

LES DÉFIS POLITIQUES DE L'AUTOMATISATION

Nicolas Miaillhe

Co-fondateur et Président de « The Future Society »



Nicolas Miaillhe est co-fondateur et Président de « The Future Society at Harvard Kennedy School », dans le cadre de laquelle il a également fondé et dirigé la « AI Initiative ». Stratège reconnu, entrepreneur social et leader visionnaire, il conseille multinationales, gouvernements et organisations internationales.

Nicolas est Senior Visiting Research Fellow du Program on Science, Technology and Society (STS) à la HKS. Il est également spécialiste des problématiques d'innovation urbaine et d'engagement citoyen. Depuis plus de dix ans, Nicolas évolue à la croisée de l'industrie de haute technologie, de l'innovation, de la gouvernance et de la société civile, notamment sur les marchés émergents, à l'image de l'Inde.

MOTS CLÉS

- REVENU UNIVERSEL DE BASE
- ENSEIGNEMENT PERSONNALISÉ
- PROGRAMMES ACTIFS POUR LE MARCHÉ DE L'EMPLOI
- CHÔMAGE TECHNOLOGIQUE
- AUTOMATISATION DE L'EMPLOI
- FORMATION AUX DISCIPLINES TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES (STEM)

Selon notre analyse, pour faire en sorte que tous puissent profiter de la révolution de l'IA, il convient de mettre en place des réformes, de repenser la sécurité sociale, les mécanismes de redistribution, ainsi que les systèmes d'éducation et de développement, afin de permettre des transitions professionnelles reproductibles et viables. Des cadres politiques et réglementaires nécessiteront également un rééquilibrage afin de préserver les plus vulnérables de l'exclusion socioéconomique, d'empêcher la discrimination algorithmique et les abus en matière de vie privée, afin de garantir le contrôle et la responsabilité, mais aussi d'éviter une explosion des inégalités en matière de richesse et d'opportunités.

INTRODUCTION

Nombre de spécialistes, soucieux des conséquences socio-économiques de la révolution de l'intelligence artificielle par rapport aux autres révolutions industrielles du XIX^e et du XX^e siècles, se posent la question suivante : « Et si c'était différent, cette fois-ci ? ». Certes, cette révolution pourrait être une destruction créatrice au sens schumpétérien, synonyme de revenus plus élevés, de meilleure qualité de vie pour tous et de création de nouveaux emplois encore inconnus, remplaçant ceux que l'automatisation fait disparaître. Mais elle pourrait aussi tourner à la création destructrice, annonciatrice du chômage de masse ou de la perte de contrôle sur les processus de prise de décision. Tout dépendra de la rapidité et de l'ampleur du développement et de la diffusion des technologies d'intelligence artificielle, un point sur lequel les experts sont loin de s'accorder. Toutefois, l'avenir de la technologie n'est en aucun cas tout tracé : la politique et les choix institutionnels compteront pour beaucoup dans son évolution.



ADAPTER LA PROTECTION SOCIALE ET LES MÉCANISMES DE REDISTRIBUTION

DESTRUCTION CRÉATRICE OU CRÉATION DESTRUCTRICE ?

Parmi les défis politiques liés à l'émergence de l'IA, le plus discuté se rapporte à l'impact de l'automatisation sur l'emploi et les inégalités, et certains penseurs émettent l'hypothèse d'une possible évaporation des classes moyennes. Les experts s'accordent pour dire que la vague d'automatisation alimentée par l'IA affectera profondément le modèle de l'emploi et les processus des entreprises. En quoi est-ce cette fois différent des autres vagues causées par une rupture technologique ? Cette « vague de Schumpeter » sera-t-elle une *destruction créatrice* comme les précédentes, se traduisant par une hausse du salaire moyen et créant des postes jusqu'alors non imaginés pour remplacer ceux qui sont automatisés, ou une *création destructrice*, conduisant au chômage de masse ? Cela dépend de la vitesse du développement et de la diffusion des technologies d'IA dans la prochaine décennie. Sur cette question, les penseurs expriment une grande incertitude.

L'article de Jason Furman, président du groupe d'économistes qui conseillait le président Obama, publié en juillet 2016¹, le rapport de la Maison Blanche sur *l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie*, publié en décembre 2016², et le rapport du McKinsey Global Institute sur *la mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille*³, publié en janvier 2017, concluent que les mutations fondamentales de la population active dues aux technologies d'automatisation seraient « *d'une échelle qui n'est pas nouvelle* ». De leur côté, dans leur livre de 2014 intitulé *The second Machine Age*, Eric Brynjolfsson et Andrew McAfee font valoir que nous rencontrons un point d'inflexion sans précédent entre la première ère des machines, marquée par l'automatisation des tâches physiques

par la mécanisation, et une deuxième, entraînée par l'automatisation des tâches cognitives par les technologies numériques⁴.

Le résultat des études d'impact de l'automatisation du travail conduites au cours des cinq dernières années diffère assez radicalement dans leur évaluation et leurs projections : un rapport de l'OCDE⁵, publié en juin 2016 concernant ses 21 pays membres et centré sur les « tâches » en tant qu'unité d'analyse, conclut qu'une modeste part de 9 % des tâches sont automatisables ; il prédit que les tendances suivies par les différents pays présenteront des différences notables⁶. L'étude de 2013 de Frey et Osborne sur l'avenir de l'emploi⁷, centré sur le concept plus large de « métier », a tiré des sonnettes d'alarme en concluant qu'environ 47 % des emplois aux États-Unis pourraient être automatisés dans les deux prochaines décennies. Un autre rapport, de Citibank⁸, basé sur l'étude de Frey et Osborne et sur des données de la banque mondiale, a examiné 50 pays et conclut que 50 % des emplois pourraient être automatisés, en moyenne dans les pays de l'OCDE. Ce nombre est particulièrement élevé en Inde (69 %) et en Chine (77 %). Après analyse de 2000 activités professionnelles liées à 800 métiers, le dernier rapport McKinsey conclut que « *le potentiel d'automatisation concerne environ la moitié des activités pour lesquelles les personnes sont rémunérées presque 15 mille milliards de dollars dans l'économie mondiale* ». [...] *Alors que moins de 5 % de tous les métiers peuvent être entièrement automatisés, environ 60 % de tous les métiers comportent au moins*

4 Erik Brynjolfsson et Andrew McAfee, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies* (La deuxième ère des machines : travail, progrès et prospérité dans une époque de technologies géniales), W. W. Norton & Company, 2014.

5 Melanie Arntz, Terry Gregory et Ulrich Zierahn, *The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis* (Risque de l'automatisation pour les emplois dans les pays de l'OCDE : analyse comparative), Documents de travail de l'OCDE sur les affaires sociales, l'emploi et les migrations, n° 189, Éditions de l'OCDE, mai 2016.

6 Par exemple la part d'emplois automatisables est de 6 % en Corée et de 12 % en Autriche.

7 Carl Benedikt Frey et Michael A. Osborne, *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* (L'avenir des emplois : à quel degré les postes sont-ils informatibles ?), Oxford Martin School, 17 septembre 2013.

8 *Technology at Work v2.0: The future is not what it used to be* (La technologie au travail 2.0 : le futur n'est plus ce qu'il était), Citibank, janvier 2016.

“NOTRE ANALYSE DES PUBLICATIONS LES PLUS RÉCENTES SOULIGNE LE BESOIN PROBABLE DE POLITIQUES FISCALES PROGRESSIVES POUR RÉÉQUILIBRER LE GLISSEMENT DU TRAVAIL VERS LE CAPITAL QUE LA RÉVOLUTION DE L'IA APPORTERA PROBABLEMENT, AFIN DE PROTÉGER LES PLUS VULNÉRABLES DE L'EXCLUSION SOCIO-ÉCONOMIQUE ET D'ÉVITER UNE EXPLOSION DES INÉGALITÉS EN MATIÈRE DE RICHESSE ET D'OPPORTUNITÉS.”

1 Jason Furman, *Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence* (Cette époque est-elle différente ? Opportunités et défis de l'intelligence artificielle), remarque chez AI Now : *The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term* (Implications sociales et économiques à court terme des technologies d'intelligence artificielle), conférence à New York, 7 juillet 2016.

2 *Artificial intelligence, automation, and the economy*, Bureau exécutif du président, décembre 2016. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/12/20/artificial-intelligence-automation-and-economy>

3 James Manyika, Michael Chui, Mehdi Miremadi, Jacques Bughin, Katy George, Paul Willmott et Martin Dewhurst, *Harnessing Automation for a Future that Works*, McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p.97).



30 % d'activités constitutives. Le changement touchera plus de métiers que l'automatisation n'en détruira.⁹ » Le rapport conclut aussi que les activités les plus exposées incluent « les activités physiques dans les environnements hautement structurés et prévisibles, et la collecte et le traitement de données ».

Pour aller plus loin, il est primordial de mener d'autres recherches pour comprendre de manière plus fine les facteurs d'automatisation des emplois, en particulier selon les périodes, les secteurs, le niveau de rémunération, le niveau d'instruction, le type d'emploi et le lieu. Jusqu'à présent, les rapports soulignent principalement une poursuite, voire une accentuation¹⁰, de la tendance au déplacement favorisant les compétences¹¹, mitigée par la capacité de l'IA et des technologies d'automatisation à remplacer les tâches cognitives de grande compétence

9 *Harnessing Automation for a Future that Works* (Mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille), McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p. vi). Les scénarios du McKinsey Global Institute suggèrent que la moitié des activités professionnelles d'aujourd'hui pourraient être automatisées d'ici 2055, ou 20 ans plus tôt, ou plus tard, sous l'influence de divers facteurs et selon d'autres conditions économiques plus larges.

10 C'est ce qu'Erik Brynjolfsson et Andrew McAfee ont appelé le « changement technologique favorisant les superstars » dans leur livre *The Second Machine Age*. « C'est le fait que les technologies peuvent démultiplier et amplifier les talents particuliers, les compétences ou la chance d'1 % d'une population, ou même de 100 fois moins, puis de les reproduire à des millions ou des milliards de personnes. Sur ce type de marchés, la tendance est d'avoir des gagnants qui rattrapent tout ; un petit nombre de personnes tirent des avantages énormes, et l'ensemble des consommateurs tire également des avantages, mais les personnes moyennement compétentes ou un peu plus sont beaucoup moins demandées ». <http://www.businessinsider.com/erik-brynjolfsson-2014-1>

11 Par exemple, l'étude de l'OCDE de 2016 estime que 44 % des travailleurs américains détenant moins qu'un diplôme d'études secondaires occupent des postes faits de tâches hautement automatisables, alors que ce type de poste concerne à peine 1 % des titulaires d'une licence ou plus. Melanie Arntz, Terry Gregory et Ulrich Zierahn, *The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis* (Risque de l'automatisation pour les emplois dans les pays de l'OCDE : analyse comparative). Ibid. Voir aussi *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), Bureau exécutif du président (p. 13 et 14)

mais routinières¹². Certaines tâches de faible compétence nécessitant une grande dextérité manuelle resteront aussi demandées, au moins à court terme. Les études ont également mis en évidence la perte d'emplois de certains travailleurs à court terme, mais les échéances de déplacement dépendent fortement des réponses politiques spécifiques à l'institution.

L'ENJEU POLITIQUE: QUE LA RÉVOLUTION DE L'IA BÉNÉFICIE À TOUS

La capacité des sociétés à faire de la révolution de l'IA une *destruction créatrice* et à diffuser ses avantages à tous dépend principalement de la réaction collective à cette révolution. La technologie n'est certainement pas la destinée, et la politique et les choix institutionnels compteront beaucoup. Notre analyse des publications les plus récentes souligne le besoin probable de politiques fiscales progressives pour rééquilibrer le glissement du travail vers le capital que la révolution de l'IA apportera probablement, afin de protéger les plus vulnérables de l'exclusion socio-économique et d'éviter une explosion des inégalités de richesse et d'opportunités. Nous croyons cependant qu'un « impôt sur les robots »¹³ peut en soi ne pas être le meilleur choix, et se révéler contreproductif s'il est appliqué de manière étroite, car il peut provoquer un ralentissement de la croissance et engendrer un casse-tête juridique.

Il faudra des réponses politiques systémiques, y compris une réforme ou une éventuelle refonte de la protection sociale et de la fiscalité redistributive. Les systèmes d'enseignement et d'acquisition de compétences devront aussi se réformer pour permettre les transitions professionnelles répétées et acceptables. Compte tenu de la difficulté à prévoir les domaines de plus grand impact et à désagréger l'automatisation due à l'IA des autres facteurs (par exemple les autres changements technologiques, la mondialisation, la réduction de la concurrence des marchés, le pouvoir de négociation des travailleurs, les anciens choix de politiques publiques), les réponses politiques devront d'abord cibler l'économie globale, jusqu'à ce que des stratégies pointues gagnent en efficacité et que des pratiques de surveillance et d'évaluation soient au point.

12 *Harnessing Automation for a Future that Works* (Mobilisation de l'automatisation pour un avenir qui travaille), McKinsey Global Institute, janvier 2017 (p. vi). Voir aussi *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), rapport de la Maison Blanche. Ibid. (page 23).

13 Dans un entretien très récent, Bill Gates l'a défendu comme un moyen de ralentir le rythme de l'automatisation et de financer les transitions professionnelles. Voir <http://fortune.com/2017/02/25/bill-gates-robot-tax-automation-jobs/>

Comme de grands pans de la population active seront exposés à une forte insécurité dans la transition qui s'annonce, il est souvent suggéré de mettre une priorité sur la réforme et l'amélioration des filets de sécurité. Toutefois, une augmentation des salaires minimum pourrait paradoxalement accélérer les tendances à l'automatisation, si elle est appliquée aveuglément. L'opportunité de fournir un revenu de base universel (RBU, une allocation régulière et inconditionnelle), qui restructurerait les programmes de bien-être social dans une société menée par l'automatisation et où rémunération ne rime plus avec sécurité, est devenue un thème politique à gauche¹⁴ comme à droite¹⁵, avec bien sûr des contours et des degrés différents.

Les économistes sont nettement divisés à ce sujet. Certains défenseurs, y compris Thomas Piketty¹⁶, voient le RBU comme un moyen de simplifier le système bureaucratique actuel et de le rendre plus efficace et équitable. Le RBU est vu comme une solution pour répondre à la vague imminente d'automatisation, privilégiant le travail au chômage, dont il a été démontré qu'il favorise des spirales de marginalisation dangereuses. Ses opposants¹⁷ attaquent principalement l'inconditionnalité et dénoncent une approche trop radicale et irréaliste de la réforme des filets de sécurité existants. Ils avancent que l'inconditionnalité pourrait être contreproductive et augmenter les inégalités de revenus au lieu de les réduire. Ce camp affirme aussi que le RBU pourrait décourager le travail, qu'ils voient comme un pilier de l'intégration sociale.

De manière intéressante, la Finlande a récemment annoncé qu'elle va expérimenter le RBU cette année¹⁸, ce qui devrait produire des éléments

valables pour faire avancer le débat. Les Pays-Bas prévoient aussi de mener une expérience, cependant on remarque que la mention de « revenu universel » a été récemment abandonnée¹⁹. Dans un référendum de 2016, la Suisse a rejeté à une majorité de 77 % des plans de mise en place d'un revenu universel de 2 555 dollars mensuels pour tous les adultes²⁰.

En plus du RBU, une grande variété d'options politiques plus modérées sont également sur la table. Par exemple des stratégies pour renforcer le marché de l'emploi et pousser les rémunérations à la hausse ; et la possibilité de renforcer le pouvoir de négociation collectif des travailleurs, donc de créer de nouvelles manières novatrices de faire entendre leur voix. De telles politiques visent à rééquilibrer la concentration due à l'IA, dont il est avancé qu'elle pourrait conduire à un marché monopolistique ou oligopolistique. D'autres politiques possibles cherchent à changer non la nature des filets de sécurité existants, mais leur échelle. Elles incluent le renforcement des régimes d'assurance chômage existants de manière à ce qu'ils soient plus ciblés et harmonisés avec les environnements locaux, ou à les étendre par exemple aux personnes qui décident d'elles-mêmes de quitter leur emploi²¹ afin de suivre une formation ou de créer une entreprise. Les possibilités de réforme comprennent aussi la modernisation des heures supplémentaires et des contrats de travail, avec un encouragement des programmes de partage du travail et des formations en alternance²².

Enfin, pour que la révolution de l'IA fonctionne pour tout le monde, les réponses politiques devront trouver des moyens novateurs pour garantir à la population active, plus mobile et moins sécurisée, un accès raisonnable à l'emprunt, aux soins médicaux et à la retraite. Ces avantages ont jusqu'à présent largement dépendu des contributions des employeurs, directement ou indirectement, avec une portabilité limitée lorsque les individus opèrent des reconversions professionnelles ou choisissent d'adapter leurs contrats de travail (par exemple dans le cas du temps partiel et de la création d'entreprise). Les défis concernant les actuelles pratiques de l'emploi impliqueront des changements systémiques de politique.

14 Lors des récentes primaires du parti socialiste français, en janvier 2017, la large victoire de Benoît Hamon a été principalement attribuée à sa capacité à désigner comme sa mesure phare la mise en place progressive d'un revenu de base universel. Voir aussi Andy Stern et Lee Kravitz, *Raising the Floor: How a Universal Basic Income Can Renew Our Economy and Rebuild the American Dream* (Relever le plancher : comment un revenu de base universel peut rajeunir notre économie et reconstruire le rêve américain), juin 2016.

15 Charles Murray, *A guaranteed income for every American* (Un revenu garanti pour chaque Étasunien), WSJ, juin 2016. <https://www.wsj.com/articles/a-guaranteed-income-for-every-american-1464969586> ; voir aussi Matt Zwolinsky, *The Libertarian Case for Basic Income* (Arguments libertaires pour le revenu de base), décembre 2013. <https://www.libertarianism.org/columns/libertarian-case-basic-income>

16 À condition que le RBU cible les bas salaires. Voir « Pour un revenu universel crédible et audacieux », Le Monde, 25 janvier 2017. <http://piketty.blog.lemonde.fr/2017/01/25/pour-un-revenu-universel-credibile-et-ambitieux/>

17 Jason Furman, *Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence* (Cette époque est-elle différente ? Opportunités et défis de l'intelligence artificielle), remarque chez AI Now : *The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term* (Implications sociales et économiques à court terme des technologies d'intelligence artificielle), conférence à New York le 7 juillet 2016.

18 2000 chômeurs âgés entre 25 et 58 ans recevront une somme garantie – un « revenu de base » – de 560 € par mois pendant deux ans, qu'ils trouvent du travail ou non. Voir Sonia Soda, *Is Finland's basic universal income a solution to automation, fewer jobs and lower wages?* (Le revenu universel de base de la Finlande est-il une solution face à l'automatisation, au recul des emplois et à la réduction des salaires ?), The Guardian, février 2017. https://www.theguardian.com/society/2017/feb/19/basic-income-finland-low-wages-fewer-jobs?CMP=share_btn_tw

19 Mise en place dans 20 municipalités néerlandaises, l'expérience permettra à de petits groupes de bénéficiaires de prestations sociales de recevoir 825 dollars par mois tout en continuant à percevoir la rémunération de leur travail. Voir Daniel Boffey, *Dutch city plans to pay citizens a 'basic income', and Greens say it could work in the UK* (Une ville néerlandaise prévoit un revenu de base pour ses citoyens, les Verts disent que cela pourrait fonctionner au Royaume-Uni), The Guardian, décembre 2016. <https://www.theguardian.com/world/2015/dec/26/dutch-city-utrecht-basic-income-uk-greens>

20 Voir <http://www.bbc.com/news/world-europe-36454060>

21 C'est ce qu'a proposé le candidat aux élections présidentielles françaises Emmanuel Macron par exemple. Voir <https://www.contrepoints.org/2016/11/13/271472-macron-veut-autoriser-chomage-aux-salaries-demissionnent>

22 Une description plus détaillée se trouve dans le rapport de la Maison Blanche sur l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie, Bureau exécutif du président. Ibid. (p. 34-40).

“EN PLUS DU RBU, UNE GRANDE VARIÉTÉ D'OPTIONS POLITIQUES PLUS MODÉRÉES SONT ÉGALEMENT SUR LA TABLE. PAR EXEMPLE : DES STRATÉGIES VISANT À RENFORCER LE MARCHÉ DE L'EMPLOI ET POUSSER LES RÉMUNÉRATIONS À LA HAUSSE ; ET LA POSSIBILITÉ DE RENFORCER LE POUVOIR DE NÉGOCIATION COLLECTIF DES ACTIFS. D'AUTRES POLITIQUES POSSIBLES CHERCHENT À RENFORCER LES RÉGIMES D'ASSURANCE CHÔMAGE, À MODERNISER LA PRISE EN COMPTE DES HEURES SUPPLÉMENTAIRES, À ENCOURAGER LES PROGRAMMES DE PARTAGE DU TRAVAIL ET LES FORMATIONS EN ALTERNANCE.”

CAS DES SYSTÈMES DU 21^e SIÈCLE POUR L'ENSEIGNEMENT ET L'ACQUISITION DE COMPÉTENCES

RÉINVENTER DES PROGRAMMES ACTIFS POUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL

Comme nous l'avons écrit plus haut, la vague d'automatisation causée par la révolution de l'IA déplacera un grand nombre d'emplois dans tous les domaines et les chaînes de valeur. L'étude de cas étasunienne « véhicule automatisé », analysée dans le rapport de la Maison Blanche de 2016 sur l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie, souligne les enjeux : Quelque 2,2 à 3,1 millions d'emplois existants aux États-Unis, à temps partiel et à temps plein, sont menacés²³ sur les deux prochaines décennies, avec une incertitude sur le délai. Cela concerne en particulier 1,3 à 1,7 million de chauffeurs routiers. Ce n'est pas anodin, car dans l'imaginaire collectif, ce métier est une manifestation du rêve américain d'autonomisation, de liberté et d'ascension sociale, qui doit permettre aux personnes peu diplômées d'accéder à la classe moyenne²⁴.

La vague d'automatisation nécessite au moins d'augmenter les investissements, et probablement de réinventer des programmes actifs pour le marché du travail dans les prochaines décennies²⁵. Ces investissements pourraient logiquement être financés par des politiques fiscales ciblant le capital. Le rapport de la Maison Blanche de 2016 sur l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'économie donne un ordre de grandeur intéressant pour le cas des États-Unis : « *La multiplication par six du financement de la formation professionnelle aux États-Unis – ce qui permettrait d'atteindre le pourcentage du PIB que l'Allemagne y consacre, mais resterait bien inférieur à l'effort consenti par d'autres pays européens – permettrait d'apporter une formation complémentaire à 2,5 millions de personnes supplémentaires par an.* »²⁶

L'IA et d'autres technologies numériques apportent un réel potentiel d'innovation dans l'assistance à la recherche d'emploi et dans les processus de placement

et de recrutement, en cette ère de services personnalisés. L'avènement des plateformes polyvalentes et de l'analyse prédictive peut améliorer considérablement l'efficacité du rapprochement entre l'offre et la demande d'emploi. Les plateformes telles que *LinkedIn*, par exemple, avec ses 470 millions d'utilisateurs enregistrés, sont un exemple intéressant d'évolution dans les pratiques de recrutement. Le conseil sur mesure et les programmes de formation complémentaire intégrée représentent aussi une terre fertile pour l'innovation.

Mais ce ne sera pas suffisant. Il y a beaucoup à faire pour créer une infrastructure et des mécanismes équitables et efficaces pour la formation et l'acquisition de compétences tout au long de la vie, donnant les moyens à des millions de personnes de changer de travail, de secteur, voire de région, et cela plusieurs fois dans leur vie. Il y a aussi beaucoup à faire vis-à-vis des impacts régionaux différenciés, qui exacerbent les disparités de revenu et de richesse. Il sera crucial de stimuler efficacement une plus grande mobilité physique, juridique et virtuelle de la main-d'œuvre. Cela implique bien sûr des approches politiques systémiques incluant le logement, le transport, les licences, les impôts et, c'est crucial à l'ère de l'IA, un accès large bande, en particulier dans les zones rurales.

Pour poser de solides fondations à cette profonde transformation, nous avons besoin d'au moins trois choses complémentaires. Premièrement, de concevoir des mécanismes de recouvrement dynamique des tâches et des métiers risquant l'automatisation et des volumes d'emploi associés. Ce recouvrement de l'offre de main-d'œuvre est nécessaire au niveau macro, mais il est aussi crucial aux niveaux micro où sont déployés les programmes pour le marché du travail. Intégrés à cela, nous avons aussi besoin d'un recouvrement plus granulaire et dynamique des futurs emplois/tâches, structures de lieu de travail, habitudes de travail associées et base de compétences stimulés par la révolution IA. Ce recouvrement de la demande sera essentiel pour innover, aligner et synchroniser par anticipation les programmes d'acquisition des compétences et de formation avec les futures exigences, au moment voulu. Enfin, nous avons besoin de davantage de recherche politique sur la dynamique des transitions professionnelles dans différentes conditions du marché du travail.

Pour maximiser l'impact attendu, créer l'espace nécessaire pour les stratégies empiriques, et appliquer à plus grande échelle les solutions qui fonctionnent, nous recommandons de mettre en œuvre des approches robustes pilotées par les données et basées sur les preuves. Il convient que ces approches s'appuient sur des expériences et visent des résultats en termes d'emploi, mais aussi de gains. Nous recommandons aussi d'explorer de nouvelles formes de partenariats personnes/public/privé qui impliquent la société civile, et de nouveaux mécanismes financiers orientés résultat tels que les obligations à incidence sociale, par exemple, qui pourraient contribuer à faire grandir les innovations réussies.

UNE RÉVOLUTION DE L'ENSEIGNEMENT ?

Dans les prochaines décennies, il sera capital de comprendre les composants et les facteurs de complémentarité de l'IA et du travail, et de faire habilement évoluer cette compréhension de manière à transformer l'enseignement primaire, secondaire et professionnel. À cause de l'impact considérable de l'émergence de l'IA sur l'économie et les sociétés, cela implique bien sûr pour tous les pays la nécessité d'investir dans le développement d'une main-d'œuvre liée à l'IA ; c'est presque un impératif de souveraineté. C'est nécessaire pour suivre les progrès dans le domaine de la recherche fondamentale, de l'ingénierie, et bien sûr dans les applications, les affaires et les aspects socio-politiques. De plus, le terrain est par définition interdisciplinaire, avec des frontières qui s'étendent vers la biologie, les sciences cognitives et la science du cerveau. À cause du rôle central des données dans le développement et l'entraînement des algorithmes d'apprentissage automatique, les limites

23 Cependant, les chiffres excluent des emplois d'un nouveau type qui peuvent se développer dans l'industrie. Voir *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), Bureau exécutif du président. Ibid. (p. 15-17)

24 Sean Kilcarr, *Defining the American Dream for trucking... and the nation, too* (Définir le rêve américain pour les routiers, mais aussi la nation), *Fleetowner*, avril 2017

25 Les pays membres de l'OCDE en dehors des États-Unis ont dépensé en 2014, en moyenne, 0,6 % de leur PIB en politiques actives pour le marché du travail. Les États-Unis ont dépensé seulement 0,1 % de leur PIB, moins de la moitié de ce qu'ils versaient il y a 30 ans. OCDE, *Labour market programmes: expenditure and participants* (Programmes pour le marché du travail : dépenses et participants), *OECD Employment and Labour Market Statistics* (base de données statistiques de l'OCDE sur le marché de l'emploi et du travail), 2016. <http://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=LMP&lang=en>

26 Cela suppose un coût de formation/réemploi de 6000 USD par personne, et une augmentation du financement via la *Workforce Innovation and Opportunity Act* pour passer des 3 milliards de dollars actuels aux 18 milliards qui correspondent à la part du PIB que l'Allemagne lui consacre, la totalité des nouveaux fonds étant destinés à la formation. Voir *Artificial intelligence, automation, and the economy* (Intelligence artificielle, automatisation et économie), Bureau exécutif du président. Ibid. (p. 33).



entre la recherche fondamentale, la recherche appliquée, l'ingénierie et l'enseignement supérieur sont susceptibles de se brouiller²⁷. On observe déjà une tendance de la recherche fondamentale en IA à se déplacer des universités et des laboratoires publics vers les plus grandes sociétés technologiques. Les universitaires s'inquiètent de ce qu'ils appellent une « fuite des cerveaux »²⁸, qui pourrait nuire à la qualité de la recherche publique et *in fine* de l'enseignement.

Dans le *Rapport économique 2016 du président*²⁹, la Maison Blanche résume : « les compétences universitaires directement applicables en maths, lecture, informatique et la pensée critique sont probablement parmi les facteurs qui aideront les travailleurs à réussir à naviguer dans les changements imprévisibles du futur marché du travail ».

Les connaissances de base et les maths seront plus que jamais le fondement essentiel de l'employabilité, en particulier avec l'accentuation des déplacements des emplois centrés sur les compétences ; de même pour la qualité de l'enseignement primaire car il deviendra plus difficile de rattraper son retard ; ou le besoin de généraliser l'accès à l'enseignement secondaire, qui devrait inclure des alternatives éprouvées telles que l'apprentissage, la formation créative et professionnelle³⁰. La diversification et l'amélioration du cursus en sciences, technologie, ingénierie et maths au-delà de l'informatique, pour inclure la pensée computationnelle, la science des données, la créativité, l'innovation et l'entrepreneuriat, semblent également constituer une évolution nécessaire.

Mais au-delà de cela, l'enseignement devra changer plus profondément et attirer les talents requis pour développer et diffuser de manière novatrice de nouvelles pédagogies ; y compris centrées sur l'intelligence émotionnelle et puisant dans la puissance de l'apprentissage personnalisé et l'informatique affective. Il convient d'explorer aussi les partenariats publics/privés innovants pour favoriser l'émergence des environnements d'apprentissage les plus efficaces, et pour attirer les investissements de qualité à l'échelle appropriés. Mais les politiciens garderont probablement un rôle crucial pour garantir la diffusion de l'innovation à une majorité, sinon à tous.

Alors que le continuum de formation de « en ligne » à « en personne » gagne en maturité, les contours du rôle de l'enseignant vont aussi très probablement évoluer : autrefois détenteurs de savoir, ils deviennent des conservateurs de contenu, des entraîneurs, des conseillers et des tuteurs, capables de guider les apprenants sur un chemin personnalisé adapté aux besoins du marché du travail. De manière cruciale, l'enseignement civique devra aussi évoluer pour doter les futurs citoyens de connaissances concernant les données et l'IA, d'une compréhension adéquate des tendances et des enjeux, y compris ceux liés à la gouvernance de l'IA et d'autres technosciences émergentes. Comme nous l'avons vu dans cette étude, il existe de nombreux choix éthiques et politiques déterminants sur la manière dont les sociétés vont décider d'accompagner collectivement l'émergence de l'IA. Il ne sera pas facile de trouver un consensus, surtout compte tenu des disparités croissantes de revenus, de richesse, d'avantages régionaux et d'opportunités qui peuvent défaire le tissu social, aussi bien dans les pays développés que ceux en développement.

27 Le cas de Yann LeCun est emblématique. Après une longue carrière universitaire en France et aux États-Unis, ce pionnier de l'apprentissage automatique, de la vision artificielle, de la robotique mobile et des neurosciences computationnelles a rejoint Facebook en 2013 en tant que directeur de la recherche en IA, en conservant son poste de professeur à l'Université de New York (NYU) et a simultanément démarré un partenariat de recherche entre Facebook et le Centre pour la science des données de la NYU. Il a aussi convaincu Mark Zuckerberg de le laisser diriger les opérations de recherche en IA de Facebook à partir de New York, avec la création d'un labo dédié à quelques rues de la NYU, en plus des laboratoires de Menlo Park (Californie) et de Londres. Voir <https://www.facebook.com/yann.lecun/posts/10151728212367143>

28 Richard Waters, *AI academic warns on brain drain to tech groups* (Les universitaires de l'IA signalent une fuite des cerveaux vers les groupes technologiques), *Financial Times*, novembre 2016. <https://www.ft.com/content/298e2ac0-b010-11e6-a37c-f4a01f1b0fa1>

29 La Maison Blanche, *Economic Report of the President 2016*, chapitre 4.

30 Une étude aux États-Unis suggère que l'apprentissage apporte un avantage pécuniaire significatif à un niveau de compétence donné : jusqu'à 300 000 USD sur une vie. Debbie Reed, et al. *An Effectiveness Assessment and Cost-Benefit Analysis of Registered Apprenticeship in 10 States* (Évaluation de l'efficacité et analyse coût-bénéfice de l'apprentissage enregistré dans dix États), Mathematica Policy Research, 2012.