

Le futur du travail en présence de formes artificielles d'intelligence

Par Yves CASEAU

Membre de l'Académie des technologies

Introduction

Cet article s'intéresse à l'essor technologique de l'automatisation – des robots à l'intelligence artificielle – et son impact sur les emplois. À la suite de l'étude "The Future of Employment" de Carl B. Frey et Michael A. Osborne (2013), il y a eu de nombreuses réactions, dont la plupart conservatrices et prudentes. Je vais développer ici une vision de l'évolution du travail dans laquelle l'homme est complémentaire de ces nouvelles formes automatisées de production et de création de valeur, mais qui s'inscrit néanmoins dans la continuité de l'analyse de Frey et Osborne. Les capacités actuelles d'automatisation et la prise en compte de ce qui est à venir à partir des technologies développées aujourd'hui dans les laboratoires nous invitent à repenser, comme le proposent Michael Ballé et Eivin Reke (2020), le rôle des humains dans l'organisation du travail. Cette nouvelle vision du travail modifie l'organisation de l'entreprise, de façon interne, mais également en tant que participante à un réseau. L'automatisation permise par l'intelligence artificielle (IA) accélère la transformation vers « l'iconomie » (Volle, 2014), c'est-à-dire l'organisation de l'économie dans le cadre d'une exploitation pleine et entière des bénéfices de la technologie de l'information.

Cet article est organisé comme suit. La première section s'intéresse à la question pressante de l'impact de l'intelligence artificielle sur les emplois. Au fur et à mesure que les technologies cognitives développées en laboratoire trouvent leur place sur les lieux de production et de fourniture de services, le paysage de l'emploi se modifie. La deuxième section propose une courte analyse des capacités d'automatisation permises par l'IA, telles que déployées aujourd'hui et également de façon prospective. La troisième section cherche à en tirer les conséquences pour les entreprises de demain, en revenant sur la question de la transformation des emplois (Stiegler, 2015). Les entreprises, vues comme des communautés de destin, unies par une finalité sociétale et profitant d'une efficacité interne transactionnelle et collaborative supérieure au marché ouvert, continueront à prospérer dans le monde complexe de demain, mais au sein d'écosystèmes qui vont significativement évoluer.

1. Intelligence artificielle, automatisation et destruction des emplois

Une révolution numérique et cognitive qui s'appuie sur des humains

Le développement de l'intelligence artificielle s'inscrit dans le progrès constant de l'automatisation des tâches. Ce progrès n'est pas régulier : il y a des périodes d'accélération rapide, comme le développement du *deep learning* depuis 10 ans, et des périodes d'absorption des possibilités des technologies. La route vers l'automatisation n'est pas simple. Les annonces célèbres de Foxconn qui voulait en 2014 remplacer ses 300 000 employés par un million de robots n'ont pas été réalisées. En revanche, l'automatisation des entrepôts d'Amazon avec des robots KIVA est une réalité, tout comme celle des usines avec « un très petit nombre d'humains », des usines qui semblent entièrement autonomes lorsqu'on les visite. Cette réalité contrastée s'explique par le fait que l'automatisation des tâches non répétitives reste complexe. L'automatisation des emplois peut commencer souvent plus facilement par des emplois d'experts plutôt que par ceux des

généralistes, comme l'expliquent Brynjolfsson et McAfee dans leur livre *The Second Machine Age* (2015) : "The main lesson of 35 years of AI research is that the hard problems are easy and the easy problems are hard... As the new generation of intelligent devices appears, it will be the stock analysts and petrochemical engineers and parole board members who are in danger of being replaced by machines. The gardeners, receptionists, and cooks are secure in their jobs for decades to come."

L'intelligence artificielle est une boucle d'apprentissage avec des humains à l'intérieur. C'est une des idées les plus importantes du livre *Human + AI* (Daugherty et Wilson, 2018). Le rôle de l'humain est multiple, il s'agit à la fois d'organiser l'apprentissage de la machine, de participer à son apprentissage, et d'utiliser la valeur produite par des algorithmes. À côté des cas de systèmes complètement automatisés, la grande majorité des systèmes intelligents sont des systèmes d'assistance, d'aide à la décision. Tout comme pour le jeu d'échecs, le meilleur agent pour résoudre un problème ou conduire un processus est un « centaure », la combinaison de l'homme et de la machine. Le codéveloppement du « centaure » (du couple agent humain et assistant intelligent) est une aventure formidable de réinvention des métiers, et une course à la création de nouveaux avantages compétitifs. La dimension de boucle d'amplification induit des avantages de premier entrant qui s'auto-entretiennent. L'homme joue également un rôle fondamental pour collecter, classer et qualifier les données.

Une révolution numérique qui supprime plus d'emplois qu'elle n'en crée

Depuis la publication de l'étude "The Future of Employment", qui a annoncé que 47 % des emplois seraient menacés aux US par l'automatisation, le débat est intense. D'un côté, il existe de nombreuses études qui arrivent à des résultats du même ordre de grandeur. D'un autre côté, on trouve des études plus nuancées et moins pessimistes, comme celle de l'OCDE ou celle de McKinsey. Un des arguments est qu'une partie des « tâches », et non pas des « emplois », sont touchées. Mais l'expérience montre que les entreprises ont acquis la capacité à redistribuer les tâches pour transformer les gains efficacement en réduction de coûts salariaux, en dehors d'une hypothèse de croissance. Je soutiens l'hypothèse de l'étude Frey-Osborne, parce que les arguments opposés reposent sur une analyse de ce qu'on peut attendre des progrès de l'intelligence artificielle, qui est trop conservatrice. Je vous renvoie au livre *The Second Machine Age* (McAfee et Brynjolfsson, 2015), pour vous convaincre qu'une nouvelle vague d'automatisation arrive à grand pas. Pour reprendre une de leurs citations : "Computers and robots are acquiring our ordinary skills at an extraordinary rate." Le fait que le monde change aussi vite sous nos yeux doit d'ailleurs nous conduire à beaucoup de prudence sur les études que je viens de citer. Comme le remarque Neil Jacobstein à la Singularity University en 2016, ces études s'appuient sur une continuité des types de tâches à effectuer (ce qui permet d'appliquer le peigne de l'analyse de la future capacité à automatiser), une sorte de "everything being equal", qui est probablement valide sur une courte échelle (quelques années), mais beaucoup plus discutable sur quelques décennies.

Le nouveau paysage des emplois

Pour comprendre les conséquences du déploiement progressif de nouvelles formes d'intelligence dans les entreprises, je m'appuie sur l'analyse proposée dans l'article de Susan Lund, James Manyika et Sree Ramaswamy, intitulé "Preparing for a new era of work" (2012). Cet article propose de séparer les emplois en trois catégories : la production, les transactions et les interactions. Les deux premières catégories sont celles qui vont être massivement touchées par l'automatisation : les emplois de production seront – dans leur grande majorité – remplacés par des robots tandis que les emplois liés aux transactions vont être fortement réduits par l'utilisation de l'intelligence artificielle, même si cela prendra un peu plus de temps. Il reste, pour un temps plus long, le domaine des métiers d'interaction. Les emplois de demain seront en grande majorité caractérisés par les échanges entre humains dans des dimensions émotionnelles qui dépasseront le cadre de

l'automatisation, tout en profitant de ce nouvel « environnement intelligent ». Par exemple, le jardinier, le masseur ou le plombier de demain seront des métiers technologiques, collaboratifs et sociaux, dans le sens où l'environnement intelligent déchargera de certaines activités et permettra de se concentrer sur l'essentiel (par exemple, le sens et le plaisir du jardin).

Dans cet univers qui se dessine, tout ce qui s'automatise devient une commodité, la valeur perçue se trouve dans les émotions et les interactions. Ces métiers d'interaction de demain ne sont pas issus de nouveaux domaines à créer, mais pour leur grande majorité la continuité des métiers d'interaction d'aujourd'hui. Santé, bien-être, ordre public, éducation et distraction vont continuer à être les principaux fournisseurs de travail pour les décennies à venir. Le jardinier du futur utilise probablement des robots, mais il vend une « expérience », dans le sens où il raconte une histoire. Une part importante de ces emplois se trouve dans l'économie quaternaire, qui développe « des nouveaux services incorporant des biens, la mise à disposition temporaire de biens, de personnes, ou de combinaisons de biens et de personnes ». L'évolution vers l'économie quaternaire est fort logiquement liée, comme le souligne Michelle Debonneuil, aux progrès des TIC (technologies de l'information et de la communication) qui permettent d'apporter des services véritablement personnalisés sur le lieu précis où ils sont nécessaires, y compris dans la gestion des femmes et des hommes qui rendent ces services de façon courte et ponctuelle.

2. Penser et préparer le futur de l'intelligence artificielle

Ce que l'IA sait faire aujourd'hui

Avant de parler de façon prospective de ce que les nouvelles formes d'intelligences augmentées pourraient être dans les entreprises de demain, il faut prendre conscience de l'omniprésence de l'IA dans les outils numériques d'aujourd'hui, ce qui est souligné dans le rapport de l'Académie des technologies (ADT, 2018). Comme le remarque Peter Domingos, l'auteur du livre *The Master Algorithm* (Domingos, 2015), “*People worry that computers will get too smart and take over the world, but the real problem is that they're too stupid and they've already taken over the world.*” L'IA est partout dans les interfaces de nos *smartphones* où elle facilite nos choix et assiste nos interactions. Elle est essentielle au e-commerce et par conséquent l'objet de toutes les attentions des géants du *web*. L'IA est à la source de l'accélération de la productivité des processus, à commencer par la *supply chain*. Les géants du *web* tels qu'Amazon et Alibaba ne sont pas simplement des champions des sites de vente, ce sont en premier lieu des champions de la *supply chain* en utilisant l'ensemble des données pour connaître leurs clients le mieux possible. Comme le soulignent Eric Schaeffer et David Sovie dans *Reinventing the Product* (2019), l'IA est au cœur du *digital manufacturing* et de l'industrie 4.0, où elle permet de réinventer les produits et les procédés de fabrication.

L'IA d'aujourd'hui permet de résoudre, ou d'assister la résolution, de problèmes précis, de façon étroite et spécialisée. En revanche, la « boîte à outils » de l'IA (ADT, 2018) est vaste et permet donc d'adresser des problèmes variés. L'application de l'IA au traitement de l'information, par exemple pour recommander ou faciliter des recherches, est au cœur du développement des plateformes numériques (Caseau, 2020). Les progrès de l'IA se retrouvent dans des formes multiples d'automatisation des processus, tels que les robots de RPA (*robotic process automation*) ou les *chatbots* (assistants conversationnels). Nous avons déjà pris l'habitude d'utiliser notre *smartphone* comme « prothèse cognitive », mais cette capacité ne va faire que s'étendre.

Comprendre ce qui se prépare

Les progrès en IA sont dominés depuis 10 ans par le développement des réseaux neuronaux profonds. Ces progrès ont permis de « passer une barrière », celle de la reconnaissance des images, des sons, et de façon plus globale de formes. Le livre de Martin Ford, *Architects of Intelligence* (2018), permet de comprendre la percée fondamentale qui a été accomplie, et une partie

des questions difficiles qui restent ouvertes. Le cerveau semble mieux décrit par l'expression "*a society of minds*", due à Marvin Minsky, que par un unique « réseau neuronal ». De la même façon, une partie importante de la recherche en IA se concentre sur l'intégration de multiples formes d'algorithmes d'apprentissage. Les différents succès spectaculaires de DeepMind, de AlphaZero à AlphaFold, sont une illustration de la richesse des méthodes d'IA et des techniques d'hybridation ou d'intégration. Même si nous utilisons dès aujourd'hui les résultats du *deep learning* dans la reconnaissance d'images, de sons ou de texte, il est facile de prévoir que les conséquences de cette « révolution de la décade 2010 » vont s'étaler sur les deux décennies à venir, au fur et à mesure que les « briques élémentaires » rendues possibles par l'apprentissage profond trouveront leur place dans de nouvelles architectures plus complexes de systèmes intelligents.

Les progrès en traitement du langage naturel, qui s'illustrent par les performances des traducteurs ou les robots écrivains, peuvent sembler superficiels, car il s'agit davantage de transformation à partir d'exemples que de compréhension. C'est ce qui explique la faiblesse des *chatbots* d'aujourd'hui, mais la deuxième révolution, celle du progrès sur le traitement sémantique du langage, est en vue. Les outils de traitement par réseaux neuronaux profonds, parfaitement illustrés par GPT3, sont capables de faire des choses remarquables (recherche, traduction, résumé) sans comprendre le sens des textes qu'ils manipulent. Mais l'énorme quantité de données ingérées et l'extrême richesse et complexité des structures produites permettent de commencer à utiliser ces outils comme des briques élémentaires qui encapsulent une « forme de compréhension », dans une approche où l'accumulation massive de données devient un « succédané d'expérience ». Une fois réifié et structuré, l'ensemble de tout ce que GPT3 peut nous dire sur un concept, par exemple « un *chat* », devient un *ersatz* de compréhension du concept. Il est donc probable que cette première étape du traitement du langage par des réseaux neuronaux soit le début de la véritable révolution que représenteront, dans les années à venir, des assistants cognitifs capables de compréhension, des textes comme des concepts.

De façon moins visible, parce que cela touche les systèmes et non pas les interfaces, les nouvelles formes d'intelligence artificielle appliquées au traitement de données permettent aux entreprises de réinventer l'optimisation de leurs processus dans un environnement complexe et imprévisible. Le changement qui est en train de s'opérer avec l'utilisation de données massives et de l'application de nouveaux algorithmes d'analyse de données est qu'il devient possible d'optimiser sans prévoir (Caseau, 2020). La génération précédente des outils repose sur l'extraction de modèles qui représentent notre compréhension du monde (des processus et de l'environnement) sur lesquels nous appliquons notre effort cognitif. Lorsque le monde change, il faut reconstruire sa représentation et ses outils. La prochaine génération d'outils de pilotage adaptatif utilisera des approches « boîtes noires » (par exemple avec le *deep learning*) dans lesquelles les modèles ne sont plus explicites et sont des objets transitoires, mis à jour de façon continue.

3. Le futur des entreprises et des emplois

Le principe de l'entreprise est plus pertinent que jamais

Une idée fréquente dans la prospective du travail prône la déconstruction de l'entreprise au profit d'une nouvelle structure constituée de places de marchés et de travailleurs indépendants. Cette thèse s'appuie sur l'approche célèbre de Ronald Coase, autour des coûts de transaction. Puisque la technologie joue un rôle de fluidification (communication, échange, enregistrement, etc.) de ces transactions, plus la technologie progresse, moins il est nécessaire d'avoir une organisation dédiée. On passe de l'entreprise à l'entreprise 2.0, puis à l'entreprise étendue, puis au réseau d'agents. Je pense que cette analyse est fautive, que nous allons continuer à voir des entreprises (dans un sens traditionnel, pas seulement des marques) dans les décennies à venir, pour plusieurs raisons. Le monde numérique est une économie à coûts fixes, ce qui renforce la concentration et la création de monopoles. C'est très bien expliqué par les penseurs de « l'iconomie » (voir le livre de Michel

Volle, 2014). Le monde de demain est un monde de plus en plus complexe, et la complexité est défavorable à l'hyperspécialisation. La complexité augmente le coût de transaction : elle crée une « taxe de communication » qui est d'autant plus élevée que l'on décompose ce qu'on cherche à faire. La complexité est défavorable à l'abstraction et à la décomposition qui conduisent aux « places de marché ». Au contraire, la réaction des géants du *web* est à l'opposé : intégrer les compétences en équipes transverses pour minimiser les coûts de transaction. On pourrait même dire que les tâches qui se prêtent à la désintermédiation par des plateformes sont les premières candidates à l'automatisation, au fur et à mesure des progrès évoqués dans la section précédente. La complexité maximale que sait traiter une entreprise augmente à la vitesse permise par la baisse du coût élémentaire de transaction, rendue possible par la technologie.

L'autre utopie très à la mode est celle de l'entreprise ATAWAD ("*anytime, anywhere, any device*"). Cette vision cherche à nous affranchir du lieu et du temps : on peut travailler de n'importe où, au moment où on le souhaite et au rythme de son choix. Au contraire, la complexité impose le travail synchronisé en mode « liens forts », c'est-à-dire de façon colocalisée. Il ne s'agit pas d'une exigence absolue ou constante, comme le développement du travail à distance à la suite de l'épidémie du Covid-19 vient de le montrer, mais la majorité de la création de valeur aujourd'hui est faite par des équipes qui travaillent ensemble. Puisque cette approche de colocalisation n'est pas *scalable*, il y a forcément une organisation en réseau distribué, avec une importance sans cesse croissante des nouvelles technologies de communication et de collaboration.

Le paysage du réseau des entreprises de demain

Ma vision du paysage de l'emploi est un réseau multi-échelle, depuis les grandes entreprises multinationales d'aujourd'hui jusqu'aux autoentrepreneurs, dans lequel le mouvement de polarisation (consolidation des grandes plateformes et multiplication des « pico-entreprises ») se poursuit et s'amplifie. Nous aurons toujours des entreprises dans 20 ou 30 ans ; le phénomène d'ubérisation du travail n'aura pas dissous le concept de l'entreprise. La mondialisation et la numérisation conduisent à la concentration. En addition à l'argument précédent d'une économie de coûts fixes qui favorise l'économie d'échelle, les effets de réseaux – en particulier dans les marchés bifaces et dans le développement d'écosystèmes autour de plateformes – donnent un avantage important au plus gros joueur (souvent le premier mais pas forcément). Cette concentration des plateformes conduit également à la croissance des écosystèmes qui leur sont associés, ce qui peut créer des opportunités pour une multiplicité d'acteurs locaux. Prenons l'exemple des capacités d'intelligence artificielle développées et exposées par Google. Il est plus que probable que si ce développement est couronné de succès, il va contribuer à la croissance forte de Google. Mais il va également ouvrir des champs possibles à un rythme supérieur que ce que Google peut produire, ce qui signifie qu'une partie encore plus importante de valeur va apparaître « à la frontière », lorsque d'autres acteurs vont utiliser ces technologies mises à disposition par Google pour résoudre d'autres problèmes que ceux qui l'intéressent. On voit la même chose avec la croissance d'iOS comme plateforme mobile : au fur et à mesure que les capacités sont ajoutées dans la plateforme de développement de l'iPhone – on pense ici bien sûr à Siri –, le domaine fonctionnel rendu possible à la communauté des applications mobiles augmente plus vite que ce qu'Apple en retire pour ses propres services.

L'idée que nous allons tous vivre de notre créativité tandis que les machines s'occuperont de la production est naïve et probablement fautive. Le tissu de multinationales a besoin de nouveaux talents, et en particulier de créatifs et de *designers*, mais dans un petit nombre par rapport aux emplois supprimés en conséquence de l'automatisation. En revanche, le monde « frontière » des opportunités de services, qu'il s'agisse d'adaptation au besoin d'une communauté ou d'un individu, a une structure beaucoup plus riche et étendue que l'on pourrait qualifier de « fractale » ou de « multi-échelle ». Dans ce monde de l'interaction, il existe des opportunités à différents niveaux

de talents, qui peuvent coexister. Le service d'interaction se déplace difficilement (en tout cas avec un coût) contrairement à une expérience digitale. Les « artisans de la personnalisation » de masse peuvent opérer sur des échelles géographiques différentes selon leur talent. Cette renaissance de « l'artisan de proximité » risque de plus de se trouver facilitée par la priorisation de ce qui est local sur ce qui est global, en contre-réaction à la mondialisation et en soutien de la lutte contre le réchauffement climatique.

Conclusion

Pour conclure, je vais souligner quatre idées qui me semblent importantes pour comprendre l'impact des nouvelles formes d'intelligence artificielle sur le fonctionnement des entreprises :

- L'intelligence artificielle n'est pas une technique isolée, c'est un outil, une modalité des solutions logicielles.
- L'intelligence artificielle est construite et est déployée dans une collaboration entre les hommes et les machines.
- L'intelligence artificielle est multiple, il existe une grande diversité de méthodes qui gagnent à être combinées, soit par hybridation, soit par assemblage dans un « système de systèmes ».
- L'intelligence artificielle est un « absorbeur de complexité » ; plus elle se développe, plus elle permettra aux entreprises de demain d'aborder et de développer des nouveaux territoires de création de valeur.

Bibliographie

ADT (2018), « Renouveau de l'Intelligence Artificielle et de l'Apprentissage », rapport de l'Académie des technologies.

BALLÉ M. & REKE E. (2020), "Do We Still Need People?", *LindedIn Pulse*, 10 août 2020.

CASEAU Y. (2020), *L'approche Lean de la transformation digitale – Du client au code et du code au client*, Dunod.

DAUGHERTY P. & WILSON H. J. (2018), *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*, Harvard Business Review Press.

DOMINGOS P. (2015), *The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*, Basic Books.

FORD M. (2018), *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the people building it*, Packt Publishing.

FREY C. B. & OSBORNE M. (2013), "The Future of Employment", Oxford Martin Programme on Technology & Employment, working paper.

LUND S., MANYIKA J. & RAMASWAMY S. (2012), "Preparing for a new era of work", *McKinsey Quarterly*.

McAFEE A. & BRYNJOLFSSON E. (2015), *The Second Machine Age*, Norton.

SCHAEFFER E. & SOVIE D. (2019), *Reinventing the Product: How to Transform your Business and Create Value in the Digital Age*, Kogan Page.

STIEGLER B. (2015), *L'emploi est mort, vive le travail !*, Fayard - Mille et une nuits.

VOLLE M. (2014), *Iconomie*, Xerfi, Economica.