

Défis n°8

La revue du département Intelligence et sécurité économiques

Entretien avec...



Cédric VILLANI
Mathématicien
Député de l'Essonne

Enjeux

Adoptez les méthodes agiles.
Comment maîtriser la méthode
qui révolutionne le management

**Darrell K. RIGBY, Jeff SUTHERLAND,
Hirotaka TAKEUCHI**

EXPLORER

L'ENTREPRISE À L'HEURE
DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
ENTRE PROMESSES ET NOUVEAUX DÉFIS

Défis

La revue du département
Intelligence et sécurité économiques
de l'INHESJ

DIRECTRICE DE LA PUBLICATION

Hélène CAZAUX-CHARLES

DIRECTRICE DE LA REDACTION

Angélique LAFONT

RÉDACTRICE EN CHEF

Diane DE LAUBADÈRE

RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE

Angélique LE MAZOU

ASSISTANCE À LA RÉDACTION

Manon CHINI, Clémence DESSEILLES

Ces contributions ne sauraient être interprétées
comme des positions officielles ou officieuses
de l'institut ou des services de l'État.
Les opinions et recommandations qui y sont
exprimées n'engagent que leurs auteurs.



INSTITUT NATIONAL
DES HAUTES ÉTUDES DE LA SÉCURITÉ
ET DE LA JUSTICE

École militaire

1, place Joffre,
75700 PARIS SP 07

ISSN : 2265-4577

© INHESJ



Cartographies IA extraites du rapport de
synthèse France Intelligence Artificielle,
Paris 21 mars 2017. P.333 à 350.

<https://www.economie.gouv.fr>

ÉDITORIAL



Hélène CAZAUX-CHARLES

Directrice de l'INHESJ

Comme chaque année, l'INHESJ a accueilli les nouvelles promotions des sessions nationales qui réunissent près de 200 auditeurs issus d'horizons professionnels divers. Tout au long de l'année, nous nous engageons à leur apporter les connaissances nécessaires à la compréhension, l'anticipation et la gestion des risques dans leur domaine d'activité respectif. Les organisations, contraintes de s'adapter à des environnements de plus en plus complexes, ont impérativement besoin d'acquérir une culture globale et approfondie de la sécurité.

La revue *Défis* contribue à la diffusion de cette culture. Ce huitième numéro, consacré à l'intelligence artificielle, offre à ses lecteurs des clefs de compréhension d'un enjeu majeur pour les entreprises comme pour les pouvoirs publics. Longtemps restée l'affaire de spécialistes, l'IA est désormais un défi pour tous les citoyens, pour la science, l'industrie et bien entendu, pour l'Etat. La vitesse de développement de ces technologies ne doit pas masquer l'ampleur des bouleversements économiques et sociétaux à l'œuvre. Il s'agit désormais de se confronter à ces défis et de se poser les bonnes questions. La France possède de nombreux atouts et notamment celui de l'excellence de la recherche scientifique dans ce domaine. Il faut impérativement s'interroger sur sa valorisation. Comment devenir compétitif à l'échelle internationale et envisager des coopérations à l'échelle européenne? Comment garantir une souveraineté technologique et économique? La robotique affecte déjà l'emploi, la formation des salariés doit être aménagée en conséquence. Comment les organisations vont-elles s'adapter aux transformations induites par la généralisation de l'IA? C'est ce vaste champ de questionnement que ce numéro de *Défis* nous propose d'explorer en réunissant les meilleurs spécialistes dans le domaine.

Des ruptures stratégiques sont en cours et le gouvernement en a pris la mesure avec la création d'un secrétariat d'Etat au numérique placé sous l'autorité du Premier ministre. Cédric Villani, député de l'Essonne et l'un de nos plus grands mathématiciens, vient d'être chargé d'une mission sur la stratégie nationale d'intelligence artificielle.

La volonté est donc bien au rendez-vous. Espérons que nous saurons mobiliser les ressources nécessaires pour agir. Au-delà d'une exigence économique, c'est un impératif politique et moral. ■

EDITORIAL

Hélène CAZAUX-CHARLES 1

EXPLORER

L'ENTREPRISE À L'HEURE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

ENTRE PROMESSES ET NOUVEAUX DÉFIS

I – INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) :
DE QUOI PARLE-T-ON ?*Quels impacts économiques et sociétaux ? Quels risques et menaces pour les entreprises ? Quels enjeux de souveraineté et de puissance ?*IA, grands espoirs et gigantesques questions
Cédric VILLANI 3Le temps de l'IA est-il venu ?
Jean-Gabriel GANASCIA 6Apprendre aux machines à penser : un défi majeur pour l'économie ? Un progrès pour l'humanité ?
Yann LECUN 9Les défis économiques et sociaux de l'IA
Lionel JANIN 15IA, *machine learning* et *big data* : accélérateurs de la croissance verte
Antoine-Tristan MOCILNIKAR 20Quelles IA pour la robotique ?
Fabien MOUTARDE 29Quelle intelligence pour le véhicule autonome ?
Arnaud DE LA FORTELLE 32L'IA : quels risques et menaces pour les entreprises ?
Myriam QUEMENER 35Quelle sécurité pour la ville intelligente ?
Richard KALCZUGA 39La dimension anthropologique de la révolution numérique, ou la question politique à venir
Hervé JUVIN 42Quels investissements en IA ?
Nathanaël ACKERMAN, Jordi SANIGER 47Quand l'IA défie le politique
Hervé JUVIN 51

II – IA : NOUVEAUX DÉFIS POUR L'ENTREPRISE

*Quelle gouvernance ? Quels cadres éthique et juridique ? Vers une nouvelle culture ?*De la transition numérique à la transition intelligente dans les grandes entreprises
Konstantinos VOYIATZIS, Françoise MERCADAL-DELASALLES 58Pourquoi et comment adapter nos lois à l'IA ?
Etienne DROUARD 61Le droit au défi des algorithmes
David FOREST 67Les principaux enjeux juridiques de l'IA
Julie LANGLOIS, Marie SOULEZ 70L'empathie des robots
Laurence DEVILLERS 73Intelligence des Données, Valeurs et Ethique
Nozha BOUEMAA 78La justice prédictive
Louis LARRET-CHAHINE 82Ne faites pas dans l'artificiel, adaptez-vous avec intelligence... collective
Jérôme BOUQUET 88Un sujet de gouvernance pour l'entreprise
Bernard GEORGES 92L'alliance de la « french tech » et des grandes organisations françaises : l'équipe de France de l'IA
Alexandre MARTINELLI, Grégoire VIRAT 96Les enjeux pour la formation professionnelle
Alexandre GRUX, Nicolas VAYATIS 99Quelles transformations pour le secteur des assurances ?
Cécile WENDLING 102La confiance, un prérequis incontournable
Diane DUFOIX-GARNIER 104

ENTRETIEN AVEC...

Cédric VILLANI 107

AGENDA

..... 119

ENJEUX

Adoptez les méthodes agiles. Comment maîtriser la méthode qui révolutionne le management,
*Harvard Business Review N°22*Darrell K. RIGBY, Jeff SUTHERLAND,
Hirota TAKEUCHI 111

IA, GRANDS ESPOIRS ET GIGANTESQUES QUESTIONS ¹



Cédric VILLANI

Mathématicien,
Professeur de l'Université de Lyon,
Directeur de l'Institut Henri Poincaré,
Député de l'Essonne

Créer une intelligence nouvelle est l'un de nos rêves les plus anciens ; pour ressentir un peu de l'ivresse de démiurge, pour façonner des outils bien plus performants, ou encore mieux comprendre notre propre intelligence dont nous sommes à la fois si fiers et si ignorants.

C'est au milieu du vingtième siècle que l'Intelligence Artificielle (IA) naît en tant que discipline scientifique, juste après que les bases de l'informatique moderne ont été posées. Parmi les pionniers, on évoquera en particulier l'anglais Alan Turing et l'américain Claude Shannon, qui abordent le sujet de façon sérieuse et ludique à la fois, avec leurs algorithmes de jeu d'échec, mais aussi avec Thésée, la petite souris mécanique de Shannon, qui apprend à trouver le bon chemin pour s'échapper d'un labyrinthe ! Thésée était la partie mobile et visible d'une bien plus encombrante machine ; et déjà l'on pouvait se demander ce que serait l'IA : un simple algorithme, ou bien un robot en prise avec le monde réel ? Une entité autonome, ou une antenne ?

Quoi qu'il en soit, pour développer des IA, il fallait s'interroger sur le sens même de l'intelligence.

L'intelligence, c'est d'abord trouver de bonnes réponses, voire d'excellentes réponses à des problèmes complexes ; et très vite on se tourna vers des algorithmes d'optimisation, chargés de déterminer la meilleure solution possible dans une situation donnée. Deux grands principes se dégagèrent : le premier consista à partir d'une solution non optimale et à chercher à l'améliorer, soit systématiquement, soit aléatoirement, soit par une combinaison de mouvements déterministes et aléatoires. Le second, quant à lui, consista à combiner mutation, compétition et sélection, comme cela se fait dans la nature. À partir de là, on vit quantité de

variations pour permettre aux algorithmes de déterminer, dans un océan de possibles, la meilleure réponse, ou du moins, selon les mots du chercheur Leslie Valiant, une réponse qui est probablement presque la meilleure.

L'intelligence, c'est aussi ordonner les choses, et réduire une foule indigeste de faits à quelques paramètres clés. Pour ce qui est de la foule indigeste, on fut servi : le volume de données se mit à exploser avec les progrès des capteurs et des serveurs de stockage. Les méthodes de grandes données (*big data* selon la terminologie anglosaxonne) se firent fort de découvrir, sur des jeux de données immenses, quelles sont les variables qui comptent. À ce jeu, la statistique fut à la fois renouvelée et restaurée, apparaissant aujourd'hui comme la plus recherchée des compétences mathématiques.

L'intelligence, c'est aussi apprendre : tirer les leçons de ses erreurs et de ses essais ; développer par soi-même une représentation et du sens ; mais encore gagner du savoir-faire en analysant des exemples. Et si l'apprentissage fut présent dans les algorithmes d'IA, dès les années 50, une révolution se produisit dans le domaine quand on se résolut à laisser l'algorithme apprendre de façon prioritaire par les exemples, en reléguant la recherche de sens à un rôle presque secondaire. Passer des modèles à l'apprentissage automatique fit faire à la discipline un grand bond tout en soulevant des questions immenses.

Que ce soit pour reconnaître, classifier ou extrapoler, l'action intelligente peut souvent se modéliser par la reconstitution d'une fonction inconnue : une fonction qui, à des données, associe une réponse. Pour capturer cette fonction, plusieurs méthodes se sont affrontées, obtenant tour à tour les faveurs des experts. Aujourd'hui, ce sont les réseaux de neurones

(1) Texte augmenté, extrait de la session plénière de l'évènement de clôture de France IA, 21 mars 2017.

profonds qui, en la matière, tiennent le haut du pavé ; et demain, quelle méthode ?

Mais l'IA ce fut aussi, et certains diraient avant tout, plus de mémoire et de vitesse de traitement ! Avec la croissance des performances, de nouveaux cas d'usage se firent jour. On se mit à tout capter, recenser, depuis les mesures météo jusqu'aux génomes en passant par les cours de la bourse... Les entreprises et les institutions réalisèrent, presque du jour au lendemain, qu'elles étaient assises sur un monceau de données qui pouvait valoir de l'or («Data is the new oil!», la donnée, nouveau pétrole), et se demandèrent ce que l'on pouvait en tirer : nouveaux usages, nouveaux modèles économiques, nouvelles relations avec la société.

Et les applications se multiplièrent : prédiction, reconnaissance automatique, traduction automatique, diagnostic automatique, conduite automatique, imitation du style d'un artiste ou d'un compositeur, classification des espèces ou des comportements, décryptage, et possibilité de commander des robots par la parole, le regard ou même la pensée... avec des promesses considérables, éveillant rêves et fantasmes tout à la fois, dans la perspective spéculative d'une mutation profonde pour l'humanité.

Récemment, l'IA est devenue un sujet extrêmement visible, non seulement auprès des geeks et des écrivains de science-fiction, mais aussi dans la sphère publique. Elle a commencé à transformer notre quotidien à petites doses, au service des citoyens ou des entreprises, par des applications telles que les recherches automatiques ou les suggestions publicitaires ciblées, provoquant confort ou gêne. Elle a aussi suscité la stupéfaction et l'émerveillement quand un algorithme battit à plate couture l'un des meilleurs joueurs de Go du monde, faisant preuve de créativité et bousculant les certitudes établies.

Le Go est un jeu emblématique par sa complexité, si grande qu'une recherche brute de la stratégie gagnante est vouée à l'échec. Sa résolution, par un algorithme qui a appris des meilleurs humains avant de s'entraîner contre lui-même pendant l'équivalent de millions d'années humaines, comporte la promesse d'une efficacité inconnue jusqu'à ce jour dans

toutes sortes de sujets. Ainsi, l'IA se transforme, pour les nations, en enjeu stratégique, économique, politique.

À ce jeu, les chercheurs français ont su tirer leur épingle du jeu, et l'on vit les Yann LeCun, Emmanuel Candès, Stéphane Mallat et d'autres tenir des premiers rôles dans les plus grands événements scientifiques consacrés à ce sujet. Ajoutons qu'aujourd'hui le mathématicien français Yves Meyer, inspirateur de Candès et Mallat, vient de recevoir le Prix Abel, la plus prestigieuse récompense internationale pour la carrière d'un mathématicien. Ainsi, même si notre industrie est en retard sur ces sujets par rapport aux géants américains, notre recherche se porte bien, et l'on espère qu'elle se portera encore mieux.

Car les enjeux de recherche demeurent immenses, au vu des questions gigantesques que pose l'IA.

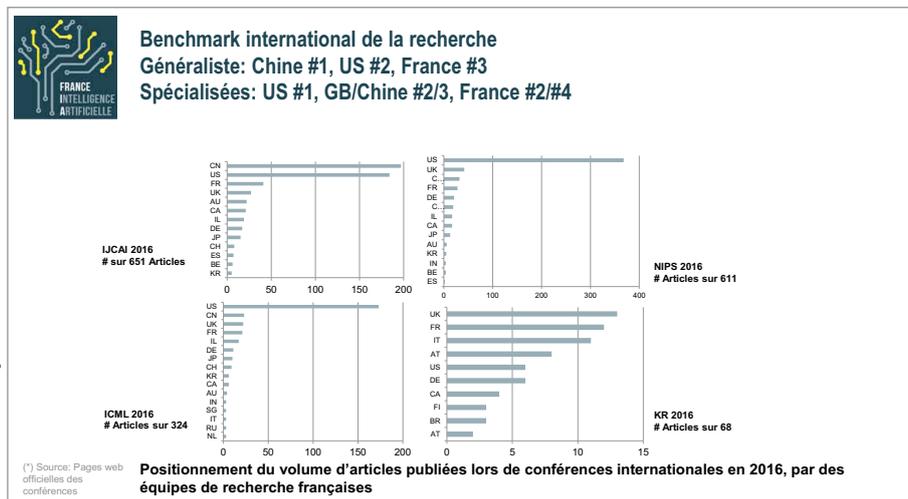
Premièrement, pourquoi ces algorithmes fonctionnent-ils si bien ? Pourquoi la construction de réseaux de neurones, que les meilleurs experts enterraient il y a quelques années, est-elle maintenant la plus populaire de toutes ces méthodes ? Et, derrière cette question, il y en a d'autres : cela fonctionne-t-il si bien, et sous quelles conditions ? Que font-ils réellement ? Les histoires abondent déjà d'algorithmes qui ne font pas vraiment ce que l'on croit, et qui mènent à des usages dommageables, voire des scandales...

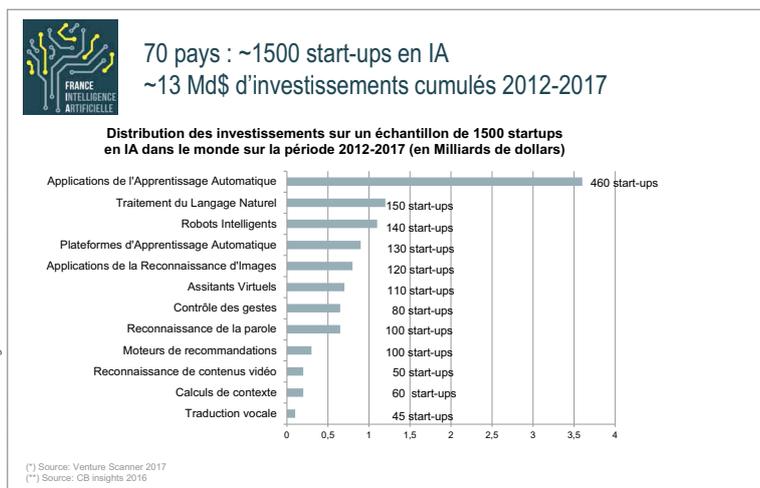
Deuxièmement, cette IA ressemble-t-elle à la nôtre ou pas du tout ? Peut-on s'inspirer de notre intelligence pour améliorer certaines méthodes, ou s'inspirer des algorithmes pour mieux comprendre notre fonctionnement, comme en rêvaient les pères fondateurs ? Des travaux récents de Stanislas Dehaene nous ramènent à cette ambition et prouvent que sur cette interface des sciences cognitives, la France, aussi, tient bien son rang.

Troisièmement, verra-t-on un jour l'IA faire de la science, découvrir de nouvelles lois et de nouvelles révolutions conceptuelles ? Voir mettre les chercheurs au chômage... Pour l'instant, les résultats de l'IA ne sont pas de nature à inquiéter les chercheurs mais, en la matière, les choses peuvent très vite changer, qui sait ?

Enfin, la question qui concentre déjà tant de critiques et provoque l'appréhension ou l'incompréhension de générations d'ingénieurs habitués à réfléchir en termes de modèles : est-ce que l'on comprend ce que fait l'algorithme ? En confiant sa réalisation au hasard et aux exemples, est-ce que l'on ne trahit pas l'idéal de l'approche scientifique ?

De nombreuses questions corollaires surgissent alors. L'IA





est-elle robuste, fiable et résistante aux attaques ? Qui prendra la responsabilité quand des algorithmes donneront des éléments légaux, évalueront une prise de risque, suggéreront une décision clé ? Comment éviter que les IA aient des biais et soient manipulées à des fins malveillantes ?

S'il est encore possible, aujourd'hui, de considérer comme de la science-fiction les peurs d'une IA transcendante qui viendrait nous dominer, en revanche, on ne peut passer sous silence l'impact que ces nouvelles technologies ont déjà dans divers secteurs.

Impact sur l'économie : les algorithmes prendront-ils la place des employés, secteur après secteur, précipitant une crise de société ? D'un point de vue schumpétérien, les métiers se transformeront et de nouvelles compétences seront valorisées à l'image du métier de statisticien, élu « meilleur emploi de 2016 » par CareerCast. Mais la vague d'innovation technologique que nous connaissons actuellement est si forte, si versatile, si rapide, si globalisée, qu'elle se distingue des précédentes. Il se pourrait que le processus de destruction créatrice prenne trop de temps face à la croissance exponentielle des logiciels d'assistance et au regard des modes de vie actuels.

Impact sur le débat public : les algorithmes sont-ils normalisant, ou au contraire si efficaces qu'on peut les utiliser pour manipuler l'information à un degré de précision jamais vu jusqu'ici ? Certains des votes les plus controversés de ces dernières années, ont été influencés par des méthodes d'IA. De l'assistance à la manipulation, l'utilisation massive des données peut creuser les inégalités et représenter une menace pour les valeurs démocratiques. Est-ce la préfiguration d'une nouvelle donne mondiale dans le débat public, à un moment où les phénomènes de bulles, de fausses nouvelles, de désinformation systématique suscitent tant d'interrogations ?

De grands dangers certes, mais qui ne doivent pas éclipser les très grands espoirs. Face à tant de questions de grande ampleur, il est fondamental de renforcer nos ressources humaines et nos compétences. C'est pourquoi, le développement d'une stratégie d'IA, en concertation avec l'ensemble des acteurs (mathématiciens, industriels, spécialistes de sciences variées et du calcul haute performance) est si important. ■

Du même auteur

VILLANI Cédric, HEINZMANN Gerhard, CARTIER Pierre et DHOMBRES Jean, *Freedom in mathematics*, Springer, 2016, 117 p.

VILLANI Cédric, BAUDOIN, *Les rêveurs lunaires, quatre génies qui ont changé l'Histoire*, Gallimard Bande dessinée, 2015, 192 p.

VILLANI Cédric, *Les mathématiques sont la poésie des sciences*, L'arbre de Diane, 2015.

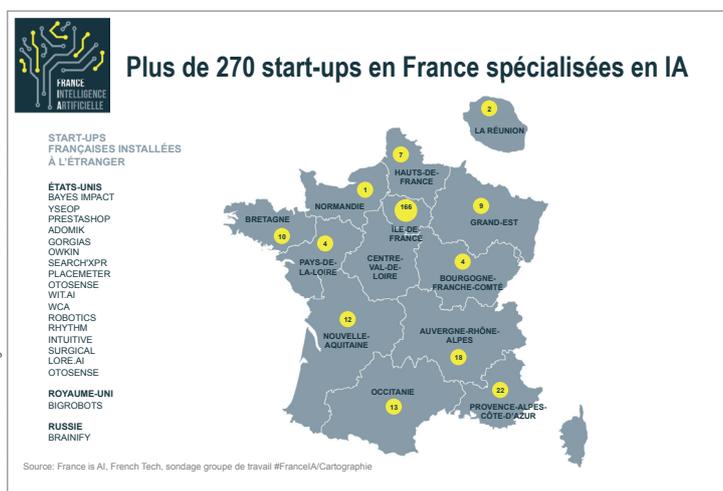
Pour en savoir +

Rapport « France IA », 2017 : <https://www.economie.gouv.fr/France-IA-intelligence-artificielle>

LEAVITT David, *L'homme qui inventa l'informatique*, Dunod, 2007, 284 p.

DEHAENE Stanislas, *Consciousness and the Brain*, Viking, 2014, 352 p.

« The world's most valuable resource is no longer oil, but data », *The Economist*, 2017, <https://www.economist.com>



LE TEMPS DE L'IA EST-IL VENU ?



Jean-Gabriel GANASCIA

Professeur à l'université Pierre et Marie Curie,
membre de l'Institut Universitaire de France,
directeur de l'équipe ACASA du LIP6 (Laboratoire d'Informatique de Paris 6),
Président du comité d'éthique du CNRS

Départ en retraite ?

Elle a presque atteint l'âge où l'on songe à prendre sa retraite : 61 ans... En effet, l'intelligence artificielle (IA) a vu officiellement le jour en 1956, à « Dartmouth College », Hanovre, New Hampshire aux États-Unis, lors d'une école d'été organisée par quatre chercheurs : John McCarthy, Marvin Minsky, Nicolas Rochester et Claude Shannon. Il s'agissait alors pour ces jeunes mathématiciens de créer une discipline nouvelle qui utiliserait les ordinateurs afin de mieux comprendre l'intelligence, en simulant les différentes fonctions cognitives (perception, mémoire, apprentissage, raisonnement, action, etc.). Depuis, au fil du temps, les technologies qui en sont issues prirent de plus en plus d'importance et contribuèrent progressivement à changer le monde. Aujourd'hui, le terme « intelligence artificielle » est devenu si populaire que plus personne ne l'ignore. Est-ce à dire que le temps de l'IA est enfin venu, juste à l'âge de la retraite ? Il est vrai que 61 ans, pour une discipline scientifique, c'est un jeune âge, du moins si on le compare à celui de ses consœurs, les mathématiques, la physique ou la biologie...

Malentendu

Cependant, le succès du terme « intelligence artificielle » repose parfois sur un malentendu lorsqu'il désigne une entité artificielle douée d'intelligence et qui, de ce fait, rivaliserait avec les êtres humains. Cette idée, qui renvoie à

des légendes anciennes telle celle du Golem, a récemment été réactivée par des personnalités du monde contemporain comme Stephen Hawking ou Elon Musk, par des ingénieurs comme Ray Kurzweil ou encore par les tenants de ce que l'on appelle aujourd'hui l'« IA forte » ou l'« IA générale ». Nous ne ferons pas plus état ici de cette acception seconde, car elle atteste uniquement d'un imaginaire foisonnant inspiré plus par la science-fiction que par une réalité scientifique tangible confirmée par des expérimentations et des observations empiriques.

Présupposés épistémologiques

Pour John McCarthy et Marvin Minsky, comme pour les autres promoteurs de l'école d'été de « Dartmouth College » qui s'est tenue en 1956, l'IA visait initialement à la simulation, sur des machines, de chacune des différentes facultés de l'intelligence, qu'il s'agisse de l'intelligence humaine, animale, végétale, sociale ou phylogénétique. Selon ses promoteurs, cette discipline scientifique reposait sur la conjecture selon laquelle toutes les fonctions cognitives, en particulier l'apprentissage, le raisonnement, le calcul, la perception, la mémorisation, voire la découverte scientifique ou la créativité artistique, peuvent être décrites avec une précision telle qu'il serait possible de les reproduire sur des ordinateurs. Par la suite, et en dépit des progrès considérables qu'elle a enregistrés, l'étude de l'IA a toujours reposé sur la même conjecture que rien, jusqu'à présent, n'a permis ni de démentir, ni de démontrer irréfutablement.

Étapes du développement de l'intelligence artificielle

Au cours de sa courte existence, l'IA a connu de nombreuses évolutions. On peut les résumer en six étapes.

Le temps des prophètes

Tout d'abord, dans l'euphorie des origines et des premiers succès, les chercheurs se sont laissé aller à des déclarations un peu inconsidérées qu'on leur a beaucoup reprochées par la suite. C'est ainsi qu'en 1958, Herbert Simon, qui deviendra par la suite prix Nobel d'économie, a déclaré que les machines seront championnes du monde aux échecs d'ici dix ans, si elles ne sont pas exclues des compétitions internationales. Et que, toujours d'ici dix ans, elles démontreront des théorèmes originaux en mathématiques, qu'elles composeront de la musique douée d'une indéniable valeur esthétique, que les théories psychologiques prendront toutes la forme de programmes informatiques, etc.

Les années sombres

Au milieu des années soixante, les progrès tardèrent : un enfant de dix ans battit un ordinateur au jeu d'échecs en 1965 ; un rapport commandé par le Sénat américain fit état, en 1966, des limitations intrinsèques de la traduction automatique. L'IA eut alors mauvaise presse pendant une dizaine d'années.

L'intelligence artificielle sémantique

Les travaux ne s'interrompirent pas pour autant, mais on axa les recherches dans de nouvelles directions. On s'intéressa à la psychologie de la mémoire, aux mécanismes de compréhension, que l'on chercha à simuler sur un ordinateur, et au rôle de la connaissance dans le raisonnement. C'est ce qui donna naissance aux techniques de représentation sémantique des connaissances, qui se développèrent considérablement dans le milieu des années soixante-dix, avec, entre autres, les réseaux sémantiques, les « cadres de données » et les graphes conceptuels. Cela conduisit aussi à développer des systèmes dits experts, parce qu'ils recourraient au savoir d'hommes de métiers pour reproduire leurs raisonnements. Ces derniers suscitèrent d'énormes espoirs au début des années quatre-vingt.

Néo-Connexionnisme et apprentissage machine

Parallèlement à l'essor de l'IA au début des années quatre-vingt, les techniques issues de la cybernétique et du connexionnisme se perfectionnèrent, s'affranchirent de leurs limitations initiales et firent l'objet de multiples formalisations mathématiques. Cela donna naissance à de nombreux développements théoriques, en particulier aux algorithmes d'apprentissage machine pour les réseaux de neurones formels dits à « retro-propagation de gradient », puis à des applications industrielles, où les approches se combinèrent pour donner des systèmes hybrides, faisant

côtoyer des techniques issues de l'IA, de la recherche opérationnelle, de la cybernétique, de la théorie des systèmes, de la vie artificielle, de l'apprentissage statistique ou de la programmation dynamique.

De l'intelligence artificielle à l'informatique animiste

À partir de la fin des années quatre-vingt-dix, on coupla l'IA à la robotique et aux interfaces homme-machine, de façon à produire des agents intelligents qui suggèrent la présence d'un autre avec ses affects et ses émotions. Dans cette perspective, les réactions des machines usuelles sont calculées de façon à provoquer en nous, à leur contact, l'illusion d'une conscience les animant, c'est-à-dire d'une âme au sens aristotélicien de « souffle qui anime ». Cette tendance de l'IA, qui peut éventuellement se caractériser comme une forme d'animisme informatique en cela qu'elle s'emploie à susciter la projection d'un souffle de vie sur les objets quotidiens de notre environnement, donna naissance, entre autres, au « calcul des émotions » (*affective computing*) qui évalue les réactions d'un sujet ressentant des émotions et qui les reproduit sur une machine.

Renaissance de l'intelligence artificielle

Depuis 2010, la puissance des machines permet d'exploiter de grandes masses de données (ce que l'on appelle couramment les *big data*) avec des techniques d'apprentissage machine qui se fondent sur le recours à des réseaux de neurones formels, c'est-à-dire à des techniques relativement anciennes que l'on déploie aujourd'hui sur des architectures de dimensions beaucoup plus conséquentes qu'auparavant, ce qui correspond à ce que l'on appelle l'apprentissage profond (*deep learning*). Les applications très fructueuses de ces techniques à tous les domaines de l'IA (reconnaissance de la parole, vision, compréhension du langage naturelle, pilotage automatique de voiture, etc.) conduisent à parler d'une renaissance de l'IA.

Applications

Beaucoup de réalisations mettant à profit des techniques d'IA dépassent les facultés humaines : une machine a vaincu le champion du monde en titre au jeu d'échecs en 1997 et, plus récemment, d'autres l'ont emporté sur l'un des meilleurs joueurs au monde au jeu de go et sur d'excellents joueurs au poker ; des ordinateurs démontrent ou aident à démontrer des théorèmes mathématiques ; on construit automatiquement des connaissances à partir de masses immenses de données (*big data*) dont le volume se compte en téraoctets (1012 octets), voire en pétaoctets (1015 octets), avec des techniques dites d'apprentissage machine. Grâce à ces dernières, des automates reconnaissent la parole articulée et la transcrivent, comme les secrétaires dactylographes d'antan, et d'autres identifient avec précision des visages ou des empreintes digitales parmi des dizaines de millions et comprennent des textes écrits en langage

naturel ; toujours grâce à ces techniques d'apprentissage machine, des voitures se conduisent seules ; des machines diagnostiquent mieux que des médecins dermatologues des mélanomes à partir de photographies de grains de beauté prises sur la peau avec des téléphones portables ; des robots font la guerre à la place des hommes ; et des chaînes de fabrication dans les usines s'automatisent toujours plus. À cela, on doit ajouter que certains scientifiques utilisent ces techniques pour déterminer la fonction de macromolécules biologiques, en particulier de protéines et de génomes, à partir de la séquence de leurs constituants, acides aminés pour les protéines, bases pour les génomes. Plus généralement, toutes les sciences subissent une rupture épistémologique majeure avec les expérimentations dites *in silico*, parce qu'elles s'effectuent sur les données massives grâce à des processeurs puissants dont le cœur est fait de silicium, et qu'elles s'opposent en cela aux expérimentations *in vivo*, sur le vivant, et, surtout, *in vitro*, c'est-à-dire dans des éprouvettes de verre.

Ces applications de l'IA affectent presque tous les domaines d'activités, en particulier dans les secteurs de l'industrie, de la banque, des assurances, de la santé, de la défense, etc., car de nombreuses tâches routinières sont désormais susceptibles d'être automatisées, ce qui transforme bien des métiers et éventuellement en supprime certains.

Compte tenu de l'actualité de toutes ces réalisations et des changements sociaux qu'elles induisent, on peut affirmer, sans conteste possible, que l'IA est bien présente dans le monde d'aujourd'hui.

Risques

Cependant, si le temps de l'IA est effectivement venu et si les techniques qu'elle permet de développer et de déployer prennent une part de plus en plus grande dans la société actuelle, elle fait craindre des risques qui, selon nous, sont de trois ordres : raréfaction du travail, qui serait exécuté par des machines à la place des hommes, conséquences pour l'autonomie de l'individu, en particulier pour sa liberté et sa sécurité, et, enfin, dépassement de l'humanité qui disparaîtrait au profit de machines plus « intelligentes ».

Un examen de détail montre que le travail ne disparaît pas, bien au contraire, mais qu'il se transforme et fait appel à de nouvelles compétences. De même, l'autonomie de l'individu et sa liberté ne sont pas inéluctablement remises en cause par le développement de l'IA, à condition toutefois de demeurer vigilants face aux intrusions de la technologie dans la vie privée. Enfin, contrairement à ce que certains prétendent, les machines ne constituent aucunement un risque existentiel pour l'humanité, car leur autonomie n'est que d'ordre technique, en cela qu'elle ne correspond qu'à des chaînes de causalités matérielles qui vont de la prise d'information à la décision ; en revanche, les machines n'ont pas d'autonomie morale, car, même s'il arrive qu'elles nous déroutent et nous fourvoient dans le temps de l'action, elles n'ont pas de volonté propre et restent asservies aux objectifs que nous leur avons fixés. ■

Du même auteur



GANASCIA Jean-Gabriel, *Le mythe de la Singularité : faut-il craindre l'intelligence artificielle ?*, Seuil, 2017, 144 p.



GANASCIA Jean-Gabriel, *L'intelligence artificielle : vers une domination programmée ?*, Cavalier Bleu, 2017, 216 p.

APPRENDRE AUX MACHINES A PENSER : UN DEFI MAJEUR POUR L'ECONOMIE ? UN PROGRES POUR L'HUMANITE ?



Yann LECUN

Professeur à l'Université de New-York
Directeur de Facebook AI Research (fair).

? Vous dirigez depuis quatre ans le laboratoire d'Intelligence Artificielle (IA) de Facebook, le premier réseau social mondial. Et vous êtes à l'origine d'inventions majeures en IA, telles que le *deep learning*, perçu comme « un amplificateur d'intelligence ». Pouvez-vous donner une définition simple de ces technologies dites de « rupture » ? Quelle différence entre l'IA, le *deep learning* et le *machine learning* ?

Parmi les multiples définitions que l'on donne de l'IA, la plus simple est : « capacité des machines à prendre des décisions et à adopter des comportements attribués généralement à des humains ou à des animaux, mais avec un moindre niveau de performance ».

L'évolution technologique que nous connaissons depuis ces dix dernières années repose en grande partie sur le *machine learning*, à savoir, l'apprentissage automatique des machines. Le *deep learning*, sous domaine du *machine learning*, s'est quant à lui, révélé particulièrement efficace et gagne en notoriété depuis ces quatre dernières années, si bien que les médias y font systématiquement référence lorsqu'ils parlent d'IA. Toute une industrie s'est créée autour de cette technologie.

Pour construire une machine intelligente les principales méthodes sont les suivantes :

Il s'agit d'abord d'écrire des algorithmes qui se comportent de manière intelligente pour résoudre un problème particulier. A ce stade les machines sont entraînées de manière totalement supervisée. Elles peuvent ainsi, par exemple, devenir un adversaire de taille dans une partie d'échec. Nous retrouvons ces mêmes algorithmes dans les *Gps* ou *Google Map* pour planifier une trajectoire entre deux points. Mais, à ce stade, nous ne pouvons encore parler d'apprentissage.

Ensuite, le *machine learning* classique. Il nécessite une part importante de programmation directe (conception à la main) de manière à transformer le signal original (par exemple, une image) en un format traitable par le système d'apprentissage simple. Cela implique également de collecter de grandes bases de données qui sont étiquetées à la main et d'assigner à la machine une tâche bien définie (entrée/sortie). La partie apprentissage est encore relativement mineure. Le *machine learning* représente plus de 95 % des succès de l'IA. Il est utilisé pour la reconnaissance d'images, la classification de textes ou encore pour la traduction automatique, notamment par Facebook, Google, Microsoft, IBM et beaucoup de start-up.

Enfin, le *deep learning*, apprentissage profond ou par renforcement, repose sur l'utilisation de multiples couches d'unités de traitement de données composant un système. Il permet à ce dernier d'être entièrement entraînable (sans conception à la main) et d'apprendre de manière automatique. En 2010/2011, une série d'expériences démontra qu'il améliorerait significativement les performances des systèmes de reconnaissance de la parole. C'est à partir de ce moment clé que le cheminement entre la recherche pure et la dérivation commerciale à très grande échelle est devenu extrêmement court. En l'espace de deux ans seulement, la plupart des systèmes de reconnaissance de la parole utilisait ainsi le *deep learning*. Quelques mois plus tard, le même phénomène se produisit dans le domaine de la reconnaissance d'image. Grâce à des bases de données colossales, le *deep learning* permet de produire des performances exceptionnelles, bien meilleures que celles réalisées jusqu'à présent, en réduisant considérablement le taux d'erreurs.

Cette technologie se généralise. Ses applications se sont multipliées, notamment en matière de reconnaissance du visage, de voiture autonome, ou encore de traitement

de l'imagerie médicale. L'utilisation du *deep learning* et du réseau collectif dans ce dernier domaine va entraîner une révolution en médecine dans les années à venir. On commence également à assister à une révolution similaire concernant la compréhension et le traitement de la langue naturelle. Le *deep learning* est surtout devenu la pièce maîtresse de l'industrie de l'Internet, qui l'utilise notamment pour le filtrage des contenus et des résultats de recherche.

? La généralisation des systèmes automatisés aux traducteurs, rédacteurs, avocats, conducteurs, chirurgiens etc., implique une transformation des métiers, des compétences et plus globalement de notre rapport au travail. Quelle est votre vision ? Certains titres traduisent les peurs et les fantasmes autour d'un avenir dominé par les technosciences dont on ne mesure pas encore les conséquences sur l'organisation sociétale.

La vitesse de croissance et le potentiel de transformation de ces technologies peuvent expliquer la difficulté que nous avons à percevoir justement les révolutions technologiques et leurs conséquences sur l'avenir. D'où certains discours pessimistes sur les transformations à long terme. Comment aurions-nous pu prévoir, par exemple, en 1900, que 50 ou 60 ans plus tard les gens traverseraient la planète en avion ? Depuis le 19^e siècle, le progrès technologique, quel qu'il soit, déplace les métiers dans une logique de destruction créatrice. L'IA, à son tour, fait évoluer les métiers et nous amène à reconsidérer la valeur que l'on attribue à certaines activités. Le travail physique, par exemple, est substituable au travail des machines. Les métiers complémentaires de l'IA, qui font davantage appel à l'analyse et à l'intelligence humaine, seront non substituables et, par conséquent, valorisés. Je ne pense pas, personnellement, que l'émergence de l'IA soit qualitativement différente d'autres progrès technologiques. La vraie différence est le temps d'appropriation et d'intégration de l'IA dans le fonctionnement social. La rapidité de son développement et de son exploitation

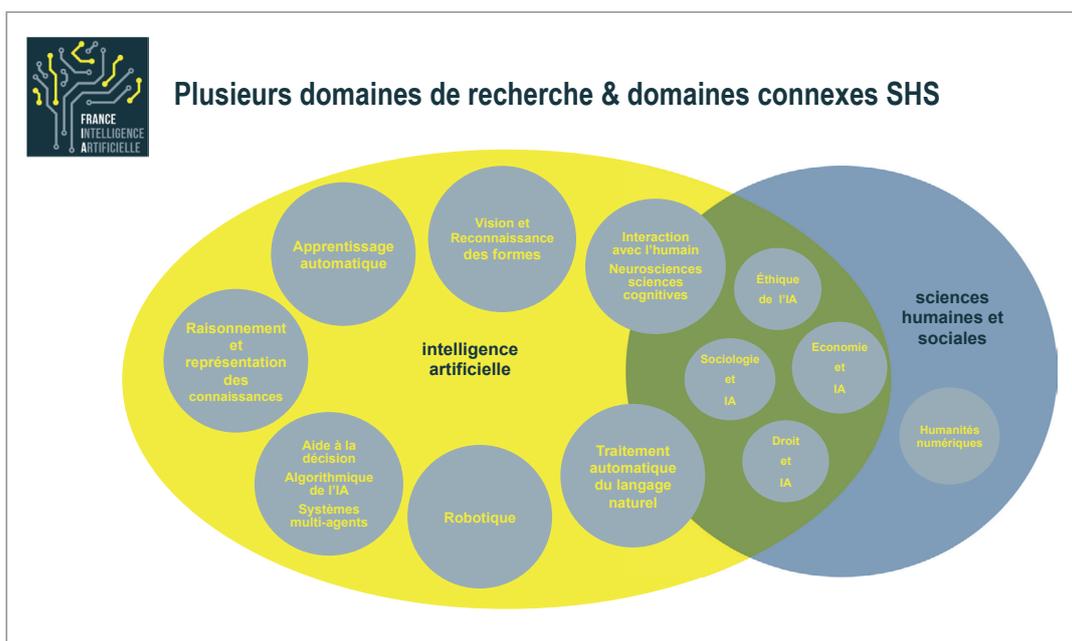
commerciale rend plus difficile le nivellement des compétences. Il y aura probablement plus de laissés pour compte. Les bouleversements sociétaux ne sont pas intrinsèquement liés à l'IA mais plutôt à l'accélération du progrès technologique en général.

? Quels sont et quels vont être les principaux marqueurs de ces changements ?

Tout d'abord, ces technologies vont faire évoluer certains métiers et faire gagner en performance certaines activités. Nous pouvons déjà en mesurer les effets dans les secteurs de l'automobile et de la santé. Concernant le métier de chauffeur de véhicule, l'intérêt va être de réduire les risques et probablement les accidents de la route, notamment ceux liés à l'erreur humaine. Pour les radiologues, l'identification des cas simples par filtrage des images leur permettra de s'orienter directement sur les cas complexes qui requièrent un diagnostic approfondi. L'IA permettra tant de réduire les délais entre la prise en charge et les diagnostics que les coûts.

Ensuite, la création d'assistants virtuels intelligents avec lesquels nous pourrions dialoguer, va bouleverser très certainement les relations interpersonnelles. Ces agents intelligents seront des sortes d'extensions de notre personnalité avec lesquels nous pourrions interagir en permanence et de manière très directe. Ils augmenteront nos capacités, un peu comme le papier et le crayon nous ont permis d'augmenter notre mémoire, mais de manière beaucoup plus efficace et personnalisée.

Un autre marqueur important, que l'on observe déjà aujourd'hui, réside dans le déplacement des valeurs. L'automatisation accrue des processus de manufacture engendre une réduction des prix de fabrication si bien que la valeur attribuée à certains biens matériels se déplace vers l'authenticité de la production humaine, de la créativité, du contact humain. C'est ce qui explique que l'on peut se



procurer pour seulement 50 euros en magasin un lecteur Blu-ray, objet technologique incroyablement compliqué, qui requiert des technologies fabriquées partout dans le monde. A contrario, un pot de terre fabriqué par un artisan local avec un savoir-faire très ancien peut vous coûter 500 euros ! La différence de prix observée entre une place de concert et un album accessible en streaming illustre également ce déplacement de valeur.

? **Réfléchir, parler, décider ne seraient plus des qualités proprement humaines ? En Chine, la société DKV (Deep knowledge ventures) de Hong Kong a été la première en 2014 à nommer un algorithme à son conseil d'administration. Jusqu'où va nous amener le *deep learning* ? La machine capable d'interagir avec son environnement de façon autonome, voire consciente, est-elle un mythe ou une utopie aujourd'hui réalisée ? Quelle nouvelle place pour l'Homme dans un environnement reconfiguré avec et par l'IA ?**

Nous sommes encore au stade exploratoire de l'IA et manquons de repères pour en définir les limites. Dans certains domaines spécifiques, l'on constate déjà que les machines peuvent dépasser les performances humaines relativement facilement. L'ampleur des possibilités qu'offre l'IA nous force, une nouvelle fois dans l'histoire des sciences, à nous interroger sur les propres limites de l'intelligence humaine. Précisément, l'IA permet d'amplifier notre intelligence et donc d'accroître notre pouvoir. Mais ne nous y trompons pas, elle constitue une opportunité pour l'Homme et non une menace, à la condition qu'elle reste sous notre contrôle. Les machines seront-elles un jour capables de prendre des décisions autonomes et conscientes comme l'être humain ? Encore faudrait-il qu'elles possèdent les trois composants essentiels de l'intelligence que sont la capacité à prédire, celle de produire une séquence d'actions en vue d'obtenir un résultat précis ainsi que l'intention qui nous conduit à prendre des décisions. Les machines en seront-elles un jour pourvues ? C'est une question encore abstraite qui relève plutôt de la philosophie et de la prospective. Mais admettons que nous parvenions à créer des machines intelligentes, animées par des intentions propres, aucun argument scientifique et rationnel ne peut nous laisser croire qu'elles reproduiront un scénario à la Matrix.

? **D'autres innovations majeures sont-elles à prévoir en matière d'IA ? Facebook a racheté l'entreprise WIT.AI axée sur les *Tchat bot* (agents conversationnels). Quels sont les prochains challenges ? En quoi ces innovations représentent-elles un réel progrès pour les entreprises, les utilisateurs/consommateurs ?**

Le rachat de WIT.AI a donné lieu à une collaboration entre ceux qui connaissaient les produits d'agent conversationnel avec ceux qui maîtrisaient davantage la recherche et le *deep learning*. C'est précisément à travers ce type de collaboration entre la science et l'industrie de service que nous faisons progresser la technologie en la rendant beaucoup plus utile.

D'ici cinq ans, nous assisterons à de nouveaux progrès dans les technologies d'agent conversationnel. La reconnaissance de la parole, la compréhension et la génération de texte pourront s'effectuer à l'appui de systèmes capables de répondre à n'importe quelle question dont la réponse est présente quelque part sur le web. Certains s'en approchent mais dépendent encore du filet de l'utilisateur et font appel au *cross-sourcing* plus qu'à l'IA pour donner la bonne réponse. D'autre part, la plupart des systèmes utilisés sur les sites de vente en ligne sont encore très cognitifs.

Ces trois dernières années, Facebook s'est organisé principalement autour du *machine learning* et, plus précisément, du *deep learning*. D'autres défis sont à relever par la recherche fondamentale et l'ingénierie, qui représentent un effort d'investissement considérable. Et si le *deep learning* est très performant quand il s'agit de reproduire nos fonctions de perception (visuelle, auditive, etc.), nous devons désormais progresser vers un nouveau mode d'apprentissage qui nous permettra de générer des systèmes ayant une capacité de raisonnement. Ce mode d'apprentissage par renforcement est performant mais ne marche pas dans le monde réel ! Il implique encore trop d'essais et d'erreurs pour mener à bout des projets qui engagent la vie humaine et l'organisation urbaine, tels que, par exemple, la création de voitures autonomes ou d'humanoides. Multiplier des parties de jeu de Go virtuelles pour qu'un système devienne maître en la matière (AlphaGo de Deepmind), c'est réalisable, mais procéder à des millions d'essais pour que celui-ci conduise parfaitement une voiture de manière autonome engagerait une prise de risque trop importante.

C'est avec l'apprentissage prédictif que nous arriverons, dans les prochaines années, à créer des machines totalement autonomes, capables de prédire des actions futures et de réagir de manière adéquate avant que celles-ci ne se réalisent, comme le font les humains et les animaux. L'apprentissage prédictif ou non supervisé, constitue le prochain grand défi de la recherche fondamentale.

? **Admettons que ces robots, qui nous assisteront dans nos tâches quotidiennes, soient doués d'une certaine intelligence, pouvons-nous pour autant parler d'empathie ?**

L'intelligence n'implique pas systématiquement l'empathie et inversement. Les robots, dont la tâche strictement définie n'impliquera aucune interaction avec les humains, seront intelligents mais non empathiques. Par contre, les agents individuels humanoïdes, qui eux nous assisteront au quotidien, devront le plus justement possible comprendre nos besoins, nos attentes, voire nos aspirations et réagir de façon adaptée. En cela, ils seront empathiques.

Plus largement, à partir du moment où nous inculquons aux machines un modèle d'humanité, de société, il faudra qu'elles soient en capacité d'adopter un comportement en adéquation avec ces valeurs. De la même façon que l'on



Une cinquantaine de sous-domaines de recherche en IA

IA et SHS	Représentation des connaissances	Apprentissage automatique	Traitement automatique des langues	Vision et Reconnaissance des formes	Robotique	Neurosciences, Sciences cognitives	Algorithmique de l'IA	Aide à la décision	Systèmes multi-agents	Interaction avec l'humain
Ethique de l'IA	Bases de connaissances	Apprentissage supervisé / non-supervisé / séquentiel et par renforcement	Analyse syntaxique Lexiques Discours (Interaction, Connaissances et Langage Naturel)	Parole Vision	Conception Perception	Compréhension et stimulation du cerveau et du système nerveux	Programmation logique et ASP	Théorie des jeux	Coordination Multi-Agents (Planification multi-agents, apprentissage multi-agents)	Interaction avancée, apprentissage humain
Droit et IA	Extraction et nettoyage de connaissances	Optimisation bayésiennes	Traduction automatique	Reconnaissance d'objets	Décision Action	Sciences cognitives	Déduction, preuve	Décision	Résolution Distribuée de Problèmes	Agents conversationnels
Economie et IA	Inférence	Réseaux de neurones ou neuronaux		Recherche dans des banques d'images et de vidéos Reconstruction 3D et spatio-temporelle	Interactions avec les robots Flottes de robots		Théories SAT et Satisfaction de contraintes	Gestion de l'incertitude	Apprentissage multi-agents	Chatbots
Sociologie et IA	Web sémantique	Méthodes à noyau		Suivi d'objets et analyse des mouvements	Apprentissage des robots		Raisonnement causal, temporel, incertain	Explicabilité	Ingénierie Multi-Agents (Langages, plateformes, méthodologies)	
Humanités numériques	Ontologies	Apprentissage profond		Localisation d'objets Asservissement visuel	Cognition pour la robotique et les systèmes Véhicules autonomes		Recherche heuristique		Simulation Multi-Agents (intéresse aussi les SHS)	
		Fouille de données Analyse de données massives					Planification et ordonnancement			

Source : France Intelligence Artificielle, Paris 21 mars 2017

éducative des enfants, nous devons entraîner les assistants virtuels humanoïdes à se comporter correctement en société. Cela implique de partager un socle de valeurs communes entre civilisations, et de définir ce que sont l'éthique, la morale, le bien commun ou encore les règles régissant les interactions sociales. Mais attention, la façon dont nous définissons l'intelligence n'est pas neutre et peut comporter certains stéréotypes proches des scénarios de science-fiction à la Terminator, où la machine de guerre intelligente veut systématiquement dominer le monde. Cela peut nous amener à conditionner les machines intelligentes du futur.

? **Le développement d'une société de la connaissance ne risque-t-il pas de créer des inégalités encore plus criantes entre des individus correctement dotés pour évoluer dans ces environnements « intelligents » et d'autres qui ne le seront pas. Un risque n'est-il pas de susciter des réactions radicales, voire violentes ?**

Pour tout vous dire, c'est probablement la principale conséquence néfaste du progrès de l'IA qui m'inquiète. En effet, les sociétés ont toujours éprouvé des difficultés à intégrer les changements technologiques. Les grands bouleversements et crises liés à la révolution industrielle en sont une illustration dans l'histoire. Aujourd'hui, les systèmes sociaux des pays Européens permettent de mieux intégrer l'accélération du progrès technologique, contrairement aux Etats-Unis où l'on assiste à une forte croissance des inégalités. Il va falloir sérieusement repenser le contrat social dans les distributions des richesses. La mise en place d'un revenu minimum universel est une solution à laquelle il faut réfléchir.

? **Les IA ne risquent-elles pas de devenir le cheval de Troie pour servir des intérêts industriels, gouvernementaux ou communautaires ? Par exemple, aux Etats-Unis, la proximité entre l'industrie et l'appareil d'Etat réunis autour d'une stratégie commune de puissance est un atout mais aussi un risque ? Certains perçoivent ces enjeux de puissance comme une menace pour la démocratie et l'humanité. Quelle place donnez-vous à ces discours et, d'après vous, quels sont les risques réels ?**

L'inquiétude de l'opinion est légitime au regard du monopole grandissant des géants de l'industrie de l'Internet et de l'omniprésence de l'IA dans la vie quotidienne. Qu'il s'agisse de la manipulation au service d'intérêts commerciaux, d'un Etat ou d'une idéologie, certains risques sont, en effet, à prendre en compte.

Un premier type de risque, inhérent aux technologies, est relatif aux biais sur lesquels les systèmes ont été entraînés volontairement. Nous devons rester vigilants sur le fait que certains travaux serviront potentiellement des intérêts contraires à l'éthique ou au bien commun ! Prenons l'exemple d'une compagnie étrangère qui développe un système de détection de la criminalité par reconnaissance d'image. Dans un contexte de lutte contre le terrorisme, les dérives sont évidentes. Autre exemple : imaginons des entreprises utiliser abusivement des biais systématiques pour booster leurs ventes et dupes les consommateurs !

Un second type de risque est lié au fait que les industries sont, évidemment, dans l'impossibilité de prévoir et contrôler toutes les utilisations détournées de leurs inventions. Prenons l'exemple de « Tay », l'agent conversationnel de Microsoft, capable de participer à des conversations sur

des réseaux sociaux et des applications de messagerie, en apprenant notamment de ses interactions avec les internautes. Lancée, en mars 2016, sur Twitter, sous les traits d'une adolescente, l'IA fut retirée du réseau social quelques heures à peine après sa mise en fonction. Sur la base de ce qui lui était enseigné par quelques utilisateurs, coordonnés pour abuser de ses capacités afin de la pousser à répondre de façon inappropriée, Tay s'était mise, en effet, en moins de 24h à multiplier les tweets pro-nazis et racistes. Ce n'était bien entendu pas prévu par Microsoft et difficilement prévisible dans l'absolu. Le facteur culturel ajoute aussi une incertitude quant à un développement mondialisé de ces systèmes. L'expérimentation de « Tay » en Chine a été une réussite. Nous devons anticiper ce genre de dérives, c'est aussi l'intérêt de Partnership on AI.

? **Comment éviter ces écueils ? Une forme de contrôle non contraignante est-elle possible ? Sommes-nous capables d'objectiver nos propres biais, les valeurs que nous inculquons aux systèmes sont-elles réellement légitimes ? A qui d'en décider ? A l'Etat ? Aux géants de l'Internet ? Est-ce le sens de Partnership on AI qui a été monté en septembre 2016 avec les GAFAM pour prévenir des dérives/menaces inhérentes au développement de ces technologies ?**

Notons que la posture des populations et des gouvernements vis-à-vis des compagnies telles que Google ou Facebook peut être très différente d'un pays à l'autre. En Europe, par exemple, les citoyens ont très peur de l'ingérence des compagnies privées dans leurs données personnelles, bien plus que de celle des gouvernements. Aux USA, c'est le contraire. Le facteur culturel complexifie l'action des industries dans certains pays. Elles restent, ainsi, assujetties aux règles et aux lois de chaque pays. En Chine, par exemple, les demandes d'accès aux données privées de la part du gouvernement empêchent Facebook ou Google d'opérer.

Par ailleurs, il est effectivement impératif d'anticiper les dérives de l'IA. C'est dans cette optique que le Partnership on AI a ainsi été fondé par les géants du secteur, Amazon, DeepMind / Google, Facebook, IBM et Microsoft. Organisme à but non lucratif, il a en effet pour objet de faire progresser la compréhension publique des technologies de l'IA et de formuler les meilleures pratiques sur les défis et les opportunités dans le domaine, et ce en faveur des personnes et de la société.

Bien que les membres fondateurs participent à la fois financièrement et aux recherches, ils partagent la prise de décisions avec des tiers indépendants dont des universitaires, des défenseurs des groupes d'utilisateurs et des experts du domaine de l'industrie. Participe notamment au comité de direction, Jason Furman, l'ancien directeur économique de l'administration d'Obama qui a réfléchi aux conséquences économiques et aux risques sociétaux liés au développement de l'IA.

Depuis, d'autres organisations de natures et origines diverses, telles que l'association américaine de défense des libertés civiles (ACLU), l'Unicef, l'entreprise japonaise Sony, le think tank hongkongais Digital Asia Hub ou encore l'organisation à but non lucratif indienne *The Center for Internet and Society* (CIS), ont rejoint ce partenariat. Ce sont des organisations qui ont un intérêt dans le déploiement de l'IA et qui souhaitent prévenir les dérives, sociétales essentiellement.

À travers des comités de discussion, ces organisations peuvent ainsi échanger sur les questions d'éthique, d'équité, de transparence, de confidentialité ou encore de fiabilité de la technologie. Les résultats des recherches font l'objet d'une publication sous licence ouverte. L'objectif est de prévenir la création des biais systématiques lorsqu'on déploie un système à base de *machine learning* et d'IA et d'éviter que l'industrie ne s'égare. Ce partenariat n'a toutefois pas pour intention de faire du lobbying auprès des gouvernements ou autres organismes en charge d'élaborer les politiques.

? **La question de la capacité d'adaptation se pose aussi pour les entreprises. Arriveront-elles à prendre le tournant de ces transformations ? Quelles seront les conséquences pour celles qui n'en auront pas les moyens ou qui n'auront tout simplement pas saisi les enjeux au bon moment ? Ne risque-t-on pas, là encore, d'assister à un développement économique à double vitesse, avec une forte suprématie des GAFAM et de la Chine qui s'impose déjà ?**

Aujourd'hui, un dirigeant d'entreprise doit prendre en compte assez rapidement ce changement pour se positionner sur les marchés porteurs et tirer parti de la situation plutôt que de la subir. Cela implique, dans certains cas, de changer d'orientation stratégique, de transformer les métiers, des évolutions de compétences, d'intégrer de nouveaux modèles de développement, etc.

En Europe, l'innovation a besoin d'un cadre favorable à la prise de risques, à la création d'entreprises. Sans faire l'apologie de leur système, les Etats-Unis ont su créer un terreau pour la création d'entreprises dans le domaine de l'IA, notamment à travers le financement de la recherche, le soutien au développement ou encore grâce aux transferts de technologie. Et il faut reconnaître que l'entrepreneuriat est un peu plus vivace aux Etats-Unis qu'en Europe. C'est ce qui explique en partie pourquoi le mouvement de l'IA a été impulsé aux Etats-Unis, que les GAFAM soient américains et qu'ils arrivent à absorber dans le monde entier les meilleurs chercheurs et les *start-up* les plus prometteuses.

L'Europe doit impérativement revaloriser les travaux et les métiers de la recherche, qui sont les moteurs de l'innovation et aussi son principal atout. Cela commence par l'attractivité des salaires.

? En dehors des revues, des rapports parlementaires et des politiques publiques qui ont une portée relative, comment susciter davantage la prise de conscience en France des enjeux liés au développement de l'IA ? Quels seraient, d'après-vous, les leviers qu'il serait urgent d'activer ?

Je répondrai en qualité de chercheur et non d'économiste ou de politicien que je ne suis pas. Il faut commencer par conduire des actions qui attirent les chercheurs, qui créent des carrières en France et en Europe, plus généralement, soit dans le milieu universitaire soit dans la recherche publique. Aux Etats-Unis, les financements publics vont directement dans les universités et sont attribués de manière compétitive. Il y a relativement peu de recherche publique dans le domaine technologique. Ce système est difficilement reproductible en France, il se heurte à de nombreuses résistances, à commencer par la culture profondément jacobine. Un des principaux freins à l'innovation scientifique et technologique est l'excès de contrôle. Le niveau des formations scientifiques en France est excellent. La qualité des instituts de recherche tels que l'INRIA, par exemple, et de certaines universités y contribue. Mais les institutions sont trop rigides et devraient laisser plus de liberté à la recherche. Cela devrait constituer la priorité de l'Agence National pour la Recherche.

Le temps de la recherche et de l'innovation est difficilement contrôlable aujourd'hui. Demander aux chercheurs de se former, de travailler sur un sujet particulier pendant 3 ans n'a plus de sens, parce qu'en trois ans, le domaine change. Il faut leur laisser la possibilité d'être opportunistes et de prendre des risques sur des sujets qu'ils estiment porteurs. Les systèmes de contrôle des financements ou l'organisation hiérarchique des tâches ne sont pas compatibles avec la logique de recherche exploratoire. Aux Etats-Unis, chaque professeur, même pré-junior a, par exemple, l'avantage de gérer une entreprise autonome. ■

Pour en savoir +

DE GANAY Claude, député, et GILLOT Dominique, sénatrice, « Rapport au nom de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques pour une intelligence artificielle maîtrisée, utile et démystifiée » : <https://histoiresduniversites.files.wordpress.com>

Executive Office of the President of the United States, National Science and Technology Council and Committee on Technology, "Preparing for the future of artificial intelligence", October 2016: <https://obamawhitehouse.archives.gov>

Executive Office of the President of the United States, "Artificial Intelligence, Automation, and the Economy", December 2016: <https://www.whitehouse.gov>

FURMAN Jason, "Is This Time Different? The Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence", July 2016 : <https://obamawhitehouse.archives.gov>

FURMAN Jason, in *AINow* : <https://artificialintelligencenow.com/schedule/conference/speaker/jason-furman>

LOUBIERE Paul, « Attention danger : les GAFAM en embuscade dans les écoles françaises », in *Challenges*, 2 juin 2017 : <https://www.challenges.fr>

TUAL Morgane, « L'Intelligence artificielle reproduit aussi le sexisme et le racisme des humains », in *Le Monde*, 15 avril 2017 : <http://www.lemonde.fr>

LES DEFIS ECONOMIQUES ET SOCIAUX DE L'IA



Lionel JANIN
France Stratégie

L'intelligence artificielle (IA) est le dernier concept numérique à la mode. La déferlante est puissante : pas un jour sans que le sujet ne se trouve au-devant de l'actualité, que ce soit par la victoire de la machine à un jeu (au Go, avec la victoire en mars 2016 du logiciel AlphaGo sur l'un des meilleurs joueurs mondiaux, Lee Sedol), par la création de réseaux neuronaux capables de développer leur propre système d'encryptage (Bob, Eve et Alice, des IA, ont communiqué dans un langage qu'ils ont élaboré eux-mêmes) ou par une annonce spectaculaire de rachat (rachat de MobileEye pour 15 milliards de dollars par Intel).

Une révolution industrielle ?

Il faut pourtant raison garder. Tout d'abord, il convient de mettre de côté les fantasmes associés à l'IA. Une bonne part vient du terme lui-même. L'IA renvoie à la machine prenant la place de l'homme et se nourrit de la science-fiction (Hal dans *2001, l'Odyssée de l'espace* ou *Terminator*, chacun puisera dans ses souvenirs). Une grande part des développements récents tient dans les progrès de l'apprentissage statistique, un terme beaucoup moins sexy, mais plus précis, que celui d'IA. De même, les anciens statisticiens se sont convertis en *data scientists* et font désormais le « métier le plus passionnant du monde », comme le décrit Hal Varian, économiste en chef de Google.

De quoi s'agit-il ? Des données (une image, un texte, plus généralement un ou des fichiers de données) sont utilisées en entrée d'un réseau de neurones informatiques, qui s'allument ou s'éteignent en fonction des données qu'ils reçoivent en entrée et alimentent à leur tour d'autres neurones, selon une architecture inspirée du cerveau. Un tel dispositif peut être entraîné, de façon statistique, à reproduire une classification établie sur la base de nombreux exemples (jusqu'à des millions) servant à l'entraînement du dispositif (ce qui passe par la mise à jour des pondérations des neurones jusqu'à reproduire les classifications d'entraînement).

Une fois écarté le fantasme, il convient de bien prendre la mesure des transformations spectaculaires en cours.

Les progrès récents portent notamment sur l'apprentissage dit profond (*deep learning*), du fait que le dispositif comporte de multiples couches de neurones. C'est ainsi qu'en entraînant un réseau de neurones à partir de 400 exemples d'images médicales comportant, pour certaines, des cellules cancéreuses et, pour d'autres, des cellules saines, diagnostiquées par les humains, un logiciel parvient à reproduire le niveau de détection humain. Mieux, le couple humain assisté par un ordinateur parvient à un niveau de détection encore amélioré.

La force de l'IA tient en sa capacité à prendre en entrée des données hétérogènes : des images, des sons, éventuellement bruitées, imparfaites, des sources multiples.

Les champs d'application de ces technologies sont, d'abord, la reconnaissance d'images, de sons, de la vidéo, de l'écriture, de la voix ainsi que le traitement du langage naturel ; toutes tâches très utiles à l'interaction entre homme et dispositif informatique qui obligeaient, jusqu'à présent, à avoir recours à du travail humain.

Bien sûr, le traitement automatique des chèques remonte à un certain temps maintenant et les emplois correspondants dans les centres de traitement manuel des chèques ont décliné depuis longtemps. L'appréciation du risque lors d'une demande de prêt à la consommation est automatisée depuis longtemps, sur la base des revenus, du patrimoine, de la profession, de l'âge, du statut familial..., à partir d'une formule jalousement gardée par les banques.

Mais les progrès récents ont pris une autre ampleur. Alors que les taux de réussite de la reconnaissance automatique restaient bloqués à un niveau trop bas pour permettre toute application industrielle (mettons un taux de reconnaissance de 65 %, qui progressait d'1 % par an), ils ont atteint

rapidement les 90 % voire 95 % (par exemple, pour la reconnaissance de visages sur des photos), ce qui permet désormais le déploiement industriel de la technologie. Mieux, grâce aux retours des utilisateurs sur les erreurs résiduels, les logiciels continuent de s'améliorer rapidement.

Ce saut récent, vieux de 4 à 5 ans, provient du triple progrès dans le volume de données disponibles pour entraîner les algorithmes (notamment grâce aux réseaux sociaux), dans la programmation des algorithmes proprement dits ainsi que dans la puissance de calcul disponible grâce aux puces graphiques (GPU), qui se sont révélées particulièrement efficaces pour le type de calculs nécessaire.

Les progrès sont considérables et désormais bien répertoriés : reconnaissance d'un visage sur une photo, tag automatique d'une vidéo, reconnaissance de la parole, optimisation de la consommation d'énergie d'un dispositif industriel comme un *data center* (Google a ainsi annoncé avoir diminué la consommation d'énergie de ses *data center* de 15 % à 40 %).

Les *bots*, ces dispositifs informatiques capables de répondre à des questions, constituent la déclinaison moderne du répondeur automatique téléphonique. Ils s'intègrent rapidement dans les services clients et dans les maisons, en tout cas aux États-Unis où les agents de maison ont séduit des millions de foyers. C'est le lieu d'une bataille spectaculaire entre Amazon Echo, principal fournisseur, Google Home et d'autres encore, en attendant Orange en France. La principale innovation en la matière est la capacité de piloter les équipements numériques de la maison à la voix, depuis le choix d'un film, la musique, le chauffage, la commande d'une pizza ou d'un taxi à la réponse à une question simple. Ces nouveaux dispositifs génèrent de nouveaux problèmes : le souci sans cesse élargi de l'emprise de ses dispositifs sur la vie privée, mais aussi de nouveaux bugs ou détournements du dispositif, par exemple, quand Burger King a lancé, dans une publicité, le fameux « Hello Google », suivi de « dis-moi ce que c'est que Burger King » activant les box de millions d'utilisateurs qui sont toutes allées chercher la réponse sur la page Wikipédia, qui avait elle-même été retravaillée par Burger King juste avant (avant d'être rétablie un peu plus tard) : péripétie plus que catastrophe, mais les exemples récents de piratages massifs d'objets connectés mal protégés (des caméras de vidéosurveillance, par exemple) montrent que des attaques autrement plus graves sont rendues possibles par des dispositifs mal protégés.

Une autre couche de service ayant recours de façon croissante à l'IA est celle de la détection automatique de problèmes : les spams ont été très largement éliminés par des dispositifs très efficaces ayant appris à les reconnaître sur la base d'exemples ; de même, la fraude ou les comportements suspects dans nombre de dispositifs sont détectés à l'aide de dispositifs automatiques fondés sur l'apprentissage machine, à partir d'exemples « humains ».

Pour spectaculaires qu'ils soient, ces progrès restent infiniment loin de l'IA générale, celle qui est capable de remplacer l'homme, sans parler de la capacité à le supplanter.

Dès lors, pourquoi faut-il se préoccuper sérieusement de l'IA ?

En premier lieu, il s'agit d'une nouvelle étape de la transition numérique à l'œuvre. Aux côtés de la transition écologique et énergétique, la transition numérique constitue l'un des grands défis de la période actuelle. Cette technologie s'inscrit dans un temps de déploiement long : après l'Internet, après les réseaux sociaux, après l'avènement du *smartphone* (on fête les 10 ans de l'iPhone, 3 milliards de personnes connectées sur Terre, 65 % de la population de plus de 13 ans équipés en France), qui a déconcentré la puissance informatique et équipe tout un chacun des outils permettant la collecte et la remontée de l'information en temps réel (la position avec le GPS, l'image et la vidéo avec les capteurs du téléphone, les textes, les interactions sociales).

L'IA est à la fois un problème de recherche, car nombre des problèmes ne sont pas résolus, au premier rang desquels les raisons profondes de l'efficacité redoutable de ces technologies. On a coutume de dire : « ça marche mais personne ne sait pourquoi », puisque le réseau a appris tout seul sur la base des exemples qui lui ont été montrés. Et il peut se tromper : par exemple, on peut lui apprendre à reconnaître des images avec des voitures, ce qu'il semble faire très bien, jusqu'à ce qu'on se rende compte qu'il a, en réalité, appris à reconnaître des images avec un long ruban noir : l'asphalte qui accompagnait toujours les voitures sur les photos ayant servi à l'apprentissage. Un autre exemple est le fait qu'il suffit parfois de changer quelques pixels, invisibles à l'œil humain, pour qu'un logiciel entraîné prenne une voiture pour un éléphant. Des travaux sont en cours pour rendre les dispositifs d'apprentissage plus robustes, pour chercher à réduire le volume nécessaire à l'apprentissage : après tout, un enfant n'a besoin de voir que quelques chats pour savoir les reconnaître, alors qu'il faut encore montrer des centaines de milliers de photographies à un logiciel pour qu'il arrive à les reconnaître.

Pour chaque nouvel usage, le bon réseau de neurones doit souvent être programmé à la main. Le bon côté, c'est qu'une fois une solution satisfaisante obtenue, elle est largement partagée (par exemple, sur le site de partage GitHub). Cette mise à disposition des outils explique, en partie, le succès de l'IA.

Enfin, la quête de l'explicabilité des décisions prises par un logiciel d'IA est essentielle pour que la délégation des décisions s'étende à des sujets sensibles : en médecine, pour un véhicule autonome, demain pour une décision de justice. Quels éléments ont été pris en compte et pourquoi ? Aujourd'hui, on connaît uniquement les millions de poids accordés à différents éléments.

Sur ces technologies, l'Europe est clairement en retard par rapport aux États-Unis ou la Chine. En particulier, elle ne dispose pas de grandes plateformes numériques structurantes (GAFA ou BATX), capables de collecter les flux de données qui nourriront demain l'IA. Ces plateformes

gèrent toutes des serveurs, une puissance de calcul, une connexion, des données, des utilisateurs qui constituent le nerf du développement numérique. Bien sûr, il est possible de développer des services numériques sur la base de ces plateformes (entreprises du e-commerce, services aux particuliers comme Blablacar ou Leetchie, etc.) mais toutes resteront largement dépendantes des grandes plateformes, comme le montre l'exemple de Booking.com, plateforme de réservation hôtelière qui, certes, capte une partie importante de la chaîne de la valeur hôtelière mais dépend, cependant, fortement de Google à qui elle doit acheter un espace publicitaire très conséquent. Uber était très dépendant de la cartographie de Google et doit consentir un investissement considérable pour s'en affranchir.

L'IA offre une occasion de rebattre (partiellement) les cartes ou, plutôt, de dessiner de nouveaux territoires de conquête. La maison est l'enjeu d'une forte bataille, avec Google Home, Amazon Echo et les applications qui s'annoncent (Orange). Ces objets prennent leur sens grâce à l'IA qui simplifie l'interaction, en permettant le pilotage par la voix.

Dans le grand mouvement auprès des consommateurs visant à simplifier les usages (accent mis sur l'expérience utilisateur UX, *user experience*), l'IA offre un nouvel outil, dont les effets seront peut-être encore supérieurs à ceux des interfaces tactiles et des progrès du design qui ont permis le développement spectaculaire du *smartphone*. Cette bataille-là est celle du consommateur.

La deuxième bataille est industrielle. Dans tous les secteurs, des briques d'IA vont pénétrer. En tant que technologie générique, une pincée d'IA va s'insérer dans toutes les interactions. Elle sert pour détecter la fraude, contrôler le fonctionnement d'un dispositif industriel, assister des diagnostics ou encore pour améliorer la cybersécurité en détectant les comportements anormaux au sein des systèmes informatiques.

Tous les acteurs l'ont bien compris, en particulier le capital-risque et les *start-up*.

De ce point de vue, il s'agit bien d'un saut considérable, celui qui nous emmènera vers le véhicule automatique sans conducteur, capable d'appréhender suffisamment son environnement pour que nous lui déléguions la conduite. Sans cette brique, la voiture sans chauffeur serait restée un fantasme. Aujourd'hui, Google, Renault, Volvo, PSA, Uber et Intel investissent fortement dans le domaine. La voiture autonome est désormais à portée de main.

Les défis

L'IA soulève d'immenses défis.

Un défi technologique, car l'apprentissage n'est que statistique. Ce qui n'est pas grave pour le classement automatique des

photos devient beaucoup plus problématique pour des usages de sécurité ou des usages critiques.

Les industriels l'ont bien compris : ils poussent pour un statut d'assistant, d'aide au diagnostic, qui laisse le pouvoir de décision à l'homme. Cette position ne sera pas tenable très longtemps.

Quel est le chemin de transition ? Dans certains champs non critiques, la machine fait mieux et pour moins cher que l'homme. Elle sera utilisée. Dès lors que la machine « lira » mieux un scanner qu'un spécialiste pour détecter la présence d'un cancer, la transition se fera et le médecin verra son rôle décalé à celui d'interprète des données et de décideur des actions à partir du diagnostic. L'enjeu, sur ce champ, est de mener des expérimentations pour développer les outils et tester leur apport. Il y a urgence : nos concitoyens ne pardonneraient pas que l'on n'emploie pas des techniques existantes pour sauver des vies. L'avantage est de pouvoir disposer, où que ce soit, du meilleur diagnostic. Dans un monde où la concentration des richesses est forte, où la métropolisation menace les territoires, il est important de souligner la capacité de cette technologie à mettre à disposition du monde entier les meilleures analyses, et de s'en réjouir. Pour se développer, ces technologies vont requérir d'immenses volumes de données d'apprentissage. Ces données existent dans certains cas : il va falloir les libérer. Dans d'autres cas, un formidable effort de numérisation est à faire.

Dans certains champs critiques, l'IA ne sera pas utilisée tant qu'elle ne montrera pas un risque d'accident nettement plus faible que les comportements actuels. C'est ce qui devrait se passer pour le véhicule automatique. Il ne roulera sur nos routes que s'il est significativement plus sûr que le véhicule actuel. Avec plus de 3 000 morts par an en France et près d'un million à l'échelle de la planète, de la place pour des améliorations significatives demeure. Mais le défi d'adaptation à la diversité des situations rencontrées sur la route est immense : la neige, les feuilles mortes, un ballon de baudruche, un chien qui surgit, de jour, de nuit, sous la pluie comme à contre-jour face au soleil couchant...

À terme et, très vraisemblablement à long terme, le métier de chauffeur aura disparu (pour mémoire, ils représentent aujourd'hui 200 000 emplois) mais cette transformation s'accompagnera de la création de nouveaux métiers (pilotage de flottes, contrôle, nouvelles fonctions de vérification) et s'étend sur un horizon long. En outre, elle donnera un nouvel accès à la mobilité à des personnes (sans permis), ce qui aura un effet positif sur l'activité et, partant, sur l'emploi. Francis Kramarz n'identifie-t-il pas les coûts de la mobilité, en particulier le permis de conduire, comme un des freins significatifs sur le marché du travail ? Comme souvent, les effets bénéfiques ne seront pas dans le secteur directement impacté mais plutôt dans les secteurs complémentaires à la mobilité.

La principale difficulté est celle de la gestion des transformations intermédiaires.

La nouveauté avec l'IA est qu'elle va étendre un processus de transformation bien connu de l'industrie (avec la robotisation) à de nombreux secteurs des services. La transformation des fonctions de secrétariat est ancienne et conduit à un déclin progressif de cette fonction dans l'emploi (cf. France Stratégie). L'IA va étendre cette transformation dans les domaines comptables, RH, médicaux, marketing, etc. Dans tous les cas, des tâches vont disparaître (gestion des factures, consolidation de comptes...) mais des emplois resteront pour des fonctions d'agrégation et de pilotage des tâches. Dans les secteurs de la banque et de l'assurance, la surveillance et la gestion de comptes vont connaître une mue accélérée.

Le secteur de la santé a besoin de réaliser des gains de productivité significatifs. De plus, les personnels de santé souffrent du poids des tâches de gestion et administratives. L'IA offre le potentiel d'automatiser les tâches non spécifiques et d'améliorer le suivi. Couplée aux objets connectés, elle permet de gérer l'augmentation spectaculaire de volumes de données qui nous attend. Pensez donc. On remplace un examen fait ponctuellement chez le médecin par un suivi permanent des paramètres médicaux. Pour le diabète ou encore l'épilepsie, les objets permettant cette captation des données existent déjà : ils conduisent d'ores et déjà à une amélioration des diagnostics. La médecine 4P (préventive, personnalisée, prédictive et participative), annoncée, a besoin des outils statistiques pour gérer les données et tenir les promesses d'amélioration de la qualité de vie : il ne suffit pas de compter les pas faits chaque jour pour améliorer significativement la santé des gens.

Dans ce champ, l'enjeu est le pilotage de la transformation par les acteurs.

Dans tous ces exemples, le défi est celui de la gestion des données.

Gestion stratégique : qui produit les données ? Qui contrôle les données ? Qui les concentre ?

Gestion des données personnelles : parce que les individus seront les fournisseurs de données, ils devront avoir confiance dans les usages qui en seront faits.

En santé, il n'y a pas (encore) eu de scandale majeur lié à une fuite massive de données.

L'enjeu est celui de l'acceptation, qui passe notamment par les mécanismes suivants :

- L'effectivité : si le dispositif fonctionne, les gens vont l'utiliser. On peut ainsi faire le parallèle avec la biométrie comme identifiant, qui soulève des oppositions mais est finalement largement utilisée quand elle est simple (pour activer un *smartphone*) ;
- La confiance : le dossier médical personnel (rebaptisé dossier médical partagé, DMP) illustre bien les doutes des parties prenantes sur l'utilisation qui sera faite des

données. En Estonie, toutes les bases de données sont interconnectées : le médecin remplit l'ordonnance en ligne et le patient peut directement aller chez le pharmacien qui lui fournit les médicaments à partir de sa carte d'identité numérique. Pourquoi les gens font confiance à ce dispositif ? Parce que les données ne sont pas centralisées : chaque entité ne contrôle que les données dont elle a besoin et en fournit l'accès aux autres parties prenantes à la demande, avec une signature électronique et une traçabilité de toutes les consultations. Ainsi, parmi les médecins trop curieux qui avaient consulté le dossier médical du Premier ministre après un problème cardiaque, ceux qui n'avaient pas su justifier les raisons de cet accès ont été révoqués de l'Ordre des médecins. La confiance dans le dispositif de contrôle est essentielle. Notons que l'individu concerné est au cœur du dispositif, puisqu'il peut avoir accès aux consultations de ses informations personnelles.

La confiance se construit sur l'éthique. Quelles sont les données utilisées ? À quoi servent-elles ? En assurance, on peut imaginer utiliser des données de comportement pour ajuster les primes. Aujourd'hui, un tel contrôle n'est pas fait en assurance maladie mais il est fait pour l'assurance automobile, sous la forme d'un bonus-malus. Les objets connectés permettent d'ores et déjà de multiplier les contrôles. Pourquoi utilise-t-on Waze ? Parce qu'on se dit que les données ne seront pas utilisées par une assurance ou par les pouvoirs publics pour des amendes.

Pourquoi les médecins sont-ils souvent réticents au partage de données ? Une des raisons est le contrôle qu'ils soupçonnent de la part de l'administration.

Les assureurs peuvent avoir plusieurs réponses face à ce défi. L'une consiste à recueillir le maximum de données et à faire de la segmentation de plus en plus fine. Pourquoi payer pour les autres ? Un tel mouvement conduit à maximiser les effets incitatifs. Il a sans doute du sens dans le domaine automobile mais il porte le risque d'augmenter la discrimination vis-à-vis de la localisation. Le mouvement peut être celui d'une société plus fragmentée. Un second mouvement possible consiste à mettre l'accent sur la prévention. L'assurance aide son client à améliorer son comportement *indépendamment* de la prime. La complémentaire santé Alan, par exemple, s'inscrit dans cette logique. Un tel mouvement a l'intérêt de maximiser les incitations à transmettre des informations. C'est bien l'un des ressorts de l'économie numérique.

Quelles sont les données utilisées pour l'apprentissage ? Les algorithmes sont totalement idiots : ils ne font que reproduire le comportement qu'on leur a donné en entrée. Si les données d'apprentissage comportent des biais racistes, sexistes, des préjugés sur la localisation, les patronymes ou autres, les algorithmes les reproduiront. Selon les activités, la capacité à mener des audits sur les données d'apprentissage sera donc critique.

Un des intérêts est évidemment la capacité à faire des tests. Alphago a joué de nombreuses parties contre lui-même pour

s'améliorer. Les logiciels de conduite automatique pourront être confrontés (virtuellement) aux pires situations dans des environnements de test pour vérifier les réactions. La neutralisation de certaines caractéristiques pourra être envisagée avec les dernières techniques de programmation (réseaux adversariaux). Ces champs devront faire l'objet de nombreux travaux de recherche.

À court terme, c'est à des problèmes de compétence que nous devons faire face. À moyen terme, des outils comme l'IA vont continuer à renforcer la pression sur la transformation des emplois et du travail.

L'IA permettra des gains de productivité, dès lors qu'elle sera intégrée. Le *Building Information Modeling* (BIM) permet, par exemple, d'optimiser l'architecture des bâtiments. L'intervention d'un technicien pourra être enrichie grâce à l'IA, à la réalité virtuelle et à la réalité augmentée. Un individu ne sera plus isolé mais pourra utiliser des ressources professionnelles adaptées dans son environnement.

Les compétences qui seront demandées seront davantage des compétences transverses et transférables : capacité à interagir avec de tels systèmes.

Enfin, d'un point de vue économique, les gains de productivité observés localement ne se traduiront par une richesse accrue à l'échelle nationale que si les tâches transformées permettent à ceux qui les exécutaient de se porter vers des tâches à plus forte valeur ajoutée et que si les emplois détruits s'accompagnent de la reconversion des personnes vers de nouveaux emplois. Si ce n'est pas le cas, si l'effort de formation n'est pas suffisamment soutenu pour développer les compétences des chercheurs, des personnes capables d'assurer le déploiement de l'IA (que ce soit dans les secteurs de l'agriculture, du sport, de l'industrie, de l'administration, de l'éducation, après le marketing où elle a commencé) ainsi que des personnes capables d'utiliser les nouveaux outils pour se détacher des tâches obsolètes (recopier un dossier écrit à la main ou traiter un dossier standard) et se porter vers les nouvelles tâches essentielles (accomplir des gestes techniques compliqués avec l'aide l'IA et de l'AR, faire preuve d'empathie, prendre des décisions complexes avec l'aide des dispositifs d'IA), alors la révolution de l'IA ne sera pas un progrès social. ■

IA, MACHINE LEARNING ET BIG DATA : ACCELERATEURS DE LA CROISSANCE VERTE



Antoine-Tristan MOCILNIKAR

Ingénieur général des Mines au Secrétariat général du Ministère de la transition écologique et solidaire, ancien élève de l'École Polytechnique, titulaire d'un doctorat en Mathématiques appliquées de l'Université Paris IX et Auditeur diplômé à la 24^{ème} session de l'INHESJ

Renforcer la croissance et la rendre plus verte passe fortement par la numérisation de notre économie et de notre société. Dans les secteurs concernés par cette croissance verte, la multiplication des capteurs et l'Internet des Objets permet d'entrevoir un monde numérisé produisant une avalanche de données. Il nécessite une logistique numérique nouvelle mais aussi une révolution dans l'intelligence avec laquelle elles sont exploitées. Des logiques nouvelles, comme la blockchain, permettent, par ailleurs, une nouvelle parcellisation des échanges et des possibles. Finalement, le secteur de la croissance verte est particulièrement concerné par l'apparition des nouveaux modèles qui eux aussi utilisent l'Intelligence Artificielle (IA). Présente partout, cette intelligence permet de verdir la croissance car elle permet un meilleur usage des ressources, une meilleure efficacité des processus et une limitation des déperditions. Mais, pour que l'IA tienne toutes ses promesses, toutes les parties prenantes doivent être parfaitement préparées – intellectuellement, technologiquement, politiquement, éthiquement et socialement – pour gérer les avantages et les défis qui peuvent naître d'une plus grande intégration de l'IA dans nos vies. Les questions de sécurité et de territoires ne doivent pas être oubliées. Du fait de ces percées, elles s'enchaîneraient d'autant dans une logique globale.

Le rôle structurant de la croissance verte

L'économie et la croissance verte, notions introduites par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), sont à la jonction de deux défis : élargir les possibilités économiques pour tous dans un contexte de

population mondiale en expansion et faire face aux pressions environnementales qui, en cas d'inaction, pourraient saper notre capacité à tirer parti de ces possibilités. La croissance verte vise à exploiter les possibilités de faire face à l'un comme à l'autre. Elle promeut la croissance économique et le développement tout en veillant à ce que les actifs naturels continuent à fournir les ressources et services environnementaux dont dépend notre bien-être. Pour cela, elle doit catalyser l'investissement et l'innovation qui serviront d'assise à une croissance durable et susciteront de nouvelles possibilités économiques.

La croissance verte n'est pas un substitut au développement durable. Il s'agit plutôt d'une approche pratique et flexible pour réaliser des progrès concrets et mesurables sur l'ensemble de ses piliers économique et environnemental, tout en tenant pleinement compte des conséquences sociales du verdissement de la dynamique de croissance des économies. L'axe des stratégies de croissance verte est de faire en sorte que les actifs naturels puissent fournir de façon durable tout leur potentiel économique. Il s'agit notamment de fournir les services essentiels au maintien de la vie -- pureté de l'air et de l'eau, et résilience de la biodiversité nécessaire à la production d'aliments et à la santé humaine. Les actifs naturels ne sont pas indéfiniment substituables et les politiques de croissance verte tiennent compte de ce constat.

Concrètement, le cœur de la croissance verte est constitué de secteurs bien précis : mobilité, ville de demain, intelligente, sûre et durable, chimie verte, technologies dans l'énergie, économie circulaire, risque/santé & environnement/biodiversité. L'efficacité énergétique et, plus généralement, l'efficacité dans l'usage des ressources est un élément central

de la croissance verte. Cette efficacité, quand elle s'accroît, devient un outil de souveraineté parce qu'elle permet de décroître les dépendances.

Le choc de l'usage des données au sein de la croissance verte

Avec l'usage des données, tout est bouleversé. Signalons, à titre d'illustration, qu'une voiture n'est utilisée qu'1 % du temps. Le *big data* permettra de se tourner vers la «servicisation» de l'automobile. Les infrastructures sont sous-utilisées. Elles ne sont utilisées à leur potentiel maximum (*peakload*) que 3 % du temps. Prenons également quelques exemples ponctuels. Au Kenya, 50 % de la population, soit 26 millions de personnes, utilisent le mobile *banking*. Depuis 2000, l'Afrique croît significativement plus vite grâce aux réseaux de télécoms. Sao Paulo est passée d'un réseau qui perdait 80 % de son eau à 40% grâce au *big data*.

Cisco estime que la création de valeur actualisée nette sur les 10 prochaines années liées à l'Internet de tout (*Internet of Everything*) est de 14 000 milliards de dollars. L'Open Data pour McKinsey permet de créer de 3 200 à 5 400 milliards de dollars de valeur par an au niveau mondial. De l'ordre de 40 % proviennent du développement durable (720 à 920 milliards dans le transport, 340 à 580 dans le domaine de l'électricité et de 240 à 510 dans le domaine du pétrole et du gaz) contre 890 à 1 180 milliards dans l'éducation, 520 à 1 470 dans les biens de consommation, 300 à 450 dans la santé et de 210 à 280 dans la finance.

Le champ des domaines concernés est très large: optimisation de la taille des réseaux, optimisation du mix des réseaux, partage des réseaux, gestion de la demande, optimisation de la maintenance, calendrier de maintenance, tarification des congestions, optimisation de la composition des flottes, approvisionnement amélioré, rapports et aide à la décision, prévention des accidents, évaluation des meilleures pratiques, conception de la valeur, construction sobre, mise en œuvre et stratégie, optimisation de la technologie, décisions de déploiement, approvisionnement plus efficace et gestion de l'offre, optimisation de la main-d'œuvre, recrutement, allocation du capital fondé sur le risque, optimisation du déploiement de réseaux intelligents, sélection optimisée de l'efficacité énergétique, ordonnancement, achats et stocks, gestion, conception de la valeur, planification des opérations.

La révolution des gains d'opportunité permet une meilleure synchronisation des offres et des demandes dans tous les domaines. Cela concerne aussi bien des sujets de très court terme comme la congestion, de moyen terme comme la programmation de flotte et de très long terme comme le choix d'infrastructures ou même de filières industrielles. Le *big data* grâce à un volume, une vélocité et une variété d'informations, permet de révéler, prédire et réagir. Le pouvoir de la multitude permet de la pertinence, une complétude ainsi qu'une confiance. L'agilité associée à un

aplatissement des organisations permet une plus grande efficacité. Les plateformes vont remplacer les progiciels de gestion intégrée en silo, ce qui permet une unification des systèmes d'information de façon agile.

Signalons que la technologie de la *Blockchain* permet de parcelliser les échanges en les sécurisant. Il sera maintenant possible de certifier un nombre quasi infini d'échanges, les plus hétérogènes soient-ils. C'est une technologie qui permet de fournir un nouveau média d'échange de valeurs. Cela va donc changer la façon dont les entreprises travaillent ensemble. Agences gouvernementales, compagnies financières, gestionnaires de chaînes d'approvisionnement et bien d'autres acteurs majeurs ont déjà commencé l'évaluation de la technologie *Blockchain* à travers de nombreux prototypes et créent des applications métiers intégrant cette technologie. Cela va produire une nouvelle avalanche de données, des nouvelles possibilités logistiques, de gestion des propriétés et d'échanges. Cela augmente profondément les degrés de liberté de l'économie et accentuera la complexité des systèmes. Autant de champs nouveaux pour l'IA dans le domaine de la croissance verte.

Des possibilités de croissance exceptionnelles

Selon Accenture, les effets combinés de l'IA, du *Cloud* et du *big data* vont davantage transformer l'économie que toutes les autres technologies avant elle, y compris Internet. Avec l'IA comme nouveau facteur de production, il est possible d'accroître la croissance par différents canaux. D'abord, contrairement aux solutions d'automatisation traditionnelles, l'innovation alimentée par l'IA automatise les tâches physiques complexes nécessitant une adaptabilité et une agilité et l'IA est capable d'auto-apprentissage. Ensuite, le travail et le capital existants peuvent être utilisés beaucoup plus efficacement car l'IA permet aux travailleurs de se concentrer sur ce qu'ils font mieux : imaginer, créer et innover. Finalement, l'un des avantages les moins abordés de l'IA est sa capacité à propulser l'innovation au fur et à mesure qu'elle se diffuse à travers l'économie.

Accenture estime que l'IA va permettre d'augmenter de 20 % la productivité de la France d'ici à 2035. Selon ses calculs, l'IA pourrait multiplier par deux les taux de croissance des pays développés d'ici à 2035. En France, il estime que la croissance annuelle passera de 1,7 % du PIB (selon ses estimations actuelles) à 2,9 % (en intégrant l'impact de l'IA). Mais c'est aux États-Unis que l'IA générerait les bénéfices économiques les plus importants, faisant passer la croissance annuelle de 2,6 % à 4,6 % du PIB en 2035, traduisant une valeur ajoutée brute additionnelle de 8 300 milliards de dollars.

Une nouvelle étude d'IBM mentionne que, au niveau mondial, 73 % des PDG estiment que l'informatique cognitive jouera un rôle clé dans le futur de leur business. Le rapport mentionne également que plus de 50 % des

PDG prévoient d'adopter cette technologie d'ici à 2019 et espèrent un retour sur investissement de 15 %. IBM recommande de mettre en place une planification pour adopter ces technologies en séparant les étapes d'idéation, d'incubation et de mise à l'échelle. En ce qui concerne ce sur quoi l'IA aura le plus d'impact, les répondants énumèrent les technologies de l'information, la vente et la sécurité de l'information comme les trois principales priorités de cette technologie. Les 6 000 PDG interrogés ont également déclaré qu'ils s'attendaient à un rendement de 15 % sur leurs investissements en IA.

Big data, intelligence Artificielle et machine learning : un trio gagnant

Le mythe de la machine-homme

L'IA est fondée sur le postulat que l'intelligence humaine peut être décrite si précisément qu'on peut construire une machine la simulant. C'est peut-être un rêve, mais cela donne une piste, un horizon. Pour les tâches les plus complexes, il est possible, mais inefficace, d'écrire des programmes explicitement destinés à atteindre les buts recherchés. Il apparaît beaucoup plus fécond d'apprendre à des machines à inférer elles-mêmes les bonnes règles de décision.

Ainsi, la machine intelligente idéale est un agent rationnel flexible qui perçoit son environnement et qui prend des décisions qui maximisent ses chances de succès pour un but donné. En pratique, on parle plutôt de simulation des capacités cognitives des humains. Une machine mime les fonctions cognitives que les humains associent à l'esprit humain, comme apprendre ou résoudre un problème.

Un but opérationnel est de construire des robots autonomes destinés à réaliser des tâches non spécifiques. Les principaux objectifs de l'IA sont le raisonnement, la connaissance, la planification, l'apprentissage, la perception, l'intelligence « générale ». A l'inverse, au fur et à mesure que les machines accomplissent de nouvelles tâches, des compétences qu'on pensait relever de l'intelligence sont progressivement retirées de la liste. Par exemple, la reconnaissance de caractères n'est plus considérée comme relevant de l'IA, mais comme une technologie de routine. Parmi les compétences encore classées en IA, beaucoup concernent les sujets de la croissance verte comme les voitures autonomes, l'efficacité énergétique ou la ville intelligente.

L'IA utilise l'approche symbolique traditionnelle (logique) avec les outils bien connus que sont l'optimisation mathématique, la logique et les algorithmes d'inspiration probabiliste. Elle mobilise aussi les méthodes statistiques ainsi que le *soft computing* qui mobilise les techniques des systèmes intelligents flous, des réseaux de neurones artificiels et des algorithmes évolutionnistes. L'IA est donc

au carrefour de l'informatique, des mathématiques, de la linguistique, de la philosophie, de la neuroscience et de la psychologie artificielle.

Le *machine learning* sera le moteur de l'intelligence artificielle pour la croissance verte

L'apprentissage automatique (en anglais, *machine learning*, littéralement « l'apprentissage machine ») est un champ d'étude de l'IA. Elle concerne la conception, l'analyse, le développement et l'implémentation de méthodes permettant à une machine (au sens large) d'évoluer par un processus systématique et, ainsi, d'être en capacité d'apprendre sans avoir été programmée explicitement. On dit qu'un programme apprend d'une expérience par rapport à une classe de tâches si sa performance augmente avec l'expérience. Les algorithmes construisent un modèle à partir d'exemples donnés en entrée dans le but de faire des prédictions ou de prendre des décisions plutôt que de suivre strictement une suite statique d'instructions. Le *machine learning* est utilisé pour concevoir des modèles complexes et des algorithmes qui conduisent eux-mêmes à des prédictions.

Le *big data* fait intrinsèquement partie de l'IA. En effet, les humains apprennent en utilisant des sources de données très abondantes et diverses. Le *big data* permet d'employer de manière plus commode la loi des grands nombres. Le *machine learning* pour les *big data* abolit quasiment complètement la séparation entre la modélisation stochastique et l'optimisation.

En langage simple, on peut constater que, traditionnellement, les modèles construits par les chercheurs à partir de données d'observation n'utilisent guère plus de 10 variables. À l'inverse, les algorithmes d'apprentissage sélectionnant seuls le modèle optimal pour décrire un phénomène à partir d'une masse de données sont capables de sélectionner, puis de jongler, avec jusqu'à plusieurs millions de variables. La révolution, c'est que le système construit un modèle sans règles prédéfinies. Mais mathématiquement, on comprend encore mal comment cela fonctionne et pourquoi parfois cela ne marche pas.

L'analyse du *big data* permet particulièrement l'informatique distribuée. Plus généralement, le *big data* a ses problèmes spécifiques que certains appellent « la complexité multidimensionnelle des *big data* » : nouvelles architectures de stockage, nouvelles architectures d'interopérabilité, défi pour les réseaux de communication, nouveaux modèles de calcul sur des flux, nouveaux modèles de qualité (données & processus de traitement), nettoyage et transformation, fusion des données.

Les couches profondes de l'IA que la croissance verte utilise vont mobiliser *deep learning*, réseaux de neurones, qubits et ordinateurs quantiques

Finalement, *machine learning* et *big data* sont étroitement liés avec le *deep Learning* et les réseaux de neurones. *Deep learning* et réseaux de neurones sont anciens, ayant été largement étudiés dès les années 1950. Dans un système neuronal multicouche qui applique une logique de *deep learning*, la première couche est assignée à des décisions très simples, en pondérant les données d'entrée. Les données de sortie sont ensuite traitées dans une seconde couche, dont les décisions sont pondérées par les résultats de la première, et se situent donc à un niveau plus complexe et abstrait. Le processus de décision gagne encore en complexité avec une troisième couche et ainsi de suite. Finalement, plus le nombre de couches est élevé, meilleure est sa capacité de prise de décision. Et elle est applicable à de nombreux domaines.

Aujourd'hui, on peut traiter un grand nombre des données d'entrée et de sortie rapidement. Et de fait, le *deep learning* et les réseaux de neurones artificiels ont transformé le monde de l'IA en améliorant considérablement son « intelligence ». En disposant de très grands jeux de données et d'une forte puissance de calcul, les machines peuvent désormais reconnaître des objets, traduire des discours, s'auto-entraîner à identifier des motifs complexes, apprendre à définir une stratégie et gérer des imprévus en temps réel. Des nouvelles idées apparaissent : l'introduction de la notion d'« attention » dans le processus d'apprentissage de ces « mini-cerveaux » afin de concentrer uniquement les ressources d'apprentissage sur certains objets d'intérêt, le développement de réseaux de neurones multitâches capables de réutiliser la connaissance apprise sur une tâche particulière pour fonctionner sur une tâche similaire mais différente.

Une des clés du succès d'une démarche de développement d'un système intelligent est l'intrication de toutes les étapes du développement. L'informatique traditionnelle raisonne par couches conçues séparément, respectant des interfaces les plus génériques possibles, et sans soucis de l'architecture finalement utilisée. À l'opposé, ce qui est nécessaire et efficace dans ce domaine, c'est de concevoir un modèle mathématique puis un algorithme numérique et, enfin, un code exécutable qui visent tous à utiliser au mieux les capacités de la machine cible.

À très long terme, seront particulièrement utiles les qubits dans du silicium et les calculateurs quantiques. Ils utilisent les phénomènes de la mécanique quantique, par opposition à ceux de l'électricité exclusivement, pour l'informatique dite classique. Le qubit est l'analogie quantique du bit. L'intérêt principal de l'ordinateur quantique serait que sa puissance soit une fonction exponentielle au sens propre du nombre de qubits. Avec n qubits, on a 2^n états superposables. Donc,

quand un opérateur est appliqué à l'ensemble des qubits, il est appliqué à 2^n états en même temps, ce qui équivaut à un calcul parallèle sur 2^n données en même temps.

IA au cœur de la question des senseurs

Le règne des senseurs

La puissance de l'informatique couplée à la baisse continue du coût du *hardware* fait en sorte qu'il est possible de connecter n'importe quel objet à Internet. Un avènement du Tout connecté et des objets connectés. Les capteurs seront placés un peu partout : dans le ciel, dans les bâtiments, le bitume des routes, les vêtements. N'importe quel produit (physique) pourrait être connecté à une infrastructure de communication omniprésente et les capteurs partout permettront aux gens de distinguer complètement leur environnement.

Il y a quelques années, la prévision du nombre de senseurs était extrême. Ainsi, le PDG d'Ericsson a été parmi les premiers, dans une présentation de 2010, à projeter 50 milliards d'appareils connectés d'ici 2020. L'année suivante, Dave Evans, qui travaillait pour Cisco à l'époque, a publié la même prédiction dans un livre blanc. En 2012, IBM prévoyait mille milliards d'appareils connectés.

Lorsque l'on fait le point sur l'année 2016, les chiffres et les prévisions sont plus mesurés. Pour Gardner, l'estimation est de 6,4 milliards d'objets connectés (les *smartphones*, tablettes et ordinateurs exclus), pour IDC (*International Data Corporation*) elle est de 9 milliards de dollars (ces mêmes dispositifs également exclus) et pour IHS (*Information Handling Services*), elle est de 17,6 milliards (tous ces dispositifs inclus).

Depuis, Evans dit qu'il s'attend à voir 30 milliards d'appareils connectés d'ici 2020, tandis que Ericsson chiffre sa prévision à 28 milliards d'ici 2021. D'autres entreprises ont adopté des tonalités similaires. IHS prévoit 30,7 milliards de périphériques IoT (*Internet of Thing*) pour 2020 et Gartner prévoit 20,8 milliards à ce moment-là (à l'exclusion des smartphones, tablettes et ordinateurs). Enfin, IDC prévoit 28,1 milliards (à nouveau, sans compter ces appareils).

IDC, dorénavant, conseille d'analyser plutôt le chiffre d'affaires. Selon IDC, en 2017, celui-ci, sur le champ matériel, logiciels, connectivité et services en projet de l'Internet des objets, dépasse déjà 800 milliards de dollars. Avec une croissance moyenne attendue de 16,7 % par an, il projette un chiffre d'affaires de 1 400 milliards de dollars en 2021.

Parmi les secteurs d'activités qui attireront le plus les investissements, IDC cite l'industrie manufacturière (105

milliards de dollars), la surveillance du fret (50 milliards de dollars) et la gestion des actifs de production (45 milliards de dollars). Avec, respectivement, 56 milliards de dollars et 40 milliards de dollars, les technologies intelligentes pour la gestion des énergies et de l'eau, et le bâtiment intelligent feront également l'objet d'investissements conséquents. Les secteurs les plus dynamiques seront l'automatisation des équipements aéroportuaires (33,4 % de croissance annuelle moyenne au cours des 5 prochaines années), les systèmes de recharge des véhicules électriques (21,1 % de croissance), le marketing contextuel en magasin (20,2 % de croissance), sans oublier la maison connectée (19,8 % de croissance). Le secteur de la croissance verte est très présent pour ce sujet.

Si l'on s'en tient à 2017, les secteurs qui réaliseront les plus lourds investissements sont la fabrication (183 milliards de dollars), le transport (85 milliards de dollars), les services publics (66 milliards de dollars). Les industries croisées, c'est-à-dire les cas d'usages communs à tous les secteurs d'activités comme les véhicules connectés et les bâtiments connectés, pèseront cette année 86 milliards de dollars. Avec des dépenses de l'ordre de 62 milliards de dollars, le grand public participera lui aussi au dynamisme du secteur.

Les équipements (modules, senseurs...) concentreront, au cours de la période 2017-2020, les investissements les plus conséquents. A partir de 2021, les services (gestion IT et services d'installation) vont commencer à dominer. En termes de croissance, le secteur le plus dynamique sera, toutefois, celui du logiciel. IDC prévoit, ainsi, des taux de croissance annuelle moyens de 29 % pour les logiciels généralistes et de 20,5 % pour les logiciels analytiques. Bien entendu, avec 15,1 % de croissance pour les achats matériels et 16,6 % pour les acquisitions de logiciels, la sécurité participera à la vitalité du secteur. Il faut rajouter les 10,4 milliards d'étiquettes RFID vendues en 2016, qui sont encore à 90 % non connectées.

L'IA au cœur des senseurs de demain

Le nombre de senseurs est plus faible que ce que l'on avait prévu dans un premier temps, mais il n'en demeure pas moins important et en forte hausse. Une grande raison de la baisse des prévisions du nombre de senseurs est l'IA. Regardons l'exemple de Google Lens. Apparaissant d'abord dans Google Assistant et Google Photos, Google Lens utilise l'IA pour identifier spécifiquement les choses dans le cadre d'une caméra de smartphone. Dans la démo de Google, Google Lens n'a pas seulement identifié une fleur, mais les espèces de fleurs. La démo a également montré qu'elle a identifié la connexion automatique à un routeur sans fil lorsqu'elle était pointée vers les codes-barres du routeur et qu'elle a permis l'utilisation de cartes. Ce n'est pas un jouet. En réalité, Google nous démontre la faisabilité d'un avenir qui exploite toutes les possibilités de détection. Grâce au

machine learning, il est maintenant possible de créer un million de capteurs virtuels différents dans un logiciel utilisant un seul capteur réel, la caméra.

Pour certains experts, ainsi, au lieu d'avoir des capteurs différents à usage unique installés dans tout le véhicule, la personne, le mur, la machine et la route, nous pourrions plutôt utiliser des super capteurs à usage général. Leurs données seraient utilisées pour les capteurs virtuels, eux basés sur des systèmes intelligents.

De nombreux laboratoires travaillent sur des nouveaux capteurs incluant de l'IA. Il s'agit de senseurs qui contiennent une gamme de capteurs couramment utilisés dans les environnements industriels et commerciaux. Ces senseurs peuvent détecter le son, les vibrations, la lumière, l'activité électromagnétique et la température. Ils peuvent également être équipés de caméras régulières. Le senseur se branche dans un mur ou une source d'alimentation USB et se connecte par Wi-Fi ou par un autre protocole bas débit du type Sigfox. En d'autres termes, une nouvelle génération de senseurs fonctionne comme un super capteur tout usage que vous pouvez brancher et déployer pour toute application de détection.

Au fur et à mesure que les événements se produisent à proximité du senseur, les données sont générées dans des motifs spécifiques et d'identification unique qui sont traités par des algorithmes d'apprentissage pour permettre la création d'un capteur spécifique.

Les senseurs pour la croissance verte

Nous finissons sur le sujet des senseurs ayant une application concrète pour la croissance verte. Nous regardons comment un senseur pourrait fonctionner dans un entrepôt. Sont connectés un ou plusieurs senseurs. Lorsque quelqu'un utilise un chariot élévateur, la vibration, le son, la chaleur et le mouvement résultant détectés par le super capteur génèrent des données puis des modèles intelligents qui sont alimentés dans le système. Il peut être identifié comme un « chariot élévateur en opération »¹. Des applications de niveau supérieur peuvent ensuite être programmées pour allumer des témoins lumineux lorsque les chariots élévateurs se déplacent, pour calculer l'usure des équipements des chariots élévateurs ou pour détecter le fonctionnement non autorisé des chariots élévateurs. L'intérêt est que l'on peut accumuler les couches d'intelligence afin de détecter différentes choses, sans changer les capteurs physiques. Ces mêmes capteurs dans le hall pourraient remplacer les commandes d'éclairage, les détecteurs de fumée et les commandes de thermostat. Ils pourraient alerter la maintenance lorsque les fenêtres ont besoin de nettoyage ou que les déchets doivent être vidés.

(1) Un ajustage supplémentaire pourrait déterminer non seulement quand un chariot est utilisé, mais où il se trouve, à quelle vitesse il se déplace, combien de poids il porte et d'autres données.

L'IA au cœur de la gestion efficiente, gage de croissance verte

L'IA, dans le domaine de la croissance verte, ne se limite évidemment pas au monde des senseurs. Elle concerne également de vastes ensembles de problématiques. Prenons quelques exemples ne pouvant pas traduire l'immensité de l'étendue du champ.

L'IA contribuera au développement des voitures connectées, autonomes et électriques

L'IA touche tout le secteur automobile. Le logiciel et l'intelligence embarquée ou débarquée de la voiture deviennent des éléments clés pour l'automobile. En 2015, le logiciel représentait 10 % de la valeur totale de la voiture. Certains estiment qu'en 2020, cette valeur passera à 50-60 %. Le logiciel devient une composante clé. Des industries comme Apple ou Google s'intéressent justement, depuis quelques années, à l'automobile.

L'IA a des applications sur l'ensemble de la chaîne de conception, jusqu'à la prévente, en passant par la fabrication. Sur la prévente, le CRM (*customer relationship management*) est totalement transformé. Il doit être possible d'exploiter les données pour proposer une relation différente aux clients. Sur la phase logistique, toutes les problématiques d'optimisation de trajets et de coûts font partie des sujets pour lesquels il existe des applications très intéressantes d'IA.

Dans la voiture elle-même, l'IA se love dans les trois révolutions qui mobilisent ce secteur, chacune d'entre elles étant suffisante à transformer en profondeur cette industrie. Les voitures deviennent de plus en plus électrifiées, voire totalement électriques pour une partie d'entre elles. Elles deviennent, en outre, connectées, ce qui transforme radicalement la place de la voiture dans son écosystème et l'usage de la voiture elle-même par le client. Enfin, la voiture devient de plus en plus autonome.

Pour être davantage autonome, la voiture est tenue de devenir plus intelligente. Sont développées de plus en plus d'aides à la conduite qui assistent le conducteur dans les différentes phases de conduite. La voiture doit percevoir son environnement, avec des caméras, radars et tous types de capteurs, puis analyser les éléments et prendre des décisions. La décision passe essentiellement par le freinage, le contrôle de la direction et le contrôle moteur. Ce qui a été développé repose assez peu sur l'IA. Il s'agit de techniques assez classiques de traitement d'images et d'analyse de l'information. En revanche, il sera essentiel de passer à l'IA parce que l'écart entre des aides à la conduite dans lesquelles le conducteur reste au volant en étant responsable de la conduite, et la phase où la voiture sera autonome, constitue une véritable rupture technologique. Celle-ci vise à gérer, par exemple, une infinité de scénarii. Le *big data*, le *deep*

learning et les réseaux de neurones seront donc mobilisés. Précisément, l'IA aidera à gérer des scénarii très diversifiés et à s'inscrire dans une phase d'apprentissage.

La voiture est, en outre, connectée. Ces communications permettent de manipuler des volumes énormes de données. L'IA est utilisée essentiellement pour exploiter les données et créer des assistants virtuels qui renvoient des conseils au conducteur.

La voiture est, par ailleurs, de plus en plus électrique. L'intelligence de l'écosystème dans lequel la voiture va être plongée doit donc être développée. La production d'électricité est un enjeu clé pour les décennies à venir, qui s'inscrit dans un enjeu plus global de production et maîtrise de l'énergie. Elle nécessite donc du stockage. Dans chaque voiture électrique, sont embarqués entre 20 et 40 kWh. Pour réussir ce défi, qui consiste à utiliser ce stockage et à opérer du *vehicle-to-grid*, la voiture doit être un des éléments clés des *smart grids*, c'est-à-dire des réseaux intelligents. Il s'agira également d'injecter beaucoup d'intelligence dans le système. Nous partons d'un modèle où la production était très concentrée, et où la charge avait peu d'action, pour nous diriger vers un modèle où la production sera très décentralisée et les charges seront un des maillons intelligents du système. Les technologies d'IA permettront de gérer ce système qui se caractérise par une complexité très élevée.

L'IA et les algorithmes prédictifs renforcent la lutte contre la pollution

Signalons le suivi de la pollution liée au méthane proposé par IBM. Les scientifiques d'IBM travaillent sur cette question avec des producteurs de gaz naturel. L'idée est de déployer des technologies de détection à prix abordable près des puits d'extraction de gaz naturel, autour des installations de stockage et le long des pipelines de distribution. Cela permet de localiser les fuites invisibles en temps réel. Des réseaux de capteurs connectés sans fil assureront le suivi continu de la vaste infrastructure de gaz naturel, permettant ainsi de détecter les fuites en quelques minutes au lieu de quelques semaines, de réduire la pollution et la probabilité d'événements catastrophiques. L'idée est d'avoir un réseau de capteurs au sol ou dans une infrastructure, voire sur des drones autonomes. Puis, sont générées des données qui, combinées à des données éoliennes en temps réel, à des données satellitaires et à d'autres sources historiques, peuvent être utilisées pour construire des modèles environnementaux complexes afin de détecter l'origine et la quantité de polluants à mesure qu'ils apparaissent.

Green Horizon est une solution basée sur l'IA qui donne à la ville de Pékin les moyens de prédire par avance les zones précises de forte pollution. Grâce à ces prédictions, les populations sont prévenues plus tôt et les recommandations sont plus pertinentes. Ces outils de prédiction sont nécessaires afin de donner les meilleurs conseils possibles.

Ce système est d'autant plus essentiel que la pollution de l'air est une problématique majeure en Chine qui cause plus d'un million de décès prématurés par an.

L'IA permet l'optimisation accrue de l'énergie et des ressources

Un autre angle pour utiliser l'IA reste d'optimiser les solutions existantes pour en limiter l'impact écologique. Il y a 3 ans, Google a acquis DeepMind, un des leaders de l'IA, pour l'aider à économiser de l'énergie utilisée par ses différents centres de données. Le système IA contrôle environ 120 variables dans les centres de données : ventilateurs, systèmes de refroidissement, ouverture des fenêtres et d'autres choses. DeepMind permet, ainsi, de définir les températures optimales pour travailler dans de bonnes conditions, tout en limitant la consommation inutile d'énergie.

Dans le monde de l'automobile, en ce qui concerne les voitures hybrides, il est possible, par exemple, d'utiliser une IA pour avoir la meilleure autonomie possible avec le moins de carburant. Des chercheurs ont développé un algorithme qui apprend à combiner idéalement les deux énergies en analysant la conduite de l'utilisateur et les comportements du véhicule. Cette solution réduit les émissions de CO2 et augmente l'autonomie électrique. Avec une économie de 30 % de la consommation, la recharge de la voiture est de même repoussée, créant ainsi un cercle vertueux écologique.

Cela peut s'inscrire à un niveau plus global. Pour aider la Californie à mieux gérer les questions d'eau et à limiter le recours à l'utilisation de l'état d'alerte durant les périodes de sécheresse, l'entreprise Parasomnie propose de cartographier et d'analyser, grâce à son IA, le besoin en eau de l'État. Cette analyse permet de mieux répartir la consommation d'eau entre les terres. Lancée en 2016, cette IA a déjà permis aux utilisateurs d'omnisports de réduire leur consommation de 15 %.

Le cabinet Upstream Intelligence a mené une enquête, en 2017, sur la place de l'analyse des données dans la production d'hydrocarbures de la mer du Nord. Plus de 300 cadres supérieurs de l'ensemble de l'industrie ont été interrogés. Environ 90 % des répondants croient que la transformation numérique va prolonger la durée de vie productive de leurs opérations dans la mer du Nord. Quelque 65 % des répondants ont déclaré que leur principale raison d'investir dans le numérique était d'améliorer l'efficacité opérationnelle. Pour 58 % des répondants, ce sont les systèmes d'analyse prédictive avancée qui constituent les outils les plus transformateurs. Certains (16 %) passent directement à l'IA, 16 % à la robotique et 10 % à l'Internet des Objets.

La question des risques et de la sécurité est un champ à part entière au sein de la croissance verte

La logique systémique

Chaque domaine de la croissance verte présente une série de risques spécifiques, mais il y a des risques systémiques car tout devient lié. On parle d'« ubérisation de l'économie », d'autres parlent de « quatrième révolution industrielle », sous l'effet conjugué de l'IA, du numérique, du *big data*, de l'impression 3D et de la *blockchain*.

Les risques concernent aussi bien les champs environnementaux que technologiques, économiques, financiers et sociaux. On pense aux crues, aux tempêtes, aux avalanches, aux tremblements de terre, aux éruptions volcaniques mais, aussi, aux catastrophes industrielles. S'y ajoutent les mouvements sociaux. C'est, par exemple, le cas de grèves des transports ou de l'énergie. Mais certaines décisions économiques rationnelles au niveau national ou global peuvent déstabiliser des territoires entiers.

Mais cela ne s'arrête pas là. Les États peuvent être prédateurs. Des groupes criminels organisés peuvent l'être également. Le secteur de la croissance verte est en plein développement. Les industries françaises, malgré des difficultés, se développent activement. Il en résulte une part de PIB significative en France dont l'accroissement est supérieur à la moyenne.

C'est également un secteur au sein duquel l'offre française apparaît comme compétitive. Les entreprises les plus stratégiques ont toutes un lien fort avec les technologies du développement durable les plus avancées. La plupart contribuent à la R&D dans le domaine des technologies. Elles peuvent logiquement devenir cibles. Les problématiques de menaces couvrent un large champ de situations : espionnage, terrorisme, corruption, sabotage, subversion, déstabilisation, rachats, chevaux de Troie et crime organisé.

L'IA est un outil essentiel pour gérer les risques et les crises liés à la croissance verte

Le constat : nos cartographies des risques explosent, les contextes de nos crises sont en mutation stupéfiante, nos fondamentaux sont ébranlés. Les ruptures actuelles exigent d'aller bien au-delà de la prolongation des exigences déjà connues et de la mobilisation des invariants.

Nous ne sommes plus seulement face à l'incertitude mais bel et bien face à l'inconnu. Nous devons nous mettre en posture d'interrogation, de découverte, d'invention. Il ne s'agit plus d'abord d'arrêter des procédures, de faire fonctionner des rouages, ni même de « communiquer ».

Le grand défi est de conduire des ensembles, vastes ou plus restreints, en évitant le décrochage. Cela suppose de tenir les performances immédiates mais, plus encore, de reformuler les fondamentaux, de reconstruire des trajectoires de navigation qui puissent faire sens, susciter cohésion et permettre des réussites collectives.

Le responsable ne pourra plus se contenter de suivre des fiches d'action clés en main. Il va lui falloir combiner de multiples prescriptions, suggestions et inconnues. Au-delà de la consolidation des savoirs, il s'agit de se préparer pour naviguer dans un monde des risques et des crises qui sera sans cesse plus surprenant.

Les gestionnaires de centres de données et les directeurs de systèmes d'information (DSI) comptent déjà sur l'IA pour partiellement s'occuper des services de sécurité. Il a été prouvé que ces systèmes fonctionnent plus rapidement et efficacement que les humains pour de nombreuses tâches, à l'instar de la détection automatique d'intrusion 24 h/24 h. Lesdits systèmes peuvent, entre autres, traiter de grandes quantités de données à des vitesses très élevées, avant d'envoyer des notifications et d'aider les opérateurs humains lorsqu'une action est nécessaire après la détection de menaces.

Pour les problèmes plus globaux de sécurité que nous avons évoqués, l'IA apparaît comme une solution adaptée au foisonnement des problématiques très présent dans les domaines de la croissance verte. Les compétences humaines restent primordiales mais les systèmes de sécurité gérés par l'IA vont prendre de l'importance dans le futur. Cela permettra aux humains de se concentrer sur les aspects stratégiques de la sécurité.

Des plateformes auto-apprenantes conduisent les entités concernées à revoir leurs stratégies et à automatiser leurs mécanismes de défense, de gestion de crise et de continuité d'activité. Ces nouvelles technologies d'IA permettent l'émergence de réseaux pensants, c'est-à-dire capables, non seulement, de détecter et de répondre aux menaces qui apparaissent mais, aussi, de protéger les actifs d'une entité. Les algorithmes qui constituent le socle de l'IA analysent, retiennent le « modèle comportemental normal » de chaque réseau et neutralisent les anomalies dangereuses dès leur apparition, tout ceci en temps réel. En fin de compte, les plateformes d'IA ont vocation à renforcer les équipes de sécurité, et non à provoquer leur restructuration.

Pour exploiter pleinement le potentiel de l'IA à des fins sécuritaires, il faut pouvoir l'adapter aux spécificités d'un réseau et aux besoins de défense qui lui sont propres. Si une entité voit les menaces internes comme le danger le plus important, il lui faudra opter pour un système de défense automatique, capable de ralentir ou de bloquer les opérations internes anormales. L'essentiel est d'identifier les menaces qui planent sur les entités, de décider du champ d'action de l'IA et de laisser la technologie faire son œuvre de la façon qui se plie le mieux aux besoins.

Hélas, il est possible qu'il n'existe pas une seule solution de sécurité. Demain, les menaces seront encore plus subtiles, plus discrètes et plus sophistiquées. Et si la mise en place d'un système d'IA ne suffit pas à faire disparaître tous les risques, elle est encore la meilleure stratégie pour préparer le terrain des batailles à venir. En neutralisant les attaques avant qu'elles n'accomplissent leur noir dessein, les entreprises dotées d'IA sont armées pour endiguer les infiltrations à leur stade embryonnaire, c'est-à-dire avant d'en faire les frais. C'est là l'avenir des stratégies de sécurité, et il passe par des plateformes d'IA paramétrables, capables de détecter et de réagir à des menaces inédites, de renforcer les stratégies de sécurité et d'améliorer l'efficacité des experts humains.

L'approche territorialisée, en matière de sécurité globale des territoires, est portée par le concept de croissance verte

Face à ces risques, il est nécessaire d'apporter une réponse nationale, territoriale et globale. Réponse nationale, parce que ce n'est qu'à ce niveau que peut être consolidée une réponse efficace. Mais il faut également une réponse globale, certains diraient holistique. En effet, ce n'est que par la mise en place d'une approche de sécurité globale reliant tous les aspects du problème, associant collectivement tous les acteurs impliqués du territoire, que celui-ci peut être renforcé. L'IA sera à son maximum d'efficacité dans ce cadre. La confiance au sein d'un territoire s'appuie sur la connaissance de multiples aspects de sa vie ou de son fonctionnement. La coopération et l'échange de données entre divers acteurs sur les territoires est fort utile pour assurer la sécurité globale, pour préparer de façon anticipée des réponses adaptées. Par ailleurs, concernant la sécurité globale des territoires, il faut également avoir une approche maritime notamment basée sur les politiques maritimes intégrées.

D'un autre côté, les risques sont en même temps des opportunités ; tout dépend de quel point de vue on se place : pour l'utilisateur d'un service, la plus grande flexibilité est un avantage ; pour le prestataire soumis à une concurrence nouvelle, c'est une menace. Ces risques, ce sont aussi de nouvelles opportunités économiques, de nouvelles entreprises, de nouveaux emplois et donc de nouveaux destins. L'IA sera également présente dans ce volet plus offensif de la croissance verte.

Algorithmes, intelligence artificielle et éthique

À l'heure où l'IA ouvre le champ des possibles, la question de l'éthique se pose. Les histoires issues de l'univers de la science-fiction – *Frankenstein*, *Metropolis*, *Asimov*, *2001 Odyssée de l'espace*, *Blade Runner*, *Terminator*, *Steven Spielberg* et le dernier *Ex Machina* – sont souvent pessimistes

liant transhumanisme, IA et robotique et mettent en garde les lecteurs contre l'impact le plus sombre des avancées technologiques dans la société.

Ainsi, les réflexions relatives à la protection de la vie privée doivent être repensées face à la généralisation de la collecte, de l'exploitation de masses de données individuelles s'appuyant sur des techniques issues de l'IA. Dans le même ordre d'idée, se pose tout un ensemble de questions liées à la conservation de ces données et au droit à l'oubli. Sur un autre ordre d'idée, les questions de responsabilité, de décision, doivent être repensées face aux développements de l'autonomie de décision et des champs d'action d'agents logiciels, humains ou robotiques. Cette propriété fondamentale est devenue une caractéristique essentielle de nombreuses applications d'IA qui participent à la numérisation de notre société.

La question de l'autonomie est particulièrement importante. L'autonomie est une propriété désirable pour de nombreuses applications d'agents artificiels, en particulier lorsque les tâches à réaliser sont dangereuses ou que les machines ne peuvent communiquer avec des opérateurs humains. S'il paraît naturel de vouloir contraindre les agents artificiels à

suivre des lois morales ou sociales (comme ne pas blesser un humain ou respecter leur vie privée), le problème de leur implantation et de leur mise en œuvre (que nous appellerons « comportement éthique ») n'est pas résolu.

Dans un tel contexte, la question d'une régulation ou d'un contrôle éthique des agents logiciels ou robotiques ainsi que des systèmes constitués d'humains et d'agents autonomes se pose actuellement de manière prégnante. Ces questions sont par nature transverses à de multiples disciplines. Bien évidemment, l'Europe doit développer ses protocoles et ne pas être seulement importatrice de ceux proposés par les acteurs californiens. ■

Pour en savoir +

Ministère de la Transition écologique et solidaire, « Loi de transition énergétique pour la croissance verte », 2016 : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr>

IBM Institute for Business Value, "Accelerating enterprise reinvention - How to build a cognitive organization", 2017: <https://www-01.ibm.com> ■

QUELLES IA POUR LA ROBOTIQUE ?



Fabien MOUTARDE

Professeur au Centre de Robotique des MINES ParisTech

Historique et état de l'art

L'apparition des premiers robots utiles pour l'homme a eu lieu sur les chaînes de montage, où les robots pouvaient effectuer des tâches répétitives, pénibles et dangereuses pour les opérateurs. Ainsi, le robot Unimate, datant de 1954, est connu pour être le premier robot industriel programmable. Il s'agit d'un bras articulé pouvant transporter une pièce d'un endroit à un autre. Depuis, les robots industriels ont pris une place de plus en plus importante sur les chaînes de montage. Mais ces robots sont essentiellement pré-programmés et effectuent, en cycle et à l'identique, des actions répétitives dans un environnement isolé et sécurisé. Il s'agit en réalité de sortes d'« automates » sans aucune intelligence.

Suite à la miniaturisation des capteurs et calculateurs dont la puissance augmente exponentiellement (loi de Moore), le début du XXI^e siècle a vu l'apparition de robots plus adaptatifs et conçus pour le grand public : par exemple, le robot aspirateur Roomba a été introduit en 2002 par l'entreprise IRobot et, en 2009, plus de 5 millions d'exemplaires en avaient été vendus dans le monde. Plus généralement, la robotique de service s'est développée à cette époque avec, par exemple, le petit robot humanoïde NAO sorti en 2008 par la société française Aldebaran Robotics (créée en 2005 et devenue SoftBank Robotics Europe depuis son rachat en 2012 par le groupe japonais SoftBank). Ce robot ainsi que son « grand frère » Pepper (1m20 de haut) sont équipés de nombreux capteurs (caméra, ultra-sons, etc.) et d'un ordinateur embarquant des programmes sophistiqués (éviter d'obstacles, navigation, reconnaissance vocale, détection des personnes, etc.) leur permettant de se déplacer et d'interagir avec les humains. La robotique industrielle n'est pas en reste, puisqu'une nouvelle génération de robots « collaboratifs » commence à se déployer dans les usines et centres logistiques. Contrairement à leurs aînés, ces robots

non seulement côtoient les humains et opèrent à côté d'eux mais, dans de nombreux cas, collaborent en outre avec des opérateurs humains pour effectuer des tâches avec eux. On peut citer, par exemple, le robot Baxter (créé en 2013 par la *start-up* Rethink Robotics) légèrement plus grand qu'un humain, doté de caméras et de 2 bras manipulateurs à 7 degrés de liberté. Celui-ci est déjà déployé aux États-Unis dans de nombreuses usines et centres logistiques. Les grands fournisseurs de robots industriels (Kuka, Universal Robot, ...) proposent maintenant dans leurs catalogues des modèles dédiés à la robotique collaborative. En France, le constructeur automobile PSA-Peugeot-Citroën investit significativement en R&D sur la robotique collaborative pour les chaînes de montage et a financé de 2011 à 2016 une Chaire sur la robotique collaborative dont le centre de Robotique des MINES ParisTech était titulaire.

Des robots adaptatifs et interactifs

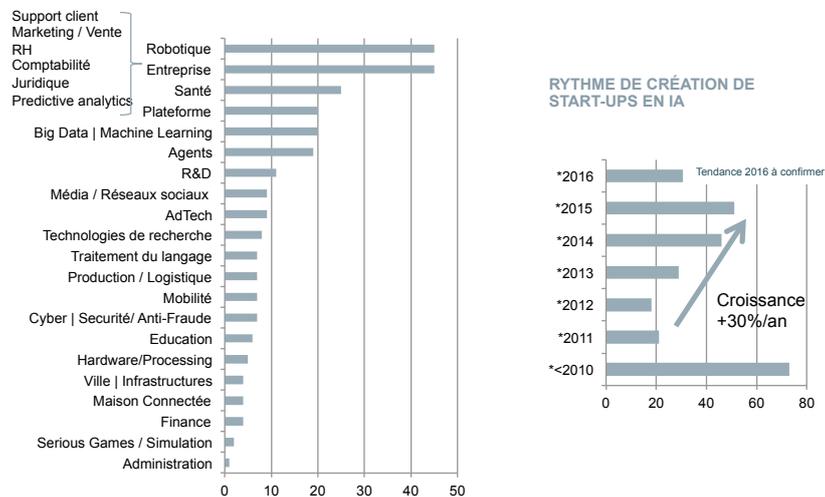
Le paradigme général de la robotique est constitué d'une boucle perception-planification-contrôle itérée en permanence : divers capteurs permettent au robot de percevoir son environnement, ceci lui permet d'adapter/décider/planifier ses actions, puis il agit *via* des actionneurs pour exécuter lesdites tâches. La plupart des robots de 1^{ère} génération disposaient de peu de capteurs qui en outre récoltaient peu d'information et se contentaient le plus souvent d'une réactivité très élémentaire : attente d'un événement pour déclencher certaines actions, positionnement et/ou arrêt de mouvement quand une certaine condition était remplie. Leur fonctionnement était principalement un cycle se répétant indéfiniment à l'identique.

La nouvelle génération de robots, actuellement en plein essor, se distingue de ses prédécesseurs par une



Créations de start-ups 2000-2016 : 270 Services aux Entreprises, Robotique et Santé en tête Agents et « Machine learning » en augmentation

Source : France Intelligence Artificielle, Paris 21 mars 2017



adaptabilité beaucoup plus grande, une mobilité souvent plus importante ainsi que, de plus en plus, par la capacité d'interagir, voire de collaborer, avec les Humains. Grâce à des capteurs plus nombreux et plus riches, ces nouveaux robots collectent des informations plus complètes et fines sur leur environnement. Dotés de calculateurs embarqués et puissants qui exécutent des algorithmes plus « intelligents », ils peuvent ainsi se déplacer sans collision (pour les robots mobiles) et agir de façon pertinente (par exemple, repérer un objet pour le saisir, ou regarder une personne, lui adresser la parole ou lui répondre). Pour que les robots mobiles puissent être pleinement utiles et plus autonomes, il leur faut aussi la capacité à se localiser et à « cartographier » leur environnement de façon à ne pas se perdre et à pouvoir se déplacer vers un endroit donné (par exemple, pouvoir exécuter un ordre tel que « va dans la cuisine » ou pouvoir trouver de façon autonome leur chemin entre plusieurs ateliers d'une usine). Par ailleurs, pour pouvoir interagir de façon naturelle (i.e. autrement qu'avec un clavier+souris ou un écran tactile), les nouveaux robots intègrent de plus en plus fréquemment un programme de reconnaissance vocale. Enfin, pour réagir correctement et, plus encore, pour effectuer des tâches en collaboration avec l'Homme, il devient indispensable pour les robots d'interpréter non plus uniquement leur environnement instantané mais aussi son évolution dans le temps : savoir reconnaître des gestes, actions ou activités humaines, pouvoir anticiper des mouvements ou trajectoires.

La robotique et les intelligences artificielles

Comme on vient de le voir, les robots intègrent donc des algorithmes de plus en plus variés et de plus en plus

« intelligents ». Mais, de quelle « intelligence » est-il question ici ? En effet, ce concept est assez mal défini et il serait plus exact de parler DES intelligenceS. Dans le sens commun du grand public, intelligence est souvent implicitement synonyme d'*intelligence* « de raisonnement » qui consiste à faire des inférences logiques, des hypothèses et des déductions. Celle-ci, assez mathématique et adaptée à la programmation informatique est historiquement la première qui a été développée, notamment avec les algorithmes de jeux, les logiciels de calculs mathématiques formels et les systèmes à base de règles. *Mais, si la capacité de raisonnement est une condition nécessaire de l'Intelligence, elle n'est pas suffisante : il faut aussi être capable de s'adapter aux situations*, ce qui exige tout d'abord de « comprendre » ce qu'on a autour de soi. Ceci est particulièrement critique pour un robot qui est, non pas un « pur esprit », mais un objet tangible inséré dans un monde physique où il doit réagir et s'adapter à son environnement pour mériter le qualificatif d'intelligent. Un robot a donc d'abord besoin d'une *intelligence* « de perception » qui consiste à savoir analyser et interpréter son environnement en segmentant la scène en objets dont on identifie les catégories (mur, porte, table, chaise, lampe, chat, etc.). Ce type d'intelligence est très différent de la capacité de raisonnement et ne peut s'acquérir que par expérience pratique et observation du monde (cela prend plusieurs années à nos enfants d'apprendre à reconnaître tous les objets qui nous entourent). C'est cette forme d'intelligence artificielle (IA) qui a fait des progrès fulgurants ces dernières années, grâce à de nouveaux algorithmes dits d'apprentissage statistique (*machine learning*), lesquels construisent des modèles de catégories d'objets uniquement à partir d'exemples ; ils ne commencent à être réellement efficaces que depuis quelques années grâce à la considérable masse de données et images maintenant disponibles ainsi qu'aux puissances de calcul maintenant

phénoménales (environ 1018, soit un milliard de milliards, fois plus que dans les années 1960). Cette récente avancée considérable de l'intelligence de perception, grâce à l'apprentissage statistique, est un des éléments essentiels qui rendent possible la nouvelle génération actuelle de robots. De plus, ces mêmes algorithmes de *machine learning* ont simultanément permis des progrès considérables en reconnaissance vocale et en analyse du « langage naturel », aussi les robots peuvent maintenant être dotés de capacités de « dialogue artificiel ».

Mais les interactions avec les humains ne se limitent pas à la parole et au texte : les gestes sont une modalité très importante de communication. Un des actuels sujets importants de recherche en robotique est donc la reconnaissance de geste, d'action ou d'activité. Par ailleurs, pour agir correctement et efficacement, un robot ne doit pas se contenter d'être réactif, mais doit également être capable d'anticiper, d'avoir donc aussi une sorte d'*intelligence « de prédiction »*, qui est encore une autre facette de l'Intelligence. Pour cela, le robot doit intégrer des connaissances physiques de sens commun (« quand on lâche un objet, il tombe verticalement », etc.) mais aussi parvenir à *déterminer et interpréter correctement les intentions des personnes* autour : c'est actuellement un sujet majeur de Recherche en IA et robotique. Enfin, les émotions jouant un rôle significatif dans les interactions humaines, de nombreuses recherches actuellement se focalisent sur la reconnaissance et la simulation des émotions.

Les défis à venir de la robotique : apprentissage continu, curiosité artificielle et IA « forte » ?

Malgré les impressionnants progrès récents de la Robotique, les capacités « intelligentes » des robots demeurent limitées à un contexte restreint pour lequel ils ont été conçus et testés : le programme d'un robot collaboratif industriel est généralement dédié à un poste de travail particulier et à une tâche donnée. Même les robots interactifs de service ont un domaine de fonctionnement limité et sont le plus souvent incapables d'effectuer des tâches non prévues ou de réagir correctement dans des situations totalement inattendues. L'IA des programmes et robots actuels reste donc une IA « faible », c'est-à-dire limitée à un contexte précis, par opposition à l'intelligence polyvalente d'un humain. Doter les robots de la capacité, une fois en service, à augmenter leurs connaissances et améliorer/enrichir leurs comportements demeure encore un défi à relever : c'est l'équivalent pour les robots de la formation tout au long de la vie. Cela soulève des difficultés algorithmiques spécifiques : Comment s'assurer que l'adaptation ou acquisition continue des « connaissances » ne conduise pas à « oublier » tout ce qui avait été pré-appris durant la phase de conception ? Comment faire en sorte que le robot puisse décider par lui-même sur quoi focaliser son attention afin de s'améliorer ? Ce dernier problème commence déjà à émerger dans la communauté des chercheurs en IA sous la dénomination de « curiosité artificielle ». Ces nouvelles frontières (auto-apprentissage en continu et curiosité spontanée et autonome pour élargir ses propres compétences) apparaissent donc comme l'étape nécessaire vers une IA « forte », c'est-à-dire combinant intelligence de perception, intelligence de raisonnement, intelligence de prédiction et intelligence de curiosité, le tout sous une forme générale (i.e. fonctionnelle pour toute tâche dans tout contexte). ■

Pour en savoir +

Centre de Robotique – Mines ParisTech :
<http://www.mines-paristech.fr>



QUELLE INTELLIGENCE POUR LE VEHICULE AUTONOME ?



Arnaud DE LA FORTELLE

Professeur, titulaire de la Chaire *Drive for All*, Centre de Robotique, MINES ParisTech

Il existe aujourd'hui plus d'une centaine de véhicules autonomes en test et la commercialisation de certaines fonctions approche. En dépit d'avancées notables, il reste encore des défis. La Chaire internationale *Drive for All* explore les besoins de la génération suivante.

État de l'art

Si l'on additionne les chiffres de tous les véhicules autonomes testés dans le monde, on arrive à plusieurs centaines en 2017 et le millier sera certainement dépassé en 2018. Il faut donc bien le constater : le véhicule autonome arrive sous différentes formes (voitures, navettes, camions, bus...) et il marche bien, puisqu'il n'a tué ou blessé personne ; le cas du décès de deux conducteurs de Tesla devant être mis à part, puisque officiellement l'Autopilot de Tesla n'est pas de la conduite autonome.

Dans le contexte de ces progrès spectaculaires, le 31 octobre 2014, les industriels Valeo, PSA Peugeot Citroën et Safran annonçaient la création d'une Chaire de recherche internationale sur la conduite automatisée : *Drive for All*. Celle-ci réunit des équipes du Centre de Robotique MINES ParisTech et des partenaires académiques internationaux : Université de Shanghai Jiao Tong (Chine), Université de Berkeley (USA) et Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse). Trois véhicules vont rouler sur les routes américaines, européennes et chinoises.

À quels défis ceci répond-il, quand d'autres font rouler des dizaines de voitures sur des millions de kilomètres ? De

nombreuses difficultés subsistent et les plus difficiles sont certainement liées à l'intelligence de ces véhicules.

Une vision robotique du véhicule autonome

Un premier angle d'approche pour le véhicule autonome est de le considérer comme un robot : un robot à roues qui se déplace sur les routes pour servir nos besoins de mobilité. Le paradigme robotique est simple : un robot doit percevoir l'environnement, planifier ses tâches en fonction de sa représentation du monde et agir sur ses actionneurs pour exécuter lesdites tâches, puis ajuster perception-planification-contrôle en boucle.

La perception de l'environnement repose sur des capteurs (essentiellement caméras, radars, lidars et ultrasons) dont la technologie progresse vite et qui fournissent des quantités phénoménales de données (on peut facilement dépasser les 10 Go/s). Le contrôle repose sur des actionneurs (souvent de petits moteurs). Ici aussi les progrès ont été impressionnants. Même non-autonomes, de nombreuses fonctions sont automatisées ou du moins largement assistées (freinage avec ABS, direction, sans parler du contrôle moteur). Avec les progrès des traitements de l'information, on arrive à avoir des véhicules très largement automatisés (parking automatisé, conduite automatisée sur autoroute).

Il reste cependant une différence fondamentale entre un véhicule automatisé et un véhicule autonome : tandis que le premier *peut* conduire sur la route, le second *doit* conduire

sur toutes les routes. Actuellement, les véhicules automatisés roulent sur des routes bien définies, connues et dont les difficultés sont en général signalées dans la cartographie embarquée. C'est déjà extraordinaire quand on pense à la variété des situations rencontrées (piétons, vélos, camions, bus...). Mais le monde est bien plus vaste !

Les experts s'accordent à dire que le premier déploiement des véhicules autonomes se fera sur autoroute (autopilot) et dans des lieux protégés comme les parkings (valet parking). Mais comme on le voit, on est plus dans l'automatisation que dans la réelle autonomie. Et la différence essentielle est bien dans l'intelligence de la conduite : peut-on construire un véhicule véritablement autonome, capable de s'adapter à toute circonstance ? Et même si on ne parle pas de conduire en toutes circonstances, peut-on faire en sorte que les futurs véhicules autonomes réagissent correctement en cas d'imprévu (quitte à s'arrêter de conduire sans mettre en danger autrui) ?

L'IA et le véhicule autonome

L'intelligence est bien ce qui permettra de passer de l'automatisation à l'autonomie. L'automatisation relève de procédures répétables dans un contexte relativement borné. Soulignons que c'est déjà un défi quand on parle de parking automatisé ou de conduite dans les bouchons : la variabilité des scénarios est déjà immense. Mais l'autonomie consiste à faire face – intelligemment – à des scénarios qui n'ont pas été décrits. Et c'est bien là que l'intelligence artificielle (IA) apporte une solution, quand elle le peut.

Tout d'abord, rappelons que l'IA, vue par un chercheur qui s'intéresse au véhicule autonome, est une IA relativement faible dont on n'exige pas de capacités extraordinaires : c'est un moyen de traiter les informations de perception afin de prendre les bonnes décisions.

La première tâche qui a été dévolue à l'IA est de reconnaître ce qu'il y a sur la route, tout autour, mais aussi la route elle-même. C'est ce qui est fait traditionnellement par des algorithmes d'analyse et de fusion de données : détection de marquage et d'objets, reconnaissance et classification de ces objets, mises en relation afin d'en déterminer le comportement futur et ainsi prendre de bonnes décisions *via* une planification adéquate. Prenons deux exemples emblématiques : les voitures et les piétons.

On peut écrire des règles de description des voitures car la très grande majorité (on trouve toujours des exceptions) suit un schéma relativement simple, notamment du fait des réglementations (phares, vitres, plaque d'immatriculation...). Il s'ensuit qu'il est encore imaginable d'avoir des traitements déterministes fiables, même si, encore une fois, bien d'autres problèmes se posent : distance de perception, traitement des occlusions... En revanche, les

piétons sont une variabilité bien plus grande et sont bien plus indiscernables : ils peuvent même être enlacés, et sous un parapluie, ce qui est plus rare chez les voitures ! C'est là que les algorithmes d'apprentissage (et donc probabilistes) ont fait des percées régulières. L'apprentissage est le propre des algorithmes d'IA et, depuis les SVM (*support vector machines*) jusqu'au *deep learning* (réseaux de neurones profonds), on a vu des progrès spectaculaires. Ce sont les techniques de référence aujourd'hui. On arrive correctement à traiter les données de perception jusqu'à une description sémantique de la scène : la perception de l'environnement est bien plus riche et fine qu'elle ne l'était il y a 10 ans.

Il faut cependant rendre justice à la sémantique : nous ne parlons pas d'une sémantique au sens fort (celle de la linguistique, celle qui parle du sens des choses) mais plutôt de catégories qui ont certaines caractéristiques communes (voiture, piéton, route, ciel...). La notion d'intention, par exemple, n'y est pas définie. Ni celle de contexte. Or, on a besoin des deux pour conduire : un bon jugement du contexte est nécessaire, ne serait-ce que pour comprendre qu'on ne comprend pas ! Un conducteur humain comprend usuellement assez vite qu'il atteint, voire dépasse, les contextes dans lesquels il conduit confortablement : il existe des conducteurs qui refusent de se mettre dans des situations anxiogènes (par exemple, la place de l'Etoile à Paris). Par ailleurs, nous excellons, en général, à comprendre les intentions des autres et à leur signaler – par divers signaux parfois très socialement marqués – nos propres intentions, quitte à « négocier » un peu. Nos fameux algorithmes d'IA ne donnent pas (encore) de telles indications.

L'apprentissage : une limite de l'IA ?

Outre les progrès des algorithmes et ceux des machines, ce qui a rendu l'IA (le singulier décrit mal l'ensemble des algorithmes d'IA) si performante, c'est l'apparition de bases de données gigantesques : pour la reconnaissance de visage, on peut trouver des bases de centaines de millions de photos (et plus, si on travaille chez les GAFAs). Et c'est sur ces bases que l'on apprend. On arrive à apprendre sur des bases plus petites, mais il est difficile ensuite d'être certain qu'on n'a pas de biais (que se passerait-il si l'on n'avait que des voitures rouges dans la base d'apprentissage ?).

Il y a donc une faiblesse inhérente à l'apprentissage des machines. En effet, l'IA, dépourvue de la capacité des êtres humains à faire des inférences et déductions (liées à des manipulations de règles, strictes ou non), ne se base que sur l'existant et se trouve dans l'incapacité de prendre en compte des scénarios inédits. Mais comme justement les inférences sont un point fort des algorithmes d'apprentissage, on peut imaginer dans un futur proche que ces capacités seront encodées dans les machines. Ce sera alors un nouveau progrès.

Cependant, il faudra aller encore nettement plus loin. Décrire des intentions, c'est déjà être capable de décrire la sienne : l'état de l'art actuel fait la part belle à l'optimisation, ce qui est très éloigné d'une intention. On donne des critères que la trajectoire future doit satisfaire et on calcule la meilleure trajectoire au regard de ces critères. On peut imaginer apprendre tout ou partie de ces critères mais ça risque de ne pas les rendre compréhensibles. Or, une intention qui n'est pas descriptible ressort de l'inconscient profond, et nos routes ne seraient certainement pas sûres si les conducteurs agissaient ainsi. Il faut pouvoir communiquer son intention, lire les intentions des autres et éventuellement adapter son intention à celle des autres. Est-ce que ces capacités peuvent reposer sur l'apprentissage ? Pourquoi pas, mais que cherche-t-on à apprendre ? Et tout doit-il reposer sur l'intelligence embarquée ?

Le véhicule autonome et coopératif

On doit donc rendre le véhicule coopératif si on veut déployer massivement le véhicule : une Google car a failli se faire verbaliser par un policier en Californie car elle roulait trop lentement et ralentissait le trafic (prudence oblige) ! Pour y arriver, on doit changer d'approche. Les véhicules doivent interagir sans cesse avec leur environnement. On utilise pour cela la communication (on estime que le véhicule autonome représentera 80 % de la valeur de l'Internet des objets). Mais pour bien l'utiliser, il faut savoir comment bien interagir, comment coopérer. La Chaire *Drive for All* explore de nouvelles approches : une perception de l'environnement adapté à la ville, des véhicules capables de focaliser leur attention sur les objets (ou personnes) les plus

critiques, et d'interagir avec eux, automatiquement (entre machines) ou par le comportement (avec les humains) en planifiant des actions appropriées. Le tout en recherchant à la fois à garantir la sécurité et à optimiser de nombreux autres critères : vitesse propre, fluidité du trafic, hétérogénéité des véhicules, interaction avec les piétons et avec le système de transport, flexibilité, résilience...

Cet aspect n'est qu'un des nombreux aspects qui montrent la diversité des techniques qui doivent être mises en œuvre pour rendre les véhicules autonomes. Nous n'avons pas la place d'analyser la notion de contexte ou encore l'intégration des véhicules autonomes avec les nouveaux systèmes de mobilité, la ville intelligente ou encore avec les cyberspaces (en particulier la sécurité). Cependant, on le voit avec la notion d'intention : en creusant le sujet, on remarque qu'un véhicule autonome aura bel et bien mesure de l'intelligence, mais certainement à plusieurs niveaux (capteurs, coopération...) et avec des algorithmes variés, le véhicule autonome aura besoin de plusieurs types d'IA. ■

Du même auteur

DE LA FORTELLE Arnaud, MOUTARDE Fabien, QIAN Xiangjun, *A hierarchical model-predictive control framework for on-road formation control of autonomous vehicles*, proc. of Intelligent Vehicle symposium (IV'2016), Göteborg (Sweden), 2016.

Pour en savoir +

Drive for all, International Research Chair on Automated Driving: <http://driveforall.com/>

L'IA : QUELS RISQUES ET MENACES POUR LES ENTREPRISES ?



Myriam QUEMENER

Docteur en droit, conseiller au ministère de l'Intérieur (DMISC)

L'intelligence artificielle (IA) est une discipline scientifique qui combine l'informatique, les mathématiques, l'ingénierie et la statistique. C'est un domaine de recherche auquel se consacre une communauté universitaire depuis plus de 50 ans¹. Cette science² a vu ses performances croître de manière significative en grande partie grâce au big data et à la puissance de calcul des ordinateurs modernes. L'IA englobe de nombreux domaines ainsi que le rappelle l'avis du comité économique et social européen³. L'IA correspond aussi bien à l'informatique cognitive (cognitive computing : algorithmes qui raisonnent et apprennent à un niveau supérieur, c'est-à-dire plus humain), l'apprentissage automatique (machine learning : algorithmes qui apprennent de manière autonome à réaliser des tâches), l'intelligence augmentée (augmented intelligence : coopération entre l'homme et la machine) et la robotique intelligente avec l'IA intégrée dans des robots⁴.

La robotique et l'IA pourraient représenter une révolution industrielle d'ampleur au moins comparable à celle de l'Internet⁵. Le développement de technologies d'IA peut potentiellement concerner quatre secteurs d'investissement clés : la défense, l'industrie, l'entreprise et le secteur personnel.

Les entreprises soumises à une compétition internationale intense et largement dérégulée ont dû lutter pour diminuer leurs coûts et améliorer les décisions et, par voie de conséquence, ont confié à des algorithmes intelligents le calcul des solutions optimales à nombre de leurs problèmes opérationnels. Les industries aéronautiques – compagnies d'aviation et aéroports – et la téléphonie fixe ou mobile ont été pionnières dans la mise en œuvre des technologies de l'IA

L'IA⁶ présente des similitudes avec Internet, à savoir la même ambivalence, à la fois source de progrès mais aussi de risques pour les organisations. En ce domaine, les interrogations sont nombreuses avec cette crainte légitime que la machine dépasse l'homme.

Il convient, dans un premier temps, d'exposer les menaces que présente l'IA pour les entreprises au niveau de la cybercriminalité (I) puis au niveau des autres risques numériques suite à des dérives de l'IA (II).

(1) GANASCIA Jean-Gabriel. « Approches du morcelage en apprentissage symbolique », *Intelligence naturelle, intelligence artificielle. Symposium de l'Association de Psychologie Scientifique de Langue Française* (Rome, 1991). Presses Universitaires de France, 1993, pp. 207-230.

(2) TOUATI A., *Revue Lamy Droit civil*, N° 145, 1er février 2017.

(3) Avis du Comité économique et social européen, *L'intelligence artificielle – Les retombées de l'intelligence artificielle pour le marché unique (numérique), la production, la consommation, l'emploi et la société* (avis d'initiative) Rapporteur: Cateljine Muller, Références: INT/806 EESC-2016-05369-00-00-AC-TRA, site : <http://www.eesc.europa.eu/?i=portal.fr.int-opinions.40541>

(4) Étude de Standford : *Intelligence artificielle et vie en 2030* : cette étude est l'aboutissement d'un an de recherche du AI100, un projet hébergé par l'Université de Standford, qui vise à étudier les implications de l'IA : https://ai100.stanford.edu/sites/default/files/ai_100_report_0831fnl.pdf.

(5) A. et J. Bensoussan, *Droit des robots*, Larcier 2015, 149 p.

(6) CHARLIN Laurent, *Intelligence artificielle : une mine d'or pour les entreprises*, *Gestion*, vol. vol. 42, no. 1, 2017, pp. 76-79.

IA et cybercriminalité

Les modes opératoires des cybercriminels sont de plus en plus industrialisés par le recours à des botnets et des robots, les délinquants ayant bien perçu l'intérêt qu'il y a à utiliser les ressources de l'IA pour commettre leurs méfaits.

Les cybercriminels ont ainsi recours au « machine learning » qui leur permet d'élaborer des messages piégés à partir de données en libre accès sur Internet en ciblant des personnes susceptibles de les croire, afin de les renvoyer vers des sites corrompus et de leur voler leurs identifiants. Ils installent, par exemple, des logiciels espions sur des ordinateurs d'un comptable et utilisent l'IA pour, à partir des informations récupérées, générer automatiquement des e-mails ressemblant exactement, en termes de calendrier, de contenus et de style, à ceux d'un fournisseur référencé envoyant des factures. Les hackers pourraient, en effet, les transformer en mouchards et s'en servir à des fins illicites. L'IA peut aussi servir à créer « *des virus dotés de fonctionnalités de machine learning* ». Ils seraient alors capables « *[d']analyser l'ensemble de [notre] correspondance, de [nos] emails à [nos] textos, et apprendre à se faire passer pour un collègue ou un ami.* » Ils pourraient alors tromper plus facilement leurs victimes en envoyant notamment des e-mails d'hameçonnage qui donnent vraiment envie de consulter.

L'usurpation d'identité numérique, très utilisée par les cybercriminels, peut aussi être facilitée par le recours à l'IA qui leur permet ensuite de récupérer, par exemple, des données personnelles. Aux Etats-Unis, des cybercriminels se sont servis d'informations personnelles volées à des citoyens américains pour répondre à des questions de sécurité du site Web des impôts (IRS) et ainsi accéder à leur déclaration de revenus.

L'utilisation de l'IA à des fins cybercriminelles est souvent facilitée par le recours à des ransomwares⁷ qui permettent la réalisation d'attaques automatisées qui chiffrent des données sensibles et réclament de l'argent à leur propriétaire en échange de la clé qui leur permettra de les déchiffrer. Aux États-Unis, nombre d'organisations de tous types ont déjà fait les frais de ce genre de désagrément, des banques aux hôpitaux. En se digitalisant, l'industrie augmente son exposition aux risques. En 2014, une aciérie allemande subissait une cyberattaque lors de l'opération « Heartbleed » qui exploitait une faille système. Tout récemment, le rançongiciel WannaCry, en juin 2017, a infecté des milliers d'ordinateurs dans le monde et notamment ceux d'entreprises comme Renault. Il en a été de même avec la cyberattaque Petya qui a notamment récemment visé l'entreprise Saint Gobain.

Les attaques utilisant des ransomwares se déplacent à la vitesse de la machine sans qu'un auteur malveillant n'ait à orchestrer leur propagation. Pourtant, elles représentent seulement la partie émergée de l'iceberg des attaques automatisées. Aujourd'hui, on commence, en effet, à observer les premières cyberattaques qui s'appuient sur l'IA pour tirer des enseignements de ce qu'elles analysent et se fondre dans les environnements les plus complexes.

Imaginez une seconde qu'un logiciel malveillant soit installé sur le réseau d'un hôpital sans que quiconque en soit avisé. Il observe les grandes tendances de fonctionnement du réseau et du trafic et apprend à adopter le bon comportement pour que son action passe complètement inaperçue. Tous les mois, l'espace d'une ou de deux millisecondes, ce logiciel malveillant modifie des données sensibles, mais l'équipe de sécurité ne dispose pas des outils adéquats pour déterminer les données qui ont été altérées. Peu à peu, les administrateurs en viennent à perdre confiance, à douter de l'intégrité des données et à craindre pour les soins prodigués aux patients.

Alliant rapidité et discrétion, les nouvelles menaces passent à travers les mailles des systèmes de sécurité classiques et s'en prennent aux données sensibles de façon insidieuse. Il ne s'agit plus seulement de vols de données ; les pirates sont désormais capables d'exploiter des lecteurs d'empreintes digitales dans des usines de fabrication, ou d'infiltrer des systèmes de vidéoconférence pour télécharger à distance la captation vidéo.

Les hackers visent aujourd'hui toutes sortes d'entreprises qui doivent aujourd'hui réagir et anticiper ces cyberrisques en mettant en place une véritable politique de cybersécurité.

IA et autres risques sur les entreprises

Ainsi que le souligne un rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques⁸, les technologies d'IA sont communément associées à l'idée de systèmes autonomes, c'est-à-dire capables de prendre leurs propres décisions avec cependant des risques de dérapages nombreux.

IA et défaut de maîtrise des machines autonomes

Progressivement, grâce aux puissances de calcul et à la sophistication des algorithmes, ces « machines » sont devenues techniquement de plus en plus performantes,

(7) Un ransomware ou rançongiciel est un programme malveillant chiffrant les fichiers présents sur une machine et demandant une rançon en échange de leur déchiffrement, généralement payable en monnaie virtuelle comme, par exemple, en bitcoin.

(8) Rapport « Pour une intelligence artificielle maîtrisée, utile et démystifiée » dont les rapporteurs sont M. Claude de Ganay, député (Groupe Les Républicains, Loiret) et Mme Dominique Gillot : <http://www.senat.fr/presse/cp20170329.html>

davantage même que les hommes sur certaines tâches précises (jeu de Go...).

En fonction des technologies d'IA, la manière dont la machine va prendre une décision n'est pas toujours formellement comprise et maîtrisée. Deux systèmes d'IA pourraient donc prendre des décisions différentes dans un contexte identique, ce qui présente des risques dans de nombreux cas d'utilisation.

On peut déplorer, par exemple, des accidents liés à une mauvaise évaluation ou programmation des objectifs d'un système IA par les concepteurs, ou à la saturation par les sollicitations des IA, et enfin des problèmes liés aux comportements des IA mal ou insuffisamment « éduquées ».

Mises entre les mains d'acteurs malveillants, ces technologies peuvent représenter une capacité importante de nuisance.

C'est ce qui s'est passé avec, par exemple, Tay, le robot de Microsoft⁹ qui a fait son entrée sur Twitter et qui a été rapidement victime d'une opération massive de détournement de ses capacités conversationnelles et qui a posté des tweets racistes et haineux dans les vingt-quatre premières heures de sa mise en ligne. Microsoft a été alerté d'un effort coordonné de certains utilisateurs pour abuser des compétences du robot pour le faire répondre de manière inappropriée. L'IA a fait l'objet d'une opération de détournement organisée par, entre autres, des militants du candidat républicain Donald Trump.

IA, données personnelles et surveillance de masse

Le partage d'information et de données est, en effet, un facteur clé de succès du développement des usages liés à l'IA mais ce partage de données fait aussi apparaître des risques importants en matière de protection de la vie privée et d'atteinte à la dignité humaine : risque de disparition de la vie privée du fait de la collecte massive de données personnelles, de la possibilité de « désanonymiser » certaines données, du profilage très poussé permis par l'apprentissage profond ; risque de perte de contrôle au profit des machines, etc¹⁰.

Pour prévenir ces risques, le traitement de ces données devra se faire en pleine adéquation avec les lois et règlements en vigueur, au niveau national comme européen. La France devra également être en mesure de définir des restrictions en matière de circulation des données lorsque les objectifs essentiels de politique publique le justifient. La rédaction

de ces lois et règlements doit aussi s'appuyer sur une réflexion prospective qui reste à faire et qui demande une prise de conscience ainsi qu'une formation adaptée des acteurs du secteur législatif et juridique. Dans ce contexte, le principe d'autodétermination informationnelle, introduit par la loi pour une République numérique, apporte une maîtrise supplémentaire par chaque citoyen des données personnelles le concernant.

Les dispositions de cette même loi sur la transparence des algorithmes publics ont des conséquences directes sur l'édification d'un climat de confiance relatif aux traitements des données réalisées par des algorithmes d'IA. L'information des citoyens sur l'usage de leurs données prévue par la loi « informatique et libertés » et le nouveau règlement européen relatif aux données personnelles sont des éléments clés dans ce contexte. Mais il devra être envisagé d'aller plus loin encore en travaillant notamment au plan technique à la définition de solutions sécurisées et respectueuses de la vie privée par défaut (« *privacy by design* » et « *security by design* »), en renforçant la compréhension de ce que font réellement les systèmes reposant sur l'IA et en améliorant la transparence sur les traitements réalisés par les systèmes intelligents.

La définition et la mise en place de schémas de certification ou de validation du niveau de robustesse ou de fiabilité d'une "IA" constituent un objectif prépondérant en matière de renforcement de la confiance. Il ne pourra être atteint que par la mobilisation de l'ensemble des acteurs.

Conclusion et perspectives

Aujourd'hui, il apparaît qu'une maîtrise française des technologies d'IA et pas uniquement de leur utilisation répond inévitablement à un enjeu de souveraineté et de sécurité nationale qu'il convient de prendre en compte sans délai.

Il est, par ailleurs, essentiel d'accompagner les petites et moyennes entreprises dans l'appropriation de ces technologies liées à l'IA. Selon l'EEESC, la Commission européenne doit veiller à ce que l'IA soit utilisée de manière éthiquement responsable et ne mette pas en danger la sécurité, la confidentialité et l'autonomie. Ce conseil est un premier pas vers une réglementation s'appliquant à l'IA¹¹. Il faut aussi noter que les plateformes d'IA paramétrables peuvent aussi contribuer de façon positive au renforcement des équipes de sécurité informatique au sein des entreprises. Elles devraient à l'avenir être en mesure de détecter et de réagir à des menaces inédites, de renforcer les stratégies de

(9) En savoir plus sur : http://www.lemonde.fr/pixels/article/2016/03/25/derriere-les-derapages-racistes-de-l-intelligence-artificielle-de-microsoft-une-operation-organisee_4890237_4408996.html#3xY0id62I7oRLElr:99

(10) Rapport de synthèse - France IA

(11) ALLARD Laurence. *Dans quel monde voulons-nous être connectés ? Transhumanisme vs companionism*, Nectart, vol. 3, no. 2, 2016, pp. 125-132.

sécurité et d'améliorer l'efficacité des experts humains. Si l'IA représente une chance à saisir pour nos entreprises¹² et nos économies, elle ne doit pas s'inscrire dans un projet de remplacement de l'homme par la machine. La France doit relever ce défi. Plutôt qu'une hypothétique confrontation dans le futur entre les hommes et les machines, qui relève d'une forme de science-fiction, il apparaît nécessaire de s'inscrire dans un projet de complémentarité homme-machine. Il s'agit davantage d'une intelligence humaine augmentée que d'une IA concurrençant l'Homme¹³. ■

Pour en savoir +

ALLARD Laurence, *Dans quel monde voulons-nous être connectés ? Transhumanisme vs companionism*, Nectart, vol. 3, n°2, 2016, pp. 125-132.

BENSOUSSAN A. et J., *Droit des robots*, Larcier 2015, 149 p.

Avis du Comité économique et social européen, « L'intelligence artificielle – Les retombées de l'intelligence artificielle pour le marché unique (numérique), la production, la consommation, l'emploi et la société », Références: INT/806 EESC-2016-05369-00-00-AC-TRA <http://www.eesc.europa.eu>

CHARLIN Laurent, *Intelligence artificielle : une mine d'or pour les entreprises*, Gestion, 2017, Vol. 42, n°1, pp. 76-79 : <https://www-cairn-info.acces-distant.sciences-po.fr>

GANASCIA Jean-Gabriel, « Approches du morcelage en apprentissage symbolique », *Intelligence naturelle, intelligence artificielle, Symposium de l'Association de Psychologie Scientifique de Langue Française (Rome, 1991)*, Presses Universitaires de France, 1993, pp. 207-230.

Rapport de synthèse France IA, 2017 : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr>

Rapport « Pour une intelligence artificielle maîtrisée, utile et démystifiée », n°464, Tome 1, 2017 : <https://www.senat.fr>

Stanford University, *Artificial intelligence and life in 2030*, One hundred year study on artificial intelligence, Report of the 2015 study panel, 2016, 27 p.: <https://ai100.stanford.edu>

TOUATI A., *Revue Lamy Droit civil*, N° 145, février 2017. ■

(12) CHARLIN Laurent, *Intelligence artificielle : une mine d'or pour les entreprises*, Gestion, 2017/1 (Vol. 42), p. 76-79. DOI : 10.3917/riges.421.0076 : <https://www-cairn-info.acces-distant.sciences-po.fr/revue-gestion-2017-1-page-76.htm>

(13) <https://www.cnil.fr/fr/ethique-et-numerique-les-algorithmes-en-debat-1>



QUELLE SECURITE POUR LA VILLE INTELLIGENTE?



Richard KALCZUGA

Responsable du développement chez Thales Communications & Security (TCS)
et de l'offre de sécurité pour l'ensemble des BLs (radio, sécurité, réseaux et services)

Les enjeux de la ville intelligente

Les villes « intelligentes » ambitionnent d'améliorer la qualité des services urbains sur le plan économique, social et environnemental. Elles ont besoin pour cela de tirer le meilleur profit des métadonnées dont elles disposent.

Par exemple, Lyon cherche à mieux préserver les ressources en eau potable de la ville et pour cela met en place le projet Hublo, un centre de supervision numérique qui permet d'anticiper les interventions, de réduire les fuites et la consommation de cette ressource. Fluidifier le trafic urbain est un enjeu majeur pour la ville de Bogota qui, au travers de l'initiative TransMileniode et la mise en place de bus rapides aux heures de pointe, a réussi à diviser par deux les embouteillages dans la ville. Quant à la ville de Mexico, sa priorité est de mieux protéger ses citoyens, et c'est ce qu'elle fait depuis 2009, date à laquelle le programme « Ciudad Segura » (ville sûre) a été lancé et dont l'efficacité n'est plus à démontrer puisque le taux de criminalité de la ville a baissé de 59 % depuis sa mise en place.

En parallèle de ces volontés, les nouvelles technologies - Internet des Objets (IoT), *big data*, Intelligence Artificielle (IA), etc. - apportent aux villes de nouvelles réponses leur permettant de devenir résolument intelligentes et efficaces.

La transformation digitale que ces villes sont en train d'opérer va nécessiter l'évolution des métiers et des processus des différents acteurs de la ville, même si les missions originelles resteront sensiblement les mêmes. Celle relative à la protection des personnes gardera des prérogatives similaires comme le traitement des alarmes ou des appels

des habitants, le déclenchement des interventions des équipes de police municipale, la liaison avec les partenaires (la police nationale, la gendarmerie nationale, les services de secours, les services techniques de la commune, la fourrière, la voirie...). A cela s'ajoutent dorénavant des missions de détection d'évènements et/ou comportements anormaux au travers de la vidéoprotection, de gestion d'alertes et de relai vers les équipes terrain.

Au-delà de ces processus bien rodés, comment aider les services de la ville à devenir plus proactifs et rendre les événements plus prédictifs grâce au traitement de la donnée ?

De nombreux projets émergent pour répondre à ces enjeux car les villes sont conscientes qu'en protégeant efficacement leurs citoyens, elles renforceront leur attractivité.

La ville intelligente, une ville sûre avant tout

Une des conditions pour réussir ces challenges est avant tout de faire de la ville intelligente, une ville sûre.

Des risques naturels, liés ou non aux dérèglements climatiques, aux risques d'origine humaine comme le terrorisme ou la criminalité, les villes doivent anticiper et se prémunir efficacement contre un éventail de menaces toujours plus large.

Une initiative intéressante a ainsi été proposée par le Comité de la Filière Industrielle de Sécurité (CoFIS). Celle-ci vise à doter les villes intelligentes de nouveaux moyens de sécurité

à travers un démonstrateur en réponse à la problématique suivante :

« Le bon fonctionnement et la sécurité de la ville numérique (ou « Smart-City ») dépend d'une interconnexion de systèmes complexes plus ou moins interdépendants : transports publics, énergie, télécommunications, infrastructure transactionnelle, sécurité civile et police, services gérés par la collectivité, trafic automobile, sécurité des citoyens dans leur environnement, prévention situationnelle, collecte des déchets, réseaux de capteurs urbains, etc... »

L'objet de ce démonstrateur est de développer et intégrer in situ les briques technologiques permettant la réalisation d'une plateforme ouverte de partage et de gestion d'informations entre différents opérateurs de services et acteurs de sécurité d'une grande ville ou d'une aire métropolitaine (quartier d'affaires par exemple) ».

Pour répondre à cet enjeu, Thales, acteur très impliqué dans le domaine de la sécurité urbaine, a choisi d'animer un consortium composé de PME innovantes et expertes dans leur domaine, de grands groupes et d'universitaires. Trois grands thèmes y sont essentiellement abordés, à savoir le traitement intelligent des données, le partage de la vue de situation, la collaboration des acteurs de la sécurité, tout en proposant des solutions compétitives et permettant un usage quotidien non limité aux temps de crises.

Ce projet de recherche et d'industrialisation, nommé « Safe city », est en cours d'instruction auprès de la Banque Publique d'Investissement (BPI). Celui-ci prévoit une phase de déploiement sur 3 ans impliquant la ville de Nice et les acteurs de la sécurité du quartier d'affaires de la Défense (la préfecture des Hauts-de-Seine, Defacto, RATP, SNCF...) afin d'assurer une plus grande efficacité opérationnelle du système déployé.

La collaboration des acteurs de la sécurité passe par l'échange sécurisé de données critiques donc par l'intégration et l'interopérabilité des systèmes de ces différents acteurs, collectivités, fournisseurs de services, opérateurs. Le volet confidentialité garde son importance, comme par exemple les informations de géolocalisation des forces en présence ou des points névralgiques sur une carte.

Du big data à la smart data

Un traitement intelligent appliqué aux grands volumes de données collectées (flux de trafic, sources ouvertes type réseaux sociaux, capteurs fixes ou mobiles du terrain, prévisions météorologiques...), et corrélé aux signaux faibles, va permettre à la ville d'accroître toujours plus ses capacités d'anticipation et de détection automatique des événements anormaux pouvant affecter la sécurité.

De plus, le développement d'une plus grande proximité entre la ville et le citoyen, au travers d'applications

misées à disposition des habitants, constitue une source d'informations et d'alertes précieuse, encore sous-utilisée aujourd'hui.

La mise à disposition de nouveaux systèmes de commandement collaboratifs capables de fusionner ces données et d'en assurer une représentation claire (voire 3D) à destination des opérationnels ou décideurs est une première étape dans la construction d'une ville intelligente sûre.

L'objectif est donc de bénéficier du juste niveau d'information au bon moment : de sélectionner l'information pertinente pour le bon destinataire, de partager des informations ciblées (une vidéo par exemple), d'avoir une vision claire des ressources disponibles sur le terrain, d'afficher des informations géolocalisées ainsi que de produire des indicateurs pertinents de pilotage.

Ce traitement intelligent de données s'avère particulièrement crucial dans le cadre des dispositifs vidéo déployés au sein des Centres de Sécurité Urbaine (CSU). En effet, l'expérience a montré la limite des capacités humaines à traiter avec vigilance un grand nombre d'écrans. L'IA ainsi que le développement de nouveaux algorithmes (détection de comportements anormaux, tracking en temps réel, identification) révolutionnent le monde de la vidéoprotection en détectant automatiquement et très efficacement des événements anormaux.

La gestion du trafic urbain avec une vision globale de la circulation pour anticiper les congestions, calculer les trajets optimum et réduire les émissions de CO2 est un axe prioritaire des grandes agglomérations. Cependant, d'autres applications de ces outils peuvent également être utilisées pour pallier les risques sécuritaires engendrés par les véhicules suspects (véhicules recherchés, comportements suspects, suivi de véhicules et d'individus). Par exemple, l'analyse des plaques d'immatriculation en temps réel remontées par des Lecteurs Automatiques de Plaques d'Immatriculation (LAPI) permet non seulement de réduire le temps d'intervention et d'avoir une action des forces de sécurité plus ciblée, mais elle peut également s'avérer une aide précieuse dans la résolution d'enquêtes par recoupement d'informations (véhicules présents sur différentes scènes de crimes, informations complémentaires sur un véhicule suspect, etc.).

La sécurité dans les lieux publics est également un enjeu important des villes. Afin de protéger les personnes, la ville doit être en mesure d'anticiper les événements à venir et les réactions associées. Pour cela, de nouveaux algorithmes très performants d'analyse, de simulation de foules et d'environnements très réalistes ont été développés. Ils permettent donc d'étudier de manière prédictive et très précisément les déplacements d'individus, leurs réactions et leurs interactions dans le cas où un incident surviendrait. Des projets de recherche et développement ont été menés dans ce sens, notamment sur la gestion de foules dans la gare du Nord à Paris, et ont montré toute leur efficacité.

Enjeux de coordination et de gouvernance entre les différents acteurs de la ville

Aujourd'hui, les forces de sécurité sont très performantes et pertinentes dans leur domaine. Par exemple, le temps d'intervention de la Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris (BSPP) est très court (quelques minutes) sur Paris grâce aux processus rodés et aux cas d'emplois parfaitement maîtrisés par des équipes entraînées quotidiennement.

Cependant, en cas de crise, la plupart des villes mettent en place, de manière temporaire, des postes de commandement et de coordination de multiples forces ou services (police, services de la mairie, de l'Etat, des transports, etc.) pour la résolution d'incidents (avec quelques occurrences par an). Dissocier les outils de crise du quotidien présente des inconvénients non négligeables, comme le temps de mise en œuvre et leur bon usage. Par exemple, lors des attentats de Nice, le 14 juillet 2016, l'application SAIP (alerte à la population *via* son *smartphone*) a été déclenchée... trois heures après l'attaque ! Les dysfonctionnements venaient autant d'erreurs de mise en œuvre que de la longueur du processus de décision.

Le développement d'outils, comme « city manager » du projet « Safe city » décrit plus haut, offrira une vue de situation partagée, basée sur des échanges ciblés et pertinents pour améliorer la coopération de l'ensemble des acteurs de la ville en fluidifiant leur collaboration – c'est le « Waze » de la sécurité.

Sortir des ornières de chaque mission pour prendre en compte les facteurs extérieurs impactant la situation est une garantie de succès et de sortie de crise rapide et efficace. Ce type d'outils trouvera un développement d'usage au-delà du besoin de sécurité, comme le pilotage de fonction de régulation de trafic par exemple (double file, arrêt non autorisé...).

Néanmoins, un point d'attention particulier revient régulièrement au sein des directions informatiques et télécommunications des communes. Il s'agit de la nécessité d'accroître la connectivité des équipages du terrain, que ce soit pour les piétons ou les véhicules. Les échanges se font aujourd'hui principalement à l'oral et non numériquement en raison d'un accès aux données très limité en débit. Un ensemble de fonctions, comme la géolocalisation des équipes, l'accès aux bases de données depuis le terrain, la remontée de signalisation (en images ou vidéo), deviendront des enjeux de collaboration et donc d'efficacité entre les centres de supervision et le terrain. Nous retrouvons ce volet au niveau national avec la rénovation des Centres d'Information et de Commandement de la Police (CIC) et du réseau radio du futur (avec des services spécifiques aux forces, comme le *push-to-talk* voix ou vidéo). D'autres solutions, à plus court terme, émergent d'opérateurs télécoms avec des premiers niveaux de résilience (offre EIII – multi-opérateurs...) pour traiter la congestion des réseaux.

Agréger un grand nombre de données issues notamment de l'Internet des Objets et prendre en compte les systèmes existants (système de vidéoprotection installé dans la plupart des cas depuis 5 à 10 ans), dont le niveau d'investissement a été élevé par le passé, pousseront les directions informatiques des villes à monter des partenariats avec des intégrateurs systèmes plutôt qu'avec des installateurs.

Vers une plus grande proactivité des acteurs de la ville

Le volet « sûr » de la ville intelligente passe par le succès de l'interopérabilité des systèmes des différents acteurs (collectivités, fournisseurs de services, opérateurs : énergie, transport...), tout en assurant à ces derniers un accès au système ainsi que la transmission et le stockage sécurisés de leurs données.

La représentation claire et ciblée d'une situation partagée entre les acteurs de la sécurité améliore et simplifie le pilotage de la ville intelligente.

Bien sûr, la mise en place de ces outils se fera dans le respect de la vie privée du citoyen et en utilisant au maximum les sources ouvertes.

L'émergence de ces nouveaux systèmes au service des métropoles répond aux premières préoccupations d'une meilleure vision prospective, de solutions technologiques adéquates, d'organisation de la chaîne de coopération et de sécurité avec la création de ponts entre les forces de sécurité et la société, particulièrement les citoyens.

La prévention se fera, entre autres, par la simulation pour tester la résilience à différents scénarios d'incidents, et grâce à l'utilisation quotidienne de ces outils par le couplage à des usages non sécuritaires.

Enfin, les villes attendent des solutions compétitives économiquement et compatibles avec les systèmes standards et normés afin de garantir une interopérabilité aisée, une grande modularité dans le temps, un déploiement et un maintien en conditions opérationnelles à coût réduit tout en tirant profit des systèmes existants. ■

Pour en savoir +

Ville Intelligente, Magazine de la Smart City, de l'écosystème numérique et de la e-Santé : <http://www.villeintelligente-mag.fr/>

Paris, « Le plan stratégique "Paris intelligente et durable" » : <https://www.paris.fr>

LA DIMENSION ANTHROPOLOGIQUE DE LA REVOLUTION NUMERIQUE, OU LA QUESTION POLITIQUE A VENIR



Hervé JUVIN

Président de Natpol DRS – Diversité, Résilience, Sûreté

Le discours au sujet de l'ère digitale, du monde numérique, du village Internet, etc., balance en permanence entre la naïveté scientiste – la technique sauvera le monde – et le catastrophisme de principe – tout nous menace. L'intelligence artificielle (IA) excite tout particulièrement les fantasmes de toute puissance aussi bien que de dépossession. Lisez Michel Serres d'un côté, Eric Sadin de l'autre. Rappelez-vous que l'IA a tour à tour battu le champion du monde d'échecs, gagné une partie de poker, remporté la version américaine du « Mot le plus long » et enfin, écrasé le virtuose chinois du jeu de Go. Ajoutez-y l'intérêt bien compris des grands prédateurs numériques, et de leurs poissons pilotes – auditeurs des systèmes de sécurité, consultants, prospectivistes, etc. Et n'oubliez pas : « the Age of Anger » - l'âge de la colère qui monte devant les promesses mensongères de la modernité.

Pour éviter de céder aux tentations jumelles de la fascination ou du désespoir, il n'est pas inutile de prendre du champ et de remonter aux origines. L'IA est la version contemporaine du vieux rêve des machines intelligentes, ces automates reproduisant les mouvements des hommes ou des animaux, version singulière en ce qu'elle entend reproduire les opérations de l'esprit humain. Son développement récent est lié au numérique, d'une part, technique permettant notamment d'accumuler des données en quantités – encore inconcevable il y a seulement vingt ans –, et à l'Internet, d'autre part, assurant la circulation de ces données en temps réel. Il n'est pas inutile de rappeler ici que, utilisé à l'origine par des chercheurs et des universitaires rêvant d'une circulation mondiale du savoir, Internet a très vite été mobilisé par des activistes géniaux bricolant sur de drôles de machines dans leur garage, contournant les lois (par exemple, sur les droits de propriété artistique) et snobant les universités. Comme celui de la micro-informatique,

son fantastique développement a été porté par l'idéologie libertaire, anti Etat et anti Nation de développeurs de génie, une idéologie que renouvellent les déclarations des champions de la disruption comme Netflix, Tesla, Airbnb, Uber (les « NATU » qui succèdent aux « GAFA », dans l'imaginaire alternatif contemporain). Sur fond de mépris pour la politique et les élus, de détestation des frontières et de toute limite aux expériences individuelles, ils veulent changer le monde, en finir avec les Etats, les Nations, les lois et libérer le désir humain. Les « chartes » d'Uber, d'Airbnb, écrivent noir sur blanc des principes qui valent déclaration de guerre aux Etats-Nations, mais qui les lie ? Dernière vague qui doit tout emporter, l'IA, nourrie par le « big data » et par l'Internet des objets, devrait achever la libération de l'Homme, libération entrevue, jamais achevée – libération, au juste, de quoi ? De rien moins que de la condition humaine, sans doute !

Nous voilà au cœur d'un débat qui est, et qui sera, totalement politique. Car les génies sont sortis de leurs garages. Les Google, Amazon, Apple et quelques autres, notamment Ali Baba et Baidu en Chine, sont des entreprises uniques dans l'histoire humaine par la rapidité de leur développement et la taille des marchés qu'elles ont su créer, et occuper. Rappelons que Google contrôle 80 % des contenus d'information en ligne, qu'Amazon représente 70 % de la publicité en ligne (hors Chine) ! Uniques aussi par les accumulations de richesses qu'elles ont permis à une poignée d'individus, dont chacun reproduit la situation de Mansa Musa, le roi du Mali, détenteur de tout l'or de l'Afrique du Nord, capable par ses seuls pourboires de déstabiliser l'économie de l'Egypte – leurs Fondations disposent d'Etats, de Nations et de peuples ! Il faut remonter loin dans l'histoire pour trouver des phénomènes de concentration de richesse aussi rapides et aux conséquences aussi étendues, par exemple,

aux Grandes Découvertes ou aux exploits du pirate Francis Drake – voire aux Révolutions de couleur, au Grand Moyen Orient et autres fantasmes de l'homme nouveau, sans origine, sans histoire, sans foi, hors sol, que les fantaisies des nouveaux milliardaires maîtres du monde ont entrepris de réaliser. Loin dans l'histoire aussi pour trouver des innovations aussi bouleversantes pour la diffusion de l'information et du savoir, le formatage des consciences, et même, pour l'expérience humaine dans sa globalité – que reste-t-il de l'être là, de l'être ensemble, de l'être soi, quand le smartphone devient une prothèse du corps humain ? Loin dans l'histoire encore et surtout pour trouver des émergences aussi disruptives, aussi impensées, qui s'approprient le bien, le progrès, la liberté, au bénéfice d'abord des dividendes de leurs acteurs. Le mécanisme est analogue à celui qui interdit, dans toute université, de poser la question de la monnaie, de sa création privée, de son appropriation par des groupes d'intérêt qui n'ont pour but que l'extension de leur pouvoir. A peu près tout ce que permet la technique est, ou sera réalisé ; c'est la seule certitude établie en ce domaine. Qui peut interroger vraiment le bien-fondé de promesses qui menacent, de libérations qui détruisent, de droits qui enchaînent ? *Sea, sex, money and sun* ; les Beach Boys et Goldman Sachs réalisent l'alliance explosive de la modernité libérale. Qui peut résister ? Nous sommes là devant l'un des éléments majeurs de l'Anthropocène, pourtant moins bien identifié que celui des impacts climatiques et géologiques de l'activité humaine ; la promesse, ou l'illusion, que l'homme va sortir de la nature, en finir avec la mort, la maladie, comme il en a fini avec l'origine, le genre, l'âge, etc. Bref, un nouveau monde ; que m'importe que les glaciers fondent si je vis devant mon écran dans un espace climatisé ? Bref, la radicalisation de l'individualisme absolu ; l'individu autocréateur trouve dans le monde virtuel les satisfactions assurées que le monde réel lui mesure chichement. Qui peut dire qu'il n'y a pas là idéologie, politique, et même, géopolitique ? Autrement dit, prise de pouvoir, contrôle de populations, affirmation de puissance ?

Il n'est pas inutile de poser la question avant d'examiner comment l'ère du digital se traduit par une révolution de notre condition humaine, rien de moins, comment l'IA a et aura des conséquences encore inexplorées sur les sociétés humaines, comment elle pose des enjeux et des défis à l'Etat et aux fonctionnaires d'autorité que chacun préfère ne pas voir aujourd'hui.

Notre condition humaine bascule

Un enfant né aux USA passe plus de six heures par jour devant un écran numérique, plus qu'avec toute personne humaine, ou avec quoi que ce soit de réel. L'environnement de ces enfants a cessé d'être : animaux familiers, plantes, soleil et pluie, parents et amis, de naturel il est devenu virtuel ; l'écran numérique est leur monde.

Un cadre du secteur privé traite en moyenne plus de 100 mails par jour et y passe entre deux et quatre heures !

Les passagers des trains de banlieue suédois sont les premiers à pouvoir justifier de leur abonnement par une puce implantée sous leur peau.

Le zapping – passage accéléré d'une tâche à une autre – et le multitâche – regarder un film en écrivant sur sa tablette en écoutant de la musique – provoquent l'incapacité à se concentrer plus de trois minutes sur un même sujet. Le syndrome de déficit d'attention soutenue touche plus de la moitié des enfants américains. Qui saura lire au-delà d'un tweet ? Et, d'ailleurs, qu'est-ce qui mérite d'être lu au-delà d'un tweet ? Demandez à Donald Trump !

Soyons concrets. Ceux qui se souviennent des mésaventures de l'Agence de l'Informatique (dans la tour Fiat d'alors !) et du Carrefour de l'Informatique, dans les années 80, savent ce que fut la mode il y a trente ans... L'IA, mais oui, devait changer le monde ! Beaucoup de colloques, de rapports et d'argent public plus tard, rien ne s'est passé. Et voilà que l'IA, propulsée par un discours de Barack Obama (octobre 2016) qui en fait un objet de conquête équivalent à la conquête de la Lune, revient à la une ! Pas par hasard. C'est que les conditions de l'émergence sont là. Au-delà du *big data* et des mémoires en téraoctets, l'infrastructure mentale s'est déployée, l'appareillage de l'attention et de la conscience s'est mis en place, et, derrière le rouleau compresseur du droit et des Droits de l'individu absolu, la fabrique du consentement a fonctionné. Fatigué des vains travaux de l'esprit, effrayé devant les effets entraperçus du règne de la raison qui met en jeu sa survie, l'individu moderne consent au gouvernement d'automates. C'est aussi que de puissants intérêts sont en jeu, pour inventer le citoyen numérique, l'Etat numérique, pour confier des tâches structurantes à l'IA et, bien entendu, pour déplorer le sous-investissement public dans ce domaine. Intérêts financiers bien sûr, mais aussi intérêts de puissance ; ceux qui fabriquent l'Homme nouveau domineront le monde. Le Président Obama a annoncé la couleur ; l'IA doit servir la puissance américaine, et diffuser l'extraterritorialité du droit américain. Certains lui emboîtent le pas ; l'association du *big data*, de l'Internet des objets, et de l'IA doit mettre fin à la politique ; quoi de mieux qu'un système expert pour résoudre tout problème par un benchmark mondial et l'adoption de la meilleure mesure disponible sur le marché ? Il suffit de s'assurer du consentement des citoyens des Nations, devenus individus du cyber-monde. En voilà les moyens :

D'abord, les machines. Le smartphone remplace le PC, l'appareil photo, le téléphone fixe, la camera, le magnétophone. Et ce n'est pas tout ! Voilà que s'annonce la fin de l'écriture, par la généralisation de l'interface de dictée vocale. Déjà, dans certains pays, les enfants n'apprennent plus à écrire à la main, mais sur le clavier (en Finlande, et dans 45 Etats des Etats-Unis, selon Alain Bentolila). Devrait suivre, à brève échéance, le remplacement par le *smartphone*

de tous les documents d'identité, du passeport au permis de conduire, comme c'est déjà le cas pour les billets de train et d'avion, remplacés par le code barre ; l'écran fera la preuve biométrique de l'identité de son porteur.

Le *smartphone* est en train de devenir une prothèse permanente de l'individu. Nous n'en sommes qu'au début. Devraient suivre des interfaces intégrées au corps humain, des puces insérées sous la peau, comme celles qui donnent accès aux clubs branchés d'Ibiza. Plus tard viendront des cyber-neuro-transmetteurs assurant directement le transfert d'images et d'émotions de cerveau à cerveau, ce qui pour certains pourrait mettre fin au langage articulé.

Ensuite, le soft. Le *big data* est l'effet de la loi de Moore (doublement des capacités de stockage tous les dix-huit mois), jusqu'à l'infini promis par les ordinateurs quantiques ou neuronaux, et des algorithmes qui permettent de relier des données disparates selon des formules et des calculs prédéterminés. Déjà, votre ordinateur portable compte en téraoctets... les gigas sont loin !

Ajoutez à ces masses de données, qui suivent au plus près tous les actes de nos vies, des outils intelligents pour observer des corrélations, analyser des relations et en tirer des conclusions, et vous le constatez ; la multiplication des quantités change la nature du numérique. L'accumulation d'informations, multipliée par les objets connectés, associée à la formulation d'algorithmes de plus en plus performants, réalise pour certains auteurs la même mutation que celle qui a fait naître, au cours de dizaines de milliers d'années, l'homo sapiens sapiens ; elle rend la machine apprenante. Si la machine sait intégrer toutes les informations disponibles pour déterminer une réponse ou une action, elle sera supérieure à tout expert humain – seulement humain. Aucun médecin spécialiste ne sera meilleur que l'expertise cumulée des mille meilleurs spécialistes mondiaux. Et l'IA aurait battu des stratèges sur le champ de bataille, l'IA aurait optimisé des décisions politiques, l'IA en finirait avec la faim dans le monde, etc.

Les capacités y sont. La puissance de calcul est telle qu'elle permettrait d'ores et déjà d'individualiser sans erreur possible 10 milliards d'individus (capacité de Morpho-Safran affirmée lors du recensement indien AADHAAR, destiné à assurer l'individuation biométrique de 1,31 milliards de citoyens) par leurs signes physiques. Et la *blockchain* permet de sécuriser des échanges, d'établir des titres de propriété, sans aucun garant ou tiers extérieur (des Etats africains envisagent de lui confier le cadastre, ou leur relevé de propriété du foncier). La technique qui permet le bitcoin – une monnaie sans banque centrale ni gouvernement ! – promet de révolutionner le monde en supprimant l'Etat et les institutions, devenus superflus. Les monnaies virtuelles seraient locales ou communautaires, les participants au réseau autoréguleraient leurs relations, ni lois ni institutions ne seraient plus nécessaires. L'algorithme

les remplace ! Des prestataires de sécurité privée annoncent des systèmes de détection bio-comportementaux des comportements déviants permettant aux habitants d'un quartier, aux commerçants ou à leurs gardiens privés d'assurer la sécurité par décèlement précoce et anticipation. Il ne s'agit plus d'arrêter un coupable, il s'agit de prévenir le passage à l'acte. Il ne s'agit plus de sanctionner un fait, il s'agit de le rendre impossible. Vertige du droit, du juge, et de la liberté ! Et le New York Times, suivi par toute la presse bien-pensante, de saluer les algorithmes, encore eux, qui vont débusquer les « *fake news* » - par exemple, la détention d'armes de destruction massive en Irak, ou l'existence d'islamistes « modérés » en Syrie, ou la « convergence des économies assurée par l'euro » – rêvons un peu...

Voilà comment la concomitance du *big data*, de la *blockchain* et de l'IA annonce une métamorphose des sociétés humaines. Car elle fait apparaître un nouvel environnement, une nouvelle niche écologique, qui rompt avec l'expérience humaine de la nature, promet de libérer l'Homme des déterminations que lui infligeait la nature, et de faire que chacun de nous soit, à chaque instant, ce qu'il choisit d'être. Car elle réalise les conditions techno-sociales effectives de l'avènement de l'individu.

L'âge de l'information change notre présence au monde

Nous avons tous fait l'expérience frustrante de côtoyer celle ou de celui qui est physiquement présent à une réunion mais qui ne cesse de solliciter son smartphone. Etre là physiquement ne signifie plus être là mentalement ; la présence physique se dissocie de l'attention, de la relation, de la présence mentale. Un smartphone y suffit. Révolution de l'expérience humaine, vraiment. Le signe que du sacré demeure, de l'autorité et du respect, requérant attention et présence, c'est que chacun éteint son portable en entrant...

L'habitude du zapping se développe avec la concurrence des sollicitations ; pourquoi suivre une réunion ennuyeuse plutôt que lire ses mails, répondre à un SMS, préparer son week-end, ou chercher le parcours de l'intervenant qui tient le micro ? Passer d'une tâche à une autre, mais aussi en accomplir plusieurs en même temps ; l'attention fonctionne en parallèle, une oreille pour la musique dans le casque, les yeux sur l'écran où défilent les powerpoints, et les mains pour écrire le programme de la semaine... Révolution de la conscience humaine, tout aussi importante que la première. Être présent ne sera plus jamais ce que ça a été.

Le temps réel devient la règle ; tout, tout de suite, au bout du clic. Le monde est ce que le moteur de recherche affiche à l'écran. Nous entrons dans un présent infini, sans oublier et sans pardon qui confond passé, présent et avenir. Le rapport à la durée lui aussi bascule ; ce n'est pas le moindre renversement du monde en cours.

L'exigence est sans limite, à l'image du monde fluide, liquide, plastique, de l'écran numérique qui tend à devenir le modèle du monde et des choses humaines (Zygmund Baumann). Il ne peut y avoir de limites, puisque le monde est à nous et que tout peut être changé. Le monde est un terrain de jeu qui doit répondre à toutes nos requêtes, sans délai, sans interruption de services, sans refus. Ceux qui posent des limites ont toujours tort, ceux qui disent que le monde est réel sont coupables. La loi, la frontière, l'Etat, voilà l'ennemi ! Et le possible devient un devoir ; il faut changer le monde. Les apprentis sorciers s'y emploient, certains, bien à tort, qu'ils n'auront pas à payer les effets de leurs irresponsables fantaisies. L'histoire ne pardonne rien à ceux qui l'ignorent.

Mon savoir n'est plus défini par ma mémoire ou par ma bibliothèque mais par ma capacité d'accès. Ce qui signifie que le rapport physique au savoir est remplacé par un rapport virtuel. Tout le savoir du monde est à trois clics ; à la fin, le monde disparaît derrière mon écran numérique. Est réel ce qui est sur le réseau ; le reste ne compte pas, sinon pour l'alimenter et s'y conformer. Et voilà, les conditions d'acceptation de l'IA par les populations mises en apesanteur, sorties de leur expérience matérielle du monde, sont réunies ; le consentement est fabriqué, il suffit de voir comment ceux qui osent questionner l'évènement se voient ridiculiser ! L'IA est notre destin ; des armées de consultants, de prestataires, de *start-uppers* s'emploient à le répéter, leur marge en dépend !

L'esprit n'est pas le propre de l'homme !

La découverte que l'intelligence humaine peut être remplacée par la machine pour nombre de ses tâches est bouleversante. Elle se complète de cette découverte récente ; l'esprit humain est plus facile à simuler dans ses tâches rationnelles et ses opérations logiques que le corps humain ; l'ordinateur calcule et retient plus aisément que le robot emploie un tournevis – voir les expériences désolantes des Japonais à Fukushima. L'homme augmenté est d'abord cet homme dont l'esprit est complété par la machine.

L'écriture a permis le développement de sociétés organisées à grande échelle, que n'a pas connu l'Afrique subsaharienne jusqu'au XIXe siècle précisément parce qu'elle ignorait l'écriture (lire Odon Vallet sur ce sujet).

L'imprimerie a libéré l'Homme de l'obligation de tout garder dans sa mémoire du savoir humain. Le livre permettant d'externaliser le souvenir et sa transmission, il a pu imaginer, rêver et se projeter, d'où les grandes découvertes et les Lumières.

Le moteur a libéré l'Homme du travail des muscles. La machine a libéré les femmes, surtout, des tâches domestiques. Cette substitution de forces mécaniques et électriques aux forces du corps humain est l'une des

origines décisives des libérations successives des sociétés modernes. Elles ont fait naître l'illusion de capacités sans limite à l'action humaine.

De la même manière, en libérant son esprit des tâches répétitives et banales de l'intelligence cognitive – collecter de l'information, établir des séquences, des logiques et des démarches, mettre en évidence des corrélations, des structures et des modèles – l'Homme va pouvoir se concentrer sur ce qui lui est unique, et qui relève de la sensibilité, de l'émotion, de l'intuition, plus que de la raison proprement dite. La machine fera très bien des projets stratégiques ; elle ne prie pas. Le système expert est supérieur à tout expert humain qui n'est qu'une collection d'expériences ; il n'aura jamais l'intuition de l'ami, du proche, de l'intime. Nous retrouvons une conviction fondatrice de David Hume ; « *la raison est et ne doit être qu'esclave de nos passions, elle ne peut prétendre remplir un autre office que de les servir et de leur obéir* ».

Est-ce la fin de l'hypertrophie du cerveau gauche et la revanche du cerveau droit ? Chacun en a fait l'expérience ; utilisez plus d'un an durant le GPS et la fonction « plans » de votre *smartphone*, et vous serez radicalement incapables de vous repérer par vous-même !

D'autres ont éprouvé le même phénomène après un emploi intensif de Tinder et autres applications de rencontres en ligne ; l'« appli » monopolise une entrée en relation qui ne se fera plus jamais par un sourire, un clin d'œil ou un contact trop appuyé dans le métro !

C'est en ce sens que le virtuel dévore le réel, ou dispose de lui, et c'est en ce sens que l'individu appareillé est conditionné pour laisser son intelligence se reposer sur les dispositifs, les assistances, les facilités, connues sous le nom d'IA. Le monde ne sera plus qu'un complément à l'IA. Les uns crient à la mise sous contrôle, à la dépendance fabriquée, à la privation de fonctions intellectuelles essentielles, déterminantes de la liberté de la personne humaine et de son intégrité morale ; les autres chanteront la libération qui arrive, et qui va décharger chacune et chacun de toute une série de tâches sans intérêt, sans originalité et sans valeur humaine – par exemple, remplir une feuille de calcul, formuler des slides à partir d'un texte ou gérer les invitations à partir d'une liste. Ce faisant, les mêmes célèbreront le retour de l'humain, vraiment humain, et traditionnellement considéré féminin, que représentent le sentiment, l'intuition, la passion, que l'ordre de la raison attribué au masculin avait si souvent étouffé ou relégué.

Nous ne traiterons pas ici du sujet polémique des suppressions d'emplois, y compris d'emplois hautement qualifiés, que permettra le déploiement des outils de l'IA dans certaines professions, abusivement jugées « protégées » jusqu'ici, par exemple dans le droit ou le consulting ; qu'il suffise de dire que divers auteurs considèrent que les travaux purement rationnels seront automatisés pour

laisser place à des « love jobs » - de l'accompagnement des enfants à celui des dirigeants au bord du « *burn out* » ; belle reconversion pour des auditeurs inutiles ! Mais quel préjugé contre la technologie peut expliquer les angoisses françaises devant cette perspective, pour d'autres enthousiasmante ; que l'homme soit libéré du travail !

Le plus bouleversant est sans doute d'une toute autre nature ; la perspective d'un être humain caractérisé non plus par l'intelligence, mais par les sens, un être réaccordé avec l'ensemble du monde vivant et non plus séparé par la prétention à une intelligence supérieure. Votre QI n'a plus d'intérêt, l'IA s'en charge ; en revanche, votre capacité d'empathie, d'intuition, voilà ce qui fait votre différence ! En bref, nous toucherions à la fin de « *Cogito, ergo sum* » comme séparation radicale de l'être humain d'avec la Nature, pour entrer dans l'univers de « *Senso, ergo sum* », celui d'un panthéisme sensuel, joyeux et pacifié. Sans doute. A condition de mesurer que l'environnement, le monde extérieur, sont et seront de plus en plus numériques – réduits à leur représentation, expurgés de tout ce qui, comme nature, signifiait risque, surprise, aléa, écart et gratuité. Ce qui signifie que, libéré par l'IA des travaux de l'intelligence rationnelle mécanique, fonctionnelle, l'esprit humain sera infiniment plus ouvert aux stimuli et aux promesses de l'univers virtuel. Ce qui peut annoncer la soumission illimitée aux désirs qu'un environnement virtuel conditionné infligera aux sujets du contentement évasif, de la frustration calculée et de l'insécurité généralisée établie comme système de pouvoir. L'avènement de l'individu, réalisé au prix de la plus inattendue des libérations, celle de l'intelligence, déboucherait alors sur une nouvelle sujétion.

A vrai dire, qui doutait vraiment qu'il puisse en être autrement ? ■

Du même auteur



JUVIN Hervé, *Le gouvernement du Désir*, Gallimard, 2016, 288 p.

Pour en savoir +

BECKOUCHE Pierre, « *La révolution numérique est-elle un tournant anthropologique ?* », *Le Débat*, n°193, 2017, pp. 153-166.

O'NEIL Cathy, *Weapons of math destruction*, Random House, 2016, 272 p.

SADIN Eric, *La silicisation du monde*, L'Echappée, 2016, 256 p.



QUELS INVESTISSEMENTS EN IA ?



Nathanaël ACKERMAN

Fondateur et chercheur opérationnel du #HubFrance Intelligence Artificielle



Jordi SANIGER

IESF Ingénieurs et Scientifiques de France

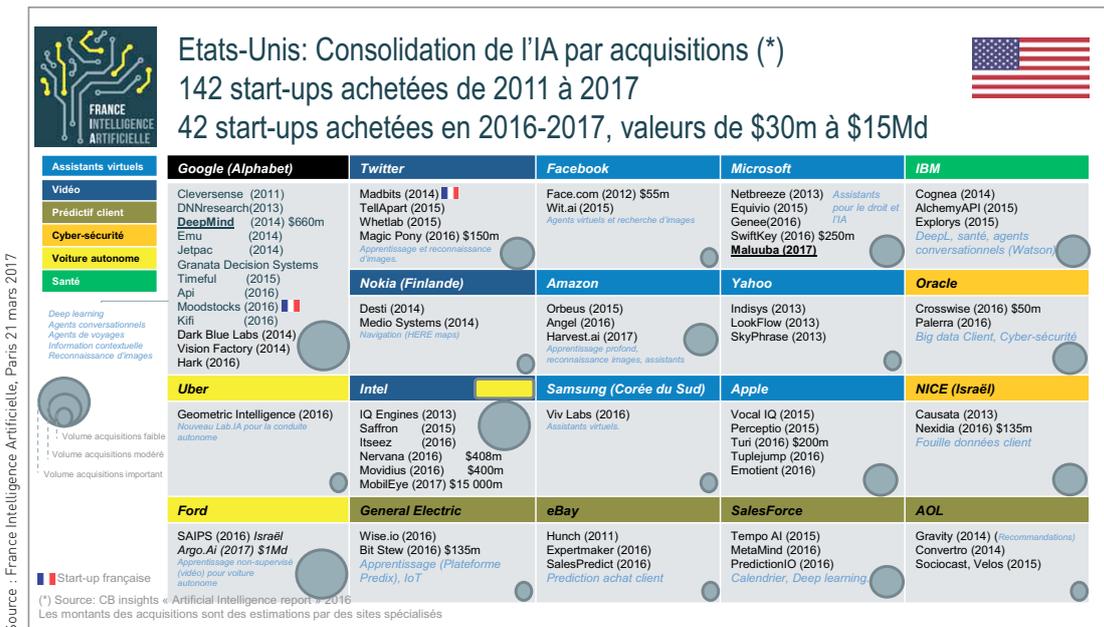
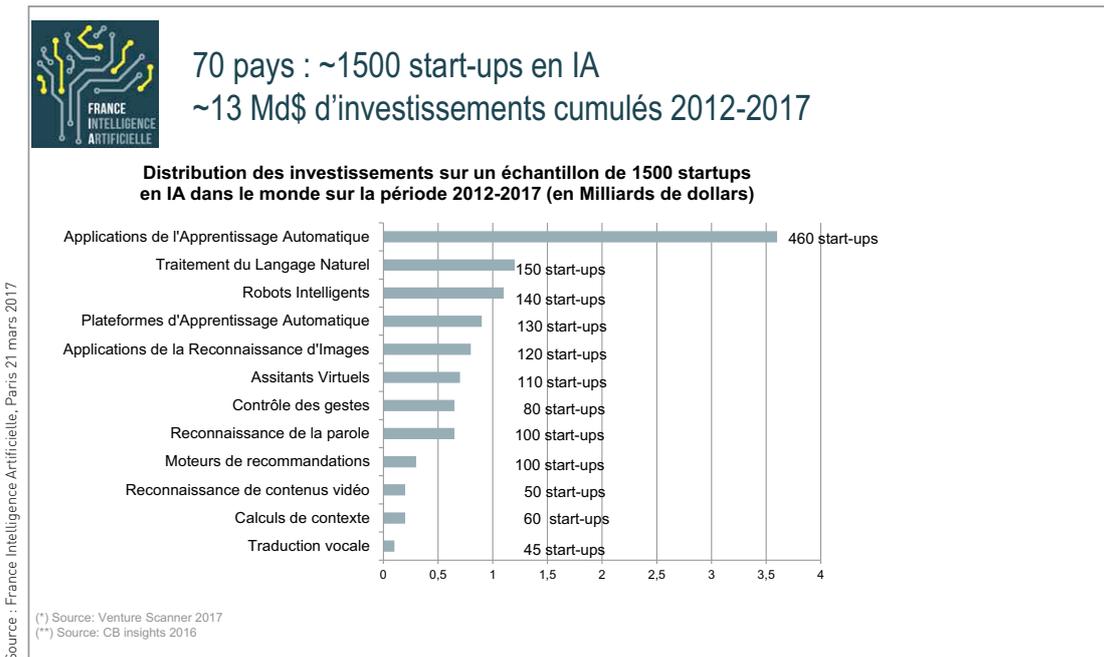
Un état des lieux de la recherche française, dans les domaines liés à l'IA, recense près de 5500 chercheurs actifs fin 2016 (dont 3 400 permanents, 1 800 doctorants et post-doctorants et environ 300 ingénieurs de recherche) répertoriés sur 268 équipes de recherche dans des domaines liés à l'IA, et y compris les équipes de recherche en sciences humaines. Ces équipes font notamment partie de l'INRIA, du CNRS (Universités et écoles), mais également du CEA, l'ONERA, l'IMT ou l'INRA. Les recherches menées font l'objet de publications, présentées régulièrement lors des colloques et la publication d'articles dans des journaux spécialisés les plus sélectifs au monde. En nombre d'articles publiés par conférence, la France arrive souvent 4ème voire 3ème derrière les Etats-Unis et parfois la Chine ou le Royaume-Uni.

Au-delà de la quantité, la qualité des chercheurs est mise en valeur par les nombreux chercheurs français contribuant au plus haut niveau dans des sociétés à la pointe des technologies d'IA (Facebook, Google, IBM, Microsoft) et des institutions de recherche prestigieuses (Université Carnegie Mellon, Université de Montréal, ou encore l'Université de New York). Cette performance peut s'expliquer partiellement par la qualité et l'exigence des programmes d'enseignement français en IA, et la compétitivité des mastères ou doctorats pour des étudiants internationaux de qualité. Sur ce plan de l'enseignement, les élèves en mastère dans des domaines de l'IA (dont 18 mastères 1 et mastères 2 spécialisés) représentent 1 087 élèves pour l'année scolaire 2016-2017.

D'autres pays développent des investissements significatifs dans le domaine, dont la Suisse, l'Allemagne et le Royaume-Uni en Europe. En revanche, les Etats-Unis tiennent la position de leader dans le domaine et réagissent avec

force aux avancées technologiques récentes avec un plan annoncé par le gouvernement Obama, en décembre 2016, même si ces investissements prévus initialement pour le NISF ont été revus à la baisse par l'administration Trump. Le *Department of Defense*, via leur agence de recherche américaine (DARPA) a financé, à lui seul, pour plusieurs milliards depuis des décennies la recherche fondamentale et appliquée en IA et également l'agence de recherche I-ARPA en charge des développements de technologies de renseignement pour la CIA. De même, le Canada a avancé avec volonté concernant l'implantation d'un plan national sur 3 universités et 125 millions de \$CAD d'investissements, pour progresser ses avancées notamment en apprentissage automatique avancé, avec la création d'un centre d'IA, le Vector Institute à Toronto.

En Asie, les investissements sont de l'ordre du milliard pour établir des centres de recherche en IA par les gouvernements japonais en 2015 et sud-coréen en 2016. Des politiques publiques les amènent à coopérer avec leurs fleurons industriels pour transférer et avancer dans la prise de positions mondiales dans le domaine. Après le Plan National de développement de projets clés, dont la fabrication intelligente; le plan "Internet +" et le plan IA de 3 ans, la Chine a annoncé une stratégie en juillet 2017 avec des ambitions de devenir le leader mondial de l'IA en 2030. L'objectif annoncé est d'atteindre un poids économique de 60 milliards d'euros d'ici à 2030. Un fonds de capital risque de l'état chinois investi dans les start-up à technologie avancée. Récemment en novembre 2017 ce fonds a investi dans Face++ (reconnaissance d'image) \$460m avec Ali Baba. Il faut noter la croissance impressionnante du nombre de publications émanant d'équipes chinoises dans les conférences internationales. Ainsi, plus du tiers des articles présentés à la conférence IJCAI (*International Joint*



Conférence on Artificial Intelligence), en août 2017, étaient chinois.

En Europe, l'Allemagne finance depuis des années le centre DFKI spécialisé en IA avec 485 chercheurs et 400 doctorands et 44 m€ de budget pour 2016, dont Google est actionnaire, avec Microsoft ou SAP. Depuis 2017 un nouveau centre de recherche en IA (Cyber Valley de Stuttgart) a été financé autour du Max Planck Institute. La volonté est de former 100 doctorands en IA par an et pousser la coopération avec l'industrie, dont Facebook. En revanche, le Royaume Uni est beaucoup plus modeste dans son plan d'IA du point de vue gouvernemental. L'institut Alan Turing bénéficiait en 2015, d'un budget de £45m sur 5 ans. Le plan « UK Digital Strategy », présenté le premier mars 2017, alloue un supplément de £17m pour l'IA.

En regardant de plus près le monde industriel et les applications de l'IA, nous constatons plusieurs décalages par rapport à la recherche. La création de *start-up* en IA à travers le monde suit un développement déséquilibré comparé aux Etats-Unis. En Europe, une accélération d'investissements et de création depuis 2015, et également en Chine et dans d'autres pays. L'investissement dans des sociétés innovantes en IA, fait l'objet d'une croissance annuelle de près de 50 % par an depuis 2012, avec \$15Md d'investissement cumulés depuis 2012 sur un échantillon de 1500 *start-up* dans le monde, dont \$5Md seulement pour 2016, et de 2250 transactions entre 2012 et 2017 (source CB Insights). A titre de comparaison Intel, a acheté la société israélienne d'équipements MobilEye pour la voiture autonome, au prix estimé de \$15Md. D'autres consolidations par les grands groupes américains notamment les GAFIM,

Source : France Intelligence Artificielle, Paris 21 mars 2017

Stratégie des groupes internationaux (Etats-Unis)

	Recherche et Développement	Stratégie d'Acquisitions de start-ups en IA	Implantations R&D en France	Priorités pour l'IA
Google	Investissements en infrastructure et en recherche. Publications ouvertes de référence Partenariats en Europe avec des universités GB, Allemagne et Suisse. Investissements importants avec les universités decennadiennes autour du deep learning.	Poursuite active de leurs activités de croissance en IA par acquisitions de start-ups en IA.	Sans R&D en France Zurich (150 chercheurs), Londres, Dublin	Augmenter l'interactivité et connaître l'utilisateur pour proposer des services. Apprentissage profond, TALN, vision.
Facebook	Recherche active et présente sur le plan international (publications ouvertes de référence). Partenariats extérieurs sélectifs, notamment avec l'INRIA.	Peu de développement d'acquisitions en IA, à l'exception de Wit.ai en 2015.	Laboratoire de recherche en IA entre Paris (FAIR) et New York, avec une centaine de chercheurs.	Compréhension activités vidéo, traduction automatique. Apprentissage profond, TALN, vision, assistants.
SAP	Niveau de recherche interne en IA concentré sur quelques aspects du machine learning.	Besoins d'acquies des compétences en IA, notamment par acquisitions.	Laboratoire en France, sur les usages de leurs produits (Levallois-Perret, Hauts de Seine).	« Machine learning » pour big data sur le cloud. Offrir des solutions au plus près du client.
Microsoft	Investissements massifs autour de la recherche l'IA et du cloud intelligent, en recherche et développement. Partenariats notamment en France avec l'INRIA (laboratoire commun). Investissements importants avec les universités decennadiennes autour du deep learning.	Développement affirmé de développement via l'acquisition de start-ups en IA. En particulier engagement avec le cluster Canadien de start-ups en deep learning.	Centres en IA autour de la région de New York (avec des plans pour la création d'un centre de 5000 ingénieurs/chercheurs en IA). En Europe le centre de M/S research à Cambridge.	Organiser le collaboratif H.M. Cloud intelligent (Azure), périphériques intelligents et assistants (Cortana, système à langage naturel).
Oracle	Très fort engagement dans le développement pour des nouveaux produits, mais avec moins de recherche qu'avec les groupes du GAFAM	Développement stratégique via des acquisitions en IA.	Centres de recherche autour des US: Californie et également Allemagne, Suisse, Australie. Certains développement des technologies en IA.	Développer des produits intelligents et adaptatifs, au plus près du client.
IBM	Engagement fort en développements autour de l'informatique cognitive et du système Watson, autour de l'apprentissage automatique, planification, représentation des connaissances, et les architectures cognitives.	Fort volume d'acquisitions en IA (activités autour de la santé). Développement interne (\$1Md pour Watson, dont \$100m pour acquies des start-ups).	Le laboratoire d'IBM France concentre les recherches en région parisienne d'IBM. Les recherches plus significatives sont effectués dans leurs centres de recherche aux Etats-Unis.	Transformer leurs produits en « informatique cognitive », proposer des assistants (Watson-2000 employés). TALN et apprentissage renforcé.

(*) Source: Auditions 8 mars avec groupes internationaux
(**) TALN: Traitement Automatique de Langues Naturelles

Investissement en recherche en IA important
Investissement en recherche en IA moyen
Investissement en recherche en IA faible

Volume d'acquisitions en IA important
Volume d'acquisitions en IA moyen
Volume d'acquisitions faible

Source : France Intelligence Artificielle, Paris 21 mars 2017

Stratégie des Groupes Internationaux (Asie)

	Recherche et Développement	Stratégie d'Acquisitions de start-ups en IA	Implantations R&D en France	Priorités pour l'IA
Baidu	Big data lab (Pékin) investissement de 300m€. R&D=14% du CA=1,4Md Institute of deep learning (Pékin)	Raventech (Chine, 2016), Assistant Voix 2016. Création de fonds De \$200m pour investir en IA et RA.	Silicon Valley AI lab à San Francisco, Etats-Unis.	Apprentissage profond, TALN (deep speech)
Tencent	Création en 2016 du Tencent AI lab avec 30 chercheurs permanents.	Acquisition de « Imagi Vision tech » en 2016, entreprise basée en Israël.	Laboratoire de recherche à Shenzhen, Chine.	Machine learning pour recevoir des articles de presse spécialisés. WeChat, QQ, jeux vidéos.
Xiaomi	Création d'un laboratoire de recherche spécifique à l'IA en 2016.	Sans stratégie spécifique d'acquisitions de start-ups en IA	Laboratoire de recherche « Xiaomi Exploration Lab » à Pékin, Chine. Laboratoire dédié aux projets avancés, en IA en particulier.	Volonté d'adopter IA dans tous leurs services (smartphones). IoT et IA dans tous les services et VR
Alibaba	Création d'un laboratoire spécifique dédié aux recherches en IA	Sans stratégie spécifique d'acquisitions de start-ups en IA	Laboratoire de recherche à Pékin, Chine.	Cloud intelligent Plateforme IA pour concurrencer Amazon
Huawei	Recherche intensive en IA. Partenariat de recherche en IA avec l'université de Californie à Berkeley en 2016 pour 1 millions de dollars en TALN (**)	Sans stratégie spécifique d'acquisitions de start-ups en IA	16 centres dans le monde. En France centres (Sophia-Antipolis, Boulogne-Billancourt). Centres autour de l'internet des objets, traitement d'images, design et mathématiques.	Développement de Smartphones dotés d'IA, avec des fonctions d'apprentissage automatique.
Samsung	Membre stratégie nationale IA Coréenne	Viu Labs (2016) Assistant virtuel. Augmentation des acquisitions à venir.	Equipes de recherche et développement implantés en Russie, Inde, Israël, Etats-Unis, Chine Pologne	Assistants virtuels (coopération avec Google sur l'IA).
Fujitsu	Centre de recherche IA autour du deep learning, multimedia, connaissances. Fujitsu est leader en PI en IA.	Sans stratégie spécifique d'acquisitions de start-ups en IA	Centre dédié aux technologies du numérique en France (2017), représentant 50M€ d'investissement avec l'Ecole Polytechnique.	Human centric AI – Zinral TALN, reconnaissance d'image, planification, prédiction.
Panasonic	Centre de recherche: machine learning, sensing, actuation. Panasonic-AIST Advanced AI Cooperative Research Laboratory	Fonds \$10m pour acquisitions/IV pour smartphones	Présence d'équipes de recherche en Silicon Valley et Singapour.	Traduction automatique, coopération robot / humain, détection de piéton haute précision

(*) Source: Pages officielles des entreprises
(**) TALN: Traitement automatique du langage naturel.

Investissement en recherche en IA important
Investissement en recherche en IA moyen
Investissement en recherche en IA faible

Volume d'acquisitions en IA important
Volume d'acquisitions en IA moyen
Volume d'acquisitions faible

font état d'au moins 200 *start-up* rachetées par des grands groupes américains entre 2011 et début 2017, notamment de la part de Google avec 11 acquisitions et d'Apple avec 7 acquisitions, mais également Intel, Microsoft et, dans une moindre mesure, IBM, Amazon et Facebook (avec une stratégie d'acquisition plus modérée).

Les grands groupes de l'Internet et de la technologie, en Asie, sont également en pleine accélération sur l'adoption de l'IA dans leurs systèmes et produits. Les sociétés chinoises étaient moins enclines à la croissance externe, mais désormais, soutenues par le gouvernement, investissent activement dans des sociétés chinoises innovantes. Les sociétés chinoises n'hésitent pas à débaucher des Chinois de très haut niveau dans des grands groupes américains (c'est

le cas d'Alibaba avec Microsoft par exemple). Les grandes sociétés technologiques, Baidu, Tencent, Xiaomi, Alibaba et Huawei, n'hésitent pas à créer leurs propres laboratoires d'IA, mais également de nouer des partenariats *via* des dons avec les meilleures équipes américaines en IA, au cœur de la silicon valley (UC Berkeley, Stanford University). Les grands conglomérats technologiques sud-coréens, LG ou Samsung, ont des stratégies très affirmées, soutenues par l'Etat Coréen, avec le développement et l'acquisition d'assistants virtuels par Samsung. Du côté du Japon, les sociétés Fujitsu et Panasonic développent des stratégies avec l'IA au cœur, dont le traitement du langage naturel, mais également la reconnaissance d'images ou encore les interactions humain-robot et des partenariats affirmés avec le centre de recherche IA de l'Etat.

Les grands groupes français (SBF 120) font un usage différent en fonction des filières de l'IA. Des investissements importants récents en *big data* et IA sont observés dans le secteur de l'aéronautique et de la défense. Typiquement, ces techniques réservées à l'analyse de scène ou reconnaissance des formes, en imagerie satellitaire ou pour des systèmes d'armes, se répandent également vers des applications de maintenance prédictive. L'IA est également au cœur des préoccupations des industriels de l'automobile, autour de la voiture autonome et connectée. Mais il existe des bouleversements majeurs dans certaines filières, notamment autour de la relation client (secteurs bancaire, assurance, et hôtelier), ou encore de la santé, *via* des plateformes de plus en plus intelligentes sur les téléphones mobiles. A ce sujet, les assistants virtuels intelligents semblent être un élément qui pourrait jouer un rôle clé.

Une partie de l'innovation en France est portée par plus de 350 *start-up* dont une bonne partie fait usage des technologies d'IA (notamment en apprentissage automatique et traitement du langage naturel) et dont les applications en tête sont la robotique, les services aux entreprises et les développements en santé. Le nombre de « *start-up* » en IA a bondi avec une création de +30 % par an depuis 2012 en France. Ces sociétés sont à plus de 50 % localisées à Paris. A titre de comparaison, au niveau européen, une étude de 2016 conduite par le cabinet Sirris sur 22 pays montre 1,8Md€ d'investissements en 2016, sur 306 transactions positionnant la France, et Paris, 2èmes en levée de fonds pour l'IA, derrière le Royaume-Uni.

Concernant les PME et les ETI, la situation est très différente avec une bonne dizaine de PME en IA, voire une trentaine en fonction du niveau de développement des technologies

propriétaires, développant des technologies d'IA. Egalement, les sociétés avec un développement parallèle basé sur le *e-commerce* (Criteo, Vente-privée, ...) font un usage croissant de l'apprentissage automatique.

Les entreprises utilisatrices d'IA sont des entreprises faisant un usage intensif pour leurs besoins en exploitation de leurs systèmes et services, très souvent autour de l'apprentissage automatique. Elles offrent plusieurs métiers en interne et font régulièrement des offres d'emploi, prioritairement sur les thématiques du *machine learning*, du traitement du langage naturel ou du *big data* et l'analyse de données.

En conclusion, les investissements gouvernementaux sont importants en Amérique et en Asie en IA et les leaders du marché investissent massivement pour leurs acquisitions. C'est également le cas pour leurs partenariats académiques de recherche, qui peuvent donner lieu à l'intégration d'équipes en vue de soutenir leurs développements. La France et l'Europe disposent d'atouts importants au niveau de la recherche et l'écosystème des *start-up* intègre des compétences de haut-niveau en la matière. Il n'y a pas de grand leader industriel ou de service en IA, même si la plus grande part des sociétés du SBF120 considère qu'il s'agit là d'un enjeu stratégique. Des plans sont déployés en interne pour intégrer cette compétence et comprendre les nouveaux usages qui leur permettront d'élargir leur offre, et de maintenir leur compétitivité. ■

QUAND L'IA DÉFIE LE POLITIQUE



Hervé JUVIN

Président de Natpol DRS – « Diversité, Résilience, Sûreté »

Nous ne savons rien de ce qui vient, même si nous devinons que la justice, le droit, la Nation, sa sécurité et sa liberté, qui sont indissociables, en seront affectés. Rien, ou si peu de choses encore ! De la même manière que l'énergie du moteur et de l'électricité a fait disparaître toutes limites à l'action humaine sur son milieu – le dérèglement climatique en est l'effet ! – l'intelligence artificielle (IA) et les possibilités sans limites de mobilisation de l'information et du savoir qu'elle offre transforment les sociétés humaines. Ni la naïveté confiante des « Ted Talks », ni le pessimisme d'un Elon Musk (fondateur de Tesla) ou de Stephen Hawkins ne nous aident sur cette voie. Encore moins l'enthousiasme de commanditaires, des publicitaires, des consultants, des *start-uppers* qui flairent les dollars à venir et concourent à l'alignement des intérêts publics sur ceux des maîtres du jour – IA et cie. Et pas davantage les hurlements de ceux qui dénoncent la société de surveillance, *Big Brother* et robots en prime ! Que sera un homme dispensé des opérations de l'esprit ? Que seront des démocraties formelles où l'IA générera des flux d'information individualisés, formatant les états de conscience et suscitant les votes, comme Cambridge Analytica semble savoir si bien le faire (la société serait l'acteur majeur de la victoire de Donald Trump ?).

La réalité est que l'IA est l'une des composantes majeures d'un nouvel espace stratégique, c'est-à-dire d'un espace où se jouent la puissance, l'indépendance et la compétitivité. Et la réalité est que tous ne partent pas égaux dans un espace déjà configuré, dont les promoteurs ont écrit les règles et dont les lois internes s'imposent à son environnement, c'est-à-dire aux industriels comme aux Etats, aux collectivités territoriales aussi bien qu'aux individus.

Le défi est manifeste quand une entreprise choisit un robot doté d'IA pour siéger à son conseil d'administration, tandis que certains conçoivent un gouvernement numérique du monde.

La défiance est de rigueur quand ceux qui vendent des *back-up*, de la cyber-sécurité et des clés de sécurité sont les mêmes qui crient au cyber-terrorisme et aux cyber-attaques de grande ampleur débouchant sur une cyber-apocalypse !

L'agression est réelle quand les « chartes des valeurs », les « engagements éthiques », etc., de tel ou tel grand prestataire de services sur internet sont explicitement destructeurs de la citoyenneté, de la souveraineté des Nations, des frontières et des lois.

Le déplacement stratégique est en cours ; le Danemark a ouvert la première « ambassade du numérique » au monde. Et les études confiant à l'IA la conduite de réseaux de distribution, de centrales logistiques, voire des services collectifs au sens large dans les « smart cities » de demain, sont déjà là.

L'espace public est transformé quand la Géorgie ou l'Estonie développent une administration entièrement numérique, tandis que le Japon reconnaît le bitcoin comme une monnaie à part entière et que le thème du « citoyen numérique » débouche sur la « smart democracy » - celle où les « start-uppers » ont seuls le droit de vote, sans doute !

Des organisations prétendent remplacer la vieille diplomatie des Etats par la diplomatie ouverte des Internautes. Les actions de « mouvements spontanés » sur le Web comme « We sign it », etc., capables de revendiquer des milliers ou des millions de signatures, pour saper l'autorité des Etats, nier la légitimité des Nations à défendre leurs frontières et protéger l'unité nationale (par exemple, en lançant des opérations de masse contre les contrôles d'identité dits « au faciès », en diffusant des images à fort contenu d'émotion contre les opérations de police, etc.), méritent l'attention, notamment parce que les outils de l'IA peuvent décupler la puissance des émotions suscitées et piloter des messages subliminaux à haute intensité. Des actions analogues mettent des

Source : France Intelligence Artificielle, Paris 21 mars 2017

	Plans nationaux concernant l'IA Actions sociétales autour de l'IA	Recherche Publique: institutions, projets, investissements	Formation(s) en IA	Soutien aux entreprises dans l'adoption de l'IA
 Etats-Unis	2016 Maison Blanche : « Future of Artificial Intelligence » et "National AI R&D Strategic plan" et "AI, Automation, and the Economy" 2014: rapport Big Data: Seizing opportunities, Preserving Values	\$1,1Md en 2016 investis en Recherches liées à l'IA. Demande budget DARPA 2017 en IA: ~\$12Md. Budget I-ARPA: confidentiel.	50 universités avec programmes spécifiques en IA.	La recherche privée (grands groupes) transfère les résultats de la recherche publique avec la mobilité des chercheurs et professeurs.
 Canada	Sans plan spécifique national.	Investissements centres de recherche canadiens de l'ordre de 200m€	Excellence mondiale autour des universités d'Alberta, Toronto, et Montréal.	Sans actions spécifique.
 Chine	Plan quinquennal 2016-2020 : Priorité big data et production intelligente. Plan 2030 : Accélérer l'usage de l'IA. Plan made in China 2025 : accélérer l'automatisation : 70% robots, 30% systèmes intelligents et placer 2 entreprises chinoises au Top 5 mondial en robotique. Plan Internet+ (2017): fonds de 13Md€ dédié au numérique et la construction d'une filière IA.	Plan Internet+ plateforme gouvernementale de soutien à l'IA: fonds VC en IA de 140m€ géré par la CAS. Investissements publics chinois 2015 en IA en recherche: 185m€ « China Brain project » lancé en 2016 (fonctions cognitives du cerveau)	Nombreuses universités chinoises dispensent des cours et des programmes sur l'intelligence artificielle, plutôt de niveau master.	Via le plan Internet+ Difficultés du dispositif chinois de transfert public/privé.
 Japon	Super Smart Society 5.0 plan 2015: New Robot Strategy lancée par le METI 2016 : Lancement AI Center dans le cadre du Programme « next-generation AI technology » lancé par le MEXT. AIST centre de coopération et R&D sur l'IA (AIRC)	Augmentation budget de recherche en IA 250% de 2016 à 2017. 2015: Advanced 2015 Integrated Intelligence 57m€ AIRC: Platform Project: dont 3000 membres: 157m€	Les formations en IA et techniques associés sont réparties sur un groupe spécifique d'universités.	Exemple d'initiative: consortiums public/privé de 50 entreprises pour développer les usages de l'IA dans le médical.
 Corée du Sud	Centre R&D en IA = 800m€ lancé en 2016 Mai 2016 doc stratégique sur les sciences du cerveau. 2016: Stratégie des 7 grands industriels Coréens sur l'IA	Budget recherche IA 118 M USD sur un budget national R&D de 16,6 Md USD.	Formations sur quelques universités.	MSIP (IITP) favorise le transfert technologique entre instituts/universités et les PME.
 Allemagne	2013: Plan Industrie 4.0 2017 : Plan Cyber valley autour du deeplearning	DFKI centre de recherche en IA 870 employés, 680m€. Centre Max Planck. 200 thèses en IA en 2016	22 universités proposent des cursus spécifiques en IA. 80 chaires en IA en Allemagne.	Politique de transfert via la coopération des centres de recherche et doctorands.
 Royaume-Uni	IA fait partie du Digital Plan 2017 (dont budget pour l'IA £17 millions)	2015: création de l'Alan Turing Institute : 45m€ / 5ans	20 universités proposent des cursus spécifiques en IA, et une croissance en doctorats et chaire data science.	Actions spécifiques autour du digital plan 2017

gouvernements en danger, interdisent l'expression des préférences nationales, ou, simplement, propagent de « fausses nouvelles » que le nombre de « clics » transformera en vérité (le référencement sur Google devenant le critère de vérité ; s'ils sont des millions à le croire c'est que c'est vrai !). Et les « Révolutions Orange » ont été qualifiées de « révolutions Internet » en raison du rôle réel ou supposé des réseaux sociaux dans leur déclenchement et leur pilotage (Ukraine, Tunisie, etc.) au prix d'intéressantes complicités entre les GAFAs et l'administration démocrate. D'une manière ou d'une autre, l'ajout de l'IA aux réseaux sociaux et au big data renouvelle tout ce que nous croyons savoir sur la manipulation des foules et la démocratie soumise à l'émotion. De l'élection de Donald Trump à la fabrique de l'émotion en faveur de l'immigration de peuplement, les exemples se multiplient, à ce jour sans réponse identifiée.

L'idée d'un gouvernement par l'IA, c'est-à-dire par la compilation de données et l'intelligence des nombres, fait son chemin chez les apôtres de la démocratie planétaire – c'est-à-dire de la disparition de la liberté politique. Un système expert fondé sur des benchmarks mondiaux et des algorithmes « rationnels » gouvernerait tellement mieux qu'un gouvernement représentatif de la majorité des citoyens !

Pour ceux qui en douteraient, il faut lire les déclarations de certains dirigeants des GAFAs ou des Natu, ou de leurs collègues de la Silicon Valley, pour comprendre qu'une guerre est déjà déclarée. L'IA est le moyen d'unifier le monde dans leur intérêt. Sans bruit, sans mort, mais pas sans victimes. La République et la Nation seront-elles de celles-là ?

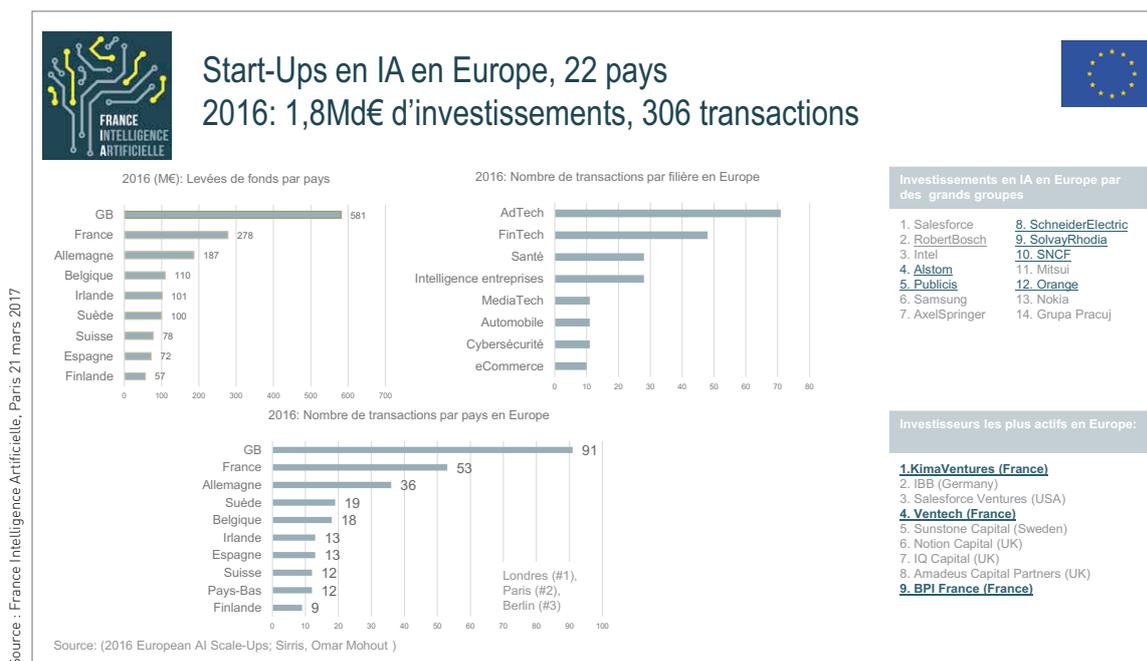
La prise de pouvoir qui vient

La conjugaison détonante du *big data*, de l'Internet des objets et de l'IA fait de la cybernétique autre chose qu'une technique ou qu'un système de relations ; un organisme vivant, qui se complexifie à mesure qu'il grandit. Cet organisme n'est pas sans logique, sans ordre ni force. Et, comme tout organisme vivant, il développe à la fois des pathologies et des immunités ; subit des agressions et invente des défenses. Bref, il s'adapte.

Voilà qui met en garde contre tout essentialisme. Comme le Web ou le cyber, l'IA peut aussi bien servir la sécurité intérieure que la menacer, aussi bien aider la liberté que servir une idéologie totalitaire.

Voilà qui impose une première prise de conscience. De quoi l'IA est-elle aujourd'hui le nom ? Qui parle quand quelqu'un parle au nom de l'IA ? Car il n'est rien dans l'IA qui n'y ait été placé, qui n'ait été choisi et qui ne soit voulu. Ce qui signifie qu'en dépit des mythes qui l'entourent, l'IA est bel et bien chargée d'intentionnalité. Que l'IA a des auteurs et qu'il importe de les connaître.

Le mythe le plus communément répandu est celui de l'autoconstruction des systèmes d'IA, et c'est celui de leur neutralité. Le vocabulaire n'aide pas au réalisme à ce sujet ; des mots comme « learning machines », « systèmes autoapprenants », etc., faussent le jugement et l'appréciation. Ils participent à la vieille supercherie qui veut que le marché, la monnaie, et désormais l'IA, procèdent de la nature et échappent ainsi à leur institution politique. En réalité, si les dispositifs d'IA, en effet, progressent au fur et à mesure des interactions, et notamment parce qu'ils engrangent toujours plus de données, et élaborent de manière croissante à partir d'elles, c'est seulement en étendant et en améliorant leur



dispositif initial, pas en le modifiant. L'IA ne reproduit pas le fonctionnement de l'esprit humain et ne prétend d'ailleurs pas le faire. Conformément à sa logique de système, l'IA ne dispose d'aucune liberté pour faire évoluer les modèles qu'elle applique. L'IA reproduit des éléments du fonctionnement de l'esprit humain qui ont été isolés, décomposés, rendus reproductibles et interconnectables. Si l'ordinateur reconnaît l'image d'une girafe, c'est parce que des hommes ont associé dans sa mémoire des éléments graphiques représentant une girafe au mot girafe. S'ils avaient voulu associer aux mêmes éléments le mot « ornithorynque », la girafe s'appellerait ornithorynque !

Il n'y a rien dans un système d'IA qui n'ait été choisi, organisé, par l'Homme – par ses concepteurs ; et ces choix comme cette organisation sont et seront rien moins que neutres. L'IA est porteuse d'une vision singulière du monde et de l'Homme, qui est la vision qui sert au développement de l'IA. Voilà qui incite à remonter au cœur nucléaire de l'IA ; l'algorithme. Voilà qui suggère d'aller plus loin dans la compréhension d'une sentence qui court ; l'algorithme n'exprime pas la loi. L'algorithme est la loi. Et voilà qui conduit à examiner avec une attention scrupuleuse ces règles de fonctionnement de nos sociétés et de nos relations humaines que, sans le savoir, sans le vouloir, sans en avoir débattu, nous abandonnons aux algorithmes. Et voilà qui conduit aussi à être attentif ; où en est l'expertise publique dans ce domaine, quelle est la capacité de l'Etat et des institutions à évaluer, à auditer, à arbitrer les incitations privées et les propositions qui en sont issues ? A cet égard, voir les agences, les commissions, voire les autorités indépendantes, chargées de décider de l'action publique et des budgets correspondants, majoritairement constituées d'acteurs privés, ne peut manquer d'être un point d'alarme, moins par les confusions d'intérêts inévitables qu'elles suscitent, que par le biais d'appréciation qu'elles comportent.

La seconde prise de conscience est que l'origine compte. L'IA ne vient pas de nulle part. Tout système d'IA est porteur des structures mentales de ceux qui l'ont élaboré et construit. Les cadres culturels, politiques, sociaux, dans lesquels sont conçus et déployés les outils de l'IA comptent. La langue de leur développement compte. Ils structurent cette écologie digitale dans laquelle d'aucuns voient le nouvel environnement humain à brève échéance. Et ces outils, tels que nous les connaissons aujourd'hui, ne sont pas d'origine européenne. Ils ne parlent pas français. Ils expriment une idéologie réductionniste et constructiviste de la réalité sociale. L'abondante promotion de l'IA en médecine est révélatrice d'une telle approche mécaniciste de la santé humaine, à rebours de la médecine chinoise comme de la « médecine de famille » européenne traditionnelle ; l'Homme y est conçu comme une série de pièces détachées qui peuvent être analysées, diagnostiquées et réparées indépendamment de leur environnement. Il s'y trouve réduit à une panoplie de composants matériels reproductibles, dans une expression achevée de l'individualisme systémique, matérialiste et mécaniciste, à rebours de la tradition holiste qui imprègne, par exemple, la médecine chinoise mais aussi la médecine européenne traditionnelle du « médecin de famille », espèce, il est vrai, en voie de disparition organisée, à rebours surtout des enseignements de l'écologie qui enseignent que tout être vivant est d'abord un faisceau de relations avec tous les autres êtres vivants.

L'analogie est transposable dans l'application de l'IA aux organisations et aux systèmes humains. Tout est conçu, analysé, décrit, comme si l'individu se réduisait à la somme de ses intérêts rationnels. Mais surtout, tout est construit et programmé comme si l'humanité se réduisait à la somme de ces individus et de leurs intérêts rationnels. Voilà en quoi l'IA est à la fois réductionniste et constructiviste ; rien moins qu'idéologiquement neutre. Voilà en quoi l'IA est une autre

expression de cette très ancienne certitude ; les idées mènent le monde, et une illustration de ce constat réaliste ; s'il est d'origine européenne, le milieu digital comme l'écosystème de l'IA ne sont pas aujourd'hui européens, mais d'abord américains, ensuite et partiellement chinois.

Et voilà un autre mythe qu'il faut affronter de face ! L'IA ne répond à aucune demande d'un utilisateur supposé qui rêverait que des systèmes experts aident sa vie. Qui a rencontré des avocats demandant à l'IA de rédiger les plaidoiries à leur place, des militaires demandant que l'IA établisse le scénario d'une intervention extérieure à leur place ? L'IA s'inscrit dans la logique d'un totalitarisme économique implicite qui veut que tout ce qui soit techniquement possible et financièrement rentable soit effectivement produit. La promotion de la « voiture sans chauffeur » est expressive d'un constructivisme qui n'hésite pas à aller contre les préférences explicites des clients au nom d'un progrès invoqué, mais peu consistant – au nom de l'intérêt de ses promoteurs, au nom aussi de cet impératif moderne ; si la technique sait le faire, il faut le faire. Pourquoi faut-il priver le conducteur du plaisir de conduire sa voiture alors même que la majorité de celles et ceux qui continuent à se déplacer en voiture disent apprécier d'abord le fait de conduire, ensuite la liberté qui leur est donnée de décider de leur itinéraire, de décider d'une halte ou d'un détour imprévus, bref, la conduite en tant que telle ? Pour qu'ils puissent travailler, consommer, pour qu'ils n'échappent pas à la publicité, bien entendu ! Pour qu'ils puissent passer davantage de temps connectés, derrière leur tablette, leur portable, du côté du virtuel ! Pour que le monde réel, sa gratuité, son abondance, sa beauté, cesse de concurrencer le monde virtuel, ses flux et ses péages ! Pourquoi des géants comme Publicis s'intéressent-ils autant à l'IA ?

Le conditionnement mental entrepris par les medias, sur la base de scénarii conçus et développés outre-Atlantique, où certes le rapport à la route est bien différent de ce qu'il peut être en Europe, bat son plein. Il faut que les populations acceptent l'idée de ne plus conduire, comme il faudra bientôt qu'elles acceptent l'idée que des systèmes intelligents décideront à leur place de ce qui est bon pour elles. Et se profile un effet prévisible du fondement le plus critique de l'économie classique ; le travail humain étant un facteur de production comme les autres, concurrent de tous les autres et échangeable avec tous les autres, il est à l'évidence promis à l'éviction, puisqu'il est le plus cher, le plus aléatoire et le moins conforme de tous – au moins, un système doté d'IA ne sortira jamais de la complaisance pour aider un client ou augmenter sa commission, et voilà pourquoi votre conseiller bancaire est appelé très vite à devenir un assistant virtuel, Watson ouvre la voie ! Un système de conduite fondé sur l'IA ne commettra jamais une infraction au code de la route, ne conduira jamais en état d'ivresse et n'aura jamais envie de dormir ; et voilà pourquoi l'interdiction faite aux êtres humains de conduire un véhicule à moteur est acquise – les assureurs et les apôtres du Bien s'en chargeront !

Identifier les biais culturels et idéologiques que peut comporter l'IA, être sensible aux intérêts particuliers que l'IA peut promouvoir, ne peut conduire à un repli frileux ou une défense stérile, mais à agir, investir et développer des outils qui servent une culture, un savoir-être, et l'intérêt national de la France. La France a quelques raisons de ne pas se résigner à une situation dans laquelle systèmes experts, outils d'IA comme moteurs de recherche obéissent à des modèles et servent des systèmes étrangers à la Nation, à la République et à la liberté politique. L'excellence des *data scientists*, des *start-uppers* et autres concepteurs français est reconnue, elle reflète l'excellence de l'école mathématique française et elle conduit les géants américains à faire leur marché en France, soit pour attirer les meilleurs de l'autre côté de l'Atlantique soit pour localiser des centres de recherche et de développement en France. Dans la mesure où ils travaillent sur une dimension de la puissance, celle du soft power, il est plus que pertinent de s'interroger ; de même que l'avancée française du Minitel s'est achevée dans un fiasco face à l'Internet, faut-il que l'excellence théorique française s'achève en déroute entrepreneuriale et idéologique ?

Le mot est lâché ; idéologie. Le troisième élément à prendre en compte vient de ce constructivisme politique et social auquel participe l'IA, et qui exprime bel et bien une idéologie – la plus dominante de toutes, celle qui affirme marquer la fin des idéologies, celle qui réunit si bien les élites de l'argent, des medias et du pouvoir qu'elle peut se déguiser en système de vérité et proclamer : « il n'y a pas d'alternative ». Il n'est pas sans conséquences politiques et sociales. De la même manière que les agences américaines et Hollywood ont maintes fois collaboré pour des scénarios de propagande – et que fort peu de films montrent les massacres de masse, les tortures et les exécutions arbitraires perpétrés par des militaires américains ou leurs alliés lors des conflits illégaux qu'ils ont provoqués (lire l'étonnante déposition du sénateur Rand Paul à ce sujet, le 21 juin 2017, American clearing House) – les algorithmes et les architectures de l'IA reflètent aujourd'hui les priorités américaines, les principes américains, et servent l'intérêt national américain. Pas par complot permanent entre Washington DC et les créateurs d'algorithmes ; parce que les Etats-Unis ont réalisé à ce jour l'écosystème le plus porteur et le plus attractif pour les acteurs du numérique, en particulier pour les aventuriers de l'IA. Voilà qui est clair. Et si la réalité ne colle pas avec le récit qui en est fait, pas de problèmes, la diffusion de masse du scénario établi, comme l'extension virale du dispositif d'IA adapté, vont créer une autre réalité, selon le scénario bien rôdé décrit par Karl Rove. Que seront les dispositifs que la Chine va déployer, fondés sur l'utilisation par l'IA du *big data* et des objets connectés ?

Quel est le scénario de l'IA, l'histoire qu'il raconte, l'algorithme idéologique qui sous-tend le système de croyance auquel il se réfère ? C'est l'individualisme systémique, en ce qu'il réduit la société et toute communauté humaine à une juxtaposition d'individus, et c'est le réductionnisme

analytique qui décompose chacun de ces individus en une série de couples stimulus-réponse, une série de propensions et d'inhibitions déterminant des conduites rationnelles, donc prévisibles et, plus encore, productibles.

D'un point de vue politique, et du point de vue de la souveraineté nationale, de la sûreté nationale et de ces composantes majeures que sont la sûreté morale, identitaire et sociétale, cette analyse est majeure.

D'abord, parce qu'elle confère à l'IA une dimension stratégique, effectivement et directement stratégique ; du pouvoir s'y joue et, pour le dire d'un mot, il ne sera pas indifférent que les outils d'IA utilisés en Europe viennent des USA, de Chine ou, pourquoi pas, de Russie – et s'ils venaient de France ?

Ensuite, parce que l'IA est constructiviste. Elle est moins le produit d'une réalité sociale, politique, environnementale, qu'elle n'entend produire la réalité sociale, politique et environnementale – c'est-à-dire les mots qui vont désigner cette réalité, les qualificatifs qui vont lui être associés, les relations qui vont être établies entre ses différents éléments. L'IA va fabriquer le monde qui lui va bien.

Il est facile de qualifier le modèle mental de l'IA de réducteur et de nominaliste. L'IA ne fait en ce sens que prolonger, amplifier et approfondir un mouvement de radicalisation du libéralisme de l'individu qui entre en conflit avec le sentiment religieux, avec la primauté du politique et, plus profondément, avec la liberté naturelle de l'esprit. Le paradoxe étant qu'il leur donne tout aussi bien des moyens inédits pour pénétrer les consciences, assurer l'autorité des pouvoirs et libérer l'esprit humain de contingences réductrices. Et prolonger le mouvement qui fait que la compétence est moins importante que le système, que la réalité d'un service ou d'une utilité compte moins que l'organisation et sa résilience, que la vérité est moins importante que les conventions passées entre les acteurs.

IA et démocratie, une affaire à suivre !

Voilà qui situe le conflit montant entre le monde du numérique, celui de l'IA, et le monde des Etats-Nations. Voilà aussi d'où vient la surprise ; les Etats-Unis ne sont pas à l'abri d'un mouvement qu'ils ont largement aidé à grandir. Généralement considérés comme un paradis pour les entrepreneurs, un pays dont la législation et la fiscalité se calquent sur l'intérêt des détenteurs du capital et des entreprises, il n'en est que plus étonnant de voir les Etats-Unis confrontés à la volonté de maints géants du Net d'en finir avec la notion même de pays, de Nation et d'Etat, certains évoquant la perspective de se localiser sur des plates-formes flottantes en mer, au-delà des eaux territoriales, pour échapper à toute loi et à tout impôt, sauf ceux qu'ils définiraient eux-mêmes.

Cette menace de sécession, largement diffusée depuis l'élection de Donald Trump, s'accorde d'une menace explicite ; les Etats devront négocier, parce qu'ils ne peuvent plus fonctionner sans nous ! Ils devront se plier à nos exigences, car ce que nous savons sur eux peut les détruire ; de Wikileaks aux Panama Papers, d'Assange à Snowden, c'est du politique qui est en jeu, les Etats font face à des armes de destruction massive en effet, et qui leur échappent. Qui gouverne quand une administration est gérée par l'IA ? Devinette ; quels sont les Etats européens, plutôt au sud, plutôt méditerranéens, qui vont faire l'objet des futures fuites compromettantes, justifiant au passage le gel d'avoirs russes ou moyen-orientaux ? Comment ne pas appliquer le même raisonnement aux sociétés privées qui, de *smart grids* en réseaux intelligents, acquièrent le contrôle de la distribution d'énergie, d'eau, d'alimentation, en attendant la mainmise sur la gestion des transports ? Quand les automatismes industriels, quand les systèmes de distribution d'énergie, d'eau, de transport, quand les villes, dépendront de quelques prestataires d'IA, quelle collectivité territoriale prétendra à une quelconque autonomie ? Quelle Nation pourra parler de souveraineté ? Ceux qui s'intéressent au sujet doivent relire l'histoire du naufrage du cloud français, ou comment les envoyés de puissances étrangères ont sciemment détruit la capacité des entreprises françaises de conserver leurs données en France, bénéficiant d'étranges complicités que l'histoire éclairera. Et ils devront s'interroger sur les attaques à venir sur les grandes « utilities » françaises, un domaine d'excellence jugé insupportable par ceux qui fondent leur rentabilité sur le sous-développement des infrastructures et l'insécurité sociale et physique dans les pays riches...

Au cœur de la prise de pouvoir qui se joue, la prise de conscience qu'entre l'idéologie de l'individu absolu qui habite le monde du web et de l'IA, et la démocratie, le fossé grandit. L'utopie libertaire des origines a cédé au plus froid réalisme. Ceux qui luttaient contre l'Etat pour arrêter la guerre au Vietnam le font pour ne pas payer d'impôt. Les nouveaux seigneurs de la Silicon Valley affichent les couleurs. La démocratie n'est pas compatible avec la liberté, entendez ; peuples et Nations empêchent les prédateurs de pousser jusqu'au bout le pillage des biens collectifs et des données privées. Il faut en finir avec les Etats-Nations, entendez ; il n'y a aucune raison pour que les quelques dizaines de héros modernes qui possèdent à eux seuls plus d'actifs que les quatre milliards d'êtres humains en bas de l'échelle soient soumis à l'impôt, à des normes et à des lois. L'innovation sauvera le monde ; entendez ; accélérer sur la pente qui a détruit le monde et menace la survie de l'humanité, et tout s'arrangera ! La France est une « start-up Nation », entendez ; que ceux qui n'ont pas levé leurs dix millions d'euros soient privés du droit de vote, ils ralentissent la marche ! Et, conséquence ultime du raisonnement, la technique doit mettre fin au politique – entendez ; aux libertés individuelles, à la solidarité nationale, aux identités et aux cultures comme nous les connaissons.

Partie de Californie, l'affirmation circule ouvertement ; « l'individu ne peut pas se réaliser pleinement dans une démocratie. » Autrement dit, le poids mort des « nouveaux analphabètes », de ceux qui n'ont pas fait du virtuel leur monde et de l'IA leur complice, est insupportable aux geeks. Chacun, et surtout les politiques, aurait tort de ne pas prendre l'affirmation au sérieux. Car le croisement du *big data* et de l'IA, entre autres, bouleverse quelques-uns des fondamentaux de nos sociétés – par exemple, l'assurance et ses mutualisations. L'IA nourrie par le *big data* permet de détricoter à peu près toutes les mutualisations collectives, en faisant de l'assurance une simple opération de prévoyance pour risque certain (la survénance dans le temps seule demeurant incertaine). Car l'équipement de compteurs intelligents à domicile et de capteurs recueillant toutes les données sur les modes de vie individuels permet d'en finir avec l'assurance maladie en la remplaçant par une opération de prévoyance sur les dépenses de santé certaines et de fin de vie inéluctables. Indicible en France, le croisement des données personnelles issues d'objets interconnectés et des diagnostics établis à partir des séquences de gènes pose la question ; pourquoi celles et ceux qui disposent d'un solide bagage génétique l'entretiennent par une bonne hygiène de vie ? Devraient-ils payer pour celles et ceux qui, moins bien dotés génétiquement, provoquent toute une série de maladies graves voire de handicaps en fumant, en buvant et en arrosant des piles de Mac Do avec des litres de Coca ?

Enfin, dans la prise de pouvoir d'intérêts privés sur ce qui était le domaine public. Le détournement des utopies anarchistes ou socialo-libertaires des origines est manifeste ; le Web devrait affranchir chacun de la morale, des lois, des dépendances sociales ; le numérique doit d'abord affranchir ses heureux bénéficiaires des impôts, des lois et de la solidarité nationale. L'interpénétration de l'Etat et des capitalistes des *start-up* est l'un des objectifs de ce qui peut s'apparenter à un coup d'Etat des nouvelles aristocraties ; que l'Etat renonce à développer une expertise qui lui soit propre, qu'il dépende des acteurs privés, que l'Etat soit au service des *start-up*... même et surtout quand elles sont les prédateurs des données privées, de l'espace public et des biens communs. Quand l'Etat en est réduit à miser sur le civisme de « serial entrepreneurs », la défiance devrait être la règle. L'exemple nous vient d'outre-Atlantique. Combien de fondations consacrent au bonheur de l'humanité des fonds habilement soustraits à l'impôt et à la solidarité nationale ? Pour l'amour de l'humanité, combien empoisonnent leurs voisins ?, disait l'humanisme de jadis ...

Sans conclure...

Le défi est de n'être ni dupe des effets de mode, ni naïf face aux intérêts privés et publics qui se cachent derrière l'idéologie numérique. Diriger à l'ère du numérique, c'est aussi diriger le numérique. Manager à l'ère de l'IA, c'est d'abord manager. Etre grand, et fort, et sûr dans l'âge de l'IA, c'est utiliser l'IA à sa sûreté, c'est faire de l'IA une composante de sa force et un élément de sa grandeur.

Dans ce domaine, le point de situation établi sans complaisance et les risques évalués, analysés et identifiés, la pire des situations est celle du combat de retardement. Pas seulement parce que tout ce qui est techniquement possible sera fait ; parce qu'un nouveau champ de puissance et de projection de puissance est là, et que ceux qui en sont absents ont déjà tort. L'abstention n'est pas une politique, en matière d'IA encore moins qu'ailleurs. La naïveté européenne conduit les administrations comme les entreprises à utiliser des outils américains, à laisser les données privées des Européens être hébergées sur des serveurs américains et à abandonner de fait la gouvernance du Net à l'*American Chamber of Commerce*. Comment qualifier la naïveté de ministres de l'Education, dans certains pays européens, qui conseillent comme sortie de classe... la visite des boutiques « Apple store » ? Comment qualifier la complicité de medias français dominants qui entérinent le développement de logiciels traquant les *fake news* – en un mot ; supprimant tout ce qui contredit le discours dominant américain ?

Le défi essentiel est celui de l'appropriation de l'IA comme outil de l'indépendance nationale et de la performance de la France dans le monde. Il est peu de doutes à ce sujet ; si les outils de l'IA ne sont pas conçus et écrits en français, le français poursuivra son éviction des cercles diplomatiques, de l'influence et de la pratique internationale. La première tâche est donc de diffuser la prise de conscience des enjeux, de favoriser l'appropriation des outils, d'inciter à la création et la conception.

Tout se poursuit avec « la fabrique du consentement » (Noam Chomsky) ; l'école française de la déconstruction a donné naissance au débat sur les « fake news » et à la prétention des réseaux et d'outils logiciels à déterminer la vérité. Les universités américaines sont pleines d'idées françaises devenues folles ! Pourquoi les idées françaises de 2020 ne seraient-elles pas les idées maîtresses de 2030 ? L'évidente nécessité de réaccorder le politique, l'économie et la technique offre une opportunité d'évidence à l'un des peuples les plus politiques du monde, celui où l'Etat a précédé la Nation.

Tout s'achève avec l'analyse, le refus des illusions, la lucidité froide des puissances en jeu. La capacité des réseaux et des systèmes à détruire des Etats ou des régimes jugés hostiles, en mobilisant des minorités revendicatives, actives et agressives contre les majorités nationales, n'a plus à être démontrée. C'est demain que l'Etat et la capacité des Français à décider de leurs mœurs et de leurs lois peuvent être attaqués et détruits ; le XXI^e siècle compte déjà bien des Etats faillis dont la faillite est d'abord l'effet d'attaques informationnelles et de manipulations des opinions et des émotions. La sécurité de l'Etat, plus encore la sécurité morale et psychologique des Français, sont en jeu. De sorte que la question indispensable est : qui a écrit l'algorithme ? Qui est propriétaire du *cloud* ou de l'hébergeur ? Qui peut acheter qui ? Et, *in fine*, qui a vraiment peur de qui ?

Voilà pourquoi il convient de considérer froidement les défis et les enjeux que pose la métamorphose numérique à l'ensemble des fonctions régaliennes et des missions d'autorité. La menace de disruption de nos systèmes sociaux, de nos organisations politiques et de notre citoyenneté se précise et devient visible. A la fin, il s'agit bien d'enjeux touchant à l'ordre public, à la sécurité morale et physique, à l'autorité de l'Etat et au respect de la loi.

Serons-nous gouvernés par les outils que nous prenons en main sans les évaluer ? L'enjeu d'expertise publique et d'indépendance à l'égard de tout intérêt privé est essentiel.

Assurer la sécurité morale, psychologique des populations autant que leur sécurité physique est un enjeu vital de la gouvernance et de la gestion du numérique. « No limit » est la formule criminelle du nouvel hybride entre la technique et la finance. « Il faut changer le monde » lui ouvre les esprits sidérés par la technique et déshabitués du réel.

Assurer la maîtrise des outils, anciens, nouveaux et futurs, par la formation et le partage d'expérience est essentiel. Le savoir libère, et le pouvoir des réseaux et du numérique est en proportion égale à l'ignorance qui les entoure.

La mutation de l'IA d'outils fonctionnels à des outils organisationnels, qui prennent en charge le fonctionnement des individus entre eux, qui dictent des comportements et des relations, met en jeu la gouvernabilité de nos sociétés et notre liberté politique. Les questions soulevées par ces techniques ne sont pas, ne sont plus techniques. Elles sont politiques, au sens le plus élevé ; celui de la capacité de nos sociétés à se conduire, celui de la France, à décider de son destin. ■

Du même auteur



JUVIN Hervé, *Le gouvernement du Désir*, Gallimard, 2016, 288 p.

Pour en savoir +

BECKOUCHE Pierre, « *La révolution numérique est-elle un tournant anthropologique ?* », *Le Débat*, n°193, 2017, pp. 153-166.

O'NEIL Cathy, *Weapons of math destruction*, Random House, 2016, 272 p.

SADIN Eric, *La siliconisation du monde*, L'Echappée, 2016, 256 p.

DE LA TRANSITION NUMÉRIQUE À LA TRANSITION INTELLIGENTE DANS LES GRANDES ENTREPRISES



Françoise MERCADAL DELASSALES

Administratrice du Cigref - Directrice générale



Kostantinos VOYIATZIS

Administrateur du Cigref - Directeur général Technologie et Systèmes d'Informations Stratégiques chez Edenred

Contexte : l'intelligence artificielle fait son entrée dans les grandes entreprises

Derrière cette notion qui s'est largement popularisée dans l'univers de la science-fiction, se cache une réalité de plus en plus prégnante. L'intelligence artificielle (IA) n'est pourtant pas une notion nouvelle, tant historiquement (sa date de naissance remonte à 1956) qu'économiquement. Elle est bien connue des entreprises et industries depuis quelques décennies déjà sous la forme de systèmes experts. Mais avec les récentes avancées en termes de recherche (notamment sur les réseaux de neurones ou *deep learning*) et la convergence entre l'augmentation de la puissance de calcul des systèmes disponibles, l'explosion des *big data* et le *Cloud Computing*, l'IA promet aujourd'hui de nombreuses avancées. Que cela soit en termes de traitements en temps réel des *big data*, de compréhension et d'analyse de l'environnement, ou encore d'apprentissage machine, l'IA a véritablement fait un bond en avant et recouvre aujourd'hui des fonctionnalités qui impacteront fortement les modèles d'affaires à venir. L'IA constitue un enjeu pour la compétitivité des entreprises de France, qui devront se positionner sur ce marché avant d'être totalement dépassées. En effet, aujourd'hui, l'IA attire de manière croissante l'intérêt des géants du web qui en sont les premiers investisseurs. La France possède des atouts inestimables dans les disciplines concernées par l'IA : mathématiques, informatique, algorithmique avancée. Elle a donc une place en or à se faire sur ce marché. C'est pourquoi le CIGREF a initié, avec le concours du Cabinet Alain Bensoussan Avocats, une réflexion sur l'impact de ces systèmes disruptifs sur les grandes entreprises dans son

Cercle Intelligence Artificielle, depuis 2015. Les objectifs du Cercle consistent à dresser un état de l'art sur les projets et applications présents ou en développement dans les entreprises mais aussi à construire une vision prospective d'ici à 2020/2030.

Une profonde révolution des usages

Pour les entreprises du Cercle IA du CIGREF, un consensus se dégage autour de l'idée que l'IA émergera naturellement du programme plus large de digitalisation de l'entreprise qui entraîne peu à peu une profonde révolution des usages. Les réflexions sur la gouvernance des données et leur valorisation sont toujours au premier plan dans les entreprises mais, dans la continuité de cela, se pose la question de l'IA et des agents intelligents. Nous avons constaté des niveaux de maturité très divers : pour certaines entreprises, l'IA rentre déjà dans une démarche stratégique et des actions sont d'ores et déjà prévues ou en cours au niveau du Comex, et pour d'autres, elle fait partie des axes de réflexions d'ici à 5 ans. Les entreprises ont bien conscience que l'IA est un sujet majeur. N'oublions pas qu'aux Etats-Unis et en Chine notamment, de nombreuses entreprises sont en avance sur ce sujet. Cela oblige les entreprises françaises et européennes à s'adapter et à relever des challenges de manière rapide et efficace.

Les entreprises partagent aujourd'hui des premiers cas d'usage très intéressants qui confirment que nous allons vers un monde où, de plus en plus, les clients auront affaire à des IA directement. Les premières expérimentations concernent notamment les *bots* et *chatbots* qui font pour l'instant de la réservation de salles de réunion ou peuvent

encore aider le client dans ses requêtes sur les moteurs de recherche. Certaines entreprises utilisent d'ores et déjà l'analyse d'émotions sur les réseaux sociaux (sur des *verbatim* parfois assez longues) et des *bots* pour faciliter les premiers contacts avec les clients et le traitement de dossiers après-vente. Il faudra peut-être même aller jusqu'à casser les logiques traditionnelles de contrat puisque l'IA serait capable, avec des règles de dérogations, de passer des contrats directement avec le client.

De nombreuses entreprises estiment aujourd'hui que les initiatives prises autour de l'IA concerneraient surtout le *backoffice*, car l'IA devra toujours être un soutien à l'Homme. L'atout majeur du déploiement de systèmes ou d'applications d'IA dans l'entreprise doit être un atout au profit des collaborateurs qui pourront se concentrer davantage sur les tâches à forte valeur ajoutée et ainsi améliorer la qualité de la relation (client ou en équipe) – tandis que les agents intelligents serviront à améliorer les process et le *backoffice*. D'où la notion d'empathie des IA, développée par l'équipe de prospective de Bernard Georges et Christelle Launois au sein de la Société Générale. Selon eux, il faudra introduire de l'empathie à la fois :

- Entre l'Homme et la machine, dans la mise en œuvre et l'accompagnement au changement : il est, en effet, crucial de favoriser une bonne compréhension des enjeux par les collaborateurs, en les intégrant le plus en amont possible aux réflexions qui ont lieu sur l'IA dans leurs départements, en écoutant leurs interrogations et leurs idées et en insistant sur le fait que l'IA doit rester et restera une aide qui doit servir de support à l'intelligence de l'Homme ;
- Mais aussi, dans la conception même de ces IA : il faudra que celles-ci soient empathiques dans le sens où elles devront être capables de comprendre et respecter les valeurs humaines et les règles de la société.

L'entreprise doit s'ouvrir

Pour réussir cette transition, il faut à tout prix que l'entreprise « s'ouvre », c'est-à-dire qu'elle multiplie ses points de contact avec les acteurs extérieurs. Selon Bernard Georges, responsable de la Prospective à la Société Générale et contributeur du Cercle IA, il faut alors fractaliser l'entreprise pour augmenter sa surface d'échange au contact de l'extérieur. Joël de Rosnay, dans une conférence donnée à Futuribles sur l'IA, affirmait que, pour faire face à ces transformations majeures qui ont cours depuis le développement des technologies numériques, les décideurs et managers doivent être comme des « surfeurs » (au sens « sportif » du terme) : cela signifie qu'ils sont toujours dans une forme de « déséquilibre contrôlé », tout en ayant une appréciation multidimensionnelle de leur environnement.

Si la transition intelligente ne parvient pas à s'opérer dans ces conditions et suffisamment tôt, le risque est de créer une fracture entre ceux qui pourront utiliser l'IA dans leur entreprise et ceux qui ne le pourront pas.

Se préparer et orienter sa stratégie

Dans le cadre des travaux du Cercle IA, un retour d'expérience particulièrement intéressant nous a permis de soulever le lien inextricable entre la recherche prospective et les enjeux stratégiques de l'entreprise autour de l'IA. Cécile Wendling, responsable de la Prospective chez Axa, a présenté les travaux de la Foresight Squad d'AXA, équipe chargée de sélectionner et d'analyser les innovations importantes, dont l'IA faisait partie en 2016. Grâce à leurs scénarii, ils apportent des outils d'analyse précieux à leurs Directions pour orienter la stratégie d'entreprise. Ils utilisent une méthode de scénarii morphologiques qui comprend trois étapes :

Source : France Intelligence Artificielle, Paris 21 mars 2017

FILIÈRES INDUSTRIELLES ET PRIORITÉS IA	ENTREPRISES
Aéronautique, Espace Développement de systèmes autonomes (avions, imagerie satellitaire), et leur circulation dans l'espace aérien et en orbite Automatisation de la production et de la maintenance des plateformes et systèmes. Conception de produits complexes assistée pour les bureaux d'études avec aide à la décision.	 Airbus Group Avions et hélicoptères à la demande. Airbus Smarter Fleet (avec IBM). Production: Robots humanoïdes (projet FUTURASSY avec Kawada). Inspection automatisée. Détection d'images satellitaires (avec Google, projet OneAtlas).  Thales : Cybersécurité. Circulation aérienne intelligente.  Aide à la décision. Dassault Systèmes de pilotage autonome pour avion de combat.
Banque, Assurance Recherche et analyse des clients approfondie (assistance conseillers). Systèmes anti-fraude	 Crédit mutuel : partenariat IBM Watson. BNPP : investissement dans Smartly.ai (Chatbots). Partenariat avec Critéo. SG : assistants conseillers. Axa : création d'un fonds pour la recherche finance des chercheurs qui travaillent sur l'IA et sur la confiance dans le Big Data
Energie, Environnement Surveillance de sites industriels. Villes intelligentes: exploitation des données clients avec capteurs intelligents (smart grid et IoT)	 aDF : développement de réseaux intelligents (smart grids). Voilà : récolte et tri de déchets intelligente (avec Huawei)
Distribution, luxe, tourisme (B2C) Aide à la recherche produit/service et à la décision des clients Placement produit multi-canal optimisés.	 L'Oréal : investissement en systèmes prédictifs et relation client. Accor : intégration moteurs IA, pour CRM et marketing avancé. Publicis : système Cyc pour aide à la décision.
Santé Développement de traitements plus efficaces. Exploitation de données santé clients adaptées.	 Sanofi : co-entreprise Onduo (avec Google) lutte contre la diabète. Traitement du cancer avec IBM (Watson). Accès à une base de données de 118m de patients FDA (US). Dassault Systèmes Optimisation processus de R&D (avec la société Ipsen dans le cadre du consortium BioIntelligence).
Transports Analyse clients. Développement de systèmes autonomes.	 Alstom : investissement navettes autonomes EasyMile. Renault/Valéo : développement de systèmes de conduite autonome. Investissement dans des capteurs intelligents (avec Chronocam). PSA : prototype de voiture autonome Picasso C4.
Télécoms et électronique Gestion et optimisation du réseau. Développement et traitement automatique de la relation client. Interfaces client (chatbots, box en connexion avec l'environnement).	 Orange : apprentissage automatique appliqué à la relation clients et centres d'appel. Bouygues : monétisation des données et systèmes anti-fraude. Nokia : augmentation des services de localisation, réseaux programmés et automatisés. Technicolor : applications vidéo. ST Microelectronics : contrôle qualité en production. Capteurs IoT. Gemalto

 **Autonomie**

 **Cyber-sécurité**

 **Prédictif client**

 **Santé**

 **Assistants**

(*) Source: Pages officielles des entreprises

- Tout d'abord, il s'agit de sélectionner des variables qui ont un impact sur l'émergence de l'IA : ces variables sont, par exemple, les compétences disponibles, les investissements, les emplois visés, l'influence des communautés scientifiques sur les politiques publiques, etc.
- Il faut, ensuite, décliner ces variables en hypothèses. Par exemple, quels seront les emplois touchés par l'IA : les emplois qualifiés, routiniers ou peu qualifiés ? voire tous les emplois, même les emplois créatifs et relationnels ?
- Enfin, il faudra combiner les différentes hypothèses pour former des scénarii élaborés.

Les scénarii qu'ils dégagent de leurs études permettront de mettre en place différentes stratégies, celles-ci étant évidemment propres à chaque entreprise.

En résumé

Il y a encore un an, les entreprises parlaient d'IA essentiellement sous l'angle des données. Aujourd'hui, elles raisonnent bien davantage en termes d'agents intelligents et de plateformes d'interaction. C'est une preuve que nous avons changé de paradigme et que les entreprises se préparent bel et bien à cette nouvelle révolution « intelligente ». Si l'IA fait partie intégrante de l'évolution des modèles d'affaires de l'entreprise numérique, elle doit aussi être pensée en amont pour être utilisée au mieux, au bénéfice de l'intelligence humaine, de l'empathie, de la collaboration. C'est en cela que la transition intelligente dépendra également de la manière dont le management s'adaptera aux nouveaux enjeux autour de l'IA – ce qui suppose d'anticiper le développement technologique mais aussi l'évolution des compétences, sans oublier tous les enjeux liés à la responsabilité juridique et éthique. ■

Pour en savoir +

CIGREF, « Gouvernance de l'Intelligence Artificielle dans les entreprises – enjeux managériaux, juridiques, éthiques », 2016, 67 p., <http://www.cigref.fr>

POURQUOI ET COMMENT ADAPTER NOS LOIS À L'IA ?



Etienne DROUARD

Avocat au Barreau de Paris, cabinet K&L Gates,
Intervenant à l'INHESJ

La régulation de l'intelligence artificielle (IA) en tant que telle, indépendamment de la régulation de ses domaines d'application, est à un stade embryonnaire – voire théorique.

Peut-être l'IA ne sera-t-elle pas régulée en tant que telle avant un long moment. Les hommes ont-ils d'ailleurs déjà régulé la méthode avec laquelle leur intelligence individuelle ou collective les amène à prendre des décisions ? Ou se sont-ils bornés à réguler la responsabilité qu'implique une décision prise ou une action ? Ces questions ne sont pas « seulement » philosophiques. Elles touchent à notre rapport à la prédiction, à la responsabilité, à notre culture du risque et au contrôle de nos destins, pour élaborer des modèles de décision et de prévision.

D'aucuns en appellent depuis une dizaine d'années déjà à une « *gouvernance des algorithmes* » pour réclamer de comprendre « comment ça marche » et en tirer des conséquences dans les domaines les plus divers : commerce, publicité, mobilité, transport, villes intelligentes, agriculture, environnement, santé, assurance, banque, éducation, fiscalité, sécurité, défense, etc.

Le plus souvent, il s'agit de savoir qui doit être désigné responsable d'une décision automatisée, les critères réunis pour la prendre, leur légitimité et celle de la décision automatisée elle-même. Dans l'histoire des communautés humaines, on échappe difficilement à ces questions dès lors que l'on crée un profit ou un préjudice. Les applications concrètes de l'IA n'y échapperont pas.

La méthode de régulation de l'IA est essentielle

On s'interroge assez peu sur la méthode de régulation, c'est-à-dire sur la manière dont « marche » l'esprit d'un juriste confronté à un tel phénomène nouveau et complexe, bouleversant à l'échelle mondiale de nombreux domaines de la vie sociale, économique et régaliennne. Il existe, certes, des précédents utiles, mais encore très peu de recul¹.

D'aucuns se souviendront des discours et des rapports des régulateurs qui, dès 1997, martelaient qu'« *Internet n'est pas une zone de non-droit* ». Ils avaient raison de nous rassurer sur leur capacité à tirer des leçons du passé pour écrire l'avenir. Certains d'entre eux ont d'ailleurs consacré les vingt dernières années de leur carrière à participer aux très nombreuses réglementations apparues pour adapter notre droit aux nouveaux défis de l'Internet.

Rétrospectivement, l'Internet n'était pas une zone de non-droit, mais le droit n'était pas non plus adapté à de nombreuses caractéristiques de l'Internet, démontrant ainsi la faible nuance – au-delà de la rhétorique et du temps d'adaptation nécessaire – qui distingue en pratique une zone de non-droit, de l'élaboration d'un droit nouveau. L'histoire récente de la régulation de l'Internet est ainsi traversée tout à la fois par des excès de peurs et des excès de confiance et, finalement, par une absence de méthode concertée de régulation, générant quasiment autant de textes que de questions d'actualité, quel que soit le domaine de régulation concerné d'ailleurs.

(1) Nous avons plus de 2 500 d'histoire du droit romain et des contrats, mais un demi-siècle de droit de l'informatique et à peine 20 ans de mondialisation massive des communications électroniques interpersonnelles et inter-machines.

A partir de ces deux grandes interrogations – « comment marche l'IA ? » et « comment marche un juriste ? » –, il devrait être possible de mettre à jour une certaine méthode de régulation de l'IA qui s'abstiendrait de soulever, par excès de précaution, des interdictions de principe ou sectorielles qui nous isoleraient et nous affaibliraient (partie 2 ci-dessous). Or, les réglementations françaises et européennes comportent des interdictions de principe adoptées de longue date et qu'il nous faut repenser dès à présent (partie 3 ci-dessous). Non pas pour laisser tout faire. Mais pour ne pas exclure de notre champ d'action ceux qui font l'innovation et la création de valeur.

La meilleure méthode possible de régulation utile et efficace de l'IA n'est donc pas un enjeu pour les juristes seulement – voire pas principalement. C'est d'abord un enjeu majeur de compétitivité.

IA et responsabilité : qui a intérêt à des réglementations sectorielles ?

Les interrogations légitimes de responsabilité liées à la prise de décisions automatisées se heurtent le plus souvent à des obstacles juridiques tirés du droit de la propriété intellectuelle, de la protection des secrets d'affaires, du savoir-faire ou du secret de la défense nationale.

Les investissements nécessaires pour lever ces obstacles légaux à la connaissance du fonctionnement des algorithmes décisionnels consistent à traverser les frontières, à se heurter aux lois et procédures souveraines d'un Etat étranger, à négocier la modification d'accords internationaux et à s'engager rapidement dans la diplomatie et les stratégies antagonistes des Etats et des régulateurs régionaux (Union européenne, Etats-Unis, APEC, etc.).

A défaut de pouvoir nourrir de manière fluide la curiosité des juristes, des régulateurs et, finalement, des citoyens, nous traversons, depuis une dizaine d'années, une période de recherche où deux tendances semblent se dégager. La première – dominante – travaille à l'adaptation de réglementations sectorielles (2.1). La seconde cherche à identifier plus directement les conditions d'un profit sociétal de l'IA et les moyens juridiques de le capter ou de le réguler (2.2).

Responsabilité et causalité de l'IA : réinventer le passé ne suffira pas

La quête des juristes passionnés de science juridique consiste à réinventer la théorie du lien de causalité, qui irrigue la plupart des mécanismes de responsabilité du droit dit romano-germanique, notamment du droit civil, commercial, pénal et administratif.

Cette recherche est nécessaire pour éclairer le besoin de modifier – ou non – des réglementations sectorielles dans lesquelles l'IA vient bousculer les schémas de responsabilité

traditionnels. Elle consiste à codifier le risque d'« erreur préférable » et à définir des arborescences de décision destinées à exonérer le moteur de décision automatisée – ou le « robot » – d'une responsabilité humaine... ou plutôt l'inverse : il s'agit, d'abord, d'exonérer une responsabilité humaine ou sociale pour la faire porter sur un robot.

Mais qui est alors responsable du robot ? Cette inversion de l'équation de responsabilité n'est pas fortuite : elle consiste à vouloir faire reposer sur un robot une responsabilité qui lui serait propre dans la prise d'une décision profitable ou préjudiciable. Cette responsabilité de la décision automatisée se distinguerait de celle des organismes qui financent des technologies de *machine learning*. Cette responsabilité « personnelle » du robot pourrait alors être habillée dans des mécanismes contractuels ou statutaires répandus dans les relations de droit privé ou de droit public.

Faudrait-il doter un robot de la personnalité juridique pour en faire un sujet de droit pouvant encourir une responsabilité ? Ceux qui répondent par l'affirmative déroulent déjà un chapelet de conséquences logiques. Un « robot » pourrait être doté de la personnalité morale ou constituer l'actif principal – voire exclusif – d'une personne morale de droit privé ou de droit public. On pourrait alors doter le robot-personne morale de couvertures d'assurance appropriées. On déplacerait ainsi l'appropriation du savoir-faire de l'IA du champ de la propriété intellectuelle, vers le champ du droit des sociétés et des assurances.

Nous n'aurions alors plus besoin du droit d'auteur pour réguler les techniques de *machine learning*, puisque c'est la décision produite par l'IA – et non la propriété intellectuelle des logiciels – qui déclencherait une création de valeur ou engagerait une responsabilité et enrichirait ou appauvrirait des actionnaires, en fonction du cours de la bourse et de la couverture du risque assuré.

Ces enjeux de responsabilité du robot ou de son actionnaire feront le miel et le cauchemar des régulateurs sectoriels. Toutefois, ces derniers ne traiteront « que » des conséquences de l'utilisation de l'IA dans un secteur donné,

- dans les transports, pour les véhicules sans chauffeur et la mobilité connectée,
- dans le domaine de la santé, pour les diagnostics, essais et recherches cliniques, génétiques et épidémiologiques,
- dans le domaine de la défense, notamment pour les dispositifs offensifs et défensifs sans opérateur humain,
- dans le domaine de la sécurité, pour la prévention des infractions les plus graves et du terrorisme,
- dans le domaine du commerce, de la communication et de la culture, pour la prédiction des comportements de consommation,
- dans le domaine de l'assurance, pour l'inclusion de l'ensemble des facteurs de risques, y compris ceux qui paraissent étrangers au risque assuré,
- etc.

Pourquoi dépasser les silos de régulations sectorielles ?

La tentation d'une régulation sectorielle de l'avènement sociétal de l'IA est forte, si l'on en juge par l'histoire récente de la régulation européenne et mondiale de l'Internet (point 1 ci-dessus). Cependant, une régulation en silos sectoriels ou juridiques risque d'être insuffisante, voire inefficace, pour deux raisons interdépendantes tenant, d'une part, aux acteurs concernés, d'autre part, aux enjeux de société soulevés par l'IA à moyen et long terme.

Les « usual suspects » de l'IA ont intérêt au ciblage sectoriel

La force et la faiblesse des régulations sectorielles tiennent à leur nature même : elles organisent les rapports de force antagonistes entre des acteurs économiques, sociaux et publics au sein d'un secteur d'activité ou d'un marché, ou à l'aune d'un objectif réglementaire précis.

Par exemple, les véhicules connectés d'aujourd'hui concentrent les convoitises des fournisseurs de services aux automobilistes et le protectionnisme des constructeurs automobiles. Ce secteur subit, aujourd'hui, l'intrusion d'acteurs nouveaux issus de l'analyse de données, qui investissent massivement dans l'IA et profitent des antagonismes historiques pour s'interposer entre le conducteur et sa consommation de mobilité.

Idem dans le secteur de l'agriculture, où producteurs et industriels s'affrontent pour revendiquer une propriété chimérique de leurs infrastructures logistiques et de production, pendant que l'analyse des marchés de production et de consommation, des données de mobilité et des facteurs météorologiques permet de peser sur l'ensemble de la chaîne de production, de transformation et de distribution.

Que dire de la santé, quand des millions de capteurs biométriques et le simple usage des moteurs de recherche et des médias numériques permettent déjà de développer une offre de diagnostics ciblés et rentables, sans besoin d'être médecin ni pharmacien et sans supporter les coûts d'une infrastructure de santé ?

On pourrait égrener ces exemples sectoriels à l'envi et convoquer, à chaque fois, les régulateurs sectoriels de la concurrence, des communications électroniques, des données personnelles et des politiques publiques – fiscales, sociales, environnementales, de santé publique, de sécurité, de défense, etc.

Ce faisant, on se priverait d'une observation capitale : les grands acteurs de l'IA et leur capacité de disruption sont souvent les mêmes ou de même nature d'un secteur à l'autre ; ils réalisent des investissements massifs sur la collecte et l'analyse de données et testent des modèles de rentabilité dans de nombreux domaines pour orienter leurs priorités stratégiques, en étant capables de mobiliser des

puissances de calcul énormes financées par un secteur, pour les appliquer ensuite à un autre, sans connexité apparente entre l'un et l'autre.

« Follow the money »

La moindre importance de la nationalité des cerveaux et des robots par rapport à celle des actionnaires est devenue une évidence. Elle conduit à penser autrement une méthode de régulation efficace qui devrait poursuivre deux objectifs combinés de compétitivité et de souveraineté, axés autour des cinq questions suivantes : d'où vient l'investissement, d'où viennent les données, qui profite de la décision automatisée, où va l'argent et où va l'impôt ?

Il est donc nécessaire de réguler l'IA avec une vision qui favorise les investissements locaux, arbitre les impacts sociétaux locaux, profite à une création de valeur locale et à une fiscalité locale. Ce *leitmotiv* du bénéfice local (français et européen) ne consiste pas à réguler localement. Il consiste, au contraire, à ne pas faire fuir l'investissement, les données, les profits, ni l'impôt. Il implique donc de favoriser une approche réglementaire coordonnée autour de la compétitivité et de la souveraineté, destinée à nous laisser une chance de participer à la course dans le peloton de tête.

Sinon... l'IA se développera, aussi vite en France et en Europe qu'ailleurs dans le monde, mais nos sociétés européennes seront les fournisseurs de matière première (les données) dont elles achèteront la transformation à des tiers, à l'égard desquels elles seront en situation de dépendance chronique.

Chacun peut observer que ce risque est avéré. Il est donc urgent d'infléchir nos réglementations pour qu'elles soient moins rétives à l'IA, lorsqu'elles prétendent, aujourd'hui encore, interdire des monopoles de services numériques par le droit de la concurrence ou la prise automatisée de décisions en matière de données personnelles (sic !), ou qu'elles taxent encore la valeur des services numériques selon le lieu de leur production – la Californie ou l'Irlande, par exemple – et non selon le lieu de captation des données qui les alimentent – chaque pays.

Réguler l'IA en comprenant l'économie politique de la donnée

Trois premiers piliers d'une régulation générale de l'IA peuvent être identifiés et leurs régulateurs mobilisés pour travailler de concert : la concurrence, les données personnelles et la fiscalité. A condition toutefois de leur imposer, par les textes qui les régissent, de s'interroger mutuellement et de partager leurs expertises et leurs investigations respectives.

Affronter le réel

Puisqu'il faut commencer par un début, force est de constater que l'IA suscite encore chez certains régulateurs

deux réactions inutiles et chronophages : le mensonge et la peur.

Le mensonge – par omission – consiste à affirmer que les réglementations actuelles permettent d'appréhender tous les enjeux de régulation soulevés par l'IA. Il s'agit alors de ne pas passer pour un acteur du passé et d'égrener méthodiquement, les uns après les autres, tous les poncifs liés à l'innovation, la compétitivité et les opportunités de croissance et d'emploi.

La peur – par anticipation – consiste à prévenir qu'il ne s'agira pas de choisir entre la régulation et l'IA, mais de dégager le meilleur point d'équilibre entre des gisements de productivité et d'efficacité et la nécessité de maintenir les principes qui fondent nos réglementations actuelles.

Une fois qu'on a dit cela, on n'a encore rien dit des adaptations qui seront nécessaires pour permettre à nos réglementations et à nos régulateurs d'être pertinents pour accompagner le développement de l'IA dans nos économies numérisées.

Il ne s'agit pas ici de faire le procès des régulateurs, mais de rechercher la méthode qui leur permettrait de remplir demain leurs missions sans cloisons intellectuelles ni institutionnelles. Ils devraient, pour ce faire, échanger davantage sur leurs réflexions respectives afin de soumettre au gouvernement une feuille de route décrivant les mesures indispensables pour adapter ou créer les réglementations nécessaires à la régulation transversale de l'IA.

Penser et agir à plusieurs pour réguler autrement

Concurrence, la technique de l'enquête

L'Autorité de la concurrence française étudie depuis de nombreux mois les enjeux soulevés par l'accès aux données pour l'application du droit de la concurrence. Ses premières réflexions approfondies sont le fruit d'une étude conjointe publiée, en mai 2016, avec son homologue allemand, le *Bundeskartellamt*².

Depuis lors, l'Autorité française a prolongé ses travaux en auditionnant et consultant l'ensemble des acteurs du secteur de la publicité sur l'Internet en France. Elle a ainsi pu constater leur très grande diversité, qui repousse les frontières habituelles d'une enquête sectorielle.

Cette enquête est d'autant plus complexe que la rencontre de l'offre et de la demande d'espaces publicitaires se concentre sur une grosse centaine de réseaux consanguins de transactions publicitaires, auxquels se connectent

des centaines de milliers d'entreprises du monde entier : annonceurs, agences médias, régies publicitaires, fournisseurs de données et sites diffuseurs de publicités. En moins de 10 millisecondes, on contracte automatiquement, plusieurs milliards de fois par jour, l'achat d'une « audience » déterminée selon les centres d'intérêts constatés ou calculés, propres à chaque ordinateur sur lequel une publicité sera affichée lors de la consultation d'une page Internet. Cette publicité sera plus ou moins personnalisée en fonction des données disponibles instantanément et du calcul de rentabilité qui en découle.

Or, la bourse de données comportementales que constituent ces réseaux publicitaires n'est pas le terrain d'une concurrence ouverte et équilibrée. Celui qui possède la plus grande puissance de calcul de pertinence et de rentabilité remporte la vente de son espace publicitaire. Songeons que les moteurs de recherche et les réseaux sociaux (au risque de caricaturer, Google et Facebook) détiennent ensemble, en 2017, 67 % du marché français de la publicité sur l'Internet, dont 96 % du marché français de la publicité sur les terminaux mobiles.

Il y a lieu de saluer cette démarche de compréhension des fonctionnements et des effets de l'IA appliquée à un secteur donné. De se réjouir aussi de cette coopération franco-allemande, qui a vocation à servir de laboratoire pour d'autres régulateurs de la concurrence. Force est de constater, cependant, que ces régulateurs nationaux ou régionaux de la concurrence n'ont pas de recours direct auprès d'un régulateur mondial – l'OMC? – alors que le « marché » de la donnée est mondial et que ses principaux acteurs sont partout puissants.

Avant d'espérer élever un jour ces débats intercontinentaux devant une organisation onusienne, on peut d'ores et déjà analyser la méthode locale. Le bât blesse, par exemple, quand l'Autorité de la concurrence interroge les entreprises sur le facteur réglementaire susceptible de façonner leur marché et leurs activités. Toutes ont répondu en 2017, quels que soient leurs antagonismes, leur puissance et leur nationalité : « *la protection des données personnelles* », bien avant le droit de la concurrence. Car elles savent que les correctifs du droit de la concurrence ne sont appelés au secours que lorsqu'il est déjà tard.

Données personnelles, entre gisement de valeur et opinion publique

La CNIL a ouvert, fin 2016, une large campagne de consultation citoyenne³ intitulée « *Ethique & Numérique, les algorithmes en débat* », touchant à de très nombreux domaines et en partenariat avec plus de 50 organismes : politique, santé, éducation, culture, droit, mobilité,

(2) <http://www.autoritedelaconcurrence.fr/doc/rapport-concurrence-donnees-vf-mai2016.pdf>

(3) <https://www.cnil.fr/fr/les-algorithmes-en-debat-derniers-evenements-au-programme-et-concertation-citoyenne>

transport, financement, défense et sécurité⁴. Cette démarche d'envergure mérite d'être saluée. Elle se concentre sur la nécessité d'introduire dans l'algorithmie des objectifs éthiques, sociétaux et réglementaires respectueux des libertés individuelles.

Mais comment inciter l'Autorité de la concurrence et la CNIL à réfléchir et agir véritablement de concert ? Derrière les discours d'estime mutuelle qu'on s'échange entre Présidents, les personnels de ces deux régulateurs connaissent encore très mal leurs expertises respectives et mènent des travaux parallèles à la recherche d'enjeux propres à chacun.

Cette carence de convergence des réflexions et des actions est parfaitement explicable. Au risque de forcer le trait, l'Autorité de la concurrence régule la liberté du commerce et de l'industrie ; la CNIL régule la protection de certaines libertés individuelles et publiques. On retrouve cette même distinction dans l'organisation des ministères et au sein de la Commission, du Parlement et du Conseil européens. Au sein du Parlement de Strasbourg, on sépare les commissions Marché Intérieur et Société de l'Information, pendant que la Commission « LIBE » (justice et droits fondamentaux) arbitre actuellement le projet de Règlement « ePrivacy », dont les enjeux de compétitivité et de souveraineté économique touchent très exactement aux rapports de force entre acteurs européens et américains, étudiés par l'Autorité de la concurrence française.

Fiscalité, le nerf de la guerre de la « data »

Que dire du maquis des conventions fiscales multilatérales et bilatérales qui reposent sur une assiette de l'impôt sur les sociétés, de la fiscalité des actifs immatériels et sur une territorialité de la TVA, qui font le siège d'une optimisation favorable aux *pure players* de l'Internet ? Là encore, les fiscalistes les plus chevronnés sont encore trop souvent désarmés par l'absence de territorialité claire des modes de production et de distribution des services reposant sur l'IA.

A défaut de disposer aujourd'hui d'acteurs locaux puissants en matière d'IA, il est indispensable d'employer le levier fiscal à la fois pour favoriser leur émergence et pour capter une partie de la valeur créée à partir des données collectées sur nos territoires par des acteurs extra-européens. Il ne s'agit pas de taxer l'innovation européenne, comme certains pourraient le craindre, ni de créer, dès à présent, un revenu universel de substitution de l'homme par le robot. Il s'agit, plus largement, de repenser la fiscalité des activités numériques pour réduire non seulement nos déficits de compétitivité, mais également les pertes de souveraineté économique qu'ils entraînent si rapidement.

L'exemple des méthodes dites « agiles »

Le cloisonnement des compétences ne saurait inspirer une politique globale de régulation économique de l'IA qui soit attractive pour la France et pour l'Union européenne. Favoriser les synergies entre régulateurs prendra du temps, il ne sera donc jamais trop tôt ni trop tard pour inciter ces derniers à travailler ensemble, en commençant par faire sauter quelques verrous réglementaires, plutôt que de construire des « lignes Maginot » sectorielles.

Les développeurs informatiques ont popularisé l'expression de « méthode agile », truffée de termes anglo-saxons, mais aussi de culture anglo-saxonne. Le « *test and learn* » (essayer et apprendre) et la capitalisation de l'échec en sont quelques marqueurs. Les régulateurs occidentaux, issus de cultures juridiques d'Europe continentale ou de common law, pourraient s'inspirer de ces méthodes agiles afin d'éviter de provoquer la fuite des ingénieurs et entrepreneurs d'avenir de leurs zones d'influence respectives.

Fin juillet 2017, l'homologue anglaise de la CNIL – l'ICO, ou Information Commissioner – a publié ses propres réflexions dans un rapport intitulé « *big data, artificial intelligence, machine learning and data protection*⁵ ». Elle y décrit assez précisément les souplesses d'interprétation laissées par la réglementation européenne actuelle et à venir⁶, qui rendent compatible, selon l'ICO, d'une part, l'exigence de traiter des données personnelles pour une finalité précise et, d'autre part, le pragmatisme qui préside à toute recherche de valeur fondée sur l'IA, qui est exploratoire par construction.

Trouver des alternatives aux interdits

La loi « Informatique & Libertés » prohibe les décisions automatisées

L'article 10 de la loi n°78-17 « Informatique & Libertés »⁷ date de son entrée en vigueur le 6 janvier 1978 et affirme encore aujourd'hui qu'« aucune décision de justice impliquant une appréciation sur le comportement d'une personne ne peut avoir pour fondement un traitement automatisé de données [...] destiné à évaluer certains aspects de sa personnalité » et qu'« aucune autre décision produisant des effets juridiques à l'égard d'une personne ne peut être prise sur le seul fondement d'un traitement automatisé de données destiné à définir le profil de l'intéressé ou à évaluer certains aspects de sa personnalité. »

Cette prohibition de principe des décisions automatisées est complétée par l'exigence d'une autorisation préalable de la CNIL en cas « d'interconnexion de fichiers ayant des finalités

(4) Le Centre de recherche de l'école des officiers de la gendarmerie nationale (CREOGN) a tenu le 26 septembre 2017, à l'École Militaire, un événement public en partenariat avec la CNIL, intitulé « Algorithmes prédictifs : quels enjeux éthiques et juridiques ? ».

(5) <https://ico.org.uk/media/for-organisations/documents/2013559/big-data-ai-ml-and-data-protection.pdf>

(6) Règlement Général sur la Protection des Données personnelles ou « RGPD » n° 2016/679/UE du 27 avril 2016 (JO du 4 mai 2016), <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0679&from=FR>

(7) <https://www.cnil.fr/loi/loi-78-17-du-6-janvier-1978-modifiee>

principales différentes » (article 25, 5°) ou lorsque des « *traitements automatisés [sont] susceptibles [...] d'exclure des personnes du bénéfice d'un droit, d'une prestation ou d'un contrat* ». Ces interdictions font écho aux affirmations de l'article 1er de cette loi, selon lesquelles « *l'informatique doit être au service de chaque citoyen* » et qu'elle « *ne doit porter atteinte ni à l'identité humaine, ni aux droits de l'homme, ni à la vie privée, ni aux libertés individuelles ou publiques* ».

De telles déclarations de principe peuvent paraître trop générales pour retenir l'attention. Elles ont cependant été renforcées par la *loi pour une République numérique* n° 2016-1321 du 7 octobre 2016, qui a ajouté que « *toute personne dispose du droit de décider et de contrôler les usages qui sont faits des données à caractère personnel la concernant, dans les conditions fixées par la présente loi* ».

Il ne s'agit pas d'être pour ou contre ces affirmations, mais d'envisager leurs conséquences juridiques et pratiques sur le développement de l'IA en France.

Conséquences juridiques et pratiques

Toute corrélation entre des données de nature à permettre l'individualisation d'un objet connecté ou d'un comportement d'une personne relève du champ des données personnelles, y compris lorsqu'aucune information identifiant cette personne n'est détenue par l'organisme qui établit une telle corrélation individualisante. Tel est le sens d'un arrêt du Conseil d'Etat du 8 février 2017⁸, venu conforter la doctrine de la CNIL et de ses homologues européens⁹ sur les notions d'anonymisation et de données personnelles.

En conséquence, tout dispositif informatique susceptible de corréler des traces ou des comportements se rapportant à un même individu ou à un terminal connecté (un smartphone, une voiture, un bracelet, un parcours) relève de la loi Informatique & Libertés et ne peut, en l'état, prétendre faire l'objet d'une anonymisation. D'autant moins que le juge de l'anonymisation est la CNIL, celle-ci n'ayant validé que deux projets portant sur l'anonymisation de données, après plus de deux années d'instruction approfondie pour chacun.

Cela signifie, en pratique, que la collecte en France de traces informatiques individualisées susceptibles d'être traitées par un dispositif d'IA est, dans la plupart des cas, soit interdite, soit soumise à une autorisation de la

CNIL. De surcroît, à défaut pour une entreprise ou une administration de savoir d'avance quels usages elle envisage de développer à partir d'un projet d'IA, elle sera incapable de soumettre à la CNIL la moindre description. Enfin, la CNIL a eu plusieurs fois l'occasion de préciser que la loi ne prévoit aucun régime d'expérimentation pour une durée limitée, tout en accordant, notamment dans le domaine de la santé ou de la protection sociale, des autorisations pour des périodes expérimentales de quelques mois à plusieurs années – on citera, à titre d'exemple, la longue histoire du développement de la carte Vitale jusqu'à sa généralisation.

Il est cependant à craindre qu'un tel cumul d'interdictions soit inefficace à long terme, conformément à l'adage « *tout ce qui est excessif est insignifiant* ». D'ores et déjà, nombreux sont les exemples d'expérimentations auxquels des entreprises ou des organismes publics ont dû renoncer ou qui les ont conduits à s'expatrier à l'étranger ou hors de l'Union européenne pour développer leurs projets d'IA, afin de mieux les commercialiser ensuite grâce à des fonds levés outre-Atlantique.

Jouer dans les bacs à sable

Il devrait être possible de laisser se développer des applications recourant à l'IA et de permettre à leurs concepteurs et investisseurs de rechercher les voies de la rentabilité les plus pertinentes, sans les interdire *a priori*, c'est-à-dire sans les pousser à se développer ailleurs et sans contrôle ni création de richesse locale.

Cette approche, dite « *sandbox* » (ou bac à sable), consisterait à tester ces projets d'IA pendant une durée adaptée qui permette aux entrepreneurs de conforter leurs modèles économiques et sociaux, et aux régulateurs de mieux comprendre les risques et opportunités qu'ils représentent.

Cela supposerait de ne pas tuer dans l'œuf les initiatives locales en matière d'IA et, pour ce faire, d'aménager les réglementations en vigueur pour intégrer une logique de test de conformité.

Si nous ne le faisons pas, d'autres le feront à notre place et nous vendrons demain des applications d'IA sur lesquelles nous n'aurons aucune prise économique ni réglementaire. ■

(8) <https://www.legifrance.gouv.fr/affichJuriAdmin.do?&idTexte=CETATEXT000034017907>

(9) http://ec.europa.eu/justice/data-protection/article-29/documentation/opinion-recommendation/files/2014/wp216_en.pdf

LE DROIT AU DÉFI DES ALGORITHMES



David FOREST

Cabinet David Forest Avocat, Avocat au Barreau de Paris ;
Docteur en droit privé, docteur en science politique, HDR ;
Chargé de cours aux universités Panthéon-Sorbonne et Paris Saclay

L'entreprise de numérisation du monde a mis en évidence l'algorithme, son cœur battant. Sa mise en œuvre conduit à interroger la légitimité de ses usages et de ses finalités. Sa régulation par le droit positif, loi et jurisprudence, est encore incertaine et hésitante. Elle peine, en effet, à appréhender ce nouvel objet qui impose aux lois existantes une manière de test de résistance. En retour, les algorithmes transforment certainement, mais insensiblement, à la manière d'un *soft power*, la conception des droits et libertés en imposant une normativité propre extra-légale.

Normativité et soft power algorithmiques

Les algorithmes sont le plus fréquemment décrits comme un procédé de surveillance et de contrôle ou plutôt de rétrocontrôle (*feed-back*). La « rationalité » numérique et singulièrement les algorithmes servent un modèle prédictif.

Ceux-ci réduisent toujours davantage l'incertitude des comportements en les structurant par des recommandations issues du traitement probabiliste de séries statistiques, et en reconfigurant en permanence l'environnement physique et informationnel des internautes. Il en est ainsi sur le site « Amazon » du système de prix « dynamiques » fixés en fonction des informations recueillies sur la navigation d'une personne sans qu'elle en soit informée. Ce même modèle prédictif est envisagé par les *legaltech* pour anticiper le raisonnement du juge¹, autrement dit son comportement.

En cela, l'algorithme est doté d'une force normative plus ou moins contraignante. Non pas au sens juridique à proprement parler mais à la manière d'un gouvernement des conduites tel que pensé par Michel Foucault. Le concept de « gouvernementalité », qu'il développe en 1978 dans son cours au Collège de France², s'entend d'un certain type de contrôle ou de pouvoir de l'État sur les populations, par exemple un type de surveillance, et de la « rationalité » propre à leur gouvernement. Les philosophes Antoinette Rouvroy et Thomas Berns ont mobilisé le concept foucauldien dès le début des années 2000 pour qualifier la « rationalité » numérique de « gouvernementalité algorithmique ». Le syntagme a fait florès depuis lors et inspiré largement le débat public sur la régulation des algorithmes. Pour autant, si la recommandation cherche à opérer une pression, elle ne détermine pas forcément ou complètement la décision. En effet, les résultats d'une requête hiérarchisent l'information mais l'utilisateur n'est pas contraint *in fine* de cliquer sur les premiers résultats³. En fait, les algorithmes orientent, influencent et persuadent par la séduction comme un *soft power*⁴, pour reprendre un concept des relations internationales, une puissance à la fois souple et indolore.

Favoriser, par la loi, l'effectivité de la décision humaine et la transparence

Logique d'enfermement, dans les « bulles de filtrage » ou « bulles informationnelles » notamment, et opacité d'un pouvoir automatique exercé à l'insu des intéressés sont

(1) France Intelligence Artificielle. Rapport de synthèse, mars 2017
(2) FOUCAULT Michel, Sécurité, Territoire, Population, Le Seuil, 2004
(3) SADIN Éric, La silicisation du monde, L'Échappée, 2016
(4) Concept proposé par Joseph Nye dans Bound to Lead, Basic Books, 1991

fréquemment associées aux algorithmes. La loi a tenté d'y répondre en deux temps.

En premier lieu, la loi sur l'Informatique, les fichiers et libertés du 6 janvier 1978 garantit déjà dans une certaine mesure le maintien de l'intervention humaine effective dans la prise de décision. On sait qu'une donnée personnelle est discriminante en soi dès lors qu'elle a pour fonction de singulariser une personne physique et de l'identifier sans doute possible. Le procédé algorithmique répond de manière optimale à cette définition tout en démultipliant le potentiel discriminatoire de la donnée. La loi Informatique et libertés accorde à toute personne physique le droit d'interroger le responsable d'un « traitement de données personnelles » en vue d'obtenir « les informations permettant de connaître et de contester la logique qui sous-tend le traitement automatisé en cas de décision prise sur le fondement de celui-ci et produisant des effets juridiques à l'égard de l'intéressé ». À ce titre, l'étude annuelle du Conseil d'État de 2014 sur « Le numérique et les droits fondamentaux » préconisait un « encadrement » spécifique des algorithmes pour garantir « l'intervention humaine effective ». Le primat de « l'intervention humaine » est réaffirmé par le Règlement européen sur la protection des données personnelles du 27 avril 2016 qui pose un principe selon lequel « La personne concernée a le droit de ne pas faire l'objet d'une décision fondée exclusivement sur un traitement automatisé ». Circonscrit par des exceptions, le principe est aussi vidé d'une réelle portée pratique par une lecture *a contrario*, qui rend légale une décision reposant pour une part prépondérante sur un algorithme. L'imprécision du texte peut donc être comprise comme une licence. Surtout, si la loi accorde des droits théoriques aux personnes concernées, ces dernières ont-elles effectivement le pouvoir de les exercer face à des acteurs qui, pour beaucoup, revendiquent la seule autorégulation ?

En second lieu et à la faveur de la loi pour une République numérique du 7 octobre 2016, le législateur français a pris en considération le « traitement algorithmique »⁵ qui associe une technique et des données. C'est le défaut de transparence et d'information, compris comme une asymétrie d'information, qui est principalement reproché aux algorithmes. L'étude annuelle du Conseil d'État avait ainsi exprimé le besoin de « transparence » et de « non-discrimination » entendu au sens économique. La loi répond à deux préoccupations majeures : protéger le consommateur, d'une part, assurer le respect d'une concurrence non faussée, d'autre part. Elle complète le code de la consommation en obligeant les « plateformes » à délivrer une information loyale, claire et transparente sur les conditions générales d'utilisation (CGU) du service d'intermédiation ainsi que sur les modalités de référencement, de classement et de déréférencement.

L'obligation de transparence concerne également les relations entre usagers et administration. Dès le 16 septembre 2016, un avis de la CADA (Commission d'accès aux documents administratifs) enjoignait au ministère de l'Éducation nationale de communiquer le code source de l'algorithme APB (admission post-bac). Cette obligation de transparence doit permettre d'en contester la logique et d'en vérifier la légitimité. La loi République numérique renforce cette position, et prévoit qu'une décision individuelle prise sur le fondement d'un traitement algorithmique doit comporter une mention explicite pour informer l'intéressé. Le décret du 17 mars 2017 pris en application de la loi cantonne toutefois cet impératif de transparence aux relations des citoyens avec l'administration.

Au cœur de la régulation : éthique et gouvernance

En dépit des avancées de la loi, c'est la voie de « l'éthique », notion relative, contingente et non contraignante, plutôt celle du droit positif, qui est avancée par des initiatives multiples sinon foisonnantes en vue de réguler les procédés algorithmiques.

À la suite du rapport du Conseil général de l'Économie (CGE), l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) s'est vu confier la mission d'établir les « normes » définissant un algorithme dit « loyal » entendu comme non-discriminatoire. Ce projet adopte la forme d'une plateforme collaborative scientifique « TransAlgo » créée afin de favoriser le développement de méthodes de tests d'algorithmes, et se consacrer aux « enjeux éthiques ». Les autorités administratives indépendantes se penchent dans le même temps sur la régulation des algorithmes. Tandis que le « Lab » du Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA) réfléchit sur « la mise en données du monde »⁶, la Commission nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) réunit des personnalités autour du thème « éthique et numérique ». C'est encore le rapport des groupes de travail de l'initiative gouvernementale « France Intelligence artificielle » qui, à de multiples reprises, appelle de ses vœux des « principes éthiques » (autonomie de la personne, bienveillance/non-malveillance, justice). La résolution du Parlement européen sur les règles de droit civil en matière de robotique adoptée le 16 février 2017⁷ concerne les algorithmes. Elle place l'éthique au cœur de la régulation en prévoyant notamment un « Code de conduite éthique pour les ingénieurs en robotiques ». Les « codes » et autres « chartes éthiques » sont une manifestation emblématique de la *soft law* ou droit souple, dénués de caractère contraignant *per se*. Le *leitmotiv* de l'éthique est celui de la Commission européenne et *mutatis mutandis* des politiques

(5) Décret du 14 mars 2017 relatif aux droits des personnes faisant l'objet de décisions individuelles prises sur le fondement d'un traitement algorithmique

(6) Résolution du Parlement européen concernant des règles de droit civil sur la robotique adoptée le 16 février 2017

(7) Les mutations de la mise à disposition des contenus audiovisuels à l'ère numérique : conséquences et enjeux, CSA Lab, 20 janvier 2017, 20 p.

du numérique en France qui réservent à la loi une fonction subsidiaire. Le plan national sur l'IA d'Axelle Lemaire en est une preuve renouvelée.

Alain Supiot a proposé de qualifier l'emprise algorithmique et l'effacement de la loi, de « gouvernance par les nombres »⁸. Le concept protéiforme de « gouvernance » renvoie à l'idée d'un bon gouvernement, au sens gestionnaire, de l'entreprise ou de toute autre forme d'organisation. En France, la loi sur la sécurité financière du 1er août 2003 – qualifiée de « SOX à la française » mais avec un périmètre plus large –, a tenté d'importer la « *corporate governance* » (gouvernement d'entreprise) qui accorde la plus large place aux *process* pour accroître la responsabilité des dirigeants en renforçant le contrôle interne. Les *process* s'entendent d'une série d'étapes en vue de parvenir à une solution ou résoudre un problème, de normes techniques qui tiennent lieu de normativité dans le registre de l'autorégulation. C'est pourquoi ils y occupent une place centrale.

Faut-il se satisfaire ou souhaiter la substitution des *process* managériaux aux normes verticales, transcendantes mais dont l'efficacité se dilue dans l'environnement numérique ? La question éminemment politique invite à un débat large, démocratique et éclairé, associant les hommes de loi à ceux de la technique. ■

Du même auteur



FOREST David, *L'essentiel du droit des logiciels*, Gualino, 2017, 144 p.

Pour en savoir +

FOUCAULT Michel, *Sécurité, Territoire, Population*, Seuil, 2004, 448 p.

SADIN Éric, *La Silicolonisation du monde*, L'Echappée, 2016, 256 p.

NYE Joseph, *Bound To Lead: The Changing Nature Of American Power*, Reprint, 1991, 336 p.

Décret n° 2017-330 du 14 mars 2017 relatif aux droits des personnes faisant l'objet de décisions individuelles prises sur le fondement d'un traitement algorithmique : <https://www.legifrance.gouv.fr>

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>

CSA Lab, *Les mutations de la mise à disposition des contenus audiovisuels à l'ère numérique : conséquences et enjeux*, 2017, 20 p., : <http://fr.calameo.com>

SUPIOT Alain, *La gouvernance par les nombres*, Fayard, 2015, 512 p.

(8) SUPPIOT Alain, *La gouvernance par les nombres*. Cours au Collège de France (2012-2014), Fayard, 2015

LES PRINCIPAUX ENJEUX JURIDIQUES DE L'IA



Julie LANGLOIS

Avocate, Département Propriété intellectuelle contentieux, Cabinet Lexing Alain Bensoussan Avocats

L'intelligence artificielle (IA), que certains identifient comme la prochaine révolution informatique, est de plus en plus performante et fait une irruption dans le monde de l'entreprise, au regard notamment des nombreuses applications qu'elle offre. Ce mouvement vers la transition intelligente impose aux entreprises de maximiser la création de valeur et d'optimiser la gestion des risques liés à cette nouvelle technologie.

L'IA est définie comme la « capacité d'une unité fonctionnelle à exécuter des fonctions généralement associées à l'intelligence humaine, telles que le raisonnement et l'apprentissage »¹. Il convient de distinguer l'IA de type « *advanced analytics* » qui exploite des données structurées et qualifiées, de l'IA qui exploite des données non structurées et non qualifiées, en autonomie par rapport à son utilisateur. C'est cette dernière qui suscite l'intérêt par sa capacité d'analyse de l'environnement, d'apprentissage et par sa subjectivité.

Il n'existe pas à ce jour de cadre légal ou réglementaire dédié à l'IA, tant à l'échelle nationale qu'internationale. En conséquence, de nombreuses initiatives en France, en Europe et à l'étranger ont été prises afin de déterminer si le droit existant était applicable à l'IA ou s'il convenait de mettre en place un régime juridique dédié.

A titre d'illustrations, en France :

- la cellule « veille et prospective » de l'Inria a publié un Livre blanc consacré à l'IA afin de donner une vision globale des problématiques engendrées ;
- le Cigref a publié avec le cabinet Alain Bensoussan Avocats, un Livre blanc sur la gouvernance de l'IA dans les



Marie SOULEZ

Avocate, titulaire de la mention de spécialisation en droit de la propriété intellectuelle, Directrice du département Propriété intellectuelle contentieux, Cabinet Lexing Alain Bensoussan Avocats

grandes entreprises en exposant les enjeux managériaux, juridiques et éthiques ;

- le Gouvernement a lancé, le 20 janvier 2017, la démarche France IA, composée de plusieurs groupes de travail, dont un orienté droit ;
- l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques a publié son rapport le 15 mars 2017.

En Grande-Bretagne, le rapport « *Robotics and artificial intelligence* » de la Chambre des communes² examine les opportunités et les barrières au développement de la robotique, des systèmes autonomes et de l'IA. Il recommande de préciser la stratégie du Gouvernement dans ce domaine.

Encore, dans une résolution législative contenant des recommandations à la Commission européenne sur les règles de droit civil sur la robotique et l'intelligence artificielle adoptée le 16 février 2017, les députés européens soutiennent qu'un projet législatif est urgent pour mettre en place des normes éthiques et clarifier les règles juridiques. La Commission se positionnera dans le mois à venir.

Enfin, aux Etats-Unis, le rapport « *Preparing for the future of AI* » d'octobre 2016³ recommande de développer une réglementation minimale et de la rattacher, lorsque cela est possible, à des schémas préexistants, comme dans l'industrie de l'automobile ou de l'aviation pour les véhicules autonomes.

Ces initiatives sont justifiées par les problématiques juridiques engendrées par cette technologie notamment celles de responsabilité et de propriété intellectuelle.

(1) Norme ISO 2382-28

(2) <https://www.publications.parliament.uk/pa/cm201617/cmselect/cmsctech/145/145.pdf>

(3) https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf

Responsabilité de l'IA

L'IA en tant que telle ne peut être tenue responsable de ses actes ou inactions en cas de dommages causés à des tiers. En effet, pour être responsable, à savoir tenu de répondre des dommages que l'on a causés à autrui et de les réparer, il convient d'être doté d'une personnalité juridique ainsi que d'une capacité de discernement suffisante. Seules peuvent bénéficier d'une personnalité juridique, les personnes physiques ou les personnes morales sous certaines conditions préalablement définies par la loi ; ce qui n'est pas encore le cas pour l'IA.

En attendant l'intervention du législateur, les systèmes classiques de responsabilité civile, délictuelle, contractuelle ou pénale sont susceptibles d'être mis en œuvre mais sont inadaptés à l'IA :

- la responsabilité pénale implique une personnalité juridique ;
- la responsabilité civile pose le critère « d'un fait quelconque de l'homme » or le robot ou l'IA n'est pas un homme ;
- la responsabilité du fait des choses, nécessitant une chose, le fait d'une chose et la garde de la chose, se confronte au fait que le robot ou l'IA n'est pas une chose, et pose la question de savoir qui est le gardien d'une IA ;
- la responsabilité du fait des produits défectueux ne peut s'appliquer dans la mesure où l'IA ou le robot ne sont pas des produits ou des biens meubles ;
- la responsabilité des commettants du fait des préposés, nécessitant notamment un lien de subordination, ne peut s'appliquer à l'IA agissant en toute autonomie par rapport à son utilisateur.

Par ailleurs, ces systèmes créent une asymétrie des responsabilités entre celle du fabricant de l'objet ou d'un robot physique (*hard*) intégrant une plateforme d'IA (*soft*) dont le fabricant est rarement le propriétaire et celle du développeur, éditeur de la plateforme. La responsabilité du fabricant du robot physique pourra être facilement engagée en cas de dommage, le *hard* et le *soft* formant un tout, un produit complexe. Dans cette hypothèse, la responsabilité de l'éditeur de la plateforme sera plus difficile à établir.

Les éditeurs de plateformes d'IA mettent souvent à la disposition de leurs clients un outil, l'utilisateur qui contribue au processus décisionnel demeurant contractuellement responsable du système d'apprentissage.

Protection des créations de l'IA par le droit de la propriété intellectuelle et active de l'entreprise

Les créations générées par une IA, sans intervention directe d'une personne physique dans le processus créatif du résultat considéré, risquent d'échapper à l'appropriation par le droit d'auteur.

En effet, l'article L 112-1 du Code de la propriété intellectuelle prévoit que les dispositions du présent code protègent les droits des auteurs sur toutes les œuvres de l'esprit, quels qu'en soient le genre, la forme d'expression, le mérite ou la destination. Une création bénéficie d'une protection par le droit d'auteur sous conditions qu'elle ait été créée par une personne physique et qu'elle soit originale à savoir : pour les œuvres traditionnelles, qu'elle porte l'empreinte de la personnalité de son auteur ; pour les logiciels, qu'elle résulte d'un effort technique personnalisé allant au-delà d'une logique automatique et contraignante.

Les œuvres assistées par ordinateur sont protégeables par le droit d'auteur, l'ordinateur appréhendé comme un outil n'étant pas exclusif de créativité humaine. La Cour d'appel de Paris a ainsi déjà jugé que l'œuvre assistée par ordinateur « peut être protégée par le droit d'auteur à conditions qu'apparaisse l'originalité voulue par le concepteur »⁴, soit l'empreinte de sa personnalité. De même, l'IA de type *advanced analytics* peut être appréhendée comme un outil de réalisation et non comme participant au processus créatif et l'œuvre assistée par IA pourra bénéficier, au profit de son auteur personne physique, d'une protection par le droit d'auteur.

En revanche, tel n'est pas le cas de l'œuvre réalisée de façon autonome par une IA bénéficiant d'une capacité d'analyse de l'environnement, d'apprentissage et de subjectivité. En effet, la condition d'originalité, indispensable à une création pour qu'elle soit protégée par le droit d'auteur, ne se retrouve pas, dès lors qu'elle est intimement liée à la créativité de l'homme. L'exclusion des créations générées par une IA autonome pourrait avoir un impact sur la valorisation des actifs immatériels et nécessiterait de s'interroger sur une stratégie de valorisation adéquate.

Le Rapport Delvaux⁵ « demande de définir des critères de « création intellectuelle propre » applicables aux œuvres protégeables par droit d'auteur créées par des ordinateurs ou des robots ». Cette recommandation n'a toutefois pas été retenue dans le rapport final adopté par le Parlement européen le 16 février 2017.

(4) Cour d'appel de Paris, 3 mai 2006, RG 05/03736

(5) Projet de rapport contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique du 31 mai 2016 (2015/2103 (INL)), dit Rapport Delvaux

Personnalité

Les projets juridiques sur les questions du régime juridique applicable à l'IA semblent pencher pour la reconnaissance de la personnalité juridique du robot, voire de la « personnalité électronique »⁶, statut proche de la personnalité morale, comme le préconise Alain Bensoussan⁷. Cela permettrait de mettre en place un régime de responsabilité objective, sans faute, concédant à l'utilisateur la possibilité de se retourner contre l'IA en question.

En pratique, Alain Bensoussan propose notamment que les robots disposent d'une identité par numéro, prenant pour modèle le système de numérotation de la sécurité sociale en France pour les hommes et les femmes, en attribuant le numéro « 3 » aux robots. La mise en place d'une assurance sécuriserait l'insertion de l'IA dans l'entreprise et un fonds de garantie dédommagerait pour les victimes des défauts d'une IA.

Accompagnement des cabinets d'avocats en matière d'IA

Les cabinets doivent pouvoir analyser la faisabilité technique et juridique des projets portant sur l'IA de leurs clients, mesurer les impacts de cette technologie au sein de l'entreprise et pouvoir les conseiller parfaitement en matière de propriété intellectuelle, ainsi qu'organiser contractuellement leur responsabilité et répondre aux questions éthiques des membres de l'entreprise.

En pratique, ces compétences se matérialisent par la capacité d'un cabinet à fournir une assistance juridique de pointe sur les projets d'IA et à les piloter, ainsi qu'à défendre les intérêts de ses clients en cas de contentieux. Proposer des conférences et formations à ses clients sur le sujet peut également permettre de mieux appréhender les enjeux juridiques des transformations au sein de l'entreprise. ■

Pour en savoir +

INRIA, « Intelligence artificielle : les défis actuels et l'action d'Inria », Livre Blanc n°1, 82 p. <https://www.google.fr>

CIGREF, « Gouvernance de l'Intelligence Artificielle dans les entreprises – enjeux managériaux, juridiques, éthiques », 2016, 67 p., <http://www.cigref.fr>

Gouvernement, Rapport de synthèse « France IA », 2017, <https://www.economie.gouv.fr>

Rapport de M. Claude DE GANAY, député et Mme Dominique GILLOT, sénatrice, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, n° 464 tome I (2016-2017), « Pour une intelligence artificielle maîtrisée, utile et démystifiée », 2017, <https://www.senat.fr>

IBA Global Employment Institute, « Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace », 2017, 120p., <https://www.google.fr/>

Projet de rapport contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique, (2015/2103 (INL)), 2016, <http://www.europarl.europa.eu>

(6) Résolution législative contenant des recommandations à la Commission sur les règles de droit civil sur la robotique et l'intelligence artificielle adoptée le 16 février 2017
 (7) BENSOUSSAN Alain et BENSOUSSAN Jérémie, « Droit des robots », éditions Larcier

L'EMPATHIE DES ROBOTS



Laurence DEVILLERS

Professeure à l'université Paris-Sorbonne,
chercheuse au Laboratoire d'informatique pour la mécanique
et les sciences de l'ingénieur (Limsi) du CNRS

Introduction

L'intelligence artificielle (IA) et la robotique sont au cœur des débats de société actuels. Entre les discours diabolisant et la science-fiction, le transhumanisme, courant philosophique qui prophétise l'augmentation de l'homme grâce à la robotique et l'IA, fait recette. Dans cette cacophonie, nous fantasmons : « J'ai un robot aspirateur, lorsqu'il s'arrête dans mon salon, que pense-t-il ? ». L'IA est une science, elle permet de simuler certaines capacités humaines mais pour autant les machines ne pensent pas.

Les robots de compagnie seront bientôt à notre service pour nous assister. La robotique sociale embarque de nombreux systèmes d'IA pour interagir avec les humains. Converser avec un robot ou un *chatbot* (comme Google home ou Alexa d'Amazon) qui semble nous comprendre n'est pas anodin. Pour faciliter nos échanges avec eux, ils seront de plus en plus conçus avec un langage émotionnel, ce domaine scientifique s'appelle l'informatique affective.

Il n'est pas besoin d'un robot à forme humaine, ni d'informatique affective pour que nous projetions des émotions et intentions sur des objets robotiques. Notre relation aux objets a toujours été naturellement empreinte de cette tendance, nous parlons à notre voiture, déplorons que l'ascenseur soit récalcitrant etc... Lorsque nous ne comprenons pas comment marche une chose, nous lui trouvons une ou des fonctions par intuition, (par exemple, un objet qui ressemble à une chaise nous invite à s'asseoir), cela s'appelle l'affordance. Suivant le même stratagème, nous personnifions les robots et nous leur prêtons naturellement des capacités et réactions humaines. Les agents et robots conversationnels munis de logiciels de plus en plus puissants grâce aux algorithmes d'apprentissage profond et aux grandes bases d'apprentissage (*big data*) semblent animés de vie et provoquent l'illusion de l'intelligence. Ils sont d'ailleurs programmés pour réagir en fonction de notre comportement. Pour autant, les robots ne pensent pas, n'ont

pas de conscience et ne ressentent pas d'émotions au sens du vivant. Mais l'IA nous entraîne vers l'animisme, la croyance que les objets ont un esprit comme toutes choses et êtres.

On s'attache aux objets parce qu'ils nous apportent quelque chose. Nos futurs compagnons pourraient avoir comme stratégie de trouver ce qui nous manque pour pouvoir le combler. Ces questions montrent l'importance de former la société aux atouts et risques des interactions humain-robot. En imaginant des solutions pragmatiques combinant avancées technologiques et réflexions philosophiques, *Des Robots et des Hommes: mythes, fantasmes et réalité*¹ a pour but d'expliquer, à partir des mythes et fantasmes face aux robots, l'IA des robots et de préparer demain en proposant que les futurs robots compagnons empathiques suivent des commandements éthiques.

L'éthique de ces machines affectives est un sujet important pour notre société. L'éthique se préoccupe tout autant de l'éthique des machines, c'est à dire du comportement moral et éthique des systèmes artificiels, que de l'éthique des humains pour guider la conception, la construction et l'utilisation des systèmes artificiellement intelligents. La transparence et l'explicabilité des décisions des systèmes artificiels sont des propriétés nécessaires pour construire des règles éthiques respectant le bien-être des citoyens.

Depuis des siècles, nous développons lentement des compétences sociales et des règlements pour trouver un équilibre entre la responsabilité et la liberté. Il est urgent d'anticiper la transformation inéluctable et rapide de la société par l'IA et la robotique et de se préoccuper de la gouvernance et régulation de ces technologies.

Robot empathique

Les machines douées d'empathie sont encore des sujets de recherche mais déjà 20 % des foyers américains ont adopté

(1) DEVILLERS Laurence, *Des robots et des hommes*, Plon, 2017, 288 p. 1

l'agent conversationnel Alexa d'Amazon. Un agent ou un robot est une machine qui acquiert des données dans le monde physique par l'intermédiaire de capteurs, interprète ces données acquises, calcule des décisions et les exécute par des actionneurs. Une machine conversationnelle est capable de reconnaître la parole, d'interpréter le message, de raisonner pour trouver une stratégie de réponse et enfin de générer et synthétiser cette réponse. Les futurs agents conversationnels et robots auront des capacités empathiques. L'empathie est un comportement social permettant de créer des relations avec les autres. En situation d'empathie, l'émotion que l'on ressent est similaire à l'émotion que vit autrui. C'est une sorte de projection d'une personne dans la situation de l'autre. Comment les machines peuvent-elles simuler des émotions et éveiller nos propres émotions ? Même si elles ne peuvent pas s'attacher à nous car elles ne ressentent rien, allons-nous nous attacher à elles ?

Le domaine de l'« *affective computing* » prend ses sources dans les travaux de Rosalind Picard au MIT² en 1997 et regroupe trois technologies : la reconnaissance des émotions des humains, le raisonnement et la prise de décision en utilisant ces informations et la génération d'expressions émotionnelles. Ce domaine est par essence pluridisciplinaire. Le problème scientifique n'est pas seulement de construire des robots qui simulent des émotions ou reconnaissent les nôtres mais également de créer des robots capables de s'insérer dans un processus dynamique d'interaction verbale avec l'humain fondé sur la base de l'expression affective et permettant de prédire nos intentions d'actions réciproques.

Les émotions sont une sorte d'interface entre le cerveau et le corps. Les émotions sont essentielles pour les êtres humains : elles sont indispensables à la survie. Elles donnent des signaux perceptibles dans le corps qu'un besoin est satisfait ou non. Les émotions ont été étudiées par un grand nombre de disciplines comme la psychologie, la médecine, la philosophie et, plus récemment, les neurosciences, les sciences cognitives et affectives. Le processus émotionnel se décompose en trois principaux aspects (Scherer, 1984)³ :

- L'évaluation de la signification des stimuli par l'organisme (aspect cognitif) ;
- La préparation aux niveaux physiologique et psychologique d'actions adaptées (aspect physiologique) ;
- La communication par l'organisme des états et des intentions de l'individu à son environnement social (aspect expressif).

Ces trois aspects, cognitif, physiologique et expressif sont généralement acceptés comme constituants du phénomène

émotionnel. Une émotion peut être considérée comme un phénomène empirique, dynamique, d'une certaine intensité qui se manifeste par des indices dans la voix, le visage, les gestes et par des changements physiologiques. Une émotion est donc associée à des sensations physiques, des représentations mentales et des réponses motrices spécifiques. Les technologies de l'imagerie cérébrale ont permis de révéler la continuité du processus qui commence par un stimulus, se poursuit par des réponses émotionnelles ainsi que des actions, et se conclut par la perception consciente que nous appelons sentiments. Le comportement émotionnel est un attribut nécessaire des relations sociales, ce qui fait de l'interprétation et de la reproduction d'émotions une capacité indispensable des robots intégrés dans le milieu des interactions sociales.

La robotique affective est un champ applicatif de la robotique de service. Traditionnellement, la robotique industrielle regroupe des tâches plutôt dangereuses, ennuyeuses, sales ou encore stupides, dénommées les 4D « *Dangerous, Dull, Dirty and Dumb* ». Les tâches de la robotique sociale et personnelle font références aux 4E « *Everyday, E-Health, Education, Entertainment* ».

Les robots sociaux seront présents pour nous accompagner au quotidien, pour surveiller notre santé, pour des tâches d'éducation ou de divertissement. Pour ces tâches, le robot social est vu comme un compagnon ou encore un assistant. Les robots compagnons nous permettront, par exemple, de rester le plus longtemps possible chez nous lorsque l'on vieillit.

En 2020, d'après l'INSEE, près de 10 % de la population aura plus de 75 ans et la charge des maladies dégénératives ira de pair avec le vieillissement de la population. La santé est sans doute le domaine qui va progresser le plus rapidement grâce à la révolution des données numériques des patients. Dans ce domaine, les patients sont souvent d'accord pour partager leurs données afin d'améliorer les technologies. A l'heure actuelle, Paro⁴ est le compagnon robotique thérapeutique le plus connu ! Paro crée une atmosphère reposante, stimule l'expression des sentiments, de la mémoire émotionnelle et des expériences du passé du patient. Il provoque des baisses d'anxiété, d'irritation, d'agressivité ou encore prévient la dépression et l'apathie. En ayant une action concrète sur les troubles du comportement, Paro est un levier positif sur les baisses de médicaments ce qui, finalement, devrait entraîner un gain économique. Une équipe de chercheur en Nouvelle-Zélande a également comparé l'interaction de personnes âgées avec un chien et le robot-phoque Paro et a montré que les deux interventions étaient bénéfiques pour les résidents d'une maison de retraite. Les robots de compagnie assurent une présence.

(2) PICARD R., *affective computing*, MIT Press, 1997.

(3) SCHERER K., *On the nature and function of emotion : A component process approach*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Londres, 1984.

(4) Développé par SHIBATA Takanori (Intelligent System Research Institute)

Développé dès 1993 pour les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer et troubles apparentés, le phoque robot a été tout d'abord commercialisé au Japon en 2005, puis aux Etats-Unis en 2009 où Paro est certifié robot thérapeutique par la FDA (*Food and Drug Administration*). Paro peut donc communiquer au patient des émotions telles que la joie ou la colère. Paro est un robot « socio-pédagogique » utilisé en atelier d'animation et en thérapie relationnelle individuelle pour les malades atteints de troubles du comportement et de la communication. Sa présence incite à l'expression et aux transferts des sentiments et dans certains cas, il permet la réminiscence des souvenirs. Il joue également un rôle d'objet transitionnel, rassure et calme les angoisses. Il est considéré comme un « jouet » au regard de la loi.

Les robots assistants et autres objets connectés vont également permettre aux médecins de collecter des données 24 heures sur 24. Dans les maladies dégénératives ou les soins à domicile, ces liens avec des machines pourraient devenir indispensables aux humains. Il y a aussi un risque important de confondre les robots avec des êtres vivants bien que l'utilisateur d'un robot sache qu'il s'agit bien d'une machine.

Co-évolution humain-machine

Nous créons des machines pour qu'elles s'adaptent à l'humain mais l'humain va lui aussi s'adapter à la machine. Les possibilités d'apprentissage des robots vont rapidement faire évoluer les relations que nous allons entretenir avec les machines. Plus nous pourrions modifier le comportement des machines en interagissant avec elles, plus nous allons nous y attacher. Plus les machines auront besoin de nous, plus notre engagement va être fort. Les humains vont projeter de plus en plus sur les robots des intentions humaines, on parle d'humanisation des robots.

La question est de savoir jusqu'à quel degré il faut s'inspirer d'un être humain pour concevoir un robot. La robotique de science-fiction a toujours été hantée par la confusion entre humains et robots. Il y a deux avantages aux robots humanoïdes : leur apparence anthropomorphique facilite l'interaction des humains avec les machines et ils peuvent vivre dans les maisons et utiliser les objets des humains. La construction des robots anthropomorphes (des humanoïdes) pose aussi un problème qui ne peut pas être laissé de côté : le phénomène de « la vallée dérangement ». S'inspirant de réflexions de Freud sur la notion d'inquiétante étrangeté, Masahiro Mori, roboticien japonais, fait l'hypothèse que, selon le degré de ressemblance avec l'humain, les conséquences seront contradictoires selon⁵. Au-delà d'une certaine ressemblance avec l'humain, une réaction psychologique émerge et conduit à considérer le robot non plus comme une machine merveilleuse

bien qu'imparfaite, mais comme un humain imparfait et monstrueux donc à rejeter⁶. Lorsque la ressemblance est trop proche mais n'est pas encore parfaite, le robot-androïde provoque alors une sorte d'aversion et de peur. Qu'est-ce qui nous fait peur dans les « êtres » étranges qui sont presque comme nous-mêmes ? Ce phénomène provoque une discussion importante au sujet de la relation avec les robots anthropomorphes. Pouvons-nous développer des sentiments vis à vis d'un robot ? Mon robot simule quand il me dit « je t'aime ». Il n'est pas capable de ressentir une émotion mais pourtant cela peut me toucher ! Je vais lui prêter des intentions, être compatissant et pouvoir m'y attacher émotionnellement.

L'interaction affective et sociale des humains avec des robots soulève plusieurs questions éthiques qui s'ajoutent aux questions générales de respect de la vie privée et de protection contre des actes malveillants. Les robots seront dotés d'une autonomie croissante dans leurs décisions. La confiance que l'on peut placer dans un robot, les possibilités et limites de celui-ci et du couple qu'il forme avec l'utilisateur sont autant de sujets importants. L'empathie artificielle fait débat : l'imitation du vivant peut amener, volontairement ou pas, à prêter encore plus aux machines des caractéristiques humaines. Dès lors, on peut imaginer des risques d'attachement trop fort et de rejet des humains. L'addiction aux robots et l'isolement des humains sont des comportements délétères pour lesquels il faudrait édicter des règles de contrôle. Le robot pourrait aussi monitorer les relations avec les patients.

Ces robots sociaux qui sont capables d'interactions affectives et empathiques avec les humains amènent à réfléchir à des règles éthiques, tout particulièrement pour des personnes vulnérables comme les personnes âgées ou les enfants : comment surveiller l'interaction avec ces systèmes ? Les connaissances apprises ? Le respect de l'intimité de la personne ? Faut-il prévoir des certifications en continu pendant l'utilisation de la machine ? Une réglementation juridique ? Quels sont les devoirs de ces machines ?

Ethique des machines « intelligentes »

L'éthique est une discipline philosophique portant sur les jugements de valeur, c'est une réflexion fondamentale à partir de laquelle la morale établit ses normes. Une distinction courante entre éthique et morale⁷ consiste à appeler morale un ensemble de règles liées à un individu ou un groupe social et à appeler éthique un ensemble de règles universelles. D'après le philosophe Paul Ricoeur⁸, « l'éthique est une discipline philosophique pratique (traitant

(5) MATHUR M. et REICHLING S., Navigating a Social World with Robot Partners, 2016

(6) DEVILLERS L. et MARIANI J., Des robots et des hommes, catalogue du musée des arts et métiers, Et l'homme créa le robot, 2012.

(7) COMTE SPONVILLE A., PUF, La philosophie, 2012

(8) RICOEUR P., Soi-même comme un autre, Points Essais 330, 1990.

des actions) et normative (qui formule des règles) visant à indiquer comment les êtres humains doivent se comporter, agir et être envers ce et ceux qui les entourent. L'éthique propose souvent des compromis afin de concilier règles morales, désirs et capacités ». Les règles morales servent à guider une action dans son contexte de vie quotidienne. Il faut également mener des réflexions éthiques sur les changements de culture et de valeurs engendrés par ces nouvelles technologies.

A l'heure actuelle, il y a une insuffisance des règles éthiques pour résoudre les problèmes liés à l'usage de l'apprentissage de la machine et une insuffisance de réflexion éthique sur les changements dans la société et l'arrivée des robots.

Les défis sont nombreux dans la perspective de machines apprenantes avec l'humain au centre de la prise de décision :

- la gestion et l'analyse éthique et responsable des données,
- l'explicabilité d'une prise de décision algorithmique,
- la robustesse au biais des données et aux biais des algorithmes.

Toutes ces pistes de travail devraient renforcer la confiance dans les services numériques issus de l'intelligence artificielle et de fait leur appropriation par les utilisateurs.

Il ne s'agit pas de construire des machines singeant l'homme, que l'on pourrait confondre avec un humain, mais des machines ayant des fonctionnalités utiles pour l'homme. Que ce soit un robot physique ou un bot⁹, ces systèmes informatiques intègrent des logiciels dotés d'intelligence capable de s'interfacer avec une ou plusieurs applications. Ils peuvent être très simples : par exemple, un bot qui propose d'ajouter un rendez-vous dans votre agenda lorsqu'il identifie une date dans un mail. Ils peuvent être aussi des assistants personnels, et sont capables d'interaction avec vous. Nous pourrions interagir en face à face avec des bots et robots dans notre quotidien mais aussi à distance. Ils peuvent également interagir entre eux comme l'explique cette fiction et partager des connaissances. La sécurité contre le piratage de ces machines est primordiale surtout pour des technologies qui ne sont pas embarquées sur le robot mais accessibles sur le *cloud*¹⁰.

Dans les prochaines années, les robots auront de plus en plus d'autonomie et devront prendre des décisions qui impactent les humains avec lesquels ils interagissent. Dans ce contexte, il est important que les concepteurs et utilisateurs se questionnent sur les règles éthiques à mettre en œuvre. Il est également nécessaire d'avoir des règles juridiques permettant de garantir le comportement éthique des systèmes.

Il est difficile techniquement d'attribuer aux robots des capacités morales et de juger de leur degré d'empathie, mais nous pouvons préconiser des règles de bonne conduite. Avec les avancées en IA, c'est maintenant possible, du moins dans une certaine mesure, de construire des robots éthiques. Ceux-ci devraient pouvoir être capables de choisir les tâches à effectuer en fonction de principes moraux. Un robot éthique pourrait ainsi refuser de faire une tâche ou pourrait choisir de faire une tâche plutôt qu'une autre en se fondant sur des raisonnements éthiques.

L'éthique a pris une place autonome dans la plupart des Etats modernes, intermédiaire entre le droit et la morale. L'innovation responsable est d'incorporer des règles éthiques et morales et des valeurs sociales dans le développement de ces technologies pendant le processus de conception. L'éthique est liée au bien-vivre ensemble, avec les valeurs qui nous animent et nous font agir concrètement, avec ce que l'on peut faire ensemble pour le mieux dans les circonstances données. On est donc sur un terrain distinct de la morale qui, pour sa part, relève davantage du devoir. Mais est-ce possible ? Le dilemme est alors d'arriver à créer une machine suffisamment intelligente pour avoir cette « conscience éthique ». De façon générale, quatre leviers sont importants dans cette réflexion sur l'éthique :

- *Eduquer* les ingénieurs, les chercheurs, mais aussi les journalistes, les politiques et, plus largement, le plus grand nombre à l'éthique des robots,
- *Expliciter des règles de bonne conduite* à coder sur le robot et rendre le robot capable de les apprendre en continu (ce qui est loin d'être simple),
- *Mettre en œuvre des outils* pour vérifier que le robot respecte les règles,
- *Avoir un ensemble de réglementations juridiques* en cas de non-respect des règles.

Dans la science-fiction des années 1930, le modèle de l'IA est celui de la créature de Frankenstein¹¹. Le père des récits de science-fiction robotique, Isaac Asimov¹², né en 1920 et décédé en 1992, était un visionnaire positif contre cette vision. Il considérait la robotique non pas comme une menace mais comme une innovation technologique prometteuse. Son œuvre complète présente un univers cohérent avec des règles que tous les robots doivent suivre: les trois lois de la robotique présentées dans le cycle des robots.

En 2016, il n'y a toujours pas de régulation internationale ou nationale, ni de règles éthiques appliquées par les roboticiens. Asimov est encore une référence pour les roboticiens, même si ses lois n'ont jamais été implémentées

(9) Un bot est un robot conversationnel, c'est à dire un programme permettant d'automatiser le dialogue avec le consommateur qui n'est pas un objet physique.

(10) Le « cloud » est un ensemble de serveurs qui hébergent et partagent les informations accessibles *via l'Internet*.

(11) Roman de SHELLEY Mary, publié en 1818

(12) ASIMOV Isaac, écrivain américain de science-fiction, 1920-1992

sur les robots dans des contextes réels. Les cadres éthique et réglementaire sont assez flous en France et en Europe, contrairement à la Corée du Sud qui a lancé un programme robotique dès les années 1970. En Corée du Sud, une charte éthique des robots a été rédigée en 2007. Elle est fortement inspirée des lois d'Asimov. Cette charte est composée de trois parties consacrées aux normes de fabrication, aux droits et aux devoirs des utilisateurs propriétaires-utilisateurs et aux droits et devoirs des robots. Asimov a également inspiré les travaux d'un groupe de plus de deux cents universitaires et industriels européens qui ont rédigé une convention sur la robotique¹³ en 2006. D'autres initiatives de chartes ont eu lieu, notamment aux Etats-Unis, mais, à ce jour, aucune de ces réflexions n'a abouti à une régulation¹⁴. Depuis peu, la commission des affaires juridiques européennes a décidé de mettre en place un groupe de travail sur la législation sur la robotique¹⁵.

La Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies (CERNA) du Numérique d'Allistène a rédigé un rapport sur l'éthique du chercheur en robotique¹⁶ et un rapport sur l'éthique et l'apprentissage machine¹⁷. Une initiative mondiale de la société savant IEEE sur l'éthique du design des machines autonomes intelligentes¹⁸, telles que les robots, a été également proposée en mars 2016. Elle regroupait au départ une centaine de leaders d'opinion pour identifier et aborder les problèmes éthiques et proposer des préconisations afin d'aider de façon pragmatique à la création de systèmes autonomes intelligents éthiques, telles que les drones, voitures autonomes, robots assistants, etc.

Nous sommes au début de cette aventure, les atouts et risques qu'apportent ces machines affectives doivent être étudiés en coévolution avec les humains. Il est nécessaire de prendre conscience de l'avancée réelle de ces technologies, d'évaluer l'impact sociétal et économique de leur utilisation et de refuser d'être gouvernés par des futurologues et des organisations non gouvernementales qui cherchent à être toujours plus influentes. Mais qui va décider ces règles ? Quelle sera la gouvernance ?

Conclusion

Avec l'IA, les robots, avec la connectivité généralisée des objets ainsi que des personnes, avec la miniaturisation des dispositifs et des capteurs, avec l'Internet, non seulement nous assistons à une augmentation du monde numérique, mais, plus fondamentalement à un mélange des mondes *in silico* et *in vivo*, et ce monde social complexe, mélangeant virtuel et vivant, est radicalement nouveau.

Nous allons vivre dans un environnement de plus en plus réactif et bavard qui peut donner lieu à une vaste cacophonie si nous n'y prenons pas garde. Les interactions humaines en seront également profondément affectées car ces distinctions floues, comme celles entre les humains et les artefacts, peuvent déstabiliser profondément nos sociétés. Une nouvelle science pluridisciplinaire sur l'étude et la modélisation du comportement des machines et de la co-évolution humain-machine est nécessaire, elle soulève des questions technologiques, éthiques, juridiques et sociétales. Cette réflexion doit être menée avec tous les acteurs du domaine, privé et public, au niveau international pour produire des normes et standards afin de concevoir des machines intelligentes éthiques. ■

Du même auteur



DEVILLERS Laurence, *Des robots et des hommes*, Plon, 2017, 288 p.

Pour en savoir +

Les trois lois de la robotique : <http://monot.jc.pagesperso-orange.fr>

PICARD R. W., "Affective Computing", *M.I.T Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report*, No. 321, 16 p, <http://affect.media.mit.edu>

MATHUR M., REICHLING S., *Navigating a Social World with Robot Partners*, 2016.

COMPTE-SPONVILLE André, *La Philosophie*, PUF, 2012, 128 p.

RICOEUR Paul, *Soi-même comme un autre*, Points, 2015, 448 p.

ASIMOV Isaac, *Les robots*, J'ai Lu, 1950, 284 p.

CERNA Allistène, *Rapport sur l'éthique du chercheur en robotique*, 2014, <http://cerna-ethics-allistene.org>

(13) www.euron.org

(14) <https://www.alain-bensoussan.com/wp-content/uploads/23934921.pdf>

(15) <http://www.europarl.europa.eu/news/fr/news-room/20150422STO43701/mady-delvaux-%C2%AB-je-suis-persuad%C3%A9-que-la-robotique-sera-une-r%C3%A9volution-%C2%BB>

(16) CERNA Allistène, *Rapport sur l'éthique du chercheur en robotique*, 2014

(17) LAROUSSE David, Faut-il avoir peur de l'intelligence artificielle? Supplément Idées dans le Monde du 2 juillet 2016.

(18) http://standards.ieee.org/news/2016/ieee_autonomous_systems.html

INTELLIGENCE DES DONNEES, VALEURS ET ETHIQUE



Nozha BOUJEMAA

Directrice de Recherche Inria,
Directrice de l'Institut Convergences « Data Intelligence, Values & Ethics »,
Responsable de « TransAlgo »

Contexte

A travers l'action des instituts convergences des programmes d'investissements d'avenir, le Commissariat général à l'investissement (CGI) et l'Agence nationale de la recherche (ANR) ont voulu structurer quelques centres rassemblant des forces scientifiques pluridisciplinaires de grande ampleur et de forte visibilité pour mieux répondre à des enjeux majeurs, à la croisée des défis sociétaux et économiques et des questionnements de la communauté scientifique. L'objectif est de décloisonner les disciplines avec un couplage fort entre la recherche, la formation et l'innovation. A l'issue de deux appels, dix Instituts Convergences ont été sélectionnés toutes disciplines confondues sur des sujets comme : Climat, Santé, Agriculture, Migration etc. I2DRIVE, l'Institut Interdisciplinaire en Sciences des Données : Intelligence, Valeurs et Ethique, rassemble 130 enseignants-chercheurs. Par l'ambition de son programme scientifique et l'ampleur de ses actions et de ses relations internationales, il a été identifié par le jury international comme le centre interdisciplinaire français des sciences des données et de l'intelligence artificielle (IA) avec ses interfaces à la fois avec les sciences humaines et sociales mais aussi les domaines applicatifs.

Vision d'I2DRIVE

Les données sont collectées et traitées dans tous les domaines de la vie privée et professionnelle. Dans les domaines du transport ou du tourisme, l'exploitation agile et intense des données permet d'ores et déjà de défier les entreprises leaders du XXI^e siècle. La recherche et l'innovation par les données ont permis le développement d'une économie entièrement nouvelle. Ces technologies et ces services intelligents ont déstabilisé beaucoup d'industries traditionnelles et bouleversent nos modes

de vie, le fonctionnement de nos organisations et notre modèle social entier. Si les modèles d'affaires fondés sur les données changent radicalement le paysage, ils font face à des défis scientifiques et technologiques majeurs (capter, stocker, traiter des données en croissance exponentielle) et soulèvent des questions sociales, juridiques et éthiques cruciales.

De la même façon que les données sont omniprésentes, les algorithmes de gestion et d'analyse de ces données deviennent de plus en plus présents et inhérents aux services numériques intelligents. Cette dualité entre les données et les algorithmes est très importante et nous la désignerons dans la suite par « les systèmes algorithmiques ». L'analyse des données évolue de la description du passé à l'analyse prédictive et prescriptive. Selon les pays, une vigilance s'est créée autour des données sensibles (vie privée) ou/et des algorithmes (contexte prescriptif). Des questions se posent alors sur la neutralité, l'équité, la non-discrimination, la loyauté, la sécurité et le biais de ces systèmes algorithmiques du fait de l'asymétrie informationnelle entre les producteurs de ces services numériques et leurs consommateurs, qu'ils soient citoyens ou professionnels (B2C ou B2B). Ainsi la transparence, la redevabilité et l'explicabilité des systèmes algorithmes deviennent des propriétés critiques. La transformation numérique fondée sur les sciences des données et sur l'IA présente des *verrous scientifiques, technologiques, juridiques, économiques et éthiques totalement interdépendants* dans le contexte actuel.

L'**objectif d'I2DRIVE** est de répondre à ces défis et interrogations en faisant progresser de manière concertée : i) l'état de l'art en sciences des données préparant l'émergence des services d'IA innovants (des algorithmes aux preuves de concepts) ; ii) la jonction des sciences humaines et de la révolution numérique. Cet objectif sera décliné selon quatre dimensions : **consolider la visibilité internationale**

et l'expertise de la communauté de science des données de Saclay par l'accueil de personnalités scientifiques majeures ; **organiser des défis pluridisciplinaires fondamentaux** pour permettre aux différentes disciplines concernées de s'emparer d'une question en prenant en compte l'ensemble de ses dimensions et impacts ; renforcer le **dialogue entre la communauté académique et la communauté industrielle** ; et enfin, **disséminer cette vision et l'expertise pluridisciplinaire** acquise dans le cadre de nouveaux cursus de formation initiale ou continue destinés aux étudiants, aux ingénieurs et aux chercheurs pour la formation de la prochaine génération des « *data scientists* ».

L'Université Paris-Saclay réunit des experts du meilleur niveau international dans les diverses disciplines : mathématiques, sciences informatiques, économie et gestion, sciences humaines et sociales. Cette richesse disciplinaire constitue une opportunité sans égale en France pour lancer un Institut Convergences couvrant tout le spectre des sciences des données et de l'IA ainsi que les enjeux sociétaux. Le consortium d'I2DRIVE rassemble des **Universités** (Universités Paris-Sud, Versailles, Saint-Quentin-en-Yvelines et Evry Val d'Essonne), des **Instituts de recherche nationaux** (CEA, CNRS, INRA, INRIA) et des **Grandes Ecoles** (CentraleSupélec, École Polytechnique, ENSAE, HEC, Institut Mines-Telecom). Les travaux seront lancés à la rentrée 2017.

Programme scientifique

La programmation s'appuie sur trois piliers : des socles disciplinaires forts, des défis interdisciplinaires et des domaines applicatifs à fort impact socio-économique.

Socles disciplinaires

Statistique, science des données et théorie de la décision. Les chaînes de traitement de données, construites sur des outils de statistiques et d'informatique, évoluent rapidement pour absorber la croissance et l'évolution des données, qui vont des signaux bruts aux données complexes (langage naturel, vidéo) et interconnectées (réseaux sociaux). Des progrès algorithmiques et statistiques sont nécessaires à de nombreux niveaux : le stockage, l'indexation, la compression, le contrôle de convergence, la visualisation et l'intégration aux corpus de connaissances. Les partenaires académiques et industriels ont également besoin d'outils logiciels correspondants de qualité.

Stratégie, gestion et économie. La révolution numérique demande aux responsables de reconsidérer les modèles de production de valeur et de prendre en compte le phénomène de prise de pouvoir par les consommateurs. Elle demande aux employés d'être éduqués numériquement, en mesure de concevoir et de mettre en œuvre des innovations. En parallèle, l'économie des plateformes soulève de nouveaux

défis concernant la mesure de la valeur des données personnelles, la loyauté des plateformes aux mains d'oligopoles et l'émergence de données ouvertes.

Sciences sociales. L'ère numérique apporte aux sciences sociales des informations précieuses, allant des changements sociétaux aux risques pour la santé publique, de la croissance économique à la vulnérabilité sociale. D'une part, de telles perspectives demandent des réponses institutionnelles. D'autre part, une telle promesse est accompagnée de défis majeurs : établir la validité statistique des modèles, fournir des interprétations de ces phénomènes et évaluer leur nature causale.

Droit. Les problèmes éthiques et légaux du monde des systèmes algorithmiques doivent être abordés avec des méthodologies efficaces, en incluant la préservation du patrimoine d'information, la conception et la mise en œuvre technique des lois à travers des procédures de vérification opérationnelles, *e.g.*, pour le respect de la vie privée. Un premier jalon concerne la conception de méthodologies de régulation en coopération étroite avec les autorités concernées (CNIL, CERNA).

Défis interdisciplinaires

A partir des bases scientifiques ci-dessus, le projet I2DRIVE s'articule autour de quatre défis globaux.

Des données à la connaissance, des données à la décision. La disponibilité croissante de données massives repousse les frontières techniques dans de nombreux champs. D'une part, la nature hétérogène, semi-structurée, incomplète ou incertaine des données remet en cause les modèles statistiques usuels ainsi que les algorithmes dédiés à la décision. D'autre part, la gestion des données soulève de nouvelles contraintes d'opérabilité telles que la sécurité, l'intégrité et la traçabilité. En outre, produire de la connaissance nécessite de construire des modèles qui fournissent des décisions explicables, statistiquement valides et calculables. L'acceptation des résultats requiert aussi que la confidentialité et la loyauté soient renforcées. En parallèle, de nouveaux développements en optimisation doivent permettre d'améliorer les procédures d'estimation.

De l'Apprentissage Profond à l'IA. Récemment, la recherche en apprentissage profond a réalisé des avancées spectaculaires en vision par ordinateur et en traitement du langage naturel. Au-delà de l'arrivée des données massives, de l'accroissement de la puissance de calcul et des efforts de conception, les causes de ces progrès, encore mal connues, soulèvent au moins trois questions : i) quelle théorie de l'apprentissage permettra d'analyser les architectures profondes ? ii) comment gérer la compositionnalité de ces architectures et leur capacité à appréhender des objets plus complexes ? iii) comment ouvrir la *boîte noire* pour mettre à jour les représentations apprises ?

Confiance numérique et appropriation. La confiance numérique s'instaure à partir i) de l'implantation de méthodologies éthiquement responsables à travers la transparence et la redevabilité des systèmes algorithmiques ; ii) de la régulation de la collecte, de l'usage et du traitement de données personnelles ; iii) du renforcement de la régulation au travers de procédures numériques appropriées. La *confidentialité par conception* est une forme de régulation qui inclut la protection des données personnelles dans toutes les étapes de la collecte et du traitement. Le traçage des outils appliqués aux données doit également être développé de manière à faciliter l'explication du modèle pour les experts comme pour les utilisateurs rendant les systèmes algorithmes auditables. Les principes de confidentialité, bien que faciles à formuler, nécessitent de modifier les infrastructures de stockage et de traitement, avec d'importants impacts législatifs, sociologiques et économiques. Les techniques de transparence des systèmes algorithmiques seront développées en se focalisant sur : l'équité, la loyauté, la non-discrimination et la redevabilité-par-construction.

Economie de la donnée et régulation. Les entreprises impliquées dans l'économie de la donnée ont continuellement besoin de repenser leur structuration : elles doivent adopter une organisation orientée-projet avec des changements rapides dans l'allocation de ressources. L'économie de la donnée soulève aussi des problèmes de concentration et de monopole. Un petit nombre d'entreprises (GAFAM) détiennent la plupart des données. Cette concentration de marché peut conduire à une compétition déloyale dont l'innovation dans les petites et moyennes entreprises risque de pâtir. Les citoyens attendent des gouvernements qu'ils interviennent dans l'économie digitale pour éviter trop de concentration et de monopole. Les gouvernements doivent empêcher la fuite des informations pour préserver la souveraineté des Etats et le respect des régulations.

Domaines d'applications

Afin de favoriser le transfert des résultats obtenus au sein d'I2DRIVE, mais aussi d'identifier de nouveaux enjeux scientifiques, plusieurs domaines d'applications ont été sélectionnés au travers de partenariats privilégiés avec le monde socio-économique.

Politique énergétique. Dans le cadre d'I2DRIVE, trois orientations principales ont été retenues : les questions relatives à l'ajustement entre production et demande, la prise de décision optimale en présence d'aléas et la gestion de la relation clientèle. Ce dernier enjeu soulève notamment des questions légales mais aussi sociologiques. Par exemple, « Comment peut-on utiliser les données personnelles pour optimiser la demande sans violer les règles relatives à la vie privée ? » ou « Comment la diffusion d'informations peut aider la régulation de la consommation ? ».

Santé, alimentation et bien-être. Les données de santé constituent d'ores et déjà un élément important de la médecine 2.0, qui doit être accompagné en fonction des spécificités de ces données. L'apport des informations provenant des objets du quotidien (Internet des Objets, consommation etc.) mises en relation avec ces données de santé personnelles ouvre la voie à une amélioration de la santé par la médecine préventive. I2DRIVE s'intéressera aussi à la modélisation, orientée données, des relations entre le régime alimentaire et le bien-être, afin d'ajuster les recommandations pour les personnes à risque. A nouveau, le compromis entre modélisation individualisée, respect de la vie privée et acceptation de la suggestion personnalisée est un enjeu majeur.

«Business analytics». Beaucoup d'entreprises ont investi dans la collecte et le stockage de données mais n'arrivent pas à exploiter ces données pour prendre de meilleures décisions et produire de la valeur. D'une part, les outils d'analyse ne sont pas encore suffisamment au service de cette utilisation. D'autre part, il faut développer de nouveaux cadres d'analyse, basés sur nos connaissances de l'individu et de la société, pour mieux interroger ces bases données.

Réseaux des personnes et des objets. Les réseaux sociaux sont des réseaux d'influence et de production de valeur. Si la plupart des messages sont actuellement produits par les utilisateurs, des capteurs commencent à produire un flux d'information supplémentaire et continu. Une nouvelle forme de communication et d'échange d'informations est donc en train de naître et il est essentiel de comprendre comment nos comportements et les interactions sociales sont influencés. Pour cela, il faut développer de nouvelles méthodologies permettant une analyse adéquate des différents impacts liés à ces évolutions.

E-Science. Le recours de plus en plus systématique à de gros corpus de données change en profondeur la pratique, les techniques du travail et jusqu'au mécanisme d'inférence, dans l'ensemble des disciplines scientifiques. Ainsi, en sciences du vivant, la révolution des techniques expérimentales a ouvert la porte à des jeux de données de très grande dimension relativement au faible nombre d'individus. Par ailleurs, dans les masses de données collectées en astrophysique, une des problématiques majeures consiste à détecter de très faibles signaux. Ainsi, un enjeu essentiel est d'accompagner ce changement en développant une culture de l'expertise des données au sein de d'I2DRIVE, pour la propager à l'ensemble des partenaires scientifiques.

Mise en œuvre du programme

I2DRIVE lancera des appels à projets de recherche et une série d'actions d'animation scientifique, un programme de formation avec des parcours interdisciplinaires ainsi qu'un club d'affiliation industriel.

Recherche et animation scientifique

I2DRIVE lancera des projets de recherche interdisciplinaires, des programmes de visite de niveau international, des défis de type « Datathon » et une revue interdisciplinaire internationale. Les projets de recherche interdisciplinaires s'appuieront sur au moins deux piliers d'I2DRIVE et financeront des post-docs et des doctorants en duo. Le programme de visite accueillera des experts internationaux selon différentes formules allant de la semaine thématique à un séjour de 3 ou 4 mois. Des *workshops* seront mis en place selon les trois axes programmatiques. Une action sera menée concernant l'exploitabilité des données ouvertes et des logiciels libres.

Programme de formation

I2DRIVE a l'ambition de faire évoluer les parcours pre- et post-Master et les formations continues destinées aux ingénieurs. S'appuyant sur les parcours actuels (essentiellement mono-disciplinaires) en science des données, l'objectif est de bâtir des parcours étroitement intégrés allant des mathématiques, des sciences informatiques et des sciences humaines et sociales aux domaines applicatifs. Les mécanismes suivants permettront de mettre en œuvre cet objectif :

- Un programme de Master/Doctorat intégré pour attirer des étudiants internationaux grâce à des bourses au niveau Master et Doctorat. Des mécanismes de tutorat seront proposés pour favoriser leur immersion dans la recherche et leur offrir des formations interdisciplinaires complémentaires.

- I2DRIVE assurera la tenue d'une école d'été et d'une Junior Conférence annuelle dans le domaine des sciences des données organisées par les doctorants eux-mêmes.
- I2DRIVE organisera annuellement des trimestres thématiques au cours desquels des experts présenteront des séminaires destinés aux chercheurs, doctorants et étudiants de Master.

Le but de ces actions est de favoriser les collaborations interdisciplinaires entre les Masters des différentes communautés afin de former les prochaines générations de chercheurs en sciences des données et de développer des études doctorales interdisciplinaires innovantes.

Club d'Affiliation Industrielle (IAP)

Le projet travaillera sur des enjeux scientifiques et techniques provenant des domaines applicatifs décrits à la section 2.3. Pour cela, I2DRIVE mettra en place un « Club d'affiliation Industrielle » avec lequel il travaillera pour élaborer un « Agenda Stratégique de Recherche et d'Innovation » en lien avec sa feuille de route en recherche et formation. Les industriels membres du club seront également sollicités pour proposer des « cas d'usage » à partir desquels seront construits les projets de recherche et de formation. Les premiers industriels contactés ont manifesté un vif intérêt pour cette démarche et pour la possibilité de contribuer à des programmes de formation novateurs. ■

Pour en savoir +

Convergence Institute, Paris Saclay, "Interdisciplinary Institute for Data Research: Intelligence, Value and Ethics, I2-DRIVE Executive Summary": <https://www.universite-paris-saclay.fr>



LA JUSTICE PREDICTIVE



Louis LARRET-CHAHINE

Co-fondateur et Directeur Général, Cabinet Predictice

Introduction

La réalisation d'une utopie

Cela a commencé il y a soixante ou soixante-dix ans. Ce fut d'abord presque imperceptible, à la manière d'un lent glissement de l'horizon sur un navire. Plus tard, les historiens du droit retiendront peut-être une date encore antérieure, signal faible marquant les prémices d'un changement de paradigme judiciaire : celui de la fin de l'incertitude de l'issue des procès, aléa qui faisait le sel d'un contentieux mais l'angoisse des justiciables.

Les premiers à avoir formulé l'idée de l'anticipation d'un résultat contentieux en s'appuyant sur des décisions de justice antérieures s'appelaient Loevinger¹, Kort² ou Lawlor³. Avant cela même, d'autres avaient tenté de faire émerger la notion de probabilité des jugements⁴. Comme l'explique Guillaume Zambrano, le concept de prédiction jurisprudentielle en lui-même « a été proposé il y a plus d'un siècle déjà par le réaliste américain Holmes – professeur à Harvard puis juge à la Cour Suprême – lors d'une conférence prononcée à Boston en 1987 (...) : « ce que j'entends par Droit ce sont les prophéties de ce qui sera concrètement décidé par les tribunaux »⁵.

Ces travaux, pour la plupart, ont été très mal accueillis, jugés coupables d'une approche considérée incompatible avec cette science humaine qu'est le Droit. Ainsi, alors que la plupart des secteurs s'approprièrent les outils

technologiques pour entamer leur mue, les juristes ont adopté un comportement insulaire.

Malgré tout, début 2017, sous l'effet conjugué des progrès informatiques et de la constitution de bases de données judiciaires, la justice prédictive est devenue une réalité⁶. La pensée de Holmes, pour qui la science du Droit devrait être une science prédictive serait-elle en train de s'imposer ?

Pour Antoine Garapon, « les défis que la justice prédictive lance à l'idée de justice » entraîneraient une « révolution cognitive »⁷, qui irait jusqu'à modifier la définition, ou au moins la perception, de la justice et du droit.

Pour les plus audacieux, il n'est d'ailleurs pas exclu, qu'à terme, le justiciable fasse davantage confiance, au moins pour les litiges aux enjeux faibles, à la technologie – qui a la beauté peut-être un peu froide mais parfaite des mathématiques – qu'à l'aléa d'une justice humaine (donc par définition perfectible) et débordée.

Sans aller jusque-là, il y a fort à parier que le choix d'utiliser ou de ne pas utiliser cet outil d'aide à la décision apparaisse rétrospectivement comme illusoire. Les technologies prédictives s'imposent comme une étoile du Nord dans un nombre croissant de secteurs économiques en raison de l'optimisation sans précédent qu'elles permettent.

Cette dynamique confirmerait ainsi une idée séduisante, dérivée de la théorie de l'information formulée par Claude Shannon en 1948⁸, selon laquelle finit toujours par s'imposer

(1) Loevinger proposait la création d'une nouvelle science « jurimétrique » définie comme « l'application de la méthode scientifique à l'étude du Droit », dont le but était le « calcul des probabilités des décisions judiciaire », « Jurimetrics The Next Step Forward », Minnesota Law Journal, 1949.

(2) KORT Fred, « Predicting supreme Court Decisions Mathematically : A Quantitative Analysis of the « Right to Counsel » Cases », The American Political Science Review, mars 1957, n°51(1), p. 1.

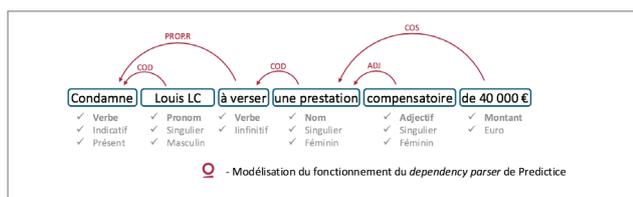
(3) C. LAWLOR Reed, « What Computers Can Do : Analysis and Prediction of judicial Decision », American Bar Association Journal, avril 1963, n°49, p. 337

(4) POISSON Simon-Denis publie ses « Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle et en matière civile » en 1837 ; BERNOULLI Nicolas soutient une thèse sur l'utilisation judiciaire du calcul des probabilités en 1709, sobrement intitulé « De Usus Artis Conjectandi in jure ».

(5) ZAMBRANO Guillaume, « Précédents et prédictions jurisprudentielles à l'ère des big data : parier sur le résultat (probable) d'un procès », 2015, hal-01496098.

(6) La commercialisation du logiciel développé par la legaltech Predictice (www.predictice.com) a été lancée en France le 8 juin 2017 en partenariat avec le groupe Wolters Kluwer (<https://news.predictice.com/wolters-kluwer-et-predictice-sallient-pour-d%C3%A9ployer-la-justice-pr%C3%A9dictive-en-france-e24243517919>)

(7) GARAPON Antoine, « Les enjeux de la justice prédictive », Revue pratique de la prospective et de l'innovation, octobre 2016.



le meilleur vecteur de contenu. Même si cela prend parfois du temps (le papier face au papyrus, l'Internet sur le minitel, l'*email* contre le fax, les systèmes prédictifs sur les bases de données brutes...), la prime irait *in fine* au système capable de transporter la quantité maximale d'informations. Cependant, les algorithmes de traitement, comme ceux de compréhension du langage naturel, utilisés pour faire fonctionner un logiciel de justice prédictive, imposent une logique encore un peu différente.

Car ils analysent, compilent puis synthétisent une immense quantité d'informations, ils sont certes un vecteur de contenu, mais aussi un *créateur* de contenu. Les algorithmes sont devenus un médium. La justice prédictive est donc à la fois une nouvelle manière de créer, de transférer mais aussi de comprendre l'information.

Définition de la justice prédictive

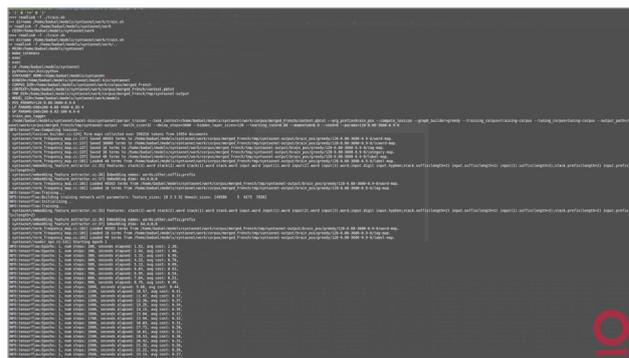
La justice prédictive est la projection dans le futur d'une relation observée entre des éléments de fait ou de droit présents dans les décisions de justice passées, dans le but d'évaluer et d'optimiser les aspects quantitatifs et qualitatifs des avènements judiciaires possibles.

Sous un angle fonctionnel, les algorithmes de justice prédictive permettent de calculer les chances de succès d'un procès devant une juridiction et le montant des indemnités qu'il est possible d'obtenir ainsi que d'identifier les arguments de fait et de droit qui seront les plus susceptibles d'influer sur la décision juridictionnelle à venir.

Si les pouvoirs publics, une partie de la doctrine et des professionnels du droit soutiennent l'émergence de la justice prédictive, c'est d'abord en raison des immenses bénéfices qui en sont attendus (I). Ces espoirs ne doivent cependant pas empêcher une critique constructive du système en train de s'imposer (II).

Les bénéfices de la justice prédictive

Face à cette révolution annoncée comme majeure⁹, mais provoquée par un programme informatique dont il est difficile pour ses utilisateurs de comprendre le mécanisme, qu'aucun juriste ne peut monter et démonter entre ses mains pour comprendre de quelle manière il est constitué, les professionnels du droit balancent entre deux attitudes.



Certains, précautionneux ou conservateurs, partent du principe que le progrès technologique ne peut que perturber une discipline vieille de trois millénaires¹⁰. L'attitude à adopter vis-à-vis de la prédiction des jugements serait donc la même que celle qu'il fallait avoir vis-à-vis du fax, du téléphone, ou de l'Internet : au mieux la circonspection, au pire le rejet¹¹.

D'autres, peuvent être conscients que la technologie a en réalité toujours bénéficié aux professionnels du droit (traitement de texte, dématérialisation des procédures, base documentaire en ligne, *email*...) ou, plus opportunistes,¹² adoptent une attitude positive. Pour eux, le monde se numériserait et se judiciaireiserait en même temps : face à un besoin de sécurité juridique accru, il faut donc s'adapter aux évolutions du marché et se doter des outils les plus performants.

Tous ont, par contre, le même sentiment d'accélération, comme si la digue patiemment construite durant les dernières décennies venait de céder face à la trop forte pression technologique accumulée à l'extérieur. C'est ce phénomène de rattrapage du secteur juridique, de comblement du décalage avec d'autres secteurs économiques, qui est à l'origine de cette tension parfois constatée¹³.

(8) SHANNON C. E., "A Mathematical Theory of Communication", Bell System Technical Journal, vol. 27, 1948, pages 379-423 et 623-656.

(9) La justice prédictive va permettre d'atteindre « un niveau de réalité qui était jusqu'à présent inaccessible. C'est non seulement toute la production qui devient transparente, mais aussi le détail, juge par juge, argument par argument, partie par partie. (...) La justice prédictive bouleverse aussi la fonction ordonnatrice du temps car elle introduit *ab initio* si ce n'est la solution du moins une solution très probable. (...) La justice prédictive augmente le présent », GARAPON Antoine, *op. cit.*

(10) Si l'on prend comme point de départ le Code d'Hammurabi, stèle juridique babylonienne datée d'environ 1750 av. J.-C.

(11) F. REED DICKERSON, « Automation and the lawyer », Articles by Maurer Faculty, 1965, paper 1561: « the notion that someone might rely on a little black box to predict judicial behavior has created near hysteria in some member of the bar ».

(12) « In fact, those lawyers who recognize the pending changes as an opportunity will likely do very well in this new environment », Roland VOGL, "The coming of Age of Legal Technology", Stanford Law School, 26 September 2016.

(13) Un autre secteur, celui du journalisme, semble avoir vécu des réticences proches: "One strategy developed by both journalists and magistrates is to draw on their professional ethos to criticize the legitimacy of metrics and refuse to engage with them. They argue that "good justice" or "good journalism" cannot be measured and evaluated in quantitative ways" Angèle CHRISTIN, "The Hidden Story of How Metrics Are Being Used in Courtrooms and Newsrooms to Make More Decisions", *Ethnography Matters Co-Designing With Machines Special Issue*, 2016.

Néanmoins, n'en déplaise aux fantasmes liberticides de certains rétifs, «le probable n'est qu'un canton du possible»¹⁴; en d'autres termes, l'avenir est dans le domaine de l'action et de la volonté, pas de l'informatique.

En effet, la justice prédictive ne vise pas à automatiser la justice, mais seulement à fournir un outil d'aide à la décision à destination des professionnels du droit (A), et à contribuer à la performance et la transparence du service public de la justice (B).

Un outil d'aide à la décision pour les professionnels du droit

Anticiper est un exercice naturel. Intuitivement, beaucoup de juristes (et en particulier les avocats) utilisent déjà le raisonnement prédictif en se basant sur trois catégories d'information : le droit, les caractéristiques premières du litige et les éléments de contexte qu'ils apprécient en fonction de leur expérience.

L'exemple du calcul d'indemnités dans le cas d'un licenciement est probant. Il existe des règles précises pour déterminer les indemnités d'un salarié (le droit), qui s'appuient sur des éléments factuels et concrets tels que l'ancienneté dans l'entreprise (les caractéristiques du litige). Mais les indemnités totales peuvent varier, par exemple selon l'état de santé physique ou moral du salarié (éléments de contexte).

La justice prédictive n'a pas pour vocation de remplacer l'expert dans son travail de compréhension et d'analyse, mais de lui permettre de mieux saisir l'impact de ses éléments de contexte sur la décision finale. Il s'agit d'ajouter à son expérience le résultat de l'analyse d'un nombre considérable de données (le fameux *big data*), infiniment plus que ce que le cerveau humain est capable de compiler et de traiter.

Ainsi, la technologie de justice prédictive est avant tout une aide à la décision destinée aux professionnels du droit, permettant d'ajuster intelligemment conseils et stratégie, en dépassant la connaissance empirique et nécessairement imparfaite du praticien.

Comment cela fonctionne-t-il ?

Pour faire simple, l'analyse prédictive se décompose en trois étapes, qui reviennent à répondre à trois questions.

1 - « Que s'est-il passé ? » : grâce à l'enrichissement des données, c'est-à-dire à l'ajout de métadonnées décrivant les caractéristiques du litige, cette solution est d'abord un

formidable moteur de recherche, sémantique et intelligent, permettant de proposer aux avocats toutes les informations (textes, jurisprudences, informations diverses) dont il aura besoin.

2 - « Que va-t-il se passer ? » : puisqu'il n'existe jamais deux litiges parfaitement identiques, l'enjeu est alors de comprendre l'impact d'un facteur ou d'une combinaison de facteurs (analyse multivariée) sur la résolution. C'est ici qu'entrent en jeu les algorithmes de *machine learning*, capables de croiser les observations pour créer des modèles prédictifs complexes. En appliquant ces modèles aux caractéristiques d'un litige, il est ainsi possible d'évaluer les probabilités de résolution.

3 - « Comment l'optimiser ? » : la technologie est capable d'évaluer et de comparer plusieurs stratégies contentieuses, habilitant l'utilisateur à choisir l'option qui a statistiquement le plus de chances de succès, en fonction des caractéristiques variables de l'affaire.

Les professionnels du droit, en se dotant de ces outils de performance, peuvent ainsi se concentrer sur le cœur de leur métier et leur valeur ajoutée¹⁵.

Un levier de transparence et de performance du service public de la justice

1 - Un barème intelligent et évolutif

La qualité du service public de la justice devrait s'améliorer au fur et à mesure du déploiement de la justice prédictive au sein de la magistrature. En effet, cette technologie permet d'éviter l'uniformisation que peut induire un système de barème (système qui tente une forme d'anticipation, mais en lissant les cas particuliers au préjudice de la variété du réel et de l'expérience des juges). La catégorisation par barème n'étant jamais assez fine, elle se fait, en réalité, au détriment du justiciable.

A l'inverse, un calcul statistique, avec une pondération fine des différents critères, s'appuyant sur l'ensemble des précédents, permet une meilleure prise en compte du particularisme. La justice prédictive réussit donc à répondre à la triple exigence d'anticipation des coûts pour une entreprise, de transparence du système judiciaire et de la prise en compte des particularités. En d'autres termes, cela permet d'éviter une barémisation brutale pour s'orienter vers un système modérateur, qui homogénéise la façon dont le droit est rendu sur le territoire en s'appuyant sur l'intelligence collective des magistrats, tout en informant sur l'application concrète de la règle de droit au sein des

(14) MASSÉ Pierre, « De la prospective, Textes fondamentaux de la prospective française, 1955-1966 », 2^{ème} édition, L'Harmattan.

(15) En ce sens, la décision de s'équiper de ce type de logiciel est similaire à celle d'une clinique achetant un scanner dernier cri, renforçant par exemple la valeur de l'avocat dans l'élaboration de la stratégie et son expertise auprès de la clientèle, comme l'explique le Bâtonnier de l'Ordre des avocats de Lille, Stéphane Dhonte, dans une interview réalisée par L. GARNERIE, « La justice prédictive ne tuera pas le métier d'avocat », Gazette du Palais, p.9, février 2017.



Ces effets bénéfiques, pour les professionnels comme pour les justiciables, ne doivent cependant pas empêcher l'émergence d'une critique constructive de la justice prédictive (II).

Pour une critique constructive de la justice prédictive

La question de la régulation des algorithmes (B), qui est trop souvent perçue comme la seule réaction possible, ne peut pas se passer d'une réflexion et d'un choix éthique sur la position à adopter vis-à-vis de la technologie de justice prédictive (A).

juridictions. La justice deviendrait ainsi plus éthique, s'inspirant de la règle de plomb des architectes de Lesbos qui s'adaptait à ce qu'elle mesurait. Grâce à la technologie prédictive, la justice pourrait devenir une balance de cristal.

2 - La médiation : une externalité positive des algorithmes de justice prédictive ?

Savoir ce qu'il se passera probablement en cas d'action contentieuse incite à l'utilisation des modes alternatifs de règlement des litiges.

Par exemple, commencer une négociation avec la probabilité de gagner ou de perdre à 90 % un montant de 100 000 euros pousse, dans la plupart des cas, à transiger à hauteur de 90 000 euros, sévissant par là-même plusieurs années dans les prétoires et des coûts de procédure élevés.

La justice prédictive remplit, dans certain cas, une fonction d'épouvantail. La médiation, qui permet de préserver des relations commerciales, familiales ou personnelles, s'en trouve facilitée. C'est ce qu'ont compris et constaté les assureurs de protection juridique, dont plusieurs utilisent la solution Predictice pour augmenter significativement leur taux de déjudiciarisation.

La technologie de justice prédictive devrait donc entraîner progressivement un désengorgement des juridictions,¹⁶ par la disparition des cas les moins sujets à variation. Par un effet de vases communicants, la médiation, la transaction et les autres règlements amiables des conflits vont se multiplier, développant un nouveau système économique de résolution des litiges, probablement intégralement dématérialisé, rapide et peu onéreux.

La nécessité d'un choix éthique

L'ethnologue Tricia Wang le rappelle : l'opposition manichéenne du monde des hommes et de celui des machines n'a pas de sens¹⁷. En effet, les progrès des algorithmes sont le résultat d'interactions croissantes entre les deux univers, d'abord au moment de la construction, puis de « l'entraînement », et enfin du perfectionnement.

Les algorithmes peuvent se tromper. Ils peuvent être injustes. Ils peuvent pérenniser un état de fait non désiré. Il arrive également que les algorithmes répercutent les choix de leurs créateurs, néo-scribes dont les productions ont de plus en plus de conséquences sur le monde non-virtuel – monde dont la limite se dissout devant nos yeux.

L'enjeu éthique doit donc être sérieusement adressé. La réflexion que mène le Comité éthique et scientifique de la justice prédictive, hébergé par le cabinet Taylor Wessing¹⁸ (qui a d'ailleurs obtenu un accès aux travaux de la startup Predictice, leader sur le secteur en France) devenait d'ailleurs urgente avec le début de l'utilisation de cette solution par des magistrats français dans deux cours d'appel¹⁹.

Comme a pu l'exprimer le professeur Christophe Jamin, Directeur de l'École de Droit de Sciences Po et membre du comité, « la révolution engendrée par Predictice est telle qu'on ne peut s'abstenir de réfléchir collectivement à toutes les conséquences qu'elle induit, dont certaines ne sont pas encore envisagées ».

(16) Le stock d'affaire des Cours d'appel, Tribunaux de grande instance et des conseils de prud'hommes (hors référé) était de 1.239.000 affaires au 31 décembre 2015, Ministère de la Justice/SG/SDSE, Répertoire général civil, rapport annuel de la Cour de cassation.

(17) Notamment dans son post sur le blog Ethnography Matters (<http://ethnographymatters.net/blog/2016/06/13/co-designing-with-machines-moving-beyond-the-humanmachine-binary/>)

(18) <https://france.taylorwessing.com/fr/la-premiere-reunion-du-comite-ethique-et-scientifique-de-la-justice-predictive-s-est-tenue-dans-les-locaux-du-cabinet-taylor-wessing>

(19) <http://www.lefigaro.fr/actualite-france/2017/05/05/01016-20170505ARTFIG00260-les-juges-experimentent-la-justice-predictive.php>

Le premier des risques est celui de l'effet performatif : l'algorithme aurait un rôle de prophétie auto-réalisatrice, tordant le réel pour le faire correspondre à son anticipation. Cet effet secondaire a néanmoins surtout été constaté dans les systèmes complètement automatisés, dans lesquels la recommandation et la décision sont prises par une machine. Le risque de distorsion et d'homogénéisation serait donc plus faible dans la justice, principalement car les interventions humaines sont nombreuses.

Il semble toutefois nécessaire de pouvoir mesurer cet effet performatif. Plusieurs projets de recherche sont d'ailleurs en cours, soit dans des universités pour analyser l'impact de la justice prédictive à l'occasion de simulation de procès, soit directement dans les zones où le déploiement de Predictice est le plus avancé.

Un deuxième risque existe avec l'application de ces outils d'aide à la décision en matière pénale, réveillant le fantasme dickien d'un monde où les rapports minoritaires²⁰ (le futur improbable, les quelques pourcents alternatifs, l'incertitude en somme) sont effacés et permettent de condamner avant même la commission du délit ou du crime. Bien que le parti pris soit aujourd'hui de ne pas faire fonctionner la technologie de justice prédictive en matière pénale, il faut là-aussi rester vigilant aux effets pervers, en particulier en matière de récidive²¹, ou comme cela a été souligné dans un domaine aux enjeux proches : la police prédictive²².

Dans l'attente du résultat des premières études qui devraient aider à sortir des postures de principe sur les enjeux éthiques, il importe de garder en tête que cette technologie constitue avant tout une aide à la décision, qu'elle a ses équivalents dans d'autres domaines et que ses évolutions sont suivies de près par des professionnels attentifs. Il importe donc de ne pas freiner une innovation aux multiples bénéfices par une entreprise de régulation mal calibrée.

La question de la régulation

La régulation, bien qu'elle soit « synonyme d'équilibre entre les pouvoirs et de reconstruction des rapports de force »²³ s'est réduite, s'agissant de la justice prédictive, au prisme de la régulation par la mise à disposition des données

publiques fournies par l'Etat, ici unique producteur des données nécessaires.

Le principe de l'accès aux décisions de justice n'est pas contesté dans son essence. La loi pour une République numérique a, en effet, posé le principe de la mise à disposition, à titre gratuit et dans un format réutilisable (sous réserve du respect de la vie privée des personnes concernées dans les décisions), de l'ensemble des décisions de justice²⁴, fournissant la matière première nécessaire au fonctionnement des algorithmes.

Par contre, celle des modalités de la mise à disposition n'est pas réglée, en particulier sur le point sensible du degré d'anonymisation des décisions.

L'objectif principal de l'anonymisation est d'empêcher la ré-identification des personnes physiques concernées par les décisions de justice et, ainsi, de préserver leur vie privée. Ce souci se heurte rapidement à un défi technique. D'un côté, si l'on enlève systématiquement tous les éléments caractéristiques (ancienneté d'un salarié, lieu de travail, montant du salaire, motif du licenciement, participation aux instances représentatives, etc.), ce qui est parfois nécessaire pour garantir l'anonymat, alors la lecture de la décision ou son analyse perdra tout son intérêt. De l'autre, si on laisse ne serait-ce que quelques éléments, avec l'évolution des techniques d'identification dynamique qui croisent de multiples bases de données, alors l'anonymisation sera illusoire.

La voie la plus simple pour assurer l'application de la loi est pourtant évidente : conserver un système de pseudo-anonymisation (en remplaçant les noms propres par X ou Y) et appliquer le système répréhensif prévu par l'article 226-19 du code pénal²⁵. Si cela est insuffisant, il sera toujours possible de créer un délit de ré-identification, ou d'alerter la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL), première autorité administrative indépendante, afin qu'elle se saisisse de la question, voire qu'elle l'intègre dans son programme de contrôle prioritaire.

L'enjeu de la mise à disposition des données est plus élevé qu'il n'y paraît à première vue. Les tentatives pour croiser le droit et les mathématiques sont nombreuses, notamment

(20) Le titre original de la nouvelle de Philip K. DICK est « The minority report », publié en 1956 dans la revue *Fantastic Universe*.

(21) ANGWIN Julia, LARSON Jeff, MATTU Surya and KIRCHNER Lauren, "Machine Bias, There's software used across the country to predict future criminals. And it's biased against blacks", *ProPublica*, mai 2016.

(22) « La critique de Tim Hope permet de rendre compte de l'ignorance qui évolue avec le développement des connaissances sur la prédiction des victimisations et des innovations qui leur sont associées », Bilel BENBOUZID, « De la prévention situationnelle au predictive policing », *Champ pénal* Vol. XII, 2015.

(23) Définition du droit de la régulation économique, par Marie-Anne Frison-Roche, *receuil dalloz*, 2004.

(24) Voir en particulier les articles 3, 20 et 21 de la loi n°2016-1321 du 7 octobre 2016. L'Union Européenne semble également favorable à ce mouvement de transparence (la directive 2003/98/CE du 27 novembre 2003 consacre le principe de réutilisation des informations publiques), dont il est possible de trouver une justification jusque dans l'article 15 de la Déclaration des droits de l'Homme et du citoyen, selon lequel « La Société a le droit de demander compte à tout agent public de son administration ». Le Parlement européen (« Greater access to court files for third persons is not only recommended, it is necessary in view of the abovementioned problems ranging from some inconveniences to infringements of procedural rights, acknowledged as a fundamental human rights », "National practices with regard to the accessibility of court document", study, Policy department, 2013) comme la Cour Européenne des Droits de l'Homme (*Werner v. Austria*, *Szucs v. Austria*, *Sunday Times v. United Kingdom* 1979) sont également de cet avis.

(25) « Est puni de cinq ans d'emprisonnement et de 300 000 euros d'amende (...), le fait, hors les cas prévus par la loi, de mettre ou de conserver en mémoire informatisée des données à caractère personnel concernant des infractions, des condamnations ou des mesures de sûreté.

aux Etats-Unis et en Chine. Affirmer l'indépendance technologique de la France, favoriser son leadership et donc l'influence de son droit dans le monde est un combat économique crucial à moyen terme. Or, sans données, les possibilités de développement et d'entraînement des algorithmes sont beaucoup plus limitées.

Conclusion – Pour une université #legalgeek

Le *big data* judiciaire est probablement en train de provoquer un glissement notionnel du terme « jurisprudence » : de la norme à vocation générale, élaborée par les hautes juridictions, l'acception basculerait vers l'interprétation statistique donnée d'une problématique juridique par l'ensemble des décisions de justice qui y sont relatives²⁶. Dérivé du latin *pro-video* (je vois avant), le terme jurisprudence retrouverait ainsi, grâce à sa prévisibilité, son sens premier²⁷.

A court terme, l'étude de la jurisprudence devrait ainsi tendre vers une forme d'étude probabiliste capable de décrire l'application réelle de la loi, de croiser ces informations avec de multiples facteurs (économiques, sociologiques, météorologiques...) et ne se limitera plus à un discours d'opinion sur l'interprétation des normes. La révolution méthodologique souhaitée par les théoriciens réalistes du Droit s'accomplira donc par la technique.

En ce sens, si l'utilisation de la technologie de justice prédictive nécessite bien sûr une solide connaissance juridique – notamment, pour distinguer la corrélation de la causalité et optimiser au mieux la stratégie judiciaire – elle implique, aussi, une évolution du travail d'analyse et des compétences à mobiliser pour le faire.

L'université et les lieux d'enseignement en ont parfaitement conscience et commencent, d'ailleurs, à s'adapter. Pour Elizabeth Menesguen, ancien Bâtonnier, ancien directeur de l'École de Formation des Barreaux de la Cour d'Appel de Paris et Président délégué de la Commission formation du Conseil National des Barreaux, « Predictice est un outil précieux pour les générations à venir pour mieux servir nos concitoyens ». C'est la raison pour laquelle un partenariat a été conclu afin que l'ensemble des Ecoles de formation d'avocats puissent notamment bénéficier d'une intervention sur la justice prédictive. Ce Programme Predictice pour l'Enseignement et la Recherche (PPER)²⁸ a, d'ailleurs, été étendu aux universités.

Au-delà même de l'objectif crucial de la formation des juristes de demain, « la prédiction-connaissance, en permettant de donner une photographie, voire une cartographie, du contentieux, ouvre de nouvelles perspectives de recherche. Jusqu'alors, une connaissance exhaustive de toutes les décisions dans un contentieux donné n'était pas possible »²⁹.

« C'est le fait qui fait le droit » affirmait Antoine Loysel (1536-1617). La justice prédictive pourrait bien lui donner raison. ■

(26) A bien y regarder, cette définition n'est d'ailleurs pas si éloignée que celle qu'en donne Gérard CORNU: « la jurisprudence désigne une habitude de juger dans un certain sens ou une tendance habituelle d'une juridiction déterminée à juger dans tel sens », « Vocabulaire juridique », sous la direction de A. H. Capitant, 9 éd. PUF, 2011, p 587.

(27) « La jurisprudence est l'aptitude à prévoir le sens d'une décision avant qu'elle ne soit rendue à partir de l'expérience des décisions antérieures et de l'analyse des motifs en logique juridique. La jurisprudence est une prédiction », Guillaume ZAMBRANO, op. cit.

(28) Le détail du Programme Predictice pour l'Enseignement et la Recherche est disponible ici : <https://news.predictice.com/le-programme-predictice-pour-lenseignement-et-la-recherche-5d28cddb794b>

(29) « La justice prédictive : le contentieux dévoilé », projet de recherche dans le cadre d'une candidature au GIP Justice de Morgan Sweeney, Maître de conférence à l'université Paris-Dauphine, 2017.

NE FAITES PAS DANS L'ARTIFICIEL, ADAPTEZ-VOUS AVEC INTELLIGENCE... COLLECTIVE



Jérôme BOUQUET

Ministère des Armées / Direction Générale pour l'Armement

« L'intelligence, c'est la faculté d'adaptation » disait André Gide. L'intelligence, la capacité d'apprendre et de comprendre, caractérise l'être humain. Elle a permis à l'Homme de s'adapter au cours des millénaires. Aujourd'hui, c'est à la complexité du monde, à l'évolution exponentielle et extrêmement rapide des échanges et de la connaissance, que nous devons faire face et nous adapter. L'intelligence artificielle (IA), le développement des algorithmes simulant l'intelligence, permet d'appréhender cette complexité et de gagner en rapidité. L'IA donne du pouvoir sur un marché, un champ de bataille, un territoire, à qui sait l'intégrer aujourd'hui dans ses cas d'usage, ses solutions, ses équipements.

La connexion entre les usages et les technologies sur un temps court est un véritable challenge. Hackaton, startup scouting, idéation, design thinking, pitch, pitch inversé, etc., sont autant de méthodes sur le chemin entre les usages et la technologie. Cela pourrait paraître simple. Cependant, pour que ces méthodes aient un résultat concret, il est nécessaire de créer différentes conditions, en particulier dans l'esprit des collaborateurs et du management intermédiaire. Faire confiance à l'intelligence collective maintenant, expérimenter des possibles plutôt que gérer des risques, heurtent les processus, l'organisation et la culture établies, génèrent de l'inquiétude qu'un bon intrapreneur doit pouvoir gérer. En cela, les défis organisés par la DGA au Ministère des Armées donnent un bon exemple de méthodes permettant d'aller de l'idéation jusqu'au déploiement opérationnel dans l'organisation.

Dans la sélection naturelle économique à laquelle nous devons nous adapter, il est important de comprendre ce qu'est l'intelligence artificielle, non pas sous l'angle technique mais sous l'angle économique. La puissance de l'intelligence artificielle réside dans ses effets de réseau.

Plus une intelligence artificielle intègre de données pertinentes, meilleure elle sera. En d'autres termes, plus elle a d'utilisateurs, plus elle collecte de données, et meilleure elle devient, meilleures seront sa connaissance des clients et des menaces, ses prédictions et ses performances. Meilleure est cette intelligence artificielle, plus fort sera son pouvoir d'attraction sur les utilisateurs et les clients. Par un effet boule de neige, ce produit devient de loin le meilleur à servir les utilisateurs et donc incontournable.

Par ce phénomène, pour un usage ou un service utilisant de l'IA, il y a un réel avantage à être le premier à proposer un produit sur le marché. Dans un processus d'adaptation darwinien, nous pouvons dire que notre survie passe par la rapidité. La rapidité est une nécessité pour ne pas être sorti du marché ou devenir subordonné à l'IA de quelqu'un d'autre.

Plus que l'excellence technologique, la rapidité à déployer l'IA est une condition de survie.

Les Américains ne s'y sont pas trompés en multipliant les réorientations stratégiques sur le sujet. Le PDG de Google Sundar Pichai a annoncé l'orientation stratégique de Google de faire de l'IA sa priorité. Facebook n'est pas en reste sur le sujet en conjuguant réalité augmentée et IA. Elon Musk a fondé la société non lucrative *OpenAI* pour partager les recherches en IA et lutter contre une privatisation de l'intelligence.

Nous avons en France d'excellents ingénieurs, mathématiciens et informaticiens reconnus dans le monde entier par l'excellence de nos formations. Cependant, nous avons été dépassés, voire dominés, par les Américains sur les technologies de l'Internet et nous sommes en passe de l'être pour les technologies d'IA. Est-ce à dire que nous

sommes trop lents pour sortir des produits innovants ? Certainement oui.

Lors du premier challenge organisé par la DGA début 2017, nous avons fixé un délai d'un an pour obtenir un produit expérimentable par les Forces armées pour répondre à l'urgence du besoin d'adaptation à une menace en évolution constante et rapide. Les échanges autour de la définition du défi au sein de l'équipe de ce projet sont assez représentatifs de la relation au temps dans notre culture française. Alors que les utilisateurs insistaient sur l'urgence du besoin et acceptaient qu'il ne soit couvert qu'à 60 %, les ingénieurs proposaient une solution parfaite, couvrant 100 % des besoins et respectant l'intégralité des normes... dans 3 ans. Que choisir ? La perfection dans 3 ans ou une solution partielle maintenant ? Nous choisissons souvent en France la première solution alors que les lois de notre environnement et les effets de réseau sélectionnent naturellement la seconde. Dans le même ordre d'idées, les utilisateurs acceptaient une formulation ouverte du challenge sous forme d'une histoire basée sur leur quotidien alors que les ingénieurs voulaient une formulation très précise du besoin, voire de la solution, ce qui aurait fermé l'innovation. L'équipe en charge du défi a su résister aux pressions pour allonger le délai et se focaliser sur les besoins essentiels à court terme.

Ainsi que le montre la théorie des dimensions culturelles de Geert Hofstede, l'aversion à l'incertitude est une caractéristique de la culture française, tout comme la culture allemande et contrairement aux cultures anglo-saxonnes. Cette aversion à l'incertitude se traduit par une grande quantité de règles, de normes, un besoin de planification précise en amont de tout projet, un refus des flous et des situations ambiguës et un contrôle important par des experts. Cela crée un frein important à l'innovation rapide, un frein que va devoir gérer un intrapreneur : innover nécessite d'explorer des chemins inconnus, de laisser de la place aux idées nouvelles par du flou et de l'ambiguïté. Or, notre culture française va demander aux porteurs de projet de préciser le planning, les risques et le retour sur investissement en amont, fermant les options et les possibilités d'innovation. Les Anglo-saxons, inventeurs des méthodes agiles, font davantage confiance et encouragent l'expérimentation rapide face aux utilisateurs. Celle-ci permet d'apprendre beaucoup sur le besoin et les réels bénéfices des technologies, ce qui est impossible par une réflexion d'expert aussi poussée soit-elle.

Accepter l'incertitude et expérimenter rapidement permet de gagner en rapidité.

L'IA nous aide, à partir de données, à apprendre, comprendre et prendre des décisions. En cela, elle interroge notre intelligence collective: comment apprenons-nous? Comment partageons-nous l'information et la connaissance? Comment collectons-nous les données et en construisons-nous une compréhension? Comment coordonnons-nous nos intelligences individuelles pour décider ?

Comme le montre Geert Hofstede, dans le mode d'organisation pyramidal privilégié dans la culture française, les décisions sont prises par le pouvoir central. Les données sont utilisées pour justifier des décisions *a posteriori* et pour contrôler les équipes subordonnées. Dans le logiciel mental de chacun, de façon plus ou moins consciente, divulguer ses données est synonyme de contrôle et d'intrusion. Cependant, pour apprendre collectivement et faire apprendre une IA, il faut au contraire un partage des données, une transparence des informations et une grande confiance collective. En cela, la posture de la direction est un enjeu très important : moins de contrôle, plus d'autonomie, plus de confiance. Elle doit passer d'un management de contrôle et de décision à un management de délégation et d'intelligence collective. Plus focalisée sur la vision, elle doit laisser aux équipes opérationnelles la prise de décision de façon collective. Les Anglo-saxons, ayant plus une culture de négociation, sont mieux préparés à ce partage et à cette transversalité. Sur ce point, les Américains inversent la pyramide. Steve Jobs disait : « Il n'est pas logique d'embaucher des personnes intelligentes et de leur dire quoi faire. Nous embauchons des personnes intelligentes afin qu'elles puissent nous dire ce qu'il faut faire. »

L'innovation nécessaire à l'identification des cas d'usage ne fonctionne pas à l'autorité. On peut ordonner à quelqu'un de suivre une procédure ou une décision, on ne peut pas lui ordonner d'innover, de donner ses idées et de s'engager sur la création de quelque chose de nouveau. Autrement dit, l'innovation est avant tout un choix personnel qui a besoin d'autonomie. Cette autonomie est autant le fruit d'une liberté donnée par la hiérarchie qu'une émancipation personnelle et collective. Les facteurs de motivation pour innover sont très différents de ceux liés à l'occupation d'un poste dans une organisation. Les ressorts de l'innovation reposent sur un besoin de réalisation et de dépassement de soi pour une cause ou une vision plutôt que sur un besoin d'estime de soi et de satisfactions matérielles. Là aussi, les Américains ont bien compris ce moteur en adoptant des organisations très plates, formées de petites équipes avec des nouveaux modes de coordination.

Créer les conditions de l'autonomie dans le logiciel mental des équipes permet de développer l'intelligence collective aidée de l'IA.

Pour construire le programme de défis de la DGA, nous stimulons l'identification de cas d'usage auprès d'équipes sur le terrain en cultivant leur liberté de choix et, surtout, en développant le sens des challenges pour le ministère des Armées et pour chaque partie prenante. Contrairement à un fonctionnement hiérarchique tiré par l'intérêt individuel de chacun dans son poste (responsabilité, titre, promotion, bonus), le moteur des projets d'innovation est dans un objectif qui dépasse l'individu.

L'IA permet d'appréhender la complexité du monde actuel. Pour en tirer pleinement profit et survivre face à une

concurrence mondiale, il faut passer par une adaptation de notre intelligence collective et un dépassement de nos modes de fonctionnement historiques. Cette transformation culturelle est complexe et prend du temps. Notre culture est à l'image de couches de sédimentation accumulées au cours du temps par notre longue histoire et celle de l'entreprise. Dans ce contexte, nous devons interroger notre logiciel mental collectif pour nous adapter. Sébastien Bazin, PDG d'Accor, l'a bien décrit : « Si on ne comprend pas que la transformation digitale est une transformation de culture, on n'y arrivera pas ». Les méthodes de changement habituelles ne peuvent pas fonctionner car cette transformation ne peut pas se planifier. Cette transformation ne peut se faire que dans l'action et la confrontation aux enjeux de rapidité. Beaucoup trop ne jurent que par les comités de direction car, selon eux, l'adaptation se passe à ce niveau. C'est sur le terrain, dans le logiciel mental des collaborateurs, que tout se passe.

Pour bénéficier de la puissance de l'IA, nous devons reprogrammer notre logiciel mental collectif.

Le changement culturel pour toute une entreprise prend beaucoup de temps. Cependant, il peut être réalisé de façon locale et par touches successives et continues. Pour cela, trois ingrédients permettent de construire des projets qui transforment le système.

Le premier ingrédient est la réalisation de projets concrets à court terme qui remettent en cause les modes de fonctionnement de l'organisation. Deux défis lancés par la DGA, « *Acquérir un drone indoor avec une innovation de rupture en un an* » et « *acquérir en un an une solution d'IA pour aider à l'interprétation d'images satellites* », correspondent à des besoins forts du ministère des Armées qui touchent à des problèmes actuels. Acquérir des solutions en moins d'un an est un véritable challenge pour le ministère des Armées accoutumé à des processus longs de décision et d'achat, et à des délais de 3 ans pour le déploiement d'un équipement au sein des Forces armées.

Nombre d'organisations lancent des défis, des hackatons et des projets qui se révèlent peu inspirants du fait des barrières qu'elles se fixent dans la formulation du projet. Il ne peut pas y avoir d'innovation ni d'intelligence collective dans un projet où tout est fixé, les risques déjà levés et la route complètement tracée.

La *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), agence du département de la défense américaine, choisit ses projets par une ambition scientifique forte. Elon Musk fixe l'ambition de ses projets en fonction des limites de la physique. Il part d'une vision lointaine, vérifie leur pertinence par rapport aux lois physiques et traduit cette vision en objectifs à court terme. Ces ambitions poussent à réfléchir collectivement en dehors du cadre, à trouver des solutions inédites, à explorer des modes de coordination nouveaux. Nous aussi devons choisir des projets, non pas

en fonction des limites de notre organisation mais des limites des lois de l'environnement qui nous entoure. Dans un autre environnement, plus souple, plus dynamique, quel projet pourrait être réalisé avec une grande plus-value pour l'organisation ? Ce projet doit représenter une vision lointaine avec une réalisation à court terme. En France, dans notre culture très hiérarchique et averse au risque, nous avons trop souvent tendance à fixer le budget, le périmètre et le niveau de risque et à faire du délai une variable d'ajustement. C'est la raison pour laquelle nous arrivons souvent trop tard sur le marché ou restons sur une innovation incrémentale. Pour amener le changement, nous devons inverser cette équation, fixer en premier le délai et imposer une mise à disposition aux utilisateurs dans ce délai court.

Nous devons choisir des projets qui challengent les limites de nos organisations et de notre culture.

La réalisation de projets concrets dépassant les limites de l'organisation et de ses modes de coordination permet de produire des précédents qui pourront être communiqués dans l'organisation, de créer des modèles de fonctionnement nouveaux qui pourront diffuser. Concrètement, cela permet de changer le logiciel mental de l'organisation. Pour les défis du ministère des Armées, le fait de passer d'un délai long à un délai court permet de repositionner l'équation. Nous passons d'un objectif de « 20/20 dans 3 ans » à « 12 /20 maintenant ».

Le deuxième ingrédient est le changement de posture de la direction. Elle doit poser les conditions de l'autonomie par une vision inspirante et un challenge pour l'organisation, qui vont permettre de guider la prise de décision dans les entités opérationnelles et de façon transverse. La direction doit ainsi se placer davantage comme un coach bienveillant, facilitateur pour les projets correspondant à la vision. La DGA a identifié le besoin de faire de l'innovation ouverte en boucle courte et en s'appuyant sur les technologies civiles. La direction a soutenu les explorations permettant de concrétiser cette vision par l'exemple en soutenant le premier défi sur le drone indoor et sa transformation en processus d'acquisition innovant. Elle a soutenu la relation plus étroite avec les Forces armées, la création d'un circuit court de décision et la transformation des projets issus des défis en opération concrète.

Une posture de coach de la direction et un leadership délégué sur le terrain donnent l'autonomie pour relever le challenge.

Le troisième ingrédient est le leadership du projet d'innovation. C'est certainement le point le plus délicat et le rôle le plus difficile à tenir. Ce rôle est un pivot entre les différentes entités impliquées sur le terrain, entre la culture établie et la nouvelle culture à développer, entre la direction et les équipes, entre les différentes intelligences. Contrairement à un rôle de direction de projet classique

focalisé sur la planification et la gestion des risques, ce rôle intègre plus d'intelligence situationnelle et émotionnelle. Comme un jardinier, il doit savoir créer les conditions de l'intelligence collective, capter les opportunités, fertiliser les idées, commencer petit tout en faisant grandir le projet et protéger la culture d'autonomie de l'équipe.

Un projet challengeant à court terme, une direction dans une posture de facilitatrice et un leadership sur le terrain sont les trois ingrédients qui ont permis de faire émerger des projets innovants au ministère des Armées. Ils correspondent à des éléments permettant de changer le logiciel mental collectif de façon à apprendre et à faire apprendre nos technologies.

En synthèse, il y a une réelle menace à ne pas s'adapter rapidement. De nombreux discours insistent sur la menace de dépassement et d'appauvrissement de notre pays liés à notre manque de rapidité. Et pourtant, nous avons des talents exceptionnels mais que nous avons du mal à mettre en valeur du fait de notre aversion à l'incertitude et notre goût du pouvoir. Nombreuses sont aujourd'hui les démarches et les méthodes mises en avant pour innover et intégrer de l'IA. Sans intégrer l'aspect culturel, ces démarches restent artificielles et n'apportent pas de réelle plus-value ni de réel changement.

Un horizon nouveau s'ouvre à nous et nous avons tous les talents et toutes les capacités pour affronter cet inconnu. Plus que la programmation d'IA, nous devons reprogrammer notre intelligence collective au travers de projets concrets et « challengeants », en acceptant l'opportunité de l'incertitude. Plus que contrôler, nous devons développer l'autonomie des équipes par une vision inspirante. Plus que planifier, nous devons tester et apprendre, expérimenter et observer.

Selon Andrew Hunt, l'un des auteurs du manifeste agile : « plus qu'une construction, le logiciel est un jardin ». Pour programmer une IA, nous devons jardiner notre intelligence collective. ■

UN SUJET DE GOUVERNANCE POUR L'ENTREPRISE



Bernard GEORGES

Responsable de la Prospective stratégique,
Direction des Ressources et de l'Innovation, Société Générale

Bernard Georges a déployé son activité autour des questions d'innovation, de prospective stratégique et participative sur des sujets de rupture. Il a initié une campagne de sensibilisation sur les enjeux de l'intelligence artificielle (IA) au sein de la Société Générale. Le succès de ces conférences l'a amené à sensibiliser d'autres organisations. Plus de 9000 personnes ont été sensibilisées en moins de 3 ans. Bernard Georges nous apporte son témoignage sur la perception des enjeux par les entreprises. L'essentiel de ses conférences est à retrouver dans le rapport du CIGREF : « Gouvernance de l'intelligence artificielle dans les grandes entreprises »¹.

? Quelles sont pour vous les principaux marqueurs et enjeux des transformations en cours et attendues ?

Le premier marqueur porte sur les discours autour de l'IA. Autrefois reléguées à une dimension purement technique, la gestion et l'analyse des données sont devenues une priorité stratégique pour l'entreprise. Les termes *big data*, *data lake*, *etc.*, ont pris une place considérable dans la sémantique, au point d'occulter la définition d'une technologie qui s'appuie, en premier lieu, sur les algorithmes. L'Association Française pour l'IA (AFIA), présidée par Yves Demazeau, travaille à élargir le débat sur les autres aspects de l'IA. Je préconise la lecture du travail du CIGREF² sur le référentiel conceptuel évoquant les définitions de l'« IA faible » et de l'« IA forte » et les déclinaisons des types d'apprentissage : supervisés et non supervisés.

Le deuxième marqueur porte sur la transformation de la relation client. En effet, lorsque les clients posséderont leur propre IA, tout l'enjeu pour l'entreprise sera d'être et de rester choisie comme un interlocuteur de confiance et de valeur.

Le mode de relation évoluera ainsi du *push product* au *pull client*. Il ne s'agira plus seulement d'amener le produit vers le client mais bien de créer un différentiel individualisé pour générer de l'attractivité. Ce changement supposera de se mettre à la place des clients, de prendre en compte leurs

intérêts en fonction des valeurs qui les animent, autrement dit, d'être capable de développer des *systèmes empathiques*.

La question pour l'entreprise-fournisseur sera donc de savoir comment rester sélectionnée par son environnement. Cela relève d'une logique très darwinienne, mais c'est un enjeu majeur si on pense à la survie de l'entreprise. Celles qui ne comprendront pas ce ressort se mettront hors-jeu. Entre les entreprises américaines et européennes, il y a un gap. En France, nous avons encore du mal à penser Darwin (l'évolution résulte de la sélection des variations *aléatoires* les plus adaptées : évoluer c'est pouvoir explorer librement les champs du possible) contre Lamarck (l'évolution est dirigée par l'acquis : évoluer c'est transmettre le passé et l'optimiser). Il faudrait relire Pascal PICQ³ pour comprendre que la « culture hexagonale » constitue le principal frein à l'innovation.

? Quels bénéfices voyez-vous à sensibiliser les entreprises sur ces enjeux ?

Les conférences de sensibilisation sur les enjeux de l'IA, que nous avons construites et commencé à diffuser au sein du Groupe il y a trois ans, ont connu un tel succès que nous avons été sollicités par d'autres organisations (entreprises, écoles, etc.). En l'espace de deux ans, au travers de 250 sessions, 9 000 personnes environ ont ainsi été sensibilisées, dont 2 000 à l'extérieur du Groupe.

(1) « Gouvernance de l'intelligence artificielle dans les grandes entreprises », CIGREF, septembre 2016.

(2) Ibid. P. 6-8.

(3) PICQ Pascal, *Un paléoanthropologue dans l'entreprise. S'adapter et innover pour survivre*, Editions Eyrolles, 250 p. En savoir plus sur : http://www.lemonde.fr/idees/article/2011/10/03/un-paleoanthropologue-dans-l-entreprise-de-pascal-picq_1581351_3232.html#eOFLcUFT3qrFkVpy.99

Progressivement, nous arrivons à changer les regards, au départ souvent confus et sceptiques, en apportant des éléments de réponse concrets sur les transformations à venir. Cela permet de créer un terrain favorable et responsable au développement de l'IA. Nous faisons prendre conscience que l'IA compose déjà notre réel, qu'elle produit, et produira de plus en plus, des résultats tangibles. L'objectif de ces conférences est aussi de remettre en question les nombreux préjugés sur ces technologies. Pour relativiser les fantasmes autour des développements futurs et de leurs conséquences, nous devons revenir à une réflexion ancrée dans le temps présent. L'idée n'est pas d'éliminer les peurs mais de s'en saisir et de les dépasser. Cette démarche me paraît essentielle pour accompagner et conduire le changement.

Cela commence par expliquer aux dirigeants et aux salariés ce que recouvre précisément la notion d'IA. Les entreprises ont tendance à réduire l'IA au *big data* et aux *Analytics*. Or, la recherche scientifique et les technosciences ont largement progressé depuis 10 ans (la victoire de l'ordinateur Watson d'IBM au jeu Jeopardy a marqué le point de départ de la renaissance de l'IA) et ont ouvert de nouveaux champs du possible.

Les plus grandes appréhensions portent sur ce qui est communément désigné l'« IA forte », à savoir, l'émergence possible à terme (l'horizon de temps faisant l'objet de nombreuses controverses entre spécialistes) d'une génération de machines pensantes, dotées de fortes capacités de réflexivité, d'auto-organisation, d'auto-complexification, susceptibles d'être autonomes en produisant leur propre représentation du monde. La création d'une conscience artificielle réveille la peur ancestrale d'une créature dépassant son créateur.

Les discours d'Elon Musk, patron de Tesla et SpaceX, sur le projet démiurgique de relier le cerveau directement à l'ordinateur, traduit une ambition de puissance démesurée. A leur manière aussi, les discours diabolisant les GAFAM contribuent à survaloriser leur pouvoir. Le positionnement des GAFAM est paradoxal. Il consiste à alerter des dangers tout en contribuant à les développer. Cela relève de l'utopie. A ce stade, nous basculons dans le domaine du Transhumanisme. L'ambition de créer une interface au niveau neuronal entre le cerveau humain et les machines ne relève pas d'un simple intérêt commercial, mais de la croyance selon laquelle l'Homme est à lui-même son propre créateur, capable d'intervenir dans son devenir, de *s'auto-transformer*. Cela peut aller très vite et très loin. L'accélération exponentielle des technosciences change notre vision du monde et de notre environnement. Nous ne sommes qu'au début de nos capacités. Avec l'Internet et les mondes virtuels, nous savons déjà voyager sans bouger, communiquer sans nous déplacer. Avec l'IA connectée directement au cerveau, nous saurons bientôt communiquer

de cerveau à cerveau, d'être vivant à être vivant. La machine intelligente, qui deviendra bientôt notre *alter ego* digital, nous fera acquérir cette forme de sixième sens. Que leurs impacts soient éthiquement recevables ou non, ces systèmes complexes et ces logiciels continueront probablement à être développés par des laboratoires et des entreprises un peu partout dans le monde.

Selon Protagoras dans *La Vérité ou Discours destructifs*⁴, « L'homme est la mesure de toutes choses ». Faisons en sorte que l'humain reste présent dans l'homme, et que l'homme reste la mesure de sa propre évolution. Nous devons, d'abord, reconsidérer les technologies dans leur fonctionnalité première, d'outil au service de l'humanité. Ensuite, il est primordial de fixer un cadre éthique et juridique de référence, suffisamment incitatif et contraignant pour limiter les dérives⁵. A ce sujet, il convient de mentionner le projet de rapport de la Commission des affaires juridiques (JURI) du Parlement européen, publié le 31 mai 2016, contenant des recommandations à la Commission européenne concernant des règles de droit civil sur la robotique⁶.

Les questions sont concrètes. Par exemple, en cas de dommage ou d'infraction impliquant une IA, à qui incombe la responsabilité ? Au chef d'entreprise, au concepteur de l'IA, au programmeur, à l'intégrateur, à l'utilisateur ? A l'IA elle-même ? Cette question de la responsabilité est fondamentale pour les entreprises. Des préconisations doivent être faites pour anticiper les dérives. Par exemple, la mise sur le marché d'une IA pourrait suivre le même processus que celle d'un produit pharmaceutique : tests de grandeur, campagnes de certification et de qualification comprenant des phases de simulation, etc.

Le rapport du CIGREF revient avec précision sur ces différents aspects éthiques et juridiques qui doivent accompagner la commercialisation de l'IA. C'est un impératif non négociable si nous souhaitons saisir les opportunités induites par les technologies plutôt que d'en subir les conséquences. Une chose est certaine : la France ne doit pas faire preuve d'attentisme comme dans d'autres domaines mais doit être proactive et participer à la rédaction des règles éthiques et juridiques si elle ne veut pas se les voir imposer.

? **Que dites-vous aux entreprises les moins convaincues par les performances de l'IA ou les plus réticentes à intégrer ces systèmes intelligents dans leur process ?**

Mon rôle n'est pas de faire du prosélytisme mais de faciliter l'adaptation de l'entreprise en acculturant ses collaborateurs aux nouveaux enjeux soulevés par l'intégration de l'IA.

(4) Protagoras, Platon (Théétète) (151e-152c) ; Sextus Empiricus (Contre les savants).

(5) Cf. « Gouvernance de l'intelligence artificielle dans les grandes entreprises », CIGREF, septembre 2016. Le cadre juridique, les mesures de protections et les enjeux éthiques. P31 - 57.

(6) Commission des affaires juridiques du Parlement européen, Projet de rapport contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique, 2015/2103 (INL), 31 mai 2016 : <http://www.europarl.europa.eu>.

Cela se fait en trois temps :

1. D'abord, il s'agit de travailler sur la **vision du monde** et la culture organisationnelle, notamment auprès des dirigeants. C'est un défi que certains acceptent, même lorsqu'ils ne se sentent, au premier abord, pas toujours concernés. Car l'enjeu premier pour les dirigeants est bien sûr de s'approprier, de mettre en récit et d'incarner une vision du monde reflétant ce qu'il recèle d'incertitudes, de ruptures et de potentiels. Entre les grands groupes et les PME, on oscille entre conservatisme et innovation. Le danger pour les groupes serait qu'ils ne perçoivent pas le danger et l'opportunité que représente le monde qui se dessine et continuent à fonctionner de manière trop fermée et hiérarchisée, freinant ainsi l'innovation. La création de postes de *chief officer* dédiés à la prise en compte de l'IA risque de reproduire ce schéma rigide. Pour éviter cet écueil, certaines entreprises ont ainsi mis en place des dispositifs qui font coulisser avec aisance innovation et prospective. La transversalité entre les directions fonctionnelles ainsi que le rapprochement des équipes sont indispensables, à commencer par le rattachement du DSI aux unités opérationnelles ou métiers. Les PME, quant à elles, pâtissant d'un manque de moyens, se doivent aussi de s'ouvrir au monde et de coopérer entre elles ou avec des groupes afin d'optimiser leurs ressources.

Ces transformations techniques représentent un défi culturel, organisationnel et managérial pour bon nombre d'entreprises.

2. Ensuite, il convient de (re-)penser la **stratégie** : par rapport à cette nouvelle vision du monde, comment positionner l'entreprise dans ses relations avec son environnement et ses parties prenantes ? Et pour servir quelles finalités ? Alors qu'autrefois, dans le secteur bancaire, comme dans la plupart des secteurs, seule la rentabilité importait, aujourd'hui, on passe progressivement d'une logique de « profitabilité durable et responsable » à celle « d'économie positive », c'est-à-dire prenant en compte l'intérêt des générations futures.

3. Enfin, il faut mettre l'**organisation** en mouvement, en permettant aux collaborateurs d'agir, en les libérant des contraintes managériales qui ne serviraient pas la vision et la stratégie de l'entreprise, en favorisant notamment l'expression de l'intelligence collective. Pour cela, la pédagogie, l'information (systèmes de veille) ou encore la formation sont des outils d'accompagnement indispensables.

Penser en rupture *et* agir en continuité (pour assurer la conservation des ressources) est un impératif pour faciliter la métamorphose de l'entreprise et lui permettre de s'adapter, ainsi que ses collaborateurs, aux profondes mutations de notre environnement.

? **Quels utilisations et bénéfices le secteur de la banque perçoit dans le développement de ces systèmes ? Plus spécifiquement concernant les métiers, les recrutements de profils et de compétences, etc. ? Sur la formation professionnelle : quelles attentes de la part des entreprises ?**

Nous ne sommes pas dans une logique de remplacement de l'homme par la machine mais, au contraire, de valorisation des qualités spécifiquement humaines. L'IA aura principalement un rôle d'aide à la décision qui nécessitera, en dernier ressort, la supervision de l'intelligence humaine.

Ceci sera valable en matière de relation client, notamment. Bien que les agents conversationnels se feront de plus en plus les relais des conseillers bancaires, la valeur ajoutée de ces derniers restera indiscutable. Les rapports humains, sur des aspects essentiels et spécifiques, resteront primordiaux dans la relation avec la clientèle. Autre exemple : en matière de financement d'investissements, l'IA facilitera la compréhension des cas complexes.

De façon générale, les outils d'automatisation font gagner du temps et permettent de réduire les coûts et, cela, dans tous les domaines fonctionnels de l'entreprise. L'IA permettra, non seulement de remplacer les tâches opérationnelles les plus pénibles et propices à l'automatisation, de soutenir les fonctions relatives à la maîtrise des risques bancaires de toute nature, mais aussi de faciliter les mises en conformité réglementaire, normative, ou en matière de RSE. La puissance de calcul de ces outils nous permet déjà le traitement de données en temps réel et nous permettra d'affiner les critères pour améliorer la gestion des risques dans des environnements de plus en plus complexes. L'intérêt de mettre en place ces systèmes est très vite perceptible, mais nous n'en sommes encore, pour le moment, qu'au stade de l'expérimentation.

? **Quels sont les métiers qui seront remplacés, automatisés (traitement des échanges courants, pré-analyse de routage sur des analyses de contenu, etc.) ?**

Nous avons tout intérêt à optimiser les processus en confiant aux machines les tâches automatisables et à recentrer le travail des agents physiques sur les tâches les plus complexes et la relation client.

La digitalisation n'est pas nouvelle mais ce qui change, aujourd'hui, c'est l'accélération de son développement et les transformations qu'elle génère. En matière d'effectif, quels seront les taux de reconversion vers des tâches nouvelles ? Aucune entreprise ne sait aujourd'hui y répondre.

Mais nous savons que nous devons continuellement former nos collaborateurs aux nouvelles technologies pour les rendre opérationnels et développer leurs expertises. Cela implique aussi de susciter leur adhésion et de développer

une dynamique participative⁷ autour de l'IA. De manière générale, il y a un vrai sujet autour de la maîtrise des compétences internes des entreprises. L'externalisation fréquente de l'utilisation de ces systèmes pose la question de la protection des données et de l'autonomie de l'entreprise. Les entreprises ne sont-elles pas en train de perdre certaines compétences critiques ? Attention à la dépendance qui se crée entre les prestataires de solutions *big data* et les entreprises. Comment préserver la maîtrise d'ouvrage stratégique et la souveraineté, principalement des données ? Faut-il passer à une logique inter-entreprises, y associer l'Etat ?

Par ailleurs, face à l'efficacité des machines et des solutions qu'elles apporteront, la question de la prévalence de la décision humaine sur l'hypothèse algorithmique se posera, en des termes sans cesse renouvelés.

Ainsi, face à l'évolution des métiers et des compétences, les entreprises doivent anticiper le plus tôt possible l'arrivée de l'IA pour ne pas être contraintes, plus tard, de subir ses effets, se contentant alors de réduire les coûts, notamment en réduisant les effectifs, alors que bien comprise, la révolution cognitive induite par l'IA, offre l'opportunité pour les entreprises, non seulement d'assumer leur rôle

sociétal, tout en préservant les conditions éthiques de la croissance économique, mais aussi de développer et d'offrir des services à plus forte valeur ajoutée en faveur de leurs clients.

Enfin, la question centrale sur laquelle nous travaillons actuellement au plan national avec le CIGREF est de savoir comment faire émerger, au sein des entreprises, les conditions d'expérimentation des nouveaux usages de l'IA. Nous cherchons ainsi à favoriser la mise en place de plates-formes multi-entreprises, ouvertes aux laboratoires, aux *start-up*, aux académiques, etc. La priorité est d'expérimenter les nouvelles formes d'interactions permises par l'IA, notamment en faisant grandir et co-évoluer les agents intelligents d'une entreprise et ceux de ses clients, le tout en évaluant continuellement l'utilité, l'empathie et le comportement éthique des IA. ■

(7) Cf. « Gouvernance de l'intelligence artificielle dans les grandes entreprises », CIGREF, septembre 2016. Bernard Georges - Christelle Launois, Société Générale, sur le développement de la Communauté Empathie Artificielle au travers de collègues. P.30.

L'ALLIANCE DE LA « FRENCH TECH » ET DES GRANDES ORGANISATIONS FRANÇAISES : L'EQUIPE DE FRANCE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA)



Alexandre MARTINELLI
Fondateur et CEO de La Javaness



Grégoire VIRAT
Associé d'Eurogroup Consulting,
membre du Comité Exécutif en charge du numérique

Il est désormais convenu que l'Intelligence Artificielle (IA) est entrée en action et qu'elle va profondément transformer nos sociétés et nos économies. On lui promet un avènement rapide sous l'effet de technologies arrivées à maturité, de données à profusion et de compétences en data science en expansion. Il est également convenu que la France dispose de nombreux atouts pour exceller à l'ère de l'IA : son école de mathématiques, de linguistique, de sciences du comportement humain, la qualité de ses ingénieurs ou encore son esprit d'entreprendre... Si les politiques et les administrations sont habitées par une grande ambition pour l'IA et lui en donnent les moyens, l'IA peut devenir une des plus hautes expressions de l'esprit d'entreprise à la française.

L'impact de l'IA en entreprise sera significatif car l'ensemble de ses processus seront impactés, qu'il s'agisse d'ultra personnalisation de la relation client, d'optimisation des processus internes ou de cybersécurité, et cela améliorera, significativement et à très court terme, la performance des entreprises qui se transformeront pour adopter ces technologies : augmentation des ventes, optimisation des investissements, rationalisation des budgets promotionnels, optimisation des prix en temps réel, détection des fraudes, prédiction des flux logistiques, automatisation des activités à faible valeur ajoutée... Si l'impact de l'IA est potentiellement fort et que les Anglo-saxons en font « the new electricity », son niveau d'adoption par les entreprises n'en est néanmoins qu'à ses débuts. La grande majorité des entreprises et organisations publiques, avec lesquelles nous sommes en intimité, n'en sont encore qu'à des phases d'exploration et d'expérimentation.

La « french tech » : un atout pour la France

Pour accélérer la propagation de l'IA, la « french tech » constitue un atout technologique autant que culturel pour faire de la France un champion de l'IA.

Dans ce contexte, les start-up de la *french tech*, par leur nombre, par les technologies qu'elles déploient, par l'audace qui les anime et par l'agilité de leurs méthodes, constituent un atout pour faire émerger de manière pérenne des applications en entreprise de l'IA.

Mais la contribution de celles-ci va au-delà des seuls apports de technologies et des *data scientists*. Elle réside également dans la propagation d'une culture de l'audace et d'une nouvelle intelligence collective dans nos stratégies, nos organisations, nos modes de travail ou de collaboration. Avec l'audace de la disruption et l'obsession de l'expérience ultime, les *start-up* osent tenter, tester, échouer, pivoter... Elles constituent, ainsi, une source d'inspiration pour les grandes organisations qui doivent désormais s'emparer de l'IA et évaluer, pragmatiquement, par l'expérimentation et le foisonnement, les opportunités qu'elle représente.

Les *start-up* de la « *french tech* » proposent, par ailleurs, un modèle entrepreneurial attractif pour les encore peu nombreux *data scientists* de talent, qui savent allier compétences de pointe en mathématiques et en code ainsi que maîtrise des enjeux économiques. Ces derniers pourront également trouver une forte motivation dans la

résolution, par les technologies de l'IA, des cas complexes et multiples que leur proposent les grandes entreprises. La fuite de nos talents vers les géants américains du web constitue néanmoins un défi permanent. Les montées au capital, souvent opérées par des étrangers, poussent trop souvent les fondateurs à s'expatrier. Conserver ces talents au bénéfice de nos *start-up* et de nos grands groupes constitue un enjeu primordial.

L'IA : un enjeu d'innovation

Au sein des grandes organisations, l'IA constitue un enjeu d'innovation managériale et de conduite du changement autant que de maîtrise des technologies et des données.

La promotion de l'IA dans les grandes organisations s'effectue aujourd'hui prioritairement autour d'un discours productiviste fondé sur les avancées de la technologie. Cette promotion se heurte à des réticences fortes des corps sociaux et managériaux qui y voient une remise en cause de leur existence même. Nos études nous conduisent à penser que si, à un niveau global, une part importante du travail peut être automatisée, la part des métiers qui seront amenés à disparaître par une automatisation massive demeure limitée. L'IA pose donc davantage la question de la transformation des métiers et de la création de nouveaux métiers au sein d'organisations générant plus de valeur, que celle de la disparition de ceux qui existent actuellement. Elle peut, en effet, permettre l'invention d'un nouveau modèle d'intelligence collective, de management, de collaborations humaines, de relations au travail et à la machine.

Transformer les grandes organisations par l'IA, avec l'agilité des *start-up* : le modèle Eurogroup Consulting-La Javaness

Forts de ce double enjeu de mobilisation des *start-up* et de transformation managériale des grandes organisations, nous avons construit un partenariat entre un cabinet de conseil en management et un accélérateur de *start-up* spécialisé en IA. Cette alliance des consultants et des accélérateurs numériques est un pont d'innovation et de transformation entre l'écosystème *start-up* et les grandes organisations.

La Javaness est un accélérateur d'innovations numériques BtoB, spécialisé en IA. La Javaness accélère des *start-up* numériques, et assiste, avec Eurogroup consulting, les entreprises et organisations publiques à concrétiser leur transformation numérique avec agilité. Elle les aide notamment à tirer parti des opportunités offertes par les technologies d'IA qui permettent de valoriser leurs données. La Javaness accélère des jeunes pousses, des projets innovants et des *start-up* internes pour des grandes entreprises ou encore développe ses propres produits d'IA « *as a service* ».

Membre de Remix *coworking*, une communauté de plusieurs centaines d'entrepreneurs et de créatifs fondée sur des valeurs de bienveillance, de co-innovation et d'entraide, la Javaness est située au cœur de l'écosystème tech parisien.

Le modèle d'accélération que nous développons est un modèle multi compétences s'appuyant sur une équipes d'une cinquantaine de spécialistes du numérique organisés en 4 'Labs' d'expertise : design, marketing digital, IT/tech, *data*. Nous disposons, en outre, de plateformes technologiques pour procéder à des expérimentations en *big data* ou industrialiser des produits numériques.

Nous accélérons les projets de façon qualitative, approfondie, selon des programmes adaptés aux besoins de chacun, sur des cycles de 6 mois. Notre promesse est de transformer, en temps court, les idées ou les prototypes en des produits scalables qui trouvent leur marché.

Nous proposons également un ensemble de protocoles d'acculturation, d'idéation et de prototypage visant à résoudre des problèmes d'entreprises ou à lancer de façon accélérée des business innovants. Citons, par exemple, notre programme « 36:00 dans la peau d'une *start-up* », au-cours duquel nous aidons les équipes de grandes organisations, immergées en environnement créatif *start-up*, à inventer de nouveaux business, à en prototyper l'expérience client, à les tester, les faire pivoter et les pitcher devant des fonds d'investissement. Citons, également, notre programme « *Datathon* » qui vise à acculturer, de façon systématique, les équipes des grandes organisations aux enjeux de l'IA, à imaginer les cas d'usage possibles, à les sélectionner et les mettre en place. Nous croyons aux vertus de l'excubation, en particulier dans des espaces de création de lien social, pour faire éclore des innovations. Nous promovons l'innovation ouverte, comme en témoigne notre participation de la première heure à l'alliance pour l'innovation ouverte.

Eurogroup consulting est un cabinet de conseil en stratégie, organisation et management. Nous conduisons des transformations d'entreprise, business, organisationnelles et managériales, notamment dans le virage numérique et plus particulièrement associées au déploiement de l'IA.

A l'ère de l'IA, nous pensons que, plus qu'une approche par la technologie, doit se développer une approche par l'innovation managériale, par l'intelligence collective et l'évolution des formes de collaboration. C'est une clé d'entrée essentielle si l'on veut accompagner efficacement les transformations du management et de la relation au travail à venir.

Pour adresser les enjeux d'innovation managériale et d'intelligence collective associés au déploiement de l'IA, nous nous appuyons sur l'avancée des neurosciences cognitives et des enseignements tirés des expérimentations de nouvelles formes d'organisation (entreprise libérée, entreprise horizontale, nouveaux types de coopération des entreprises avec leur écosystème, etc.). A travers, d'une part,

la chaire Essec de l'Innovation Managériale et de l'Excellence Opérationnelle, dont nous sommes partenaires et, d'autre part, notre Laboratoire d'Innovation Managériale, où nous étudions les impacts de l'IA sur le management, les métiers, les formes de collaboration, le développement des relations de travail entre humains, robots et algorithmes, etc.

Nous nous appuyons, en outre, sur un centre neurocomportemental : c'est un lieu physique qui mesure et analyse les comportements et réactions à des stimuli de différentes personnes, de manière individuelle ou en groupe. Les techniques d'analyse sont de nature neuroscientifique en utilisant tout ou partie des technologies suivantes :

- analyse des émotions (surprise, joie, peur, tristesse, dégoût, colère, mépris, neutralité) par l'observation des mouvements du visage avec un système de caméra et un logiciel dédié s'appuyant sur les travaux de Paul Ekman, psychologue de la *Medical School* de l'Université de Californie à San Francisco, mondialement connu pour avoir développé un outil d'analyse rigoureux des expressions faciales ;
- analyse des zones d'attention par l'observation du regard et de ses trajectoires avec des outils d'*Eyes tracking* ;
- analyse du stress par la mesure des variables électrodermales, respiratoires et/ou cardiaques ;
- analyse des états cognitifs (surcharge, distraction, endormissement, stress, excitation, intérêt, engagement) par électroencéphalographie pour identifier les zones du cerveau activées¹.

Pour passer les innovations à l'échelle des grandes organisations, nous avons, par ailleurs, développé une

nouvelle approche du changement : le changement agile. Cette approche consiste en une application des méthodes des *start-up* à la conduite du changement orientée vers les utilisateurs, mobilisant la multitude, expérimentale et itérative. Les techniques de conduite du changement classiques, conçues pour accompagner des changements descendants, atteignent leurs limites lorsqu'il s'agit d'intégrer les nouveaux enjeux des entreprises que sont l'innovation, le collaboratif, le digital et l'Agile. En privilégiant une démarche expérimentale, conduite sous la forme d'ateliers participatifs fondés sur l'utilisation d'outils numériques, le changement agile constitue une alternative aux pratiques de conduite du changement instrumentales.

Ensemble, nos consultants, chercheurs, designers, *data scientists* et experts du numérique aident *start-up* et grandes organisations à concrétiser leurs innovations fondées sur l'IA en les faisant passer à l'échelle de leurs marchés et organisations : de la « *start-up* » à la « *scale-up* ». ■

Du même auteur

VIRAT Grégoire, « Ne manquons pas le virage de l'intelligence économique », *Les Echos*, 6 avril 2017, <https://www.lesechos.fr>

VIRAT Grégoire, « L'intelligence artificielle : une ambition française », dans Eurogroup consulting, *Intelligence artificielle : des libertés individuelles à la sécurité nationale*, pp. 25-29 <http://www.cigref.fr>

VIRAT Grégoire, MARTINELLI Alexandre, « Avoir l'audace d'une *start-up* pour réussir sa mutation numérique », *Le Figaro*, 22 septembre 2015. ■

(1) Il s'agit d'une méthode d'exploration cérébrale qui mesure l'activité électrique du cerveau par des électrodes souvent représentée sous la forme d'un électroencéphalogramme.

LES ENJEUX POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE



Alexandre GRUX

Président de la start-up Hyperlex



Nicolas VAYATIS

Directeur du CMLA et du Master MVA ENS Paris-Saclay

Les développements mathématiques et algorithmiques autour du traitement de données complexes, les nouvelles puissances de calcul et le flot continu de données accessibles promettent une longue (troisième) vie à l'intelligence artificielle (IA). Les entreprises tentent de s'en saisir au rythme imposé par les GAFAs et par quelques *start-up* semblant menacer leur rentabilité. La population active se questionne à l'écoute de quelques prophètes alarmistes voyant arriver la disparition de métiers ou le remplacement des travailleurs en col blanc au profit de ces technologies aux fortes promesses. Or, force est de constater que l'IA est déjà partout et il est difficile d'imaginer s'en passer : moteurs de recherche ou de recommandation pour la fouille d'information, ciblage pour la publicité ou le spam, etc.

Ce que certains nomment la nouvelle révolution industrielle, succédant à la révolution industrielle du 19^e siècle ayant apporté l'automatisation des processus mécaniques, va, cette fois, impacter en grande partie les sociétés de service et les fonctions support en proposant l'automatisation de processus intelligents (des tâches cognitives) plus ou moins complexes pour lesquels l'homme semblait irremplaçable.

Cet usage n'a pas de limites sectorielles et viendra habiter toutes les fonctions de l'entreprise et des administrations. Il doit être perçu comme une opportunité pour toutes les personnes, à condition de s'y préparer!

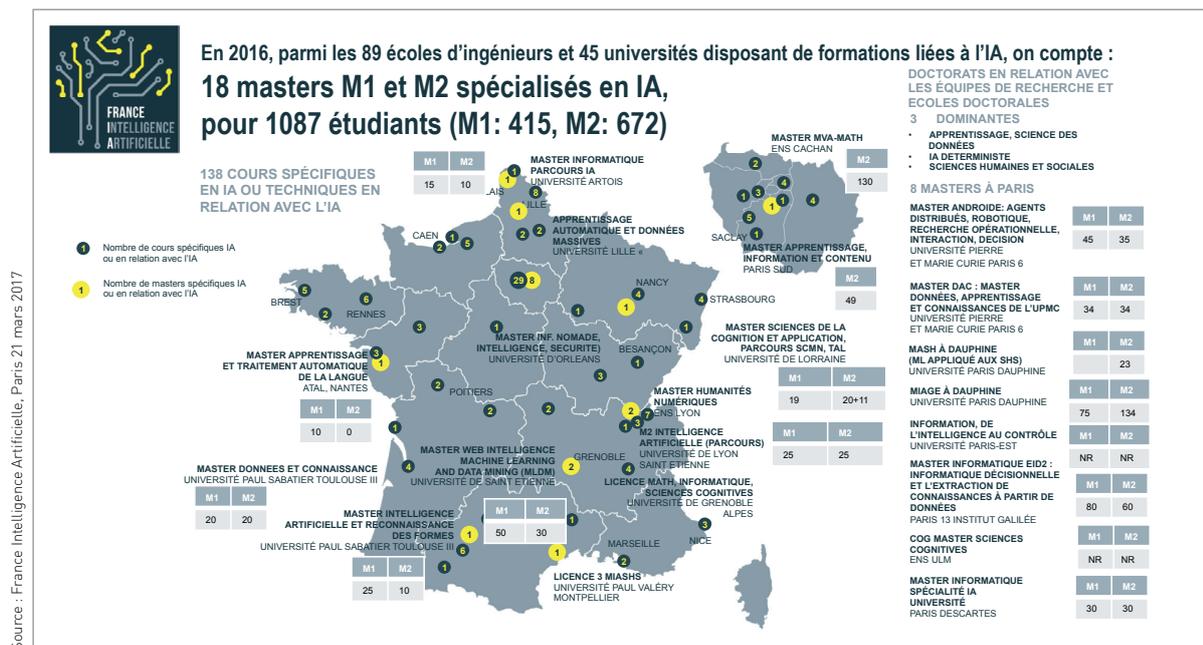
Bref état des lieux de la maturité des entreprises

Ce nouveau phénomène est saisi de manière inégale par les acteurs économiques. On y voit naître de nouvelles fonctions au sein des entreprises, laissant entrevoir ce qui pourra devenir des métiers prépondérants à court terme.

Start-up. Les *start-up* sont les premiers acteurs de l'IA en France, en intégrant ou concevant des systèmes d'IA. Ces acteurs ont largement profité de l'ouverture de nombreux outils open source issus, en partie, des universités américaines mais pas seulement (*Scikit Learn* en France¹). Elles sont les premiers consommateurs d'expertise à la fois technique, dans la mise en œuvre des bibliothèques de programmation, et sectorielle en proposant à des professionnels expérimentés de devenir des « entraîneurs » ou « superviseurs d'IA ». Ces rôles visent à organiser l'information qui sera consommée par la machine et à l'accompagner dans son interprétation (ex : j'ai trié un groupe de documents présentant les mêmes caractéristiques mais je ne sais pas nommer ce groupe ni dire si j'ai oublié de distinguer un sous-groupe).

GE/ETI. En général, les grandes entreprises accélèrent l'automatisation de leurs processus internes (on parle beaucoup de « *Robotic process automation* ») et expérimentent les possibilités offertes par les dernières technologies en suivant les « tendances » sans vraie connaissance, *a priori*, de l'impact ou de la valeur pour leur société. Selon leur désir de maîtriser ces technologies, elles se tournent vers les solutions clés-en-main des géants de l'informatique (IBM, Microsoft, etc.) ou vers les briques technologiques portées par des *start-up*. Il y a, cependant, quelques grands groupes pour lesquels l'IA est un développement clé pour leurs produits et qui ont leur propre groupe de R&D interne sur le sujet. Nous observons de nouvelles fonctions telles que le *Chief Artificial Intelligence Officer*, qui est en charge de piloter la stratégie IA de l'entreprise et d'éclairer l'équipe dirigeante sur l'impact de ces technologies. Parfois, cette question reste dans le portefeuille du *Chief Digital Officer* ou du CTO. Les *data scientists* sont souvent là pour réaliser une activité de veille et de prescription face aux offres des fournisseurs.

(1) Scikit Learn : bibliothèque libre Python dédiée à l'apprentissage automatique, en partie développée par des chercheurs Français de l'INRIA et de ParisTech.



PME. Les PME et TPE (hors *start-up*) semblent encore loin de ces sujets et, parfois, déroutées par le courant de la transformation numérique (*cloud, data, etc.*). Cependant, elles seront, probablement, les premières impactées par ces technologies du fait de leur rentabilité parfois fragile et de leur manque de capacité d'investissement.

Nous nous permettrons d'intégrer, dans ce bref tour d'horizon, les acteurs publics qui nous semblent être déterminants dans l'appropriation de cet usage auprès de la société. En effet, il nous semble que l'Etat peut accompagner la mise en œuvre des nouveaux usages et pondérer ainsi la technophobie autour du sujet.

Administrations. Les administrations publiques poursuivent leur transformation numérique. Elles semblent avoir pris les devants par l'action du Secrétariat Général pour la Modernisation de l'Action Publique (SGMAP), notamment à travers la Direction interministérielle du numérique et du système d'information et de communication de l'État (DINSIC), dans l'organisation et la capitalisation des données publiques (*OpenData* notamment). Le besoin d'automatisation semble être une réponse aux attentes de la *Loi organique relative aux lois de finances (LOLF)*, mais le sujet semble globalement peu abordé. Un contexte particulier est celui de la sécurité nationale où l'IA est aussi envisagée comme un nouveau territoire de criminalité ou de vulnérabilité (promotion de l'Internet des objets, avec des niveaux de protection très faibles). Paradoxalement, ce danger perçu est un moteur pour mieux appréhender le domaine.

Elus. Les politiques et leurs administrés sont peu préparés pour appréhender les enjeux du sujet.

Le grand public. Le sujet véhicule beaucoup d'*a priori* négatifs et des manifestations de technophobie.

Aujourd'hui, quand nous parlons d'usage de l'IA en entreprise, il faut comprendre que cette affirmation revêt souvent des vérités très différentes. En effet, les méthodes actuelles permettent d'automatiser, de manière assez poussée, des tâches, par exemple, en traitement des images mais dans la majorité des cas, nous parlons d'automatiser avec une relative bonne précision (~x%) des actions assez simples. C'est pour cela que nous entendons parler « d'augmenter l'homme » (c'est-à-dire 50 à 80 % du travail préparé par la machine et le reste nécessitant l'intervention d'un humain). Une partie des entreprises travaille donc, non pas à automatiser aujourd'hui les actions, mais à préparer le terrain pour que cela soit possible demain. Ce chantier de préparation porte, notamment, sur l'identification et l'enregistrement des données clefs de leur activité.

Les besoins de formation se dessinent à plusieurs niveaux et ouvrent des opportunités pour de nouvelles fonctions

De ces premières mises en œuvre se dessinent de nouveaux rôles clefs. Emergent des besoins en matière de formation, tant pour le décideur et les utilisateurs d'IA que pour les ingénieurs R&D.

Décideurs. Afin que l'entreprise, l'administration et les politiques comprennent, se saisissent de ce nouvel enjeu et décident des moyens à y consacrer, la sensibilisation des décideurs (et managers) semble être une étape à court terme importante pour identifier les enjeux stratégiques et permettre aux organisations de s'adapter aux transformations auxquelles elles se trouveront exposées. De récentes fonctions de direction consacrées à

la stratégie IA (CAIO) témoignent d'une prise en compte des problématiques. Ce nouveau rôle en complète un autre, presque plus critique de *Chief Data Officer* (CDO). En effet, un sous-jacent incontournable de la mise en œuvre d'une IA est d'avoir des données pour l'entraîner et des données exploitables (lisibles par une machine). Cette évidence n'est pas toujours bien comprise et représente un premier chantier incontournable.

Utilisateurs et chefs de projet. Il y a des besoins de compétences nouvelles et, en particulier, pour des personnes déjà présentes dans les entreprises et devant contribuer au déploiement de l'IA en interne. Ils vont concerner essentiellement trois métiers :

- Des développeurs informatiques appelés à être des intégrateurs d'IA. Il faut bien percevoir, sur ce point, que les outils mis à disposition par la communauté de scientifiques ont très rarement la robustesse d'outils industriels (capacité à supporter de gros volumes de contenus, à être rapides, à supporter des contenus de qualité variable). Il y a beaucoup de travail dans l'intégration et l'industrialisation de ces outils. La formation actuelle des « *data scientists* » est, en France, à dominante plutôt mathématique qu'informatique.
- Des spécialistes « métier » capables d'organiser le problème à résoudre pour le rendre accessible aux solutions techniques existantes, de sélectionner et d'utiliser les nouveaux outils embarquant une IA et, parfois, d'entraîner et de superviser une IA. Nous entendons parler de « mentor », « entraîneur » ou encore de « superviseur » d'IA. Une des exigences de ces fonctions est d'être en mesure de définir les données importantes du problème à automatiser comme précisé plus haut. Nous voyons, par exemple, des sociétés dans le secteur du droit se mettre à « pointer » ou « tagger », dans les décisions de justice ou les textes de loi, les éléments clefs de la décision (les montants d'indemnité, la structure du texte, etc.) afin de permettre à une machine de plus facilement et rapidement prédire ce que sera la décision du juge compte tenu d'éléments objectifs sur le cas.

Ceci nécessite une formation et du temps pour des experts métier qui ont absorbé un ensemble de règles et une intuition de la réponse à un problème au fil de nombreuses années de pratique.

- Enfin, on attend également une forte demande de chefs de projet intervenant de manière transversale sur le développement, l'intégration et la maintenance des systèmes d'IA. Ces profils devront comprendre les limites des systèmes mais aussi les progrès attendus. Ils devront organiser les équipes entre techniciens et praticiens. Ils devront savoir mesurer la qualité des résultats de ces solutions ou le niveau d'erreur acceptable.

Concepteurs. Pour certaines entreprises, concevoir sa propre IA, c'est-à-dire leur propre algorithme, modèle

mathématique, etc., deviendra un élément crucial de leur compétitivité. Nous pensons, par exemple, aux fabricants automobiles (au moins à court terme) ou encore aux sociétés de sécurité informatique. Les connaissances et compétences appelées sont essentiellement mathématiques (à distinguer avec les « intégrateurs d'IA »). Nous pourrions étendre cette fonction au besoin des entreprises de juger de la pertinence des algorithmes à travers un protocole bien établi d'évaluation de leur performance, ou encore à expliquer les décisions ou les recommandations indiquées par l'algorithme.

Quelles sont les offres de formations disponibles pour les entreprises ?

Si les offres de formations initiales existantes semblent satisfaire les entreprises en France et à l'international en termes de qualité et niveau d'expertise, les offres de formations continues sont encore assez peu développées. Nous commençons à voir apparaître des offres assez construites autour des fonctions de *data scientist* (ou *analyst*) permettant de comprendre les bases du sujet, les outils et résoudre ces premiers problèmes. Certains prévoient ces formations pour les personnes en entreprise soit sous la forme de cours en ligne soit de cours le weekend.

Il existe peu d'offres visant spécifiquement un public non technique. Nous pouvons nous interroger sur la nécessité d'entrer en profondeur dans la compréhension de sous-jacents mathématiques quand nous sommes un expert métier devant « superviser » une IA. Nous voyons certains professionnels indépendants participer à des séminaires de vulgarisation technique et scientifique ou encore proposer à des *start-up* leur expertise *pro bono* afin d'apprendre, en contrepartie, sur des cas concrets, le fonctionnement des technologies et les méthodes.

C'est finalement ce que cherchent à faire les grands groupes au contact des *start-up*. A court terme, la formation se fera probablement par une collaboration étroite entre laboratoires, *start-up* et entreprises des secteurs en transformation.

Enfin, à plus long terme, l'omniprésence de cet usage pose des questions plus fondamentales sur le socle d'enseignements des Français. Si communiquer avec des machines devient une activité quotidienne dans tous les métiers, faut-il former plus tôt à la programmation algorithmique et sensibiliser aux limites des algorithmes employés en IA ? ■

Pour en savoir +

Rapport du groupe de travail « France IA » : « Identification et priorisation des besoins de formations », piloté par Nicolas VAYATIS et Alexandre GRUX : <https://www.economie.gouv.fr>



QUELLES TRANSFORMATIONS POUR LE SECTEUR DE L'ASSURANCE ?



Cécile WENDING

Responsable de la prospective au sein du GIE AXA

? Quelles technologies d'intelligence artificielle (IA) sont aujourd'hui mises à profit dans les services assurantiels ? Pour quelles utilisations ? Et quelle valeur ajoutée réelle pour les entreprises clientes et vos modèles d'offre de services ?

Plusieurs technologies d'IA sont aujourd'hui utilisées dans le secteur de l'assurance, à des niveaux de maturité différents. Toutefois, deux domaines d'application concrets et à forte valeur ajoutée émergent : l'amélioration de l'expérience client et la personnalisation de nos offres.

La généralisation de la souscription intelligente et l'utilisation de « *chatbots* » ou robots de conversation vont permettre une personnalisation croissante des produits et services assurantiels. La souscription intelligente aide les agents et les actuaires à mieux cerner les besoins et les attentes de chaque client pour lui proposer l'offre la plus adaptée au prix le plus compétitif. Les *chatbots* proposent aux clients un contact permanent et simplifié pour toutes les questions simples sur leur assurance. L'IA nous permet ainsi, en complément des outils traditionnels, de proposer des produits d'assurance plus individualisés, au meilleur prix.

? Comment percevez-vous l'évolution de vos métiers ?

AXA souhaite devenir un véritable partenaire de ses clients, plutôt qu'un simple payeur de factures. Nous souhaitons travailler à la prévention et à l'anticipation de leurs risques, afin de répondre à leurs besoins assurantiels et extra-assurantiels. L'évolution des schémas de responsabilité et l'apparition de nouveaux risques nous poussent à adapter nos processus et nos produits. Notre ambition consiste,

grâce à l'innovation, à donner à chacun les moyens de vivre une vie meilleure.

? Quelle plus-value pour l'évaluation et les calculs de risques ? La réduction de l'incertitude ne risque-t-elle pas de restreindre le champ d'action des entreprises clientes ou prospects ?

La multiplication des sources de données et la construction de modèles algorithmiques capables d'en tirer des informations pertinentes sont deux innovations parallèles qui bouleversent le métier d'assureur. En effet, bien qu'habitué à gérer des données variées et complexes, les assureurs doivent maintenant réussir leur transition depuis un modèle statistique vers des modèles algorithmiques plus proches du « *machine learning* ». Cette transition va nous permettre d'affiner nos modèles, de garantir un niveau de risque et des compensations appropriées ainsi que d'anticiper certains risques. La réduction de l'incertitude dans l'assurance n'est pas acquise : de nouveaux risques complexes apparaissent, en effet, avec les innovations technologiques comme la voiture connectée. Par ailleurs, même si l'incertitude diminue, le besoin de mutualisation du risque demeure.

? Jusqu'où l'utilisation des algorithmes permet-elle d'affiner les profils (individus, organisations), voire d'anticiper sur les comportements et d'automatiser les prises de décision ?

Quand bien même ils apportent des solutions intéressantes, les algorithmes ne constituent pas une formule magique qui permettrait de connaître les habitudes de tout un chacun et de les analyser. En effet, il existe des limites techniques, réglementaires et éthiques à l'incorporation des



algorithmes dans les modèles assurantiels. L'utilisation d'algorithmes à des fins de prédiction n'est pas encore technologiquement mature. De plus, la collecte de données est soumise à des limites réglementaires qui vont être renforcées avec l'arrivée du règlement européen sur la protection des données personnelles en mai 2018.

? Quels sont les enjeux éthiques qui se posent et se poseront pour votre secteur ?

Le secteur de l'assurance devra répondre dans les années à venir à deux préoccupations principales. Tout d'abord, dans un monde géré par les données et les algorithmes, il devra

être attentif à conserver le rôle social de l'assurance, car c'est bien l'être humain et son besoin de protection qui doivent demeurer le cœur du métier d'assureur.

Par ailleurs, nos clients nous confient leurs données et nous devons donc être à la hauteur de cette confiance. C'est pourquoi AXA s'est engagé dans la durée pour la protection des données personnelles, en créant un comité consultatif, composé d'experts externes, en juillet 2015, le *Data Privacy Advisory Panel*. AXA a aussi été le premier groupe d'assurance à adopter des règles standardisées (*Binding Corporate Rules*) pour protéger la confidentialité des données de ses clients. Ces règles ont été approuvées par la CNIL, ainsi que par 15 autres agences européennes de protection des données. ■

Pour en savoir +

AXA, « Pourquoi la confidentialité des données est un sujet crucial pour AXA », 2017 : <https://www.axa.com>

ABADIE Aurélie, « Intelligence artificielle : les assureurs bientôt remplacés par des robots ? », *L'Argus de l'assurance*, 2017 : <http://www.argusdelassurance.com>

Blog de l'Assurance du Futur : <http://www.assurancedufutur.fr/>



LA CONFIANCE, UN PREREQUIS INCONTOURNABLE



Diane DUFOIX-GARNIER

Directrice des affaires publiques chez IBM France

Deep learning, big data, etc., les capacités de gestion des données et d'analyse prédictive sont présentées comme révolutionnaires en matière de développement et de « modernisation » pour la majorité des secteurs d'activité. Mais peut-on réellement parler de progrès ? Pour certains d'entre eux, pour ne citer que l'assurance, la santé, mais encore la banque, l'enjeu n'est pas seulement un enjeu de développement mais aussi organisationnel et éthique.

? Sur quelle technologie d'IA s'appuie le programme informatique Watson ?

Je voudrais commencer par deux points fondamentaux. Le premier, c'est que nous préférons parler d'intelligence augmentée plutôt qu'artificielle. C'est un parti pris qui place l'Homme au cœur de notre démarche, dans une logique de démultiplication de l'expertise humaine et de complémentarité. Il ne s'agit en aucun cas de reproduire toute l'intelligence de l'Homme. L'IA apprend des interactions avec ce dernier ; en réalité, elle doit en permanence être pensée dans une logique d'adaptation aux besoins humains.

Le deuxième point, c'est qu'IBM existe depuis plus de 100 ans. Nous sommes la seule société technologique de cet âge ! Si IBM est toujours là, c'est que nous avons su nous réinventer et anticiper les différentes ères technologiques. Notre dernière transformation a été guidée par la mobilité, le *big data* et le *Cloud*, à l'ère des données. Mais Watson n'est pas né hier. C'est le fruit d'années de R&D, commencées bien avant la victoire d'IBM contre le champion d'échec Garry Kasparov il y a déjà 20 ans.

Alors qu'est-ce que Watson ? En simplifiant, c'est un système entraîné, qui apprend avec l'expérience, peut interpréter une quantité infinie de données, et interagir en langage naturel. Concrètement, c'est une plateforme cognitive combinant plusieurs solutions (qui peuvent être accessibles sous forme d'APIs sur le Cloud). Derrière, il y a plusieurs technologies : *machine learning*, technologies d'aide à la décision, de

traitement du langage naturel, d'analyse, de reconnaissance visuelle, pour en citer quelques-unes.

Mais ce qui compte, ce sont les usages de ces technologies. Un exemple : en schématisant, on peut dire qu'un tiers des décisions humaines sont optimales, un tiers pourraient être meilleures et un tiers sont de mauvaises décisions. Watson permet de meilleurs choix humains. Il rend possible une résolution plus rapide des problèmes. Il peut générer et évaluer des hypothèses étayées. Plus important encore, il peut permettre de nouvelles découvertes. Les chercheurs ont utilisé « Watson for drug discovery » pour étudier près de 1500 gènes et en ont identifiés 5 qui n'avaient encore jamais été associés à la maladie de Charcot. Cette découverte aurait pu prendre des années... Grâce à l'intelligence augmentée, il a suffi de quelques mois. Et Watson se déploie aujourd'hui dans des secteurs aussi divers que la santé, la finance, l'éducation, la sécurité, l'industrie.

? Le pouvoir transformationnel dans et sur ces secteurs est-il aujourd'hui mesurable ? En percevez-vous des manifestations concrètes ? Les entreprises sont-elles dans une démarche prospective ou ont-elles déjà amorcé ces transformations ? Où se situent les points de blocage éventuels ?

Certains secteurs sont plus avancés que d'autres, mais tous, partout dans le monde, sont en train de changer. D'où viennent ces changements ? De la donnée, qui est la base des nouveaux avantages concurrentiels. Comme des

ressources naturelles, les données peuvent être sourcées, extraites, raffinées, transformées. Aujourd'hui, nous disons aux organisations avec lesquelles nous travaillons : vous avez chez vous les clés de votre transformation. Les données les plus précieuses pour un secteur d'activité ne sont pas sur Internet. 80 % ne sont pas structurées (ce sont des *emails*, des images, etc.) et demandent à être exploitées. Comment ? C'est là que l'IA entre en jeu, avec une accélération liée au *Cloud*, à la puissance de calculs et aux progrès de la reconnaissance vocale et visuelle.

Les professionnels, les entreprises, les acteurs publics autour de la planète en ont vraiment pris conscience ces dernières années et ont amorcé ces transformations ou sont en train de le faire, avec des manifestations très concrètes. Cela prend du temps, mais cela se passe maintenant.

Dans la santé, par exemple, aucun oncologue n'est vraiment en mesure de suivre toute l'actualité scientifique, de lire toutes les études dans son domaine... Entraîné par les meilleurs experts dans leur domaine, Watson a déjà pu se nourrir de 15 millions de pages de publications spécialisées ! Cette expertise permet aujourd'hui à des médecins d'obtenir des suggestions de traitements plus ciblés. Plusieurs hôpitaux dans le monde s'en sont équipés – aux Etats-Unis, en Inde, en Thaïlande, dans des pays européens aussi.

Dans d'autres domaines, les agriculteurs exploitent des données en temps réel pour prendre des décisions sur la gestion de leur temps, de leurs ressources et de leurs coûts. Les avocats passent moins de temps à effectuer des recherches, davantage avec leurs clients, car l'IA les aide à consulter plus d'un million de documents juridiques en quelques secondes pour nourrir un cas juridique...

Les usages se déploient vite en France aussi. On est dans une phase d'effervescence. Le nombre d'acteurs impliqués dans le plan France IA l'a bien montré.

Le Crédit mutuel, par exemple, a décidé récemment de doter 20 000 conseillers bancaires de Watson pour les aider dans leurs relations avec les clients : faciliter le traitement des emails, les assister dans des domaines d'expertise aussi complexes que les produits d'épargne ou l'assurance. D'ailleurs, le président du Crédit mutuel, Nicolas Théry, explique qu'il n'est pas question de remplacer les salariés par un « robot omniscient » mais bien de rendre les conseillers plus disponibles pour les clients. C'est une logique de développement.

Ce sont de premiers cas d'usages, d'autres sont en train d'être créés, y compris dans des domaines dans lesquels les avantages sociaux seront immenses - je pense à l'éducation ou à l'emploi. La phase prospective est bien dépassée. Les organisations sont de plus en plus convaincues de l'importance de ces sujets. Beaucoup dépend maintenant de la capacité des acteurs (privés comme publics) à s'engager dans des démarches de transformation, à investir ou à inventer de nouveaux modèles pour le faire. Je pense, par

exemple, aux intéressantes logiques de partenariats qu'IBM France a développées ces derniers mois, avec des acteurs comme la SACEM.

? De quelle façon pensez-vous restaurer la confiance autour de l'utilisation de ces programmes, qui, avant même d'être développés, suscitent peurs et appréhension ? (Protection des données, souveraineté économique, stratégie nationale, etc.)

Il faut être clair : une partie des appréhensions suscitées par l'IA relève plus de fantasmes liés à la culture populaire des robots. Pour autant, il existe des questionnements légitimes.

Quand vous travaillez dans des domaines aussi sensibles que la santé, la banque ou la sécurité, la confiance est un prérequis totalement incontournable. Nous codéveloppons nos solutions, par métier, avec des experts qui ont souvent une approche très spécifique, un langage propre, des règles précises à respecter... C'est le cas, par exemple, du monde médical. Pour IBM, il est inconcevable de construire des « boîtes noires », c'est-à-dire un type d'IA qui puisse échapper à la compréhension et aux contrôles humains.

La confiance est en fait multi-facette. Une composante essentielle, c'est évidemment la maîtrise des données. Cela passe d'abord par le respect de la vie privée, notamment l'application du règlement européen sur la protection des données personnelles qui entrera en vigueur en 2018.

L'actualité nous rappelle hélas souvent combien les enjeux de sécurité sont cruciaux. Nous garantissons la sécurité grâce au chiffrement et par l'application des plus hauts standards de sécurité, souvent au-delà de ce qu'exigent les législations nationales de cybersécurité. Permettez-moi une parenthèse sur la question sensible des demandes gouvernementales : IBM n'a jamais été cité dans le programme PRISM. Nous ne plaçons pas de portes dérobées dans nos solutions, et ne divulguons en aucun cas les clés de chiffrement. Dans une lettre ouverte à nos clients, nous avons précisé que nous contesterions en justice toute demande visant à accéder par notre intermédiaire à leurs données.

Les questions de propriété sont aussi importantes. En Europe, en particulier, la crainte d'une forme de captation des données peut être un frein à la diffusion des usages de l'IA. Nous disons aux organisations avec lesquelles nous travaillons que leurs données doivent rester leur propriété - et nous le leur garantissons. Nous assurons aussi qu'en utilisant nos solutions, qu'il s'agisse de Watson ou du Cloud, ils garderont le plein contrôle et la possibilité d'accéder à leurs données. Ils pourront connaître le lieu de localisation des données et choisir un stockage en France ou en Europe s'ils le souhaitent. Nous avons investi depuis longtemps dans des centres d'hébergement des données sur notre territoire, notamment à Montpellier où se trouve notre plus grand *data center* européen - IBM France est d'ailleurs, depuis plus de 100 ans, une société de droit français.

? Pouvez-vous développer votre vision des questions de transparence et des enjeux éthiques en général ?

Comme à chaque grand changement technologique, un certain nombre de questions de société se posent. La question très médiatique des craintes de remplacement des hommes par les robots n'est pas nouvelle. Celle de l'impartialité des solutions en est une autre : l'enjeu est bien d'éviter les « boîtes noires » que je mentionnais, en particulier quand l'intervention de l'IA joue un rôle important sur la vie des individus. Des questionnements émergent aussi sur la responsabilité des acteurs, voire sur l'inclusion d'une approche éthique dès l'origine (« by design ») dans les algorithmes.

Pour cette raison, Ginni Rometty, présidente d'IBM, a souhaité d'ores et déjà s'engager à respecter quelques principes directeurs forts. Elle a ainsi présenté à Davos 3 principes pour l'ère cognitive :

- Intelligence augmentée : le but de l'IA et des systèmes cognitifs développés par IBM est d'augmenter l'intelligence humaine. Nos technologies, nos produits, nos services et nos politiques seront conçus pour améliorer et étendre les capacités, l'expertise, et le potentiel humains.

- Transparence : il est crucial d'assurer la confiance des utilisateurs dans les recommandations, les appréciations et les usages de l'IA. IBM indiquera clairement comment et quand ces technologies sont utilisées, les sources de données sur lesquelles elles s'appuient, les méthodes utilisées pour leur apprentissage, la propriété des sources de données et des informations générées par l'IA.

- Compétences : IBM s'engage à investir dans l'éducation et la formation, y compris celle des professionnels, afin de les doter des compétences dont ils ont besoin pour travailler efficacement en s'appuyant sur l'IA. Il s'agit aussi de préparer nos sociétés aux nouveaux emplois qui émergeront demain.

Cela signifie-t-il que toutes les questions éthiques sont épuisées et résolues ? Non, bien sûr. Beaucoup émergent au fur et à mesure. Il faut partir du principe que nous y répondrons progressivement, au gré de l'expansion des usages, de la recherche et des débats citoyens qui s'engagent.

Nous souhaitons y contribuer, notamment via notre centre de recherche et développement français, qui emploie 600 experts dont 100 docteurs en sciences. Nous participons aussi aux différents travaux de l'écosystème : aux réflexions pilotes de la Commission parlementaire supérieure du numérique et des postes, aux intéressants travaux de l'OPECST, au plan France IA du précédent gouvernement ou aux actions de la CNIL... Nous menons, enfin, un dialogue renforcé sur les enjeux d'éthique avec les autres acteurs du numérique qui sont à la pointe sur ces questions.

Ce dialogue se veut très ouvert, car notre objectif est bien celui de la confiance. Nous souhaitons aussi que la France, où nous sommes très engagés, soit à la pointe de cette révolution technologique, pour continuer à attirer les investissements sur son territoire et à faire croître l'écosystème IA national.

? Quels seront les métiers valorisés et complémentaires de l'IA ? (compétence et formation des salariés)

Dans une logique d'intelligence augmentée, il y a tout lieu d'être optimiste sur la complémentarité de nombre de professions. Dans le domaine de la santé, par exemple, Watson formule des suggestions de traitement, associées à des justifications et des sources très précises. Le médecin, qui connaît son patient, sa discipline et peut percevoir des milliers d'indices qui échappent à ce jour à l'IA, reste décisionnaire. Mais, en combinant son expérience et expertise avec les technologies cognitives, il est aujourd'hui capable de prendre des décisions plus informées et de trouver plus rapidement le bon traitement pour son patient.

C'est la même approche qui a été retenue par le Crédit Mutuel en France, en mettant Watson à disposition des conseillers bancaires pour mieux conseiller leurs clients.

Pour autant, nous abordons la question de l'impact sur l'emploi sans tabou. Certains emplois seront transformés, d'autres disparaîtront certainement, et de nouveaux apparaîtront. Mais notre conviction est qu'il y a plus à gagner à investir dans l'IA qu'à miser sur une raréfaction de l'emploi. L'histoire nous enseigne d'ailleurs plutôt que le pari de la technologie permet de créer de la compétitivité et de l'emploi – c'est l'exemple des filières automobiles allemandes ou japonaises.

Alors quels seront les métiers de demain ? Certains seront scientifiques, directement liés à ces technologies – et la France a une vraie carte à jouer vu l'excellence de sa formation scientifique. Mais tout le monde ne sera pas ingénieur ; de nouveaux métiers apparaîtront que nous ne connaissons pas aujourd'hui. D'où l'importance de mettre aussi l'accent sur les compétences transverses (peut-être même littéraires ?), et la nécessaire adaptation des individus.

Dans tous les cas, l'investissement dans les compétences sera crucial. ■

Pour en savoir +

LELIEVRE Adrien, «Le Crédit Mutuel accélère dans l'intelligence artificielle», *Les Echos*, 2017 : <https://www.lesechos.fr>

CHOCRON Véronique, «Le Crédit mutuel déploie le robot d'intelligence artificielle Watson dans son réseau », *Le Monde*, 2017 : <http://www.lemonde.fr>

ENTRETIEN AVEC



Cédric VILLANI

Mathématicien et député

? En vous confiant la mission sur l'intelligence artificielle auprès du secrétaire d'Etat au numérique, le gouvernement place le progrès technique et scientifique au cœur des préoccupations de ce quinquennat. Au-delà d'un effet d'image qui risque de s'essouffler rapidement, en quoi réside la pertinence d'un rapprochement entre les cultures scientifique et politique ? Permettra-t-il réellement de faire bouger les choses et de doter la France d'une gouvernance capable de faire face aux géants américains et chinois ? En tant que député mathématicien, avez-vous le recul nécessaire pour éclairer les décideurs sur les enjeux éthiques et sociétaux ?

Avoir des scientifiques à l'assemblée, c'est une nouveauté ! Je ne dis pas qu'ils étaient absents avant, mais il y en a beaucoup plus aujourd'hui. Avoir un scientifique qui est déjà médiatique, fait naître des attentes encore supplémentaires. Ce positionnement particulier a été salué de façon unanime, même dans les groupes d'opposition de l'Assemblée. Les scientifiques ont environ 90% de cote de confiance en comparaison avec le monde politique qui lui, a une cote de confiance très basse. Affirmer ce positionnement est une façon de ne pas rester en retrait de ce monde politique qui est si mal vu. Au sein de l'Office parlementaire scientifique dont j'ai repris la présidence, nous sommes un certain nombre de nouveaux députés à avoir une culture scientifique. Nous sommes aussi au moins quatre à avoir une thèse, dont un professeur, un président d'université et une ingénieure. Parmi ces nouveaux députés on compte également d'autres experts en médecine, en biologie, etc. C'est une richesse sur laquelle on peut s'appuyer. Je nourris de grands espoirs dans la façon dont on va pouvoir intégrer davantage cette composante scientifique objective au processus législatif.

Le fait d'être identifié comme scientifique dans cette mission parlementaire permet d'avoir accès à un réseau important de contributeurs, de placer le débat avec une grande exigence en terme scientifique.

? Quelle définition de l'intelligence artificielle (IA) donnez-vous dans le cadre de votre mission ?

C'est indémêlable ! Nous allons devoir nous entendre entre experts sur la définition à adopter dans le rapport. Plusieurs

définitions sont possibles, ce qui ne ravit pas les juristes qui ont besoin de qualifier les choses.

La première définition possible de l'IA s'inscrit dans la logique des tests de Turing. Cette configuration présente un algorithme suffisamment sophistiqué pour prendre des décisions autrefois réservées à l'être humain. Par exemple, un algorithme de trading de bourse haute fréquence sera, dans nombre de situations, bien plus efficace que l'humain. Malgré le niveau de performance, la majorité des informaticiens réservera le terme d'IA à un autre type d'algorithme qui apprend, et qui, au cours de son développement, de son action et de sa phase d'apprentissage, va évoluer. Cette phase d'apprentissage pourra dépendre d'une situation, ou d'une exploration faite en partie au hasard, ou encore des exemples qui seront donnés. Et, bien que certains fassent la distinction entre IA, apprentissage automatique ou *machine learning*, il est question essentiellement des nouvelles techniques d'apprentissage. Pour simplifier, nous sommes face à deux définitions possibles. Une définition qui insistera sur le caractère évolutif et personnalisé ou feint de la réponse ; le fait qu'au fil du temps la réponse ne sera pas la même que celle que l'on attendait au départ. Une deuxième définition qui insistera sur le rôle des exemples. Et c'est là qu'arrive le véritable problème : la donnée !

La plupart des algorithmes d'IA modernes dépendent non seulement de la qualité du programmeur, mais aussi de la qualité des données qui servent à l'apprentissage. Ça change complètement la notion et les facteurs de performance de l'algorithme, mais aussi de compétitivité en matière économique. Il ne suffit pas d'avoir la bonne idée. Il faut avoir la bonne idée et le grand jeu d'exemple et de données. Il ne suffit pas d'avoir la bonne invention, encore faut-il avoir les capitaux qui permettent de la faire développer. Ici, les grands jeux de données ont le rôle de capital. Ils déterminent la performance de ces outils tout comme l'expérience sur l'entraînement de votre algorithme.

Nous voyons bien combien il est délicat de définir l'IA, et chacun de ces aspects compte de façon différente. Par exemple, si vous insistez sur le caractère évolutif du programme, alors se pose la question de la confiance qu'on peut accorder à l'algorithme, puisqu'on ne sait pas a priori

ce qu'il va faire. Si vous insistez sur les données, alors se posent des questions de type économique et qui relèvent de la responsabilité. Comment la responsabilité en cas de défaillance est partagée entre le programmeur, le fournisseur de base de données, l'intégrateur peut-être et l'algorithme lui-même ? Quel est le consentement par rapport à la propriété et l'utilisation des données ? Comment protéger les données pertinentes, jugées importantes, voire vitales, pour la société, sans pour autant freiner le développement d'un écosystème économique ? Ce sont des questions délicates et qui font intervenir tous les aspects, la science, l'économie, l'éthique.

? Quelle place allez-vous donner à ce travail de définition dans le rapport ?

Nous ne souhaitons pas passer énormément de temps sur la définition, l'important est plutôt de s'entendre sur les niveaux de compréhension et de déterminer l'action en fonction de ces niveaux. Des mesures s'appliqueront à la définition large de l'IA, d'autres aux définitions plus restrictives, d'autres encore, à certains types d'IA. Nous devrions dire les IA, parce qu'il y a plusieurs types d'IA qui se distinguent dans leurs principes.

? On annonce une nouvelle stratégie dans les prochains mois. Qu'attendez-vous de nouveau par rapport aux nombreux Livres blancs et rapports produits sur la question, à commencer par le rapport France IA mars 2017 ?

L'attente est énorme. On le voit aux centaines de personnes qui spontanément demandent à être auditionnées. On le voit aussi à l'animation et à l'enthousiasme des débats. Nous en sommes à notre troisième audition et, à chaque fois, nous constatons l'ampleur grandissante et l'implication des groupes qui les composent. Il y a des attentes à différents niveaux. D'abord, c'est un sujet qui fait rêver et on a envie d'explorer de nouveaux usages et de voir la recherche en IA progresser et participer au progrès de la société et de l'humanité. Ensuite, ce mouvement s'inscrit dans un contexte : au plan économique mondial, l'Europe joue en seconde division. Non seulement l'Europe n'a pas réussi à rattraper son retard économique par rapport aux géants américains, mais on voit maintenant arriver les géants chinois, qui, avec une stratégie combinant protection et offensive, réussissent à faire émerger de très grands acteurs économiques axés sur le développement d'algorithmes de haute volée.

Il y a donc bien un enjeu géostratégique. Il ne s'agit pas pour autant de déclarer la guerre mais d'arriver à une situation de compétition juste qui puisse protéger au mieux les intérêts des citoyens, assurer la souveraineté européenne.

? Un projet à dimension européenne pourrait-il faire émerger une offre concurrente aux géants étrangers ?

Sans préjuger du résultat de la mission parlementaire, je crois que la France, seule, ne pourra gagner la guerre. Et

la feuille de route insiste sur les dimensions française et européenne. A travers cette réflexion, la France cherche aussi à retrouver la vocation et la place qu'elle avait au démarrage du projet européen, précurseur et inspirateur. Et je pense qu'une bonne partie des axes de politique européenne développés par le président Emmanuel Macron auront vocation à se retrouver dans cette stratégie d'IA. L'Europe a plusieurs atouts : celui de la taille d'abord, du fait d'un marché intérieur conséquent. L'autout de l'excellence académique et universitaire sur le sujet ensuite, une grande vitalité en matière de projets et de *start-up*. Dans cet ensemble, la France joue un rôle incontournable. Elle est l'un des pays où la recherche et la formation sont des plus développées sur ce sujet, l'un des principaux pays au sens économique, où l'écosystème *start-up* est incontestablement en plein essor. La France est aussi un pays qui, du fait de son histoire administrative centralisée, possède de très grandes bases de données. Il va falloir valoriser tout cela et de ne pas faire cavalier seul. La récente régulation européenne sur les données (GDPR) va jouer un rôle important dans la discussion et donner un cadre européen à cette discussion, avec de profondes conséquences. Nous devons en tenir compte, nous positionner pour ou contre, ou faire avec.

? La récente proposition du président de créer une agence européenne de l'innovation de rupture dans les deux ans, avec le lancement d'un programme commun d'IA, va-t-elle dans ce sens ?

L'Agence européenne pour l'innovation devrait avoir un périmètre bien plus large. Doit-on compter sur les entreprises, sur la puissance publique ? A ce stade, je peux difficilement apporter une réponse tranchée, j'ai 3 mois pour me faire une religion là-dessus.

Il y a, en premier lieu, un enjeu de coopération entre équipes de chercheurs. Des conglomérats internationaux font l'objet de réflexions. Des exemples franco-allemands nous montrent que ce projet européen pour la recherche est déjà bien amorcé.

En second lieu, il conviendra aussi de revenir sur les tentatives françaises qui n'ont pas abouties, afin de ne pas retomber dans les mêmes écueils. Par exemple, les moteurs de recherche comme Qwant, probablement le plus connu, un Google à la française ou à l'européenne, les tentatives de *clouds* souverains. Tous ces projets n'ont pas donné de résultats à la hauteur des espoirs. Quels ingrédients pouvaient-ils bien manquer ? Pour chacun des projets, il faut à chaque fois se demander comment actionner l'ensemble des spectres de l'action publique législatif, juridique, culturel et administratif. Faut-il créer une agence, soutenue par une campagne de publicité ? Faut-il créer un label, accompagné d'une incitation fiscale, d'une nouvelle législation, etc. ? Sans doute un peu tout ça !

? La structure devrait-elle suivre un modèle plus participatif par comparaison aux autres institutions, plus proche de la *Defense Advanced Research*

Projects Agency (DARPA) du département de la Défense américain, citée comme une référence en matière de recherche et de développement ?

C'est une réflexion en cours. Jean-Yves Le Gall, président du Centre national d'études spatiales (CNES), a par exemple prôné ce genre de modèle au niveau français ou au niveau européen. La DARPA a effectivement marqué l'histoire et la culture de l'innovation et reste un modèle très pertinent, notamment au travers du lien entre l'industrie et Washington, le complexe militaro-industriel qui n'existe pas tel quel en Europe.

Le circuit de la valorisation entre recherche et entreprise reste un grand sujet pour l'Europe et la France n'est pas le meilleur élève en la matière, malgré les efforts de ces dix dernières années. La réussite du projet européen va certainement passer aussi par une bonne coopération entre les acteurs publics et privés sur la base de passerelles de financement.

? Des solutions concrètes seront-elles intégrées dans un plan d'action, notamment pour remédier à la fuite des cerveaux ?

La fuite des cerveaux n'est pas si importante qu'on le dit. Et la France reste, très clairement, un pays qui a globalement un pouvoir de rétention par rapport à d'autres, du fait de la qualité de vie et de la force de la culture française. Malgré tout, les exemples qui nous amènent à faire le constat d'une érosion de jeunes chercheurs attirés dans des laboratoires étrangers sont nombreux. Ces derniers se voient offrir des projets clé en main par de grandes institutions américaines après avoir échoué à obtenir les mêmes projets en Europe. D'autres restent en Europe mais sont recrutés par des laboratoires de géants étrangers, majoritairement américains. Les mouvements d'échange sont indispensables dans un parcours de recherche et la France a historiquement vocation à partir à l'aventure dans le monde entier. Mais il faut impérativement éviter que ça se fasse à sens unique ! Il convient désormais de trouver les bonnes mesures pour mettre en place un mouvement sain de va et vient. Mon collègue Marc Schoenauer, qui a assisté de nombreux chercheurs au cours de sa longue carrière, a bien conscience des facteurs déterminants qui les poussent à l'exode. Attention à ne pas réduire le phénomène à l'unique question de la rémunération qui, il est vrai, est excessivement basse en France. N'oublions pas que nous avons affaire à une communauté de passionnés pour qui la satisfaction première réside moins dans l'attrait d'un salaire que dans celui d'avoir les coudées franches pour faire aboutir un projet de recherche. Obtenir des capacités suffisantes de calculs pour expérimenter votre logiciel, c'est ce qui fait pencher la décision vers le plus offrant. Selon que vous êtes dans un laboratoire public français ou dans un laboratoire privé des géants américains, le différentiel de possibilités d'expérimentation est colossal. Je ne citerai qu'un exemple rapporté dans les auditions : un chercheur, après avoir échoué six fois à obtenir un projet financé par les

grandes agences de financement françaises, s'est vu attribuer sans appel d'offre le même projet par un mécène américain à Austin.

? Travailler sur les capacités de financement public/privé est-elle la priorité ?

Les acteurs américains jouent un rôle que certainement aucun acteur privé ne pourra avoir en Europe dans un futur plus ou moins proche et pour lequel la puissance publique peut escompter se substituer. Envisager de mettre des outils publics à disposition des privés est une des nombreuses pistes à exploiter.

? Quels sont les principaux risques liés au développement des technologies d'IA ? Ne résident-ils pas dans la disparition des emplois, dans le déclin de la classe moyenne et dans une nouvelle fracture sociale ? Dans l'utilisation abusive/détournée des biais systématiques à des fins commerciales, idéologiques ou de puissance ? Dans une remise en cause des valeurs démocratiques ?

C'est une question qui s'invite partout. A travers les auditions, nous entendons tout ! Les prédictions économiques sont extrêmement difficiles dans ce domaine. Entre l'approche schumpetérienne qui évoque davantage la transformation que la destruction des emplois et les approches plus radicales évoquant un mouvement de destruction du travail sur 70 ans, le spectre est large.

L'objectif, sur cette partie prospective, n'est pas d'apporter des solutions clé en main mais de proposer plusieurs scénarios afin de s'y préparer. Pour cela, nous devons conduire des études et mobiliser des analystes.

? Y-a-t-il une préoccupation dominante qui revient dans les auditions, les débats ?

La formation est un item récurrent. La formation pour les jeunes y compris pour les enfants, pour les étudiants, pour les entreprises et pour ceux qui sont sur le marché du travail. La formation est abordée selon deux angles : pour apprivoiser l'algorithmique ou pour s'adapter aux nouvelles organisations du travail qui peut-être vont se présenter. C'est-à-dire une organisation par projet, plus modulaire, dans un contexte où certains prédisent la fin du salariat.

Pour les entreprises, c'est un vrai défi ! Nous nous demandons comment aborder la transition IA alors que beaucoup d'entreprises n'ont pas encore fait leur transition numérique. Cette réalité concerne aussi les très grandes entreprises. Les entreprises manquent encore de maturité dans le domaine, ce qui rend la transformation d'autant plus délicate.

? Quelles compétences allez-vous agréger dans votre équipe et vers quels interlocuteurs allez-vous vous tourner pour vos travaux ?

J'ai la chance de pouvoir réunir une très belle équipe, je dois dire que c'est un vrai plaisir de travailler dans ces conditions. Marc Shoenuer, par son expertise sur le sujet, est un acteur phare. Nous bénéficions au quotidien du secrétariat général du Conseil National du Numérique (CNNum), piloté par Yann Bonnet. A ces compétences s'ajoutent celles de deux jeunes chercheurs de l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA) et du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) dans le domaine et d'un troisième qui vient des grands corps de l'Etat. Les sources d'expertise sont variées et permettent de multiplier les approches. L'un des administrateurs de l'Office scientifique nous rejoindra probablement. Nous pouvons également citer des organismes comme France stratégie ou d'autres de prospective de l'Etat que nous pourrions mettre à contribution.

Les interlocuteurs des ministères les plus concernés seront également associés, celui du Travail, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et de l'Innovation, celui de l'Education nationale. Afin d'assurer la diffusion des sujets parmi les députés, une place leur est réservée dans les auditions.

Ce qui est marquant depuis le début de la mission, c'est l'enthousiasme avec lequel les propositions arrivent spontanément. Le sujet ne laisse pas indifférent.

C'est un projet très vaste et l'échéance est courte. Il ne s'agit pas de réécrire et réinventer le contenu des nombreux rapports ou livres blancs qui ont été réalisés sur le sujet, mais bien de capitaliser dessus. La commande publique est claire, il va s'agir de proposer divers scénarios, d'établir des recommandations pragmatiques et d'évaluer les moyens à y consacrer, pas seulement financiers, également en matière de mise en œuvre.

? **L'évolution de l'économie mondiale est confrontée à ces technologies dites de rupture dont on ne perçoit aujourd'hui que les prémices. Comment voyez-vous l'avenir ?**

Les nanotechnologies, l'impression 3D qui est en train de faire des merveilles, ces inventions offrent des perspectives vertigineuses. L'époque est passionnante, ça va dans tous les sens et nous ne pouvons, ni ne devons espérer contrôler tout ça !

Les scientifiques ont perdu l'espoir d'avoir une vision globale et le politique en est également incapable. L'époque du général de Gaulle où la politique nationale était construite autour de grands projets tels que le transport, le nucléaire etc., a fait des merveilles, mais elle ne correspond plus aux conditions d'émergence de l'innovation aujourd'hui. La politique publique en sillons n'est plus compatible avec la profusion des secteurs, des acteurs, avec la dispersion des compétences. Nous évoluons vers une politique d'arrosage dont le rôle est de mettre en place les conditions favorables

au développement de projets. Nous adoptons des logiques moins systématiques et plus écosystémiques.

La façon dont nous conduisons la mission est à cette image : une mise en place rapide, une organisation et un protocole allégés.

Il y a encore 6 mois, je n'aurais jamais pensé être en capacité de conduire un tel projet. Nous allons pouvoir rencontrer tous les acteurs, tous les secteurs de la société, diriger l'office parlementaire scientifique et, chose fondamentale pour notre pays, travailler sur la qualité de l'articulation entre le scientifique et le politique. Et cela avec les coudées très franches, dans un contexte où on ne s'interdit rien, où l'on réfléchit à une refonte du règlement intérieur de l'Assemblée nationale, à un changement législatif et constitutionnel. De très grands espoirs sont à l'œuvre aujourd'hui. Cela doit nous rendre optimistes sur l'avenir et le positionnement de la France en matière d'innovation. Le contact entre scientifiques et politiques est fondamental et je ne regrette absolument pas de m'y consacrer entièrement.

Bien sûr, il ne faut pas trop promettre, il ne faut pas croire que d'ici trois ans la France sera leader mondial des sciences. Ce sont des sujets difficiles, parce que ce sont des sujets à la fois culturels, éducatifs, etc. Une transformation prend du temps, mais cette fois une dynamique a émergé avec le renouvellement des dernières élections aussi bien présidentielles que législatives et je suis heureux de porter cette dynamique essentielle. ■

Du même auteur

VILLANI Cédric, HEINZMANN Gerhard, CARTIER Pierre et DHOMBRES Jean, *Freedom in mathematics*, Springer, 2016, 117 p.

VILLANI Cédric, BAUDOIN, *Les rêveurs lunaires, quatre génies qui ont changé l'Histoire*, Gallimard Bande dessinée, 2015, 192 p.

VILLANI Cédric, *Les mathématiques sont la poésie des sciences*, L'arbre de Diane, 2015.

Pour en savoir +

INRIA : L'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique est un organisme public de recherche, dédié aux sciences et technologies du numérique. Pour plus d'information: <https://www.inria.fr/>

CNNum : Le Conseil national du numérique est une commission consultative indépendante, dont les missions ont été redéfinies et étendues par un décret du Président de la République du 13 décembre 2012. Pour plus d'information : <https://cnnumerique.fr>

CNRS : Le Centre national de la recherche scientifique est un organisme public de recherche (Établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle du Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche). Il produit du savoir et met ce savoir au service de la société. Pour plus d'information : <http://www.cnrs.fr/>



ADOPTER LES MÉTHODES AGILES¹

COMMENT MAÎTRISER LA MÉTHODE QUI RÉVOLUTIONNE LE MANAGEMENT



Darrell K. RIGBY

Associé au bureau de Boston du cabinet de conseil en stratégie Bain & Company. Il est en charge des pratiques innovantes et commerciales du cabinet au niveau mondial.



Jeff SUTHERLAND

Un des créateurs de la méthode scrum d'innovation agile et le P-DG de Scrum Inc., une société de conseil et de formation.



Hirotaka TAKEUCHI

Enseignant au département Stratégie de la Harvard Business School.

Au moment où les organisations perçoivent la nécessité de cadrer le management de la sûreté, notamment au travers du projet de norme volontaire internationale conduit au sein de l'AFNOR, plusieurs tendances se dessinent qui attirent notre attention. Quel modèle permettra aux organisations de s'adapter au mieux au contexte marqué, d'un côté, par la généralisation des technologies de l'intelligence artificielle, de l'autre, par une expression de la radicalité de plus en plus violente ? La sûreté est plus particulièrement exposée à ces environnements complexes. Les modèles qui s'imposent aujourd'hui, principalement Anglo-saxons, sont-ils reproductibles dans toutes les organisations, les cultures, les secteurs ?

Parmi les méthodes montantes, l'approche « agile » est présentée comme un grand mouvement global qui est en train de transformer le monde du travail. Elle se propage et s'applique aujourd'hui dans les organisations de tailles et de secteurs très variés. Le numéro d'août-septembre 2017 de Harvard Business Review — y consacre un article : « Adoptez les méthodes agiles. Comment maîtriser la méthode qui révolutionne le management », écrit par Darrell K. Rigby, Jeff Sutherland et Hirotaka Takeuchi. Défis a souhaité partagé cet éclairage avec ses lecteurs.

La revue Harvard Business Review France a été lancée en France en janvier 2014. A découvrir sur le site www.hbrfrance.fr

Les méthodes d'innovation agiles ont révolutionné les technologies de l'information. Durant les 25 ou 30 dernières années, elles ont considérablement accru les taux de réussite dans le développement des logiciels, amélioré la qualité et la vitesse de commercialisation, et stimulé la motivation et la productivité des équipes des technologies de l'information.

Aujourd'hui, les méthodes « agiles » – qui recourent à des valeurs, des méthodes et des principes novateurs, induisent une nouvelle gamme d'avantages, et diffèrent résolument du management de style « commandement et contrôle » – se propagent dans un éventail toujours plus large de secteurs d'activité, y compris au sein des comités de direction. NPR National Public Radio (NPR), aux Etats-Unis, applique le management agile pour élaborer ses nouvelles grilles de programmes. John Deere l'a adopté pour concevoir de nouveaux matériels et Saab pour construire de nouveaux avions de chasse. Intronis, un des leaders des services de sauvegarde du cloud, le met en œuvre dans son marketing. C.H. Robinson, fournisseur mondial de « third party data » (data achetée à un fournisseur de données, NDLR), l'a choisi pour son département des ressources humaines. Le négociant en vins Mission Bell Winery y recourt, tant dans

l'élaboration et l'entreposage de ses produits que dans le fonctionnement de son équipe dirigeante. Et General Electric s'en remet également au marketing agile pour accélérer sa mutation très médiatisée de conglomérat du XX^e siècle en société industrielle digitale du XXI^e siècle. En soustrayant les acteurs à leur environnement fonctionnel habituel pour les intégrer dans des équipes multidisciplinaires auto-organisées centrées sur le client, l'approche « agile » donne certes de l'impulsion à la croissance rentable, mais elle contribue aussi à faire émerger une nouvelle génération de managers hautement qualifiés.

Le développement des méthodes agiles fournit des possibilités inattendues. Pourriez-vous imaginer que 50% de plus des nouveaux produits introduits par une société parviennent à des rendements positifs ? Que les programmes marketing génèrent 40% de plus de demandes clients ? Que les ressources humaines recrutent 60% de plus de ses cibles hautement prioritaires ? Que deux fois plus d'employés s'impliquent corps et âme dans leur activité ? C'est à ce niveau d'amélioration que se situent les effets des méthodes agiles sur les technologies de l'information. Les opportunités offertes dans les autres secteurs de l'entreprise sont aussi importantes.

(1) Extrait de Harvard Business Review N°22. Pour plus d'information : <https://www.hbrfrance.fr/>

Il existe cependant un obstacle majeur. Lorsque nous nous enquêrons auprès des décideurs de ce qu'ils savent des méthodes agiles, la réponse est habituellement un sourire embarrassé et une boutade du genre « juste assez pour être dangereux ». D'aucuns avanceront quelques expressions comme « sprints » ou « boîtes de temps », et affirmeront que leur société est de plus en plus agile. Mais comme ils n'ont suivi aucune formation dans ce domaine, la démarche leur reste étrangère. Et donc, sans le savoir, ils continuent à appliquer des méthodes tout à fait contraires aux principes et aux pratiques des méthodes agiles, sapant l'efficacité des équipes qui, elles, mettent en œuvre ces pratiques.

Ces décideurs lancent d'innombrables initiatives à exécuter dans des délais très courts plutôt que d'assigner la plus haute priorité à deux ou trois d'entre elles seulement. Ils s'éparpillent, eux et leurs meilleurs assistants, sur un trop grand nombre de projets. Ils programment des réunions fréquentes avec les membres d'équipes agiles, les obligeant à « sécher » des séances de travail ou à se faire représenter. Nombre d'entre eux s'impliquent exagérément dans le travail des équipes. Ils parlent plus qu'ils n'écourent. Ils défendent des idées accessoires que l'équipe a déjà envisagées et reléguées. Ils rejettent systématiquement certaines décisions prises par l'équipe et imposent vérifications et contrôles en tout genre pour s'assurer que les erreurs ne seront pas répétées. Avec les meilleures intentions, ils détruisent les bénéfices qu'engendrent les innovations agiles.

L'innovation est au cœur de la démarche agile. Si la méthode se révèle moins productive lors des opérations de routine, la plupart des sociétés opèrent de nos jours dans des environnements extrêmement dynamiques. Elles n'ont pas seulement besoin de produits et de services, mais également d'introduire de l'innovation au sein des processus fonctionnels, notamment en raison du développement rapide des nouveaux outils propres au software. Les sociétés qui créent un environnement favorable aux méthodes agiles constatent que les équipes innoveront plus rapidement dans ces deux domaines.

Notre activité de conseil et de recherche auprès de ces compagnies nous a amenés à distinguer six bonnes pratiques qu'il est tout à fait essentiel de voir adopter par les dirigeants s'ils souhaitent tirer le profit maximum de la démarche agile.

Apprendre comment fonctionnent vraiment les méthodes agiles

Certains dirigeants semblent confondre démarche agile et anarchie (chacun fait ce qu'il ou elle veut), tandis que pour d'autres, il s'agit de « faire ce que je dis, mais plus vite ». Rien de cela dans les méthodes agiles (voir l'encadré « Méthode agile : valeurs et principes »). Ces méthodes se présentent en fait sous différentes formes qui ont beaucoup en commun mais mettent chacune l'accent sur des nuances distinctes. Le projet scrum (« mêlée », en anglais) souligne l'importance du travail d'équipe créatif et adaptatif dans la résolution des problèmes

complexes; le lean development met l'accent sur l'élimination constante des sources de gaspillage; et la méthode kanban se focalise sur la réduction des délais de livraison et la limitation des tâches en cours. L'un des auteurs de cet article (Jeff Sutherland) a contribué à la conception de la méthode scrum, inspiré en cela – pour partie – par « The New New Product Development Game », un article de Harvard Business Review de 1986 dont un autre parmi nous (Hirotaka Takeuchi) fut l'un des coauteurs. Le scrum et les méthodes qui s'en inspirent étant employées au moins cinq fois plus souvent que les autres techniques, nous nous baserons sur leur méthodologie pour illustrer les pratiques agiles.

Les principes fondamentaux du scrum sont assez simples. Pour se saisir d'une opportunité, la société constitue et mandate une petite équipe, habituellement de trois à neuf personnes affectées la plupart à plein temps. L'équipe, transversale, regroupe toutes les compétences nécessaires à l'accomplissement des tâches qui lui sont imparties. Fonctionnant en auto-organisation, elle a l'entière responsabilité de ces tâches sous tous leurs aspects.

C'est à l'« initiative owner » (« propriétaire de l'initiative ») de l'équipe, également connu sous le nom de « product owner » (« propriétaire du produit »), que revient en fin de compte la responsabilité de transférer la valeur aux clients (y compris les clients en interne et les futurs usagers) et au business. La personne qui occupe ce rôle a le plus souvent occupé précédemment une fonction commerciale. Elle partage son temps entre le travail d'équipe et le travail de coordination avec les principales parties prenantes: les clients, les cadres dirigeants et les business managers. Le propriétaire de l'initiative peut recourir à une méthode telle que le design thinking ou le crowdsourcing pour se constituer un « portfolio backlog » porteur d'opportunités commerciales. Puis il ou elle met constamment cette liste à jour, sans états d'âme, en fonction des dernières estimations de valeur pour les clients internes ou externes et pour l'entreprise.

Le propriétaire de l'initiative n'a pas à préciser à l'équipe qui doit faire quoi ou combien de temps nécessite telle tâche. C'est l'équipe qui définit la feuille de route, et seulement dans ses grandes lignes, ne détaillant que les tâches qui ne subiront aucune modification avant exécution. Ses membres fragmentent les tâches prioritaires en petits modules, déterminent la somme de travail qu'assumera l'équipe et la façon dont elle s'en acquittera, donnent un contenu précis au mot « terminé », puis commencent à élaborer des versions de travail du produit en cycles courts (d'une durée inférieure à un mois), les sprints. Un facilitateur (le plus souvent un « scrum master » expérimenté) pilote le processus. Cette personne protège l'équipe de toute distraction et l'aide à mobiliser son intelligence collective.

Le processus est transparent. Les membres de l'équipe se réunissent tous les jours brièvement, de préférence debout, pour faire le point sur l'avancement des travaux et cibler les obstacles. Ils règlent les désaccords en recourant à l'expérimentation et au feed-back plutôt qu'en entrant dans d'interminables débats ou en interpellant les instances

L'IDÉE EN BREF

LE PROBLÈME	LA CAUSE PROFONDE	LA SOLUTION
<p>Réservées à l'origine aux technologies de l'information, les méthodes agiles telles que le scrum, le kanban et le lean development ont désormais essaimé dans d'autres secteurs d'activité. Si certaines sociétés enregistrent des progrès remarquables en matière de productivité, de vitesse de pénétration sur le marché et de satisfaction du client et de l'employé, d'autres rencontrent des difficultés.</p>	<p>Les dirigeants n'ont pas une bonne connaissance des méthodes agiles. En conséquence, ils persistent involontairement à pratiquer des méthodes de management conventionnelles qui viennent contrarier les démarches agiles.</p>	<p>Initiez-vous aux fondamentaux des méthodes agiles. Identifiez les circonstances dans lesquelles ces méthodes sont, ou ne sont pas, performantes. Démarrez modestement et laissez-les se développer d'elles-mêmes. Laissez une certaine latitude aux équipes « master » pour personnaliser leur approche. Introduisez les méthodes agiles dans les équipes dirigeantes. Encouragez les conduites agiles.</p>

dirigeantes. Ils testent de petits prototypes fonctionnels d'une partie ou de l'ensemble de l'offre sur un petit nombre de clients et durant de courtes périodes. Si les clients sont enthousiastes, un prototype peut être immédiatement mis sur le marché, même si un cadre dirigeant est réticent, ou si un autre estime qu'il faudrait encore y travailler. L'équipe réfléchit alors à la manière d'améliorer les sprints à venir et se prépare pour la priorité suivante.

Si on la compare aux approches managériales traditionnelles, la méthode agile offre de nombreux avantages de poids qui ont tous fait l'objet de recherches et sont documentés. Ce type d'approche accroît la productivité de l'équipe et la satisfaction des employés. Il réduit le gaspillage imputable aux réunions superflues, à la planification répétitive, au recours excessif à la documentation, aux défaillances de qualité et aux spécificités produit de faible valeur. En améliorant la visibilité et en s'adaptant continuellement aux priorités changeantes des clients, la méthode agile renforce l'implication et la satisfaction client, met plus rapidement sur le marché – et avec une meilleure prédictibilité – les produits et les fonctions de plus grande valeur, et diminue les risques. En engageant comme collaborateurs des membres provenant de multiples disciplines, l'expérience organisationnelle se trouve élargie en même temps que grandissent la confiance et le respect mutuels. Enfin, en réduisant considérablement les pertes de temps liées au micromanagement des projets fonctionnels, les cadres supérieurs peuvent se consacrer pleinement aux tâches de plus grande valeur dont eux seuls peuvent s'acquitter : définir et ajuster la vision d'ensemble de l'entreprise ; prioriser les initiatives stratégiques ; simplifier et recentrer les tâches ; assigner les bonnes tâches aux bonnes personnes ; amplifier la collaboration transversale ; et éliminer tout ce qui freine le développement.

Comprendre quand les méthodes agiles marchent (ou pas)

Les méthodes agiles ne sont pas la panacée. C'est dans le cadre de l'innovation logicielle que leur efficacité et leur facilité de mise en œuvre trouvent leur meilleur terrain

d'application : le problème à résoudre est complexe ; dans un premier temps, on ne connaît pas les solutions, et il est fort probable que les exigences produites évoluent ; la tâche peut être modularisée ; une étroite collaboration avec l'utilisateur final et un feedback rapide sont envisageables ; et les équipes de création seront certainement plus performantes que les groupes de type « commandement et contrôle ».

D'après notre expérience, ces conditions s'appliquent à de nombreuses fonctions du développement produit, aux projets marketing, à la planification stratégique, aux problématiques de la supply chain, et aux décisions relatives aux allocations de ressources. On les rencontre moins souvent lors des opérations courantes : maintenance d'une usine, achats, appels commerciaux et comptabilité (voir l'encadré « Démarches agiles : l'environnement propice »). Et les méthodes agiles nécessitant entraînement, changements de comportement, et souvent de nouvelles technologies de l'information, les cadres dirigeants doivent évaluer si les gains escomptés justifient les efforts et les frais qu'occasionne cette conversion.

L'innovation agile requiert aussi l'implication des participants. L'un de ses principes fondamentaux est : « Construisez des projets avec des personnes motivées. Donnez-leur l'environnement et le soutien dont elles ont besoin, et faites-leur confiance pour mener à bien la mission. » Lorsque, dans une entreprise, une activité ou une équipe, la majorité décide d'adopter des méthodes agiles, les dirigeants devront peut-être faire pression pour que les plus tièdes emboîtent le pas ; peut-être même devront-ils les remplacer. Mais il est préférable de recruter des volontaires passionnés plutôt que de contraindre des récalcitrants.

OpenView Venture Partners, une société qui a investi dans une trentaine d'entreprises, a choisi cette voie. Certaines des entreprises de son portefeuille lui ayant fait connaître les méthodes agiles, Scott Maxwell, le fondateur de la société, commença à appliquer certaines de ces méthodes au sein d'OpenView. Il découvrit qu'elles s'adaptaient mieux à certains secteurs d'activité. La démarche agile, notamment, trouvait un bon terrain d'application dans les domaines de la planification stratégique et du marketing, où les problèmes complexes peuvent être assez aisément

scindés en modules distincts avant d'être résolus par des équipes de création multidisciplinaires. Mais il en était autrement dans le secteur de la vente où un simple appel commercial est à même de modifier sur-le-champ la to-do-list d'un représentant: réunir l'équipe de vente, modifier le carnet de commandes et réaffecter les budgets sont des opérations trop complexes et chronophages.

Maxwell procura aux entreprises composant le portefeuille d'OpenView une formation aux principes et aux pratiques agiles, les laissant opter, ou non, pour cette approche. Certaines s'y convertirent immédiatement; d'autres, aux priorités différentes, décidèrent de s'abstenir. La société Intronis fut d'emblée enthousiaste. L'activité de son service marketing dépendait alors d'un calendrier annuel ponctué essentiellement par les salons professionnels. Selon le service commercial, l'équipe marketing était trop prudente et ne fournissait pas les résultats escomptés. L'entreprise recruta alors Richard Delahaye, un développeur Web reconverti dans le marketing, pour qu'il applique les méthodes agiles. Sous sa conduite, l'équipe marketing apprit, par exemple, à préparer un séminaire en ligne sur des thèmes d'actualité en quelques jours plutôt qu'en plusieurs semaines (un module rapidement préparé consacré au malware CryptoLocker attira 600 participants – le record de la société encore à ce jour.) Les membres de l'équipe continuent maintenant à produire agendas et budgets pour le service du marketing numérique, mais ils travaillent moins dans le détail et laissent beaucoup plus le champ libre aux développements fortuits. Et l'équipe commerciale est maintenant plus sereine.

Démarrer modestement et laisser faire le bouche-à-oreille

D'ordinaire, les modifications introduites dans les grandes entreprises sont des programmes d'envergure. En revanche, la mise en place des démarches agiles est souvent plus performante lorsqu'on procède par petites étapes. Les technologies de l'information servent fréquemment de point de départ, les développeurs software étant généralement familiarisés avec leurs principes de base. De là, les méthodes agiles peuvent essayer vers une autre unité fonctionnelle, les premiers adeptes faisant office de formateurs. Chaque succès donne naissance à un groupe d'«évangélistes» passionnés qui n'ont qu'une hâte: faire découvrir aux autres employés les avantages de la méthode agile.

MÉTHODE AGILE : VALEURS ET PRINCIPES

En 2001, 17 développeurs de logiciels rebelles – parmi lesquels Jeff Sutherland – se réunirent à Snowbird (Utah) pour voir comment il serait possible d'améliorer la méthode traditionnelle de développement en cascade («waterfall development»), où la spécification détaillée des besoins puis les plans d'exécution sont élaborés dans une première phase avant que ne s'enchaînent les étapes successives de la séquence fonctionnelle. Cette approche s'était avérée efficace dans un environnement stable. Mais lorsque le marché des logiciels entama une mutation rapide et imprévisible, les spécifications produites étaient obsolètes avant même que le software ne soit livré au client, et parallèlement les développeurs étaient accablés par les procédures bureaucratiques.

Les rebelles proposèrent quatre nouveaux paradigmes, définirent les principes sous-jacents à ces paradigmes, et donnèrent à leur appel aux armes le nom de «Manifeste agile». De nos jours encore, les cadres applicatifs de développement qui se conforment à ces paradigmes et à ces principes sont connus sous le nom de «méthode agile». Ci-dessous, voici une version adaptée du Manifeste :

Les individus plutôt que les processus et les outils

Les projets doivent être élaborés autour d'individus motivés bénéficiant du cadre, du soutien et de la confiance nécessaires. Renonçant à l'esprit «travail à la chaîne», les équipes œuvrent – à un rythme constant – dans un environnement ludique et créatif. Les membres de l'équipe travaillent en face-à-face et font des suggestions pour améliorer leur environnement de travail. Les dirigeants éliminent les obstacles qui s'opposent à une collaboration efficace et productive.

L'adaptation au changement plutôt que le suivi d'un planning

Les prévisions détaillées de la gestion de projet traditionnelle sont le plus souvent une perte de temps et d'argent. Si les équipes doivent développer une vision et un plan, elles ne doivent planifier que les tâches qui n'auront pas subi de modification au moment où elles les entreprennent. Et les développeurs devraient être contents de prendre connaissance d'éléments qui modifient leur progression, même tardivement. Cela les rapprochera du client et assurera de meilleurs résultats.

Des prototypes opérationnels plutôt qu'une documentation exhaustive

Les développeurs qui voient les résultats de leur travail dans les vraies conditions du marché apprennent plus vite, sont plus épanouis, restent plus longtemps à leur poste et assurent un travail de meilleure qualité. Les équipes devraient tester de petits segments du produit sur une clientèle réduite durant de courtes périodes. Si les clients apprécient, gardez ces segments. Dans le cas contraire, trouvez une solution ou passez à autre chose. Résolez les différends en faisant des essais plutôt qu'en discutant sans fin ou en vous tournant vers la hiérarchie.

La collaboration avec le client plutôt que des contrats rigides

Le délai de commercialisation et le coût sont d'une importance capitale, et les spécifications doivent pouvoir évoluer tout au long du projet, car le client est rarement à même de prévoir ce dont il aura vraiment besoin. Elaboration rapide des prototypes, fréquents tests de marché et collaboration constante avec ce client maintiennent le développement dans la droite ligne de ses desiderata.

DÉMARCHES AGILES : L'ENVIRONNEMENT PROPICE

CONDITIONS	FAVORABLES	DÉFAVORABLES
L'ENVIRONNEMENT DE MARCHÉ	Les souhaits du client et les options retenues changent fréquemment.	Le marché est stable et prévisible.
L'IMPLICATION CLIENT	Collaboration étroite et feed-back rapide sont possibles. Le client sait de mieux en mieux ce qu'il veut en même temps que le projet progresse.	Les spécifications sont claires dès le début et resteront inchangées. Le client n'est pas disponible pour une collaboration suivie.
QUEL TYPE D'INNOVATION ?	Les problèmes sont complexes, les solutions inédites, et le champ d'intervention n'est pas clairement défini. Il est possible que les spécifications produit soient modifiées. Les percées créatives et le délai de commercialisation sont importants. La collaboration transversale est essentielle.	Des commandes similaires ont déjà été exécutées; pour les développeurs, les solutions sont simples. Spécifications détaillées et plannings peuvent être anticipés en toute confiance; les uns et les autres seront respectés. Les problèmes peuvent être résolus tout de suite dans les services appropriés.
MODULARITÉ DU PROJET	Les développements incrémentiels ont de l'importance; le client peut en faire usage. Le projet peut être fragmenté et mené selon des cycles itératifs rapides. Des changements tardifs peuvent être envisagés.	Le client ne peut pas tester certains éléments du produit tant que l'ensemble n'est pas achevé. Les changements tardifs sont onéreux ou impossibles.
ERREURS EN COURS DE PROJET	On en retire de précieux enseignements.	Elles peuvent être catastrophiques.

Source : bain & company

L'adoption puis la diffusion de la méthode agile au sein de la société John Deere, spécialisée dans la fabrication d'équipements agricoles, en fournit un bon exemple. George Tome, un ingénieur software devenu chef de projet dans l'équipe IT de la société, commença à appliquer la démarche agile en 2004, à petite échelle. Progressivement, sur plusieurs années, d'autres unités de développement software l'adoptèrent également. Cet intérêt croissant facilita l'introduction de la méthodologie au sein des unités de développement commercial et marketing.

En 2012, George Tome était manager dans l'unité Enterprise Advanced Marketing du secteur R&D ayant pour mission de mettre au point les techniques susceptibles de révolutionner l'offre John Deere. Jason Brantley, le chef de l'unité, s'inquiétait, car les techniques traditionnelles de gestion de projet freinaient l'innovation : les deux hommes voulurent savoir si les méthodes agiles pourraient accélérer les choses. George Tome invita deux autres cadres de l'unité à des formations à ces méthodes. Mais toute la terminologie et les exemples proposés venaient du software, et pour l'un des participants, dépourvu de connaissances dans ce domaine, c'était du charabia. George Tome, se rendant compte que les autres réagiraient de la même façon, se mit en quête d'un formateur habitué à travailler avec des personnes ignorant tout du software. Ces dernières années, lui et ce coach ont formé des équipes dans les cinq centres R&D du groupe. Tome a aussi commencé à publier des articles hebdomadaires d'une page concernant les principes et les méthodes des démarches agiles, articles qu'il envoyait par e-mail à tous ceux que cela intéressait avant de les poster

sur la plateforme Deere Yammer. Des centaines d'employés de la société rejoignirent le groupe de discussion. « Je voulais développer un socle de connaissances relatives aux méthodes agiles spécifiques au groupe John Deere, accessible à tout un chacun au sein de la société, explique George Tome, de façon à pouvoir introduire ces méthodes dans n'importe quelle branche de l'entreprise. » Par le biais des méthodes agiles, Enterprise Advanced Marketing a réduit de façon significative les temps de cycle des projets d'innovation – parfois de plus de 75 %. Exemple : le développement, en huit mois environ, du prototype fonctionnel d'une nouvelle « forme mécanique » que les établissements Deere n'ont pas encore dévoilée. « Selon le processus traditionnel, si tout s'était déroulé parfaitement, précise Jason Brantley, il aurait fallu un an et demi dans le meilleur des cas, et peut-être jusqu'à deux ans et demi ou trois ans. » Les méthodes agiles furent aussi à l'origine d'autres perfectionnements. L'esprit d'équipe et la satisfaction au sein de l'unité, dont les scores étaient cantonnés jusque-là dans le tiers inférieur du classement de l'entreprise, s'élevèrent rapidement jusqu'au tiers supérieur. La qualité s'améliora. La rapidité (mesurée par la quantité de travail exécutée lors de chaque sprint) s'accrut, en moyenne, de plus de 200% ; certaines équipes enregistrèrent des augmentations de plus de 400%, et une équipe atteignit même un record de 800%.

De tels résultats retiennent l'attention. A l'heure actuelle, assure George Tome, dans presque tous les départements de l'entreprise John Deere, quelqu'un s'apprête à recourir aux méthodes agiles ou réfléchit à la façon de les mettre en œuvre.

Laisser les équipes « master » personnaliser leur approche

Les élèves japonais en arts martiaux, notamment ceux qui pratiquent l'aïkido, s'initient à la méthode shu-ha-ri. Lors de la première étape, shu, ils apprennent des techniques éprouvées. Lorsqu'ils maîtrisent ces formes traditionnelles, ils apprennent à les faire évoluer : c'est l'étape ha. Plus tard, ils aborderont la dernière étape, ri. A ce stade, ils ont si bien assimilé les lois et les principes qu'ils ont toute liberté pour improviser à leur guise.

La maîtrise de l'innovation agile est tout à fait similaire. Avant de commencer à modifier ou à personnaliser la méthode agile, une personne ou une équipe aura tout avantage à pratiquer les méthodologies largement utilisées qui ont fait leurs preuves dans de nombreuses sociétés. Ainsi, dans un premier temps, mieux vaut s'abstenir d'affecter les membres à temps partiel ou à tour de rôle dans une équipe. L'expérience a montré que les équipes stables étaient de 60% plus productives et de 60% plus réactives à l'écoute des clients que les équipes qui font alterner leurs membres.

Peu à peu, on autorisera les développeurs expérimentés à personnaliser les pratiques agiles. Par exemple, il est un principe selon lequel les équipes doivent toujours laisser apparents leurs progrès et les obstacles qu'elles rencontrent. Auparavant, une méthode largement répandue – la méthode kanban – consistait à déplacer manuellement, sur des tableaux blancs, des Post-it de couleur de la colonne « A faire » vers la colonne « En cours » puis vers la colonne « Terminé ». Bien des équipes procèdent encore de la sorte et apprécient qu'on leur rende visite pour évaluer l'avancement des travaux et en débattre. D'autres, en revanche, se tournent vers l'informatique pour diminuer le temps de saisie et permettre à l'information d'être simultanément et largement partagée.

Un principe clé guide des modifications de ce type : si une équipe souhaite changer certaines procédures, elle doit effectuer des essais et surveiller les résultats de manière à s'assurer que les changements introduits améliorent plutôt qu'ils ne réduisent la satisfaction du client, la vitesse d'exécution du travail et le moral de l'équipe.

Spotify, qui propose de la musique en streaming, est l'illustration même d'une entreprise qui s'adapte aux expériences. La société a adopté les méthodes agiles dès sa création en 2006. Tout son business model, du développement des produits au marketing et à la gestion globale, vise à fournir une meilleure expérience client grâce aux méthodes agiles. Les hauts dirigeants n'imposent plus de pratiques spécifiques : au contraire, ils encouragent l'expérimentation et la flexibilité pour autant que les modifications soient conformes aux principes agiles et qu'elles améliorent les résultats, démonstration à l'appui. En conséquence, les méthodes varient au sein des 70 « squads » (ainsi nomment-on, chez Spotify, les équipes d'innovation agile) et des « chapitres » (réseaux transversaux de compétence dédiés

par exemple au développement des interfaces utilisateurs et aux tests de qualité). Si, pour ainsi dire, chacun des squads se compose d'une petite équipe polyvalente et recourt à un quelconque procédé visuel de suivi des opérations, au classement des priorités, à la planification adaptative et aux séances de brainstorming pour améliorer la méthode de travail, nombreuses sont les équipes à omettre les graphiques d'avancement (qui illustrent le travail accompli et le travail restant) caractéristiques des méthodes agiles. De la même façon, elles ne mesurent pas toujours la vitesse d'exécution, ni n'établissent de rapports d'avancement, ni n'emploient les mêmes techniques pour évaluer le temps de travail nécessaire à l'exécution d'une tâche donnée. Ces squads ont testé les modifications et constaté qu'elles amélioraient les résultats.

Introduire les méthodes agiles au plus haut niveau

Certaines activités du comité de direction ne se prêtent pas aux méthodes agiles (les tâches routinières et prévisibles, comme l'évaluation des performances, les entretiens avec la presse, les visites d'usines, ou encore les rendez-vous avec les clients et les fournisseurs, entrent dans cette catégorie). A l'inverse, bon nombre d'entre elles s'y prêtent, et parmi elles sans doute les plus importantes : l'élaboration des stratégies et l'affectation des ressources, le développement des innovations de rupture, l'amélioration de la collaboration entre structures. Les cadres dirigeants qui s'organisent en équipe agile et appliquent la méthode à ces activités en retirent d'importants avantages. Leur productivité et leur mental s'améliorent. Ils parlent le même langage que les équipes dont ils ont la responsabilité. Ils sont confrontés aux mêmes challenges et apprennent à les surmonter. Ils savent reconnaître et mettre un terme aux comportements qui freinent les équipes agiles. Ils apprennent à simplifier et à cibler les tâches. En même temps que les résultats s'améliorent, les niveaux de confiance et d'implication croissent dans tous les secteurs de l'entreprise.

Plusieurs entreprises ont réaffecté 25% ou plus du temps de certains dirigeants vers des équipes de direction agiles. Ces équipes hiérarchisent les carnets de commandes sur l'ensemble de l'entreprise, créent et coordonnent des équipes agiles ailleurs dans l'entreprise pour répondre aux priorités et écarter systématiquement tout ce qui pourrait faire barrage au succès. Voici trois exemples d'équipes de direction converties aux méthodes agiles.

1. Rattraper le retard sur le gros des troupes. Systematic, une entreprise de logiciels employant 525 salariés, s'est convertie aux méthodes agiles à partir de 2005. Ces méthodes gagnant peu à peu toutes les équipes de développement software, Michael Holm, P-DG et cofondateur de la société, se demanda vite si son équipe de direction n'entravait pas les efforts d'évolution. « J'avais l'impression de dire : "Suivez-moi – Je suis juste derrière vous", disait-il. Les équipes de développement suivaient la méthode scrum et appliquaient des procédés nouveaux,

tandis que l'équipe de management mettait toujours en œuvre les mêmes méthodes conventionnelles » – réagissant trop lentement et s'appuyant sur de trop nombreux rapports périmés. Et donc, en 2010, Holm prit la décision d'appliquer les méthodes agiles à la conduite de son équipe de direction de neuf membres.

L'équipe établit une nouvelle liste de priorités, éliminant plus de la moitié des rapports périodiques et remplaçant les autres par des procédures en temps réel, tout en portant une attention accrue à certaines données vitales pour l'activité, telles que les propositions commerciales et la satisfaction client. Dans un premier temps, le groupe se réunissait tous les lundis durant une heure ou deux, mais très vite la prise de décision s'avéra trop lente. La réunion hebdomadaire fut donc remplacée par des réunions, debout et quotidiennes, de vingt minutes, à 8h40. On y parlait de ce que chacun avait fait le jour précédent, de ce qui était à son programme de la journée à venir, et de ses besoins. Plus récemment, l'équipe de direction recourut à des tableaux pour suivre l'activité de ses membres et les améliorations provenant des unités opérationnelles. D'autres services – RH, juridique, finances, ventes – fonctionnent maintenant de façon très similaire.

2. Activer un plan de transition. En 2015, General Electric procéda à sa mutation en « société industrielle digitale », mettant l'accent sur les produits améliorés numériquement. Cette mutation impliquait notamment la création de GE Digital, une division qui regroupe plus de 20 000 salariés concernés par le software. Brad Surak, qui commença sa carrière comme ingénieur dans le software et est maintenant directeur des opérations de GE Digital, avait une parfaite connaissance des méthodes agiles. Appliquant la méthode scrum, il prit la direction de l'équipe leader responsable du développement des applications industrielles Internet puis, plus récemment, il appliqua la même méthode aux processus de gestion de la nouvelle entité, par exemple lors des bilans fonctionnels. Brad Surak est le « propriétaire de l'initiative », et un ingénieur en chef joue le rôle de « scrum master ». Ensemble, ils ont classé par ordre de priorité les tâches auxquelles devait s'atteler l'équipe de direction, au nombre desquelles la simplification des procédures administratives qui permettent aux équipes d'acquérir du hardware, et la résolution des épineux problèmes de tarification des produits nécessitant des contributions de nombreux départements de General Electric.

Les membres de l'équipe scrum travaillent par sprints (itérations) de deux semaines et se retrouvent pour des réunions debout trois fois par semaine. Ils rendent compte de l'avancement de leur travail sur un tableau disposé dans une salle de réunion ouverte à tous. Un procédé qui, selon Surak, « permet de démystifier le quotidien des cadres dirigeants. Nos gens veulent savoir si nous sommes à l'unisson de leurs préoccupations d'employés ». L'équipe recueille les sondages sur la satisfaction des employés, analyse les raisons de fond qui font obstacle à un travail plus efficace, et rend compte à tout le personnel de la société, en ces termes : « Nous vous avons entendus. Voici comment nous allons améliorer

les choses. » Ce qui, estime Surak, montre à l'ensemble de l'entreprise que « les dirigeants travaillent de la même façon que les ingénieurs », augmentant ainsi la motivation des employés et l'adhésion aux méthodes agiles.

3. Proposer une vision commune aux services et aux fonctions. Erik Martella, vice-président et directeur général de Mission Bell Winery, une des unités de production de Constellation Brands, introduisit les méthodes agiles et assura leur diffusion au sein du groupe. Les leaders de chacun des services jouaient le rôle de « propriétaire de l'initiative » dans les différentes équipes agiles de ces services. Ces équipes individuelles parvinrent à des résultats impressionnants, mais Martella s'inquiétait du trop grand éparpillement de leurs activités et du manque d'harmonisation entre les priorités des services et celles du groupe. Il décida de regrouper les leaders de chacun des services en une équipe de direction agile ayant pour objectif de suivre au plus près les projets du groupe présentant la plus grande valeur et les meilleures opportunités de collaboration polyvalente, comme par exemple l'augmentation des flux dans les entrepôts.

Il revient à l'équipe déléguer et d'affiner en permanence le carnet de commandes du groupe, et de s'assurer que les équipes agiles travaillent sur les bons problèmes avec les ressources appropriées. Les membres de l'équipe veilleront également à protéger le groupe des « projets personnels » (« pet projects ») qui ne sont pas prioritaires. Ainsi, peu de temps après que Martella eut entrepris la conversion aux méthodes agiles, il reçut un e-mail provenant d'un cadre supérieur travaillant au siège social du groupe, e-mail suggérant que le service des vins étudie de près un des vignobles préférés de l'expéditeur. Auparavant, Martella aurait peut-être répondu : « OK, on s'en occupe tout de suite. » Au lieu de quoi il répondit que le service des vins appliquait les méthodes agiles : la proposition serait inscrite sur la liste des opportunités potentielles et classée par ordre de priorité. En l'occurrence, le cadre fut satisfait de cette approche, et, quand on l'informa que sa suggestion s'était vu attribuer une faible priorité, il accepta la décision sans discussion.

Travailler au sein d'une équipe agile donne aussi la possibilité aux managers fonctionnels – lesquels, dans les entreprises ultraspecialisées d'aujourd'hui, sortent rarement de leur périmètre d'activité – de se former à la fonction d'administrateur général. Ils se trouvent ainsi confrontés à d'autres disciplines, se frottent aux pratiques collaboratives et prennent conscience de l'importance de travailler étroitement avec le client – autant de compétences essentielles pour de futurs leaders.

Éliminer toutes les entraves aux comportements agiles

Des recherches menées par Scrum Alliance, une organisation indépendante sans but lucratif comptant plus de 400 000 membres, ont fait apparaître que plus de 70% des adeptes

des méthodes agiles font état de tensions entre leurs équipes et le reste de l'entreprise. Rien d'étonnant à cela : les uns et les autres suivent des feuilles de route différentes et évoluent à des vitesses différentes.

Voici un exemple révélateur. Une importante société de services financiers lança une étude préliminaire à la création d'une application mobile selon la méthodologie agile. La première étape consistait bien sûr à former une équipe. Ce qui nécessitait de faire une demande de budget en vue d'autoriser et de financer le projet. La demande vint grossir le lot de requêtes visant l'approbation de la planification annuelle à venir. Après des mois d'analyse, la société autorisa finalement le financement. L'étude pilote donna naissance à une application efficace qui reçut l'approbation des consommateurs, et l'équipe était fière de son travail. Mais avant de lancer l'appli en bonne et due forme, encore fallait-il qu'elle soit soumise à un test de vulnérabilité selon le modèle « waterfall » – une procédure séquentielle prolongée durant laquelle le code informatique est testé (manuel d'utilisation, fonctionnalité, performances, standardisation) – et la file d'attente pour ce test était longue. Puis l'appli devait être intégrée aux systèmes IT centraux – avec, à la clé, une nouvelle séquence waterfall et un nouveau bouchon de six à neuf mois. En fin de compte, le temps requis pour le lancement n'était guère écourté.

Voici quelques techniques pour éliminer les obstacles de cet ordre.

Mettez tout le monde au diapason. Les équipes travaillant sur des portions bien circonscrites de problèmes plus larges, plus complexes, doivent prendre connaissance de la même liste de priorités que le reste de l'entreprise, et s'y conformer – même si toutes les équipes en charge de ces priorités ne pratiquent pas les méthodes agiles. Si une nouvelle appli mobile est en première priorité du développement software, elle doit également être en priorité numéro 1 pour la budgétisation, les tests de vulnérabilité et l'intégration software. Sinon, les innovations agiles ne seront pas mises en œuvre sans difficultés. C'est là une des principales responsabilités d'une équipe de direction ayant elle-même adopté les méthodes agiles.

Ne modifiez pas tout de suite les structures; modifiez plutôt les fonctions. Beaucoup de décideurs pensent que la création d'un nombre plus important d'équipes transversales entraînera nécessairement des changements importants dans la structure organisationnelle. Mais c'est rarement le cas. Les équipes transversales dotées d'autonomie et de responsabilités importantes requièrent une forme de management matriciel quelle qu'elle soit. Ce qui nécessite, pour l'essentiel, que les diverses disciplines apprennent à travailler ensemble et simultanément, et non pas séparément et par étapes successives.

Nommez un seul chef pour chaque décision. Les personnes peuvent avoir de nombreux chefs, mais pas les décisions. Dans un modèle opérationnel agile, il est absolument

essentiel de savoir qui est responsable de la mise en route de l'équipe transversale, du choix et du remplacement des membres de l'équipe, de la nomination du chef d'équipe et de l'approbation des décisions de l'équipe. Une équipe de direction agile accrédite souvent un cadre dirigeant qui aura pour rôle d'identifier les questions cruciales, de concevoir la façon de les aborder, et de nommer un « propriétaire » pour chaque initiative d'innovation. Les autres cadres dirigeants éviteront de remettre en question les décisions du propriétaire de l'initiative ou de s'y opposer. C'est une chose que de fournir conseil et assistance, mais si vous n'êtes pas satisfait du résultat, changez de propriétaire – ne lui mettez pas des bâtons dans les roues.

Portez votre attention sur les équipes, et non sur les personnes. Les études conduites par le MIT Center for Collective Intelligence et d'autres font apparaître que si l'intelligence des personnes se répercute sur les performances de l'équipe, l'intelligence collective de l'équipe est encore plus importante. Et, en outre, il est beaucoup plus facile d'agir sur cette intelligence collective. Les équipes agiles recourent à des facilitateurs de processus pour améliorer sans cesse leur intelligence collective – par exemple en clarifiant les rôles, en enseignant les techniques de résolution des conflits, et en veillant à ce que les contributions des membres de l'équipe soient équivalentes. Opter pour des indicateurs tels que les résultats opérationnels et le bonheur dans l'équipe (qui mesurent l'importance et l'implication des membres) plutôt que les rendements et les taux d'utilisation, peut également être d'une grande utilité. Il en est de même des systèmes de reconnaissance/récompense qui accordent plus d'importance aux résultats de l'équipe qu'aux efforts individuels.

Ne donnez pas d'ordres, posez des questions. Le général George S. Patton Jr conseillait à ses officiers de ne jamais dire à leurs subordonnés comment faire les choses : « Dites-leur ce qu'il faut faire et leur ingéniosité vous étonnera. » Plutôt que de donner des ordres, les leaders des entreprises agiles apprennent à diriger en posant des questions, comme : « Qu'est-ce que vous conseillez ? » ou « Comment pourrions-nous tester ce produit ? » Ce style de management aide les experts fonctionnels à devenir des directeurs généraux ; il aide également à faire évoluer la stratégie et l'organisation d'une entreprise en privilégiant les équipes collaboratives transversales plutôt que les silos rivalisant pour le pouvoir et les ressources.

L'innovation agile a révolutionné l'industrie du software, le secteur d'activité qui a sans doute connu les transformations les plus rapides et les plus radicales durant ces trente dernières années. Elle est maintenant en passe de faire subir des mutations à presque tous les services dans toutes les branches de l'industrie. A ce stade, la difficulté principale n'est pas d'acquérir de meilleures méthodologies, ou des preuves concrètes de profits importants, ni de prouver que les méthodes agiles sont efficaces hors du champ des technologies de l'information, mais bien le comportement des décideurs. Ceux qui apprennent à élargir les méthodes agiles à un éventail plus large d'activités donneront un coup d'accélération à une croissance profitable. ■

AGENDA

Du 20 novembre 2017 au 5 juin 2018

Inscriptions ouvertes

Cycle spécialisé Sécurité des usages numériques

INHESJ, Ecole militaire

Programme et inscription :

<https://www.inhesj.fr>

Plusieurs dates

- **28 et 29 novembre 2017**
- **1^{er} et 2 février 2018**
- **28 et 29 mars 2018**

Inscriptions ouvertes

Cycle spécialisé De la veille à l'analyse

INHESJ, Ecole militaire

Programme et inscription :

<https://www.inhesj.fr>

19 décembre 2017

Colloque annuel du CDSE - L'entreprise à l'épreuve du terrorisme international

Programme :

<https://www.cdse.fr>

Mars et mai 2018

Inscriptions à venir

Cycle spécialisé Security manager

INHESJ, Ecole militaire

Programme à venir :

<https://www.inhesj.fr>