

Anticiper les impacts économiques et sociaux de l'intelligence artificielle

Rapport du groupe de travail co-piloté par

Rand Hindi, Conseil national du numérique

Lionel Janin, France Stratégie



STRATÉGIE NATIONALE EN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL 3.2

ANTICIPER LES IMPACTS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Co-pilotes

Rand Hindi (Conseil national du numérique)
Lionel Janin (France Stratégie)

Rapporteurs

Charly Berthet (CNNum), Julia Charrié (France Stratégie)
Anne-Charlotte Cornut (CNNum), Francois Levin (CNNum)



AVANT-PROPOS

En mars 2016, le champion coréen de jeu de go Lee Sedol subissait une cuisante défaite face au logiciel AlphaGo. Cette victoire symbolique de la machine apprenante sur l'homme résonna pour beaucoup comme le coup de cymbale signalant qu'une nouvelle étape venait d'être franchie dans l'élargissement des frontières techniques.

Depuis quelques années, l'intelligence artificielle est devenue un sujet de débat bien au-delà du seul champ du numérique, sans doute parce qu'on pressent toute l'ampleur de ses conséquences économiques et sociétales. Cette technologie de laboratoire a connu de fait un saut qualitatif – avec notamment l'apprentissage machine – qui permet son intégration dans nombre de processus qui nécessitaient hier encore une intervention humaine. La traduction, la reconnaissance de la voix ou le classement d'images et de vidéos font figure de premiers terrains d'expérimentation et d'avancée. D'autres suivront, même si la technologie n'est pas infaillible et si la vitesse de progression reste incertaine.

Pour l'heure, ces prouesses nouvelles suscitent des réactions contradictoires. Elles font resurgir le spectre d'une disparition du travail par l'automatisation. Jusqu'où la machine peut-elle remplacer l'homme ? Mais cette révolution peut-elle être synonyme de bien-être accru pour la population, pour les travailleurs ? Laisse-t-elle augurer des gains de productivité dans les entreprises et une relance de la croissance économique en berne depuis plusieurs années ?

Inquiètes ou optimistes, les interrogations sont nombreuses. D'où l'utilité de commencer sans tarder à poser les jalons d'une stratégie nationale à moyen et long terme. Il faut prendre la vague en cours, alors que les grands acteurs mondiaux, américains ou asiatiques, ont déjà déployé des moyens considérables sur le sujet.

L'intelligence artificielle a d'abord besoin d'intelligence collective. Sollicités par la secrétaire d'État chargée de l'Innovation et du Numérique et par le secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, des acteurs institutionnels, des chercheurs, des entreprises établies et des start-up, réunis au sein de différents groupes de travail, ont consacré deux mois à définir les grandes orientations de la

France en matière d'intelligence artificielle. Les travaux ont porté sur les thématiques de la recherche et de la formation, du transfert de la technologie vers les secteurs économiques ou des impacts de l'intelligence artificielle. Le présent rapport constitue ainsi une contribution à la stratégie nationale présentée dans son intégralité par le gouvernement le 21 mars 2017.

Pour croiser les points de vue et les objectifs, mais avec un souci partagé d'éclairer la décision publique, chaque groupe de travail était co-piloté par un membre d'une administration et un représentant du secteur privé. Les travaux ont pris des formes variées : auditions d'experts, ateliers participatifs avec des étudiants sur les métiers de demain, séminaires de travail sur les impacts macroéconomiques, sous-groupes indépendants pour examiner les questions d'acceptabilité sociale et les enjeux juridiques.

Trois points du rapport peuvent être mis en avant.

Le premier, c'est l'importance de la donnée. Ce point est au fondement de la transition numérique à l'œuvre depuis quelques décennies. L'intelligence artificielle ouvre cependant une nouvelle étape, dans la mesure où les données sont nécessaires à l'apprentissage des algorithmes. Du contrôle de la donnée dépend non seulement la protection de la vie privée mais aussi la puissance économique, pour ceux qui parviennent à en tirer profit.

Le deuxième est de veiller à ce que la machine demeure au service de l'humain : les dispositifs techniques doivent améliorer les capacités ou les conditions de travail, et non augmenter la dépendance ou la mécanisation du travail. Si l'humain intervient dans un processus, il doit conserver un pouvoir de décision ; et si la machine prend une décision, les éléments sur lesquels elle s'est fondée doivent être explicables. Mais parce que certaines tâches répétitives sont ou seront automatisées, il convient d'adapter les formations pour que les travailleurs sachent tirer parti de la machine au lieu d'entrer en concurrence avec elle.

Enfin, troisième point, la méthode. La nouvelle technologie suppose un diagnostic partagé et des échanges entre les parties prenantes, à tous niveaux, depuis l'individu jusqu'aux structures nationales, dans les entreprises, les branches, avec les organisations syndicales. C'est pourquoi le rapport appelle à une large concertation sur l'intelligence artificielle et sur les transformations de l'emploi qui en découlent. L'objectif est de permettre aux organisations de s'approprier le potentiel comme les limites de la technologie. Rien ne serait pire que de considérer ces transformations comme inéluctables, alors qu'elles relèvent de choix collectifs soumis à débat.

Au cœur de ces trois questions figurent les efforts à fournir en matière de formation, aussi bien dans notre système éducatif que dans les entreprises. Parce que les tâches vont continuer à se transformer, nous avons plus que jamais besoin d'une formation individuelle tout au long de la vie. Faute d'anticipation, nous pourrions nous trouver confrontés aux suppressions d'emploi ; faute de mobilisation, nous courons le risque d'un décrochage économique et stratégique.

On le voit, ce rapport n'est que la première pierre d'un édifice qui reste à construire collectivement. Avec pour objectif global de réussir la transition numérique.

Je tiens à remercier tout particulièrement Lionel Janin (France Stratégie) et Rand Hindi (fondateur et PDG de SNIPS, membre du Conseil national du numérique) qui ont piloté le groupe de travail chargé d'anticiper les impacts économiques et sociaux de l'intelligence artificielle, ainsi que Charly Berthet (CNNum), Julia Charrié (France Stratégie), Anne-Charlotte Cornut (CNNum) et Francois Levin (CNNum), qui en ont été les rapporteurs.

Michel Yahiel

Commissaire général de France Stratégie



SOMMAIRE

SYNTHÈSE	9
INTRODUCTION	15
Continuités et discontinuités.....	16
Transformations profondes, incertitudes importantes.....	18
Points de vigilance	21
Penser la complémentarité humain-machine	21
IMPACTS ÉCONOMIQUES ET DISTRIBUTION DE VALEURS	23
Enjeu de compétitivité internationale	24
Des réseaux de neurones en <i>open source</i>	25
Risques de dépendance et de plateformisation.....	26
L'accès aux données devient un avantage comparatif.....	28
La France et l'Europe doivent prendre conscience de leurs atouts	29
Inégalités territoriales au niveau national	30
PENSER LA COMPLÉMENTARITÉ HUMAIN-MACHINE.....	33
Organiser une gouvernance en vue d'anticiper ces transformations.....	34
Quelles compétences substituables ?	35
Penser une bonne complémentarité humain-machine	36
Se former dans un monde d'intelligence artificielle	37
COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL.....	41
PERSONNES AUDITIONNÉES.....	43



SYNTHÈSE

L'intelligence artificielle (IA) est un sujet « chaud » : elle bénéficie d'une dynamique, d'un momentum, qui cristallisent les attentions et les énergies. Il faut donc agir maintenant pour en tirer parti.

Cette attention récente est fondée sur les progrès spectaculaires obtenus par la recherche en la matière. Il en résulte un accroissement brusque et imprévisible des tâches potentiellement automatisables qui amène à s'interroger sur les activités humaines. On passe d'un scénario de polarisation, dans lequel les emplois très manuels, d'une part, et les emplois basés sur les talents, d'autre part, semblaient préservés de l'automatisation, à un scénario de transformation qui touche potentiellement beaucoup plus de monde. C'est pourquoi la thématique de la disparition d'un grand nombre d'emplois tend à monopoliser le débat et à occulter tout raisonnement.

Le but de ce rapport est de sortir d'une vision simpliste (compréhension « magique » de l'IA, focalisation sur la disparition massive d'emplois, idée que l'IA nous tombe dessus quoi que l'on fasse induisant une passivité devant le choc annoncé). Une telle analyse a jusqu'à présent empêché de mettre en avant les perspectives positives réelles (gains de productivité dans les entreprises, amélioration de la qualité des services) comme les alertes essentielles : risque de perte d'indépendance économique, absence de gouvernance des transformations, sous-estimation des impacts sur la vie quotidienne, en particulier dans le monde du travail, et nécessaire inventivité dans les accompagnements, en particulier par l'appareil de formation.

Ce document a une triple ambition.

1. Clarifier l'acception de l'intelligence artificielle et son intégration dans la production. Il s'agit principalement d'apprentissage machine – la capacité d'un logiciel informatique à reproduire avec une très bonne qualité certaines aptitudes humaines dès lors que des données d'entraînement en quantité suffisante sont disponibles. Ces dispositifs sont utilisés pour la reconnaissance de la voix, le

classement d'images, de sons, de vidéos, le traitement de texte, par exemple la traduction automatique.

2. Attirer l'attention sur l'essentiel : les données. La valeur n'est pas là où l'on croit : elle provient des données nécessaires à l'apprentissage bien plus que de l'algorithme, dont les développements se font de manière ouverte (en *open source*). En conséquence, les entreprises ou les administrations (pour la production de services publics) doivent se concentrer sur l'identification des données susceptibles d'être utilisées et sur les modalités concrètes d'exploitation (mise à disposition des données, éventuellement mutualisation, en conservant le contrôle des exploitations qui en sont faites ou en bénéficiant d'un juste retour), Par ailleurs les réflexions sur la libre circulation des données, entre espaces géographiques mais également entre acteurs économiques, doivent être approfondies.
3. Souligner qu'il s'agira de transformations du travail beaucoup plus que de suppressions d'emplois : l'aménagement de ces transformations va demander une construction de la décision aussi anticipatrice que possible, incluant les acteurs pertinents, au premier chef les professionnels concernés. Le but à atteindre est de créer de la valeur dans le travail pour tous, de donner plus de pouvoir et d'intelligence grâce à l'IA et non de mécaniser les humains. Les politiques publiques, nationales et régionales, doivent être mobilisées pour construire une vision positive de l'IA, qui nécessite des plateformes plurielles d'évaluation et de co-conception des transformations.

Pour y arriver, un outil essentiel demeure : la formation, qui ne doit pas être perçue comme un recyclage et un pis-aller. L'IA est un chantier de formation professionnelle essentiel qui peut servir de cas d'école pour les nouvelles visions de l'éducation et de la formation qui sont depuis plusieurs années débattues dans la société : importance des compétences transversales (*soft skills*), littératie numérique, à laquelle il faut adjoindre une littératie de l'IA. Une telle formation passe par une éducation informatique générale et une mobilisation de la société sur les formations initiales (entreprises, secteur de l'éducation populaire) mais aussi une inventivité dans les formations sur poste, les formations en conception, ce qui implique une forte mobilisation des entreprises elles-mêmes, de la recherche et des partenaires sociaux pour ouvrir de nouvelles voies.

Si l'on ne fait rien, que se passera-t-il ?

- au plan économique et diplomatique, il existe un risque de décrochage économique et de perte d'indépendance, si le phénomène de concentration de l'activité numérique autour de quelques grandes plateformes se prolonge ;

- au plan social : l'absence d'anticipation, la pauvreté des solutions d'accompagnement, des approches en silo et un pilotage assis sur la seule réduction des coûts auraient les effets dramatiques de destruction d'emploi que nous annoncent les cassandres.

Il faut sortir des scénarios qui tétanisent toute prospective réaliste et plurielle, en écartant les scénarios irréalistes décrivant l'automatisation de toutes les fonctions productives. À cet égard, le rapport ne se positionne pas sur la question du revenu universel, mais se concentre sur celle de la transformation des emplois, en vue d'une reconstruction de la valeur sociale des activités humaines.

Quel peut être le chemin ? Il est crucial d'organiser dès à présent un dispositif de concertation permettant d'anticiper ces impacts. Une grande plateforme numérique, alimentée par des débats dans les territoires, pourrait être envisagée avec tous les acteurs de l'emploi : Pôle emploi, l'AFPA, les acteurs régionaux, nationaux, européens, les syndicats. Elle pourrait ensuite être déclinée à différentes échelles : par branche, dans des réseaux thématiques pertinents, au niveau régional.

Pour ce qui concerne une politique inventive de formation – mobilisation de la formation initiale, des entreprises, de l'économie sociale et solidaire –, c'est un objectif qui suppose d'examiner les secteurs d'application de l'IA, en particulier d'affiner les modèles économiques pour les secteurs non industriels, comme l'éducation, la santé ou les politiques de la ville (*smart city*, en relation avec des politiques écologiques).

Le CNNum et France Stratégie soutiennent le besoin d'une telle concertation : il est dans leurs attributions respectives d'aider les politiques publiques à anticiper les impacts des transformations numériques et à en analyser les aspects combinés, économiques, juridiques et sociaux. Ce rapport vise à prendre date. Le calendrier restreint dans lequel se sont inscrits ces travaux ne permet, à l'heure actuelle, que de donner quelques éclairages.

Au-delà de cette sensibilisation, le CNNum entreprend de développer ses analyses sur la transition des emplois et d'approfondir ses propositions. Pour le CNNum, le chemin qui s'ouvre doit avoir pour but de préserver et d'augmenter la valeur du travail humain, et de concilier de façon innovante une économie compétitive et une amélioration du bien-être dans une société inclusive.

France Stratégie, pour sa part, entend continuer ses travaux d'animation du débat public sur l'IA, thème central de la révolution numérique, en donnant la priorité à l'emploi et à la dimension territoriale. En méthode, ces travaux seront menés en

nouant toutes les collaborations utiles avec les administrations, les collectivités territoriales, les partenaires sociaux et les acteurs de la société civile.

Les recommandations

	Intitulé	Description
1	Organiser une concertation pour anticiper les impacts économiques et sociaux de l'IA	La réflexion sur les impacts économiques et sociaux de l'IA ne peut se faire de manière descendante au regard de l'ampleur des transformations qu'elle est susceptible d'engager. Il s'agit de penser, à tous les niveaux, la gouvernance permettant d'organiser un dialogue et des prises de décision à même de transformer nos sociétés et nos économies pour anticiper les impacts de l'IA. Une grande plateforme (numérique et sous forme de concertation nationale) avec tous les acteurs de l'emploi, Pôle emploi, AFPA, acteurs régionaux, nationaux, européens, syndicats serait mise en place à cet effet. La mise en place de cette plateforme pourrait servir à répondre aux objectifs des recommandations 3 (penser la complémentarité humain-machine), 4 (sensibiliser à la valeur des données) et 5 (intégrer l'IA dans les entreprises).
2	Transformer la formation tout au long de la vie	Viser une transformation d'envergure de la formation tout au long de la vie, en termes de ratio temps de travail/temps de formation, de contenus et de modes de formation ainsi que de structures porteuses.
3	Penser la complémentarité humain-machine	Mesurer la substituabilité des tâches au regard d'un faisceau de critères, techniques et sociaux, et prenant en compte un contexte économique allant au-delà de la seule organisation de l'entreprise ou du secteur d'activité : – la technologie est-elle suffisamment avancée pour que cette tâche soit automatisée ? – la tâche nécessite-t-elle des capacités cognitives verticales (orientées sur une tâche très spécifique) ou horizontales ? – l'automatisation de cette tâche est-elle acceptable socialement ? – cette tâche nécessite-t-elle le recours à une intelligence émotionnelle ? – cette tâche nécessite-t-elle une intervention manuelle complexe ?

4	Sensibiliser à la valeur des données pour entraîner l'IA	Sensibiliser les organisations à la valeur des données en tant que ressources essentielles à l'entraînement des algorithmes d'intelligence artificielle.
5	Intégrer l'IA dans les entreprises	Inciter les entreprises, grandes ou petites, à développer et intégrer des briques d'intelligence artificielle, notamment en fédérant les acteurs des différents écosystèmes autour d'un réseau thématique ; celui-ci mettrait à disposition, de façon contrôlée, les données nécessaires et faciliterait l'accès à l'expérimentation (comme pour le véhicule autonome).
6	Donner accès aux données publiques	Poursuivre et accentuer l'effort en matière d'accès aux données publiques et parapubliques.
7	Faire circuler les données	Approfondir la question de la libre circulation des données, entre espaces géographiques mais également entre acteurs économiques et en définir les conditions.



INTRODUCTION

- **Historique** de l'intelligence artificielle et des ruptures récentes (*deep learning*) ; malgré des applications nouvelles à fort impact, nous sommes loin d'une IA « générale » : les logiciels actuels ne sont capables de réaliser que des tâches très spécifiques.
- Le déploiement actuel de l'IA s'inscrit **dans la continuité des transformations numériques à l'œuvre depuis des années** ; nombre des questions que celles-ci posent font déjà l'objet d'études par ailleurs (vie privée et gestion des données, éthique, acceptabilité et responsabilité, impacts écologiques tant en termes de flux et de stockage des données qu'en termes d'épuisement des ressources).
- **Les transformations à venir sont profondes, les incertitudes aussi.** Il s'agit d'une technologie au potentiel très significatif, capable d'étendre fortement le champ des possibles.
- **Tout n'est pas rose.** Il faut avoir à l'esprit certains points de vigilance : risques de perte de compétitivité, de dépendance et de renforcement de la concentration de la valeur sur certains segments de la chaîne de production.

Un certain nombre d'études ont attiré l'attention sur la destruction massive d'emplois. Sans se prononcer sur la pertinence des réflexions générales sur la redistribution de valeur, ce rapport se concentre davantage sur la **nécessaire transformation des métiers, notamment la complémentarité homme-machine**.

Reconnaissance d'images, filtre anti-spam à l'efficacité remarquable, système de recommandation de film ou de musique, traduction automatique, jeux vidéo aux personnages de plus en plus riches, effets spéciaux psychédéliques, victoire de la machine sur l'homme au jeu de Go, au poker il y a quelques semaines, agent

conversationnel sur Internet ou à domicile et demain, logiciel de conduite automatique ouvrant la voie à la voiture sans chauffeur. Telles sont les réalisations permises par les progrès récents et spectaculaires de l'intelligence artificielle (IA), notamment les dispositifs d'apprentissage machine ou d'apprentissage statistique.

Si les principes de l'intelligence artificielle remontent loin, aux années 1940 par exemple pour les réseaux de neurones, un palier significatif a été franchi il y a quelques années, sous la triple poussée de l'augmentation de la puissance de calcul (permise en particulier par les cartes graphiques développées au départ pour le jeu vidéo), de la constitution d'immenses bases de données d'images, de vidéos ou de sons qualifiés (grâce à la volonté de quelques grands acteurs et aussi aux travaux des chercheurs et aux réseaux sociaux), et des progrès en algorithmique.

L'IA a certes fait des progrès spectaculaires, comme en attestent les exemples précédemment mentionnés et popularisés régulièrement dans les médias. Pour autant, les logiciels actuels ne réalisent que des tâches très spécifiques et nécessitent le plus souvent d'immenses volumes de données d'apprentissage pour aboutir à un résultat satisfaisant. Nous sommes encore très loin de l'intelligence artificielle dite « générale » ou « forte », susceptible de prendre en compte le contexte et d'apprendre à partir de quelques exemples.

Continuités et discontinuités

Le déploiement de l'intelligence artificielle dans la société et l'économie en particulier s'inscrit plutôt dans la suite des transformations numériques à l'œuvre depuis des années. Il inclut aussi les progrès de la robotique, de la réalité virtuelle ou augmentée, et s'inscrit dans le prolongement de l'économie des données, dominée à l'échelle mondiale par les plateformes numériques américaines et asiatiques, avec un retard de la France et de l'Europe plus généralement.

L'IA soulève des questions classiques, qui ont déjà fait l'objet de nombreux travaux par ailleurs. À titre d'exemple, l'IA se nourrit de données pour faire des diagnostics personnalisés ; elle soulève donc des questions de données personnelles. L'enjeu est d'arriver à protéger la vie privée tout en tirant parti du potentiel de l'IA qui suppose d'avoir accès à ces données.

L'IA pose également des nouvelles questions d'éthique et d'acceptabilité. Il y a une responsabilité du concepteur de l'algorithme mais également un impact des données utilisées pour réaliser l'apprentissage. Enfin, l'IA pose la question de la transparence des interactions humain-machine et de l'explicabilité des décisions que prennent les

dispositifs automatiques. Refus d'un prêt bancaire, accident d'un véhicule autonome : il devra être possible de demander une explication sur la manière dont ont été prises les décisions, voire de déterminer des domaines où il est nécessaire que l'humain conserve la décision finale. C'est un sujet de recherche qui doit accompagner le déploiement de la technologie (voir encart ci-dessous, résumant l'annexe 1 « L'intelligence artificielle en quête d'acceptabilité et de confiance »¹).

Enjeux d'acceptabilité et de confiance dans l'intelligence artificielle

Sous-groupe « Acceptabilité et confiance »

Le développement de l'IA est de nature à transformer considérablement la sphère de l'emploi et du travail, avec notamment pour conséquence la multiplication des systèmes d'IA dans l'environnement de travail, l'intensification des collaborations entre humains et machines ainsi que l'automatisation de la fonction de prédiction à travers les secteurs industriels et la délégation croissante à des machines de tâches et d'activités autrefois réalisées par les humains. Ces collaborations entre humains et machines vont revêtir toutes sortes de formes. Certains métiers pourront être entièrement remplacés par des machines autonomes (exemple : conducteurs) tout en créant des nouvelles tâches de supervision. D'autres resteront entièrement le propre de l'homme car le remplacement de l'homme par l'IA sera considéré inacceptable, inefficace ou non bénéfique pour la société. Dans d'autres cas encore, sans doute plus nombreux, des formes de coopération homme-machine verront le jour dans des environnements de travail où les IA seront des partenaires, des assistants plutôt que des remplaçants. Des agents autonomes participent déjà à différents types de négociations, de transactions (exemple : transactions boursières), d'interactions avec les clients, les usagers, les entreprises et organisations. À court terme vont être affectés de manière encore plus large les métiers du calcul et ceux qui suivent une procédure formellement établie. De nouveaux métiers vont également apparaître comme ceux de concepteur, d'entraîneur ou de gestionnaire (exemple : cogniticien) de données et d'informations, de surveillant ou encore de réparateur d'IA, etc.

Les membres du sous-groupe « Acceptabilité et confiance » ont mené une réflexion sur les concepts clés dont la signification est susceptible d'évoluer

¹ Les annexes sont téléchargeables sur le site internet de France Stratégie :

www.strategie.gouv.fr/publications/anticiper-impacts-economiques-sociaux-de-lintelligence-artificielle.

sous l'effet de l'IA (responsabilité, mérite et valeur, créativité) et les risques de l'utilisation de l'IA dans certaines dimensions (affective, corporelle, mimétique, téléologique, créative) des métiers. Les effets positifs étant réels, gain de temps, prise en charge de tâches très répétitives ou des routines procédurales sans intérêt, il est néanmoins nécessaire d'envisager les risques, notamment ceux de désengagement, de déresponsabilisation, d'accroissement des disparités sociales, etc. Le résultat est un ensemble de recommandations qui concernent en particulier la nécessité d'expérimentations sur le terrain et d'études pluridisciplinaires. Un effort d'éducation et de communication sera crucial.

Pourquoi l'IA suscite-t-elle autant d'attention auprès du grand public et des médias ? S'agit-il d'une simple bulle amenée à se dégonfler ? L'expression « intelligence artificielle » possède un pouvoir d'évocation qui explique sans doute en partie les fantasmes qui y sont associés.

Transformations profondes, incertitudes importantes

Deux points à mettre en avant pour justifier l'attention particulière que mérite ce sujet de la part des pouvoirs publics, des entreprises et plus généralement de la société civile :

- d'une part, il s'agit bien d'une technologie au potentiel très significatif, capable d'étendre fortement le champ des possibles (jusqu'au véhicule sans chauffeur ou à la création automatique de scénarios, voire de films) ;
- d'autre part, il subsiste de fortes incertitudes sur son déploiement effectif et la manière dont elle sera appropriée, notamment dans le monde du travail, ainsi que sur la vitesse des progrès à venir. Le risque de destruction massive d'emplois écrase trop souvent toute considération sur l'intégration pratique de cette technologie.

Les questions du revenu universel, de la personnalité juridique des robots ou d'une éventuelle taxe sur les robots sont posées dans le débat politique¹. Ce rapport ne se positionne pas sur leur pertinence mais précise le diagnostic, identifie des points de vigilance et formule quelques recommandations en envisageant plutôt des transformations du travail que sa disparition irréversible.

¹ Rapport Delvaux adopté par le Parlement européen le 16 février 2017, Recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique.

Enjeux juridiques de l'intelligence artificielle

L'IA et les bouleversements qu'elle est susceptible d'entraîner conduisent à une réflexion sur les enjeux juridiques s'agissant notamment de la protection de l'IA ou encore de la pertinence des mécanismes de responsabilité actuels. Fort de ce constat, le sous-groupe « Enjeux juridiques et réglementaires de l'IA » a mené des réflexions et organisé des auditions sur le droit de l'IA afin de recueillir les observations des acteurs de l'IA, de la PME au groupe international, quant aux difficultés potentielles rencontrées en la matière ou au contraire, les solutions juridiques d'ores et déjà pratiquées de manière opérationnelle.

Les membres de ce sous-groupe s'accordent sur le fait qu'à ce stade de l'évolution de l'IA, il n'existe pas de nécessité impérieuse de repenser le dispositif législatif et réglementaire en vigueur. Les mécanismes et régimes juridiques actuels couplés à la souplesse contractuelle permettent aujourd'hui de faire face aux évolutions technologiques en apportant, sauf cas particuliers, un niveau de sécurité juridique satisfaisant. En outre, il ressort des réflexions menées que, comme sur d'autres sujets d'innovation de pointe, le droit ne doit pas devenir un frein à l'innovation. Aussi, la France et surtout l'Union européenne, qui apparaît dans tous les cas le niveau d'intervention adéquat pour éviter tout désavantage compétitif, doivent laisser le temps aux technologies et aux modèles économiques liés à l'IA de parvenir à une certaine maturité avant d'entreprendre le cas échéant un travail de complétion législative.

Le sous-groupe a réfléchi spécifiquement aux enjeux liés aux algorithmes, aux données, à la responsabilité des robots et à la protection des créations issues d'une IA. Ses réflexions sur ces thématiques sont annexées au présent rapport (voir annexe 2).

L'IA permet des gains de productivité au sein des organisations (filtre anti-spam, traitement automatique de dossier, réponse à des questions simples par un agent conversationnel automatisé¹), des améliorations en termes de qualité de traitement

¹ Logiciel capable d'interagir avec l'homme en langage naturel (par écrit ou par la voix) pour répondre à des questions simples.

(amélioration de la détection de tumeur¹), mais elle n'échappe pas aux interrogations existantes sur les effets du numérique sur le bien-être ou sur la croissance économique (voir le débat entre les tenants d'un ralentissement durable des gains de productivité, la stagnation séculaire – *The Rise and Fall of American Growth*, Robert Gordon, 2016 – et les tenants d'une croissance à venir – *The Second Machine Age*, Erik Brynjolfsson et Andrew McAfee, 2014). Pourquoi observe-t-on un ralentissement de la croissance de la productivité ? S'agit-il d'un manque d'investissement dans les technologies de l'information et de la communication (TIC), d'une insuffisante appropriation par les organisations, d'un déficit de formation ? Le numérique se contenterait-il de remplacer des processus existants et manquerait-il de nouveaux produits, comparables à ceux qui ont assuré la croissance économique lors des révolutions industrielles antérieures (avion, automobile) ? Sommes-nous dans une situation de croissance lente, durable ou s'agit-il d'un effet temporaire ? Le débat reste ouvert, au-delà de la question de l'IA².

Ce qui est sûr, c'est que l'IA est une technologie générique (*general purpose technology* en anglais) : ses objets de travail (image, son, vidéo, texte, langage naturel) peuvent se retrouver dans de multiples activités, ouvrir des opportunités de création de nouveaux produits et accroître les performances des utilisateurs. Les techniques d'apprentissage peuvent être diffusées d'un secteur à un autre, moyennant des adaptations limitées. Investir dans l'IA est donc susceptible d'avoir des effets d'entraînement dans de nombreux secteurs, à condition de réaliser des investissements complémentaires à cette technologie pour en tirer tout le potentiel. Ces investissements complémentaires sont à la fois matériels, en équipement numérique par exemple, ou immatériels, notamment en données, en logiciel, en savoir-faire et compétence ou en organisation. Les modèles économiques reposant sur le concept de technologie générique montrent en outre que les effets de substitution de la technologie au travail (les destructions d'emplois) peuvent être plus que compensés par l'amélioration de la compétitivité de certains secteurs, qui augmente leur potentiel à l'exportation (voir l'exemple de l'Allemagne, très robotisée mais avec plus de salariés dans l'industrie que la France), par les gains de pouvoir d'achat, qui stimulent la consommation, et par l'innovation de produits, qui créent de nouveaux marchés, et donc de nouveaux emplois.

¹ Lors du *Camelyon Grand Challenge for Metastatic Cancer Detection* qui s'est tenu en 2016, les meilleurs résultats ont été obtenus par les équipes faisant coopérer l'humain et l'IA : 0,5 % de taux d'erreur pour l'homme assisté de l'IA, 7,5 % pour l'IA seule, 3,5 % pour l'homme seul.

² Voir la conférence organisée par la Banque de France et France Stratégie sur ce sujet le 1^{er} février 2017, « Productivité : une énigme française ? ».

Points de vigilance

Pour autant, ce scénario rose doit bien entendu être nuancé. L'IA est l'une des pièces du débat sur le lien entre robotisation, automatisation et emplois, qui fait naître l'inquiétude d'une disparition massive et rapide de ces derniers. Sur ce sujet, les études, dont une revue a été faite notamment par le rapport publié en janvier 2017 par le Conseil d'orientation pour l'emploi (COE)¹, rappellent que les emplois qui sont automatisables sont en nombre limité (une dizaine de pourcents, que ce soit dans l'étude de l'OCDE², de France Stratégie³ ou les travaux du COE). En outre, la possibilité technique d'automatiser des emplois ne veut pas dire qu'ils le seront, puisque ce résultat dépend de l'incitation économique à le faire et de choix d'organisation et sociaux. Les mêmes études établissent cependant que nombre de tâches sont susceptibles d'être transformées (près de la moitié). C'est sans doute la bonne lecture de l'étude d'Oxford (Frey et Osborne)⁴ qui a contribué à l'attention portée au sujet.

Par ailleurs, l'IA est largement développée et commercialisée par les grandes plateformes du numérique (américaines et asiatiques), ce qui repose la question du retard français et européen dans le numérique et du risque de prolonger la dépendance actuelle. C'est parce qu'il existe un danger de se trouver à nouveau en retard dans la maîtrise et le déploiement de ces technologies que la stratégie nationale de l'intelligence artificielle est particulièrement bienvenue. Elle devra cependant *in fine* nourrir une stratégie européenne sur la question pour être totalement pertinente, comme pour nombre de questions numériques (fiscalité, données personnelles, etc.).

Face à une telle transformation, l'enjeu de l'IA est donc celui de la diffusion de la technologie dans les processus de production et de la transformation des emplois.

Penser la complémentarité humain-machine

Une bonne intégration de l'IA passe par l'identification des apports de cette technologie pour améliorer une organisation de travail, offrir de nouveaux services ou créer de nouveaux emplois, en assurant la mise en place d'une complémentarité

¹ Conseil d'orientation pour l'emploi (2017), *Automatisation, numérisation et emploi*, 10 janvier.

² Arntz M., Gregory T. et Zierahn U. (2016), « *The risk of automation for jobs in OECD Countries: A comparative analysis* », *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 189, juin.

³ 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.

⁴ 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, janvier, p. 254-280.

entre l'homme et la machine. L'IA peut supprimer des tâches répétitives, pour permettre de se concentrer sur les plus intéressantes ; elle peut « augmenter » les travailleurs, en leur fournissant un outil de diagnostic qui enrichit leur expérience (réalité augmentée, pré-diagnostic en matière médicale améliorant l'orientation des patients). Mais de tels outils comportent aussi le risque de transformer le travailleur en un simple exécutant déqualifié, suivant les prescriptions de la machine. Ces possibilités dépendent des conditions de déploiement et d'accompagnement de la technologie. Pour éviter l'aliénation et la prolétarianisation, il ne faut pas mettre en place de dispositif automatique exerçant un contrôle complet sur l'humain (sinon, autant l'automatiser jusqu'au bout) : l'humain doit garder la capacité de reprendre la main.



IMPACTS ÉCONOMIQUES ET DISTRIBUTION DE VALEURS

- L'intégration de l'IA au sein de nos économies est porteuse de **gains de productivité importants** et permet de créer davantage de valeur.
- Dans des économies ouvertes comme les nôtres, il y a un **fort enjeu de compétitivité** et donc une urgence à intégrer rapidement ces innovations.
- Les ruptures récentes de l'intelligence artificielle résultent de la conjugaison de trois facteurs : un accès à des données massives, une puissance de calcul importante et des algorithmes sophistiqués. La recherche et le développement des algorithmes de *machine learning* et de *deep learning* se font très largement sur un mode *open source* : les algorithmes sont disponibles. **L'enjeu se situe dans l'accès aux données et à la puissance de calcul.**
- **Risque de dépendance sur le long terme et de perte de souveraineté** : les entreprises françaises et européennes pourraient à terme n'être que des consommatrices de logiciels et de solutions développées à l'extérieur.
- Dans ce contexte de recherche ouverte, **l'accès aux données nécessaires aux algorithmes devient donc un avantage compétitif.** Les plateformes disposent d'une position favorable. Risque de concentration de la valeur.

L'IA peut conduire à renforcer les **inégalités territoriales** – prime aux métropoles – qui reprennent des logiques plus générales propres à l'économie numérique : concentration de la production dans les centres urbains, etc.

L'intégration de l'intelligence artificielle au sein de nos économies est vectrice de gains de productivité importants. En tant qu'innovation technique, elle constitue un intrant pour les entreprises à la fois dans leurs processus internes (management, logistique, service client, assistant, etc.) et dans leurs productions, qu'il s'agisse de biens de consommation (objets intelligents, véhicules autonomes, etc.) ou de services (banque, assurance, juridique, médical, etc.). Ne pas intégrer ces technologies représenterait un risque de perte de compétitivité majeur.

Trois risques paraissent néanmoins devoir être pris en compte, en termes de dépendance économique, de souveraineté et de possible renforcement des inégalités. Dans la configuration actuelle de l'économie numérique, le risque que les entreprises françaises ne soient que des consommatrices de solutions développées à l'étranger est important. Le développement de l'intelligence artificielle pourrait alors renforcer largement les effets de plateformisation et de captation de la valeur qui sont déjà caractéristiques de l'économie numérique : en effet, ce développement nécessite des moyens, en termes de données et de capacités de calcul, dont peu d'acteurs disposent. De plus, ces technologies pouvant servir d'outils d'aide à la décision, voire de prise de décision, il est nécessaire de préserver la capacité à en déterminer le sens et le contenu. Enfin, la diffusion de ces technologies peut avoir un effet important sur l'augmentation des inégalités territoriales et sociales, du fait notamment de la concentration de la valeur dans certains lieux.

Enjeu de compétitivité internationale

L'intelligence artificielle pourra apporter des gains de productivité (voir annexe 3 « L'intelligence artificielle et l'enseignement des technologies génériques ») et un surcroît de valeur à la production. Dans une économie ouverte, comme celle de la France, la production nationale se devra d'intégrer rapidement cette innovation pour rester compétitive autant en termes de prix (gains de productivité) que de qualité.

Comme d'autres innovations de l'ère numérique, l'intelligence artificielle est porteuse de changements radicaux dans les secteurs économiques. La France risque de se trouver confrontée à un conflit de transition, avec de grandes entreprises qui n'ont pas les moyens (stratégiques, logistiques, organisationnels) d'intégrer efficacement les innovations et qui utilisent des verrous institutionnels pour ralentir le développement de nouvelles entreprises plus innovantes. *In fine*, ce sont les entreprises qui ont pu se développer dans un cadre propice qui, en entrant sur le marché français, apportent les innovations et la disruption. La transition peut alors être assez brutale avec une conquête massive de la part des clients grâce à des démarches dématérialisées peu contraignantes, comme ce fut le cas avec Uber.

Recommandation : inciter les entreprises, grandes ou petites, à développer et intégrer des briques d'intelligence artificielle, notamment en fédérant les acteurs des différents écosystèmes autour d'un réseau thématique ; celui-ci mettrait à disposition, de façon contrôlée, les données nécessaires et faciliterait l'accès à l'expérimentation (comme pour le véhicule autonome).

Des réseaux de neurones en *open source*

En juin 2016, le magazine Wired prophétisait « la fin du code » en expliquant qu'à l'avenir, nous ne programmerons plus des ordinateurs : nous les « dresserons » à la manière dont nous pouvons dresser un chien¹. De ce point de vue, l'apprentissage machine (*machine learning*) – en particulier les techniques d'apprentissage profond, basées sur des réseaux de neurones – a donné des résultats remarquables, en rupture majeure par rapport à l'existant, au cours des dernières années. Pour y parvenir, les algorithmes d'apprentissage profond nécessitent d'allier des moyens de calcul puissants à un accès à des données massives (*big data*).

La recherche et le développement des algorithmes de *machine learning* et de *deep learning* se font très largement sur un mode *open source*. Sur GitHub, une plateforme de mise à disposition de programmes, les projets en apprentissage machine figurent parmi les plus actifs². Parmi ces projets, *TensorFlow*, qui regroupe les projets logiciels en apprentissage machine des équipes de Google, est rapidement devenu le répertoire le plus populaire sur la plateforme³. La France n'est pas en reste puisque la bibliothèque *Scikit-learn*⁴, regroupant des outils d'IA développés en *open source* et également très utilisés, y a été largement développée. De la même manière, Facebook, Microsoft, IBM et Amazon ont opté pour un modèle *open source*, mettant ainsi gratuitement leurs travaux à la disposition de tous. Même Apple, d'ordinaire réputé pour son extrême discrétion, a annoncé en décembre dernier l'ouverture de ses recherches en intelligence artificielle⁵. Ces entreprises partagent régulièrement l'avancée de leur recherche avec la communauté scientifique. Leurs chercheurs⁶ s'expriment également lors de conférences. À l'image de leurs

¹ Wired, juin 2016 : www.wired.com/2016/05/the-end-of-code/.

² <https://github.com/showcases/machine-learning>.

³ <http://donnemartin.com/viz/pages/2015>.

⁴ <http://scikit-learn.org>.

⁵ www.theverge.com/2016/12/6/13858354/apple-publishing-ai-research-siri-self-driving-cars.

⁶ Cette large ouverture de la recherche mondiale mérite néanmoins d'être relativisée : il semble qu'à l'inverse de la recherche occidentale, la recherche chinoise – aujourd'hui la plus active au monde ! – forme une communauté plus distincte. Des barrières linguistiques découlent en effet une forme

homologues américains, les géants chinois du numérique ont eux aussi entrepris d'ouvrir leurs algorithmes d'intelligence artificielle : c'est le cas notamment de Baidu¹ qui a mis à disposition ses outils d'apprentissage profond en *open source*.

Risques de dépendance et de plateformisation

L'ouverture des algorithmes permet à la communauté des développeurs de progresser sur une technologie complexe qui demande une mobilisation collective. Néanmoins, seuls certains acteurs (Google, Amazon, IBM, etc.), disposant d'une capacité de calcul suffisante, sont en mesure de proposer aux entreprises des services d'intelligence artificielle – notamment hébergées dans le cloud.

Watson, l'intelligence artificielle développée par IBM, est déployé dans certaines entreprises pour assister les collaborateurs qui peuvent lui poser des questions en langage naturelle. Dans le cabinet d'avocat Baker & Hostetler, Ross, la version spécialisée en droit de Watson, est utilisée par l'équipe chargée des dossiers de faillite. Dans un autre domaine, Alexa, l'assistant personnel d'Amazon, qui se place au cœur des foyers pourrait devenir une porte d'entrée vers les clients incontournables pour de nombreux services et commerces, qui deviendraient ainsi complètement dépendants de cet intermédiaire.

Ces entreprises ont donc la capacité de se placer au cœur d'une activité et en interface entre une entreprise et ses clients. Elles peuvent ainsi reproduire le modèle des plateformes numériques comme Booking, Airbnb ou Uber qui ont su capter une part significative de la valeur d'un marché en se positionnant comme intermédiaire incontournable. Ce phénomène de plateformisation, typique du développement de l'économie numérique, induit donc des risques majeurs en termes de dépendance des acteurs économiques. L'avènement de l'intelligence artificielle déboucherait ainsi sur une concentration encore plus importante de la valeur économique – qui s'accompagnerait de conséquences sociales négatives (par exemple, moindres recettes fiscales). La dépendance de l'économie à des solutions d'intelligence artificielle développées à l'étranger peut également conduire à une perte de souveraineté, dès lors que les règles régissant les avancées technologiques échappent largement au contrôle national. Une fois les innovations établies et

d'asymétrie : les chercheurs chinois, qui parlent généralement anglais, bénéficient d'un accès aux travaux rédigés dans cette langue. À l'inverse, la communauté anglophone accède plus difficilement aux travaux issus de la recherche sinophone.

¹ www.theverge.com/2016/9/1/12725804/baidu-machine-learning-open-source-paddle.

déployées à l'étranger, il devient très difficile d'en infléchir le fonctionnement ou de déterminer d'autres règles pour les régir.

Impact industriel de l'intelligence artificielle : exemple du véhicule autonome

La médiatisation à partir de 2010 de projets de véhicule autonome portés par des entreprises du numérique comme Google, Apple, Tesla ou encore Uber a mis en lumière les avancées technologiques liées à l'intelligence artificielle dans le secteur de la production automobile. L'horizon du déploiement de véhicules autonomes se rapproche avec des premiers usages non expérimentaux prévus dès 2020 et une diffusion à grande échelle envisagée à partir de 2030.

L'équipement des véhicules en intelligence artificielle de conduite autonome pose la question du partage de la valeur avec les constructeurs automobiles. De 40 % de la valeur ajoutée d'un véhicule, l'équipement logiciel pourrait passer à 70 % d'ici dix ans. Les constructeurs automobiles qui comptent sur leur savoir-faire en termes de design et de moteur pour maintenir leur image de marque sauront-ils développer des intelligences artificielles suffisamment performantes ou devront-ils intégrer des logiciels extérieurs qui pourraient se placer en nouvel intermédiaire avec leurs clients ? Au-delà de leur capacité à développer une intelligence artificielle, les consommateurs seront-ils plus enclins à acheter un véhicule équipé d'un logiciel du constructeur ou de celui d'une entreprise numérique ?

En fonction du rapport de force qui s'installera, c'est-à-dire de la marque qui s'imposera comme celle du véhicule, le partage de la valeur se fera en faveur soit du constructeur automobile soit du fournisseur d'intelligence artificielle.

Au-delà de cette bataille dans les véhicules, c'est à une remise en cause de toute l'organisation économique des transports routiers qu'il faut se préparer : impact sur les assurances, le permis de conduire, les garagistes et les sociétés de transport, transition potentielle d'un système où les ménages sont propriétaires de leur véhicule vers un système de « location de véhicule à la carte », complémentarité entre les transports en commun actuels et les véhicules autonomes¹

¹ Janin L., Nemri M. et Raynard C. (2016), « [La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité](#) », *La Note d'analyse*, n° 47, France stratégie, avril.

L'accès aux données devient un avantage comparatif

Dans le contexte d'une recherche et d'un développement de l'intelligence artificielle largement ouverts, la question posée est moins celle de l'accès aux algorithmes que celle de l'accès aux données pour les entraîner. Celles-ci sont alors un élément crucial du développement de ces machines auto-apprenantes : sans une masse suffisante de données, les algorithmes d'apprentissage profond ne pourraient pas atteindre des taux d'erreur satisfaisants. En matière de *deep learning*, plus une machine est entraînée, plus elle est pertinente. Un algorithme de médiocre qualité pourrait ainsi être supérieur à un bon algorithme s'il est mieux entraîné.

Au sein des organisations, entreprises et administrations, les enjeux et l'importance des mégadonnées (*big data*) semblent de plus en plus compris et assimilés. Ce qui l'est beaucoup moins, c'est l'importance cruciale des données brutes en matière d'intelligence artificielle. Prises en grand nombre, ces données, même non raffinées, peuvent servir à entraîner des machines à détecter des corrélations pour, à moyen et long termes, prendre des décisions sur la base de celles-ci. De fait, les organisations qui ont accès à de larges bases de données sont en possession d'un actif crucial.

Recommandation : sensibiliser les organisations à la valeur des données en tant que ressources essentielles à l'entraînement des algorithmes d'intelligence artificielle.

Il est indéniable que les géants du numérique – qu'ils soient chinois, russes ou américains – dont le succès s'explique largement par leur capacité à collecter les données, notamment grâce à une taille de marché importante, partent avec un certain avantage dans la course mondiale à l'intelligence artificielle. Cela peut accroître les risques de dépendance économique et les inégalités en termes de répartition du pouvoir, de manière générale, et de la valeur économique, en particulier. Les géants du numérique ont alors tout intérêt à ouvrir les algorithmes de *machine learning*, pour capitaliser sur les logiques de l'innovation ouverte, tout en gardant la main sur les actifs qui en constituent la clé. Si ces grandes entreprises nouent aujourd'hui de nombreux partenariats avec des organismes de recherche pour alimenter en données les algorithmes et les améliorer, elles se gardent bien d'ouvrir toutes leurs données. Elles conservent ainsi la main sur leur actif stratégique dont elles déterminent les conditions d'accès éventuel et les modalités d'utilisation.

Conséquences du développement de l'IA sur le marché de l'externalisation

L'intégration de l'IA dans les processus de production conduit à modifier les chaînes de valeur. Différents effets peuvent être relevés. À l'échelle internationale, il est possible que des processus qui avaient été externalisés vers des pays à bas coût de main-d'œuvre soient à nouveau internalisés, dès qu'ils peuvent être réalisés par une IA. Ce processus ne met pas en danger l'emploi dans les pays développés, puisqu'il était déjà externalisé. En revanche, il peut constituer une menace pour certains pays qui se fondent uniquement sur une main-d'œuvre peu qualifiée spécialisée dans des tâches cognitives répétitives. Ce processus est clairement à l'œuvre pour certaines activités bancaires ou dans les centres d'appel.

Un autre processus est également à l'œuvre avec le développement des plateformes de micro-tâches, telles qu'Amazon Mechanical Turk ou Foule Factory. Sur ces plateformes, les développeurs d'intelligence artificielle ont recours à des travailleurs pour entraîner les algorithmes, *via* des tâches de labellisation, de nettoyage de bases de données, de reconnaissance d'images, etc.

La France et l'Europe doivent prendre conscience de leurs atouts

La question de l'accès aux données risque de se faire encore plus pressante à mesure de l'émergence d'une intelligence artificielle de moins en moins cantonnée à des tâches spécifiques (ce que l'on désigne par intelligence artificielle faible), i.e. une intelligence artificielle capable d'apprendre de nouvelles tâches ou d'acquérir de nouvelles capacités par transfert, voire par « capillarité ». Par exemple, DQN, un algorithme développé par DeepMind (Google) parvient à comprendre par lui-même les règles de différents jeux auxquels il n'a jamais été entraîné à partir de son entraînement sur un jeu spécifique. Si l'émergence d'une véritable intelligence semi-forte¹ n'est pas attendue avant plusieurs décennies, les capacités de l'intelligence artificielle actuelle tendent donc bien à s'horizontaliser et, de ce point de vue, les

¹ On distingue l'intelligence artificielle faible, capable de reproduire une tâche spécifique (celle qui est déployée aujourd'hui), l'IA semi-forte, capable de réaliser des tâches plus générales en comprenant notamment le contexte (un sujet de recherche) et l'IA forte, qui égale, voire dépasse, l'intelligence humaine (et relève toujours, à ce jour, de la science-fiction).

grandes plateformes bénéficient d'une position favorable. La diversification de leur activité, le dynamisme des acquisitions et des partenariats qu'elles concluent conduisent les plateformes à amasser des informations dans de nombreux secteurs, ce qui est propice à l'horizontalité, c'est-à-dire à la capacité d'effectuer différentes tâches. La richesse d'une donnée tient en effet pour beaucoup à son potentiel de croisement avec d'autres.

Dans cette compétition mondiale, en France et en Europe les atouts ne manquent pas. En France, par exemple, les bases médico-administratives de santé sont alimentées chaque année par 1,2 milliard de feuilles de soin, 500 millions d'actes médicaux et 11 millions d'hospitalisations. D'autres données, comme les données juridiques, pourraient gagner à être ouvertes de manière plus large.

Recommandation : poursuivre et accentuer l'effort en matière d'accès aux données publiques et parapubliques.

Néanmoins, il ne s'agit pas de se focaliser uniquement sur les données publiques ou parapubliques, mais également, à plus long terme, d'engager une réflexion sur les modes de partage de la valeur entre acteurs privés. En ce sens, le CNNum s'est saisi de la question de la libre circulation des données aux niveaux international et européen, d'un point de vue de transfert entre les territoires mais également entre acteurs économiques.

Recommandation : approfondir la question de la libre circulation des données, entre espaces géographiques mais également entre acteurs économiques et en définir les conditions.

Inégalités territoriales au niveau national

À l'échelle du territoire national, l'IA pose les mêmes questions de prime aux métropoles et d'inégalités territoriales que celles posées par le développement économique des dernières années¹. La numérisation fait courir le risque que les activités de production se concentrent dans des centres urbains de taille suffisante pour bénéficier des externalités de réseau, notamment pour la production d'IA car celle-ci suppose de réunir des facteurs de production localisés principalement dans

¹ Lainé F. (2017), « Dynamique de l'emploi et des métiers : quelle fracture territoriale ? », *La Note d'analyse* n° 53, février, France stratégie.

les métropoles (capital humain, R & D, capital physique, écosystème). En revanche, en ce qui concerne l'utilisation des services permis par une IA, les gains escomptés peuvent être répartis sur tout le territoire. Pour ce faire, ses services doivent être diffusés dans les territoires, en veillant à ce qu'ils soient accessibles au plus grand nombre.



PENSER LA COMPLÉMENTARITÉ HUMAIN-MACHINE

- Réfléchir en termes de tâches plutôt que de métiers permet de se pencher sur la transformation plutôt que sur la destruction d'emplois.
- Afin d'appréhender ces transformations, il est urgent de définir la gouvernance permettant d'anticiper ces impacts, notamment sur trois points clés :
 - mesurer la destruction comme la transformation des emplois, et donc évaluer les compétences substituables au regard d'un faisceau de critères :
 - *la technologie est-elle suffisamment avancée pour que cette tâche soit automatisée ?*
 - *la tâche nécessite-t-elle des capacités cognitives verticales (orientées sur une tâche très spécifique) ou horizontales ?*
 - *l'automatisation de cette tâche est-elle acceptable socialement ?*
 - *cette tâche nécessite-t-elle le recours à une intelligence émotionnelle ?*
 - *cette tâche nécessite-t-elle une intervention manuelle complexe ?*
 - déterminer les compétences qui demeurent à l'avantage de l'humain peut ne pas suffire, il est nécessaire de réfléchir à la complémentarité humain-machine au niveau de l'individu et de l'organisation.
 - À partir de la détermination des compétences non substituables, **une réforme en profondeur de la formation tout au long de la vie** doit être effectuée, en termes de temporalité, de contenu et de structures.

Le développement de l'IA aura également un impact sur les conditions de travail des individus et la structure des organisations. Les études macroéconomiques se penchent surtout sur la question de la substituabilité de la machine par rapport au travail humain. Il serait évidemment hors de propos de balayer d'un revers de main l'hypothèse d'une diminution irréversible du nombre d'emplois. Pour autant, et même si cela n'obère pas des réflexions parallèles sur le mode de redistribution de la valeur, il nous semble nécessaire de réfléchir à la transformation des métiers plutôt que d'acter cette diminution irréversible. En effet, cette hypothèse raisonne à tâches constantes. Or, comme nous l'apprend le rapport du COE qui prend une approche par tâches et non par métiers, un certain nombre de tâches vont être automatisées tandis que d'autres ne le seront pas, celles où réside l'avantage comparatif de l'être humain. En effet, selon le COE sur la base de cette approche par tâches, la moitié des emplois existants pourrait voir son contenu notablement ou profondément transformé et moins de 10 % des emplois cumulent des vulnérabilités qui pourraient en menacer l'existence. Cela signifie que l'on peut partir du constat que les métiers seront en grande partie transformés plutôt que détruits. Ce constat peut s'appuyer sur les enseignements issus des précédentes révolutions industrielles, qui ont vu – parfois non sans une transition difficile – de nouveaux emplois apparaître en remplacement de ceux qui étaient détruits. De plus, l'efficacité d'un algorithme associé à un humain est bien plus importante que celle d'un algorithme seul : l'IA prend en charge les tâches répétitives, et l'humain peut se concentrer sur les tâches les plus riches. Pour ces deux raisons, il semble nécessaire de réfléchir à la notion de complémentarité homme-machine. Comment s'organiser pour mener ces réflexions de manière collective ?

Organiser une gouvernance en vue d'anticiper ces transformations

La réflexion sur les impacts économiques et sociaux de l'IA ne peut se faire de manière descendante au regard de l'ampleur des transformations qu'elle est susceptible d'engager. Il s'agit, à tous les niveaux, de définir la gouvernance qui structure un dialogue et des prises de décision nécessaires pour anticiper les impacts de l'IA, et de réfléchir à la répartition des gains de productivité permis par le numérique.

À titre d'exemple, cinq échelons pourraient être dans un premier temps ciblés : le niveau national, le niveau régional, le bassin d'emploi, la branche, l'entreprise. À chacun de ces niveaux, un travail préalable d'identification du réseau des acteurs pertinents serait mené, pour organiser une concertation et la construction participative de projets adaptés.

Une plateforme (numérique et sous forme de concertation nationale) avec tous les acteurs de l'emploi, Pôle emploi, AFPA, acteurs régionaux, nationaux, européens, syndicats, serait mise en place à cet effet.

Trois sujets prioritaires feraient l'objet de cette concertation nationale :

- réfléchir à la complémentarité entre les compétences automatisables et celles non automatisables, afin de déterminer les compétences humaines substituables et de maîtriser la transition ;
- de manière corrélative, identifier des modes de complémentarité vertueux qui puissent être pérennes et qui ne soient pas créateurs d'aliénation supplémentaire au niveau individuel et collectif ;
- enfin, repenser de fond en comble les modes de formation tout au long de la vie, du fait de la complémentarité évoquée ci-dessus.

Quelles compétences substituables ?

De nombreuses études se sont attachées à définir les compétences humaines qui, à ce jour n'apparaissent pas substituables par l'IA (voir annexe 1 « L'intelligence artificielle en quête d'acceptabilité et de confiance »). Les compétences englobant une dimension affective et relationnelle, certaines compétences physiques de précision et surtout, les capacités d'analyse générale (flexibilité, capacité d'adaptation, capacité à résoudre les problèmes, créativité), semblent *a priori* demeurer accomplies de manière plus efficace par l'homme.

Plus précisément, il est urgent de mesurer la substituabilité des tâches au regard d'un faisceau de critères, techniques et sociaux, et prenant en compte un contexte économique allant au-delà de la seule organisation de l'entreprise ou du secteur d'activité :

- la technologie est-elle suffisamment avancée pour que cette tâche soit automatisée ?
- la tâche nécessite-t-elle des capacités cognitives verticales (orientées sur une tâche très spécifique) ou horizontales¹ ?
- l'automatisation de cette tâche est-elle acceptable socialement ?
- cette tâche s'appuie-t-elle recours à une intelligence émotionnelle ?
- cette tâche nécessite-t-elle une intervention manuelle complexe ?

¹ Cette distinction verticale/horizontale renvoie à la distinction entre IA faible et IA forte, développée page 9

Les compétences non substituables doivent être développées (voir *infra* la partie relative à la formation). Néanmoins, ce développement, s'il est nécessaire, n'est pas suffisant pour assurer une complémentarité vertueuse entre l'homme et l'intelligence artificielle. De nombreux facteurs influent sur les modalités de cette complémentarité, au premier titre desquels l'organisation du travail. L'introduction de l'intelligence artificielle peut avoir des impacts négatifs aux niveaux individuel et collectif. Certains risques sont décrits dans l'annexe 1 « L'intelligence artificielle en quête d'acceptabilité et de confiance ».

Penser une bonne complémentarité humain-machine

Définir des principes de complémentarité permettant de garantir l'acceptabilité et l'appropriation de l'IA, une diffusion pérenne de ses apports, une protection contre les risques systémiques qu'elle peut contenir en germe, s'impose aussi.

Par ailleurs, au niveau individuel, le travail quotidien avec l'IA au-delà de ses nombreux atouts peut également présenter des risques sociaux et psychiques. La concentration des capacités d'analyse et d'intelligence dans les nouveaux outils d'IA renferme le risque de mener à une « prolétarianisation »¹ d'un nombre encore plus grand de travailleurs, au sens de la privation de leurs savoirs qui valorisent leurs compétences. La délégation d'un nombre toujours plus important de tâches à l'IA est également susceptible d'engendrer un désengagement, une déresponsabilisation des travailleurs, du fait de l'appauvrissement des relations interpersonnelles ainsi que d'une délégation accrue de la prise de décision.

Au niveau des organisations, la diffusion des technologies liées à l'IA devra être appréhendée en termes de risques cognitifs, notamment d'accroissement potentiel de la propension à la « stupidité fonctionnelle ». Une introduction massive de l'IA dans les organisations peut favoriser l'obéissance, la conformité et la prévisibilité des comportements. En effet, si la diffusion de l'IA entraîne l'automatisation d'un nombre encore plus élevé de tâches et d'activités répétitives, elle peut dans le même temps contribuer à la délégation de la prise de décision et favoriser des contextes organisationnels diminuant la mobilisation des capacités cognitives. Elle pourrait ainsi favoriser le manque de réflexivité des individus et de l'organisation ainsi que l'absence de justification des décisions. En optimisant toutes les tâches, elle réduirait, voire annihilerait les capacités à innover. De telles situations mèneraient alors au

¹ Pour reprendre la notion développée par Bernard Stiegler dans son ouvrage *La Société automatique*, Fayard, 2015.

développement de risques systémiques, qui menaceraient, au-delà de l'organisation, les structures économiques et sociales.

Cas pratique : l'exemple du centre d'appel

Le cas du métier d'opérateur de centre d'appel est intéressant car il montre l'ambivalence de l'automatisation au sein des organisations.

a. Scénario où le travailleur est « augmenté » par l'IA

- Automatisation des appels les plus simples : 80 % des appels sont automatisés.
- Concentration de l'opérateur sur les 20 % d'appels restants, les plus complexes et qui permettent de développer des compétences commerciales et relationnelles.
- Sur les 20 % d'appels restants, l'opérateur est aidé par l'IA : il peut utiliser des moteurs de recherche sémantiques permettant de retrouver très rapidement l'information et, à nouveau, de se concentrer sur la relation client.

b. Scénario où le travailleur est subordonné à l'IA

- Une intelligence artificielle analyse les appels clients et propose un script d'interactions à l'opérateur, qui se contente de lire à haute voix les réponses proposées par la machine. Ces réponses sont optimisées au regard de l'analyse de l'ensemble des autres interactions passées.
- L'opérateur devient donc un support vocal et émotionnel en réponse quasi automatique à l'intelligence artificielle.

Se former dans un monde d'intelligence artificielle

Au regard de l'objectif d'une complémentarité vertueuse entre l'IA et le travailleur, la formation joue un rôle incontournable : en effet, développer des compétences transversales de créativité, d'adaptabilité et de capacité à résoudre des problèmes rend nécessaire une réforme importante de la formation tout au long de la vie, même si celle-ci n'est pas uniquement liée aux modifications du marché du travail induites par l'intelligence artificielle. La formation professionnelle fait régulièrement l'objet de nombre de critiques concernant ses modes de fonctionnement et son efficacité. De plus, l'exigence d'un décloisonnement entre formation initiale et formation continue, au regard de la difficulté d'anticiper les activités et les métiers de demain, a déjà été

défendue dans un certain nombre de travaux, notamment ceux du CNNum sur la transformation numérique de l'enseignement supérieur et la recherche¹. Néanmoins, les bouleversements massifs que va connaître le marché du travail du fait du développement de l'IA pose la question de la formation tout au long de la vie avec une acuité nouvelle. **En effet, en accélérant l'obsolescence des compétences acquises lors de la formation initiale, l'intelligence artificielle pose la question de l'accroissement du temps de formation continue et de la modification de ses contenus et de ses structures.** Le lien entre le fait d'avoir suivi une formation initiale et celui d'exercer le métier correspondant toute sa vie est clairement à remettre en cause : d'où l'objectif d'une formation tout au long de la vie qui puisse véritablement accompagner les transitions, à l'intérieur d'un même métier mais également vers les métiers et les secteurs d'avenir.

Or le ratio actuel entre temps de travail et temps de formation pourrait ne pas être à la hauteur de l'exigence de renouvellement constant des compétences. C'est pourquoi il faut réfléchir à l'extension des temps de formation continue, pour donner à chacun la possibilité d'acquérir les nouvelles capacités techniques et non techniques dont auront besoin les individus dans un monde d'intelligence artificielle. Cette extension des temps de formation continue devra aller de pair avec la mise en place d'une continuité plus importante entre formation initiale et formation continue. **Les professions potentiellement les plus touchées par l'automatisation pourraient être la cible prioritaire d'une politique de formation préventive.**

La modification des contenus de formation s'impose ensuite. Le défi de la formation initiale et continue consiste à trouver l'équilibre entre l'acquisition de savoirs et compétences en phase avec les besoins actuels de la société et la nécessité de préparer un avenir dont on sait au moins qu'il exige de tous un esprit critique, une capacité d'apprendre à apprendre. Le développement de l'intelligence artificielle renforce cet état de fait. Il nécessite à la fois de permettre l'acquisition des compétences techniques qui lui sont spécifiques afin que les besoins en main-d'œuvre du secteur puissent être satisfaits, mais également de développer les qualités générales d'adaptabilité, de créativité et d'esprit critique. À terme, ces compétences peuvent seules permettre aux individus de développer leur complémentarité avec la machine. Cela signifie qu'outre les formations spécifiques à l'intelligence artificielle, la question de la réorientation de la formation continue vers des formations généralistes, permettant de développer des compétences transversales d'adaptabilité et de

¹ Voir travaux du CNNum sur la transformation numérique de l'enseignement supérieur et de la recherche : [Référentiel de transformation numérique de l'Enseignement supérieur et de la Recherche](#), 19 décembre 2016.

créativité, devra être posée. Le développement de ces compétences nécessite de réinventer les modes de formation (formation en contexte, sur poste, en conception) et le rapport au savoir lui-même, autour de pratiques de partage, de mise en réseau, d'expérimentation, de projets, etc.

La transformation des structures de la formation tout au long de la vie est enfin inévitable. Au regard de la nécessité accrue, pour chaque travailleur, de pouvoir se former selon ces exigences, les entités existantes ne sont ni suffisantes ni adaptées. Le rôle de l'Université dans la délivrance de la formation tout au long de la vie pourrait être ainsi davantage affirmé, pour assurer à tous une formation de qualité. Pôle emploi évoluerait pour s'inscrire dans une logique préventive. Enfin, les dispositifs de formation informels (tiers-lieux, *fablabs*, *makerspaces*, etc.) et d'expérimentation de pratiques pédagogiques nouvelles doivent être intégrés pleinement à l'évolution des structures de formation tout au long de la vie.

Recommandation : viser une transformation d'envergure de la formation tout au long de la vie, en termes de ratio temps de travail/temps de formation, de contenus et de modes de formation ainsi que de structures porteuses.



COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

Co-pilotes

Rand Hindi, président de Snips, membre du CNNum

Lionel Janin, adjoint au directeur du Département développement durable et numérique, France Stratégie

Rapporteurs

Charly Berthet, Secrétariat général du CNNum

Julia Charrié, cheffe de projet, France Stratégie

Anne-Charlotte Cornut, Secrétariat général du CNNum

François Levin, Secrétariat général du CNNum

Membres

Gilles Babinet, Serial entrepreneur, EU Digital Champion

Alain Bensoussan, fondateur de Lexing Alain Bensoussan Avocats

Yann Bonnet, secrétaire général du CNNum

Antonio Casilli, sociologue spécialiste des réseaux sociaux, maître de conférences en humanités numériques à Télécom ParisTech

Jacques Crémer, professeur d'économie à la Toulouse School of Economics, membre du CNNum

Jean-Michel Dalle, directeur d'Agoranov

Laurence Devillers, professeure à l'université Paris-Sorbonne et chercheuse au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (Limsi) du CNRS (*présidente du sous-groupe « Acceptabilité et confiance »*)

Paul Duan, fondateur et président de Bayes Impact

Sylviane Gastaldo, directrice de programme Évaluation des investissements publics au CGI

Ghislaine Hierso, présidente de l'Association française des Petits Débrouillards, membre du CNNum

Boris Le Hir, chef de projet, France Stratégie

Françoise Mercadal-Delasalles, directrice des ressources et de l'innovation du groupe Société Générale, membre du CNNum

Laurent Michel, directeur adjoint du programme « Économie numérique », CGI

Pierre Nougué, fondateur d'Ecosys Groupe et Reporters d'espoirs

Marion Panfili, chargée de mission « Économie du numérique », DGE

Antoine Petit, PDG d'Inria, professeur d'informatique à l'ENS Cachan, membre du CNNum

Sophie Pène, membre du CNNum

Gregory Renard, Chief AI Officer, CTO, TEDx & Stanford Speaker, Deep Learning Faculty & AI Community Activist

Jean-Charles Samuelian, PDG d'Alan.eu

Olivier Savrimoutoo, France Stratégie

Eric Scherer, directeur de la prospective, France Télévision

Marie Soulez, cabinet Lexing - Alain Bensoussan

Bernard Stiegler, philosophe, directeur de l'Institut de recherche et d'innovation

Célia Zolynski, professeur de droit à l'université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, membre du CNNum



PERSONNES AUDITIONNÉES

Laurent Alexandre, co-fondateur de Doctissimo

Gilles Babinet, Digital Champion

Daniel Benoïlid, Foule Factory

Alain Bensoussan, cabinet Lexing Alain Bensoussan Avocats

Raphaëlle Bertholon, CFE-CGC

Pierre Blanc, Athling

Alexandre Cadain, Hyperloop

Marie-Claire Carrère-Gée, Conseil d'orientation pour l'emploi

Igor Carron, LightOn

Antonio Casilli, Telecom ParisTech

Corentin Chéron, Airinov

Mady Delvaux, Parlement européen

Romain Drosne, RefundMyTicket

Paul Duan, Bayes Impact

Diane Dufoix, IBM

Franck Escoubes, Bluenove

Bernard Georges, Société générale

Yannig Goude, EDF

Dominique Guellec, OCDE

Hubert Guillaud, InternetActu

Olivier Guillaume, O² Quant

Éric Humphrey, Spotify

Tim Hwang, Google

Frédéric Kaplan, École polytechnique fédérale de Lausanne

Eric Keller, FO

Gisèle Legionnet, School of Creative Leadership

Rose Luckin, UCL Knowledge Lab

Gérard Mardiné, CFE-CGC

Alexis Massé, CFDT

Jean-Luc Molins, UGICT-CGT

Louis Monier, Qwiki/Kiron

Dennis Mortensen, X.ai

Yann Moulier-Boutang, UTC Compiègne

Pierre Nougue, Ecosys

Grégory Renard, X Brain

Jean-Charles Samuelian, Alan

Éric Scherer, France TV

Bernard Stiegler, Institut de recherche et d'innovation

Daniel Susskind, université d'Oxford

Joseph Thouvenel, CFTC

Joëlle Toledano, CentraleSupélec

Dominique Turcq, Boostzone

Jérôme Vivenza, CGT

Michel Volle, Institut de l'économie

Clément Wolf, Google



Directeur de la publication

Michel Yahiel, commissaire général

Directeur de la rédaction

Fabrice Lenglard, commissaire général adjoint

Secrétaire de rédaction

Sylvie Chasseloup

Contact presse

Jean-Michel Roullé, directeur du service Édition/Communication/Événements

01 42 75 61 37, jean-michel.roulle@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ
LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



www.strategie.gouv.fr



[francestrategie](https://www.facebook.com/francestrategie)



[@Strategie_Gouv](https://twitter.com/Strategie_Gouv)

Ce rapport est issu des travaux communs de France Stratégie et du CNNum. Les opinions exprimées engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.



FRANCE STRATÉGIE



France Stratégie, laboratoire d'idées public, a pour mission d'éclairer les choix collectifs. Son action repose sur quatre métiers : évaluer les politiques publiques ; anticiper les mutations à venir dans les domaines économiques, sociétaux ou techniques ; débattre avec les experts et les acteurs français et internationaux ; proposer des recommandations aux pouvoirs publics nationaux, territoriaux et européens. Pour enrichir ses analyses et affiner ses propositions France Stratégie s'attache à dialoguer avec les partenaires sociaux et la société civile. France Stratégie mise sur la transversalité en animant un réseau de huit organismes aux compétences spécialisées.