FRANCE STRATÉGIE
ÉVALUER. ANTICIPER. DÉBATTRE. PROPOSER.

RAPPORT

MARS
2018

Intelligence artificielle et travail

Rapport à la ministre du Travail
et au secrétaire d'État auprès du Premier ministre, chargé du Numérique

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET TRAVAIL

Rapporteurs
Salima Benhamou et Lionel Janin

Avec la contribution de
Agnès Bocognano, Julia Charrié et Guillaume Thibault

FRANCE STRATÉGIE

Mars 2018

AVANT-PROPOS

Dans la suite des travaux de #FranceIA au printemps 2017, auxquels France Stratégie avait contribué, le député Cédric Villani s'est vu confier la mission d'analyser les enjeux de l'intelligence artificielle au niveau économique, social, environnemental et éthique. Muriel Pénicaud, ministre du Travail, et Mounir Mahjoubi, secrétaire d'État chargé du Numérique, ont demandé à France Stratégie d'étudier plus particulièrement les impacts de l'intelligence artificielle sur le travail. C'est l'objet de ce rapport.

La question clé est de savoir si l'intelligence artificielle représente une rupture technologique telle que le travail s'en trouvera transformé de manière brutale, avec des répercussions importantes sur l'emploi, ou si elle s'inscrit dans la continuité des transformations numériques à l'œuvre depuis plusieurs décennies. Pour tenter d'y répondre et illustrer de façon concrète les enjeux posés par ces mutations annoncées, notre rapport a choisi d'examiner trois secteurs, ceux des transports, de la banque et de la santé, pour esquisser des scénarios de transformation du travail.

De cet examen ressortent des spécificités sectorielles et des phénomènes parfois inattendus ou contre-intuitifs. Un *chatbot* qui répond automatiquement à minuit peut malgré tout nécessiter un humain capable de prendre le relai en cas de besoin. Et si la machine vient en effet à soulager les hommes des activités les plus routinières, ces derniers risquent de ne traiter que des tâches complexes, d'où une intensification du travail et un risque de surcharge cognitive.

La multiplicité des facteurs qui conduisent une organisation, quelle qu'elle soit, à décider de recourir, ou non, à des systèmes utilisant l'intelligence artificielle – coût, rentabilité, impacts sur les équipes, conséquences pour les clients – et le poids du contexte – démographique, réglementaire, social – expliquent pourquoi les tentatives de projection des impacts sur les métiers et les emplois resteront durablement incertaines.

Pour le transport, l'impact sur l'emploi du véhicule autonome est particulièrement difficile à anticiper : la technologie n'a pas encore atteint un niveau de sûreté tel qu'il

soit possible de prévoir avec précision un calendrier pour sa généralisation, qui supposera que les réglementations aient évolué et que les assurances se soient adaptées. Les conséquences sur l'emploi de son adoption dans certains secteurs particuliers, comme les transports routiers de longue distance, pourraient cependant, le moment venu, être significatives.

Pour les banques, hors scénario de développement rapide de nouveaux acteurs très innovants, qui ne s'est pas matérialisé jusqu'ici, l'intégration de l'intelligence artificielle devrait avoir un impact significatif sur la pratique professionnelle des conseillers commerciaux, et accentuer la tendance à la réduction de leur nombre en agences, mais sans rupture majeure.

Pour la santé, les applications les plus spectaculaires – robots chirurgicaux, interprétation des radios et électrocardiogrammes – ne sont pas les seules qui auront un impact sur la définition des métiers et l'emploi. Celles du diagnostic et de la prescription assistés par ordinateur ou de suivi des patients à distance pourraient aussi changer profondément la donne, en particulier dans la répartition des tâches entre professions de santé (médecins, et pratiques avancées des infirmiers).

Le rapport propose des pistes d'action qui mobilisent les moyens d'anticipation des acteurs, de formation et de sécurisation des parcours professionnels. Les adopter devrait renforcer la probabilité que les transformations du travail liées à l'usage de l'intelligence artificielle se fassent de façon maîtrisée.

Gilles de Margerie
Commissaire général de France Stratégie

SOMMAIRE

SYNTHÈSE 7

DÉFINITION ET CHAMP D'INVESTIGATION 11

1. Problématique 11
2. Quelle définition ? 15
3. Trois secteurs d'activité passés au crible 19

IMPACTS DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS 25

1. Les applications de l'intelligence artificielle dans le transport 25
2. Un contexte plutôt favorable à la diffusion 28
3. Les impacts sur les métiers du transport 34
4. Les scénarios selon les activités 39

IMPACTS DANS LE SECTEUR BANCAIRE 41

1. Les usages de l'intelligence artificielle 42
2. Les déterminants de la diffusion 43
3. Les impacts sur les métiers de la banque de détail 46
4. Scénarios de diffusion 50

IMPACTS DANS LE SECTEUR DE LA SANTÉ 53

1. Applications de l'intelligence artificielle et impacts sur le travail 54
2. Les déterminants 59
3. Les scénarios de diffusion 61

QUELS ENSEIGNEMENTS DES TROIS SECTEURS ? 65

1. L'IA s'inscrit dans le phénomène plus large de la transition numérique 65
2. La transformation des tâches : substitution ou complémentarité ? 66
3. La transformation des qualifications : expert ou généraliste ? 67
4. La transformation des organisations 68

ENJEUX ET RECOMMANDATIONS 71

1. Lancer un chantier prospectif pour anticiper les effets de l'intelligence artificielle et accompagner les acteurs 71
2. Assurer la formation des travailleurs aux enjeux de l'intelligence artificielle 74

ANNEXES

LETTRE DE MISSION 81

PERSONNES AUDITIONNÉES 83

SYNTHÈSE

L'intelligence artificielle – entendue comme l'ensemble des technologies visant à réaliser par l'informatique des tâches cognitives traditionnellement effectuées par l'humain – est aujourd'hui au cœur des débats sur les transformations sociales. En première ligne, les mutations annoncées dans le domaine du travail suscitent deux attitudes contrastées. Les uns affichent leur optimisme devant une technologie porteuse de gains de productivité, donc source de richesse, et qui promet d'en finir avec les tâches les plus fastidieuses. Les autres prophétisent avec pessimisme la disparition inéluctable de pans entiers d'activité et des emplois correspondants. Ainsi posé, le débat public se polarise dans une opposition stérile puisqu'elle échoue à mettre en lumière les facteurs de transformation comme les leviers d'action.

Pour éclairer ces débats, Muriel Pénicaud, ministre du Travail, et Mounir Mahjoubi, secrétaire d'État chargé du numérique, ont confié à France Stratégie une mission sur les impacts de l'intelligence artificielle (IA) sur le travail[1]. Cette mission est complémentaire de celle confiée par le Premier ministre au député Cédric Villani, qui, avec un périmètre plus large, aborde les questions de la recherche, des politiques industrielles ou de l'éthique. L'objectif est le même : faire de la pédagogie pour éviter les fantasmes mais prendre la mesure des transformations qui s'annoncent tout en identifiant les politiques publiques adaptées[2].

L'IA a fait des progrès spectaculaires depuis quelques années. Des technologies relevant il y a peu de la recherche, tels l'apprentissage machine ou le *deep learning*, sont sorties des laboratoires pour réaliser des tâches qui semblaient auparavant inaccessibles aux machines, comme reconnaître une image, traduire de façon satisfaisante un texte simple ou gagner au jeu de Go. Ces technologies sont déjà

[1] Voir la lettre de mission en annexe.

[2] Les rapporteurs tiennent à remercier l'ensemble des personnes auditionnées dans le cadre de cette mission (voir la liste en annexe), tout particulièrement Pierre Blanc, Manuel Gea, David Giblas, David Gruson, Enguerrand Habran, Claude Leicher, Antoine Malone, Alain Sauvant et la mission Villani.

présentes dans nos smartphones et constituent l'ossature de nombre de logiciels d'appariement déjà déployés, par exemple pour la publicité en ligne ou le profilage.

En dehors de quelques champs particuliers, la technologie est encore peu présente dans le quotidien de la plupart des métiers. Les promesses n'en sont pas moins nombreuses, notamment pour la banque de détail, les transports ou la santé, trois secteurs qui sont examinés ici de façon approfondie.

Certes, l'intelligence artificielle promet d'exécuter des tâches compliquées mais répétitives ou à forte régularité, ce qui affectera logiquement les métiers incluant ces tâches. Mais cette transformation n'est pas radicalement différente de la numérisation de l'économie, phénomène déjà ancien auquel se sont adaptés – avec plus ou moins de bonheur – la banque, les transports ou la santé, en modifiant le contenu des emplois, en formant les travailleurs, en développant de nouvelles activités. La montée en compétence des salariés en réponse à la robotisation est ancienne, notamment dans l'industrie, et peut être une garantie d'emploi si elle assure la croissance de l'activité de l'entreprise et du secteur. En témoigne la robotisation avancée de l'industrie automobile allemande : cette dernière, une des plus fortement robotisées au monde, emploie en 2016 plus de 800 000 salariés, 100 000 de plus qu'il y a vingt ans, contre 440 000 en France[1].

Certes, le risque existe d'une perte d'autonomie du salarié, soumis à un contrôle automatisé de plus en plus insidieux, avec les risques psychosociaux associés. On sait les débats soulevés par les conditions de travail dans certains entrepôts, où le contrôle automatisé des employés passe par un dispositif à synthèse vocale. De tels dispositifs peuvent conduire à des tâches plus fragmentées, exécutées avec l'accompagnement d'outils logiciels.

Aucun de ces défis n'est totalement nouveau, et l'amélioration des conditions de travail est une hypothèse tout aussi crédible que l'aliénation et l'intensification du travail. Tout dépend de la manière dont les gains de productivité permis par l'intelligence artificielle sont partagés ou des choix opérés dans l'organisation des tâches et des équipes.

De fait, d'autres facteurs que la technologie impactent le travail. Les comportements des travailleurs comme des clients ou des fournisseurs, le niveau de formation des travailleurs dans un secteur, les tensions éventuelles liées à des besoins de main-

[1] Le Ru N. (2016), « L'effet de l'automatisation sur l'emploi : ce qu'on sait et ce qu'on ignore », *La Note d'analyse*, n° 49, France Stratégie, juillet ; voir aussi les chiffres clés du secteur automobile.

d'œuvre, les obligations réglementaires jouent bien souvent un rôle prépondérant dans les évolutions du travail.

Ce qui change aujourd'hui, c'est que l'intelligence artificielle repose bien souvent sur un mécanisme d'apprentissage, où l'accumulation de données permet l'amélioration continuelle des dispositifs. Au point d'engendrer, un jour, d'ici cinq ans, dix ans ou plus selon les tâches, une véritable rupture dans ce qu'il est technologiquement possible de faire. Emblématique de cet horizon est l'avènement promis du véhicule autonome. Cette révolution dans la mobilité pourrait faire disparaître à terme le métier de chauffeur mais elle ouvre en même temps des possibilités multiples de nouveaux métiers dans les activités complémentaires. Construction, entretien, gestion de flotte, accompagnement des passagers demeureront, alors que les sorties récréatives, la logistique ou tout simplement les déplacements professionnels bénéficieront de coûts plus faibles ou d'une disponibilité accrue.

Dans les trois champs examinés dans ce rapport, des avancées spectaculaires sont annoncées : un véhicule autonome assurant la mobilité, un conseiller bancaire automatisé sous forme d'un robot conversationnel ou *chatbot*, un assistant médical qui concourt au suivi de la santé et du bien-être au quotidien, au pré-diagnostic et aux propositions thérapeutiques.

Combien de personnes sont concernées dans leur travail au quotidien ? Potentiellement tout le monde, d'autant que les outils d'intelligence artificielle présentent un caractère générique, typiquement le traitement du langage naturel ou la reconnaissance d'images ou de la voix. Les 800 000 personnes travaillant en France comme conducteurs sont susceptibles de voir leur travail changer radicalement, à mesure que se déploient les véhicules autonomes. Le plus souvent, cette transformation ne sera pas brutale mais elle conduira à orienter le contenu du travail vers des tâches de supervision, ou vers des tâches d'accueil, ou encore vers des tâches que la machine est incapable de gérer (comme de trouver la sonnette, pour un livreur).

L'horizon paraît lointain mais il met d'ores et déjà en mouvement les acteurs – innovateurs, professionnels installés, clients ou utilisateurs –, ce qui en retour affecte la dynamique de transformation du travail.

Il faut se préparer à l'intelligence artificielle, non parce que l'avènement de la technologie est inéluctable, mais parce que dans la société où nous sommes, les possibilités technologiques ouvrent des perspectives nouvelles pour les individus, les organisations, les structures. Il n'est pas crédible de s'opposer durablement à des solutions qui améliorent l'état de santé de nos concitoyens, qui donnent accès à une

mobilité plus sûre et à moindre coût ou à des services financiers moins chers et plus adaptés aux besoins des consommateurs.

En revanche, il n'y a pas de voie unique dans cette évolution. C'est là que doit porter l'effort des pouvoirs publics : définir une voie correspondant aux attentes sociales des citoyens, en définissant les contrôles appropriés sur les sujets critiques – responsabilité, sécurité, etc. – en accompagnant les évolutions qui sont trop rapides pour que le tissu social et économique s'ajuste naturellement.

Sur la base de l'analyse présentée, le rapport identifie trois axes pour répondre aux enjeux soulevés par l'intelligence artificielle en matière de travail :

- conduire, à l'échelle de la branche ou de la filière, des travaux de prospective sur le potentiel de l'intelligence artificielle, pour assurer un bon niveau d'information et d'anticipation des acteurs ;
- assurer la formation des travailleurs aux enjeux de demain : former des travailleurs très qualifiés pour produire l'IA, et des travailleurs conscients des enjeux techniques, juridiques, économiques ou éthiques que posent le recours à des outils à base d'intelligence artificielle ;
- renforcer des dispositifs de sécurisation des parcours professionnels pour les quelques secteurs ou sous-secteurs qui seraient fortement impactés par le risque d'automatisation.

Enfin, il conviendra de ne pas sous-estimer les risques en matière de condition de travail – perte d'autonomie, intensification du travail, etc. – liés aux conditions de déploiement des outils IA dans les organisations du travail.

DÉFINITION
ET CHAMP D'INVESTIGATION

1. Problématique

L'intelligence artificielle est au cœur des débats récents sur les mutations sociales et les mutations technologiques, en France comme dans le monde. Comme le souligne une publication récente de France Stratégie[1], l'IA est une brique technologique de la transformation numérique. Même si sa popularité remonte à quelques années seulement, elle s'inscrit dans une longue filiation – les réseaux de neurones formels ont été imaginés dès les années 1940 et le terme d'intelligence artificielle est apparu en 1956 – et vient s'ajouter à de nombreuses transformations issues du numérique, notamment l'essor des plateformes et l'exploitation des données. Toutes ces avancées technologiques exercent une influence majeure sur les mutations du travail, objet du présent rapport.

Certains observateurs voient l'intelligence artificielle comme une opportunité économique à cause des gains de productivité qu'elle peut générer (baisse de coûts due à l'automatisation des opérations, amélioration des processus de coordination, optimisation des flux de production, etc.) et aux nouveaux marchés qu'elle peut créer. L'IA est aussi perçue comme une opportunité sociale, grâce notamment aux traitements massifs des données générées par les dispositifs connectés, qui peuvent susciter de nouveaux métiers (*data scientists*, programmeurs d'IA, etc.) et améliorer les conditions de travail, notamment par la prise en charge de tâches routinières et répétitives. D'autres, au contraire, considèrent l'IA comme une menace pour l'emploi et un vecteur d'aggravation des inégalités et de polarisation sociale, avec la disparition quasi programmée de pans entiers d'activité dans de nombreux secteurs

[1] France Stratégie (2017), *Mutations sociales, mutations technologiques*, Compte-rendu de séminaire, octobre 2015 – juin 2017. Ce document dresse le bilan de deux ans de séminaires organisés par France Stratégie en partenariat avec l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) et Inria, l'institut national de recherche dédié au numérique.

(industrie, banque, finance, commerce, etc.) et de certains métiers, parfois peu qualifiés mais aussi hautement qualifiés (juristes, auditeurs, médecins, etc.).

Entre ces deux scénarios extrêmes, aucun consensus ne se dégage aujourd'hui. Cette situation laisse la place à de nombreuses incertitudes, voire de peurs, sur l'évolution de l'emploi, dans un contexte de ralentissement de la croissance économique et d'un chômage de masse persistant. Cette inquiétude s'exprime dans un sondage récent[1] : 49 % des personnes interrogées pensent qu'il y aura nettement moins d'emplois disponibles dans une dizaine d'années.

Certains chercheurs ont émis l'hypothèse d'une automatisation massive des emplois existants – jusqu'à 47 % des emplois – par la technologie incluant de l'intelligence artificielle[2]. Toutefois, ce chiffre très élevé s'explique en partie par le fait que les chercheurs raisonnent au niveau des métiers et non des tâches. En effet, l'analyse du risque d'automatisation d'un métier doit prendre en compte l'ensemble des tâches qui composent un métier mais également leur nature et leur intégration dans une organisation du travail. L'automatisation d'une partie des tâches ne suffit pas à déterminer le risque d'automatisation d'un métier dans sa globalité. En prenant pour niveau d'observation la tâche et non le métier, d'autres chercheurs ont évalué le risque d'automatisation entre 10 % et 15 %[3].

Par ailleurs, ces études portent seulement sur le potentiel de destruction des emplois, sans prendre en considération que la technologie n'est qu'un des facteurs de transformation et que des créations d'emplois seront permises par les technologies. Il est donc difficile d'affirmer avec un haut degré de certitude que les évolutions technologiques récentes incluant l'IA constituent une véritable menace ou une opportunité pour l'emploi.

Face à une telle incertitude, nous pouvons faire appel à l'histoire pour imaginer le travail du futur et les conséquences de l'intelligence artificielle sur l'emploi. Si on se place dans une perspective historique, les progrès technologiques n'ont pas été à l'origine de changements brutaux conduisant à une destruction nette massive d'emplois ; ils se sont au contraire toujours accompagnés de nouvelles formes de

[1] Sondage Ipsos-Sopra Steria réalisé pour *Lire l'économie* et *Le Monde*, publié le 6 décembre 2017.

[2] Frey C. B. et Osborne M. A. (2017), « The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? », *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 114, p. 254-280.

[3] Nicolas Le Ru (2016), « L'effet de l'automatisation sur l'emploi : ce qu'on sait et ce qu'on ignore », *La Note d'analyse*, n° 49, France Stratégie, juillet ; Conseil d'orientation pour l'emploi (2017), *Automatisation, numérisation et emploi*, Tome 1 : Les impacts sur le volume, la structure et la *localisation de l'emploi*, janvier.

travail. Mais ne sommes-nous pas face à un phénomène nouveau ? Les impacts de l'intelligence artificielle peuvent s'exercer tant sur le volume de l'emploi – puisque sa diffusion obéit en partie à une diffusion logicielle qui peut être rapide – que sur le contenu du travail – puisqu'il ne s'agit plus d'augmenter la force physique, l'agilité ou la vitesse, comme dans les révolutions industrielles antérieures, mais bien de réaliser des tâches cognitives.

L'IA a accompli ces dernières années des progrès considérables, grâce notamment à la collecte massive de données (les *big data*), à l'augmentation des capacités de calcul et aux progrès en algorithmique. Elle permet aujourd'hui la réalisation de tâches compliquées mais obéissant à une régularité ou pour lesquelles un grand nombre d'exemples sont disponibles. Demain, les progrès technologiques peuvent l'amener à exécuter des tâches de plus en plus complexes, rivalisant encore davantage avec les capacités cognitives humaines. La victoire de la machine au jeu de go, les premiers véhicules autonomes ou encore les performances des logiciels d'aide au diagnostic médical sont emblématiques des progrès accomplis.

Il est difficile aujourd'hui de savoir ce qu'il adviendra d'ici quinze ou vingt ans, tant du point de vue des avancées technologiques que de leur diffusion et de leur appropriation, notamment dans le monde du travail.

La technologie et l'ampleur de son déploiement constituent, certes, des facteurs de mutation mais ce ne sont pas les seuls déterminants des transformations des organisations et des pratiques de travail. D'autres facteurs entrent en ligne de compte : l'environnement juridique, le contexte économique, notamment le jeu concurrentiel, et l'environnement social, que ce soit le niveau d'éducation, l'accès à la formation, les aspirations des individus, la démographie, tous contribuent également à « façonner » le travail. Si l'on souhaite se projeter dans l'avenir pour identifier les bénéfices et les risques liés à l'IA, le travail de prospective doit aussi intégrer ces facteurs contextuels qui, combinés avec les progrès futurs de l'IA, pourraient transformer le travail et l'emploi.

Pour éclairer ce débat, Muriel Pénicaud, ministre du Travail, et Mounir Mahjoubi, secrétaire d'État chargé du Numérique, ont demandé à France Stratégie d'établir des scénarios de transformation du travail induite par l'IA[1]. Cette mission intervient en parallèle de la celle confiée au député Cédric Villani, dont le périmètre, plus large, couvre les questions de la recherche en IA, du développement industriel de l'IA, de ses applications dans la sphère publique mais aussi des enjeux éthiques et

[1] Voir lettre de mission en annexe.

d'acceptation sociale. Ces travaux s'inscrivent dans la suite du rapport de synthèse produit au printemps 2017 sous le label #FranceIA, auquel France Stratégie avait contribué avec le Conseil national du numérique par son rapport sur *les impacts économiques et sociaux de l'IA*[1]. Le présent rapport s'inscrit également dans la continuité des travaux sur les transformations des organisations et des mutations du travail à l'horizon 2030[2].

Définir l'intelligence artificielle est la première étape pour donner des clés de compréhension des transformations à venir. Les incertitudes sur son potentiel à long terme contribuent à « passionner » le débat, tant l'IA est porteuse de questions qui vont au-delà du travail. Ces questions, plus fondamentales, sont notamment liées à l'éthique et à l'acceptabilité sociale, depuis la protection des données personnelles, la responsabilité du concepteur de l'IA ou de son utilisateur, la transparence des interactions humain-machine jusqu'au contrôle des individus... Ces dimensions sont plus particulièrement analysées dans le cadre de la mission confiée au député Cédric Villani.

Le but de ce rapport n'est pas d'apporter des réponses précises sur ce que sera le travail dans le futur. Il s'agit avant tout d'illustrer de manière réaliste des anticipations plausibles dans plusieurs domaines d'application et dans certains secteurs d'activité. Cette approche sectorielle vise à se pencher de manière très fine sur les opportunités et les risques potentiels : évolution des tâches, dynamique d'apprentissage, montée des compétences techniques ou sociales, changements dans les conditions de travail ou les pratiques managériales, gain ou perte d'autonomie, etc.

Nous avons volontairement choisi de nous concentrer sur trois secteurs – la santé, la banque de détail et les transports – qui nous paraissent suffisamment illustratifs pour appréhender les changements à venir. Dans ces secteurs, l'IA commence à se diffuser, quand elle n'est pas déjà bien installée. Ce sont en outre des secteurs considérés comme porteurs en termes d'emplois, constituant ainsi un enjeu élevé en matière de politiques publiques. Enfin, ce rapport identifie les principaux enjeux à court et moyen termes auxquels devront faire face l'État, les entreprises, les partenaires sociaux et la société civile au sens large.

[1] France Stratégie et Conseil national du Numérique (2017), Contribution à la Stratégie nationale en intelligence artificielle : *Anticiper les impacts économiques et sociaux de l'IA*, rapport du groupe de travail co-piloté par Rand Hindi et Lionel Janin, mars.

[2] Benhamou S. (2017), « Imaginer l'avenir du travail - Quatre types d'organisations à l'horizon 2030 », *Document de travail*, n° 2017-05, France Stratégie, avril.

2. Quelle définition ?

Entrée dans l'histoire

Nous ne prétendons pas apporter ici une définition technique précise de ce qu'est l'intelligence artificielle. Ce sujet a été abordé dans de nombreux rapports, notamment ceux d'Inria[1], de FranceIA[2] ou de l'Académie des technologies[3]. Retenons que l'intelligence artificielle est une discipline scientifique déjà ancienne, dont les fondements remontent aux débuts de l'informatique, dans les années 1940 et 1950, avec de nombreuses méthodes différentes, dont la finalité est la reproduction de fonctions cognitives par l'informatique. L'appellation d'intelligence artificielle elle-même a été introduite en 1956.

Des technologies très efficaces...

Une branche de l'IA, connue sous le nom de l'apprentissage machine ou apprentissage statistique, a connu ces dernières années des progrès spectaculaires, grâce à l'efficacité remarquable des réseaux de neurones profonds à couches multiples, pour des tâches de classification, d'images notamment, à partir d'une phase d'apprentissage fondé sur un grand nombre d'exemples.

Sans entrer dans les détails de ces technologies, il convient de retenir qu'il s'agit de technologies reproduisant une classification existante ou répondant à un objectif bien défini, comme gagner à un jeu. Même si les mécanismes précis conduisant à cette efficacité ne sont pas totalement compris à ce jour d'un point de vue théorique, il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'une technologie déterministe et contrôlée, au sens où le programmateur de l'IA choisit l'architecture logicielle qu'il veut utiliser (type de réseaux de neurones, nombre de couches, etc.), la méthode d'apprentissage (algorithme d'initialisation et de mise à jour des poids associés à chaque neurone) et les données d'apprentissage utilisées. Nous sommes donc loin d'un dispositif autonome, échappant à son concepteur, dans une reprise de Frankenstein.

Ces dispositifs disposent d'une réelle capacité d'apprentissage, au sens de l'exploration automatique d'un ensemble de solutions bien plus large que ce que le concepteur de l'algorithme a pu imaginer. C'est ainsi que le logiciel AlphaGo, entraîné pour jouer au go à partir de millions de parties enregistrées, a pu évoluer

---

[1] Inria (2016), *Intelligence artificielle, les défis actuels et l'action d'Inria*, Livre blanc, n° 01, septembre.
[2] France IA (2017), *Rapport de synthèse*, mars.
[3] Commission TIC de l'Académie des technologies (2018), *Renouveau de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage*, à paraître.

dans une nouvelle version – AlphaGo Zero – pour jouer contre lui-même et utiliser une fonction objectif simple – gagner la partie – pour améliorer ses stratégies, jusqu'à surpasser l'homme. Cet exemple ne démontre pas une intelligence de la machine ou une conscience mais une capacité à résoudre des problèmes compliqués, dans lesquels l'espace des configurations est élevé.

La reconnaissance de formes semblait nécessiter l'intelligence humaine, compte tenu de la dimension pratiquement infinie du problème à traiter (le nombre de paramètres caractérisant une image). Les progrès des réseaux de neurones montrent que ce n'est pas le cas. C'est là que se situe la révolution récente de l'IA, qui justifie les travaux en cours et les interrogations sur les transformations du travail : une nouvelle catégorie de tâches peut être effectuée par la machine. C'était autrefois le cas des travaux de force avec la machine à vapeur, le moteur électrique ou le moteur thermique, c'était hier le cas des aptitudes de calcul et de classement à base de règles programmables, depuis l'informatique ; c'est désormais le cas pour les classifications à base de formes, qu'il s'agisse d'images, de son, de vidéo, de textes. Mais il ne s'agit pas de la pensée pour autant.

…mais loin de l'intelligence générale ou IA forte

L'appellation « intelligence artificielle », qui est celle d'une discipline scientifique imaginée en 1956 entre l'informatique et les sciences cognitives, fait surgir dans le grand public le fantasme d'une machine intelligente au sens humain, douée d'une conscience d'elle-même, capable de faire des choix et – dans la science-fiction – susceptible d'acquérir une autonomie néfaste pour l'homme. Les dispositifs développés à ce jour sont très loin de disposer d'une conscience. Pour autant, les dysfonctionnements de logiciels (bogue, cyberattaque, mauvaises données d'apprentissage) peuvent avoir des conséquences graves, voire mortelles, que ce soit pour le pilotage automatique d'un véhicule ou pour l'administration d'un traitement thérapeutique.

Ces avancées sont cependant loin de présager l'arrivée d'une IA dite « forte », qui serait effectivement comparable à l'intelligence humaine, notamment par sa capacité à comprendre le contexte et à disposer du sens commun, passant par une capacité d'apprentissage. Une telle réalisation semble hors de portée à ce jour, comme le souligne le chercheur Yann LeCun[1]. Cependant, le caractère générique des

[1] « Tant que le problème de l'apprentissage non supervisé ne sera pas résolu, nous n'aurons pas de machine vraiment intelligente. C'est une question fondamentale scientifique et mathématique, pas une question de technologie. Résoudre ce problème pourra prendre de nombreuses années ou plusieurs

technologies développées laisse entrevoir un impact sur l'ensemble des secteurs de l'économie.

Les champs d'application

L'IA regroupe différents champs comme le raisonnement logique, la représentation des connaissances, la perception ou le traitement du langage naturel. Ses principales applications sont aujourd'hui liées aux avancées dans les techniques d'apprentissage machine et plus particulièrement dans l'apprentissage profond (*deep learning*), qui nécessite le plus souvent un grand nombre de données d'apprentissage (*big data*).

Un premier type d'application consiste à simplifier radicalement l'interaction humain-machine. La reconnaissance et la synthèse de la parole, le traitement du langage naturel, que ce soit pour engager des conversations simples entre homme et machine ou pour la traduction automatique, en constituent autant d'exemples. Il s'agit d'un premier ensemble d'applications génériques, utilisables dans de nombreux champs d'activités.

Un second type d'application est la reconnaissance de motifs particuliers au sein de données massives, issues notamment de la multiplication des capteurs ou de la collecte organisée. Citons l'analyse d'images ou de vidéos, la reconnaissance de visages ou la détection de signaux précurseurs de panne.

Ces deux grandes catégories d'usage, qui sont fortement liées au degré de numérisation de l'activité concernée, sont d'ores et déjà possibles.

Une technologie générique ?

S'agit-il pour autant d'une « technologie générique clé »[1], comme a pu l'être le smartphone ? Le débat est ouvert, notamment parce que l'intelligence artificielle recoupe en pratique une grande diversité de technologies différentes. Sans trancher ce point, on peut noter que l'IA se fonde sur des architectures logicielles largement diffusées en *open source*, ce qui permet l'appropriation et la réutilisation d'outils développés dans un secteur particulier. En outre, les méthodes développées pour

---

décennies. En vérité, nous n'en savons rien. », Yann LeCun, Chaire Informatique et sciences numériques, 2016-2017, cours au Collège de France.

[1] Selon la Commission européenne, les *Key Enabling Technologies* (KET) s'appuient sur de la recherche et développement, des cycles d'innovation rapides, des investissements importants et des emplois hautement qualifiés. Elles sont pluridisciplinaires, souvent à la frontière de plusieurs domaines technologiques, avec une tendance vers la convergence et l'innovation, résultant souvent de l'intégration de plusieurs KET.

faire de l'apprentissage machine dans un domaine donné peuvent souvent être adaptées à d'autres champs d'activité. Le logiciel AlphaGo Zéro développé pour jouer au go a ainsi pu être adapté avec succès au jeu d'échecs[1].

Cela dit, il ne faut pas négliger le caractère très artisanal de nombre d'applications aujourd'hui. L'efficacité remarquable de l'IA pour certaines tâches de classification conserve un caractère « magique » : on ne sait pas bien pourquoi ça marche[2], quand bien même le logiciel lui-même et la méthode d'apprentissage sont totalement déterministes. Les raisons qui expliquent pourquoi la matrice de plusieurs millions de coefficients parvient de façon satisfaisante à opérer la reconnaissance d'image attendue restent obscures et font l'objet de travaux de recherche. Le présent rapport ne pousse pas plus loin ce volet de « l'explicabilité » de l'intelligence artificielle, qui constitue cependant un obstacle à certains de ses déploiements, dans les champs où la compréhension des résultats est importante, par exemple pour déterminer les responsabilités en cas d'erreur.

L'IA et la robotique

Une autre problématique consiste à définir les frontières entre l'intelligence artificielle et la robotique. Le déploiement des robots, notamment dans l'industrie et plus particulièrement dans l'industrie automobile, n'a pas attendu les progrès récents de l'IA. Le présent rapport ne porte donc pas sur l'automatisation résultant de la robotisation. Pour autant, la robotique moderne inclut très souvent des briques d'intelligence artificielle. C'est le cas des robots susceptibles d'apprendre un geste à partir d'une manipulation réalisée par un opérateur[3]. Les robots intègrent de façon croissante des capteurs dont le fonctionnement utilise de l'IA, par exemple de la reconnaissance de formes. Il en résulte notamment une capacité accrue des robots à « sortir de leur cage », comme l'a indiqué l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) lors de son audition. Auparavant, les robots étaient « en cage », c'est-à-dire qu'ils étaient enfermés dans une zone protégée inaccessible au travailleur, pour des raisons de sécurité. L'IA permet de façon croissante de mettre en place des interactions « douces » entre humain et robot, grâce à des capteurs de force. Cette évolution, a priori favorable au travailleur qui peut désormais interagir de façon beaucoup plus naturelle avec la machine susceptible de l'assister dans des

[1] Silver D. *et al.* (2017), « Mastering chess and shōgi by self-play with a general reinforcement learning algorithm », décembre.

[2] Cette question de la « boîte noire » de l'apprentissage profond fait l'objet d'études approfondies : Castelvecchi D. (2016), « Can we open the black box of AI? », *Nature*, Vol. 538, octobre, p. 20-23.

[3] Par exemple le bras animé IIWA du constructeur allemand KUKA.

tâches pénibles, n'est cependant pas sans risque, puisqu'elle soulève des débats sur la force d'un contact acceptable non intentionnel entre un homme et un robot. Plusieurs approches peuvent prévaloir : ou bien considérer que tout contact non intentionnel est à éviter, ou bien définir un seuil de force acceptable, par la normalisation. Sans se prononcer sur ce point technique, on pourra noter que ce sont les opérateurs qui définissent les normes d'interaction et non la technologie, qui ne fait que soulever de nouvelles questions.

Signalons enfin que le rapport porte sur la diffusion des technologies d'IA existantes ou qui seront disponibles prochainement avec un bon degré de certitude. Il se projette à un horizon d'ici cinq ans, et laisse en revanche ouverte la question de nouveaux progrès radicaux de la technologie, notamment la capacité d'atteindre l'intelligence artificielle forte.

3. Trois secteurs d'activité passés au crible

Afin d'apporter des illustrations concrètes aux possibilités qu'ouvre l'intelligence artificielle et à ses impacts sur le travail, le rapport s'appuie sur l'analyse de trois secteurs d'activité : les transports, la banque et la santé. Ces secteurs nous permettent à la fois d'apporter une description précise des tendances et de couvrir largement notre problématique, avec la possibilité d'étendre certaines conclusions au-delà de leurs frontières. En effet, ces secteurs recouvrent des réalités diverses en termes de types de production, entre industrie et service, mais aussi entre types d'acteurs, qui relèvent de la sphère privée ou publique. Nous cherchons ainsi à appréhender les impacts de l'IA sur différents types d'emploi et dans différents contextes institutionnels et réglementaires.

En outre, notre rapport antérieur réalisé par France Stratégie et le Conseil national du numérique sur les impacts économiques et sociaux de l'intelligence artificielle adoptaient une approche générale[1]. Il dressait ainsi la liste de quelques effets potentiels de l'IA sur le travail : l'importance d'une analyse centrée autour des tâches plutôt que des emplois, l'identification des tâches substituables à partir de l'avancée de la technologie mais aussi de la mobilisation des éléments de contexte, l'acceptabilité sociale, l'importance de l'intelligence émotionnelle ou le recours à une intervention manuelle complexe. Le rapport s'inquiétait de la complémentarité entre l'humain et la machine : bien déployée, l'IA allège les tâches répétitives et enrichit le

[1] France Stratégie et Conseil national du Numérique (2017), Contribution à la Stratégie nationale en intelligence artificielle : *Anticiper les impacts économiques et sociaux de l'IA*, *op. cit.*

contenu du travail ; mal déployée, elle peut conduire à une « prolétarisation » accrue des travailleurs, une déresponsabilisation et un appauvrissement des relations interpersonnelles, voire un désengagement total au travail.

Pour approfondir et illustrer ces réflexions génériques, il est donc proposé ici d'examiner plus concrètement les impacts de l'intelligence artificielle dans trois secteurs d'activité régulièrement mentionnés comme les plus exposés :

- le transport, en raison de l'essor possible du véhicule autonome, très largement médiatisé depuis que Google, puis Waymo, Uber, Tesla, General Motors, Renault, Peugeot, Navya, Volvo et d'autres encore ont annoncé ou commencé à faire rouler des véhicules de test ;
- la banque de détail, en raison de la numérisation avancée de cette activité et du caractère immatériel de la « matière » traitée, à savoir des échanges d'information sur les transactions, qui se prêtent très bien à l'exploitation par l'IA ;
- la santé, en raison du fait que tout le monde est concerné, de la complexité des mécanismes explicatifs provenant de la science du vivant, et dans le traitement des données correspondantes, avec l'exemple des données de génome (environ 3 milliards de paires de bases, que l'on sait désormais séquencer pour un coût de quelques centaines d'euros)[1], ou des données des dispositifs d'imagerie, pour l'analyse desquelles l'IA est particulièrement adaptée.

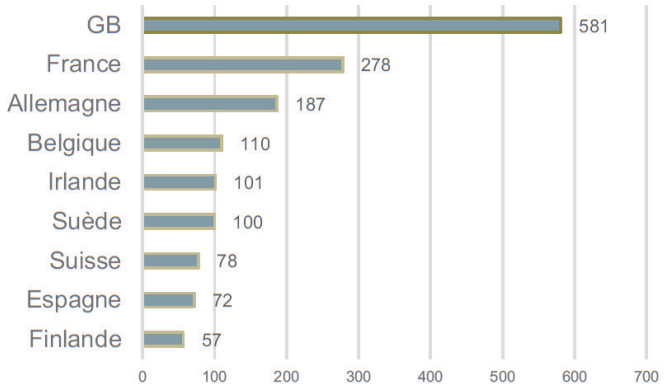
En outre, ces trois secteurs sont ceux qui sont régulièrement mis en avant, par exemple dans le rapport sur la stratégie anglaise en matière d'IA[2], qui retient justement les applications dans la santé, l'automobile et les services financiers. Il s'agit également de secteurs souvent bien représentés dans les cartographies des acteurs innovants, par exemple aux 2e (HealthTech), 3e (FinTech) et 6e rangs (automobile) des filières pour le nombre de transactions d'investissement dans des startups en Europe en 2016 (voir graphiques ci-dessous).

[1] www.genome.gov/sequencingcostsdata/.

[2] Hall W. et Pesenti J. (2017), *Growing the artificial intelligence industry in the UK*, octobre.

Graphique 1 – Investissements dans les startups en intelligence artificielle en Europe en 2016

Levées de fonds par pays en 2016 (en millions d'euros)



Nombre de transactions par filière en Europe en 2016

Source : France IA (2017), Rapport de synthèse, groupes de travail, d'après 2016 European AI Scale-Ups ; Sirris, Omar Mohout

Enfin, les secteurs de la santé, de la banque et du transport ont un poids économique suffisamment important dans l'économie française pour que les impacts décrits représentent de réels changements (voir tableau ci-dessous).

Tableau 1 – Poids des différents secteurs économiques dans le PIB français

Valeur ajoutée brute par branche à prix courants, en milliards d'euros	2016	
Agriculture, sylviculture et pêche	1,6 %	32,7
Industrie manufacturière, industries extractives et autres	14,1 %	280,0
Construction	5,5 %	109,6
Commerce ; réparation d'automobiles et de motocycles	9,9 %	196,6
Transports et entreposage	4,8 %	96,1
Hébergement et restauration	2,9 %	57,8
Information et communication	5,2 %	103,6
Activités financières et d'assurance	4,1 %	82,1
Activités immobilières	13,0 %	259,1
Activités scientifiques et techniques ; services administratifs et de soutien	13,2 %	262,5
Autres services	3,0 %	60,0
Administration publique et défense - sécurité sociale obligatoire	8,0 %	158,5
Enseignement	5,4 %	106,7
Activités pour la santé humaine	6,0 %	119,9
Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement	3,4 %	67,0
Total des branches		1 992,3

Source : Comptes nationaux - Base 2010, Insee

Deux scénarios envisagés

Les avancées technologiques étendront plus ou moins vite le champ d'action potentiel de l'intelligence artificielle. Ces progrès pourront venir d'une amélioration des capacités de traitement, d'une capacité d'apprentissage optimisée à partir d'un nombre d'exemples plus restreint ou de la baisse du coût ou de la consommation des puces informatiques permettant de déployer des systèmes à base d'intelligence artificielle. Sur ces différents champs, des travaux de recherche sont engagés. Des avancées nouvelles spectaculaires peuvent survenir dans les prochaines années. Ce n'est cependant pas l'approche retenue pour le présent rapport. Il nous semble que l'avancée réalisée au tournant des années 2010 est justement la rupture technologique qui a étendu le potentiel de l'IA. Dès lors, les scénarios d'évolution que nous construisons ne sont pas bâtis sur les avancées technologiques de l'intelligence artificielle, qui iraient au-delà des progrès tendanciels, mais plutôt sur sa diffusion en France.

Le scénario d'une diffusion progressive

En tant que nouvelle technologie du numérique, l'intelligence artificielle peut être intégrée au fonctionnement des entreprises et des organisations dans la dynamique générale de leur transformation numérique (équipement informatique, site web, numérisation des données, exploitation des retours des clients ou des utilisateurs, etc.). Cette dernière est plus ou moins rapide selon les secteurs. La diffusion de l'IA pourrait intervenir dans la continuité de la transformation numérique des entreprises et des organisations, ce qui conduirait à des transformations progressives des tâches, des emplois, des compétences et des organisations, avec la possibilité d'accompagner les évolutions pour les travailleurs ainsi que pour les usagers.

Cette transformation progressive, faisant l'objet d'une anticipation dans la conduite du changement technologique et organisationnel, peut être illustrée dans les trois secteurs retenus.

Le scénario de rupture

La transformation numérique des secteurs peut également intervenir plus brutalement, avec l'arrivée de nouvelles entreprises, françaises ou étrangères, qui auront su, avant les autres, identifier les opportunités offertes par ces nouveaux outils et les exploiter. Les technologies d'IA peuvent être un vecteur de disruption dans les secteurs ou sur certains pans d'activité, ce qui conduit à bouleverser les acteurs établis. Dans ce schéma, le temps d'adaptation des entreprises existantes peut être très court et conduire à de réelles difficultés, tant dans l'évolution de l'organisation interne des structures que dans l'accompagnement des usagers et clients. Le renouveau de l'IA est sans doute trop récent pour fournir des exemples concrets de la réalisation de ce scénario mais un exemple lié à des technologies antérieures, notamment le développement du smartphone et du GPS, permet d'illustrer le propos.

Comment lire les scénarios ?

Les scénarios sont décrits en des termes très généraux, de manière à pouvoir s'appliquer potentiellement à tout secteur d'activité.

Ils doivent ensuite être adaptés à chaque secteur d'activité, en en incorporant les spécificités. C'est ce que nous esquissons pour les trois secteurs sur lesquels nous avons mené notre examen approfondi. Il est tout à fait possible – c'est même le plus vraisemblable – que différents scénarios prévalent au sein de chaque secteur, voire selon les activités concernées.

Ces scénarios ne sont pas présentés comme ce qu'il faut faire ou ne pas faire : ils visent à éclairer deux trajectoires possibles. C'est sur la base de ces trajectoires que les politiques publiques et les acteurs peuvent chercher à favoriser l'un ou l'autre scénario, ou à mitiger les effets négatifs ou accentuer les effets positifs, dans le cas de réalisation d'un scénario. Il s'agit de se préparer, quel que soit le scénario qui se réalisera.

C'est pour cette même raison qu'ils sont très tranchés, voire caricaturaux : ils constituent deux extrêmes possibles, mais des scénarios plus tempérés peuvent se réaliser en pratique.

Il est alors possible de penser les politiques publiques à mettre en œuvre, pour chercher à éviter l'occurrence d'un scénario qu'on juge négatif, ou à l'inverse chercher à favoriser un scénario positif.

Bien sûr, pour chaque secteur, en fonction de ses caractéristiques, l'un des scénarios apparaît comme le plus vraisemblable. Nous l'esquissons pour les différents secteurs sur lesquels nous avons travaillé.

Le message général est cependant qu'on ne sait pas avec certitude quel scénario va se réaliser, et les exemples étudiés dans ce rapport montrent que tout secteur peut se trouver concerné par le scénario de rupture. Dès lors, la recommandation principale qui peut être formulée à l'attention des parties prenantes est « soyez prêts ».

IMPACTS DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS

Le secteur du transport recouvre le transport routier, ferroviaire, maritime, fluvial et aéronautique. Ce chapitre analyse les impacts potentiels de l'intelligence artificielle sur les seuls transports routiers et ferroviaires, qui seront les segments touchés par le développement du véhicule autonome, principale innovation liée au développement de l'IA dans le secteur.

1. Les applications de l'intelligence artificielle dans le transport

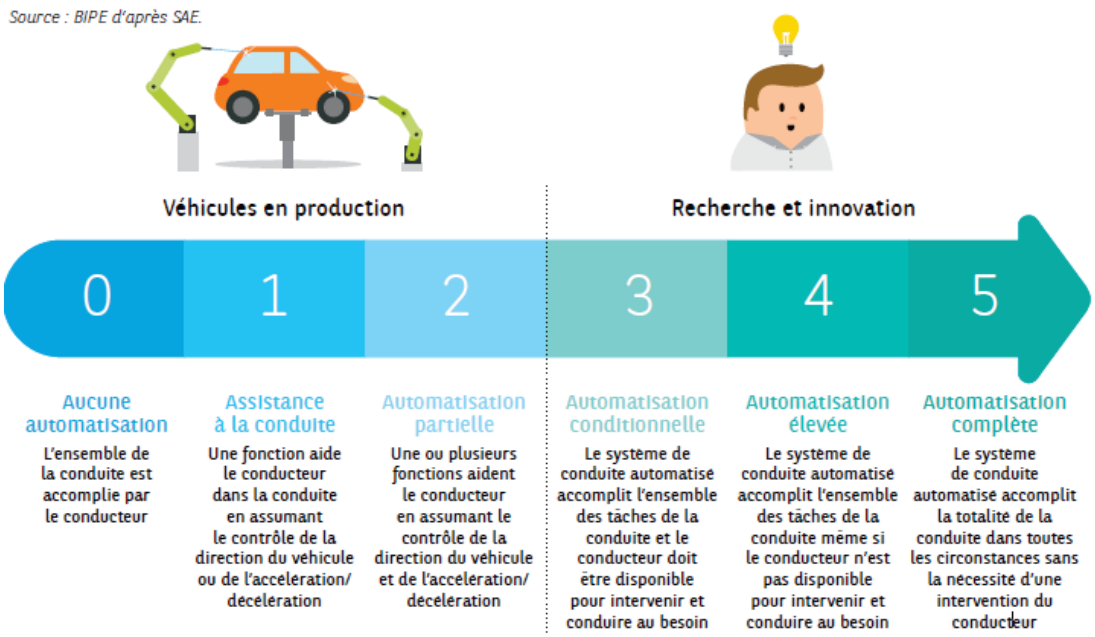
Véhicule autonome

L'innovation majeure portée par le développement de l'IA dans le transport sera sans conteste le véhicule autonome, même si des incertitudes persistent sur le calendrier de son déploiement. Tout dépend évidemment du degré d'autonomie dont on parle. Car l'automatisation de la conduite est divisée en six niveaux (voir figure 1) : la maturité technologique propre à ces différents niveaux puis leur diffusion seront déterminantes dans la transformation du secteur des transports.

Actuellement, les véhicules sont équipés de systèmes d'automatisation de niveau 1 qui apportent une simple assistance à la conduite. Certains véhicules sont classés en niveau 2, comme les Tesla[1] ou les nouveaux modèles de DS annoncés par PSA en 2018[2] : ils intègrent des fonctions comme le changement de ligne automatique sur autoroute ou la prise en charge des manœuvres de stationnement.

[1] www.tesla.com/presskit#autopilot.
[2] www.groupe-psa.com/fr/story/en-route-vers-la-voiture-autonome/.

Figure 1 – Les six niveaux d'automatisation des véhicules



Source : NIPE d'après SAE

Le véhicule réellement autonome n'apparaît en réalité qu'à partir du niveau 3, lorsque la machine est en charge à la fois de l'exécution du pilotage et de la supervision de l'environnement. Ce niveau 3, auquel le conducteur doit être en mesure de reprendre le contrôle du véhicule en cas de besoin, sera sans doute seulement une phase intermédiaire en vue d'atteindre le niveau 4. En effet, les expériences montrent que le conducteur/passager peut avoir besoin d'un temps long, de l'ordre de 30 secondes, pour avoir une réaction adéquate en cas de situation compliquée dans laquelle la machine ne sait pas comment réagir. Au niveau 4, le véhicule est en autonomie totale dans des contextes précis (déplacement et stationnement dans un parking, conduite sur autoroute). Cette perspective est envisagée par les constructeurs et certaines études à l'horizon 2025. Le niveau 5 qui correspond à la conduite totalement autonome du véhicule dans n'importe quelle situation (trafic urbain dense, routes de campagne) n'a encore été annoncé par aucun constructeur. Cependant, des expérimentations de circulation sur route ouverte sans chauffeur ont été annoncées début novembre 2017 par deux des principaux constructeurs de véhicule autonome, Waymo[1], la filiale de Google, et le français Navya[2]. General Motors, pour sa part, a

[1] Voir le site de Waymo et *Le Monde*, « Google va réaliser des tests grandeur nature de ses voitures autonomes », 8 novembre 2017.

[2] Voir le site de Navya et *Le Monde*, « Navya présente son taxi-robot électrique attendu dès 2018 », 8 novembre 2017. .

présenté au salon CES 2018 son modèle Cruise totalement autonome, sans volant ni pédale. Ce modèle n'a pas encore reçu l'autorisation de rouler mais General Motors ambitionne de déployer sa flotte dès 2019[1]. Ces projets ouvrent la voie à des services de type taxi autonome. Les progrès technologiques en matière de véhicule autonome sont parfois plus rapides que prévu. Les villes ou les pays qui seront les premiers à tester ces déploiements en grandeur réelle seront aussi de fait les créateurs d'une quasi-norme. Quoi qu'il en soit, ce rapport limite son analyse aux impacts de la diffusion du véhicule autonome de niveau 4, dans un horizon de dix ans.

Outre qu'il supprime les coûts liés à la présence d'un chauffeur, le véhicule autonome permet une meilleure gestion du trafic. En effet, intégrée au système de pilotage automatique, l'intelligence artificielle est capable d'optimiser la vitesse de circulation d'un véhicule compte tenu du temps d'accélération ou de freinage et de la congestion des voies. Cette optimisation se traduit par des économies d'énergie. Elle permet en outre un accroissement des cadences sur les voies ferrées, particulièrement utile pour le transport massif de voyageurs.

Maintenance des équipements et des chaînes de production

De nombreux capteurs industriels mesurent déjà les points d'usure du matériel ou équipent les points de contrôle sur les chaînes de production. La réduction des coûts de ces capteurs autorise la collecte de données massives. L'intelligence artificielle permet ici de traiter ces données à plus grande échelle qu'un traitement humain et donc de multiplier les points de contrôle, tout en affinant le diagnostic découlant de l'analyse de ces données.

On peut ainsi d'une part disposer d'outils de diagnostic intelligents qui facilitent les opérations de maintenance et, d'autre part, élaborer des indicateurs préalables à l'apparition d'anomalies, ce qui ouvre la voie à une maintenance non plus préventive mais prédictive. Les opérations de maintenance et de contrôle ne sont réalisées que lorsque nécessaire, avant même la survenue d'une anomalie qui viendrait bloquer une chaîne de production ou l'usage d'un matériel.

La maintenance prédictive est un enjeu pour l'ensemble des exploitants de réseau (ferroviaire, routier) et de véhicules (avion, train, poids lourds, etc.) : il s'agit tout à la fois d'optimiser l'exploitation, de limiter les immobilisations dues à la maintenance et

[1] https://techcrunch.com/2018/01/11/gm-and-cruise-reveal-their-fourth-generation-steering-wheel-free-cruise-av/.

de réduire les coûts d'entretien. Les services de maintenance peuvent en outre espérer mieux anticiper les pics d'activité, voire les éviter.

Logistique et optimisation des flux

L'intelligence artificielle permet en outre d'optimiser la logistique en cas de crise. Cette application qui cible en particulier le trafic ferroviaire pourrait aussi être utilisée sur route. En cas d'incident, la circulation des trains et du métro peut se trouver fortement perturbée, le retour au trafic normal prenant parfois plusieurs heures, voire plusieurs jours comme ce fut le cas fin juillet 2017 à la gare Montparnasse[1].

Quand la crise n'a pas pu être évitée par la maintenance préventive, sa résolution peut encore être accélérée par l'intelligence artificielle. Aujourd'hui, la réponse à un scénario de crise est standardisée, avec ces deux écueils que sont le traitement de l'information et la coordination des actions nécessaires. Deux limites que l'IA peut contribuer à repousser. Elle pourrait apporter une réponse plus fine aux crises en prenant en compte un plus grand nombre d'informations, par exemple dans le cas d'une panne sur une ligne de métro parisien : l'affluence de voyageurs qui détermine la cadence optimale pour décongestionner la ligne, la disponibilité de trains de remplacement et de la main-d'œuvre nécessaire à leur mise en service, les trajets alternatifs disponibles, etc.

Cette optimisation de la logistique et des flux n'est possible que si l'IA dispose de données en temps réel, sur un ensemble large de paramètres, donc avec les risques de blocage que peut entraîner la diversité des acteurs.

2. Un contexte plutôt favorable à la diffusion

Les applications décrites ci-dessus semblent pouvoir atteindre un niveau de maturité technologique suffisant pour être déployées à un horizon de cinq à dix ans. Cependant, cette maturité doit aussi se confronter à un certain nombre de paramètres affectant la diffusion de l'intelligence artificielle.

Disponibilité des données

À ce stade, le partage des données ne semble pas constituer un frein au développement de la technologie. Il pourrait toutefois le devenir dans un avenir proche, avec l'exploitation à grande échelle des véhicules autonomes.

[1] *France Info* (2017), « Gare Montparnasse : ce qu'il faut retenir du rapport de la SNCF sur la panne qui a provoqué une pagaille monstre », 3 août.

Les premières étapes peuvent s'appuyer sur les données collectées par les entreprises elles-mêmes : Google a ainsi fait parcourir quelque 5 millions de kilomètres à sa Google car[1]. En revanche, le passage à l'industrialisation de la production puis à la commercialisation des véhicules pose la question de l'accès aux données collectées par ces véhicules, qui ne sont plus la propriété des fabricants.

La question du respect de la vie privée des propriétaires particuliers a déjà été posée avec le développement des véhicules connectés. La CNIL a ainsi publié un référentiel sectoriel permettant aux constructeurs de se mettre en conformité avec le règlement européen sur la protection des données[2]. Ce référentiel prévoit notamment un scénario où « les données collectées dans le véhicule sont transmises à l'extérieur pour déclencher une action automatique dans le véhicule ».

Cependant, dans la perspective du déploiement de l'intelligence artificielle dans les transports, les enjeux de collecte et d'exploitation de données interviennent essentiellement entre entreprises. Elles ne relèvent donc pas de la problématique du respect de la vie privée mais plutôt de celle du partage de la valeur. Pour une utilisation optimale des possibilités de l'IA, les données de navigation mais aussi de maintenance des véhicules et des infrastructures devront être partagées entre plusieurs types d'acteurs, en particulier les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires (SNCF réseau, RATP) et routières (Vinci, Bouygues, etc.) et les exploitants de véhicules (Ouigo, RATP, transporteurs routiers, etc.). Les conditions économiques et techniques – qu'il s'agisse d'harmonisation, de qualité, d'interopérabilité, de temps réel, etc. – devront alors être définies.

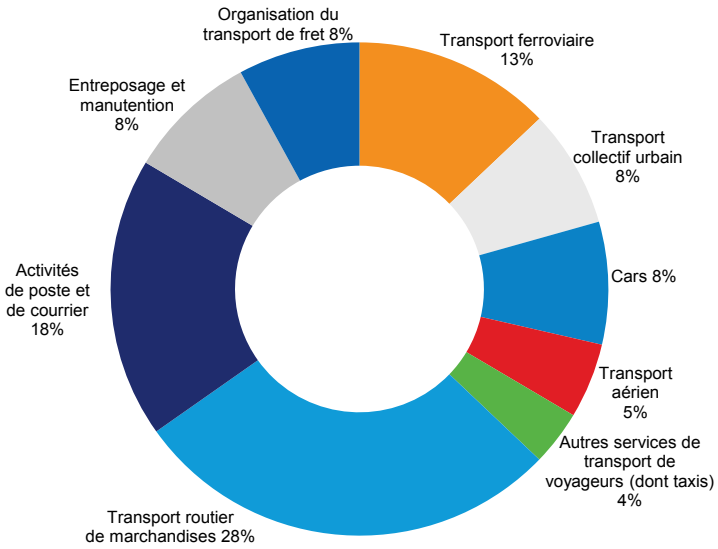
L'emploi : une main-d'œuvre vieillissante

Le secteur des transports s'organise en quatre grands pôles : le transport de marchandises (32,8 % de la production de la branche), l'entreposage et les services auxiliaires (33,6 %), le transport de voyageurs (27,1 %) et les services de courrier (6,5 %).

[1] https://waymo.com/ontheroad/.

[2] CNIL (2017), « Véhicules connectés : un pack de conformité pour une utilisation responsable des données », 17 octobre.

Graphique 2 – Répartition des emplois dans le secteur des transports



Source : les comptes des transports en 2016, CGDD

Ce secteur est toujours dans une phase de reprise suite à la crise économique. L'emploi salarié y augmente de 0,8 % en 2016, après 0,2 % en 2015, principalement dans le transport de marchandises (+ 2,9 %), mais reste inférieur à son niveau de 2008. Le transport routier de marchandises connaît par ailleurs une tension sur le secteur longue distance, où le nombre d'offres augmente sensiblement plus (+ 25,6 %) que les nouvelles inscriptions (+ 10,2 %). Ces emplois sont en grande majorité des emplois de chauffeurs ou d'ouvriers qualifiés (79,6 %) et sont soumis à une compétition accrue des autres pays européens. Cette mutation et ces tensions ont été illustrées par les débats autour de l'application de la directive européenne sur les travailleurs détachés. Cette pénurie de chauffeurs risque d'être renforcée dans les années à venir du fait du vieillissement de la population. Dans la maintenance, on signale une pénurie de main-d'œuvre – notamment de personnes un peu expérimentées, autour de la trentaine – due à un recul des embauches au moment de la crise en 2008.

La réglementation

Les différentes activités relevant du secteur du transport sont soumises à des réglementations spécifiques qui façonnent des marchés plus ou moins concurrentiels. Le transport routier de marchandises par exemple est ouvert à la concurrence internationale, alors que le transport ferroviaire reste dominé par la SNCF : la pénétration de l'intelligence artificielle ne s'y fera pas au même rythme. Les autorisations nécessaires à la mise en circulation de véhicules autonomes sont quant

à elles en voie d'harmonisation au niveau européen[1]. Une autorisation octroyée par un État membre pourrait ainsi s'étendre de fait à l'ensemble du territoire européen. Et on imagine mal qu'une régulation protectrice d'un État membre puisse retarder l'arrivée du véhicule autonome sur les marchés européens quand ce dernier sera au point.

En ce qui concerne les transports en commun en zone urbaine, ils dépendent aujourd'hui des Autorités organisatrices de la mobilité (AOM)[2], notamment via l'attribution de financements publics. Dans ce cadre, les choix de services de transport dépendent de considérations à la fois économiques, avec des contraintes fortes liées aux baisses des dotations, et sociales, avec la prise en compte des impacts des véhicules autonomes sur le volume d'emplois, par exemple. Le risque existe que la baisse des coûts dans les services de transport, notamment grâce au véhicule autonome, permette le développement d'offres privées économiquement pérennes qui viendraient concurrencer les services subventionnés. La capacité des AOM à réguler la concurrence et à encourager la complémentarité modale n'est pas garantie, ce qui pourrait aboutir à une juxtaposition des offres et donc à une inefficacité économique.

L'acceptabilité sociale

L'intelligence artificielle se heurte également à une contrainte d'acceptabilité sociale, qui peut être abordée à deux niveaux, individuel et collectif.

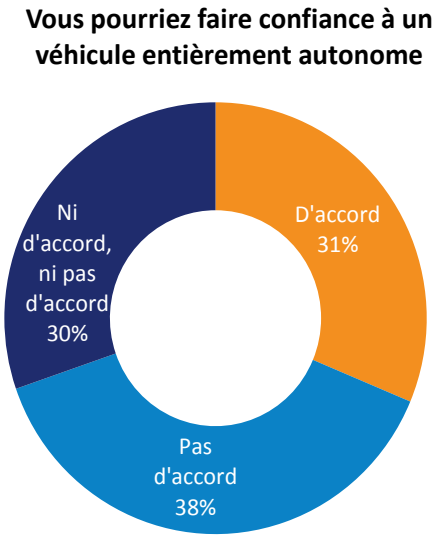
Dans le secteur des transports, le véhicule autonome réussira-t-il à vaincre les réticences des passagers à monter dans un véhicule sans chauffeur ? Un récent sondage[3] montre que les Français sont partagés sur cette question.

[1] « Declaration of Amsterdam: Cooperation in the Field of Connected and Automated Driving », 14-15 avril 2016.

[2] www.gart.org/nos-adherents/autorites-organisatrices-de-mobilite/.

[3] OpinionWay (2017), « L'usage des innovations par les Français », novembre.

Graphique 3 – Confiance des Français dans un véhicule autonome



Source : OpinionWay, novembre 2017

Les craintes et les attentes des Français vis-à-vis du véhicule autonome semblent se concentrer sur les aspects sécuritaires : ils sont 58 % à attendre de ces véhicules intelligents des fonctionnalités de sécurité améliorées. Leurs principales réticences concernent la crainte que le véhicule ne prenne pas la bonne décision, le manque de contrôle sur le véhicule, la peur de l'accident et enfin les risques de piratage du véhicule. A contrario, on peut supposer qu'une fois un certain niveau de sécurité garanti, l'acceptabilité des véhicules autonomes s'en trouvera grandement améliorée.

En ce qui concerne le transport public, l'absence d'un professionnel dans les véhicules va soulever d'autres questions de sécurité, telles qu'elles peuvent se poser dans tout lieu public, notamment la nuit ou dans des lieux peu fréquentés. Même si le chauffeur devient inutile, une présence humaine ou des outils de communication couplés à des possibilités d'intervention rapide pourraient apparaître nécessaires.

Le véhicule autonome doit aussi être accepté par les piétons. Des expérimentations[1] ont été menées pour tester la réaction de ces derniers face à un véhicule sans chauffeur, au moment de traverser la rue. L'absence de communication avec un conducteur – souvent par contact visuel – est source d'incertitude donc d'inquiétude. Des standards internationaux devront être élaborés pour établir cette communication entre les véhicules et les piétons, afin de garantir la mise en confiance et la sécurité

[1] Expérimentation de l'entreprise suédoise Semcon : https://semcon.com/smilingcar/,et du constructeur automobile Ford : https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2017/09/13/ford-virginia-tech-autonomous-vehicle-human-testing.html.

de tous. C'est aussi l'occasion d'améliorer la sécurité des piétons malvoyants, grâce à un signal sonore venant compléter le signal visuel.

Les outils intelligents de maintenance et de logistique n'étant pas en contact direct avec les usagers, leur diffusion ne devrait pas en revanche pas rencontrer de problème d'acceptabilité.

Au niveau collectif, les améliorations proposées par les applications de l'intelligence artificielle seront mises en balance avec leurs impacts, notamment sur le volume d'emplois. Mais si les fortes attentes en matière de sécurité sont satisfaites, il est possible qu'elles priment sur les potentielles destructions d'emplois.

Les compétences disponibles des travailleurs

Le véhicule autonome exige une prise en main nouvelle de la part des personnes qui seront amenées à le conduire, en cas de besoin, notamment hors des zones de circulation déterminées. La prise en main d'une voiture ne demande aujourd'hui qu'un accompagnement limité, de l'ordre d'une heure chez le concessionnaire. Elle pourrait prendre une demi-journée dans le cas des voitures autonomes. Une continuité d'apprentissage devrait toutefois se créer avec l'équipement des véhicules en outils d'aide à la conduite. La formation des professionnels, notamment des chauffeurs routiers, pourra donc être réalisée de manière progressive.

Le déploiement des outils de maintenance intelligents devrait également suivre le cours naturel de l'évolution du métier. Une mise en garde pourrait être formulée quant au risque de polarisation entre des experts capables de faire un diagnostic poussé sur un équipement lorsque les outils intelligents atteignent leur limite, et des exécutants qui se cantonneraient à effectuer les tâches indiquées par ces outils, sans vision globale de leur action. Ce risque semble limité dans la maintenance de véhicules lourds, où la volonté existe d'élever le niveau de qualification générale pour que chaque employé soit autonome sur son poste et capable de réaliser un diagnostic complet. Il pourrait en aller autrement pour les services aux particuliers, notamment les garagistes de quartier.

Les métiers de la logistique pourront aussi intégrer au fil de l'eau ces nouveaux outils, avec une acquisition en continu des compétences nécessaires.

Dans la maintenance comme dans la logistique, le manque de compétences n'est donc pas critique pour l'utilisation des outils IA, mais des lacunes se font sentir pour leur diffusion et leur mise en place, notamment en ce qui concerne le traitement de données. En effet, la mise en service et le fonctionnement de ces outils demandent une certaine disponibilité des données, à la fois historique et en temps réel. Les

bases de données actuelles ne sont pas toujours numérisées, ni harmonisées, conditions *sine qua non* du passage à l'intelligence artificielle. Se pose ensuite la question de leur interopérabilité pour un fonctionnement optimal de l'IA. Tous ces traitements requièrent des compétences rares, que se dispute la concurrence. En outre, ils exigent une connaissance fine du métier concerné, pour garantir que le traitement des données correspond aux besoins du secteur. Ces doubles compétences sont actuellement difficiles à trouver, elles demandent à la fois un effort en termes de formation continue mais aussi de formation initiale (voir les recommandations).

3. Les impacts sur les métiers du transport

Les perspectives de déploiement des véhicules autonomes varient selon les activités de transport.

Le transport routier de marchandises : le chauffeur routier

En France, le transport de marchandises est assuré à 90 % par la route, les 10 % restants revenant au fret ferroviaire. Le transport routier de marchandises (TRM) est donc pourvoyeur de nombreux emplois de chauffeurs. En Europe, la main-d'œuvre dans ce secteur représente entre 35 % et 45 % du coût total[1], ce qui constitue pour les entreprises une forte incitation à investir dans des technologies prometteuses d'économies. Par ailleurs, le secteur est soumis à une forte concurrence internationale, un facteur supplémentaire de pénétration des innovations.

L'arrivée des véhicules autonomes de niveau 4 ouvre la perspective pour le TRM d'une conduite automatisée sur autoroute, environnement particulièrement adapté à ce type de véhicules. En outre, sur les grands axes où circulent de nombreux camions, la formation de convois permet de réduire les coûts de carburant tout en augmentant la sécurité grâce à l'interconnexion des véhicules[2].

Cette circulation automatisée en convoi permettrait dans un premier temps d'augmenter les temps de circulation des camions, en modifiant la réglementation sur les repos des chauffeurs qui ne seraient plus en situation de conduite sur l'ensemble du trajet (voir tableau 2). À terme, la présence d'un chauffeur pourrait même n'être requise qu'en tête de convoi. Une présence humaine resterait en effet nécessaire

[1] International Transport Forum (2017), *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*, mai.
[2] www.eutruckplatooning.com/About/default.aspx.

pour prendre en charge des tâches qui ne seraient pas encore automatisées (par exemple faire le plein de carburant).

Tableau 2 – Dispositions relatives aux temps de conduite et de repos des chauffeurs (règlement européen n° 561/2006)

Thèmes	Dispositions
Conduite continue	4 heures 30
Interruptions	45 minutes ou une interruption de 15 minutes suivie d'une interruption de 30 minutes
Conduite journalière	9 heures portées à 10 heures deux fois par semaine
Conduite hebdomadaire	56 heures
Conduite hebdomadaire moyenne sur 2 semaines	90 heures
Repos journalier	11 heures consécutives sur 24 heures ou 3 heures puis 9 heures Peut être réduit à 9 heures 3 fois par semaine
Repos journalier (double équipage)	9 heures consécutives sur 30 heures
Repos hebdomadaire	45 heures consécutives, après au plus six périodes de 24 heures. Peut être réduit à 24 heures (en alternance avec un repos normal et compensation avant la fin de la troisième semaine suivante)

Source : ministère du Travail

Dans un second temps, une nouvelle logistique d'acheminement des camions pourrait se mettre en place. Comme c'est déjà le cas avec les autoroutes ferroviaires, les camions seraient conduits par des chauffeurs jusqu'à une aire d'interface à l'entrée des autoroutes avant de se joindre à un convoi autonome, et récupérés à leur sortie pour la livraison au point final. Ainsi la diminution des besoins en chauffeurs de longue distance s'accompagnerait d'une augmentation de la demande en chauffeurs locaux, qui bénéficient de meilleures conditions de travail (trajets plus courts dans une zone géographique restreinte).

De nouvelles activités liées à la supervision à distance

Des emplois de contrôleur pourraient voir le jour afin de superviser à distance la circulation des flottes de véhicules. Du fait de la diversité des entreprises dans le TRM – à plus de 80 % des TPE, comme le montre le tableau 3 –, il devrait en résulter une réorganisation en fonction de leur degré de maturité. Les pays qui auront testé les premiers les convois et autres éléments de conduite autonome pour le TRM verront vraisemblablement leur part de pavillon augmenter.

Tableau 3 – Taille des entreprises dans le transport routier de marchandises

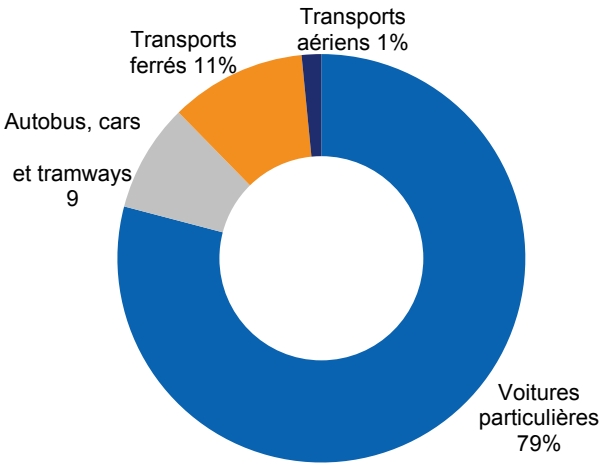
Taille (en nombre de salariés)	0 à 9 salariés	10 à 19 salariés	20 à 249 salariés	250 salariés et plus	Total
Nombre d'entreprises	29 147	2 695	2 855	77	**34 774**
Pourcentage des entreprises	83,8	7,8	8,2	0,2	**100**
Effectif salarié au 31 décembre 2014	67 441	46 023	174 179	50 442	**338 085**
Pourcentage de l'effectif salarié	19,9	13,6	51,5	14,9	**100**

Source : ministère de la Transition écologique et solidaire

Impact sur le transport de particuliers

En France, le transport de particuliers s'effectue majoritairement avec des véhicules personnels (voir graphique 4). Sur ce segment, le véhicule autonome n'aura pas de prise immédiate car le niveau 5 de conduite automatique est encore difficile à prévoir. Cependant, le niveau 4 pourra déjà permettre de développer de nouveaux services de transport public qui pourraient remplacer une partie des déplacements individuels.

Graphique 4 – Transports intérieurs de voyageurs en 2016
(en milliards de voyageurs-kilomètres)



Source : Insee

En effet, les premières expérimentations en cours portent sur la mise en service de navettes qui réalisent des trajets dans des zones délimitées. Navya, un des leaders

mondiaux en la matière, a déjà déployé plus de 50 véhicules dans le monde sur des distances courtes (jusqu'à deux kilomètres). On peut donc imaginer dans les années à venir la multiplication de navettes autonomes proposant de nouveaux services de transport public, par exemple sur des dessertes locales moyennement fréquentées, actuellement non couvertes, ou sur des services nocturnes. L'expérimentation Rouen Normandy Autonomous Lab[1] de service de mobilité à la demande sur route ouverte va en ce sens. Les autorités japonaises souhaitent développer un service de mobilité autonome à grande échelle à l'occasion des Jeux olympiques de Tokyo en 2020. Cette expérience inédite au niveau mondial ouvrirait la voie aux taxis autonomes.

Ces navettes autonomes partagées pour des dessertes locales viendront compléter l'offre de transport public, faisant concurrence à la fois aux transports en commun de masse et aux transports de particuliers par taxi ou VTC. On peut donc prévoir un impact sur les emplois de chauffeurs dans ces domaines. Cependant, tant que le véhicule autonome de niveau 5 ne sera pas disponible, les taxis et VTC resteront prépondérants sur les trajets de porte à porte. En outre, les capacités de circulation des véhicules autonomes qui empruntent les routes ne pourront pas rivaliser avec les transports en commun classiques sur les trajets les plus fréquentés : cela entraînerait une congestion des routes trop importante.

Par ailleurs, le développement de cette offre s'accompagnera de la création de postes de supervision des flottes, ainsi que de postes de relation client, pouvant assurer à la fois des missions d'accueil et de sécurité.

Des services de transport public interurbains sur autoroute pourront également voir le jour, faisant concurrence aux offres actuelles de covoiturage (type Blablacar), de bus dits « Macron » et de trains de région. Des phénomènes de report de clientèle, semblables à ceux constatés lors du déploiement des services de covoiturage et du lancement des bus, sont à attendre[2]. Sur les distances plus longues, du fait de la vitesse du train ou de l'avion, la concurrence ne devrait jouer que faiblement.

Un risque de « tripolarisation » des emplois des transports publics

Dans les transports publics, le déploiement des véhicules autonomes d'abord sur de nouveaux services puis progressivement sur les lignes existantes – bus, métro, tramways ou trains –, pourrait conduire à une « tripolarisation » des emplois, entre

[1] Transdev (2017), « Rouen Normandy Autonomous Lab », *communiqué de presse*, 2 octobre.

[2] ARAFER (2016), « Les pratiques de mobilité de longue-distance des voyageurs sur les lignes régulières d'autocar librement organisées », enquêtes de terrain octobre-décembre 2016.

ceux qui progressent vers les postes de supervision, ceux qui sont réorientés vers l'accueil voyageur et ceux qui disparaissent.

Une nouvelle organisation du travail pour le personnel de maintenance

Les outils intelligents de maintenance qui équiperont de manière native les nouveaux véhicules et infrastructures pourront également se diffuser sur l'existant. Les personnes en charge de l'entretien et de la maintenance seront ainsi confrontées à un nouveau cadre de travail quotidien, tant dans les tâches à accomplir que dans les outils mis à leur disposition.

Les véhicules plus autonomes, connectés et propres incluent de nouveaux équipements, notamment électroniques, qui pourront présenter de nouvelles pannes. A contrario, les véhicules autonomes étant principalement électriques, le fonctionnement du moteur est largement simplifié et les pannes moins fréquentes. Quoi qu'il en soit, la formation du personnel de maintenance est donc indispensable. Ces évolutions techniques pourraient en outre modifier la répartition de la chaîne de valeur sur ces services de maintenance. Les constructeurs pourraient chercher à vendre non seulement un véhicule mais aussi le service de maintenance associé, en justifiant notamment du niveau d'expertise nécessaire. Cela jouerait en faveur de la concentration verticale du secteur et de la diminution du poids des petites et moyennes entreprises.

Une montée nécessaire en compétence et en autonomie

Dans le diagnostic comme dans l'exécution des tâches de maintenance, les outils intelligents apporteront une aide, voire des « instructions ». Il est difficile de contredire une machine sur l'origine d'une panne, surtout si celle-ci n'a pas encore eu lieu, comme ce sera le cas avec la maintenance prédictive. En outre, l'intelligence artificielle indiquera non seulement l'élément nécessitant une intervention mais aussi la manipulation à exécuter. Pour prendre une image dans le secteur médical, on aura à la fois le diagnostic et le traitement. D'où pour le personnel un risque de perte de vision globale du fonctionnement d'un véhicule et des opérations de maintenance à réaliser. On aboutirait à une approche en tâches distinctes, où l'humain serait chargé de l'exécution, sans forcément identifier la cohérence d'ensemble. Ce risque semble aujourd'hui limité par la volonté de conserver l'autonomie des employés sur la maintenance globale d'un véhicule, et non de s'orienter vers une spécialisation sur des tâches spécifiques qui pourraient ensuite être automatisées. La montée en compétence est donc décisive pour conserver cette approche globale, malgré la complexité croissante des véhicules et la diffusion de nouveaux outils prescriptifs.

Enfin, l'organisation du travail au sein d'un centre de maintenance sera probablement affectée par la maintenance prédictive qui permettra de mieux prévoir la charge de travail, et notamment de limiter les pics d'activité. Cela pourrait conduire à des journées plus cadencées et routinières, avec à la clé une moindre attractivité du métier.

4. Les scénarios selon les activités

Le secteur des transports comporte trop d'activités différentes pour qu'un scénario unique puisse s'appliquer.

Le scénario de rupture n'est pas à exclure, comme le montre l'activité de taxi. Sur un autre segment, la SNCF a pu constater que son principal concurrent sur certaines liaisons n'était pas un hypothétique opérateur sur le marché ouvert à la concurrence, mais des cars longue distance ou le service de covoiturage de Blablacar[1]. Cet exemple illustre une fois de plus comment la technologie couplée à de nouvelles pratiques sociales est susceptible de menacer soudain ce qui pouvait apparaître comme l'archétype des monopoles naturels, le chemin de fer. Dans le cas de l'activité de taxi ou de VTC, l'avènement annoncé de flottes de véhicules autonomes constitue une menace directe pour l'emploi de dizaines de milliers de chauffeurs. Et ce à court terme : General Motors ambitionne de faire rouler les premiers véhicules de sa flotte automatique de taxis dès 2019. Certaines études renvoient cependant à un horizon plus lointain, à plus de dix ans, la capacité de faire rouler des véhicules autonomes dans un milieu urbain dense. La vitesse de transition dépendra en partie de la technologie mais plus vraisemblablement d'une combinaison entre acceptation sociale et volonté politique. Si les pouvoirs publics décident d'interdire aux véhicules non autonomes l'accès aux centres urbains au profit des seules navettes, la transition peut se faire de façon relativement brutale dans certaines villes.

Risque de scénario disruptif dans le transport routier de marchandises

Il en est de même pour le transport routier de marchandises : compte tenu de la part du coût du chauffeur dans le coût total et de la pression concurrentielle, la transition pourrait intervenir rapidement dès lors que la technologie est mûre. D'autant que la technologie sera vraisemblablement testée d'abord à l'étranger, dans des pays où les impératifs de sécurité et la complexité de l'environnement sont moindres. Avec leurs grandes lignes droites dans le désert, les routes de l'Arizona où sont testés les

[1] Épaulard A. et Guilleminot L. (2016), « Autocars interurbains : un bilan après 6 mois d'ouverture », *La Note d'analyse*, n° 44, France Stratégie, février.

camions autonomes offrent par exemple un terrain propice. Si la technologie est suffisamment éprouvée à l'étranger, son degré de maturité pourra être évalué assez précisément et l'accord des autorités réglementaires ne devrait pas être un obstacle insurmontable. Le marché unique européen incite en outre à une concurrence réglementaire entre autorités de certification, favorable à un déploiement rapide.

En revanche, si l'automatisation des poids lourds se fait par phases, une transformation progressive est susceptible de s'observer dans le transport routier de marchandises. Dans un premier temps, l'automatisation de la conduite interviendrait uniquement sur autoroute, avec mise en place de convois permettant aux chauffeurs de se reposer. Progressivement, les chauffeurs routiers consacreraient une part de moins en moins grande à la conduite sur autoroute, au profit de la conduite sur le dernier kilomètre. L'effet sur l'emploi serait sans doute négatif pour les chauffeurs routiers, puisqu'ils verraient une part de l'activité historique baisser, mais la baisse du coût global conduirait à augmenter le recours au transport routier.

Un scénario plutôt progressif dans les transports publics

Sur d'autres segments, comme le train ou le tramway autonome, un scénario progressif paraît plus vraisemblable, compte tenu des contraintes réglementaires, de l'organisation institutionnelle avec un monopole (local dans le cas du transport ferré urbain), invitant à un dialogue social pour accompagner les évolutions. On a en mémoire les automatisations des lignes de métro, qui se sont faites à la création de nouvelles lignes (VAL à Lilles, ligne 14 à Paris) ou à l'issue d'un processus planifié sur une dizaine d'années, ce qui a permis d'exploiter à la fois les départs en retraite et la reconversion vers d'autres métiers comme la supervision de ligne. En outre, l'automatisation des lignes en région parisienne intervient en réponse à la demande sociale d'une augmentation de la capacité et de la régularité des trains. Il en sera sans doute de même pour l'extension du réseau existant par des navettes autonomes assurant la desserte du dernier kilomètre en zone peu dense. Il s'agit alors de la seule solution économiquement acceptable pour desservir des zones qui sinon seraient isolées.

La technologie n'est donc pas toujours motrice dans les transformations observées ; elle peut être une réponse à une demande sociale, donc une cause de transformation du travail beaucoup moins conflictuelle.

IMPACTS DANS LE SECTEUR BANCAIRE

Les activités de la banque et de l'assurance constituent un domaine de choix pour l'application de l'intelligence artificielle. Ce secteur repose en effet largement sur l'exploitation des données et fait l'objet de longue date d'une numérisation des processus, des échanges d'information et des transactions. Il n'est donc pas étonnant que les progrès récents de l'IA y soient exploités pour différentes activités. Le rapport France IA avait dressé la liste des utilisations potentielles de l'intelligence artificielle dans le secteur : *chatbot*, algorithmes prédictifs, orientation vers des produits adaptés, gestion de la relation client, service client, etc.

Pour en analyser les effets sur le travail, ce rapport fait le choix de se concentrer sur les activités de la banque de détail, qui représentent une part significative de l'emploi dans le secteur bancaire. La commercialisation et la relation avec les clients sont des activités qui comptent aujourd'hui 100 000 emplois environ, selon l'Observatoire des métiers de la banque, soit un peu plus du quart de l'emploi du secteur.

D'autres activités comme la banque de marché sont concernées au premier chef par l'IA, mais ce sont là des pans qui ont déjà connu récemment des transformations importantes liées à l'automatisation sans intelligence artificielle : le déploiement des algorithmes de trading a par exemple entraîné une disparition des traders au profit d'ingénieurs gérant les dispositifs automatiques[1]. En outre, les problèmes de reconversion professionnelle ne sont pas ici les mêmes que dans la banque de détail, compte tenu des profils des personnes concernées.

[1] Cette transformation s'est notamment opérée chez Goldman Sachs qui est passé d'une équipe composée de 600 traders à 2 traders et 200 ingénieurs ; Byrnes N. (2017), « As Goldman embraces automation, even the masters of the universe are threatened », *MIT Technology Review*, 7 février.

1. Les usages de l'intelligence artificielle

Des cas d'usages variés

Le secteur bancaire a été pionnier dans l'adoption des outils informatiques pour la gestion des bases de données client et pour la mise en place de réseaux permettant les opérations bancaires en ligne. Il a également été un des premiers à mettre en œuvre des « systèmes experts », ces programmes informatiques conçus pour traiter des opérations techniques par ordinateur. De fait, les solutions d'IA employées dans la banque recouvrent une grande diversité de fonctions et de technologies, qui peuvent être divisées en quatre catégories[1]: les applications orientées vers la relation client, les opérations de « back office », les applications de trading et de gestion de fortune, enfin les applications orientées vers un usage réglementaire.

En ce qui concerne la relation client, les applications d'intelligence artificielle les plus développées sont à chercher dans le domaine de la notation du risque crédit. Les banques ont historiquement développé une capacité à analyser le risque associé à tout demandeur de prêt en utilisant des modèles statistiques. Ces modèles sont aujourd'hui enrichis par des sources de données supplémentaires qui peuvent requérir un traitement par intelligence artificielle. De façon semblable, l'IA est utilisée par les assureurs pour améliorer la granularité de leurs offres et de leurs recommandations[2]. Mais le principal champ d'application et celui qui porte le plus grand potentiel de transformation du travail dans le secteur bancaire est celui des assistants conversationnels ou *chatbots*. Parmi les opérations de « back office », un certain nombre peuvent être liées aux activités financières des banques, notamment la modélisation des risques et l'optimisation de l'utilisation des capitaux. Quant aux applications dans le domaine de la gestion de fortune, elles se consacrent progressivement à l'analyse des signaux faibles pouvant apporter des informations utiles aux investissements. Enfin, dans le cadre du volet réglementaire, les applications de l'IA sont en lien avec la détection des transactions irrégulières et peuvent aussi intervenir dans l'optimisation des mécanismes de connaissances des clients, par exemple en recourant à la reconnaissance d'images pour extraire automatiquement les informations utiles de l'image scannée d'une pièce d'identité.

[1] Selon la classification du Financial Stability Board (2017), *Artificial Intelligence and Machine Learning in Financial Services*, novembre.

[2] Association internationale des contrôleurs d'assurance (IAIS) (2017), *FinTech Developments in the Insurance Industry*, 21 février.

Les chatbots

Un des principaux usages de l'intelligence artificielle dans le secteur bancaire est donc la mise en place d'agents conversationnels ou « *chatbots* », qui permettent en principe de répondre aux questions des clients sur la base de milliers de conversations analysées et enregistrées. Ces programmes font miroiter la promesse d'une interface plus disponible et plus rapide pour les clients des banques, notamment pour les opérations à distance. Plusieurs acteurs se concentrent sur ces technologies, comme IBM avec son service Watson ou des startups comme Abe.ai ou Finn.ai.

Les *chatbots* s'appuient sur les avancées en traitement automatique du langage naturel (*Natural Language Processing*) permises par la mise à disposition d'un grand nombre de données pour réaliser un entraînement. La première phase de déploiement d'un *chatbot* s'accompagne donc de la mise en place d'une interface de conversation sur le site de la banque ou directement intégrée dans l'environnement de messagerie de l'utilisateur (WhatsApp, Facebook, Slack, WeChat, etc.). Après cette phase de collecte, les réponses peuvent progressivement être automatisées et l'algorithme est ainsi entraîné à reconnaître les différentes façons de formuler la même demande.

Les *chatbots* en sont encore à leurs balbutiements. Orange Bank, service lancé en novembre 2017 qui utilise l'IA pour gérer la relation avec ses clients, fait figure de pionnier en France avec le Crédit Mutuel-CIC. La première transformation engagée pour les banques est celle de ces interfaces de conversation qui sont censées donner aux utilisateurs un accès plus direct et plus facile à une fonction de conseil ou à un service client.

2. Les déterminants de la diffusion

La forte présence de données structurées et le caractère dématérialisé de l'immense majorité des opérations font du secteur bancaire un terrain propice au développement de solutions d'intelligence artificielle. Mais les transformations dépendent également d'autres paramètres.

L'accès aux données

La banque a acquis une avance importante dans sa capacité à traiter et à échanger l'information. Avec l'État, les grands acteurs bancaires ont été les premiers à mettre en place des systèmes d'information (SI) dès les années 1970 en accompagnement de la dématérialisation des transactions financières. Les acteurs historiques

disposent de masses de données très importantes et bien structurées mais la difficulté consiste à maintenir les systèmes construits dans les années 1990 ou 2000 et à les faire évoluer au rythme de la technologie. Pour développer de l'IA, la banque doit être capable de réussir l'interopérabilité entre ses systèmes d'information pour exploiter et croiser les données. Elle doit aussi porter une attention particulière à la cybersécurité : les exigences de sécurité pour les échanges de données bancaires sont plus importantes que dans les industries classiques.

L'emploi

L'Association française des banques (AFB), qui compte 195 banques adhérentes en 2016, comptabilise 198 000 de ces salariés[1]. Le secteur est marqué par une forte concentration de l'emploi : les 24 banques de plus de 1 000 salariés regroupent 86 % de l'effectif total. L'activité économique du secteur se concentre dans la banque de détail qui représente 67,2 % du produit net bancaire (mesure de la valeur ajoutée du secteur bancaire à l'économie).

Ce secteur est marqué par un haut niveau d'éducation moyen élevé, avec 93 % des embauches en CDI effectuées à un niveau de diplôme supérieur à Bac +2. Parmi les adhérents de l'AFB, la force de vente représente 100 000 emplois (50 %), le traitement des opérations environ 55 000 (27 %) et les fonctions support 40 000 (20,6 %). L'ancienneté moyenne y est plus élevée que dans les autres secteurs, avec 15,3 ans contre 11,4 ans pour l'ensemble des employés français.

La pyramide des âges du secteur bancaire est en transformation. La baisse tendancielle des effectifs depuis 2012-2013 est provoquée par un pic de départ à la retraite des employés ayant rejoint la banque dans les années 1970. Ces départs qui vont culminer en 2017-2018 auront encore un effet massif jusqu'à 2020. Après un taux annuel de 1,5 % en 2014 et de 1,2 % en 2015, la baisse s'établit à 0,6 % en 2016. Les cadres ont vu leurs effectifs sensiblement augmenter sur même période tandis que ceux des techniciens ont connu une baisse annuelle de près de 5 %. Les évolutions techniques du métier tendent à renforcer le niveau de qualification exigé à l'embauche et donc l'accession au statut de cadre. Le secteur bancaire est confronté à la nécessité de majoritairement recruter des profils très qualifiés.

La réglementation

Le secteur bancaire est soumis à une réglementation qui encadre strictement l'activité, avec des autorités de contrôle et de régulation très présentes et une

[1] AFB (2017), *Profil de branche*, juin.

exigence de qualification agréée pour l'exercice de certaines fonctions. Cette réglementation agit comme une barrière forte à l'entrée sur le marché bancaire.

Les acteurs sont également soumis à des réglementations prudentielles renforcées suite à la crise financière de 2007, avec les accords de Bâle III pour les activités bancaires et Solvabilité II pour le secteur assurantiel. Ces obligations internationales sont assorties de réglementations nationales. Selon le règlement général de l'autorité des marchés financiers, les Prestataires de services d'investissement doivent par exemple depuis 2010 imposer une certification à leurs employés appelés à réaliser des transactions sur des instruments financiers.

Cette réglementation ne conditionne pas tant le déploiement de l'intelligence artificielle que la capacité de nouveaux acteurs à fournir un service équivalent à celui des banques existantes. La rigidité du secteur rend difficile l'entrée de ces nouveaux acteurs et favorise ceux déjà en place. Selon le Conseil de stabilité financière, la complexité grandissante de la réglementation, notamment en matière de lutte contre le blanchiment d'argent et contre le financement du terrorisme, pousse également les acteurs à adopter l'IA pour mieux surveiller et contrôler leurs activités. Ces contraintes auront tendance à limiter le potentiel de transformation brutale du secteur et contribuent à une diffusion progressive de l'intelligence artificielle.

L'acceptabilité

Le déploiement de l'IA dépend également de l'acceptabilité pour les clients d'une interface dématérialisée.

Dans la relation à l'usager, l'intelligence artificielle va prendre la forme d'une interaction grandissante avec des *chatbots* et des interfaces automatisées. Cette dématérialisation est de plus en plus plébiscitée pour les opérations simples : selon une enquête du cabinet Deloitte[1], seuls 15 % des clients consultent leur solde en agence, contre 77 % sur le site internet de leur banque. On observe des proportions similaires pour d'autres opérations comme l'ajout d'un bénéficiaire de virement. La tendance est à une dématérialisation de l'essentiel de la relation, caractérisée par la popularité croissante des banques en ligne[2] (Monabanq, B for Bank, Boursorama, Fortuneo Bank, etc.). Cependant, cette utilisation de solutions numériques est limitée dans le cas d'opérations complexes, où les clients préfèrent opter pour un conseiller

[1] Deloitte (2017), *Relations banques et clients – 7e édition*.

[2] Le taux de détention d'un compte dans une banque en ligne en France est passé de 7,1 % en 2014 à 10 % en 2016 selon une étude du cabinet Simon Kucher & Partners et de Research Now diffusée en mars 2017.

physique et un rendez-vous en agence. La qualité du service reste le critère le plus important dans les recommandations formulées par les clients.

Si les services en ligne sont de plus en plus plébiscités, ils ne répondent pas à la demande de l'ensemble de la population. Le taux de bancarisation très élevé de la France (99 %), caractéristique d'une économie développée, occulte des situations très variées dans les méthodes d'accès aux services bancaires. Une fracture numérique subsiste[1] : 15 % de la population française n'a pas accès à internet fixe[2]. À ces « non-connectés » s'ajoute une part importante de « mal-connectés », ceux qui possèdent une connexion mais ne maîtrisent pas suffisamment leurs appareils. Entre 3 et 4 personnes sur 10 selon l'appareil (smartphone, ordinateur, tablette) se déclarent incompétentes dans leur utilisation quotidienne[3]. L'acceptabilité de l'intelligence artificielle peut à terme être renforcée si elle permet de développer des interfaces plus intuitives grâce à la reconnaissance vocale, par exemple. Elle peut aussi faire courir des risques supplémentaires d'isolement pour ces populations fragilisées si elle conduit à une poursuite de la dématérialisation sans renforcement de l'accessibilité.

3. Les impacts sur les métiers de la banque de détail

L'analyse des déterminants pointe vers une adaptation progressive du secteur bancaire à l'émergence de l'IA. Comptable de plus des deux tiers de l'activité économique du secteur[4], la banque de détail concentre les enjeux principaux.

Évolution du métier de conseiller

Les chargés de clientèle particuliers ou conseillers bancaires représentent près de 35 000 salariés, soit près de 18 % des effectifs[5]. Les changements apportés par l'IA vont profondément transformer leur métier. Dans son étude pour l'Observatoire des métiers de la banque, le cabinet Athling met en lumière comme activités les plus impactées celles relatives au respect des évolutions réglementaires, juridiques et

[1] Voir la rencontre « Pauvreté et numérique » organisée le 4 mai 2017 par France Stratégie, Inria et l'EHESS dans le cadre du cycle de débats mensuels « Mutations sociales, mutations technologiques ».

[2] Crédoc pour le compte de l'ARCEP, du CGE et de l'Agence du numérique (2017), Baromètre du numérique.

[3] *Idem*.

[4] Source : Autorité de contrôle prudentiel et de résolution (ACPR).

[5] Profil de branche AFB 2016.

fiscales, spécifiques au secteur bancaire[1] : ces activités se trouveront améliorées grâce à une veille plus pertinente et à des outils de recommandations plus avancés et personnalisés – à l'image du moteur de recherche juridique Doctrine.fr – qui permettront un accès « à la demande » à ces informations. La construction de profils de clients à l'aide d'outils d'IA permettra également aux conseillers d'instruire plus rapidement les demandes de crédit, ou d'identifier plus efficacement les risques financiers comme la fraude fiscale ou le blanchiment.

Indépendamment même du développement de l'IA, l'annonce de son avènement conjuguée aux nouvelles attentes des consommateurs poussent les banques à transformer leurs activités pour se réorienter autour d'un service disponible 24 h sur 24 et 7 jours sur 7. À la double promesse d'un service instantané et de qualité, elles entendent répondre par une combinaison d'un service à base d'IA pour la phase de tri des requêtes et de gestion des questions les plus fréquentes et d'un service humain à distance, disponible en permanence. Une forme de service à bas coût pourrait également apparaître où le consommateur n'aurait accès qu'à l'aide automatisée, quitte à payer un supplément pour interagir avec un humain.

Chez Orange Bank, la solution mise en place pour filtrer les requêtes au service client obtient un taux de reconnaissance et de compréhension de l'ordre de 80 %[2]. L'intelligence artificielle n'étant pas toujours en mesure d'apporter une réponse pertinente, un tel système permet aux agents du service client de ne traiter *in fine* qu'une demande sur deux environ.

Les agents principalement affectés au fonctionnement de la plateforme ou à la résolution de problèmes techniques rencontrés lors de son utilisation pourraient progressivement voir s'exercer un double effet sur leur métier : diminution du nombre d'employés dédiés et augmentation de la complexité des tâches restant à traiter.

L'efficacité grandissante de l'IA pour répondre aux questions (sur la disponibilité d'une offre, ou sur les différentes options) liées à la plateforme bancaire en ligne, qui constitue déjà pour les clients le moyen prioritaire d'interaction avec leur banque, va en effet permettre de dégager du temps et de faciliter le travail de ces agents en filtrant le nombre de demandes. La banque pourrait alors choisir de former ces agents de service client à répondre aux demandes qui relèvent traditionnellement du conseiller bancaire. Cette évolution correspond aux attentes du client qui considère de plus en plus son conseiller non plus comme celui qui partage la responsabilité de

[1] Athling pour le compte de l'Observatoire des métiers de la banque (2017), *L'IA dans la banque : emploi et compétences*, décembre.

[2] Entretien avec Orange Bank.

la gestion de son portefeuille, mais comme un assistant qui doit l'aider à naviguer dans les complexités du système bancaire, en se rendant toujours plus disponible pour débloquer une situation.

Ce terrain voit également apparaître de nouveaux acteurs qui disposent d'une des ressources clés pour la mise en place d'un système à base d'IA. Les groupes de services intégrés spécialisés dans la relation client, qui ont accès à des masses considérables de données dans le cadre de l'opération de services client pour le compte d'entreprises tierce, seront amenés à mettre en place une offre de remplacement uniquement gérée par un robot – le « bot-shoring » – qui pourrait drastiquement réduire leurs coûts.

La disponibilité de technologies d'IA facilitant le métier de conseiller bancaire et diminuant le volume de connaissances requises en les rendant plus disponibles peut également être une incitation à faire évoluer les conseillers bancaires vers une plus grande connaissance des clients. Les conseillers pourraient alors assumer davantage de responsabilités dans la gestion de leurs clients, en consacrant plus de temps à recommander des placements ou des sources de financement. Dans ce scénario, ce sont les compétences sociales et décisionnelles qui seront mises en valeur, et les agences bancaires pourraient être amenées à privilégier des formations aux capacités de dialogue ou de négociation.

Selon les choix opérés par les entreprises du secteur, l'intelligence artificielle peut aider à optimiser le service et à poursuivre sa dématérialisation ou bien renforcer l'importance du conseiller en lui donnant un surcroît d'autonomie.

Transformation des fonctions supports

La transformation des métiers liés aux fonctions supports au sein du secteur bancaire s'inscrit dans la continuité des précédentes évolutions observées avec l'irruption de l'environnement numérique. Avec l'intelligence artificielle, certaines tâches dont les plus répétitives sont amenées à disparaître, notamment celles liées à la collecte de données, qui seront optimisées ou accélérées. De nouvelles modalités de travail vont émerger, où les acteurs devront apprendre à interagir avec le nouveau système à base d'IA, pour l'aider à progresser.

En ce qui concerne les systèmes d'information, l'arrivée de méthodes issues de l'intelligence artificielle ne va pas bouleverser l'organisation. Les avancées vont s'inscrire dans la lignée des processus mis en place avec les « RPA » ou *Robotic Process Automation* – des projets informatiques d'automatisation sur la base d'algorithmes non apprenants, mis en place dès les années 1990 et continuellement

développés. Pour d'autres missions comme les activités de conformité, les outils d'IA peuvent conduire à une revalorisation des compétences transférables identifiées par exemple dans les travaux de France Stratégie : les employés de la banque font preuve de réactivité, de capacité d'adaptation ainsi que de compétences en bureautique et en informatique[1]. La mise en avant de ces compétences pourrait augmenter leur employabilité.

Dans le cas particulier des ressources humaines, de nombreux outils à base d'IA sont aujourd'hui disponibles sur le marché, principalement orientés vers le recrutement et la gestion des carrières en interne. Ces outils font apercevoir la possibilité d'une amélioration de la qualité du recrutement et d'augmentation de la capacité de traitement des candidatures. Quant au travail dans le département des ressources humaines proprement dit, il n'est pas menacé d'une automatisation complète mais devrait connaître plutôt une productivité accrue par la mise en place d'assistants pour toutes les tâches répétitives, par une extension de son champ d'analyse et par la mise à disposition de nouveaux outils pour évaluer les outils et les carrières.

Un point particulier est à souligner. L'émergence d'outils informatiques de recommandation à base d'IA pour le recrutement soulève de nouvelles questions éthiques, sur la valeur qu'il faut accorder à des choix opérés par algorithmes. La qualité de tels dispositifs dépend de la base d'entraînement sur laquelle l'algorithme a été construit. En particulier, si les données d'apprentissage comportent des biais (de genre, de localisation, de diplôme), l'algorithme va naturellement les reproduire dans ses recommandations. En même temps, il est possible de neutraliser par le recours à des algorithmes certains biais humains, par exemple en s'interdisant d'utiliser certaines informations. Ce sujet fait l'objet de nombreux débats, qui ne sont pas spécifiques à la banque[2].

Les évolutions décrites dans ces fonctions présentent un certain nombre de risques identifiés par les acteurs du secteur bancaire auditionnés pour ce rapport. En premier lieu, il existe un risque d'accentuation de la complexité des tâches à effectuer, donc un risque d'augmentation de l'intensité du travail, avec la disparition des tâches plus simples et plus « reposantes ». Il existe par ailleurs un risque d'isolement du

[1] Lainé F. (2018), « Situations de travail, compétences transversales et mobilité entre les métiers », *Document de travail n° 2018-03* et *Note de Synthèse*, France Stratégie, février.

[2] France Stratégie a notamment participé au débat organisé par Renaissance Numérique sur « L'éthique dans l'emploi à l'ère de l'intelligence artificielle » en septembre 2017.

travailleur, dans la mesure où l'IA permet à celui-ci d'accéder aux informations requises pour son activité via une application plutôt que par un contact humain.

Évolution de compétences spécifiques à l'intelligence artificielle

Les besoins spécifiquement liés au développement informatique de l'IA dans la banque ne représentent pas un enjeu particulier sur le volume total de l'emploi dans le secteur. Néanmoins ils nécessitent des adaptations particulières qui méritent d'être soulignées.

La rareté des talents[1] pousse les entreprises souhaitant mettre en œuvre des solutions fondées sur l'intelligence artificielle à se tourner vers des organismes extérieurs spécialisés. Celles qui veulent créer ces compétences en interne seront contraintes de faire largement évoluer leur environnement de travail : les projets d'IA demandent une phase étendue d'expérimentation et de préparation qui s'apparente à des projets de recherche avancée, exigeant rigueur scientifique et patience, les projets ne débouchant pas toujours sur des améliorations directes. Les grands groupes du numérique ont plutôt fait le choix d'ouvrir leur département de recherche sur l'extérieur et de nouer des partenariats avec des universités ou des organismes de recherche. Ces transformations à la marge sont un pré-requis pour parvenir à un déploiement de l'intelligence artificielle.

4. Scénarios de diffusion

Le secteur bancaire est souvent mentionné comme particulièrement vulnérable aux transformations induites par l'intelligence artificielle, ce qui pourrait accréditer l'hypothèse d'un scénario de rupture. Cette analyse se fonde sur le caractère fortement automatisable de nombre d'activités bancaires actuelles, qui font largement appel au traitement d'informations. Elle s'appuie également sur l'importance de l'écosystème des FinTech, ces entreprises technologiques à forte croissance qui affichent régulièrement l'ambition de « disrupter les banques ».

Cette analyse doit être tempérée. En ce qui concerne les FinTech, il semble que nombre d'entre elles cherchent principalement à optimiser certains processus bancaires en vue de se faire racheter *in fine* par les acteurs bancaires existants, qui élargissent ainsi leur portefeuille d'activité sans que leur existence soit remise en

[1] Selon un sondage de décembre 2017 réalisé par EY auprès de 200 professionnels de l'IA, 56 % d'entre eux estiment que le manque de profils formés constitue le premier obstacle au développement de l'IA.

cause. Le rachat du compte Nickel par BNP Paribas ou celui de Leetchi par le Crédit Mutuel / Arkéa illustrent cette tendance.

Par ailleurs, on l'a vu, le secteur bancaire est fortement régulé, pour des questions de stabilité du système monétaire et économique ou de lutte contre la fraude. Cette régulation constitue une barrière forte à l'entrée, qui limite la capacité de modèles innovants de modifier radicalement le marché. Les néo-banques sont ainsi souvent, ou bien des filiales de banques traditionnelles (Boursorama, filiale de la Société Générale, Hello Bank, filiale de BNP Paribas), ou bien des acteurs qui ne disposent pas de licence bancaire mais agissent simplement comme opérateurs de paiement, pour lesquels les exigences réglementaires sont moindres mais qui ne peuvent offrir de services de crédit. Dès lors, la capacité de transformation « de l'extérieur » apparaît réduite, au moins pour l'activité de distribution crédit. C'est sans doute pour cette raison que l'activité de paiement attire davantage d'acteurs pour le moment.

Le secteur de la banque de détail se caractérise par une longue expérience des mutations induites par l'informatique, depuis l'apparition des premiers ordinateurs à l'informatisation des postes de travail et des transactions. À chaque fois, cela s'est traduit par une adaptation et une formation des personnels, non par des destructions massives d'emplois. L'arrivée des outils à base d'intelligence artificielle est donc plus souvent perçue par les acteurs comme une nouvelle étape de la numérisation que comme une révolution.

Le secteur bancaire a également une longue tradition de formation professionnelle, liée en partie aux fortes contraintes réglementaires et à leur évolution régulière face aux exigences de sécurité et de lutte contre la fraude, le blanchiment ou le financement du terrorisme.

Du point de vue démographique, la banque devrait connaître dans les prochaines années des départs à la retraite soutenus, conséquence des recrutements massifs intervenus dans les années 1980, période de forte expansion des activités bancaires. Ces départs devraient contribuer à permettre de gérer les réorganisations induites par les développements de l'IA.

Dès lors, le scénario le plus probable dans le secteur bancaire est un scénario d'évolution progressive, tendanciel. Il convient toutefois de ne pas sous-estimer l'ampleur des changements à venir : l'IA devrait profondément modifier l'activité du conseiller clientèle, en la délestant de nombreuses tâches de suivi, de gestion client simple. L'avenir des agences bancaires, dont le nombre a commencé à baisser bien avant les déploiements de l'IA, sous l'effet d'un changement de comportement des clients avec la révolution numérique, dépendra notamment de la demande existante

pour des services de proximité et de leur complémentarité avec des services en ligne toujours plus performants (*chatbot*s, messagerie, etc.).

Pour que le scénario de rupture se produise, il faudrait une conjonction entre des innovations significatives permettant le développement d'un service à forte valeur ajoutée vers lequel les clients basculeraient en masse, un manque d'anticipation des acteurs en place qui accélère la perte de clients et enfin de faibles barrières réglementaires. Cette conjonction n'est pas impossible ; elle pourrait même survenir sans l'IA, que ce soit avec des plateformes de paiement qui parviendraient à s'imposer comme intermédiaires de la plupart des transactions ; ou avec de nouveaux systèmes de paiement, par exemple une cryptomonnaie qui aurait résolu les défauts rédhibitoires des solutions existant actuellement avec le Bitcoin[1].

Quoi qu'il en soit, on devrait assister à une demande accrue pour des personnels capables de résoudre les problèmes complexes des clients, comme l'ont indiqué à la fois les banques en ligne et les banques traditionnelles. Les problèmes simples seront traités rapidement et efficacement par des services automatiques. Dès lors, le besoin de compétences techniques pourrait diminuer au profit de compétences relationnelles, de sens du conseil et d'analyse globale d'une situation.

[1] Voir le rapport à paraître de France Stratégie sur les enjeux des blockchains.

IMPACTS DANS LE SECTEUR DE LA SANTÉ

La santé est souvent présentée comme un des secteurs où l'intelligence artificielle pourrait produire des transformations majeures sur le travail. La robotisation médico-technique est déjà importante en biologie, en pharmacie ou en chirurgie. Les logiciels d'aide à la prescription voire à la décision médicale – à l'instar du logiciel Watson Healthcare développé par IBM – s'améliorent constamment grâce à l'IA. Certains observateurs vont jusqu'à tracer la perspective d'une *médecine sans médecin*[1], avec l'émergence d'une « média-médecine » susceptible de renouveler fondamentalement les modes d'exercice médicaux et l'organisation de notre système de soins. Cette médecine « médiatisée »[2], voire « watsonisée » – pour reprendre le néologisme du Conseil national de l'ordre des médecins[3] – s'appuierait sur une utilisation intelligente des données pour accroître l'efficience du système de santé.

La quasi-totalité des champs de l'intelligence artificielle – reconnaissance d'image, de vidéos, traitement du langage naturel, apprentissage automatique, robotique, etc. – peuvent trouver des applications en matière de santé. C'est vrai pour le diagnostic et les recommandations de prise en charge, pour le traitement, la chirurgie, le suivi personnalisé, le domaine médico-social, la réadaptation mais aussi la prévention, la recherche clinique. L'intelligence artificielle permet d'automatiser non seulement des tâches simples comme la mesure du poids ou de la tension artérielle mais aussi des tâches complexes comme le diagnostic médical et la prise en charge thérapeutique.

Aujourd'hui, les applications réelles de l'intelligence artificielle dans l'organisation des établissements de santé n'en restent pas moins très limitées. Quelques exemples – l'aide au diagnostic et à la proposition thérapeutique, le suivi connecté des patients et

---

[1] Vallancien G. (2015), *La médecine sans médecin ? Le numérique au service du malade*, Paris, Gallimard, *Coll. Le Débat*, avril.
[2] *Id.*
[3] Conseil national de l'Ordre des médecins (2018), *Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes et de l'intelligence artificielle*, Livre blanc, janvier.

la robotique – témoignent cependant d'un fort potentiel. Progressivement, l'IA pourrait modifier en profondeur la prise en charge des patients et ainsi transformer le travail des professionnels de santé, du médecin spécialisé à l'aide-soignante.

1. Applications de l'intelligence artificielle et impacts sur le travail

L'aide au diagnostic et aux recommandations de prise en charge

Il existe de nombreux d'outils IA sur le marché de la santé et l'étendue de leurs applications actuelles dans le domaine du diagnostic médical est importante. On les retrouve dans les spécialités médicales telles que l'oncologie – qui couvre l'ensemble des spécialités médicales, d'études, de diagnostic et de traitement des cancers –, la cardiologie, l'ophtalmologie, la radiologie, la détection de maladies spécifiques (diabète, Alzheimer, etc.) ou la santé mentale (détection de la dépression ou autres troubles psychologiques). Quel que soit le domaine, le principe est toujours le même : les algorithmes alimentés et entraînés par des données massives (reconnaissance d'images médicales, résultats en recherche médicale, etc.) sont programmés pour détecter des pathologies selon des protocoles prédéfinis par le monde médical.

L'outil emblématique est le logiciel informatique Watson du groupe industriel IBM, introduit dès 2005 sur le marché de la santé. Watson a été utilisé notamment au Memorial Sloan Kettering Cancer Centre[1], un institut américain spécialisé en recherche médicale et en traitement du cancer, pour l'aide au diagnostic et à la proposition thérapeutique. Ce type de logiciel présenté comme un outil « intelligent » d'aide à la décision médicale synthétise une masse d'informations provenant de millions de rapports médicaux, de dossiers patients, de tests cliniques et de connaissances issues de la recherche médicale. Certains logiciels pourraient bientôt diagnostiquer un cancer aussi bien, voire mieux, que les spécialistes. Selon une étude récente[2], l'intelligence artificielle a été capable d'une détection automatisée du cancer du sein avec un taux de réussite de 92 %, presque équivalent à celui des spécialistes (96 %). Lorsque sont combinées les analyses du médecin et les méthodes de diagnostic issues du logiciel automatisé, le taux de réussite s'élève à 99,5 %, avec un risque d'erreur fortement diminué.

---

[1] www.mskcc.org/about/innovative-collaborations/watson-oncology.

[2] Wang D., Khosla A., Gargeya R., Irshad H., Beck A. H. (2016), *Deep Learning for Identifying Metastatic Breast Cancer*, Beth Israel Deaconess Medical Center (BIDMC) et Harvard Medical School.

L'évolution des métiers

Les professionnels de l'imagerie médicale sont particulièrement touchés par la généralisation prévisible de la lecture d'images automatisée. Si l'IA permet d'automatiser une partie de la radiologie conventionnelle, pour un domaine et des situations cliniques précis, cette activité de radiologue en sera diminuée, malgré la croissance des besoins due au vieillissement de la population et à la chronicisation des maladies. À terme, la question pourrait se poser de l'intervention du radiologue dans l'établissement du diagnostic. Cette étape automatisée pourrait être réalisée par des manipulateurs radio formés à l'élaboration de diagnostics. Elle pourrait aussi être effectuée par un médecin non radiologue équipé d'outil d'interprétation d'images médicales. De telles évolutions supposent une adaptation du cadre réglementaire actuel[1]. Les radiologues réserveraient leur temps à l'interprétation de cas complexes. En imagerie interventionnelle en revanche, les besoins iront en augmentant dans quasiment toutes les spécialités médicales. Le métier de radiologue pourrait évoluer vers une spécialisation accrue en radiologie interventionnelle à visée diagnostique (ponctions, biopsies, etc.) pour des cas complexes ou à visée thérapeutique guidée par l'imagerie médicale. Cette évolution vers l'interventionnel a d'ores et déjà été intégrée par la profession, selon la Fédération nationale des médecins radiologues.

En cardiologie se développent de nouveaux services d'interprétation d'électrocardiogramme (ECG), assurés non plus par des cardiologues mais par des logiciels. Fondés sur l'apprentissage machine à partir de données massives, ces logiciels détectent des pathologies avec un degré d'efficacité comparable, voire supérieur, à celui d'un cardiologue. Pour le médecin urgentiste ou pour le médecin généraliste notamment, ces services mobilisables à toute heure apporteraient un gain de temps précieux et une aide dans l'orientation de leurs patients. Le logiciel, capable de détecter les anomalies cardiaques rares ou silencieuses telles que la fuite mitrale ou les arythmies cardiaques qu'un spécialiste a parfois du mal à déceler, apporterait au médecin, quelle que soit sa spécialité, un gain de qualité.

Un tel service pourrait transformer la pratique de l'ECG en rendant son usage plus fréquent à davantage de spécialités médicales (urgentistes, généralistes, gériatres, etc.) mais peut-être aussi en l'ouvrant demain à des non-médecins (infirmières, pompiers, etc.). Il devrait libérer du temps de cardiologue, ne serait-ce que par la gestion de cas simples qui seront traités en amont, sans lui être adressés. Il pourrait recentrer son activité sur les cas les plus complexes, sur la formation et bénéficier

[1] Se reporter notamment au décret n° 2016-1672 du 5 décembre 2016 relatif aux actes et activités réalisés par les manipulateurs d'électroradiologie médicale.

d'un apprentissage continu grâce à un logiciel capable d'exploiter les connaissances cliniques et les pratiques médicales les plus actualisées.

Pour les 7 000 cardiologues en exercice, l'IA pourrait accentuer la tendance à la sur-spécialisation de leur métier (coronographies, arithmologie, cardio-pédiatrie, etc.), facilitée par la digitalisation croissante de certains dispositifs médicaux. En cardiologie comme dans tous les domaines, l'ampleur de l'impact dépendra de la qualité de l'outil. Parallèlement, l'IA permet de développer un autre type de service[1] qui consiste à interpréter des données d'ECG relevées sur longue durée (plusieurs jours), alors que ces relevés étaient jusqu'à présent peu effectués (analyse longue et délicate). Pour le cardiologue, c'est la perspective d'un nouveau type de suivi de ses patients.

En médecine générale, des logiciels d'aide au diagnostic existent depuis plusieurs décennies. Ils sont conçus comme des « assistants médicaux ». Les versions les plus récentes intègrent de l'intelligence artificielle, avec des capacités et une rapidité améliorées. À partir d'un mot, d'un concept, d'une association de symptômes, le médecin peut visualiser un champ important d'hypothèses. Si ces nouveaux « assistants médicaux » obtiennent la confiance des médecins et du grand public, l'impact sur le métier du médecin généraliste peut être de plusieurs ordres. Le médecin pourra bénéficier d'une aide à la prise en charge des diagnostics de cas complexes, avec une plus grande sécurité dans la prise de décision. Il sera aussi conduit à renforcer la relation et le dialogue médecin-patient, afin d'apporter l'information nécessaire à la compréhension des diagnostics. L'utilisation de l'intelligence artificielle augmentera en continu le niveau de compétence « technique » du médecin au fur et à mesure que celui-ci pourra exploiter pleinement les connaissances cliniques et les pratiques médicales les plus actualisées. Cette hausse des compétences sera d'autant plus nécessaire que le médecin devra aussi être capable de « challenger » le logiciel (et d'expliquer en toute responsabilité le diagnostic et la prise en charge thérapeutique).

Des applications comme SymptoChec, DocForYou ou Ada sont à la portée du grand public qui souhaite disposer d'une analyse des symptômes, voire échanger avec un médecin virtuel. L'efficacité de ces produits reste à évaluer. Si elle s'avérait suffisante, le rôle du médecin généraliste dans le diagnostic des affectations

[1] Cardiologs par exemple propose ces deux types de prestations. Il a reçu en 2017 l'autorisation de la FDA (Agence américaine des médicaments) pour commercialiser sa plateforme d'analyse de l'électrocardiogramme – enregistrement de l'activité du cœur – des patients.

bénignes ou dans l'orientation vers un spécialiste s'en trouverait diminué, en fonction de l'évolution du cadre juridique et des conditions de remboursement.

Enfin, dans les laboratoires d'analyses médicales, l'IA est déjà là. La probabilité de voir ces analyses entièrement automatisées pour les cas les plus routiniers est importante, dans un horizon court (cinq ans). Le métier de biologiste sera questionné dans son activité d'analyse médicale telle que pratiquée aujourd'hui.

Le suivi connecté des patients

Avec le développement de l'intelligence artificielle, les objets de santé connectés ouvrent des perspectives nouvelles pour en matière de suivi des patients. Au-delà des gadgets et de la recherche de bien-être[1], certains objets s'intègrent déjà dans une prise en charge globale du patient, comme le pilulier intelligent qui envoie un signal en cas d'oubli du traitement, le tensiomètre relié en permanence à un soignant, le glucomètre connecté ou le masque respiratoire pour surveiller les apnées du sommeil. Couplés à des dispositifs d'IA, ces objets connectés permettent un suivi automatisé des patients à partir de l'analyse des données recueillies enrichies (éléments de contexte, croisement de données, recueil en continu, etc.).

Des plateformes de suivi de patients à distance, en ville comme à l'hôpital, pourraient permettre de prédire les risques d'exacerbation d'une maladie inflammatoire telle que l'asthme, de détecter une rechute de cancer du poumon ou de personnaliser le traitement d'un diabète. En faisant du patient un rapporteur de données, via les objets connectés et la réponse à des questionnaires réguliers, l'objectif est d'améliorer sa prise en charge mais aussi l'efficacité des algorithmes d'IA qui traitent les données. À l'hôpital, une plateforme de suivi médical connecté de patients, avant et après une hospitalisation, permet de centraliser tout ce qu'une infirmière aurait contrôlé à l'hôpital, par exemple la tension artérielle ou le poids. L'infirmière libère ainsi du temps pour analyser les données et préparer les hypothèses de prise en charge en vue de la rencontre avec le médecin. En ville, une telle plateforme peut se traduire par un réseau social entre médecins généralistes, spécialistes et infirmières de coordination[2]. Pour le médecin généraliste, la fluidification des échanges avec les autres professionnels de santé et la gestion du patient à son domicile constituent un gain de temps et une aide à la prise en charge de cas complexes. À l'hôpital comme en ville, le partage d'informations pertinentes sur un patient accroît la coopération

[1] 17 % des Français utilisent déjà des applications e-santé, principalement pour contrôler leur alimentation ou surveiller leur activité physique.

[2] Se reporter au programme « Territoire de soins numérique ».

entre professionnels de santé et la coordination des processus de décision et de planification des tâches. L'intelligence artificielle permettrait d'optimiser l'ensemble de ces processus.

La robotique appliquée

L'application de la robotique à la chirurgie a connu, depuis le début des années 2000, des avancées significatives. La robotisation autorise des interventions chirurgicales en reproduisant les étapes d'une opération classique mais de manière moins invasive pour le patient. Le plus développé des systèmes a longtemps été le robot *Da Vinci*. De nouvelles générations à base d'intelligence artificielle sont en train d'émerger, avec une autonomisation accrue par rapport au chirurgien. C'est le cas de *Star* (pour *Smart Tissue Autonomous Robot*), un robot qui ne se substitue pas complétement aux chirurgiens spécialisés mais met à leur disposition un outil capable d'une plus grande précision dans la réalisation de certains gestes comme les sutures[1].

L'intelligence artificielle couplée à l'exploration radiologique pré-opératoire permettrait de simuler l'opération sur écran. Pour le chirurgien, pouvoir s'exercer sur un clone virtuel de l'organe de son patient constituerait une forme de sécurisation de sa pratique.

La robotique moderne incorporant de l'IA, que ce soit dans la gestion des capteurs ou dans la programmation des mouvements, cherche à se développer comme assistance domestique pour les personnes âgées ou en perte d'autonomie. Au Japon, des robots sont déjà expérimentés pour assister les personnes dans leurs activités quotidiennes, les aider à se déplacer, à passer du fauteuil au lit et inversement. Les Établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (Ehpad) pourraient être équipés de ce type de robots dans quelques années.

On trouve déjà des robots qui apportent des solutions aux problèmes posés par la prise en charge de patients âgés souffrant de troubles cognitifs et comportementaux (Alzheimer, autisme, etc.). Ces robots sont dotés d'une intelligence artificielle par de nombreux capteurs et micros qui leur permettent d'interagir avec ceux qui les manipulent et de répondre aux sollicitations des personnes âgées. Leur présence physique et leur capacité d'interaction sociale – par la parole, l'expression faciale, la gestuelle – les rendent propices au travail avec des personnes qui ont des difficultés à communiquer verbalement. Plusieurs revues de littérature internationale dans le domaine ont montré une acceptabilité suffisante de ces robots, notamment les robots

[1] Shademan A., Decker R. S., Opfermann J. D., Leonard S., Krieger A. et Kim P. C. W. (2016), « Supervised autonomus robotic soft tissue surgery », *Science Translational Medicine*, 8(137), 4 mai.

animaux, avec des effets positifs sur le bien-être des patients[1]. Le robot Paro qui réagit à son nom, aux compliments et au toucher est le plus utilisé dans les services gériatriques du monde entier. Pour les aides-soignants et les infirmières, l'intégration de ces machines représenterait une diminution de la pénibilité physique et psychique de leur activité.

2. Les déterminants

Plusieurs facteurs doivent être pris en compte avant d'appréhender les scénarios de diffusion de l'IA dans ce secteur.

La situation de l'emploi des professionnels de santé

Si on s'en tient au secteur des soins, près de 1,9 million de professionnels de santé étaient en exercice en 2015, soit 7 % de la population active[2]. La diversité des emplois est importante, non seulement en termes de formation, de mode d'exercice ou de rémunération, mais aussi en termes de situation démographique. Selon les projections de la DREES[3], les prochaines années seront marquées par une relative stagnation des effectifs de médecins – généralistes comme spécialistes – et par des hausses assez soutenues des effectifs de masseurs-kinésithérapeutes, sages-femmes et infirmiers. La démographie vieillissante des médecins conjuguée aux aspirations des jeunes générations concourt à une diminution probable des effectifs et du temps de médecin libéral dans les prochaines années. Cette situation fait craindre un accroissement des inégalités territoriales d'accès aux soins. Or la rareté des ressources médicales, dans un contexte de croissance des besoins de santé, est propice au développement de solutions innovantes. C'est en partie pour un meilleur accès aux soins sur le territoire que la télémédecine par exemple est soutenue en France. Au Japon, c'est la crainte d'une pénurie de personnel dans un contexte de vieillissement de la population qui est avancée pour expliquer l'intégration de robots infirmiers dans les hôpitaux.

L'augmentation de la qualité des données

Le deuxième facteur à prendre en compte est l'augmentation du volume et de la qualité des données qui favorise la diffusion de l'intelligence artificielle. La masse de

---

[1] Voir par exemple Shishehgar M., Kerr D. et Blake J. (2017), « The effectiveness of various robotic technologies in assisting older adults », *Health Informatics Journal*, septembre.

[2] On compte notamment 638 000 infirmières, 416 000 aides-soignants, 222 000 médecins.

[3] Barle M. et Marbot C. (2016), *Portrait des professionnels de santé - édition 2016*, collection Panoramas de la Drees-Santé, avril.

données est déjà importante. L'Assurance maladie a depuis longtemps structuré des bases de données médico-administratives considérables : 1,2 milliard de feuilles de soins, 500 millions d'actes médicaux et 11 millions d'hospitalisations, qui pourraient s'enrichir avec le déploiement des dossiers patients informatisés et le codage des pathologies. Les établissements de santé détiennent de nombreuses données, notamment d'essais cliniques. Et cette masse de données de santé va encore augmenter. Avec le Plan Médecine France génomique 2025, l'Inserm estime que 12 centres de séquençage pourraient décoder 200 000 génomes[1] en 2015, forme de « big data en soi ». Enfin, les objets connectés, les applis mobiles, les commentaires de patients laissés sur des forums médicaux ou de récurrences de recherche dans les moteurs de recherche sont autant d'informations que l'IA saura analyser, les transformant ainsi en bases de données massives.

L'acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale s'appréhende d'abord par la relation entre le médecin et le malade. L'attachement au dialogue patient/professionnel de santé dans la prise en charge globale du parcours de soins notamment reste fort. Il constitue une limite à la diffusion de l'intelligence artificielle si cette dernière venait à « virtualiser » la relation médecins-patients. Une limite mais sans doute pas un empêchement. Le nouveau contexte numérique a fait évoluer la perception de la relation médecin/malade, comme l'illustrent les publications du Conseil national de l'Ordre des médecins sur les objets connectés et plus récemment sur *Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes et de l'intelligence artificielle.* Les patients, désormais partenaires « engagés ou experts » des médecins, sont devenus des « néopatients » ; ces « patients de l'ère où le savoir est à portée de clic, et où, en France, ils sont 70 % à consulter Internet pour leur santé ou celle de leurs proches, veulent des médecins qui accueillent leurs questions et soutiennent leur souhait de comprendre les décisions médicales, voire d'y participer »[2]. Si les logiciels livrent les clés de leur fonctionnement, ils pourront répondre aux aspirations des patients/citoyens à l'autonomisation. Dans le cas contraire, si les logiciels restent des formes de boîtes noires, la diffusion de l'IA sera freinée par le manque d'acceptabilité sociale.

[1] Le génome de chaque individu représente 3 milliards de paires de bases, réparties en 23 chromosomes.

[2] Extraits du Livre blanc du CNOM (2018), *op. cit*. Voir aussi Gross O., Ruelle Y. et Gagnayre R. (2016), « Les patients enseignants, une révolution dans la formation des médecins », *Le Monde*, 12 septembre.

L'acceptabilité s'appréhende aussi par la confiance qu'accorderont aux applications et aux outils les utilisateurs eux-mêmes, à savoir les professionnels de santé. Cette confiance suppose d'élaborer un cadre de régulation éthique pour le développement de l'IA et de la robotisation en santé (voir notamment les propositions de « régulation positive » formulées par l'initiative « académique et citoyenne » Ethik-IA[1] dans le cadre de la consultation publique lancée en 2017 par Cédric Villani). Mais la confiance passe aussi par la preuve de l'efficacité de l'IA : les nouveaux outils seront adoptés s'ils réduisent le risque d'erreur, accélèrent le processus de prise en charge, améliorent les pratiques des médecins et sont simples d'utilisation. L'acceptabilité sociale dépendra aussi de la capacité des industriels à comprendre et à répondre à ces demandes.

3. Les scénarios de diffusion

Le secteur est plutôt enclin à résister aux transformations

L'exemple du déploiement de l'e-santé[2] ou de l'intégration des TIC illustre une certaine résistance à l'innovation. La France a été classée par le PIPAME comme un État « moyennement avancé » dans son déploiement de l'e-santé, par comparaison avec une dizaine de pays. Malgré ses atouts et notamment le bon positionnement de ses startups, la France souffre d'un tissu industriel de l'e-santé très éclaté, avec des projets d'innovation encore très atomisés, conduisant à empiler les réseaux créés dans les universités et dans les hôpitaux. Enfin, le modèle économique reste trop incertain pour soutenir des investissements. Quant aux TIC, la Cour des comptes[3] a montré la difficulté pour la France de les intégrer dans le système de santé : faiblesse du déploiement de la télémédecine (en trente ans d'existence[4], elle ne représente que 0,3 % des consultations en 2015), échec du déploiement du dossier médical partagé (en 2016, moins de 1 % de la population aurait un DMP, lancé en 2004), faible

[1] L'initiative Ethic-IA réunit une équipe d'enseignants, de chercheurs en droit numérique, en technologie de l'information et de la communication (TIC) et en sciences humaines et sociales. Elle s'appuie sur des travaux menés dans le cadre de la chaire santé de Sciences-Po Paris, de l'Institut Droit-Santé de l'université Paris-Descartes, de la Société française de télémédecine (SFT) et de l'Association pour le développement de l'informatique juridique (Adij).

[2] C'est-à-dire des innovations d'usage des technologies de l'information et de la communication aux activités de santé.

[3] Voir Cour des comptes (2017), *La Sécurité sociale*, Rapport sur l'application des lois de financement de la sécurité sociale, septembre.

[4] 1973 est la date du premier congrès international sur la télémédecine au Michigan.

utilisation des messageries sécurisées (30 % des médecins libéraux les utilisaient en 2016) ou encore absence de prescriptions dématérialisées[1].

Une des explications de cette résistance est l'important degré de réglementation. D'une part, le secteur de la santé est très encadré par l'État qui finance avec l'Assurance maladie 80 % d'une dépense de santé de près de 270 milliards d'euros en 2016 et fixe la tarification à travers les modalités de remboursement. D'autre part, l'utilisation des données de santé fait l'objet d'une forte réglementation à dimension européenne et nationale. Ces données personnelles dites « sensibles » bénéficient d'une protection accrue par rapport au droit commun. La réglementation qui les encadre est d'autant plus justifiée que les collecteurs de ces données sont désormais nombreux : Assurance maladie, médecins et établissements de soins, grandes plateformes numériques (Google, IBM, Microsoft, Apple, etc.). Des progrès ont été réalisés avec la création en 2017 d'un système national de données de santé, qui regroupe des bases de données diverses, le changement des modalités d'accès ou la création d'un comité d'expertise pour les recherches, études et évaluations dans le domaine de la santé. Pourtant, en France, le cadre permettant de répondre aux besoins croissants en matière d'accès, de partage, de protection ou de garantie de fiabilité n'est pas encore abouti. La difficulté d'accès aux données a été identifiée comme un frein au développement de l'intelligence artificielle, notamment dans les possibilités de transfert des travaux de recherche[2].

La réglementation n'empêchera pas la diffusion de l'intelligence artificielle là où les acteurs prévoiront des gains importants

De nombreux signaux montrent la volonté des acteurs privés et des pouvoirs publics de progresser dans le déploiement de l'e-santé. Les premiers ont lancé en 2015 l'alliance eHealth France réunissant les acteurs du numérique[3] pour accroître la visibilité de la filière. Les seconds considèrent l'e-santé comme une opportunité pour améliorer l'efficience du système de santé et développent des initiatives en ce sens : lancement en 2009 de Alliance Aviesan[4] pour renforcer les synergies entre CHU, universités et organismes de recherche, négociations conventionnelles en 2018 entre

[1] « À ce jour, la France fait cependant partie des cinq derniers pays de l'Union européenne où la prescription médicale électronique sécurisée de médicaments et de dispositifs médicaux n'est pas déployée. A contrario, 84 % des ordonnances en Espagne interviennent sous un format électronique sécurisé » ; Cour des comptes (2017), *La Sécurité sociale*, *op.cit*.

[2] Rapport #FranceIA.

[3] Health France a été créé par quatre organisations professionnelles représentant les entreprises fournisseurs de solutions e-santé : LEEM, LESISS, le SNITEM et Syntec Numérique.

[4] Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé.

la CNAMTS et les médecins libéraux pour définir la prise en charge de la télémédecine, première expérimentation de prescription électronique sécurisée…

Dans un cadre éthique partagé, les rigidités dans l'accès aux données pourraient être assouplies. Le rapport #FranceIA a formulé des recommandations en ce sens. Les professionnels de santé, via le Conseil national de l'Ordre des médecins, affichent eux-mêmes une volonté de faire des algorithmes et de l'intelligence artificielle « leurs alliés », « comme un apport essentiel pour l'aide à la décision et à la stratégie thérapeutique ». Pour eux, « la médecine du futur est déjà là ».

Ces tendances plaident pour un scénario d'évolution progressive. Les métiers de la santé, les niveaux d'intégration de l'IA et de l'e-santé sont actuellement très divers et les impacts de ces innovations ne seront pas partout les mêmes.

Les conditions qui pourraient conduire à un scénario disruptif

Dans le secteur de la santé, l'arrivée de nouveaux entrants sur le « marché » des soins est contrôlée par l'État (planification de l'offre hospitalière, numerus clausus). Mais d'autres acteurs sont concurrentiels et de dimension internationale.

L'industrie du médicament et des dispositifs médicaux constitue un vecteur de diffusion de l'IA dans le secteur de la santé, au travers notamment d'applications mobiles intégrées dans les protocoles de soins. Des applications faisant la preuve d'une forte valeur ajoutée en termes de gains de santé ou de qualité de vie pourraient s'imposer dans le parcours de soins des patients.

Un autre acteur est placé dans la même situation de concurrence et de dimension internationale, celui de l'assurance complémentaire santé. De nouveaux services de consultation en ligne, sur des plateformes sans médecins mais gérées par des logiciels, pourraient également s'imposer s'ils offrent une qualité suffisante et s'ils réduisent les inégalités d'accès aux soins sur le territoire, par exemple.

De nouveaux entrants avec de nouveaux services pourraient donc conduire à l'émergence d'un scénario disruptif, à la condition qu'ils répondent à une demande sociale et que les acteurs de la santé soient convaincus de leur efficacité.

QUELS ENSEIGNEMENTS DES TROIS SECTEURS ?

L'ambition du présent rapport est de s'appuyer sur des exemples sectoriels pour en tirer des enseignements plus généraux, susceptibles de s'appliquer à d'autres champs d'activité. Ce chapitre reprend de façon synthétique les principaux enseignements des analyses sectorielles.

1. L'IA s'inscrit dans le phénomène plus large de la transition numérique

L'intelligence artificielle fait partie intégrante de la transition numérique en cours. De nombreux phénomènes antérieurs tels l'automatisation de certaines tâches, le rôle des données ou le développement de plateformes trouvent avec elle leur prolongement. Ainsi, dans la banque de détail, l'informatisation est un phénomène ancien qui a conduit le secteur, depuis plusieurs décennies, à adapter les compétences des personnels aux nouveaux outils. En santé, les tentatives pour déployer le dossier médical personnel ou partagé sont bien antérieures aux développements récents de l'IA. Et les transformations de l'activité de taxi se sont produites sans outil d'IA mais grâce à la généralisation du smartphone équipé de GPS et des systèmes de cartographie, qui assurent la mise en relation des chauffeurs et des clients sur plateformes numériques et diminuent le besoin de connaissance de la ville et des itinéraires, côté chauffeurs.

L'IA s'inscrit donc dans le contexte d'un certain niveau de numérisation mais elle en dépend aussi. La disponibilité de données d'imagerie médicale, de dossiers patients correctement renseignés est une brique indispensable au développement des outils d'assistance au diagnostic. De même, l'accumulation de données sur la conduite réelle est indispensable pour parvenir à assurer les niveaux de robustesse et de fiabilité des logiciels de conduite autonome. Même phase d'entraînement nécessaire pour les chatbots ou agents conversationnels dans le secteur bancaire. Partout, le niveau de numérisation peut être un facteur d'accélération du déploiement, mais le

mécanisme inverse peut jouer. L'IA peut donner l'occasion de numériser une activité qui demeurait manuelle car les gains d'efficacité de la numérisation n'apparaissaient pas suffisamment importants.

2. La transformation des tâches : substitution ou complémentarité ?

Les effets de l'intelligence artificielle s'analysent d'abord au niveau de la transformation des tâches. C'est l'approche qu'a retenue le cabinet Athling dans son étude sectorielle des métiers de la banque[1].

Premièrement, l'IA permet de réaliser des tâches autrefois impossibles à effectuer, car trop fastidieuses ou économiquement non rentables. En témoigne notamment en matière de santé l'analyse des électrocardiogrammes. Dans le secteur bancaire, la détection des anomalies dans les transactions est facilitée par des dispositifs à base d'IA. Dans le transport urbain, des navettes autonomes viendront étendre les zones desservies ou les horaires. Partout, les dispositifs à base d'IA apparaissent complémentaires des tâches réalisées par l'humain.

Une seconde catégorie est l'automatisation de tâches réalisées jusqu'ici par l'humain. Ce champ n'est pas neuf : la robotisation dans l'industrie automobile, la numérisation des opérations bancaires sont des phénomènes anciens qui ont conduit à repositionner les travailleurs sur des tâches de supervision. L'IA s'inscrit dans cette dynamique. L'activité de la conduite se trouve ainsi condamnée à long terme par l'apparition du véhicule autonome. De façon plus nouvelle, c'est le cas également d'activités relevant du travail qualifié, en médecine ou dans des services juridiques.

La troisième transformation des tâches induite par l'IA concerne l'assistance à la prise de décision. Ici, la tâche humaine n'est pas modifiée mais la personne peut compter sur un dispositif qui lui vient en aide : dispositif d'assistance au diagnostic ou à la proposition thérapeutique dans le domaine médical, dispositif d'accompagnement du conseiller clientèle dans le secteur bancaire.

Ce découpage est parfois trop simpliste. Les *chatbots* sont capables d'intervenir en premier rideau pour traiter les demandes au service client, 24 heures sur 24, ce qui constitue un enrichissement du service (catégorie 1 ci-dessus), mais aux heures ouvrables, ils agissent en remplacement du travail traditionnel (catégorie 2). Les

[1] Athling pour le compte de l'Observatoire des métiers de la banque (2017), *L'IA dans la banque : emploi et compétences*, décembre.

capacités diverses de l'intelligence artificielle expliquent que ses effets se matérialisent à la fois au niveau des compétences des travailleurs et de l'organisation du travail.

3. La transformation des qualifications : expert ou généraliste ?

Les technologies d'IA sont souvent présentées comme adaptées au traitement des tâches répétitives et fastidieuses, obéissant à des règles qui peuvent être « apprises » par la machine. Ce n'est que partiellement vrai. L'IA est également capable de traiter des tâches compliquées, par exemple pour la conduite autonome.

Dès lors que l'IA gère les tâches élémentaires, il peut en résulter une augmentation de la qualification des travailleurs. Dans la relation-client, si les demandes simples sont traitées par l'IA, les cas complexes sont alors orientés vers les conseillers humains. Ce transfert peut avoir pour effet une augmentation du niveau de compétence ou un besoin accru en compétences sociales, nécessaires à la gestion d'une interaction compliquée avec le client, le patient ou l'usager. Il peut en résulter une intensification du travail, dès lors que les cas simples et routiniers, autrefois majoritaires, sont remplacés par des cas mobilisant davantage l'attention.

En matière bancaire, l'IA peut conduire à des besoins de spécialisation, pour apporter une expertise de pointe au client, mais également au développement d'un statut de généraliste, capable d'orienter le client vers le bon spécialiste et de résoudre ces problèmes. Dans la santé, l'intelligence artificielle peut induire une déqualification relative, quand des tâches compliquées exécutées par l'humain sont susceptibles d'un traitement automatique. À l'inverse, l'infirmier ou le manipulateur-radio d'un système d'IA peut voir sa qualification augmenter, en utilisant l'assistance fournie par le dispositif de diagnostic. Cette problématique n'est cependant pas propre à l'IA et relève plus généralement de l'automatisation et de la numérisation, qui conduisent les travailleurs à jouer davantage le rôle de superviseur de dispositif, ce qui suppose la maîtrise des compétences numériques nécessaires.

La part de ces différents effets va dépendre des choix d'organisation opérés dans les structures, entre automatisation avancée et complémentarité humain-machine.

4. La transformation des organisations

Un outil d'amélioration des processus organisationnels internes

Le déploiement des dispositifs d'IA conduit à repenser les organisations de travail. Tout commence par la collecte d'informations sur les dispositifs numériques. Une fois la numérisation mise en place, les dispositifs d'IA sont capables d'améliorer la performance opérationnelle en contribuant à la gestion des informations, à la planification des activités et à la coordination des acteurs. La maintenance prédictive dans les infrastructures de transport ou la planification de l'activité à l'hôpital sont ici des exemples emblématiques. Pour être efficace, une telle organisation suppose cependant que les utilisateurs puissent faire des retours sur le fonctionnement du système. Les systèmes d'assistance dans le secteur bancaire ont pu ainsi conduire à des résultats contreproductifs, quand les réponses n'étaient pas adaptées. Ce phénomène n'est que la continuation de la surcharge administrative dont se plaignent nombre d'organisations, quand l'activité de codage des activités prend le pas sur les activités elles-mêmes.

Susceptible de favoriser une meilleure coordination des organisations, l'IA peut aussi conduire à un plus grand isolement des travailleurs. C'est le cas notamment lorsque des systèmes automatiques transmettent des instructions à des agents devenus de simples exécutants. Ce phénomène a commencé avec les plateformes. Il va sans doute prendre de l'ampleur, dès lors que la supervision des tâches par l'IA est possible. Il conviendra donc de ne pas sous-estimer les risques liés au déploiement des outils IA en matière de conditions de travail (perte d'autonomie, intensification du travail, etc.).

Vers des organisations apprenantes ?

Les outils IA vont favoriser la diffusion d'innovations et améliorer la qualité des services à destination des clients/patients. Les organisations dites « apprenantes », qui reposent sur une logique d'apprentissage organisationnel continu, pourraient être particulièrement adaptées aux défis que pose l'intégration de l'intelligence artificielle. Ces organisations permettraient de répondre à la fois aux enjeux technologiques et aux attentes sociétales pour plus d'autonomie et de bien-être au travail.

Les exemples sectoriels ont aussi montré que les compétences transversales – la capacité à communiquer avec les autres et à influencer les décisions, la capacité à transférer des compétences et des savoir-faire organisationnels, la capacité à gérer les aléas – prendront plus d'importance avec les déploiements de l'IA. Dès lors, les organisations apprenantes qui valorisent en priorité ces compétences transversales

et l'apprentissage continu pourraient être un levier pertinent pour s'assurer de la complémentarité entre les machines et les travailleurs.

Une transformation non anticipée de l'organisation des secteurs

L'optimisation interne et anticipée des processus au sein des entreprises existantes n'est cependant pas la seule voie de transformation. Des mutations plus radicales par de nouveaux acteurs peuvent survenir. L'exemple emblématique est celui du véhicule autonome, typiquement du robotaxi, qui modifie radicalement l'organisation du secteur. Moins probable dans les secteurs de la banque ou de la santé, une telle révolution est cependant possible dans certains sous-secteurs. Si des dispositifs de diagnostic pour certaines maladies font leur preuve, notamment à l'étranger, sans être déployés en France, il est possible qu'ils soient utilisés malgré tout, en contournement du système en place. La « disruption » peut survenir dans n'importe quel secteur.

L'interaction avec les dispositifs d'IA

L'intelligence artificielle affecte trois grandes catégories de travailleurs. Premièrement, la production des services IA génère du travail très qualifié : chercheurs, *datascientists*, ingénieurs et autres techniciens spécialisés. Ce personnel qualifié est crucial pour la bonne intégration de l'IA mais représente un volume d'emplois limité. Sur ce segment, le problème principal est de former et retenir les talents, une problématique traitée dans le rapport Villani.

Deuxièmement, une grande partie des travailleurs vont mobiliser des dispositifs à base d'IA sans forcément savoir qu'il s'agit d'IA : l'enjeu est ici celui de la formation à la bonne utilisation des outils. Il concerne l'essentiel des conseillers bancaires, des personnels médicaux mais aussi les chauffeurs ou les réparateurs.

Enfin, l'IA va affecter le poids relatif de certaines compétences. Les compétences relationnelles, l'empathie, le sens artistique et créatif, certaines tâches manuelles, seront revalorisés du fait de l'IA. Ainsi des activités qui n'utilisent pas l'IA deviendront proportionnellement plus attractives. Dans la relation client, les compétences techniques étant prises en charge par des dispositifs d'IA, les compétences relationnelles et l'attachement au client ou des compétences plus proches de la vente sont susceptibles de voir leur importance croître.

Qui est concerné ?

De même que la numérisation de la société et de l'économie touche désormais tous les secteurs d'activité, l'IA est susceptible d'affecter tous les métiers, de près ou de

loin, dans leur nature ou dans leurs conditions d'exercice. En particulier, des tâches considérées aujourd'hui comme très qualifiées pourraient être automatisées, ce qui constitue une des nouveautés de l'IA par rapport à l'automatisation mise en œuvre jusqu'à présent.

Dans le domaine du soin, des activités seront affectées indirectement par les systèmes de contrôle et d'identification développés à base d'IA. Une caméra pourra mesurer des paramètres de santé : fatigue, émotions, rythme cardiaque, état de la pupille. Dans le secteur bancaire ou les transports, les briques d'IA peuvent être présentes pour de multiples tâches. Tous ces éléments confortent le fait que les métiers seront vraisemblablement plus transformés qu'automatisés. Des évolutions différentiées sont d'autant plus probables que les déploiements effectifs sont affectés par nombre de facteurs qui ne sont pas technologiques.

Les modalités de déploiement

Les exemples sectoriels permettent d'identifier des facteurs complémentaires affectant la diffusion de l'IA. On peut relever : des considérations économiques, par exemple en ce qui concerne l'automatisation ; l'acceptabilité sociale, tant du côté des utilisateurs que des travailleurs ; les compétences disponibles, qui peuvent déterminer les transformations ; les données disponibles, par exemple pour certaines pathologies ; le cadre réglementaire.

En conclusion, des outils d'intelligence artificielle vont être déployés progressivement dans de nombreuses activités. Leur diffusion va entraîner des transformations du travail qui passeront par des transformations des tâches et des métiers, donc des besoins de formation. Le renforcement des mécanismes de contrôle permis par l'IA pourrait engendrer de nouveaux risques pour les travailleurs : les adaptations devront donc nécessairement passer par le dialogue social.

Le scénario souvent avancé d'une transformation radicale et massive du travail apparaît toutefois peu crédible. Dans quelques secteurs ou sous-secteurs, l'occurrence d'un scénario disruptif n'est néanmoins pas exclue. Sa matérialisation s'appuierait sur une conjonction de facteurs : la capacité de l'IA à fournir un service nouveau ; une demande forte des utilisateurs ; un cadre réglementaire obsolète ; enfin une concurrence internationale et l'arrivée de nouveaux acteurs sur le marché.

ENJEUX ET RECOMMANDATIONS

Sur la base de l'analyse présentée, le rapport identifie trois axes pour répondre aux enjeux soulevés par l'intelligence artificielle dans le domaine du travail :

- conduire, à l'échelle de la branche ou de la filière, des travaux de prospective sur le potentiel de l'IA, pour assurer un bon niveau d'information et d'anticipation des acteurs ;
- assurer la formation des travailleurs aux enjeux de demain : former des travailleurs très qualifiés pour produire de l'IA, et des travailleurs conscients des enjeux techniques, juridiques, économiques, éthiques soulevés par l'utilisation de ces outils ;
- renforcer les dispositifs de sécurisation pour les quelques secteurs ou sous-secteurs qui seraient fortement impactés par le risque d'automatisation.

1. Lancer un chantier prospectif pour anticiper les effets de l'intelligence artificielle et accompagner les acteurs

Si l'IA a fait des progrès spectaculaires sur certaines tâches, bien spécifiques, elle reste très loin des compétences générales détenues par les individus. On parle d'apprentissage machine mais cet apprentissage « artificiel » ne s'effectue aujourd'hui que sur des tâches précises et dans des domaines d'application spécifiques. Il n'empêche que les compétences spécifiques associées à une tâche répondant à des règles prédéterminées – simples ou compliquées – ont de bonnes chances de se trouver un jour déclassées par les progrès de l'IA. Il s'agira donc d'évaluer ces tâches « automatisables » qui se substitueront au travail et d'identifier celles qui seront complémentaires. Les acteurs concernés devront mener à bien ce travail en prenant en compte plusieurs dimensions : le degré de complexité des tâches qui composent un métier, le risque d'erreur de l'IA selon les domaines d'application et le degré d'interdépendance des tâches ou des métiers au sein d'une organisation. Ce travail appelle l'ouverture d'un chantier prospectif et d'anticipation

complexe mais essentiel pour prendre du recul sur les gains que peut apporter l'IA en matière d'efficience organisationnelle.

Ce chantier prospectif vise à aider les parties prenantes à anticiper la trajectoire des scénarios futurs. Ou bien un scénario de rupture, sans phase préparatoire, avec tout ce que cela suppose d'ajustements brutaux (chômage, reconversions professionnelles, détérioration des conditions de travail, etc.). Ou bien un scénario progressif dans lequel la gestion prévisionnelle aura été bien anticipée par les acteurs (organisations, branches professionnelles, État, syndicats, associations, collectivités, etc.), permettant une adaptation en douceur des compétences, des reconversions professionnelles, du changement organisationnel, du système de formation continue (évolution des contenus des actions de formations, notamment).

Ce chantier est l'un des axes phares de la mission conduite par Cédric Villani. En complément, le présent rapport propose d'inscrire dans l'agenda du Réseau Emploi Compétences (REC) la capitalisation et la diffusion des travaux consacrés aux impacts de l'IA sur les métiers et les compétences par secteur. Le REC peut aussi être un lieu d'expérimentations sur les moyens et méthodes à mettre en œuvre pour développer les compétences nécessaires face au déploiement de l'intelligence artificielle. Établi en 2014 pour renforcer les capacités d'évaluation collective des besoins en compétence en France, le REC réunit des acteurs de l'observation et de la prospective des emplois par secteurs, métiers, qualifications, compétences. Il a notamment produit en 2017 un diagnostic partagé sur les compétences transversales et transférables d'un métier à un autre[1]. Ayant vocation à partager les approches méthodologiques en vue de professionnaliser les acteurs du champ, le REC pourrait notamment contribuer à la diffusion des travaux et approches méthodologiques déjà développées par les branches professionnelles ou en cours de réalisation.

Cette capitalisation pourrait :

- encourager les branches, secteurs, territoires à mener ce type de travaux, tout en s'appuyant sur des méthodologies déjà testées lors de déploiements d'outils IA ;
- favoriser le partage des enseignements sur certains métiers transversaux des entreprises, comme les métiers des services administratifs et financiers, qui peuvent être fortement impactés par l'IA.

[1] Lainé F. (2018), « Situations de travail, compétences transversales et mobilité entre les métiers », *op. cit.*

Les approches de type « Vision prospective partagée des emplois et des compétences[1] », mise en place à l'initiative du Conseil national de l'industrie et expérimentées au sein du Réseau Emplois Compétences sont également intéressantes à reproduire. Il s'agit de s'appuyer sur les visions complémentaires d'acteurs divers – entreprises, branches, acteurs de l'emploi, acteurs de la formation – pour éclairer l'évolution des métiers et des compétences à court et moyen terme et pour identifier les modes de professionnalisation permettant d'alimenter ces métiers.

Partant de ces éléments d'analyse, il semble nécessaire d'aider les entreprises à identifier précisément les compétences dont elles auront besoin à l'avenir (mise en place d'une cartographie des métiers présents dans l'entreprise ou formalisation d'un référentiel des compétences, par exemple) et de les outiller pour évaluer correctement les compétences des candidats qui postulent (mise en place d'exercices détectant les habiletés lors du processus de recrutement).

La principale difficulté dans l'accompagnement porte sur l'individualisation et la prise de recul par rapport aux besoins et aux problématiques de chaque entreprise. Or, prendre en compte les spécificités propres à chaque entreprise (économiques, territoriales, technologiques, etc.) est aussi ce qui garantit la mise en place de mesures ou d'actions appropriées pour l'entreprise[2].

Aujourd'hui, les entreprises françaises ont des difficultés à identifier les compétences dont elles ont besoin. Moins de 15 % d'entre elles déclarent mettre en place une gestion des compétences comme « identifier les compétences nécessaires à l'activité », « vérifier l'écart entre les compétences nécessaires pour réaliser l'activité et les compétences détenues par les salariés » ou encore « mettre en place des actions pour réduire les écarts (via la formation continue ou le recrutement) ». Or l'intelligence artificielle risque d'augmenter les écarts entre compétences détenues et compétences nécessaires. Elle peut donc fournir l'occasion de sensibiliser les entreprises sur le sujet, comme pointé dans les analyses sectorielles, par exemple à propos de la maintenance prédictive.

Il existe déjà de nombreuses plateformes en ressources humaines (RH), déclinées au niveau territorial ou au niveau sectoriel, qui visent à accompagner les entreprises dans l'identification de leurs besoins en compétences. La plateforme RH est un guichet unique dédié aux ressources humaines des très petites entreprises (TPE) sur

[1] France Stratégie et Céreq (2017), *Vision prospective partagée des emplois et des compétences. La filière numérique*, rapport du Réseau Emplois Compétences, juin.

[2] Michun S. (2007), « Petites entreprises et territoire, un lien surestimé ? », *Formation Emploi*, n° 97, Céreq.

un territoire ou un secteur donné. Il s'agit d'un service de proximité ayant pour objectif de professionnaliser le dirigeant dans sa fonction d'employeur et de favoriser la sécurisation des parcours professionnels des intervenants. Ces services, quand ils existent, sont financés ou cofinancés par les DIRECCTE, les collectivités territoriales, les branches professionnelles ou les organismes consulaires.

La plateforme RH intervient principalement sur trois thèmes : un premier niveau de conseil dans la gestion des ressources humaines, une information sur le cadre légal et les aspects juridiques, enfin une aide au recrutement. Elle peut accompagner les entreprises pour formaliser leur référentiel de compétences à partir de leur référentiel d'activité (fiches de poste notamment) pour une bonne appropriation de celui-ci. Par exemple, les compétences transversales sont définies dans de nombreux référentiels, ce qui rend difficile l'appropriation par les entreprises désireuses d'identifier leurs besoins. Cette plateforme pourrait notamment leur apporter un appui méthodologique en les aidant à faire le « tri » dans ces référentiels en fonction des besoins exprimés, à identifier les tâches qui nécessitent des compétences relationnelles, des compétences d'analyse générales ou transversales (flexibilité, capacité d'adaptation, capacité à résoudre les problèmes, créativité, etc.). Elle peut aussi les aider à établir une cartographie des tâches automatisables, en prenant en compte l'acceptabilité sociale. Enfin, la plateforme peut sensibiliser les entreprises aux impacts potentiels de l'IA sur les conditions et l'organisation du travail (intensification du travail, perte d'autonomie, processus de coordination et de communication, etc.).

2. Assurer la formation des travailleurs aux enjeux de l'intelligence artificielle

Former des travailleurs très qualifiés pour produire l'IA

Le rapport ne s'est pas intéressé de façon détaillée à l'emploi qui pouvait se développer dans la production de dispositifs d'IA. Ce sujet certes stratégique concerne au final un volume d'emploi relativement faible – 5 000 personnes travaillent dans la recherche en IA [1] –, avec une problématique très différente. Dans ce secteur en effet, les travailleurs peuvent bénéficier d'un pouvoir de négociation favorable compte tenu de la pénurie de main-d'œuvre hautement qualifiée. Ce sujet figurant dans la feuille de route de la mission Villani, on se bornera à souligner ici combien il est impératif de disposer de talents pour mener des travaux de recherche,

[1] Rapport FranceIA.

déployer des systèmes et développer une activité économique à base d'IA en France.

Ces technologies présentent encore à ce jour, pour une partie d'entre elles, un caractère peu explicable, une dépendance aux données d'apprentissage, un caractère générique qui rendent indispensable la maîtrise d'une filière complète, pour une question d'indépendance stratégique et d'éthique. C'est le cœur de la mission confiée à Cédric Villani. Cette question passe par le développement de la recherche fondamentale, de fonds d'investissement et d'un accompagnement institutionnel permettant aux chercheurs d'avoir accès à des moyens pour réussir le transfert de technologie et développer des activités.

À côté de la production de connaissances de pointe issues de la recherche fondamentale, il est nécessaire de développer des compétences en informatique pour déployer les systèmes à base d'IA. Le label « grande école du numérique » obéit à cette volonté.

La formation à ces métiers peut être assurée par la formation initiale mais également par la formation de personnes en situation plus difficile, qu'il s'agisse de décrocheurs ou de personnes en reconversion professionnelle. L'école Simplon[1], implantée en France et à l'étranger, répond à cette ambition en proposant des formations gratuites aux métiers du numérique. L'effort en la matière doit être soutenu, notamment pour identifier les personnes qui ont des compétences ou une appétence pour ces métiers.

À nouveau, il ne s'agit pas de débouchés numériquement très significatifs, mais d'une part, certains besoins sont criants, et d'autre part les techniques de l'informatique présentent un caractère très générique : même si certains savoirs spécialisés sont voués à se périmer rapidement, ils peuvent être mis à jour et réutilisés dans des fonctions différentes. Devant le défi que représente la bonne intégration des outils numériques dans le travail, avoir des personnes formées bénéficiant déjà d'une expérience professionnelle peut être extrêmement enrichissant. Ce point n'est pas spécifique à l'IA et concerne plus généralement la transformation numérique.

Former des travailleurs conscients des enjeux techniques, juridiques, économiques, éthiques soulevés par le recours à des outils IA

Il est essentiel d'intégrer aux formations métiers (professionnalisantes, BTS, Bac pro, master, doctorat, etc.) les compétences nécessaires à l'utilisation des outils IA

[1] https://simplon.co.

spécifiques aux secteurs. Ces outils s'inscrivent dans la transition numérique en cours, marquée par une numérisation croissante des activités, par de nouvelles formes de travail via les plateformes, par l'utilisation des données utilisateurs pour faire évoluer services et produits, etc. Tous ces outils participent au déploiement de l'IA via la constitution de bases de données et l'entraînement des algorithmes. L'IA peut jouer le rôle d'un accélérateur pour la montée des compétences.

Quel que soit le secteur, il doit être aussi possible de retracer tout le processus de décision proposé par des logiciels à base d'IA pour garder la main sur la décision finale. Être capable de remettre en question les recommandations de l'expertise d'une IA pour décider en toute connaissance de cause est aussi une question liée à la responsabilité individuelle dans un domaine professionnel. Cette responsabilité peut s'exercer pleinement si les algorithmes sont traçables jusqu'à remonter toute la chaîne du processus de décision. La régulation humaine – compréhension, vérification de la structuration des données et des critères sur lesquels se fonde le raisonnement de la machine – est donc nécessaire.

Les organisations peuvent également avoir intérêt à développer leur propre outil d'aide à la décision. Cela leur permettait d'accroître en continu leurs compétences métiers aux outils d'IA, tout en améliorant leur appropriation des processus de décision. C'est particulièrement utile dans les domaines complexes où le coût des erreurs est important, notamment en matière médicale. À titre d'exemple, des membres de la Centrale Santé (groupement professionnel ouvert de l'association des centraliens) ont créé Bio-Modeling Systems en 2004 pour développer la plateforme opérationnelle de modélisation heuristique CADI (Computer Assisted Deductive Integration), qui cherche à favoriser l'apprentissage continu des compétences métiers importantes dans la recherche médicale. Cette plateforme a notamment permis de former des biologistes « intégrateurs », l'objectif étant de les doter de capacités augmentées, grâce à des algorithmes développés par des informaticiens spécialisés. Cette plateforme d'aide à la décision permet de placer les compétences métiers au cœur du processus de décision en leur permettant de générer de nouvelles hypothèses et/ou de challenger des programmes existants, des recommandations d'experts dans leur propre champ de recherche biomédicale. Cette outil d'aide à la décision vise à développer des pratiques médicales sous forme de protocoles (description de la pratique d'un domaine) supervisées par les compétences métiers puis à les transformer en algorithmes via des décisions multi-personnes (informaticiens spécialisés, biologistes, etc.). Ce type d'outil vise alors à assurer un processus d'aide à la décision « contrôlée » et contextualisée adaptée aux besoins des utilisateurs et à la complexité de leurs domaines d'application.

Renforcer la sécurisation des parcours professionnels dans les secteurs ou sous-secteurs qui seraient fortement impactés

Le scénario d'une transition progressive paraît le plus facile à gérer. Il correspond à une évolution où les compétences, les organisations, les travailleurs mobilisent des outils pour gagner en efficacité, s'affranchir de tâches pénibles ou réaliser de nouvelles tâches impossibles sans l'assistance des outils numériques. Une telle évolution n'est cependant pas le seul scénario. Des ruptures peuvent se produire si les progrès de l'IA sont plus rapides qu'anticipé, si des nouveaux services émergent, ou si l'acceptation sociale est forte.

À terme, le métier de conducteur va probablement disparaître. Si la transition est progressive, les départs en retraite, la formation professionnelle vers les nouveaux métiers des transports ou vers d'autres activités peuvent suffire à l'accompagner. Si elle est plus rapide, par exemple parce qu'un camion automatique sûr est disponible, autorisé par les pouvoirs publics, accepté par les usagers de la route et économiquement intéressant, des problèmes massifs de reconversion professionnelle peuvent se poser sur un horizon de temps relativement bref.

À cet égard, le rapport ne formule pas de recommandation nouvelle mais invite à poursuivre les mouvements engagés pour protéger davantage les individus que les emplois. L'approche par les blocs de compétences qui se développe depuis quelques années au sein de l'appareil de formation et chez les certificateurs peut apporter des réponses à cet enjeu majeur : un individu diplômé ou certifié pourrait n'avoir à adapter ses compétences qu'avec un « module » de formation complémentaire, sans repasser l'intégralité du diplôme, du titre ou du certificat[1].

Cette approche aurait un double avantage pour l'organisation du système de formation continue, en matière de réactivité face aux changements technologiques et en matière de coût financier. Elle impliquerait l'accélération du découpage des certifications (diplômes ou titres inscrits au RNCP) en blocs de compétences et un renforcement de la Validation des acquis de l'expérience (VAE). L'approche par blocs permettrait aussi une adaptation plus rapide des référentiels de compétences (dans la mesure où elle serait partielle) : même si cela reste à vérifier, cette hypothèse contribuerait à garantir la pertinence des contenus des référentiels face aux changements résultant de l'intelligence artificielle.

---

[1] Réseau Emplois Compétences (2017), *Compétences transférables et transversales : quels outils de repérage, de reconnaissance et de valorisation pour les individus et les entreprises ?*, France Stratégie, avril ; voir aussi, pour des exemples de métiers transférables, l'étude de Frédéric Lainé (2018), « Situations de travail, compétences transversales et mobilité entre les métiers », *op. cit*.

FRANCE STRATÉGIE

ÉVALUER. ANTICIPER. DÉBATTRE. PROPOSER.

Annexes

LETTRE DE MISSION

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DU TRAVAIL
SECRÉTARIAT D'ETAT CHARGÉ DU NUMÉRIQUE

Paris, le 09 OCT. 2017

La Ministre
Le Secrétaire d'Etat

Monsieur le Commissaire général,

Les progrès récents de l'intelligence artificielle soulèvent de nombreux défis. Au-delà des enjeux scientifiques et économiques majeurs, les outils d'intelligence artificielle, notamment par l'automatisation accrue des tâches qu'ils permettent, sont porteurs de transformations du travail. Des impacts significatifs sont attendus sur les métiers et les besoins en formation des salariés tout au long de leur carrière. Ce débat appelle une réflexion approfondie des pouvoirs publics, de manière à ce que la France puisse pleinement profiter du potentiel de l'intelligence artificielle et anticiper les transformations induites.

Conformément aux engagements du Président de la République, le Gouvernement souhaite faire du développement de l'intelligence artificielle une priorité. Une mission a été confiée à M. Cédric Villani, député, afin de proposer des mesures de politique publique permettant de favoriser le développement d'acteurs français de l'intelligence artificielle, de déterminer les applications de ces technologies dans le secteur public et d'identifier les implications éthiques du développement de systèmes automatiques.

Je souhaite que vous examiniez, en articulation avec les travaux de cette mission, les impacts de l'intelligence artificielle sur les transformations du marché du travail. Ces transformations peuvent être progressives ou plus rapides, selon les secteurs considérés, les avancées technologiques, les modes d'organisation du travail et de la production, le cadre réglementaire et le contexte social et culturel. Elles offrent de nouvelles opportunités d'emploi pour les personnes, comme des risques qu'il s'agit d'anticiper en amont.

Monsieur Michel YAHIEL
Commissaire général
France Stratégie - Commissariat général
à la stratégie et à la prospective (CGSP)
18, rue de Martignac
75700 PARIS SP 07

.../...

127, RUE DE GRENELLE – 75007 PARIS
35, RUE SAINT-DOMINIQUE – 75007 PARIS

Pour éclairer la décision publique, vous établirez des scénarios de transformation du travail avec le développement de l'intelligence artificielle et formulerez des recommandations quant à l'adaptation des politiques publiques permettant de répondre à ces scénarios. Vous appuierez ces analyses sur un travail de comparaison internationale, en étudiant les actions mises en œuvre par les pays les plus avancés dans la réflexion sur ces sujets. Vous produirez enfin des examens sectoriels détaillés (ex. santé, banque-assurance, services à la personne) pour illustrer vos recommandations, qui devront guider l'action publique pour accompagner les transformations en maximisant le potentiel d'emplois qu'elles impliquent

Vous nous rendrez compte périodiquement de l'avancée des travaux et nous remettrez un premier document intermédiaire au début du mois de novembre, avant un rapport final pour le 15 décembre prochain.

Nous vous prions de bien vouloir agréer, Monsieur le Commissaire général, l'assurance de notre considération distinguée.

Muriel PENICAUD **Mounir MAHJOUBI**

127, RUE DE GRENELLE – 75007 PARIS
35, RUE SAINT-DOMINIQUE – 75007 PARIS

PERSONNES AUDITIONNÉES

Sandrine André, directrice de projets de la feuille de route numérique, Métropole de Strasbourg

Pascal Avargues, directrice générale du numérique et systèmes d'information, Bordeaux Métropole

Marie-Anne Bacot, chargée de mission, administratrice RATP, CGEDD, Section mobilités et transports

Laurent Baudart, délégué général, Syntec Numérique

Raphaëlle Bertholon, déléguée nationale à l'économie, CFE-CGC

Pierre Blanc, associé-fondateur, Athling

François Blanchecotte, président national, Centre national des professions de santé (CNPS)

Richard Bonne, directeur de cabinet, CFTC

Hoang Bui, chef du bureau des matériels de transport, de la mécanique et des machines de production, Direction générale des entreprises

Yves Caseau, directeur des systèmes d'information du groupe Michelin, membre de l'Académie des technologies

Emeric Chaize, Chief Digital Officer, Orange Bank

Béatrice Clicq, DSC adjointe, Orange, FO

Philippe Cortale, directeur du Comité métiers et compétences, PFA (La Plateforme de la Filière Automobile)

Deborah Cvetojevic, cheffe de bureau à la Direction générale de l'offre de soins (DGOS), ministère des Solidarités et de la Santé

Arnaud Delaunay, chef du bureau Bancfin 4, Direction générale du Trésor

Jean-Louis Denis, professeur et chercheur, Centre de recherche du Centre hospitalier de l'université de Montréal

Françoise Diard, responsable de l'emploi-compétence, Observatoire de la métallurgie

Corinne Dromer, présidente, Comité consultatif du secteur financier (CCSF)

Louis Fernique, chef de la Mission des transports intelligents, ministère de la Transition écologique et solidaire

Thibaut Ferreira, chargé de mission, Bureau de l'industrie automobile, Direction générale des entreprises

Pascale Finkelstein, chef du Département du développement professionnel, AP-HP

Yann Fleureau, CEO, Cardiologs

Marie de France, responsable de l'Unité relations internationales, Direction générale, INRS

Patrick Gasser, président, Confédération des syndicats médicaux français (UMESPE-CSMF)

Manuel Gea, Co-founder, CEO, & EVP R&D IT and systems, Bio-Modeling Systems

Pascal Genet, Sales executive France pour IBM, Watson

Émilie Gerbaud, Direction de l'innovation et de l'action économique, Grand Lyon

David Giblas, directeur Innovation, Digital Data, Malakoff Médéric

Jocelyn Gombault, chef de projet, Observatoire de l'automobile

Thomas Gouritin, journaliste, fondateur et CEO de Tomg Conseils

Pierre Grauby, VP Customer Relationship, Orange

David Gruson, membre du comité de direction de la Chaire santé de Sciences Po Paris / Initiative Ethik IA

Enguerrand Habran, directeur du Fonds FHF Recherche & Innovation, Fédération hospitalière de France

Neila Hamadache, déléguée Formation, Syntec Numérique

Michel Héry, INRS

Marie Houssel, responsable du Pôle ressources humaines hospitalières, Fédération hospitalière de France

Denis Huneau, ingénieur général des Ponts, des eaux et des forêts, CGEDD

William Joubert, secrétaire général de l'Union nationale des professionnels de santé (UNPS)

Cécile Kanitzer, conseillère paramédicale, Fédération hospitalière de France

Gautier Lalande, Digital Data, Malakoff Médéric

Edwina Lamoureux, secrétaire confédéral, CFDT

Pierre Laplane, directeur général des services de l'Eurométropole, Métropole de Strasbourg

Didier Lassauzay, ingénieur, membre du Pôle économique, CGT

Philippine Lefèvre, déléguée Relations institutionnelles, Syntec Numérique

Claude Leicher, président, MG France

Mikaël Louadoudi, Prospective sociale et innovation RH, Agirc-Arrco

Antoine Malone, directeur de projet chargé de la prospective et de la recherche, Fédération hospitalière de France

Françoise Manderscheid, directrice du Mastère STFU, École des Ponts ParisTech

Gérard Mardiné, secrétaire national, CFE-CGC

Jean-Michel Masson, président de la Fédération nationale des médecins radiologues (FNMR)

Delphine Mayrargue, directrice déléguée conduite du changement et communication, chargée du projet train autonome, SNCF

Bénédicte Moutin, chargée de mission Vie au travail-dialogue social, CFDT

Jean-Paul Ortiz, président, Confédération des syndicats médicaux français (CSMF)

Cécile Potters, assistante confédérale au Secteur Économie, FO

Jérôme Reboul, sous-directeur des Banques et financements d'intérêt général - Bancfin, Direction générale du Trésor

Daphné Salon-Michel, chef du Secrétariat général, Comité consultatif du secteur financier (CCSF)

Jean-Charles Samuelian, CEO, Alan

Alain Sauvant, directeur, Autorité de la qualité de service dans les transports (AQST)

Claude Sicotte (PhD), professeur à l'École de santé publique de l'université de Montréal, responsable de l'option « Gestion des services de santé» du programme de PhD

Aurélien Soustre, membre du Comité consultatif du secteur financier (CCSF), CGT Banque

Edgar Steimer, secrétaire général adjoint, CFDT Transport

Jean-François Thébaut, président du Haut Conseil du Développement professionnel continu (DPC)

Guy Vallancien, professeur honoraire à l'université Paris-Descartes

Hubert Viot, CEO, Plateforme Maela

Directeur de la publication
Gilles de Margerie, commissaire général
Directeur de la rédaction
Fabrice Lenglart, commissaire général adjoint

Contact presse
Jean-Michel Roullé, directeur du service Édition/Communication/Événements
01 42 75 61 37, jean-michel.roulle@strategie.gouv.fr

TÉLÉCHARGEZ LE RAPPORT
"INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET TRAVAIL"

RETROUVEZ
LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :

www.strategie.gouv.fr

francestrategie

@Strategie_Gouv

Ce rapport est publié sous la responsabilité éditoriale du commissaire général de France Stratégie. Les opinions exprimées engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.

FRANCE STRATÉGIE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Premier ministre
France Stratégie

France Stratégie est un organisme d'études et de prospective, d'évaluation des politiques publiques et de propositions placé auprès du Premier ministre. Lieu de débat et de concertation, France Stratégie s'attache à dialoguer avec les partenaires sociaux et la société civile pour enrichir ses analyses et affiner ses propositions. Elle donne à ses travaux une perspective européenne et internationale et prend en compte leur dimension territoriale.

FRANCE STRATÉGIE – 20, AVENUE DE SÉGUR – TSA 90725 – 75334 PARIS CEDEX 07 – TÉL. 01 42 75 60 00