

Comprendre l'impact de l'intelligence artificielle sur le développement des compétences

Publié en 2021 par

**l'Organisation des Nations Unies
pour l'éducation, la science et la culture**

7, place de Fontenoy,
75352 Paris 07 SP,
France

et

**le Centre international UNESCO-UNEVOC
pour l'enseignement et la formation
techniques et professionnels**

UN Campus
Platz der Vereinten Nationen 1
53113 Bonn
Allemagne

© UNESCO 2021

ISBN: 978-92-3-200238-9

Œuvre publiée en libre accès sous la licence
Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>).
Les utilisateurs du contenu de la présente publication
acceptent les termes d'utilisation de l'Archive ouverte
de libre accès UNESCO ([www.unesco.org/open-access/
terms-use-ccbysa-fr](http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-fr)).



Titre original: *Understanding the impact of artificial intelligence on skills development*. Publié en 2021 par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

Les désignations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'UNESCO aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Les idées et les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs ; elles ne reflètent pas nécessairement les points de vue de l'UNESCO et n'engagent en aucune façon l'Organisation.

Rédigé par

Kelly Shiohira

Traduction

Max Guggenheim

Conception

Christiane Marwecki

Impression

Imprimé en Allemagne

R É S U M É S U C C I N C T

S'orienter à l'ère de l'IA

L'ère de l'intelligence artificielle n'est vieille que de quelques années, mais son impact est puissant. Les emplois de qualification intermédiaire tels que nous les connaissons disparaissent rapidement avec l'automatisation systématique des tâches qu'ils impliquent, et la probabilité pour chacun de rencontrer la technologie de l'IA dans sa vie quotidienne va croissant. En fait, cinquante pour cent des organisations du monde entier déclarent recourir sous une forme ou une autre à l'IA dans leurs opérations.

Il est clair que l'IA a d'amples implications pour l'ensemble de l'humanité, et donc pour les institutions d'enseignement et de formation qui transmettent tout au long de la vie les compétences requises pour s'orienter à la fois dans le travail et dans la société. Toute une gamme d'institutions et d'autres parties prenantes ont relevé le défi par des activités de recherche et des programmes novateurs, ouvrant la voie à une meilleure compréhension du potentiel de l'IA – et de ses embûches.

Ce document présente une synthèse de la recherche sur l'état actuel des tendances, des programmes, des politiques et des utilisations de l'IA dans le contexte de l'enseignement et de la formation techniques et professionnels sur six continents, couvrant le monde développé et le monde en développement, pour servir de ressource à l'intention des parties prenantes qui s'investissent dans l'avenir des travailleurs de niveau intermédiaire et de l'EFTP. Enseignants, étudiants, gestionnaires, décideurs, responsables de la mise en œuvre des programmes et apprenants en formation continue sont conviés à se pencher sur les pratiques, les opportunités et les enjeux actuels de l'IA, et sur les recommandations visant à l'édification d'un système d'enseignement et de formation à l'épreuve de l'avenir.



« Les guerres prenant naissance dans l'esprit des hommes, c'est dans l'esprit des hommes que doivent être élevées les défenses de la paix »

Table des matières

Remerciements	6
Glossaire	7
Introduction	8
Définition des compétences intermédiaires	8
Finalité et structure de ce document	9

Section

1

VUE D'ENSEMBLE DE L'IA ET DE SES FONCTIONS

10

Concepts et vue d'ensemble de l'IA	11
L'IA et la croissance et le développement économiques	13
L'influence de l'IA sur le marché du travail	13
IA et compétences intermédiaires	14

Section

2

EXPLORATION DES PRATIQUES ACTUELLES D'ENSEIGNEMENT ET DE FORMATION À L'IA

16

Planification et gouvernance pour l'ère de l'IA	17
Politique de l'IA et analyse des stratégies	17
Objectifs de la politique de l'IA et positionnement	17
Structures de gouvernance de l'IA	18
Contribution de la politique de l'IA à l'éthique de l'IA	18
Politique de l'IA et développement des compétences	19
Mise en œuvre éthique et inclusive de l'IA	21
Cadres et principes pour une IA éthique	21
Défis et considérations pour une IA éthique	23
Égalité d'accès	23
Équité et croissance inclusive	24
Diversité	24
Biais	25
Sûreté et sécurité	25
Propriété des données et maîtrise individuelle	25

Valeurs et compétences pour l'ère de l'IA	27
L'IA axée sur les valeurs	27
Compétences pour l'ère de l'IA	29
Identification des besoins de compétences	32
L'IA au service de l'autonomisation de l'enseignement et de l'apprentissage	34
L'IA dans les institutions d'enseignement et de formation	34
Les défis de la mise en œuvre des innovations en IA dans l'éducation et la formation	37
Construire des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie grâce à l'IA	39
Un plaidoyer pour le travail intégré à l'apprentissage	39
Le rôle de l'industrie dans l'apprentissage tout au long de la vie	40
Parcours et titres d'apprentissage flexibles	41

Section

3

L'IA ET L'AVENIR DE L'EFTP **44**

La diversité des contextes de l'EFTP	45
Recommandations pour un rôle international de premier plan de l'EFTP	46
Recommandations pour la gouvernance régionale et nationale	47
Recommandations pour les institutions d'EFTP	49
Conclusion	52
Annexe : Liste des politiques examinées	53
Références bibliographiques	55

Remerciements

Ce document a été rédigé par Kelly Shiohira, Gestionnaire spécialiste à JET Education Services, avec des contributions de James Keevy, Directeur général de JET Education Services.

La publication constitue le fruit d'un effort conjoint et reflète les contributions de membres du Réseau UNEVOC, le réseau mondial d'institutions d'enseignement et de formation techniques et professionnels (EFTP) de l'UNESCO. L'UNESCO-UNEVOC désire remercier particulièrement tous ceux qui ont participé à des entretiens, des enquêtes et divers échanges de suivi, et les concepteurs et réalisateurs des initiatives et programmes présentés dans cette publication qui ont apporté des éclaircissements et effectué des mises à jour.

En outre, l'UNESCO-UNEVOC tient à remercier de leurs observations et de leurs contributions : Helen Crompton, Professeur associée de technologie éducative, Directrice du Technology Enhanced Learning Lab (TELL, laboratoire d'apprentissage assisté par la technologie) et Directrice du Virtual Reality Lab (laboratoire de réalité virtuelle, Université Old Dominion), Wayne Holmes, University College de Londres, et le personnel de l'UNESCO, en l'occurrence Hiromichi Katayama, Valtencir Mendes, Mark West, Wouter de Regt et le groupe de travail intersectoriel sur l'IA de l'UNESCO.

La supervision et la coordination de l'ensemble du travail ont été assurées par Max Ehlers et Nickola Browne, de l'UNESCO-UNEVOC.

Glossaire

AI HLEG	Groupe d'experts de haut niveau de la Commission européenne sur l'intelligence artificielle (GEHN IA)
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung (Institut fédéral de la formation professionnelle, Allemagne)
CE	Commission européenne
CEDEFOP	Centre européen pour le développement de la formation professionnelle
COMEST	Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies de l'UNESCO
CORE	Centres d'excellence en recherche
EFTP	Enseignement et formation techniques et professionnels
HITSA	Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutuse (Fondation des technologies de l'information pour l'éducation)
IA	Intelligence artificielle
IAG	Intelligence artificielle générale
ICTAI	International Centre for Transformational Artificial Intelligence (Centre international pour l'intelligence artificielle transformationnelle)
IdO	Internet des objets
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens)
NCVER	National Centre for Vocational Education Research (Centre national de recherche en enseignement professionnel, Australie)
NITI	National Institution for Transforming India (Institution nationale pour la transformation de l'Inde)
OIT	Organisation internationale du travail
ONU	Organisation des Nations Unies
PC	Ordinateur personnel
SAI	Systèmes autonomes intelligents
STEM	Science, technologie, ingénierie et mathématiques
TIC	Technologies de l'information et de la communication
UIT	Union internationale des télécommunications
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
UTHM	Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

Introduction

La numérisation et l'intelligence artificielle (IA) modifient notre façon de travailler, de vivre, de communiquer, d'apprendre et de jouer. Qu'ils en aient ou non conscience, les individus rencontrent de plus en plus souvent des technologies telles que l'IA dans leur vie quotidienne, dans des échanges aussi divers qu'une demande de prêt ou la lecture des médias sociaux, dont certains peuvent avoir de profondes répercussions sur leur vie. Deux décennies après le début du vingt-et-unième siècle, de nombreux métiers sont sous l'impact de la créativité et de l'ingéniosité humaines, qui de plus en plus permettent de tirer parti de technologies nouvelles. Les politiques nationales sont de plus en plus nombreuses à se concentrer sur l'IA, qui pénètre et affecte les processus industriels et agricoles, les services, les chaînes de valeur et l'organisation des lieux de travail. L'IA a le pouvoir d'améliorer la vie des individus, mais elle soulève aussi un certain nombre de questions d'ordre politique, éthique et social, y compris la création d'emplois et leur obsolescence. Elle constitue une source de tension sociale et politique et menace d'exacerber les inégalités dans les pays et entre les pays.

L'IA transforme aussi les marchés du travail. Un rapport du McKinsey Global Institute suggère que la moitié environ des tâches accomplies par des personnes pourraient être automatisées au moyen des technologies actuelles d'ici à 2055 (Manyika et al., 2017), intensifiant ainsi la tendance marquée vers des emplois plus qualifiés. Par ailleurs, la recherche tire d'éléments de plus en plus nombreux la conclusion que des facteurs tels que la technologie et la mondialisation aboutissent à « polariser » la main-d'œuvre entre emplois hautement qualifiés et faiblement qualifiés ou bien à « assécher » la demande de qualifications de niveau intermédiaire (Autor, 2010 ; Bárány & Siegel, 2015 ; Brown, 2016 ; Goos, Manning & Salomons, 2014). Les travailleurs possédant des compétences intermédiaires sont particulièrement menacés en raison de la nature routinière des tâches qu'ils accomplissent souvent et du fait que les technologies susceptibles de se substituer à eux, telles que l'IA et la robotique, peuvent entraîner de considérables économies pour les employeurs. Il importe cependant de préciser que cette remarque s'applique aux *compétences intermédiaires telles que nous les connaissons actuellement*. Des analyses effectuées sur la base de la profession plutôt que du percentile de salaire révèlent la persistance des professions

intermédiaires, mettant ainsi en lumière « l'évolution des emplois intermédiaires » (McIntosh, 2013: 41). De ce fait, si les compétences requises par le marché du travail peuvent évoluer, l'éducation de niveau intermédiaire telle que l'enseignement et la formation techniques et professionnels (EFTP) est loin d'être obsolète à l'ère numérique.

Dans ce contexte dynamique, l'élément clé propre à garantir une société inclusive réside dans l'aptitude à identifier avec précision et même à prédire les changements des compétences requises et les « points de pression » systémiques, tels que les groupes démographiques à l'accès et aux opportunités limités, et à fournir des réponses rapides tout au long de la chaîne de valeur de l'éducation. Si un certain nombre de réponses politiques ont jusqu'ici visé surtout à développer ou attirer le réservoir limité de talents de haut niveau dans l'IA, il est impératif que les institutions d'enseignement et de formation, et en particulier celles qui se concentrent sur les compétences intermédiaires, reconnaissent et assument leur part de l'effort de transformation.

Définition des compétences intermédiaires

Les définitions des « compétences intermédiaires » et des « professions intermédiaires » varient. Aux fins du présent document, elles se réfèrent aux emplois tels qu'ils sont classés par l'Organisation internationale du travail (OIT) comme relevant du niveau de compétences 2 et du niveau de compétences 3¹ :

1 Organisation internationale du travail (2012). *Classification internationale type des professions : CITP-08 Volume 1*. Genève : OIT. Les niveaux de compétences de l'OIT sont basés sur la nature du travail accompli, le niveau d'éducation formelle et l'étendue de la formation informelle ou sur le tas et de l'expérience nécessaire pour accomplir avec compétence les tâches et fonctions requises.

Tableau 1 Description des niveaux de compétences 2 et 3 de l'OIT

	Niveau de compétences 2	Niveau de compétences 3
Description	Ces professions requièrent généralement des compétences de lecture et d'écriture relativement avancées en vue de lire des manuels d'utilisation, de consigner des informations ou des événements et d'effectuer des calculs simples.	Ces professions sont caractérisées par l'exécution de tâches complexes d'ordre pratique exigeant un ensemble d'amples connaissances dans un domaine spécialisé. Elles requièrent un niveau d'éducation élevé et de solides compétences de communication interpersonnelle.
Exemples de tâches concernées	Conduite de machines, conduite de véhicules, entretien et réparation d'équipements électriques ou mécaniques, maniement et stockage d'informations, etc.	Gestion financière et/ou du personnel, relations avec la clientèle, installation et réparation de systèmes techniques ou mécaniques, tests médicaux, etc.
Niveau d'éducation requis	Accomplissement du premier cycle de l'enseignement secondaire, souvent avec en plus enseignement professionnel et formation sur le tas.	Enseignement secondaire, puis un à trois ans d'études dans un établissement d'enseignement supérieur et/ou formation continue sur le tas ou expérience.
Exemples	Bouchers, secrétaires, policiers, coiffeurs, etc.	Dirigeants de magasins, techniciens, secrétaires de services juridiques, etc.

Finalité et structure de ce document

Ce document recourt à des recherches documentaires, des analyses des politiques, des études de cas, des examens sectoriels et des interviews semi-structurés avec des praticiens de l'enseignement et de la formation pour examiner l'IA et les façons dont on s'attend à ce qu'elle continue à transformer les économies et les marchés du travail. L'étude montre comment le travail de niveau intermédiaire sera encore affecté et comment les institutions d'enseignement et de formation peuvent exploiter les nouveaux développements technologiques et méthodologiques pour améliorer leur propre capacité de réponse aux exigences du marché du travail et de la société. Nous espérons que cette étude rendra service aux décideurs, aux gestionnaires et praticiens de l'EFTP et à la communauté internationale qui intervient dans le développement des compétences.

La première section du document, intitulée « Vue d'ensemble de l'IA et de ses fonctions », sert d'entrée en matière pour les parties prenantes susceptibles de n'être pas particulièrement au courant des aspects techniques et conceptuels de l'IA ni de son fonctionnement ou de son rôle dans les transformations du marché du travail et le développement économique. Cette section commence par explorer ce qu'est (et n'est pas) l'IA par une brève explication des concepts fondamentaux liés à l'IA. Elle

décrit ensuite le rôle des compétences intermédiaires dans le monde du travail en pleine évolution de l'ère de l'IA.

La deuxième section, intitulée « Exploration des pratiques actuelles d'enseignement et de formation à l'IA », utilise les éléments présentés dans la première section comme un tremplin pour se lancer dans des discussions encadrées par quelques-unes des principales recommandations du *Consensus de Beijing sur l'intelligence artificielle et l'éducation*, à savoir : 1) planification et gouvernance pour l'ère de l'IA, 2) utilisation éthique et inclusive de l'IA, 3) valeurs et compétences pour l'ère de l'IA, 4) autonomisation de l'enseignement et de l'apprentissage par l'IA, et 5) création d'opportunités d'apprentissage tout au long de la vie au moyen de l'IA. La perspective du Consensus sur chacun de ces thèmes est suivie d'un exposé des pratiques actuelles et des défis et d'exemples pertinents de l'application de l'IA à l'éducation, à partir à la fois de recherches inédites et de l'abondante littérature scientifique qui existe déjà sur l'IA dans l'éducation.

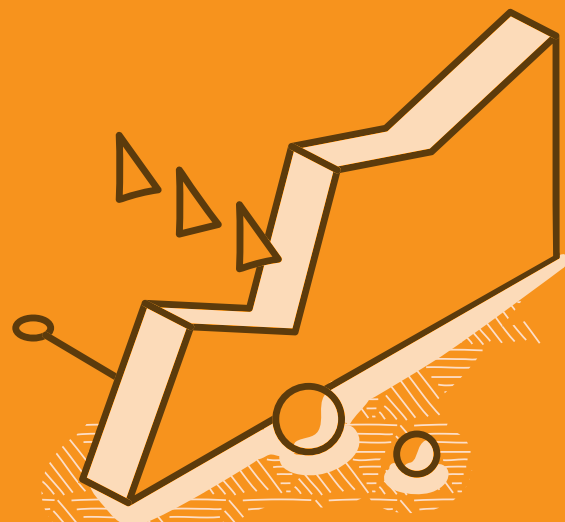
La dernière section, intitulée « L'IA et l'avenir de l'EFTP », présente des réflexions sur les conclusions de ce document et sur la voie à suivre, et formule des recommandations pour la gouvernance de l'IA et l'intégration de l'IA dans les institutions d'EFTP.

1

Pour se faire une idée de la contribution que l'IA est susceptible d'apporter à l'enseignement et à la formation, il est utile de décrire les possibilités inhérentes à la vaste gamme de technologies qui relèvent de la catégorie de l'IA et de procéder à des distinctions entre l'IA et les domaines connexes, comme la robotique, et l'éventail plus large des technologies de l'information et de la communication.

Cette section fournit des exemples de la force révolutionnaire de l'IA dans d'autres secteurs, comme l'agriculture et la santé, et discute brièvement des types d'IA qui font partie de la vie quotidienne. Elle examine ensuite l'influence de l'IA sur les économies, le travail, et l'enseignement et la formation, et notamment les compétences intermédiaires.

SECTION 1 VUE D'ENSEMBLE DE L'IA ET DE SES FONCTIONS



Concepts et vue d'ensemble de l'IA

L'IA peut entraîner des changements sur tous les fronts, qu'il s'agisse de changements sociaux par la détection des émotions ou, par exemple, de gestion infrastructurelle optimisant des réseaux de feux de signalisation à partir de données fournies en temps réel par des caméras de visualisation de la circulation et des capteurs de l'Internet des objets afin de maximiser le débit de véhicules. L'IA peut être utilisée pour planifier l'entretien prédictif des systèmes de transport collectif, y compris les réseaux de métro et les infrastructures publiques, afin de repérer les éléments potentiellement défaillants. Dans la gestion du secteur économique et social, l'IA peut être utilisée pour détecter les fraudes fiscales par le recours à des données alternatives telles que données de navigation, données sur les ventes et relevés de paiement.

Interview avec un universitaire, Polytechnics Mauritius

L'IA n'est pas un phénomène nouveau. Une bonne part de la théorie qui est à la base de l'IA a été élaborée par des informaticiens comme Alan Turing, Marvin Minsky et John McCarthy depuis soixante-dix années déjà, et l'IA est maintenant utilisée depuis un certain temps dans des secteurs tels que la finance et les domaines des STEM. Ce qui a changé profondément au cours de la dernière décennie, ce sont l'accès, la vitesse et la disponibilité. Dans son article publié en 2011 « Why software is eating the world » [Pourquoi le logiciel mange le monde], Marc Andreessen explique que « six décennies après l'origine de la révolution informatique, quatre décennies après l'invention du microprocesseur et deux décennies après l'envolée de l'Internet moderne, l'ensemble de la technologie nécessaire pour transformer les industries au moyen de logiciels fonctionne désormais et est largement disponible à l'échelle mondiale » – et est aussi à la portée de beaucoup.

Les applications actuelles de l'IA sont largement issues de l'industrie, créées avec pour principaux objectifs le développement de nouvelles entreprises et l'amélioration de l'efficacité de domaines existants ; d'amples investissements ont été effectués dans des secteurs comme la santé, la finance, le marketing, l'agriculture, l'urbanisme, l'éducation, les services et la sécurité (CBInsights, 2018). On trouve parmi les cas d'utilisation de l'IA l'amélioration du rendement des cultures par des avis en temps réel sur les parasites, les sols, la météo et les prix des récoltes ; la publicité ciblée et la navigation basée sur les préférences ; la gestion des stocks, de la chaîne d'approvisionnement et des livraisons ; l'entretien prédictif des équipements et/ou infrastructures ; l'automatisation des tâches administratives et la gestion des documents ; le service au client par des agents de dialogue ; l'analyse des fraudes et les applications de cybersécurité. L'IA a battu un pilote de chasse militaire (Baraniuk, 2016) et détecté avec précision un glaucome (Nvidia, 2018), et en 2017 le programme d'IA AlphaZero a remporté le titre de champion du monde d'échecs des ordinateurs après quatre heures d'apprentissage du jeu (Gibbs, 2017). En 2020, le programme d'IA AlphaFold a prédit la structure tridimensionnelle d'une protéine, mettant en œuvre avec succès l'IA pour résoudre un problème complexe majeur sur lequel les biologistes travaillaient depuis plus de cinquante ans (Sample, 2020). À l'heure actuelle, en 2021, un agent de dialogue piloté par l'IA et appelé iTrack Skills, conçu pour effectuer le suivi des diplômés de l'EFTP, est à l'essai dans trois pays (Monténégro, Tanzanie et Bangladesh)².

L'IA permet une telle polyvalence parce que l'IA est elle-même polyvalente. Comme l'a noté Calo (2017), il n'y a pas de consensus universel sur la définition standard de l'IA ni ce qu'elle constitue. Le terme « intelligence artificielle » se réfère en fait à diverses techniques dont la complexité varie et qui ont en commun un même résultat : l'imitation de la cognition et de la prise de décision humaines.

² https://www.ilo.org/budapest/whats-new/WCMS_735020/lang--en/index.htm

Les avancées récentes réalisées dans l'IA ont pour la plupart été obtenues en appliquant de diverses façons l'apprentissage machine à d'énormes ensembles de données (Brookfield Institute, 2018). Les systèmes d'IA sont de complexité variable en fonction des tâches à accomplir et se fondent sur divers degrés d'intervention humaine sur leurs paramètres. À une extrémité du continuum, on trouve l'apprentissage supervisé, où les paramètres d'entrée et de sortie sont étiquetés et déterminés par des humains. Dans l'apprentissage non supervisé, les paramètres d'entrée sont encore étiquetés par des humains, mais l'algorithme regroupe les données selon des caractéristiques communes, une technique souvent utilisée dans la publicité ciblée. À l'autre extrémité du continuum, on trouve l'apprentissage par renforcement, où un algorithme et ses décisions sont améliorés par diverses démarches pour maximiser une « récompense » (par exemple des retours sur investissement), et l'apprentissage profond, un type d'apprentissage machine inspiré des connexions neuronales du cerveau humain et où des couches interconnectées de calculatrices logicielles appelées « neurones » forment un « réseau neuronal » qui traite des couches séquentielles ou des boucles d'informations de plus en plus complexes. Les réseaux neuronaux peuvent être convolutifs ou récurrents. Les réseaux convolutifs effectuent des analyses incrémentales à des niveaux de complexité croissants, et le résultat diffère à chaque niveau (comme dans le traitement d'images). Les réseaux récurrents stockent les informations dans des nœuds contextuels, leur permettant ainsi d'« apprendre » des séquences de données (comme dans la saisie de texte prédictive) (McClelland, 2017).

On classe l'IA comme disposant d'une « intelligence étroite », une « intelligence générale » ou une « super-intelligence », en fonction de la mesure dans laquelle elle réagit aux entrées de manière intelligente et subjective. Nous n'avons jusqu'à présent réalisé que l'IA « étroite », c'est-à-dire une IA qui agit dans un ensemble limité d'environnements ou de paramètres, même si certains systèmes peuvent s'appliquer à des contextes multiples.

L'intelligence artificielle générale (IAG) désigne la capacité hypothétique à réagir adéquatement dans une vaste gamme d'environnements pour accomplir une vaste gamme de tâches (Davidson, 2019 ; O'Carroll, 2017) ou accomplir n'importe quelle tâche humaine (Baggaley, 2017). Parmi les tests proposés en vue de déterminer si l'IA peut être considérée comme générale figurent l'évaluation de la capacité d'un robot à réussir des études et le test de Turing (Turing, 1950), qui analyse si une machine ou un programme peut présenter un comportement impossible à distinguer de celui des êtres humains. Deux machines, Eugene Goostman et Cleverbot, auraient réussi le test de Turing, ce qui est contesté ; Google Duplex, d'Alphabet, semble avoir réussi le test en 2018, avec pour réserve que la conversation se restreignait à prendre des rendez-vous. En bref, la technologie de l'IA n'a pas encore valablement franchi l'étape du test de Turing. Et tandis que 90 pour cent des experts interrogés en 2014 pensaient que l'IAG serait atteinte d'ici 2075, ceci exigerait d'importantes percées au niveau tant de la puissance de traitement que des techniques d'apprentissage machine (Joby, 2020).

L'IA et la croissance et le développement économiques

Historiquement, les avancées technologiques ont entraîné un déclin pour certains emplois et une progression pour d'autres (Furman, 2016). Un point de vue affirme que l'IA jouera un rôle capital dans le développement économique et améliorera effectivement la production et le revenu global. Des recherches d'Accenture suggèrent que l'IA a le potentiel de stimuler de 38 pour cent en moyenne les taux de rentabilité et entraînera une impulsion économique de 14 000 milliards de US\$ dans seize secteurs de douze économies d'ici à 2035 (Purdy & Daugherty, 2017). En outre, des initiatives d'IA en nuage telles que TensorFlow donnent libre accès à des technologies novatrices et qui stimulent la productivité (Access Partnership, 2018), facteur clé de la croissance économique (Frontier Economics, 2018).

Ni les gouvernements ni l'industrie n'ignorent l'influence actuelle et future de l'IA. L'enquête mondiale sur l'IA menée par McKinsey en 2020³ a révélé que la moitié des personnes interrogées faisaient état de l'utilisation de l'IA dans leurs organisations, et le volume des investissements en capital privé dans l'IA a doublé entre 2016 et 2017 pour atteindre plus de 16 milliards de US\$ (OECD, 2018). Le gouvernement de la Chine estime que 26 pour cent de son PIB proviendront en 2030 d'activités et entreprises liées à l'IA (Chinese State Council, 2018), tandis que la Stratégie industrielle du Royaume-Uni prévoit que d'ici la même année, son PIB sera de 10 pour cent plus élevé du fait de l'IA (United Kingdom, 2021 ; United Kingdom, 2018).

Les technologies révolutionnaires ne sont pas un phénomène nouveau pour l'humanité, et la notion de destruction créatrice de Schumpeter intrigue les observateurs depuis des décennies. En 1996, par exemple la Commission nationale des USA sur la technologie, l'automatisation et le progrès économique concluait que la technologie pouvait éliminer ou supplanter des emplois, mais pas le travail dans son ensemble, et que les changements technologiques ont causé et continueront de causer des suppressions d'emplois dans toute l'économie. Les conclusions de l'étude se sont avérées correctes (United States, 1966). C'est ainsi par exemple que l'introduction de l'ordinateur personnel (PC)

a mené à la création de 15,8 millions d'emplois nouveaux en chiffres nets aux USA au cours des quarante dernières années, même compte tenu des emplois perdus parce que supprimés. Point plus important encore, plus de 90 pour cent de ces emplois relèvent de « professions qui utilisent le PC mais dans d'autres secteurs, par exemple agents de centres d'appel, analystes financiers et gestionnaires de stocks » (Lund & Manyika, 2017).

Le McKinsey Global Institute estime qu'entre la croissance des investissements et de la productivité, le plein emploi pourrait être atteint si les travailleurs affectés peuvent retrouver un emploi dans un délai d'un an ; dans un scénario plus probable, toutefois, les tendances de la croissance varieraient, les emplois semi-qualifiés augmentant dans les pays en développement et la demande de main-d'œuvre moyennement et faiblement qualifiée diminuant dans les économies plus développées, et l'écart des revenus se creuserait (Manyika et al., 2017). Comme le note Furman (2016), il n'y a guère de raison de croire que les effets nets de la transformation due à l'IA se traduiront par des résultats complètement différents de ceux d'avancées technologiques antérieures, qui ont renforcé les inégalités salariales, notamment chez les travailleurs diplômés de l'enseignement secondaire, qui ont vu leurs salaires relatifs tomber de plus de 80 pour cent à moins de 60 pour cent de ceux des diplômés de l'enseignement supérieur. En outre, il convient de noter que les tendances historiques accusent typiquement des décalages depuis le travail moyennement et faiblement qualifié vers le travail mieux qualifié (Brown, 2016 ; OECD, 2016 ; Pew Research Centre 2016). Aussi, si ces tendances se maintiennent, c'est la main-d'œuvre semi-qualifiée qui sera probablement le plus durement frappée.

L'influence de l'IA sur le marché du travail

Il existe une disparité entre le profil de compétences de la main-d'œuvre actuelle et la demande croissante de travailleurs mieux qualifiés. Une modélisation du CSIRO australien indique que les compétences qui seront les plus demandées à l'avenir portent sur les sciences, la conception de la technologie, l'ingénierie, les mathématiques, la programmation, l'analyse des systèmes, la réflexion

3 <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2020>

critique et l'utilisation de l'ordinateur ; parmi celles-ci, les compétences en conception technologique sont représentées dans les postes présentant le plus grand potentiel de croissance d'emploi, suivies par les compétences en mathématiques, utilisation de l'ordinateur et réflexion critique.

Interview avec un représentant du NCVET, Australie

Si les interactions de l'IA avec les économies et les systèmes sont complexes, les principaux vecteurs par lesquels il est probable que l'IA aura un effet direct sur les personnes employées sont le remplacement des travailleurs humains, des combinaisons de dispositifs, systèmes et robots intelligents assistés par l'IA, et l'augmentation de la performance humaine au travail (modèles « IA plus X ») (NITI Aayog, 2018). Selon Brynjolfsson et al. (2018: 46-47), « il n'y a (tout au plus) que quelques emplois qui puissent être entièrement automatisés par l'utilisation de l'apprentissage machine. La technologie de l'apprentissage machine peut transformer de nombreux emplois dans l'économie, mais l'automatisation intégrale sera moins importante que le réaménagement des processus et la réorganisation des tâches », ce qui suggérerait que l'intégration de l'IA dans les tâches sera probablement le résultat le plus marquant de l'actuelle vague de transformation numérique.

En l'absence de facteurs politiques et sociaux et de consommateurs, la formule déterminant la probabilité d'un remplacement d'emploi serait simple : si la technologie disponible pouvait égaler le comportement humain et opérer à un moindre rapport coût/produit, l'emploi serait automatisé. Dans un tel scénario, plus la quantité de travail de routine ou de travail requérant des interventions et des modes de prise de décision prévisibles serait importante, plus l'emploi risquerait d'être automatisé. Toutefois, les facteurs qui déterminent la probabilité d'un remplacement sont complexes et impliquent des règles juridiques, des préférences des consommateurs et des pressions sociales et politiques. C'est ainsi par exemple qu'alors que l'IA peut être techniquement à même de détecter avec précision des problèmes de santé, la délivrance de médicaments et de traitements est la plupart du temps légalement réservée à des professionnels de la santé formés et agréés. Ainsi, si les médecins peuvent recourir à l'IA comme outil de diagnostic (« diagnostic de poche »), il est improbable que l'IA se substitue aux professionnels de la santé à moins que les cadres réglementaires ne subissent d'importants changements.

Parmi les exemples d'emplois menacés par l'automatisation figurent les transcritteurs, chauffeurs livreurs, techniciens en dossiers, assistants personnels ou secrétaires et ouvriers d'usine. Cette automatisation pourra à son tour faire naître de nouveaux emplois en

liaison avec les tâches effectuées par les machines, mais les emplois d'appui créés demanderont souvent une formation et une préparation plus poussées et des compétences telles que la programmation informatique et la maintenance des robots (CBInsights, 2018), entraînant ainsi au sein de la main-d'œuvre un nouveau décalage vers les professions mieux qualifiées, tendance observée par le Pew Research Centre (2016).

Toutefois, les modèles « IA plus X » (l'utilisation de l'IA pour augmenter la performance humaine au travail) auront sans doute l'effet inverse. Dans le cas de certaines professions hautement qualifiées comme celles des professionnels de la santé, l'introduction de l'IA peut entraîner la consolidation ou l'expansion des gammes de prestations et une réduction du recours aux spécialistes. Par une combinaison d'impression en 3D et de technologie d'IA, par exemple, les activités d'un orthésiste ou d'un prothésiste pourraient être effectuées par un professionnel de la santé et un physiothérapeute travaillant ensemble. Dans d'autres cas, l'introduction de l'IA servira surtout à accroître les bénéficiaires ou les marges bénéficiaires, comme avec certaines applications d'IA prédictive dans le secteur agricole pouvant permettre à des agriculteurs aux compétences faibles ou modérées d'accroître le rendement de leurs cultures et leur productivité. Dans certains cas, la mise en œuvre de l'IA mettra les individus faiblement qualifiés en mesure d'accéder au marché du travail en acquérant de nouvelles compétences, soit par une formation directement assurée par des entreprises comme Sama, qui embauche des travailleurs à faible revenu et les forme au travail numérique, comme capturer et annoter des images (NITI Aayog, 2018), soit en permettant aux travailleurs faiblement qualifiés d'obtenir les mêmes résultats que leurs homologues mieux qualifiés grâce au recours à l'IA, par exemple décisions d'octroi de prêt assistées par l'IA dans le secteur financier (Merlynn Technologies, N.D.).

IA et compétences intermédiaires

Alors que de nombreuses discussions relatives à l'IA concernent les stratégies de lutte contre les pénuries de compétences dans les emplois hautement qualifiés, les discussions relatives à l'impact de la numérisation sur les emplois moyennement ou faiblement qualifiés restent limitées. En réalité cependant, le marché du travail connaît une polarisation croissante entre emplois hautement et faiblement qualifiés (Pew Research Centre, 2016). Il existe une tendance, d'une part, à l'« assèchement » des compétences et, d'autre part, à la demande de compétences nouvelles chez les travailleurs possédant des compétences intermédiaires. La transformation des tâches de niveau moyen consistera en deux dimensions. En premier lieu, les tâches répétitives seront vraisemblablement automatisées. Cette tendance est manifeste dans les emplois moyennement qualifiés, dont le travail de routine et l'environnement prévisible peuvent facilement être reproduits par des machines.

En second lieu, les compétences de la main-d'œuvre moyennement qualifiée seront transformées pour inclure des compétences numériques et transversales. S'il existe un important risque d'automatisation dans le monde développé, certaines analyses suggèrent que le risque est même plus grand encore dans certaines parties du monde en développement eu égard au degré plus élevé de tâches de routine telles que le tri et le suivi (Egaña del Sol & Joyce, 2020).

Quatre-vingt-deux pour cent des emplois moyennement qualifiés requièrent déjà des compétences numériques, qui vont de pair avec un salaire plus élevé et de meilleures perspectives de progression de carrière. Aussi les compétences numériques assument-elles trois fonctions essentielles pour les demandeurs d'emplois moyennement qualifiés :

- Elles ouvrent l'accès au marché des emplois moyennement qualifiés. Dans des domaines tels que le travail de bureau, le service clientèle et la gestion opérationnelle, la demande de compétences numériques chez les demandeurs d'emplois moyennement qualifiés réside presque entièrement dans les logiciels de productivité⁴. En fait, plus d'un tiers (36 pour cent) des emplois moyennement qualifiés concernent des professions où les seules exigences en matière de compétences numériques portent sur les logiciels de productivité, tandis que les postes plus avancés requièrent des faisceaux de compétences plus techniques comme l'utilisation de systèmes CRM et de logiciels de conception numérique. La connaissance des tableurs et du traitement de texte continuent de représenter le fondement des compétences numériques, constituant le niveau minimum exigé pour 78 pour cent des emplois moyennement qualifiés.
- Elles offrent une progression de carrière à la place d'une formation avancée. Dans le commerce de détail, la production et la maintenance, la capacité à utiliser des logiciels de productivité est une condition pour pouvoir progresser.
- Elles définissent dans un domaine donné un ensemble de compétences pour des fonctions spécialisées. Il s'agit pour la plupart d'emplois du domaine de la santé comme les emplois de technicien de santé, qui reposent sur des connaissances numériques spécifiques mais sont souvent des emplois de débutants.

Les emplois moyennement qualifiés sans grande intensité numérique se concentrent actuellement dans les transports, la construction et les services d'installation et de réparation. En d'autres termes, les compétences numériques sont devenues la condition minimum d'entrée dans la plupart des autres secteurs.

⁴ Les logiciels de productivité sont des logiciels qui aident les utilisateurs à produire des informations telles que documents, graphiques et diagrammes.

Au fur et à mesure que l'IA poursuit sa pénétration du marché du travail, il est probable que des transformations similaires se produiront, avec l'intégration progressive de compétences liées à l'IA dans pratiquement toutes les professions.

Les systèmes d'EFTP du monde entier doivent donc adopter une nouvelle approche du paysage en pleine évolution des emplois moyennement qualifiés et de la transmission de compétences numériques et transversales. Les compétences transversales peuvent s'appliquer à une vaste gamme de cadres de vie et de travail et inclure réflexion critique, communication, compétence financière et médiatique. Ces faisceaux de compétences permettent aux travailleurs de s'adapter aux changements et de détecter et mettre à profit parcours professionnels et possibilités de carrière, considération essentielle puisque chacun est maintenant censé apprendre tout au long de sa vie de nouvelles compétences exploitables. La planification de la progression de carrière constituera un défi crucial pour certains pays dans la décennie à venir et au-delà, en particulier dans le contexte de la baisse du financement public des programmes de formation professionnelle dans de nombreux pays, même si la formation financée par les entreprises progresse (ManpowerGroup, 2018).

Selon l'UNESCO (2016), l'EFTP fait partie d'un parcours d'apprentissage tout au long de la vie ; il peut se situer aux niveaux secondaire, post-secondaire et supérieur et englobe la formation en environnement professionnel ainsi que la formation continue et le développement professionnel. L'EFTP répond donc à une vaste gamme de besoins de transmission de compétences. Dans la quasi-totalité des pays, les systèmes d'EFTP jouent un rôle central pour satisfaire la demande de qualifications de niveau inférieur et intermédiaire, même si la gouvernance, le financement, les dispositifs, les sites et l'expérience de l'EFTP présentent de grandes différences entre les pays et souvent au sein d'un même pays.

Il importe de réévaluer l'assemblage et le calendrier des programmes d'EFP pour assurer la flexibilité et se concentrer sur les nouvelles compétences requises pour de nouvelles formes de travail... L'agilité peut également être soutenue par une meilleure compréhension de l'environnement externe. Il est maintenant possible aussi d'obtenir des données en temps réel sur les vacances d'emplois, les compétences requises et l'évolution des formes d'emploi pour orienter la prise de décisions et le développement des contenus de formation.

Interview avec un représentant du NCVER, Australie

2

Face aux développements multi-dimensionnels de la prédominance, de la mise en œuvre et de la gouvernance de l'IA dans l'éducation, le *Consensus de Beijing sur l'intelligence artificielle et l'éducation* formule une série de recommandations pour l'utilisation optimale de l'IA dans l'éducation et, plus généralement, aux fins de planification des compétences. Ce document reprend les points essentiels du consensus comme cadre de référence pour la poursuite de la discussion et explore cinq domaines interconnectés couverts par le consensus : planification et gouvernance pour l'ère de l'IA, utilisation éthique et inclusive de l'IA, valeurs et compétences pour l'ère de l'IA, autonomisation de l'enseignement et

de l'apprentissage par l'IA, et création d'opportunités d'apprentissage tout au long de la vie au moyen de l'IA.

Cette section examine les tendances et les enjeux dans chacun de ces domaines et récapitule les résultats des divers types de recherches menées, y compris recherches et synthèses documentaires, examen des politiques, et interviews avec des parties prenantes de l'EFTP et de l'enseignement supérieur. Elle présente pour chaque domaine des exemples de pratiques de l'IA actuellement mises en œuvre ou susceptible de l'être à l'avenir pour le développement de compétences techniques et professionnelles.

SECTION 2

EXPLORATION DES PRATIQUES ACTUELLES D'ENSEIGNEMENT ET DE FORMATION À L'IA

Planification et gouvernance

pour l'ère de l'IA

En ce qui concerne la planification et la gouvernance, le *Consensus de Beijing sur l'intelligence artificielle et l'éducation* recommande d'utiliser les données et les nouvelles méthodes d'analyse des données pour améliorer les processus de décision et de planification, d'identifier de nouveaux mécanismes de financement innovants, et d'adopter des approches intersectorielles et multipartites de la planification et de la gouvernance relatives à l'IA dans l'éducation.

Si le niveau de surveillance et le degré d'intégration des institutions d'enseignement et de formation dans les politiques gouvernementales varient d'un pays à l'autre et même au sein d'un même pays, une analyse des politiques et des stratégies gouvernementales clarifie très vite la mesure dans laquelle le développement national est considéré dépendre de la capacité des institutions d'enseignement et de formation à réagir aux besoins en émergence et en évolution.

Entre 2016 et 2018, vingt-six pays au moins ont publié un état des progrès qu'ils ont réalisés dans le développement des politiques d'IA (voir annexe). Cette section décrit ces premiers documents exposant les politiques et stratégies des gouvernements en matière d'IA, présente deux exemples de politiques adoptant des approches différentes de la gouvernance de l'IA et, enfin, examine les implications et les perspectives des questions clés observées dans les politiques pour les institutions d'enseignement et de formation.

Politique de l'IA et analyse des stratégies

Les gouvernements doivent réagir tant aux défis conceptuels de l'IA qu'aux effets tout à fait réels de l'IA sur les citoyens et leur vie et leurs moyens de subsistance (Brundage & Bryson, 2016). Les gouvernements doivent trouver un équilibre essentiel entre la création d'environnements propices au développement et à la croissance de l'IA et l'atténuation des risques posés par l'IA. Les décideurs doivent examiner si les machines devraient se voir confier la prise de décisions et, dans l'affirmative, à quel moment ; si les valeurs implicites présidant à la prise de décisions reflètent les valeurs de la société et les normes sociales au sens large ; et comment traiter des problèmes tels que données et résultats biaisés, protection des consommateurs et confidentialité, responsabilité des dommages causés

par l'IA, cyberterrorisme (Brookfield Institute, 2018). En outre, l'équale répartition des avantages de l'IA représente une préoccupation sociale capitale et constitue un défi particulier dans un contexte où la plupart des investissements dans l'IA proviennent du secteur privé et où l'adoption de l'IA est guidée par son utilisation par des entreprises dans des cas liés à la profitabilité financière immédiate (CBInsights, 2018).

Objectifs de la politique de l'IA et positionnement

Les objectifs des politiques et des approches de l'IA diffèrent d'un pays à l'autre et sont souvent liés à des priorités stratégiques ou politiques. C'est ainsi par exemple que la Chine, la France et le Royaume-Uni s'attachent à devenir des sites majeurs de l'industrie de l'IA et que leurs politiques s'articulent donc autour du développement de talents nationaux et de l'instauration des conditions adéquates, y compris infrastructurelles. Les économies compétitives et en rapide développement telles que la Corée du Sud, Singapour, le Japon et la Chine se concentrent sur la production de nouveaux produits d'IA et sur des aspects connexes tels que l'établissement de droits de propriété intellectuelle, la mise en œuvre d'un marketing mondial et le lancement de concours ou d'incitations au développement d'applications et de technologies nouvelles. La Malaisie, le Mexique et l'Inde se sont positionnés surtout comme prestataires au sein de la chaîne de valeur de l'IA, se basant sur l'avantage stratégique de la main-d'œuvre bon marché. Quelques pays, notamment l'Italie et les EAU, ont intégré l'IA dans les prestations de services publics en vue d'une meilleure efficacité. Un objectif ultime des politiques d'IA est d'établir des cadres stratégiques ou des priorités pour l'industrie, les milieux universitaires et d'autres initiatives gouvernementales en vue de les mettre en concordance avec des plans opérationnels. Cette démarche figure surtout dans des documents de politique régionale tels que ceux publiés par l'Union européenne et la Région nordique-baltique, mais la Suède a elle aussi adopté cette approche au niveau national. L'examen des politiques a révélé de grands secteurs d'intérêt parmi lesquels l'éducation, la qualité de la vie, la prospérité économique, la sécurité nationale, la santé, l'énergie, les transports, l'urbanisme, la robotique, la mobilité, la sécurité informatique, l'environnement, l'agriculture et les sciences de la vie.

Encadré 1 Exemple de politique – Suède

Le gouvernement suédois a publié en 2018 une stratégie globale d'IA, *l'Approche nationale pour l'intelligence artificielle*⁵. Plutôt que de décrire des mesures déterminantes des pouvoirs publics, la stratégie énonce des objectifs clés du gouvernement auxquels les autres parties prenantes telles qu'entreprises, institutions universitaires et autorités locales devraient se conformer. Elle identifie des piliers dans des domaines prioritaires tels que le développement économique, la santé, la sécurité et les villes durables, y compris la redéfinition et la recréation de modèles commerciaux et opérationnels, l'intégration et l'adoption de l'IA dans les entreprises, l'accès aux données, et le développement de compétences et aptitudes d'IA dans les entreprises et parmi le public. Neuf priorités stratégiques englobent les domaines du développement des talents, de l'accès aux données, de la recherche et de la gouvernance éthique.

Parmi les priorités en matière de développement des compétences figurent le développement de la formation supérieure à l'IA par des collaborations entre entreprises, pouvoirs publics et milieux universitaires, l'investissement dans des étudiants de niveau doctoral et post-doctoral en IA, l'extension de l'éducation de base pour y inclure l'informatique, la promotion de l'apprentissage tout au long de la vie et de la mobilité de l'emploi, et la création de nouveaux postes combinant enseignement et recherche, ce qui constituerait une stratégie viable pour atténuer le mouvement de transition de spécialistes universitaires de l'IA vers les entreprises.

Les questions de gouvernance englobent l'« administration publique innovante » pour le développement de l'IA, un équilibre entre innovation par les entreprises et vie privée, éthique et sécurité numérique, et le développement d'un système étatique pour garantir que les solutions d'IA prennent en compte les problèmes sociaux. L'infrastructure et l'accès aux données pour l'éducation, la recherche et les projets de développement axés sur les applications demeurent une préoccupation majeure. Le document appelle en outre à collaborer et à centrer les efforts sur la création de moteurs de l'investissement et du développement de l'IA.

Structures de gouvernance de l'IA

Les initiatives politiques portant sur la gouvernance de l'IA incluent la mise en place de ministères ou d'organismes régulateurs appelés à assumer la responsabilité immédiate de l'IA ou, à titre d'alternative, l'intégration des responsabilités en matière d'IA dans des ministères existants. C'est ainsi qu'au Royaume-Uni, le Conseil de l'IA fait appel à l'expertise tant des milieux universitaires que de l'industrie, tandis que l'approche chinoise de l'« équipe nationale » fait appel à l'expertise de l'industrie. Centraliser l'IA dans des services ou unités spécifiques implique une responsabilité de perfectionnement du personnel et d'identification de l'expertise requise, et les organismes consultatifs pourraient aussi comprendre des experts des milieux universitaires et/ou industriels. Ces mesures contribuent à garantir que les gouvernements ont la nécessaire capacité en matière d'IA dans un contexte où les individus qui présentent la combinaison requise de compétence en politique publique et d'expertise en IA sont rares (Gasser & Almeida, 2017 ; Kahn, 2018).

Une autre approche conçue pour parvenir au même but, adoptée à titre d'élément de la stratégie des EAU en matière d'IA, se concentre sur la formation à l'IA des représentants des pouvoirs publics.

Contribution de la politique de l'IA à l'éthique de l'IA

Si l'éthique de l'IA était mentionnée dans la plupart des politiques, quelques pays seulement avaient fin 2018 engagé des discussions politiques constructives sur la répartition des avantages de l'IA et le développement inclusif. L'Inde, par exemple, a engagé des discussions politiques sur l'équité et les avantages sociaux dans un document de discussion portant le sous-titre #AIforAll, qui soutenait que « le rôle du gouvernement devient crucial pour assurer l'intervention de l'IA à grande échelle » dans des secteurs tels que l'éducation, où les bénéfices non seulement sont tardifs, mais peuvent aussi n'être pas monétaires (NITI Aayog, 2018: 22). Le livre blanc du Mexique *Vers une stratégie de l'IA* comporte

5 Résumé en anglais : https://www.vinnova.se/contentassets/29cd313d690e4be3a8d861ad05a4ee48/vr_18_09.pdf

une section sur l'équité, en particulier les stratégies conçues pour améliorer les services aux travailleurs à bas salaires. La plupart des documents nationaux de politique ne comportent pas de directives éthiques, mais prescrivent d'autres mesures comme la mise en place de conseils ou de comités consultatifs sur l'éthique de l'IA, la révision des cadres juridiques, des recherches sur l'impact social de l'IA et l'élaboration de politiques spécifiques complémentaires relatives à l'éthique. Un constat de l'examen des politiques est que sur le plan international, la priorité consiste le plus souvent à favoriser le développement et le déploiement de l'IA, et qu'il n'est guère prévu de réponses ou d'interventions réglementaires pour faire face à l'impact sur les emplois. Toutefois, certaines politiques soutiennent l'extension du filet de sécurité sociale ou fournissent un soutien additionnel pour affronter la transformation sociale et économique annoncée, comme dans le Cadre de réponse rapide aux licenciements d'Australie (Australian Government, 2018).

Au moins deux séries de directives d'éthique ont depuis fait leur apparition. Les *Lignes directrices en matière d'éthique pour une IA digne de confiance* de la Commission européenne (AI HLEG, 2019) comprennent une section consacrée à la fois à la technologie et à la société dans laquelle elle opère. En ce qui concerne la technologie, les lignes directrices appellent au respect de la vie privée et à la gouvernance des données, à la transparence, à la responsabilité, et à la robustesse technique et à la sécurité. Elles citent par ailleurs l'action humaine et le contrôle humain, l'IA pour l'autonomisation de la personne humaine et les droits fondamentaux, la diversité, la non-discrimination, l'équité d'accès et le bien-être sociétal et environnemental. En 2019

également, quarante-deux pays ont adopté les *Principes de l'OCDE sur l'intelligence artificielle*, s'engageant ainsi à respecter des normes internationales visant une IA robuste, sûre, équitable et digne de confiance. Les principes commencent par recommander une croissance inclusive et des valeurs centrées sur l'humain et appeler à « une approche responsable en soutien d'une IA digne de confiance afin de tendre vers des résultats bénéfiques pour les individus et la planète » (1.1), avant de se consacrer aux préoccupations relatives aux données comme la transparence, la responsabilité et la sécurité. Les principes préconisent également la coopération internationale, le renforcement des capacités humaines et la préparation des transitions sur les marchés du travail (OECD, 2019).

Si ces initiatives fournissent un cadre et un point de départ, la transposition de ces directives et accords de haut niveau en politiques et stratégies nationales est encore pour une bonne part en cours, ce qui suscite certaines préoccupations puisque ce vide politique a largement laissé à l'industrie, tout au moins dans l'intervalle, l'interprétation de l'éthique dans l'IA (Williams, 2019).

Politique de l'IA et développement des compétences

Dans la publication *The Digitization of TVET and Skills Systems [La numérisation de l'EFTP et des systèmes de compétences]* (2020), l'OIT et l'UNESCO soutiennent que l'adaptation aux tendances, par exemple équipes de travail complexes et diverses, technologies en constante émergence et automatisation des tâches de routine, exige

Encadré 2 Exemple de politique – Inde

L'Inde est l'un des pays qui accordent le plus d'importance à l'IA aux fins d'inclusion sociale. Le document de discussion *Stratégie nationale pour l'intelligence artificielle* (NITI Aayog, 2018) souligne l'importance de l'utilisation de l'IA pour le développement social et le rôle actif qui reviendra au gouvernement pour stimuler les investissements dans l'IA, inciter à mettre en œuvre l'IA et faire en sorte qu'une attention appropriée revienne aux applications financièrement moins profitables de l'IA qui ont un rendement social robuste, en particulier dans des secteurs tels que l'éducation et la santé. La stratégie d'IA de l'Inde propose de procéder en deux phases : la mise en place de Centres d'excellence en recherche (CORE), qui mèneront alors des recherches en IA dont les applications seront développées et adaptées par des Centres internationaux pour l'IA transformationnelle (ICTAI). Les investissements des pouvoirs publics, le développement des compétences et la planification gouvernementale fourniront la base de stratégies adaptables que l'Inde espère présenter au reste du monde.

Le document de discussion positionne notamment le gouvernement comme le principal gardien de l'approche « l'IA au bénéfice de tous » et stipule que « les externalités résultant de l'adoption de l'IA dépassent largement les bénéfices économiques réalisés par des initiatives privées, et par conséquent le rôle du gouvernement devient crucial pour assurer l'intervention de l'IA à grande échelle » (2018: 22).

que les politiques s'attachent à anticiper les besoins de compétences et les domaines de déqualification par des examens réguliers du marché du travail au moyen de technologies émergentes, à transmettre des compétences transversales comme « apprendre à apprendre », et à améliorer la réactivité de l'éducation aux tendances émergentes, ce qui requiert une étroite coopération entre éducation, recherche et entreprises.

Tandis que les pays s'engagent dans l'application de ces trois recommandations, les politiques examinées se concentraient surtout sur le développement des compétences et les liens entre pouvoirs publics, monde de l'industrie et milieux universitaires, le plus souvent par la mise au point de centres de recherche, de pôles ou de parcs industriels équipés pour le développement de l'IA, afin de rassembler l'expertise des universités et des entreprises. En tant que liens d'une importance capitale avec le développement des talents d'IA et la transformation de la main-d'œuvre, les institutions d'EFTP peuvent être en mesure d'établir de nouvelles relations avec les entreprises, les pouvoirs publics et l'enseignement supérieur par de telles initiatives si elles ont la chance d'opérer près de ces pôles.

Un autre point central des politiques est le développement des compétences à tous les niveaux éducatifs. Elles présentent des réformes de l'enseignement primaire et secondaire passant par des modifications des curricula, comme le dispositif pilote d'introduction de la robotique

et du codage dans le curriculum de l'éducation de base en Afrique du Sud (Malinga, 2020). La publication *Australia's Tech Future* appelle à des investissements dans l'infrastructure pour permettre un accès accru à la scolarité en ligne afin d'améliorer l'égalité d'accès.

Parmi les approches du développement des talents dans l'IA et les domaines connexes dans l'enseignement supérieur figurent l'octroi d'allocations ou de bourses, la mise au point de parcours de formation entreprise-université et la création de cours ou même d'institutions spécialisées d'enseignement et de formation en IA. C'est ainsi par exemple qu'en Corée du Sud, la *Stratégie nationale pour l'intelligence artificielle* fournit un financement à des centres d'excellence et qu'au Royaume-Uni, l'*Accord sur le secteur de l'IA* souligne la nécessité d'allocations et de bourses pour le développement des talents d'IA. La formation continue figure aussi dans un petit nombre de politiques. Le Livre blanc de l'Italie sur *L'intelligence artificielle au service des citoyens* expose la création de parcours de formation pour travailleurs en cours d'emploi, tandis que la Stratégie pour les technologies d'intelligence artificielle du Japon demande tant des investissements que l'engagement des universités pour la reconversion de la main-d'œuvre existante. L'acquisition de talents est également un thème commun de toutes les politiques des pays européens, avec des mesures telles que visas spéciaux et incitations proposées pour puiser dans le réservoir existant de talents d'IA.

Encadré 3 Exemple de politique – Chine

La Chine a une stratégie robuste qui vise à des objectifs de haut niveau définis en rapport avec l'économie et la politique, notamment mettre la Chine au niveau de ses concurrents d'ici à 2020, devenir leader mondial dans certains domaines d'ici à 2025, et devenir le principal centre d'innovation en IA d'ici à 2030 et au cours de ce processus bâtir une industrie de l'IA de 150 milliards de US\$. Pour parvenir à ces objectifs, la Chine encourage le développement de l'IA dans un certain nombre de domaines. Le premier est lié à la planification des compétences et comprend des stratégies de développement des talents telles que la création de cours d'enseignement supérieur et d'universités spécialisées. Le second porte sur l'infrastructure par le développement de pôles industriels pour fournir la connectivité, les matériels et les logiciels requis pour attirer les entreprises et stimuler l'innovation dans ce secteur. Enfin, la politique de la Chine affiche aussi son ambition de piloter la gouvernance mondiale de l'IA, par exemple en formulant et en arrêtant rapidement des lois, des règlements et des normes éthiques en liaison avec l'IA. Peu après avoir publié en juillet 2017 son premier document de stratégie intitulé *Plan de développement d'une intelligence artificielle de nouvelle génération*, le gouvernement chinois a publié son *Plan d'action de trois ans pour la promotion du développement d'une industrie de l'intelligence artificielle de nouvelle génération*, qui décrit plus clairement ses priorités de première phase par des mesures à prendre et la mise en place d'« équipes nationales » incluant des géants technologiques industriels en partenariat avec le gouvernement. Les tâches formulées pour la période de trois ans comprennent le développement de produits connectés en réseau tels que robots, systèmes d'identification et véhicules, le développement de puces à réseaux neuronaux pouvant concurrencer les produits occidentaux actuellement sur le marché, le développement d'un parc technologique de 2,1 milliards de US\$ à Beijing, et des investissements dans les essais standard, la formation et les compétences, et, élément crucial, la cybersécurité.

Mise en œuvre éthique et inclusive de l'IA

Le consensus met en évidence la nécessité de garantir la mise en œuvre éthique et inclusive de l'IA. L'IA offre une possibilité d'améliorer l'accès aux groupes les plus vulnérables, mais il importe de veiller à ne pas aggraver la fracture numérique ou introduire des préjugés à l'encontre des minorités ou des groupes vulnérables. L'IA devrait chercher à inclure les apprenants présentant des troubles d'apprentissage ou un handicap, ainsi que ceux qui font leurs études dans une autre langue que leur langue maternelle. Le consensus recommande un effort concerté pour réduire l'écart entre les sexes dans la maîtrise des compétences numériques, promouvoir l'élaboration d'outils d'IA pour autonomiser les filles et les femmes en renforçant leurs compétences en matière d'IA et faire en sorte que les applications de l'IA dans l'éducation soient exemptes de préjugés sexistes.

Le consensus appelle également à une utilisation éthique, transparente et vérifiable des données et des algorithmes de l'éducation, étant donné que l'IA peut introduire différents types de biais et qu'il importe de trouver un juste équilibre entre l'accès aux données et la protection de la vie privée. Le consensus conclut que les données devraient être disponibles pour le bien public, mais que les principes et les cadres juridiques du développement de l'IA devraient tenir compte des problèmes relatifs à l'éthique, à la confidentialité et à la sécurité.

Les principes d'éthique et d'inclusion en matière d'IA concernent non seulement le développement de l'IA et les praticiens de l'IA, mais aussi la mise en œuvre de l'IA. Il est impératif d'apporter une réponse à des questions essentielles. De quelles valeurs sociales et personnelles l'IA devrait-elle être imprégnée, eu égard à sa vaste gamme d'applications englobant différents contextes ? Quelles limites éthiques devraient être fixées, non seulement pour le secteur de la technologie et les professions de l'IA, mais aussi pour d'autres secteurs qui mettent en œuvre l'IA ? Quelles attentes de la société contribueront à garantir que l'IA et ses applications soient intègres, inclusives, éthiques et axées sur les valeurs ?

La portée de ce document ne permet pas un examen complet de la totalité des cadres et directives d'éthique déjà élaborés ou en cours d'élaboration ; en fait, un tel examen a récemment été mené (voir Jobin, Ienca & Vayena, 2019). Cette section s'attache plutôt à explorer les concepts clés de l'éthique de l'IA, s'intéressant en

particulier à certaines des questions que les institutions d'enseignement et de formation devraient se poser lorsqu'elles élaborent leurs politiques et leurs curricula.

Cadres et principes pour une IA éthique

Des cadres et principes pour une IA éthique sont en cours d'élaboration par de nombreuses parties prenantes, parmi lesquelles organisations intergouvernementales, gouvernements, institutions de recherche, entreprises privées, organisations non commerciales et organismes professionnels, dont les approches et parfois même les définitions des concepts diffèrent (Jobin, Ienca & Vayena, 2019). Il importe aussi de reconnaître que l'élaboration d'une éthique de l'IA repose sur une abondance de

Encadré 4 Valeurs et principes communs pour une IA éthique

La **responsabilité** se réfère à la nécessité qu'une personne investie d'une autorité modifie un algorithme et corrige la situation dans un délai raisonnable en cas d'effets indésirables. On utilise parfois l'expression contrôle humain. Il peut aussi s'agir de l'attribution de la responsabilité juridique, les études étant en désaccord sur les acteurs qui sont responsables des résultats et des décisions de l'IA.

L'**explicabilité** exprime la nécessité pour les personnes affectées par un algorithme de comprendre les résultats ou les décisions produits par cet algorithme. On trouve parfois le terme **responsabilité**.

La **précision** se réfère au fait que les algorithmes sont faillibles. Les erreurs au niveau des résultats peuvent résulter de données d'entrée inexactes ou biaisées ou d'erreurs statistiques. Le principe de précision requiert que les sources potentielles ou effectives d'inexactitude ou d'incertitude soient identifiées, enregistrées et utilisées pour des procédures d'atténuation.

L'**auditabilité** est la possibilité pour des tiers tels que des contrôleurs et pour le public de consulter et d'évaluer, d'examiner ou de critiquer un algorithme. Ce principe favorise la confiance du public et peut révéler des failles dans l'algorithme. La notion de transparence est diversement utilisée pour englober des aspects relevant tant de l'**explicabilité** que de l'**auditabilité**.

L'**équité** se réfère à la tendance des algorithmes à reproduire ou même à amplifier les biais humains, notamment ceux qui sont basés sur des données historiques ou sociales. Le principe d'équité requiert que les algorithmes et leurs résultats ou leurs décisions soient évalués pour déceler toute discrimination potentielle. Le terme d'**équité**, ou de **justice**, peut également être utilisé pour se référer à l'égalité d'accès à l'IA et aux avantages qu'elle entraîne.

La **sûreté** et la **sécurité** désignent la nécessité de faire en sorte que l'IA ne cause jamais d'atteintes prévisibles ou involontaires. Les atteintes incluent la discrimination, la violation de la vie privée et les dommages corporels, et peuvent aussi englober les effets négatifs psychologiques, sociaux, économiques et émotionnels. Le **respect de la vie privée** est une valeur qui doit être défendue et un droit qui doit être protégé ; il est souvent présenté dans le contexte de la protection des données et de la sécurité des données.

La notion de **bien-être** se rapporte à la nécessité de promouvoir l'IA pour le bien du public, de la société, des personnes et de l'économie.

Source : adapté de Diakopoulos & Friedler (2016) et Jobin, Ienca & Vayena (2019)

travaux, dont des cadres éthiques globaux tels que le cadre des droits humains défini par les Nations Unies dans la *Déclaration universelle des droits de l'homme* (United Nations, 1948) et les travaux antérieurs sur l'application des droits humains dans le contexte des TIC tels que le *Code d'éthique pour la société de l'information* (UNESCO, 2011).

Les principes éthiques développés jusqu'ici pour l'IA portent à la fois, à des degrés divers, sur des valeurs humanistes et sur des questions spécifiques aux données. En ce qui concerne les aspects les plus centrés sur les données, les *Lignes directrices en matière d'éthique pour une IA digne de confiance* de la Commission européenne décrivent les exigences pour « une IA digne de confiance alignée sur les valeurs européennes ».

Le document cite l'action humaine et le contrôle humain, la robustesse technique et la sécurité, le respect de la vie privée et la gouvernance des données, la transparence, la diversité, la non-discrimination et l'équité, le bien-être sociétal et environnemental, et la responsabilité (AI HLEG, 2019). Pour aider les gouvernements et les institutions à déterminer si ces valeurs sont intégrées de façon appropriée dans la construction et l'utilisation de l'IA, la Commission européenne a alors publié une *Liste d'évaluation sur l'intelligence artificielle digne de confiance*⁶, qui préconise des actions telles qu'évaluations de l'impact et des risques, systèmes de suivi, de contrôle et de vérification de l'IA, développement des systèmes et documentation des processus, et procédures de contrôle de la qualité, de la représentation et de l'accès des données. Elle souligne aussi des considérations essentielles, par exemple la question de savoir si les utilisateurs humains sont informés qu'ils interagissent avec un système d'IA et si sa finalité leur a été indiquée, la résilience du système aux cyberattaques et autres vulnérabilités, les préjudices à des tiers et l'inclusion.

Il est intéressant de noter que cet exemple s'articule autour de l'utilisation des données plutôt que de se livrer à une réflexion sur l'action humaine ou le contexte dans lequel l'IA est utilisée (par exemple la santé ou l'éducation), une position qui a été qualifiée de nécessaire mais insuffisante (Holmes, Bialik & Fadel, 2019 ; Holmes et al., 2021). Dans un exemple venant de l'industrie et plus étroitement axé sur l'action humaine, l'*Initiative mondiale sur l'éthique des systèmes autonomes et intelligents* (SAI) de l'IEEE introduit les principes suivants pour l'utilisation éthique des SAI :

1. Droits humains : les SAI sont créés et exploités de façon à respecter, promouvoir et protéger les droits humains internationalement reconnus.
2. Bien-être : les créateurs de SAI adoptent le renforcement du bien-être humain comme critère essentiel de développement.
3. Maîtrise des données : les créateurs de SAI donnent aux personnes la possibilité de consulter et de partager en toute sécurité leurs données, afin de maintenir leur capacité à avoir le contrôle de leur identité.
4. Efficacité : les créateurs et opérateurs de SAI fournissent la preuve de l'efficacité des SAI et de leur adéquation à l'objectif visé.
5. Transparence : la base de toute décision spécifique d'un SAI doit toujours pouvoir être identifiée.
6. Responsabilité : les SAI sont créés et exploités de façon à fournir pour toutes les décisions prises une justification sans ambiguïté.

6 <https://futurium.ec.europa.eu/en/european-ai-alliance/pages/altai-assessment-list-trustworthy-artificial-intelligence?language=fr>

7. Sensibilité aux utilisations abusives : les créateurs de SAI veillent à prévenir les abus et risques potentiels des SAI en fonctionnement.
8. Compétence : les créateurs de SAI spécifient les connaissances et les compétences requises pour une exploitation sûre et efficace et les opérateurs s'y conforment.

Le travail combiné de l'UNESCO en vue de la gouvernance éthique et de l'utilisation de l'IA constitue un autre exemple centré non seulement sur les personnes, mais aussi sur le développement durable et la gouvernance associée. Le concept d'universalité de l'internet et ses principes connexes désignés par l'acronyme anglais « ROAM » (R pour droits de l'homme, O pour internet ouvert, A pour accessible à tous et M pour participation multipartite) ont été adoptés en 2015 (UNESCO, 2015), et l'organisation a entrepris d'explorer et de conceptualiser comment l'IA interagit avec ces principes et des considérations plus générales d'éthique. La Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies de l'UNESCO explore (COMEST, 2019) les implications de l'IA, par exemple les façons dont les algorithmes d'IA peuvent affecter les perceptions de la vérité ou accentuer les fractures socio-économiques et d'accessibilité dans la société ou les avantages et risques potentiels de l'IA sur le plan de contextes et facteurs tels que l'éducation, la diversité culturelle, les préjugés et la construction de la paix. L'avant-projet de *Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle* (UNESCO, 2020) encourage le développement de l'IA en conformité avec des valeurs telles que la dignité humaine, les droits humains et les libertés fondamentales, la diversité et l'inclusivité, un environnement qui prospère et la promotion de la paix. En complément de principes courants tels que la transparence, la sûreté, le respect de la vie privée et la non-discrimination, le document présente des considérations visant à promouvoir la gouvernance multipartite pour assurer que l'IA contribue aux objectifs de développement et préconise la sensibilisation et l'éducation à l'IA pour permettre aux citoyens de prendre des décisions éclairées sur l'utilisation qu'ils font de l'IA, et encourage l'évaluation continue de l'IA pour assurer qu'elle soit en conformité avec des objectifs en constante évolution tels que les Objectifs de développement durable.

Défis et considérations pour une IA éthique

L'utilisation éthique de l'IA implique d'assurer la diversité dans le domaine de l'IA, d'améliorer les compétences des populations défavorisées, d'inclure l'éthique dans les programmes de formation, de mener des recherches sur les implications éthiques et sociales de l'IA et de mettre en place des règles et politiques institutionnelles et nationales concernant l'équité et la transparence de l'utilisation des données. Ces aspects fournissent d'amples possibilités de recherche et d'argumentation.

En même temps, les institutions d'enseignement et de formation doivent elles aussi se livrer à une réflexion sur leur propre utilisation de l'IA et leurs propres programmes de formation pour s'assurer qu'ils sont éthiques, équitables, divers et axés sur l'investissement dans le développement durable.

Égalité d'accès

Cela a des implications financières, mais nous devons faire en sorte que notre campus fournisse l'accès à une technologie de pointe. Il faut moderniser les laboratoires et mettre à disposition des bornes d'accès Wi-Fi ... pendant la pandémie de COVID-19 nous avons fourni [aux étudiants et aux enseignants] des données pour leur permettre de continuer à travailler.

Interview avec un agent administratif de l'enseignement supérieur, Afrique du Sud

Alors que de nombreux outils open source de développement de l'IA comme TensorFlow sont largement accessibles, l'accès aux outils d'IA, à la formation à l'IA et aux informations sur l'IA est largement tributaire de la connectivité et de l'accès à Internet, dans un monde où trois milliards de personnes n'ont pas encore de connexion Internet. Si l'accès à la technologie se répand rapidement, la répartition des utilisateurs d'Internet demeure inégale ; c'est ainsi par exemple que le pourcentage de la population africaine qui a régulièrement accès à Internet est particulièrement faible. L'utilisation générale dans les zones urbaines représente le double de celle des zones rurales, et l'écart mondial entre les sexes en ce qui concerne l'utilisation d'Internet est de 17 pour cent. Les groupes qui ont le moins accès à Internet sont encore les femmes et les habitants des zones rurales des pays en développement (International Telecommunication Union, 2020).

Alors que l'accès à Internet et l'utilisation des TIC ne sont pas encore entrés dans la réalité dans certaines zones, la connectivité constitue désormais un impératif fondamental pour les institutions d'enseignement et de formation et leurs élèves, et elle a un effet direct sur le type, la portée et la qualité des programmes de formation qui peuvent être dispensés. Un point clé pour les institutions d'enseignement et de formation doit être l'accès à la technologie et aux opportunités qui y sont liées. Cet impératif s'est trouvé davantage encore mis en lumière par la pandémie de COVID-19 en 2020. Une enquête auprès de 1329 acteurs de l'EFTP de 126 pays dans six continents a révélé qu'alors que 28 pour cent seulement des répondants indiquaient qu'ils

utilisaient régulièrement l'apprentissage à distance aux fins de formation pendant la pandémie, 64 pour cent indiquaient avoir utilisé *uniquement* l'apprentissage à distance pendant la pandémie, 15 pour cent seulement disant avoir mené une forme quelconque d'apprentissage en présentiel (ILO, UNESCO & World Bank Group, 2020). La pandémie de COVID-19 a entraîné une augmentation du télétravail, de l'apprentissage à distance et des innovations dans le secteur de l'EFTP comme Italmobility, une initiative de stages virtuels soutenue par des logiciels de télétravail et des micro-outils d'IA⁷.

Les pays en développement se trouvent confrontés à des difficultés supplémentaires d'envergure générale pour assurer l'accès, parmi lesquelles des taux élevés de pauvreté, l'insécurité alimentaire et un fort chômage, qui souvent se traduisent par de faibles investissements dans l'infrastructure des TIC et la recherche et le développement (Shiohira & Keevy, 2019). C'est là le premier problème à surmonter dans l'utilisation de l'IA pour le développement durable, et il a donné lieu à des débats sur la fracture numérique. Eu égard à son importance tant pour la vie moderne au quotidien que pour les perspectives économiques, des voix de plus en plus nombreuses s'élèvent pour que l'accès à Internet soit considéré comme un droit humain fondamental.

Équité et croissance inclusive

Alors que l'on s'accorde largement à considérer que l'IA va jouer un rôle capital dans le développement économique, améliorer efficacement la production et faire d'une façon générale progresser les revenus, il est plus difficile d'anticiper l'effet de l'utilisation croissante de l'IA dès lors que la croissance est perçue comme un phénomène social et non pas simplement économique. L'IA peut contribuer à stimuler le progrès tant économique que social et aider les pays à atteindre des objectifs nationaux tels que la croissance et le développement inclusifs, mais cela n'est possible que si le développement de la technologie est centré sur l'être humain ou sur une perspective allant au-delà des gains financiers (Access Partnership, 2018 ; UNESCO, 2019b). Les conditions dans lesquelles on peut escompter qu'une telle approche se réalise requièrent des investissements tant publics que privés et un effort concerté de la part des gouvernements pour garantir un développement centré sur l'être humain. À l'heure actuelle seules quelques politiques ou stratégies d'IA positionnent l'IA et son développement associé comme étant explicitement centrés sur l'être humain ou équitables. Des mesures concrètes ont toutefois été prises dans certains pays par la mise en place d'institutions formelles comme le Conseil consultatif sur l'utilisation éthique de l'intelligence artificielle et des données à Singapour⁸.

Diversité

D'autres défis apparaissent dans le contexte du développement de l'IA. Une valeur statistique particulièrement préoccupante est le pourcentage de chercheuses en IA, estimé de 12 à 14 pour cent sur la base de publications. C'est là un élément d'un problème plus général relatif aux femmes travaillant dans la technologie, puisque l'on estime que les femmes représentent juste 24 pour cent de la main-d'œuvre dans l'informatique et qu'elles ne touchent en moyenne que 66 pour cent des salaires typiques de leurs homologues masculins. Rien n'indique que cette tendance puisse bientôt s'inverser. C'est ainsi par exemple que la proportion de femmes détenant une licence d'informatique aux USA est tombée à moins de 20 pour cent en 2015, et que jusqu'à 50 pour cent des femmes qui s'engagent dans des filières technologiques finissent par abandonner, soit plus du double du taux de leurs homologues masculins (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018 ; West, Whittaker & Crawford, 2019). Les statistiques mondiales ne sont pas meilleures, les femmes représentant juste 35 pour cent de la population étudiant les STEM dans l'enseignement supérieur, et 1,4 pour cent seulement des travailleuses occupant des emplois qui impliquent le développement ou la maintenance de systèmes de TIC, contre 5,5 pour cent chez les hommes. L'accès au financement est un autre défi de taille pour les entrepreneuses, puisque 85 pour cent du total des investissements en capital-risque ont été attribués à des équipes de fondateurs entièrement masculines en 2019 (Madgavkar et al., 2019).

Le sexe n'est pas le seul facteur problématique en matière de diversité dans la recherche et le développement en IA. Il semble qu'il y ait moins de travaux de recherche sur les paramètres démographiques raciaux et ethniques dans l'IA, mais Alake (2020) a examiné les rapports sur la diversité de grandes entreprises technologiques des USA et constaté que le pourcentage de travailleurs noirs occupant des postes techniques augmentait, mais demeurait à moins de 5 pour cent dans la plupart des entreprises. L'homogénéité démographique des praticiens de l'IA génère un problème intrinsèque, parce que premièrement les enjeux retenus pour les investissements et le développement sont naturellement influencés par la dynamique démographique des développeurs, et que deuxièmement des équipes plus diverses représenteraient sans doute un prisme plus efficace à travers lequel examiner les biais existant dans les logiciels développés. Certaines études montrent que les équipes diverses sont plus innovantes et plus efficaces dans des tâches aussi variées que générer des profits ou déterminer la culpabilité pénale (Rock & Grant, 2016).

⁷ <http://italymobility.com/virtual-italymobility/>

⁸ <https://www.imda.gov.sg/news-and-events/Media-Room/Media-Releases/2019/inaugural-meeting-of-the-advisory-council-on-the-ethical-use-of-artificial-intelligence-and-data>

Biais

L'existence de biais dans les ensembles de données utilisées pour entraîner des algorithmes s'est révélée dans des travaux de recherche montrant que l'IA de reconnaissance faciale présente des biais tant sexistes que raciaux, avec parfois de graves conséquences telles que des erreurs d'identification de criminels (Alake, 2020 ; Buolamwini & Gebru, 2018). Les outils de prévision policière ont suscité des préoccupations similaires relatives à l'amplification des biais dans les ensembles de données utilisées pour entraîner les algorithmes (Lartey, 2016), et l'utilisation d'algorithmes au Royaume-Uni pour prédire les résultats des étudiants pendant la pandémie de COVID-19 en 2020 a démontré de manière concluante le risque lié à l'utilisation de l'IA dans ce type de fonction prédictive, les algorithmes ayant pénalisé les étudiants relevant d'établissements et de groupes démographiques aux antécédents médiocres (Walsh, 2020).

Le biais humain est au centre de ces exemples, et la solution simple consiste à choisir des variables différentes. Toutefois les biais sont liés à des problèmes d'égalité entre hommes et femmes et d'égalité raciale existant de longue date dans de nombreux domaines, et qui peuvent se manifester de manière inattendue. Pour ne citer que quelques exemples patents, Amazon a mis en œuvre un outil d'intelligence artificielle en ressources humaines qui a été mis hors service en 2017 lorsque des chercheurs ont compris qu'il s'était lui-même formé à des biais sexistes sur la base de curriculums vitæ et de pratiques de recrutement utilisés antérieurement (Dastin, 2018), et un produit de Goldman Sachs, la Apple Card, a fait l'objet d'une enquête en 2019 parce qu'il aurait offert aux femmes des plafonds inférieurs. La compagnie a noté que le sexe ne figurait pas parmi les variables utilisées par l'algorithme (BBC, 2019), une ligne de défense méconnaissant la myriade de variables désavantageuses pouvant être en corrélation avec le sexe. Dans son ouvrage phare consacré à ce thème, *Weapons of Math Destruction*, Cathy O'Neil (2016) décrit maintes façons dont des données indirectes telles que l'adresse personnelle et les préférences d'achat ont créé des systèmes biaisés qui sont déployés dans de nombreux secteurs, parmi lesquels la santé, le droit et l'éducation.

Les problèmes de biais peuvent être aggravés par le fait que les systèmes d'apprentissage profond ont encore une « boîte noire » dans laquelle le processus de prise de décision n'est pas rendu explicite. C'est ainsi par exemple que l'on a vu l'IA prédire le risque de décès d'une personne dans l'espace d'un an à partir de relevés d'électrocardiogramme, mais les médecins ne peuvent pas identifier les facteurs utilisés par le système d'IA pour calculer les résultats des patients (Lu, 2019). La transparence et l'explicabilité sont importants dans tout contexte, mais absolument essentielles lorsque des problèmes de biais peuvent survenir.

Sûreté et sécurité

D'autres préoccupations éthiques portent sur l'aptitude des systèmes d'intelligence artificielle à fonctionner sans présenter de risque ou de causer de dommages aux êtres humains. Si ce postulat semble simple, il s'agit en fait d'un problème complexe touchant de nombreux domaines, parmi lesquels non seulement la sécurité physique, mais aussi la responsabilité personnelle, les droits de propriété intellectuelle et légale, et le respect de la vie privée. En 2018, un imbroglio de responsabilité légale est survenu lorsqu'un véhicule Tesla fonctionnant en mode de pilotage automatique a accéléré et percuté une glissière de sécurité endommagée, tuant le conducteur. Dans ce cas, la responsabilité était potentiellement imputable à la technologie, aux développeurs, au conducteur humain et aux organismes gouvernementaux chargés de réparer les routes, qui tous pourraient être considérés comme des facteurs contributifs (Levin, 2018).

Les progrès de l'IA sont même utilisés pour soutenir certains systèmes de cybersécurité, entraînant des avantages tout comme des risques nouveaux. C'est ainsi que si l'IA peut utiliser une vaste gamme de données pour identifier avec précision et rapidité des menaces potentielles, elle est faillible. Les systèmes d'apprentissage supervisé peuvent être mis en défaut par un simple réétiquetage de données codées. Les défaillances de cybersécurité peuvent entraîner des dommages personnels tels que le vol de données et la publicité non désirée (Hosie, 2017), des rançongiciels peuvent être utilisés pour contraindre individus ou gouvernements à payer pour restaurer l'accès à des données verrouillées (O'Flaherty, 2018), et des mesures de cybersécurité défaillantes pourraient même aboutir à l'instabilité économique (Pisani, 2018).

Propriété des données et maîtrise individuelle

La maîtrise des données représente un autre défi majeur. Les informations partagées par une personne sur toute plate-forme répandue, comme Facebook, Tiktok ou Google, deviennent la propriété de la plate-forme qui les gère de façon centralisée et les utilise de diverses manières, y compris la création ou le perfectionnement d'algorithmes et la vente ou la revente à des agences de publicité ou autres tierces parties, souvent sans même que les utilisateurs en aient directement connaissance ou y aient explicitement consenti. En outre, si l'une de ces plates-formes venait à supprimer un compte, l'utilisateur perdrait toutes les données liées à ce compte. Il en va de même des données éducatives. Les justificatifs et d'autres informations relatives à la vie d'un étudiant, à ses achats, à ses activités, etc., relèvent souvent de l'institution. Pour obtenir une copie d'un diplôme ou d'un relevé de notes, les étudiants doivent la demander à l'université et souvent payer des frais. Il existe toutefois un mouvement revendiquant pour les individus le

renforcement de la propriété et du contrôle de leurs propres données au moyen de l'identité autonome (souvent désignée par le sigle anglais SSI, *self-sovereign identity*).

En résumé, l'identité autonome est la notion fondamentale selon laquelle le contrôle des données d'identité devrait être transféré des autorités centrales aux individus. Ceci requiert un changement de paradigme pour passer d'un type de relation où des institutions ou des entreprises assignent aux usagers des identités uniques et contrôlent alors sur le mode centralisé les données connexes à un modèle nouveau où les individus ont des identités en ligne qu'ils contrôlent eux-mêmes dans des échanges de données de pair à pair. L'authentification des données est sécurisée par cryptographie, la plupart du temps sur des registres distribués, et les justificatifs sont donc vérifiables et numériquement accessibles quelles que soient au moment de la vérification la situation ou la fonctionnalité de l'organisme dont ils émanent. L'identité autonome assure ainsi aux individus l'accès à leurs propres données à tout moment et la capacité de décider qui peut avoir accès à leurs documents et quand.

Alors que le concept de l'identité autonome existe depuis des décennies, elle pourrait finalement devenir réalité grâce à des technologies telles que la blockchain. Des entreprises commerciales sont parmi les premières à générer des possibilités concrètes dans ce domaine. Il reste à voir s'il est possible qu'une formule commerciale génère un accès équitable et inclusif, en particulier pour des groupes vulnérables comme les migrants, qui sont susceptibles d'en bénéficier le plus.

Encadré 5 Exemple – StudentPass

StudentPass⁹ offre une identification numérique basée sur le principe de l'identité autonome. En termes pratiques, il s'agit de l'équivalent numérique d'une carte d'étudiant, d'un passeport ou d'une autre pièce d'identité, à la différence que c'est l'étudiant, et non l'institution ou le pays, qui le crée et le possède. Les justificatifs sont attribués par des institutions et validés au moyen de filigranes numériques, ce qui garantit que les justificatifs et autres renseignements partagés sont fiables et valides. Cette méthode d'attribution et de conservation des justificatifs est bénéfique pour les individus en ce qu'elle autorise un transfert fluide d'informations entre institutions, par exemple institutions et plates-formes éducatives, et employeurs, et permet aux individus de partager leurs propres données à tout moment par l'intermédiaire de leurs propres réseaux.

9 <https://credentialmaster.com/student-pass/>

Valeurs et compétences pour l'ère de l'IA

Les résultats éducatifs ne ressemblent pas à ce qu'ils étaient il y a vingt ans. Nous encourageons maintenant nos apprenants à s'adapter et à souscrire au changement et à la technologie. Les choses vont continuer à évoluer, et des professions deviendront obsolètes. Nous revoyons en permanence nos curricula.

Interview avec un agent administratif de l'enseignement supérieur, Afrique du Sud

Les valeurs tout comme les compétences sont capitales pour l'intégration efficace de l'IA dans tous les secteurs, mais particulièrement dans l'éducation. Le consensus reconnaît la nécessité de développer des **valeurs et compétences** qui permettront aux individus de participer à la vie et au travail à l'ère de l'IA. Ceci requiert le développement et l'utilisation d'outils pour identifier rapidement les changements des compétences que demande le marché du travail et actualiser en conséquence les curricula, et montre aussi la nécessité de compétences d'IA à tous les niveaux de la société.

Le Consensus de Beijing encourage une « approche humaniste [...] à l'égard de l'utilisation de l'IA, qui vise à protéger les droits de l'homme et à préparer tous les individus aux valeurs et aux compétences indispensables à une collaboration efficace entre l'être humain et la machine, dans la vie, dans l'apprentissage et au travail, ainsi qu'au développement durable ... l'IA [...] au service de l'être humain » (UNESCO, 2019c: 4). Cette citation montre clairement combien valeurs et compétences sont considérées comme liées, et que le travail requis pour intégrer efficacement l'IA dans la gestion de l'éducation, les curricula et l'enseignement et l'apprentissage offre des possibilités d'influer sur les valeurs et les compétences inhérentes à l'IA tout comme au système éducatif dans lequel elle va être intégrée, en plus des valeurs et des compétences que le système éducatif s'attache à transmettre aux apprenants.

Si les deux notions sont liées, cette section n'en est pas moins divisée en deux parties, la discussion sur les valeurs étant suivie d'une discussion sur les compétences.

L'IA axée sur les valeurs

La promotion des valeurs pour l'ère de l'IA se rattache à deux débats connexes : tout d'abord, comment développer au profit de la société une IA « centrée sur l'humain » et ensuite, quelles nouvelles valeurs sont requises pour que les individus et les entreprises s'engagent avec succès dans l'IA. Le premier débat est étroitement lié aux discussions sur l'IA éthique. Cette relation est rendue explicite dans l'avant-projet de *Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle* (UNESCO, 2020), qui note que les valeurs inspirent des comportements souhaitables constituant les fondements des principes, tandis que les principes éthiques permettent l'application des valeurs dans les politiques et autres actions. Eu égard à l'étroite relation avec les valeurs présentées dans la section sur les cadres et principes pour une IA éthique, cette section dirige maintenant son attention sur la deuxième question : quelles sont les valeurs nécessaires pour que les individus s'engagent avec succès dans le monde de l'IA ?

Un avantage de l'IA est son accessibilité au-delà des contextes. Mais s'il existe des valeurs déclarées universelles comme la paix, la liberté, la dignité humaine et l'égalité des droits (United Nations, 1948), certaines valeurs peuvent être propres à un contexte donné ou à un ensemble limité de contextes (Gabriel, 2020). C'est ainsi par exemple que les types d'informations estimées susceptibles de se prêter à une divulgation publique peuvent différer selon les cultures. L'importance attribuée à des priorités concurrentes peut elle aussi différer, par exemple la mesure dans laquelle un pays donné privilégie l'emploi par rapport à l'efficacité des entreprises. Pour compliquer encore les choses, certaines valeurs personnelles ou sociales peuvent changer en réponse aux circonstances ou à l'introduction de nouvelles connaissances. En fait, c'est cette faculté de changer qui permet aux valeurs d'être inculquées par l'éducation et la formation. Ceci peut compliquer un débat apparemment simple.

Les zones de recoupement consensuel, ou valeurs universelles, représentent le point de départ évident pour les cadres éthiques destinés à l'IA et les discussions sur les valeurs à l'ère de l'IA, puisque « l'IA peut être alignée sur la doctrine des droits humains tout en évitant les problèmes de domination et d'imposition de valeurs » (Gabriel, 2020). Dans sa liste de « valeurs humaines

universelles », l'IEEE inclut le respect des droits humains déclarés, la sauvegarde de l'environnement et des ressources naturelles, et la création de l'IA « au service de tous les êtres humains plutôt qu'au seul bénéfice de petits groupes, d'un seul pays ou d'une entreprise » (IEEE, 2019).

L'IA est créée par des experts techniques qui sont formés au sein des systèmes d'enseignement supérieur. Les ingénieurs et techniciens sont traditionnellement formés à rechercher l'optimisation ou à créer des produits qui fonctionnent en utilisant le moins possible de ressources. Il est clair qu'eu égard au considérable impact que l'IA peut avoir sur les sociétés et les individus, les praticiens de l'IA doivent apporter à leur métier davantage que ce détachement clinique ; ils doivent incorporer la réflexion éthique au processus de conception, ce que l'on appelle « conception conforme à l'éthique » (COMEST, 2019). Le premier niveau d'engagement pour les valeurs doit donc être intégré dans les curricula de formation des praticiens de l'IA.

Il est également nécessaire de parvenir à un consensus global portant sur les valeurs universelles au niveau des utilisateurs de l'IA, qui doivent être sensibles à des considérations éthiques telles que l'inclusivité, la non-discrimination et l'équité, la responsabilité sociale et le souci de l'environnement, et de transmettre les valeurs sur lesquelles elles se fondent. En plus de construire ces valeurs, les institutions d'enseignement et de formation devraient aligner leurs programmes et leurs cours sur des notions conceptuelles clés de liberté politique, de démocratie, d'accès aux données personnelles et de contrôle de ces données, et de respect des lois nationales.

Les débats des sections précédentes ont abordé des défis très réels pour l'IA axée sur des valeurs. L'approche du développement de l'IA fondée surtout sur le profit constitue un défi direct aux voix qui appellent à concevoir l'IA au service de tous plutôt qu'au bénéfice d'une organisation ou d'une entreprise. Les tensions politiques internationales en matière de contrôle de l'infrastructure informatique et les mandats stratégiques dont sont fortement empreintes les structures nationales de recherche et développement en IA signalent un nouveau degré de concurrence axé sur le bénéfice surtout national. Le développement de l'IA, et de façon plus générale le secteur de la technologie, ne sont ni inclusifs ni divers, et les avantages financiers et sociaux de l'intégration de l'IA dans le travail et la société sont inégalement répartis tant entre les pays qu'à l'intérieur de ceux-ci. S'il existe un mouvement croissant qui revendique la maîtrise individuelle des données et la confidentialité des données, celles-ci sont souvent en conflit avec les besoins de « big data » (mégadonnées) de l'industrie de l'IA et son importance prévue pour la création de richesse et la croissance économique.

Encadré 6 Exemple – Emploi et croissance, Économies en réseaux, Fondements pour l'innovation

Le projet¹⁰ repose sur trois piliers : un fonds d'encouragement pour des centres d'innovation et de recherche appliquée, l'intégration systématique des sexospécificités et un fonds de recherche pour soutenir la recherche-action axée sur les problèmes et liée au développement de la communauté locale. Le projet devrait accroître l'employabilité, la productivité, la compétitivité, l'efficacité et les revenus des hommes et des femmes diplômés du système de développement des compétences de l'EFTP et renforcer la participation du secteur privé. Le projet sera mis en œuvre par Collèges et instituts Canada en partenariat avec deux établissements locaux, Linking Industry with Academia et le Rift Valley Technical Training Institut.

Or, c'est précisément la raison pour laquelle le débat sur les valeurs dans l'IA revêt une telle importance. L'IA pourrait représenter une énorme occasion d'avancer vers le développement durable, de faire progresser les droits humains universels et d'œuvrer pour l'équité sociale et la prospérité économique pour tous, mais ces aspects ne sont pas nécessairement inhérents à la technologie. Pour atteindre ces objectifs, il faut que l'IA soit alignée et même intégrée dans des pratiques et des idéaux sociaux et de gouvernance axés sur les droits. Par exemple, alors que l'existence d'un clivage numérique entre les sexes dans les STEM est amplement démontrée, il est nécessaire d'investir encore dans la recherche de facteurs additionnels susceptibles d'inhiber la participation féminine et, dès lors que ces facteurs sont révélés, de légiférer ou d'affecter des ressources en conséquence.

Un dernier point sur les valeurs à l'ère de l'IA est que la défiance vis-à-vis de l'IA demeure un important problème dans le monde entier. Une partie de cette défiance constitue le résultat d'exemples marquants d'abus de l'IA tels que ceux brièvement abordés dans la section sur l'IA éthique et inclusive. Une autre considération porte sur les conséquences économiques de l'IA, qui comprennent une diminution de la sécurité de l'emploi et même le licenciement de nombreux travailleurs.

10 <https://www.idrc.ca/fr/projet/soutenir-linnovation-dans-le-secteur-de-lenseignement-technique-et-professionnel-vers-la>

Dans son ouvrage *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*, paru en 2019, Carl Frey avance que les changements engendrés par les révolutions industrielles incluent un fort degré de disparité des richesses et de changement social, et trace des parallèles entre événements actuels et historiques dans ce contexte.

Parmi d'autres facteurs contributifs figurent une mauvaise compréhension de l'IA et l'absence perçue de concordance entre l'IA et les valeurs sociales. Répondant à la nécessité de transmettre aux populations une compréhension élémentaire de l'IA, des pays comme la Finlande et les Pays-Bas se sont engagés dans des campagnes visant à dispenser une formation aux principes de base de l'IA à jusqu'à 1 pour cent de leur population. Ces initiatives démontrent que les cours et les résultats d'apprentissage requis ne devraient pas seulement se limiter aux compétences et aux connaissances théoriques relatives aux exigences physiques ou professionnelles, mais doivent aussi inculquer la clairvoyance pour que l'on ait des consommateurs de produits d'IA bien informés et ayant une connaissance élémentaire de l'IA, et capables d'identifier et de gérer des aspects tels que la confidentialité des données, l'équité, les biais et la durabilité.

Compétences pour l'ère de l'IA

Les préoccupations relatives à l'impact de l'IA sur le marché du travail sont aussi répandues que celles suscitées par les différences entre compétences existantes et compétences requises. Dans ce contexte, une grande attention est donnée au développement des compétences, notamment dans les professions de pointe comme celles d'ingénieur ou de chercheur. L'IA peut toutefois s'appliquer à une vaste gamme de secteurs et de domaines, qui ira croissant à l'avenir. Nous l'avons vu, l'intégration de l'IA dans la vie sociale, politique et économique a aussi entraîné des défis éthiques, juridiques et moraux qui vont affecter les individus, quels que soient leur niveau éducatif ou leur profession.

En outre, il y aura une augmentation de la demande à la fois de professionnels experts en IA et d'autres professionnels qui, sans être des spécialistes de l'IA, seront chargés d'assurer l'intégration fonctionnelle de l'IA dans les secteurs concernés. En fait, les compétences de haut niveau dépendent d'un ample éventail de compétences liées à l'IA à différents niveaux et dans différents secteurs et domaines. Ces compétences connexes seront nécessaires pour assumer des fonctions voisines de l'IA impliquant de travailler avec l'IA plutôt que de la développer aux niveaux les plus complexes.

Encadré 7 Exemple – Elements of AI, Finland

Elements of AI¹¹ est un cours gratuit en ligne développé par Reaktor, une entreprise internationale de stratégie, de conception et de technologie, et par l'université de Helsinki en vue de « démystifier l'IA », avec pour objectif d'« aider les gens à être autonomisés, et non pas menacés, par l'intelligence artificielle ». Le cours est disponible en deux parties, dont la première n'exige ni mathématiques ni programmation et dispense des contenus « à quiconque désire apprendre ce qu'est l'IA, ce qui est possible (et impossible) grâce à l'IA, et comment elle affecte notre vie ». La deuxième partie explore des algorithmes existants et des méthodes d'IA. Jusqu'à présent, plus de 550 000 apprenants de 170 pays ont participé au programme, et il convient de noter qu'il s'agissait pour 40 pour cent de femmes, un taux double du taux moyen des cours d'informatique.

Suite au succès du programme en Finlande, d'autres pays se sont mis à lancer des plans similaires. Jim Stolze, qui a lancé le programme aux Pays-Bas, décrit le cours comme une réponse à la nécessité pour chacun de s'engager dans l'IA de manière éclairée eu égard à son importance dans la vie quotidienne. « Comment est-ce que ça fonctionne sous le couvercle ? Qui en est responsable ? Comment prévenir les algorithmes de contribuer à accroître l'inégalité, ou de faire l'unité ? Telles sont les questions essentielles. Aux Pays-Bas, tout le monde a une opinion, mais peu nombreux sont ceux qui se sont informés sur la question. En offrant un cours élémentaire à tous les Hollandais, nous pouvons du moins participer aux discussions de manière bien informée » (Stolze, cité dans Brouwers, 2018).

11 <https://www.elementsofai.com>

Cependant, les stratégies visant à renforcer les emplois où ce sont des niveaux de compétences inférieurs et intermédiaires qui sont requises n'ont guère suscité d'attention.

Il est également admis que les compétences d'IA devraient se fonder sur des bases jetées dès l'école secondaire et même primaire, ce qui s'est traduit par l'inscription de l'informatique, du codage, de la programmation, de la robotique et d'autres matières similaires dans les programmes d'enseignement des élèves de tous âges. Ces compétences sont exploitées non seulement dans les programmes de développement de talents d'IA, mais aussi dans tous les secteurs et les domaines qui font appel à l'IA.

Encadré 8 Exemple – Programme ProgeTiger, Estonie

Le programme ProgeTiger¹², lancé en 2012, vise à introduire la programmation et la robotique dans les curricula aux niveaux de l'enseignement préscolaire, primaire et professionnel. Ce programme est géré par la Information Technology Foundation for Education (Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutuse, HITSA), elle-même financée par le Ministère estonien de l'éducation et de la recherche. Le gouvernement estonien a fixé à l'HITSA l'objectif de faire en sorte que « des compétences numériques adaptées à l'âge suffisantes pour poursuivre des études et réussir dans la société soient acquises à tous les niveaux éducatifs, en intégrant l'utilisation de solutions numériques dans l'ensemble du processus d'enseignement et d'apprentissage » (HITSA, 2015). Le programme ProgeTiger est centré sur trois domaines, dont deux sont directement liés au développement de compétences liées à l'IA : les sciences de l'ingénieur, y compris programmation, robotique et électronique, et la technologie de l'information et de la communication, y compris informatique et communication numérique.

Les métiers de l'IA peuvent être décrits comme un spectre ou une pyramide, avec au bas de l'échelle les emplois de niveau inférieur portant sur l'apurement, la préparation, la curation, la protection et la qualité des données, au milieu les emplois intermédiaires qui utilisent l'IA, comme les clavistes de saisie de données et les professionnels formés à l'utilisation d'outils d'IA dans des domaines spécifiques tels que la maintenance et la technologie d'assistance et à l'application de l'IA aux secteurs des services, et enfin au sommet les métiers de pointe comme les développeurs d'IA, administrateurs généraux des données et ingénieurs analystes de données. L'exemple d'un claviste de saisie de données¹³, un poste de niveau intermédiaire typique, est décrit plus en détail au tableau 2 pour illustrer les tâches et les activités relevant de ce niveau.

La disponibilité de talents reconnus est aussi limitée que les initiatives visant à développer les talents d'IA sont nombreuses. En 2018, Element AI estimait à 22 000 titulaires d'un doctorat l'effectif total du réservoir mondial de talents d'IA, avec environ 90 000 praticiens si l'on tient compte des niveaux éducatifs inférieurs (Kahn, 2018). Selon chacune de ces deux estimations, les pays qui ambitionnent de prendre la tête en matière d'IA se disputent un réservoir limité de talents mondiaux dans le domaine de l'IA, et les politiques reflètent donc des efforts pour à la fois attirer les talents et les développer sur le plan national, par exemple réformes des visas et de l'immigration, incitations financières, incitations ou financement pour le développement de nouveaux cours ou dispositifs de formation de niveau tertiaire, et réformes des curricula pour satisfaire la demande de compétences d'IA.

Gouvernements, industrie, fonction publique et institutions universitaires du monde entier participent à de nombreux programmes visant à stimuler l'intérêt et l'engagement en faveur des STEM. Il s'agit de manifestations comme Africa Code Week¹⁴, d'initiatives plus prolongées telles que des programmes communautaires ou de mentorat comme ceux offerts par Technovation¹⁵, de stages ou d'apprentissages, et de formations en ligne ouvertes à tous (FLOT, souvent désignées par le sigle anglais MOOC) telles que celles offertes par Lynda¹⁶.

12 <https://www.hitsa.ee/it-education/educational-programmes/progetiger>

13 D'autres postes rattachés à cette activité sont ceux de spécialiste en collecte de données, commis à la saisie de données, opérateur d'équipement de saisie de données, opérateur de saisie de données, spécialiste en saisie de données et transcripteur de données.

14 Voir <https://africacodeweek.org/fr> pour en savoir plus.

15 Voir <https://www.technovation.org/> pour en savoir plus.

16 Voir <https://www.lynda.com/Data-Science-tutorials/Artificial-Intelligence-Foundations-Machine-Learning/601797-2.html> pour en savoir plus.

Tableau 2 **Activités et tâches typiques d'un claviste de saisie de données**¹⁷

ACTIVITÉS	TÂCHES
Identifier les erreurs de saisie de données et les corriger ou les signaler aux superviseurs.	Interagir avec des ordinateurs – utiliser des ordinateurs et des systèmes informatiques (avec matériels et logiciels) pour programmer, écrire des logiciels, définir des fonctions, saisir des données et traiter des informations.
Compiler, trier et vérifier l'exactitude des données avant leur saisie.	Traiter des informations – compiler, coder, catégoriser, calculer, mettre en tableau, auditer et vérifier des informations ou des données.
Comparer les données avec les documents sources ou ressaisir les données en format de vérification pour détecter toutes erreurs.	Documenter/enregistrer des informations – saisir, transcrire, enregistrer, conserver et gérer des informations sous forme écrite ou électronique/magnétique.
Conserver les documents achevés à des emplacements appropriés.	Communiquer avec des superviseurs, des homologues ou des subordonnés – signaler des informations aux superviseurs, collègues et subordonnés au téléphone, par écrit, par courriel ou en personne.
Sélectionner les matériaux requis pour mener à bien les tâches.	Se procurer des informations – observer, recevoir et obtenir de toute autre manière des informations depuis toutes les sources pertinentes.

Encadré 9 Exemple – Stage secondaire d'été de recherche en IA et robotique de l'Adams State University, USA

Le programme d'été de l'Adams State University¹⁸ est financé par des subventions du Bureau de recherche de l'armée, permettant à deux élèves du secondaire de participer avec des enseignants et des étudiants de l'université au stage de premier cycle de recherche en intelligence artificielle (IA) et robotique sociale, également financé par l'armée américaine. Le programme permet à des élèves de premier et deuxième cycle du secondaire d'acquérir une expérience pratique du développement et de la présentation de recherches scientifiques. Il vise également à créer une pépinière d'étudiants désireux de passer une licence dans une discipline relevant des STEM (ingénierie, science informatique, technologie de l'information et mathématiques). Ce stage de huit semaines est mené en juin et juillet.

Outre l'augmentation de la demande de compétences numériques dans la plupart des professions moyenne et hautement qualifiées, une analyse des données sur les emplois vacants révèle une nouvelle gamme de compétences qui doivent être adoptées dans plusieurs disciplines techniques, dont la manipulation de données, la statistique et l'analyse en temps réel, l'analyse commerciale et la visualisation.

Les compétences requises de la main-d'œuvre changent aussi de façon moins directe, la demande de compétences générales telles que les aptitudes de travail en équipe, de collaboration et de commandement augmentant elle aussi. Une récente enquête mondiale auprès d'employeurs a conclu que 80 pour cent des entreprises faisaient état d'une pénurie de compétences générales (Bersin, 2019). Au Myanmar, une analyse de la demande sur le marché du travail entre 2017 et 2019 a révélé une augmentation de la demande de compétences de gestion de l'administration et des transactions, et que les employeurs spécifiaient des compétences générales, comme la collaboration, en plus des compétences techniques. En outre, la plupart des employeurs exigeaient une expérience du travail, ce qui souligne les avantages des programmes de formation intégrée au travail (UNESCO, 2019d).

¹⁷ <https://www.onetonline.org/link/summary/43-9021.00>

¹⁸ <https://www.adams.edu/news/adams-state-offers-summer-high-school-robotics-apprenticeship/>

Identification des besoins de compétences

L'identification de nouvelles qualifications, secteurs et compétences recherchés revient souvent à des conseillers industriels et à des enquêtes périodiques menées par les gouvernements. Les recherches sur les pratiques actuelles révèlent l'actuelle participation des milieux industriels à certaines structures de gouvernance d'institutions d'enseignement et de formation, notamment celles liées au développement des curricula et de l'apprentissage intégré au travail :

En tant que ministère, nous sommes obligés par le gouvernement d'avoir un comité consultatif, organe statutaire constituant pour chaque ministère une mesure de qualité. Soixante pour cent de ses membres sont des professionnels d'entreprises ou des partenaires qui peuvent fournir des informations au ministère. Ceci nous aide à appréhender l'évolution du marché dans un certain nombre de secteurs, et ils nous ont aussi aidés à introduire des logiciels et des TIC et nous ont conseillés sur leur utilisation.

Interview avec un agent administratif de l'enseignement et de la formation, Afrique du Sud

Si dans de nombreux contextes le processus d'identification demeure lourd ou fragmentaire, des pays tels que l'Australie, l'Estonie, le Myanmar, Singapour, l'Afrique du Sud et la Tunisie ont étudié l'élaboration d'outils mettant à profit l'IA pour connecter l'éducation, les demandeurs d'emploi et le marché du travail sans les délais qu'entraînent généralement les études de marché et la communication de leurs résultats. C'est ainsi par exemple que Burning Glass¹⁹ détermine l'ensemble de compétences requises par le marché du travail à partir des caractéristiques des emplois vacants et peut ainsi suivre quasiment en temps réel la demande de compétences et la rapide évolution des besoins de compétences de la main-d'œuvre.

La technologie de mise en correspondance des compétences peut aussi aider les institutions d'enseignement à instituer ou actualiser rapidement des options pour leurs cours et leurs formations. Cependant, il importe de coordonner le flux d'informations entre les différents niveaux de gouvernance (région, pays, province, institution, etc.) de telle sorte que les données pertinentes puissent être exploitées dans les meilleurs délais. Ceci requiert motivation et communication entre gouvernements et institutions d'enseignement et de formation, et les informations et recommandations doivent circuler dans les deux sens.

Toutefois, même si les nouvelles compétences retiennent davantage l'attention, il serait utile de prendre en considération les éventualités futures avant de supprimer complètement des curricula certaines compétences, notamment compétences techniques et mécaniques. Par exemple, les investissements dans l'infrastructure peuvent être en deçà du rythme de l'innovation et requérir des ensembles de compétences qui ne répondent pas seulement aux dernières innovations mais incluent en fait aussi des conceptions passées.

À présent, nous nous intéressons surtout aux nouvelles qualifications requises. Mais qu'en est-il des compétences et des qualifications que nous avons déjà ? Sont-elles nécessaires ? Pouvons-nous nous en défaire ? Qu'en est-il des compétences qui ne sont pas nécessaires dans les situations de routine ? Si nous perdons des compétences et des processus et que nous en avons besoin plus tard, qu'allons-nous faire ? Comment conserver les compétences qui ne sont pas utilisées très souvent du fait de l'automatisation ?

Interview avec un représentant du BIBB

¹⁹ <https://www.burning-glass.com/>

Encadré 10 Exemple – Le projet Jobs and Education Data Infrastructure (JEDI), Australie

Le projet JEDI²⁰ (Infrastructure de données de l'emploi et de l'éducation) a été institué par le Ministère de l'emploi, des compétences, des petites entreprises et des entreprises familiales et est supervisé par le Bureau australien des statistiques (ABS). Le projet est centré sur la création d'un moteur de données rassemblant des données sur l'emploi et l'éducation qui peuvent alors alimenter d'autres applications, y compris la recherche sur les politiques. Parmi les données recueillies figurent des informations sur l'enseignement supérieur, la formation technique et professionnelle et le marché du travail. Un élément essentiel de ce projet est un outil de mise en correspondance des compétences basé sur des données traditionnelles telles que les résultats des étudiants et les informations sur le marché du travail, et intégrant aussi des méthodologies nouvelles comme l'analyse en ligne des vacances d'emploi par la technologie d'IA Burning Glass. L'outil de mise en correspondance des compétences utilise ces informations pour fournir des aperçus nouveaux des transitions potentielles affectant la main-d'œuvre actuelle et future en mettant en lumière les emplois ou secteurs émergents ou en expansion qui sont liés aux compétences existantes ou en tirent parti. Une recherche d'emploi peut être effectuée par les individus au moyen d'outils en ligne grand public, tels que des plates-formes de recherche d'emploi, qui affichent des aspects de carrières potentielles, avec les tâches et exigences qu'implique l'emploi en question, le salaire et les perspectives d'avenir. Les demandeurs d'emploi peuvent alors avoir accès à davantage d'informations sur les compétences et connaissances requises et d'éventuels cours de formation continue correspondants.

20 <https://www.nationalskillscommission.gov.au/our-work/forecasting-skills-and-analysis>

L'IA au service de l'autonomisation de l'enseignement et de l'apprentissage

L'utilisation de l'IA dans l'enseignement et l'apprentissage est désormais un thème fréquent de discussion dans le climat éducatif actuel. Chercheurs et praticiens ont introduit l'IA dans les débats relatifs à bon nombre des questions les plus farouches de l'éducation, telles que la qualité de l'enseignement, l'apprentissage différencié, l'éducation dans les situations d'urgence et la migration.

Le Consensus de Beijing appelle à l'utilisation de l'IA au service de l'autonomisation de l'enseignement et de l'apprentissage. Parmi les objectifs figurent l'IA à l'appui de l'apprentissage et de l'évaluation des acquis (notamment pour évaluer les multiples dimensions des compétences des élèves), l'élaboration d'outils d'IA pour l'acquisition d'aptitudes et de compétences interdisciplinaires, et l'IA pour les processus d'apprentissage adaptatifs. Le consensus est centré sur les enseignants en tant qu'utilisateurs de l'IA, et sur l'IA en tant qu'outil visant à faciliter un enseignement et un apprentissage plus inclusifs et plus efficaces.

En plus des recherches documentaires et des examens des politiques menés pour ce document, quatre institutions d'enseignement et de formation et deux agences gouvernementales intervenant à l'appui des institutions d'EFTP ont été interrogées pour savoir comment l'IA et les technologies connexes sont mises à profit dans l'enseignement et l'apprentissage. Cette section présente un bref aperçu de certains résultats de ces recherches.

Nous enseignons maintenant l'IA aux étudiants dans le cadre de leurs cours et leur inculquons des connaissances élémentaires qui leur rendront service tout au long de leur carrière. Des chercheurs de l'université relevant d'une vaste gamme de disciplines utilisent maintenant l'IA dans le cadre de leurs analyses ou en tant que modèle prédictif à l'appui de leur travail expérimental. La boîte à outils de l'IA

devenant de plus en plus facile à utiliser, le défi a changé et il ne s'agit plus tant de calcul que de préparation de bibliothèques et d'imagination.

Interview avec un agent administratif de l'enseignement et de la formation, Japon

L'IA dans les institutions d'enseignement et de formation

Le volume des données produites par les équipements modernes de recherche est énorme. L'IA offre un moyen d'analyser ces données à une échelle et avec une profondeur qui étaient auparavant impossibles, préparant ainsi la voie à de nouveaux domaines de recherche et de découverte.

Interview avec un agent administratif de l'enseignement, Japon

Lorsqu'elle est convenablement intégrée dans des cadres de valeurs et des lignes directrices appropriés et robustes, l'IA a le pouvoir d'autonomiser l'enseignement et l'apprentissage au niveau des classes et à travers l'administration, ce que lui permettent en partie les considérables quantités de données qui passent par les diverses institutions et leurs systèmes et réseaux respectifs. L'IA est appliquée à l'administration, à l'enseignement, à l'identification des apprenants à risque, aux interventions, à la notation et à la planification. Les ressources éducatives libres (REL) offrent une profusion d'informations, et des applications d'IA telles que le réseau de références d'apprentissage *Learning Referral Network* ont été mises en place pour fournir une curation personnalisée de référentiels numériques²¹. Des agents de dialogue tels que le Digital Intelligence Virtual Assistant (DIVA) ont été déployés dans des institutions d'enseignement supérieur pour répondre aux questions des étudiants et réduire la sollicitation

21 <https://www.curiouslearning.org/learn-from-home>

des personnels (UNESCO, 2019a). Des ressources telles que LabXchange²² et Open Source Physics²³ procurent des expériences d'apprentissage dans la modélisation informatique et les simulations virtuelles, ce qui peut permettre aux enseignants d'économiser du temps au niveau de la préparation des expériences et de la transmission aux apprenants de compétences numériques.

Encadré 11 Exemple – IA pour les jeunes, UNESCO

En partenariat avec Ericsson, l'UNESCO a lancé IA pour les jeunes²⁴ dans le but de développer les compétences d'IA chez les jeunes. Dans le cadre du projet, un référentiel en ligne de ressources visant à enseigner l'IA aux jeunes – comment elle fonctionne, comment elle pourrait être utilisée et combien elle pourra affecter l'humanité – a été développé. Le référentiel est conçu pour aider enseignants et concepteurs de curricula à perfectionner leurs propres savoirs et à intégrer le développement des compétences d'IA dans les programmes d'enseignement scolaire.

Le projet inclura aussi le développement d'un cadre de compétences d'IA pour les écoles offrant le cursus scolaire depuis la maternelle jusqu'en terminale et soutiendra l'intégration de cours de formation à l'IA dans les curricula nationaux de certains pays.

Les participants à l'étude ont décrit comment l'IA, et de façon plus générale la technologie, est utilisée dans leurs institutions :

- En Afrique du Sud, l'introduction de plates-formes et de systèmes de gestion de l'apprentissage a contribué à réduire la charge administrative du personnel enseignant et de soutien. Les étudiants peuvent se connecter depuis n'importe où, que ce soit sur le campus ou ailleurs, et des étiquettes biométriques donnent accès aux ressources du campus dans certaines institutions. Les plates-formes, les portails et les ressources des systèmes de gestion de l'apprentissage sont devenus des éléments essentiels des interactions des étudiants et de la communication entre enseignants et autres personnels de l'institution, en particulier dans le contexte de la pandémie de COVID-19.

- En Malaisie, l'Universiti Tun Hussein Onn met au point un agent de dialogue qui servira d'outil d'apprentissage pour dispenser aux étudiants orientation et enseignement en dehors des heures d'ouverture.
- Des algorithmes prédictifs comme ceux utilisés par Change Dyslexia²⁵ sont utilisés pour détecter des difficultés d'apprentissage sur la base d'observations telles que la vitesse de lecture et le suivi oculaire.
- Les assistants personnels d'IA tels que X.ai et Google Calendar exécutent des tâches administratives comme la planification, la replanification et l'annulation des réunions ou des cours.

Des assistants intelligents sont en préparation pour apporter une aide dans une série de tâches administratives dont la budgétisation, les candidatures et inscriptions d'étudiants, la gestion des cours, les questions liées aux ressources humaines pour les éducateurs, les achats et les approvisionnements, la gestion des dépenses et la gestion des installations.

Interview avec un universitaire, Maurice

- L'IA est utilisée dans des logiciels comme les détecteurs de plagiat et les services de traduction en temps réel.
- Des « salles de classe intelligentes », qui permettent aux enseignants de suivre le comportement et le caractère des étudiants, sont à l'étude pour servir d'outils de recherche visant à déterminer les niveaux d'engagement dans différentes activités et médias, et fourniront des informations pouvant être utilisées pour adapter plus efficacement l'enseignement aux intérêts des étudiants.

Nous pouvons utiliser des technologies pour suivre les niveaux d'engagement des étudiants pendant différentes activités, par exemple l'apprentissage par problèmes et les vidéos. Nous voulons observer les étudiants et créer des méthodes d'enseignement qui sont mieux adaptées à la génération Z.

Interview avec un enseignant, Malaisie

- L'IA peut aussi être utilisée pour réduire la charge administrative des enseignants et les aider à noter et commenter.

22 <https://about.labxchange.org/>

23 <https://www.compadre.org/osp/>

24 <http://teachingaifork12.org/>

25 <https://www.changedyslexia.org/>

Encadré 12 Exemple – Letrus, Brésil

Letrus²⁶ est une plate-forme assistée par IA qui cherche à améliorer les compétences rédactionnelles des étudiants au Brésil en atténuant les problèmes rencontrés quant à la qualité et à la rapidité des observations des enseignants. Les fondateurs de Letrus, une entreprise EdTech, ont noté qu'il arrivait que les enseignants rendent aux étudiants leurs copies des mois plus tard, parfois avec des observations très sommaires. La plate-forme IA de Letrus a été conçue pour obtenir des observations rapides et détaillées. Les copies sont remises sur la plate-forme et analysées par un système d'IA qui a été entraîné au moyen de 5000 devoirs de haute qualité. Le système se sert d'outils existants tels que correcteurs orthographiques et détecteurs de plagiat, de même que de son propre algorithme, pour fournir des observations immédiates sur la structure du devoir et l'utilisation de la langue, des suggestions d'amélioration et une note provisoire basée sur le contenu. Ce résultat est alors examiné par un enseignant, et la copie est rendue à l'étudiant dans les trois jours. Les enseignants ont accès à un portail présentant des informations sur la performance en classe, y compris les erreurs courantes, les défis et les copies des élèves, et peuvent ajouter leurs propres commentaires ou contester les conclusions du système d'IA. Les enseignants continuent aussi d'être les interlocuteurs des étudiants en ce qui concerne leur travail. Cette approche offre des possibilités de soutien ciblé en classe et garantit que les enseignants restent les accompagnateurs essentiels du parcours éducatif, l'IA constituant simplement un auxiliaire d'appoint.

Les participants à l'étude ont également suggéré que l'IA pourrait être utilisée pour aiguiller les individus vers des filières professionnelles prometteuses sur la base de données historiques des résultats des diplômés, à partir de données d'entrée telles que la situation socio-économique, les cours et les emplois actuels, et pour déterminer pour les enseignants une répartition appropriée des tâches à partir de leur performance antérieure. Ceci rejoint les utilisations les plus connues de l'IA dans les relations humaines et en particulier dans le recrutement, où « l'interview universel est supplanté (ou renforcé) par des interviews numériques misant sur des équipements grand public pour traduire les comportements vocaux et faciaux des candidats en

un profil psychologique ou en une estimation de leur aptitude à une fonction, sur la base de la prédiction de leur future performance professionnelle ou de leur niveau d'engagement au travail » (Akhtar et al. 2019: 178).

Ce type d'algorithme peut améliorer de faibles taux de fiabilité, tout au moins pour des interviews structurés et non structurés. Une méta-analyse de Cook (2004, citée dans Akhtar, 2019) a conclu que le coefficient de validité pour les interviews non structurés en tant que prédicteurs de la performance professionnelle était aussi faible que $r = 0,15$, et seulement un peu plus élevé ($r = 0,28$) pour les interviews structurés. Il convient toutefois de porter une attention particulière à une application éthique de données historiques à des personnes spécifiques. L'IA génère une recommandation basée sur une probabilité, mais peut également au cours du processus affecter des restrictions injustifiées à des personnes, qui présentent des capacités et des caractéristiques qui sans le moindre doute vont influencer leurs résultats. Comme nous l'avons noté auparavant, l'action humaine doit représenter une considération essentielle du développement et du déploiement de toute forme d'IA.

L'étude cite également la réforme du curriculum, comme par exemple dans l'intégration de la réflexion conceptuelle dans les cours de l'EFTP à Singapour et l'inclusion de projets d'innovation tels que le projet Capstone pour étudiants de dernière année de diplôme Internet des objets (IdO) et analyse de mégadonnées au Polytechnic Mauritius. Le projet de dernière année de l'Universiti Tun Hussein Onn encourage lui aussi les étudiants à travailler avec l'IdO et l'IA, et peut être rattaché au Salon de la technologie de Malaisie, à des concours nationaux et internationaux et foires de l'innovation organisés pour étudiants et employés, avec pour finalité la commercialisation de projets.

Une autre stratégie utilisée pour assurer la bonne combinaison de compétences pédagogiques et de possibilités d'application pratique est basée sur des laboratoires ou centres d'incubation rattachés à des institutions d'enseignement et de formation, des partenariats permettant d'instaurer une filière université-industrie pour le développement de produits tout comme de talents. Certaines institutions d'enseignement supérieur ont investi dans le développement d'incubateurs d'entreprises sur leur campus afin de mettre à profit les ressources de l'université pour concevoir et expérimenter des innovations. En développant leurs innovations, les étudiants peuvent acquérir des compétences entrepreneuriales par des interactions telles que des ateliers, le soutien de leurs homologues et enseignants et un accompagnement par l'industrie.

²⁶ <https://www.letrus.com.br/>

Encadré 13 Exemple – Le New Venture Institute de la Flinders University, Australie

Le New Venture Institute²⁷ est la branche entrepreneuriale de la Flinders University ; il constitue pour les entreprises, les pouvoirs publics et la communauté un lien avec l'université, ses étudiants, ses enseignants et son infrastructure, avec pour objectif de créer un impact par le renforcement des capacités. L'institut a vocation à aider individus, entreprises, éducateurs et chercheurs à se préparer à un environnement futur en continuels bouleversement. Le NVI instaure un espace où les nouveaux entrepreneurs peuvent établir des liens avec des experts de pointe du monde de l'industrie et travailler au développement et à la commercialisation de nouveaux produits, créant ainsi des opportunités au carrefour entre incubation d'entreprises, éducation et innovation industrielle.

Les défis de la mise en œuvre des innovations en IA dans l'éducation et la formation

Les défis les plus pressants liés à l'utilisation de l'IA dans l'éducation relèvent de l'éthique. Le recours à des facteurs tels que la situation socio-économique en tant qu'élément déterminant s'est avéré problématique, comme l'a montré la prévision de notes d'examen en Angleterre (Walsh, 2020). L'utilisation de la technologie pour procéder à un suivi des apprenants, en classe ou ailleurs, peut équivaloir à une surveillance. En outre, des préoccupations sont suscitées par la mesure dans laquelle l'IA peut mesurer fidèlement l'engagement au moyen de repères visuels. Des principes tels que la responsabilité, l'explicabilité et la transparence doivent être codifiés par des institutions et toujours respectés lorsque l'IA est utilisée, et étudiants et personnels devraient prendre des décisions avisées et libres sur leurs interactions potentielles avec l'IA.

Même lorsqu'elle est utilisée de façon avantageuse, l'aptitude à profiter de la prolifération de l'IA et des outils liés à l'IA varie d'une institution d'enseignement et de formation à l'autre. Les participants à l'étude ont noté que même après avoir modifié leur politique et leur curriculum, toutes les institutions n'étaient pas en mesure de tirer profit de nouvelles opportunités, de répondre aux exigences des curricula ou d'en appliquer de nouveaux. C'est ainsi qu'un participant indiquait que l'intégration de simulations dans les programmes menant au diplôme de technicien représente un problème pour certaines petites institutions de formation technique

Même avant la montée en valeur des compétences d'IA, les informaticiens faisaient déjà défaut dans le secteur éducatif. Les géants de la technologie ont drainé en grande foule depuis le secteur éducatif du personnel technique talentueux, qui probablement n'y retournera pas.

Interview avec un agent administratif de l'enseignement et de la formation, Japon

et professionnelle. Les interviews citaient constamment l'aptitude des enseignants comme l'un des principaux écueils de l'intégration de l'IA dans l'enseignement et l'apprentissage. Les institutions d'enseignement se disputent non seulement entre elles, mais aussi avec les entreprises, les ressources actuellement restreintes en compétences requises pour développer le talent de nouveaux chercheurs et praticiens en IA. Ceci limite quelque peu le niveau des connaissances disponibles dans les institutions d'enseignement supérieur, amenant ainsi certains étudiants à quitter celles-ci en faveur d'un mentorat direct et d'une formation dans l'industrie. En outre, certaines entreprises du domaine de l'IA, comme Google, demandent désormais aux candidats à l'emploi de présenter leurs réalisations plutôt que leurs diplômes, grâce à des plates-formes collaboratives comme GitHub qui permettent aux individus de montrer leurs propres projets de développement.

En fin de compte, les établissements supérieurs d'enseignement et de formation n'ont souvent pas la capacité interne requise pour le développement de l'IA et n'ont souvent pas suffisamment de talents, même au niveau intermédiaire, pour utiliser correctement l'IA.

L'expertise nous fait défaut pour développer des cours d'IA ou connexes. Nous avons besoin du soutien d'experts pour faire en sorte que les enseignants bénéficient d'une formation pour renforcer leurs compétences d'IA. Ils sont nombreux à faire des erreurs ou à ne pas vraiment la comprendre. Leur perception de l'IA gravite essentiellement autour des robots et de la façon dont les robots vont se substituer aux êtres humains.

Interview avec un enseignant, Universiti Tun Hussein Onn, Malaisie

27 www.nvifinders.com.au

Dans l'enseignement et la formation professionnels, cette situation est encore compliquée par le faible niveau parfois requis des enseignants ; selon certains des participants à l'étude, un certificat délivré à l'issue d'un cours durant un week-end est parfois suffisant. Avec l'absence d'investissements dans le développement des enseignants, ceci peut s'opposer à ce que la technologie soit adaptée avec succès et de façon productive dans l'enseignement et l'apprentissage.

Un autre défi noté par les participants concerne l'ampleur et l'adoption des technologies d'IA développées dans les institutions d'enseignement et de formation. Même si une expertise en IA est disponible, les solutions mises au point pour répondre aux problèmes liés à l'éducation restent souvent isolées au sein de certaines institutions auxquelles la capacité ou la volonté de les commercialiser plus largement fait défaut.

Il faut un grand effort de réflexion et de planification pour s'engager dans l'introduction de l'IA, y compris pour comprendre si les clients sont prêts pour le changement. Ils doivent jouer un rôle actif dans la transition.

Interview avec un représentant du NCVER

Construire des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie grâce à l'IA

Le Consensus de Beijing fait état d'un engagement en faveur de l'utilisation de l'IA pour offrir à tous des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie englobant l'éducation formelle, non formelle et informelle. Le document positionne les plates-formes d'IA et l'analytique de l'apprentissage comme des « outils techniques essentiels » en vue de « systèmes intégrés d'apprentissage tout au long de la vie, et offrant, à tout instant, en tous lieux et potentiellement à quiconque, la possibilité d'un apprentissage personnalisé », et insiste pour qu'il soit prêté attention aux besoins des personnes les plus âgées et de celles qui se heurtent à des barrières à l'accès au numérique.

Cette section examine les orientations et pratiques actuelles de la formation de la main-d'œuvre et des individus et les nouvelles tendances de l'apprentissage tout au long de la vie, et le rôle des gouvernements et des institutions d'enseignement et de formation dans l'extension des dispositifs de formation.

Un plaidoyer pour le travail intégré à l'apprentissage

Le changement de paradigme depuis l'organisation « hiérarchique » de l'entreprise (où une personne « gravite les échelons » en ligne droite dans un domaine donné) vers son organisation « matricielle » (où les itinéraires d'emploi impliquent des mouvements tant horizontaux que verticaux) souligne la nécessité de l'apprentissage tout au long de la vie et du développement des compétences pour que les individus conservent leur importance pour l'entreprise (Benko & Anderson, 2010). Ce changement est explicitement reconnu dans les débats académiques actuels sur les compétences et la formation, mais les travailleurs en ont eux aussi conscience. C'est ainsi que 54 pour cent des travailleurs américains qui ont répondu en 2016 à un sondage du Pew Research Centre ont indiqué penser qu'il leur faudrait se perfectionner encore pendant leur carrière, et 39 pour cent des cadres de grandes entreprises interrogés par Deloitte ont dit avoir du mal à trouver les talents dont leur entreprise avait besoin (Donovan & Benko, 2016 ; Pew Research Centre, 2016). C'est surtout dans les domaines des STEM (science, technologie, ingénierie et mathématiques) que la main-d'œuvre fait défaut (Rakyan, 2017).

Il ne suffit pas de se pencher sur la transformation numérique dans les marchés du travail en émergence, il faut aussi perfectionner en permanence la main-d'œuvre existante ou la remplacer rapidement et régulièrement. Cette prise de conscience de la nécessité d'un perfectionnement permanent pour maîtriser le changement donne déjà naissance à des modèles innovants d'apprentissage continu et tout au long de la vie et est incarnée de la manière peut-être la plus directe par les appels à une « approche de l'avenir du travail centrée sur l'humain » et à « un système efficace d'apprentissage tout au long de la vie et une éducation de qualité pour tous » exprimés dans la *Déclaration du centenaire de l'OIT pour l'avenir du Travail* (2019). On pourrait même considérer que l'avenir réside dans de nouveaux modèles intégrant non seulement l'apprentissage intégré au travail, mais aussi le travail intégré à l'apprentissage.

Les institutions éducatives font tout leur possible face à la nécessité de développer davantage de talents pour que le moteur du développement de l'IA continue de tourner. Toutefois, non seulement l'éducation se transforme au niveau des curricula de science, technologie, ingénierie et mathématiques (STEM), mais le secteur de l'éducation tout entier se trouve transformé par l'IA.

*Interview avec un universitaire,
Polytechnics Mauritius*

L'attention croissante donnée aux modèles d'apprentissage tout au long de la vie, notamment lorsqu'ils délivrent des justificatifs formels ou semi-formels, donne aux institutions d'enseignement et de formation des possibilités de créer et de dispenser des programmes d'études au-delà des frontières et de s'adresser à de nouveaux publics. Dans un scénario envisageable, alors que la concurrence entre sites physiques d'études dans l'enseignement supérieur se traduisait naguère par des populations d'étudiants constituées essentiellement de cohortes continues, la multiplication des méthodes et des lieux d'accès et la

réduction des coûts de délivrance des cours pourraient entraîner une participation plus large et plus inclusive à l'enseignement post-scolaire à un moindre coût.

Toutefois, des implications à la fois pédagogiques et financières sont associées notamment à la mise en œuvre initiale de modèles innovants de délivrance de cours et aux plates-formes correspondantes. Dans certains cas, un financement de démarrage pour la mise en place de nouvelles plates-formes et/ou le développement de personnel d'enseignement mixte ou à distance peut être fourni par des subventions gouvernementales, et des partenariats avec des entreprises de technologie peuvent fournir une source externe de compétences pour la conception et l'entretien des plates-formes et des contenus.

Différents modèles de développement de contenus sont également disponibles. On peut développer des contenus à ses propres frais et en donner licence, s'associer avec un prestataire existant comme Coursera pour qu'il fournisse des contenus, ou payer pour des contenus en ligne et les compléter ou les adapter alors à ses propres besoins. Les profils de risque et les ressources et l'expertise disponibles sont des facteurs critiques à prendre en compte.

Interview avec un représentant du NCVER, Australie

Le rôle de l'industrie dans l'apprentissage tout au long de la vie

L'industrie réagit à la transformation de la demande et à la nécessité de perfectionner ses personnels au moyen de partenariats avec des institutions universitaires et des prestataires de formation en ligne. Par exemple, consciente du rôle joué par l'IA dans l'amélioration des opérations et la réduction des coûts, la compagnie pétrolière Royal Dutch Shell s'est associée à Udacity, un prestataire de formation en ligne, pour former ses employés à l'IA, à la science des données, à l'ingénierie des données et à d'autres domaines numériques dans le cadre de son initiative de développement professionnel. Les employés suivent des cours, financés par l'entreprise, et obtiennent des « nanodiplômes » en quatre à six mois (Caminiti, 2020). Les investissements des employeurs dans la formation de leur personnel augmentent : une étude effectuée dans quarante-trois pays développés et en développement a révélé que 54 pour cent des employeurs interrogés dispensaient à leur personnel une formation d'appoint, alors que ce taux n'était que

Encadré 14 Exemple – Talent Overhaul, AT&T, USA

Un exemple de projet pilote de travail intégré à l'apprentissage est la « mise à jour des talents » entreprise par la compagnie américaine AT&T. Face aux exigences en matière de technologie et de nouvelles compétences, AT&T s'engage dans un programme massif de perfectionnement de son personnel plutôt que de le réduire et de le remplacer. Parmi les principales caractéristiques du programme de perfectionnement figurent une restructuration de l'entreprise pour élargir les descriptions de poste, une augmentation des attentes de performances et un moindre nombre d'intitulés de postes. AT&T a par ailleurs investi 340 millions de US\$ sur trois ans dans le perfectionnement de ses employés. À l'appui du personnel, la compagnie a lancé une plate-forme en ligne de développement du personnel en libre-service, qui comporte des ateliers virtuels et des outils de planification de carrière, et développé avec des universités des programmes conjoints pour répondre aux besoins de perfectionnement. Elle a aussi investi dans des cours formels et en ligne pour les employés, et créé un système de badge pour signaler les qualifications numériques des travailleurs (Donovan & Benko, 2016).

de 20 pour cent en 2014 (ManpowerGroup, 2018). Ces investissements présentent cependant des différences régionales et nationales. Une étude menée en 2019 au Myanmar a constaté que 6 pour cent seulement des entreprises investissaient dans leur personnel, contre 33 pour cent dans l'Asie de l'Est et le Pacifique (UNESCO, 2019b).

Tandis que certains praticiens soulignaient que les universités étaient le premier point de contact pour les entreprises, on voit apparaître certains exemples où des institutions d'EFTP jouent également un rôle de premier plan dans les collaborations entre l'industrie et le monde de l'enseignement, en particulier lorsque les pistes de progression et d'articulation entre l'EFTP et les établissements d'enseignement supérieur sont clairement établies.

L'identité fondamentale de la formation dans l'EFTP a toujours été caractérisée par les collaborations stratégiques entre institutions, apprenants et entreprises (ILO & UNESCO, 2020). Les institutions d'EFTP collaborent

Encadré 15 Exemple – Projet d'apprentissage de niveau supérieur en technologie appliquée, Australie

Il s'agit d'une nouvelle filière de diplôme et « Associate Degree » de technologie appliquée développée par une collaboration entre Siemens Ltd et l'Université de technologie de Swinburne²⁸. Le diplôme de technologie appliquée relève du système d'EFP et confère une qualification permettant à son titulaire de travailler comme technicien en ingénierie, tandis que le « Associate degree » de technologie appliquée relève de l'enseignement supérieur et qualifie son titulaire comme ingénieur associé. L'accomplissement de cette filière en deux étapes s'articule directement sur un diplôme de Bachelor en technologie appliquée. Les titres sont conçus pour répondre aux besoins de l'industrie et transmettent des compétences technologiques de haut niveau à la main-d'œuvre de l'avenir, notamment compétences en science, technologie, ingénierie et mathématiques (STEM) ; à cet effet, le projet pilote couvrait toute une gamme de thèmes tels que l'industrie 4.0 et l'IdO, les technologies révolutionnaires et l'ingénierie.

Ces qualifications sont de nature fortement pratique, l'emploi du temps consistant pour plus de la moitié en formation pratique chez Siemens et dans d'autres entreprises. Les superviseurs et cadres commerciaux des entreprises sont appuyés par des enseignants universitaires au moyen d'observations sur place des étudiants, et le développement professionnel des chargés de cours est assuré par l'industrie pour améliorer leur compréhension des processus industriels et des besoins de compétences. Vingt étudiants ont participé au projet pilote, qui s'est achevé en 2020 (AI Group, 2016).

avec l'industrie par la recherche et le développement, la commercialisation d'idées ou de prototypes, et des incubateurs d'entreprises. Une façon de mobiliser le potentiel des apprenants, qui est la ressource critique, est de renforcer l'accent sur la réflexion conceptuelle et l'entrepreneuriat dans les institutions d'EFTP, comme on le voit dans des modèles tels que ceux de Singapour, de la Malaisie et de l'Espagne (Koh et al., 2015 ; Olanrewaju, Ojo & Peter, 2020 ; UNESCO-UNEVOC, 2020).

Parcours et titres d'apprentissage flexibles

Bien entendu, on attend des individus qu'ils se perfectionnent en permanence en fonction de leurs besoins tels qu'ils les ont déterminés eux-mêmes. L'IA a créé de nouvelles opportunités de délivrance décentralisée de cours d'enseignement et de formation, et la participation des futurs travailleurs à l'éducation ne se limitera pas à des cours formels de diplôme, mais continuera d'inclure des études indépendantes parfois sans rapport avec leurs besoins immédiats de développement professionnel.

La prolifération des plates-formes d'apprentissage, de la connectivité en ligne et des équipements a abouti à l'apparition de nouvelles opportunités éducatives, par exemple micro-qualifications acquises uniquement en ligne, et à une croissance des programmes d'apprentissage à distance. L'apprentissage ouvert et à distance est l'un des domaines de l'éducation dont

la croissance est la plus rapide, et offre de nouvelles possibilités pour atteindre les apprenants et réduire les coûts. Coursera²⁹, une plate-forme créée en 2012 pour fournir de brefs cours formels d'institutions agréées d'enseignement et de formation en mettant en œuvre des MOOC, avait en 2019 une base d'utilisateurs de 40 millions d'apprenants, et de nombreux concurrents offraient des prestations similaires. De nouveaux modèles de sourcing de personnels, par exemple l'externalisation ouverte (« crowdsourcing ») et le travail sur des plates-formes (parfois considérés comme relevant de l'économie des petits boulots) créent des opportunités pour les travailleurs qualifiés (Manyika et al., 2014), mais aussi pour des institutions ou plates-formes non traditionnelles d'enseignement et de formation comme Outschool³⁰, un portail communautaire de cours en ligne permettant à des experts de sujets allant de la décolonisation de l'histoire aux jeux de rôles d'offrir des micro-cours aux apprenants. Des initiatives telles que le portail FutureSkills³¹ en Inde et le portail MySkillsFuture à Singapour³² fournissent des évaluations des compétences initiales et mettent en correspondance possibilités d'apprentissage et objectifs professionnels.

28 <https://www.aigroup.com.au/policy-and-research/industrynewsletter/industry-extras/industry-4.0-higher-apprenticeships-project/>

29 <https://www.coursera.org/>

30 <https://outschool.com/>

31 <https://futureskills.nasscom.in/>

32 <https://www.myskillsfuture.gov.sg/content/portal/en/index.html>

Encadré 16 Exemple – Kiron Open Higher Education, Allemagne

Kiron Open Higher Education³³ est l'initiative sociale responsable du Kiron Campus, une plateforme gratuite d'apprentissage en ligne pour les réfugiés. Les apprenants sont guidés à travers les cursus et les certifications compilés à partir d'un ensemble structuré de REL telles que des MOOC. Parmi les domaines d'études figurent le commerce et l'économie, l'ingénierie, l'informatique et les sciences sociales, et des recherches initiales basées sur des tests indiquent que les résultats d'apprentissage obtenus sont comparables aux niveaux universitaires. En plus de ces filières d'apprentissage, Kiron assure des cours basés sur des compétences comme l'apprentissage de langues, la conception de sites web, le Python et les compétences commerciales, et met les apprenants directement en contact avec des possibilités d'emploi. Kiron offre également une assistance automatisée pour les candidatures aux universités.

Les parcours de formation et les types de justificatifs comme les micro-justificatifs offerts par des cours de brève durée et des MOOC font en sorte que des connaissances, compétences et aptitudes peuvent être acquises et actualisées en réponse à l'évolution des exigences du travail et de la société. Il existe aussi un besoin croissant de méthodes robustes d'évaluation et de validation des acquis antérieurs dans ce paysage en rapide évolution, où cours et prestataires peuvent apparaître puis disparaître. On l'a vu, l'identité autonome donne aux apprenants la capacité de contrôler leurs justificatifs et d'y avoir accès, même si l'organisation qui les avait délivrés à l'origine a maintenant disparu. Des initiatives telles que Credential Engine s'efforcent de cartographier les compétences et aptitudes des justificatifs afin d'accroître la transparence et de permettre de comparer les justificatifs quel qu'en soit le contexte. Une récente étude de cas effectuée en Afrique du Sud a déterminé que des modalités flexibles d'apprentissage telles que l'admission alternative, l'assistance par les pairs, l'apprentissage à distance ou mixte, l'apprentissage à temps partiel ou à horaires flexibles, qui étaient « naguère réputées "alternatives", sont désormais largement considérées comme des pratiques "généralisées" » (Bolton, Matsau & Blom, 2020, 12).

Les cadres de certifications favorisent également l'apprentissage tout au long de la vie et la mobilité de la main-d'œuvre, et ont actuellement une présence significative dans plus de 140 pays ; il existe au moins quatre cadres de certifications régionaux à divers stades de développement, et des progrès sont accomplis dans l'élaboration d'un cadre de certifications continental pour l'Afrique (CEDEFOP, 2018). Lentement mais sûrement, les cadres de certifications sont influencés par de nouvelles perspectives sur les justificatifs numériques (Keevy & Chakroun, 2018), la notion de représentation (Bjørnåvold & Coles, 2007) et les nouvelles plates-formes qui permettent une validation plus authentique des dossiers d'apprentissage (Shiohira & Dale-Jones, 2019).

33 <https://kiron.ngo/>

34 <https://credentialengine.org/>

3

Ce document a examiné un certain nombre d'enjeux de l'IA dans l'éducation en ce qui concerne les compétences intermédiaires, en particulier dans le domaine de l'enseignement technique et professionnel, s'appuyant sur une vaste gamme d'études, de contributions de parties prenantes et de travaux de recherche documentaire. Il a établi les fondements d'une base de connaissances communes parmi les parties prenantes sur les questions liées à l'IA, les compétences intermédiaires et les transformations du marché du travail, pour à partir de là examiner les progrès réalisés vers une IA centrée sur l'humain et basée sur des

valeurs dans l'éducation et les défis à relever à cet égard. Ce faisant, il a exploré un certain nombre de politiques et d'innovations éducatives liées à la technologie et à l'IA. Il a mis en évidence comment l'IA ajoute de la valeur au secteur de l'éducation et de la formation et comment l'éducation et la formation ajoutent de la valeur au secteur de l'IA et à d'autres secteurs qui mettent en œuvre l'IA.

Ce document va maintenant formuler quelques réflexions et se pencher sur la voie à suivre.

SECTION 3

L'IA ET L'AVENIR DE L'EFTP

La diversité des contextes de l'EFTP

Les institutions d'EFTP opèrent dans toute une gamme de contextes. Certaines opèrent dans des sociétés à revenu intermédiaire de la tranche supérieure et à revenu élevé où l'IA est déjà profondément ancrée dans la législation et la gouvernance, les politiques, les dépenses publiques, le secteur privé et l'économie nationale. Bon nombre des institutions d'EFTP de ces sociétés jouent déjà un rôle de pointe dans l'« assèchement » des compétences de niveau intermédiaire et l'intégration directe de parcours d'apprentissage flexibles et de l'IA dans l'enseignement et la formation.

Dans d'autres pays, les gouvernements qui ne disposent pas des ressources ou de la base industrielle permettant de développer l'IA vont devenir des clients des gouvernements et entreprises privées qui possèdent et fournissent des biens et services d'IA – un calque du paradigme « exporter des matières premières, importer des produits transformés » au titre duquel les pays en développement, notamment, exportent des matières premières comme le coton et importent des produits traités ou à valeur ajoutée comme des vêtements (Kasahara, 2004). Les pays qui s'en tiennent là vont probablement engager des consultants et des prestataires de services pour appliquer l'IA aux secteurs qui en ont besoin afin de faire en sorte que la production locale se conforme aux chaînes de valeur internationales. Dans certains contextes, la mesure dans laquelle l'IA est actuellement intégrée dans les gouvernements et les entreprises est limitée, et d'autant plus pour ce qui est de la société civile ; les impacts de l'IA conservent une ampleur et une portée moindres, et son rôle de moteur du changement dans l'EFTP n'a pas encore été établi.

Mais même dans ces pays, la question n'est pas de savoir si, mais quand le changement va se produire. Le calendrier de la transformation pourra varier considérablement d'une région et d'un pays à l'autre, mais au fur et à mesure que l'industrie de l'IA poursuit son expansion et que les utilisations de l'IA continuent de se multiplier, les pays vont probablement renforcer leur engagement. Les systèmes d'EFTP qui ne prennent pas en considération de manière proactive l'impact de ces transformations sur leurs curricula et leurs programmes de formation risquent l'obsolescence.

Les recherches actuelles indiquent que de nombreuses institutions d'EFTP n'ont pas encore réagi de façon adéquate ou robuste aux changements qui surviennent à l'ère de l'IA. Il est absolument nécessaire que les institutions d'EFTP, quel que soit leur contexte, comprennent l'importance actuelle et future de l'IA et commencent à intégrer l'IA dans leurs processus de développement et de planification. En anticipant et, là où cela est possible, en agissant à l'avance, les institutions d'EFTP se positionneront elles-mêmes et leurs diplômés pour prospérer à l'ère de l'IA et apporter une contribution positive aux objectifs économiques, sociaux et individuels. Si elles s'abstiennent de le faire, l'effet sera opposé ; les diplômés de l'EFTP seront mal préparés pour le marché du travail et l'EFTP dans son ensemble perdra son statut, alors que c'est précisément le contraire qui s'impose.

Recommandations pour un rôle international de premier plan de l'EFTP

Pour que les institutions d'EFTP puissent prospérer à l'ère de l'IA, des investissements s'imposent de la part de parties prenantes internationales, nationales et institutionnelles. Si ce document a contribué au débat en cours sur l'IA, les compétences intermédiaires et les institutions d'EFTP, il n'en faut pas moins encore poursuivre les recherches, plaider en permanence à différents niveaux des parties prenantes, et surtout formuler des recommandations politiques.

Parvenir à un consensus sur l'IA dans l'EFTP

Une approche qu'il y a lieu d'envisager est un document de consensus établi par les mêmes types de mobilisation et de partage des connaissances que ceux dont est issu le *Consensus de Beijing sur l'intelligence artificielle et l'éducation*. Par des engagements, des conférences, des présentations et des discussions, il serait possible de parvenir à une sensibilisation et d'encourager d'énergiques débats parmi les décideurs, les chercheurs et les praticiens, afin d'influencer les politiques et les pratiques à différents niveaux.

Investir dans des lignes directrices et protocoles spécifiques

Un point d'intérêt capital est l'augmentation significative du financement public d'initiatives d'IA, y compris recherche et développement, et de l'infrastructure numérique correspondante (Purdy & Daugherty, 2017). Toutefois, il convient de noter que l'EFTP est sous-représenté dans les politiques des pouvoirs publics, et les universités représentent actuellement une cible plus importante pour les travaux de recherche exploratoire.

En complément, les chefs de file internationaux de l'EFTP pourraient investir aussi dans des notes d'orientation, lignes directrices et/ou protocoles spécifiques pour que les gouvernements fassent participer les établissements d'EFTP à leurs plans et stratégies d'IA, prenant en compte un financement distinct et, au minimum, la participation des établissements d'EFTP à des partenariats entreprises/éducation en matière d'IA. Les recommandations pour la gouvernance présentées à la section qui suit pourront aussi fournir certains points à prendre en considération dans un tel document.

Inviter les parties prenantes locales à participer

Les organismes gouvernementaux, universitaires et non gouvernementaux intervenant dans ce secteur pourraient en outre être invités à apporter une contribution par des analyses des politiques, des documents de réponse et des actions de sensibilisation à l'EFTP dans certains contextes nationaux.

Recommandations pour la gouvernance régionale et nationale

Le rapide développement de l'IA et des politiques correspondantes montre que les gouvernements ont conscience de l'importance de l'IA dans la vie sociale, politique et économique. Les effets de l'IA se font sentir non seulement dans les transitions qui affectent la main-d'œuvre, mais aussi dans la vie de tous les jours, où les individus sont sous le coup de l'influence de l'IA des mégadonnées dans leurs habitudes quotidiennes, dont les transactions bancaires, la messagerie électronique et les achats, qu'ils s'en aperçoivent ou non.

Mener des révisions et des mises à jour des politiques

Les priorités auxquelles doit répondre la gouvernance à l'ère de l'IA sont de faire en sorte que les citoyens soient bien informés sur l'IA et son rôle dans la société, de garantir que les citoyens soient à même de prendre des décisions sur l'IA en connaissance de cause, et de mettre en place des voies de recours pour les préjudices liés à l'IA, si elles devaient s'avérer nécessaires. Les pays doivent mettre à jour les politiques et les lois concernées, y compris celles relatives à la propriété intellectuelle, à la responsabilité, à la protection de la vie privée et, bien sûr, aux curricula et aux résultats et politiques de l'éducation, pour prendre en compte l'influence de l'IA et de la robotique.

Réformer les justificatifs

Dans un monde idéal, le curriculum et les cadres associés, par exemple les certifications, seraient agencés ou réaménagés de façon à pouvoir rassembler dans différents parcours des micro-justificatifs connexes. Ceci ouvrirait la voie à des parcours d'apprentissage tout au long de la vie plus flexibles où des micro-justificatifs pourraient venir s'ajouter ou se substituer à des justificatifs existants pour y intégrer de nouvelles compétences ou de nouveaux acquis, ou, dans la perspective de l'apprentissage tout au long de la vie, pour ajouter de nouvelles qualifications afin d'éviter des répétitions et procédures administratives inutiles.

Faire de l'accès aux TIC une priorité

Eu égard à son importance dans la vie moderne, les gouvernements devraient faire d'une connectivité abordable pour tous une priorité au niveau tant des politiques que des dépenses nationales. En concordance avec les appels de plus en plus pressants pour que l'accès à Internet soit considéré comme un droit humain fondamental, les gouvernements tout comme les institutions doivent donner la priorité aux équipements et au capital humain requis pour assurer l'existence d'une robuste infrastructure nationale de TIC. Ceci inclut la priorité aux compétences numériques à l'école.

On sait de manière implicite que les économies, les institutions et le marché du travail pourront ne pas nécessairement tirer de l'IA un même bénéfice. Les gouvernements doivent s'attacher à faire en sorte que les bénéfices soient équitablement répartis dans leurs pays respectifs, une attention particulière devant être prêtée aux clivages entre zones urbaines et rurales et entre les sexes.

Garantir la mise en œuvre et le respect des politiques d'éthique de l'IA

Certains gouvernements ont été très actifs dans la rédaction de politiques visant à permettre et encourager l'intégration de l'IA dans leurs économies, mais un peu plus lents à envisager des politiques régissant les interactions quotidiennes avec l'IA. Bon nombre d'entre eux ont ajouté des directives éthiques à une « liste de mesures à prendre » au titre de leur stratégie nationale. Depuis que cette étude a été menée, un certain nombre d'institutions de gouvernance ont donné suite par des politiques spécifiques d'éthique, et le paysage politique évolue rapidement à cet égard. Les gouvernements doivent agir rapidement pour adopter, adapter ou développer des politiques d'éthique de l'IA et des règles juridiques correspondantes régissant des aspects tels que la transparence, la sécurité, les biais et la propriété des données.

Des organismes internationaux peuvent être impliqués pour renforcer ce processus. L'UNESCO, par exemple, considère l'éthique de l'IA comme une priorité clé et œuvrera pour finaliser ses recommandations pour une

éthique de l'IA en 2021, en complément des cadres éthiques qui circulent déjà sous forme préliminaire ou définitive.

Développer des politiques équilibrées d'IA répondant aux besoins tant sociaux qu'économiques

L'IA centrée sur l'humain, ou l'IA fondée sur des principes de conception éthique et utilisée en conformité avec des valeurs universellement reconnues, requiert une gouvernance de l'IA centrée sur l'humain. Les gouvernements qui ne l'ont pas encore fait devraient prendre des mesures pour établir ou réviser des stratégies visant explicitement à gérer les transitions

sur le marché du travail et à répartir les bénéfices de l'IA. Comme le notait le PDG de Huawei, Ren Zhengfei, au Forum économique mondial de 2020, la besogne de la technologie est la création de richesse, tandis que la répartition de la richesse est une question sociale (Harari, 2020). Les gouvernements doivent prendre cette responsabilité au sérieux et faire en sorte que soient en place des politiques et stratégies équilibrées qui non seulement encouragent la croissance, mais aussi protègent la vie privée et les travailleurs, soutiennent l'apprentissage tout au long de la vie et donnent aux groupes vulnérables la possibilité d'avoir accès à la technologie et à l'IA et d'en bénéficier.

Recommandations pour les institutions d'EFTP

Les institutions d'EFTP diffèrent considérablement dans la manière dont elles font face aux initiatives d'IA, les intègrent et y répondent. Toutefois, ce document soutient que toutes les institutions d'EFTP, quel que soit le contexte national, doivent s'engager dans l'IA. Ceci s'applique même aux institutions qui actuellement ne sont pas connectées, et c'est un impératif vital où que leur pays se situe actuellement sur la courbe de l'adoption de l'IA.

Rechercher les outils d'IA disponibles

Ce document a fait référence à certains des outils d'IA et des programmes de formation liés à l'IA disponibles. Toutefois, il s'en crée chaque jour de nouveaux, et le domaine de l'IA évolue rapidement, étant basé sur un ensemble de connaissances dont la croissance est exponentielle. Ce document affirme que la compréhension de l'IA et de son rôle dans la société est une compétence transversale dont tous les apprenants devraient être dotés. Il en découle donc que les institutions et les enseignants doivent se tenir au courant de ce qui se fait³⁵.

Pour les institutions qui disposent d'une infrastructure de TIC, les technologies d'IA émergentes et autres TIC offrent des possibilités de renforcer l'efficacité tant de l'administration éducative que de l'enseignement et de l'apprentissage. Les TIC constituent un domaine où personne ne devrait se reposer longtemps sur ses lauriers, car la technologie évolue sans cesse.

Inscrire l'IA et les principes qui s'y rattachent parmi les exigences fondamentales (même sur les campus sans ordinateurs)

Ceci ne signifie pas nécessairement que tous les apprenants doivent apprendre à coder, ou même à se servir d'un ordinateur. S'il est vrai que la capacité de réponse d'une institution dépend en partie des priorités nationales et de la disponibilité d'une infrastructure, même les institutions d'enseignement et de formation qui n'ont pas directement accès à ces ressources peuvent

se lancer dans la sensibilisation et commencer à mettre en œuvre des éléments de réflexion conceptuelle, de résolution de problèmes, de réflexion critique et de valeurs pour l'ère de l'IA afin de développer les compétences transversales et les valeurs communes qui sont nécessaires. Les apprenants peuvent s'initier aux types d'IA et apprendre à identifier les rencontres avec l'IA dans leur vie personnelle et professionnelle pendant des activités de tous les jours comme les opérations bancaires, les achats et les demandes d'emploi. Ils peuvent examiner des études de cas ou les défis juridiques ou éthiques que pose l'IA, tels que ceux qui sont décrits dans ce document. Les bibliothèques peuvent être complétées par des ressources et des travaux de recherche portant sur l'IA et sa mise en œuvre dans une perspective sociologique, historique, juridique ou autre, en plus des applications de l'IA et études de cas spécifiques aux entreprises.

Tirer parti des REL pour former le personnel et les apprenants à l'IA

Les institutions disposant d'un accès aux TIC peuvent commencer à sensibiliser leur personnel et leurs apprenants à l'IA, soit par le développement professionnel et par des cours de formation, soit en donnant accès à des programmes de formation en ligne tels que ceux offerts par l'Université d'Helsinki et d'autres MOOC en complément des cours dispensés par les institutions. Eu égard à l'urgence de l'IA et à l'attention internationale qu'elle suscite et à la puissante tendance à l'éducation ouverte et aux REL, les matériels de formation sur l'IA et les interactions entre l'IA et les êtres humains ne manquent pas, même pour les institutions démunies de la capacité de les développer elles-mêmes. Ces ressources pourraient être utilisées plus amplement.

Une autre mission de l'EFTP et des systèmes d'enseignement supérieur consiste à étendre la portée des ressources ouvertes, par exemple aux étudiants qui apprennent principalement dans une langue marginalisée. Des partenariats pourraient être établis avec les créateurs originaux de projets lancés à titre individuel pour adapter du matériel sous licence Creative Commons afin de toucher une plus large audience.

³⁵ L'UNESCO gère un site web présentant les publications et évolutions récentes en matière d'IA à <https://fr.unesco.org/artificial-intelligence>.

Garantir l'utilisation éthique de l'IA et des données des apprenants dans les institutions d'EFTP

Il incombe aux institutions comme aux décideurs de veiller à ce que de robustes cadres de valeurs et directives éthiques concernant l'utilisation de l'IA soient en place.

Les institutions éducatives doivent faire preuve de circonspection lorsqu'elles décident comment et quand utiliser les données. C'est ainsi par exemple que la technologie permettant d'automatiser intégralement le processus de sélection des candidats à l'admission à l'enseignement supérieur existe déjà. Toutefois, le passage à une technologie susceptible de se baser sur des biais existants pourrait pénaliser certains groupes démographiques et éliminer un degré de transparence, puisque le processus de décision de certains types d'IA n'est pas absolument clair pour les observateurs humains, ce qui pourrait aussi entraîner des erreurs. Il est impératif de prêter une attention approfondie à ce genre de dilemme éthique avant toute adoption de l'IA par l'administration éducative.

Les outils d'IA destinés à renforcer la pédagogie devraient être examinés pour garantir non seulement leur équité, leur précision, leur explicabilité, leur sûreté et leur sécurité, mais aussi leur conformité aux bonnes pratiques pédagogiques (Holmes et al., 2021). Cela est d'autant plus important dans un contexte où l'on s'intéresse de plus en plus à un ensemble complexe de compétences interpersonnelles telles que la collaboration, le leadership et la communication. Le rôle de l'IA dans l'enseignement et l'apprentissage devrait être examiné attentivement, et les outils d'IA dont la valeur ajoutée est restreinte ou qui ne concordent pas avec les processus d'apprentissage recherchés devraient être rejetés.

Adhérer à l'identité autonome

Le passage à l'identité autonome pourrait entraîner des changements dans le domaine de l'enseignement supérieur ; il pourrait notamment se traduire par une transformation fondamentale de la délivrance des justificatifs et de leur accès. Au lieu que ce soient les institutions d'enseignement et de formation qui par exemple contrôlent les informations relatives aux diplômes, cette fonction et cette responsabilité pourraient être assumées par les apprenants. Les institutions d'enseignement et de formation pourraient attribuer des justificatifs aux intéressés, qui pourraient alors les transférer où ils le désirent. Un avantage d'un tel changement de paradigme serait d'augmenter la mobilité des justificatifs, qui pourraient être transférés au-delà des frontières, même pendant des conflits et autres situations d'urgence. L'identité autonome pourrait également uniformiser les dossiers d'apprentissage sur toutes les plates-formes, ce qui pourrait offrir de nouvelles possibilités d'établir son propre itinéraire d'apprentissage tout au long de la vie.

Consacrer des efforts sans relâche à l'intégration de l'IA dans l'administration éducative et l'enseignement et l'apprentissage

Les institutions désireuses d'intégrer de manière décisive la technologie et l'IA dans leurs cours doivent poursuivre des stratégies telles que le sourçage et l'intégration d'outils d'IA dans la pratique administrative et scolaire et la conduite régulière de processus de réexamen et de conception de curricula, accompagnée du recrutement de nouveaux personnels et d'investissements dans le développement professionnel des enseignants. La participation à des conférences et à des concours d'innovation centrés sur l'IA, en plus de la recherche régulière, peut aider les enseignants et les gestionnaires éducatifs à se tenir au courant des développements et des opportunités apparaissant dans le secteur ; cette tâche, de même que la diffusion des résultats et des opportunités à différents niveaux de l'institution, devrait figurer dans la description de poste des personnels en place et nouveaux venus.

Elle va cependant de pair avec une recommandation de veiller à ce que toute innovation soit analysée pour garantir que les outils d'IA soient en conformité avec les valeurs, l'éthique, les principes et les lignes directrices de l'institution.

Mettre à profit et créer des initiatives de diversité dans la technologie

Les institutions d'enseignement et de formation devraient tirer profit des initiatives des pouvoirs publics et de l'industrie visant à améliorer la participation et la diversité dans le secteur de la technologie. Alake (2020) cite certaines initiatives animées par l'industrie pour augmenter la proportion d'apprenants issus de minorités dans les domaines techniques. Des activités de sensibilisation visant à rattacher ces opportunités d'apprentissage à des filières d'enseignement et de formation et au développement de systèmes de soutien personnalisés pour les étudiants en technologie issus de minorités ou de sexe féminin pourraient améliorer les taux de participation et de rétention et la cadence des études.

Les facteurs qui dissuadent les femmes et les filles de s'engager dans les STEM sont complexes et variés. Une étude a constaté que les filles obtiennent de meilleurs résultats avec des questions ouvertes, et que l'on peut imputer aux questions à choix multiple près du quart de la différence des notes entre hommes et femmes (Reardon et al., 2018). Selon un participant à l'étude, des modifications aussi simples que la réduction de l'ampleur des informations personnelles requises pour s'inscrire ont fait doubler dans son institution la participation féminine aux cours. Si d'importantes recherches ont été effectuées sur les tendances, les facteurs inhibiteurs et des recommandations pour les politiques (EQUALS & UNESCO, 2019), des recherches additionnelles sur les

stratégies qui renforceront la présence des femmes dans les TIC s'imposent, et il devrait exister un fort engagement financier et social en faveur de l'adoption des pratiques recommandées à cet égard.

Par exemple, un domaine dans lequel les institutions d'enseignement et de formation exercent souvent une influence directe est celui de la diversification de leur propre équipe de professionnels. Si l'on fait en sorte d'assurer au sein du personnel des départements et des cours de technologie la diversité et une représentation équilibrée des sexes, on obtiendra des environnements accueillants pour tous les apprenants potentiels, quels qu'ils soient. À l'inverse, si l'on tombe dans un « piège culturel » où les candidats sont retenus en partie sur la base de leur « adéquation culturelle » à un département à la population largement homogène, cela ne fera que perpétuer les inégalités.

Investir dans des parcours université-entreprise

Comme dans d'autres secteurs, les établissements d'EFTP devraient rechercher comment s'engager dans des parcours innovants et pratiques d'apprentissage tant dans l'industrie de l'IA elle-même que dans des domaines liés à l'IA comme la robotique, la science des données et l'informatique. Ce document a fourni des exemples de stages, d'apprentissages, d'incubateurs d'entreprises et de parcours intégrés d'apprentissage, couvrant l'EFTP, l'enseignement supérieur et l'industrie.

Parmi les stratégies peuvent aussi figurer des investissements dans la représentation de l'industrie de l'IA aux structures de gouvernance comme commissions ministérielles et institutionnelles et comités consultatifs, des activités de planification et de collecte de fonds pour des centres d'innovation, des efforts pour faire représenter l'EFTP dans des partenariats entre milieux universitaires, industriels et gouvernementaux et, dans les pays qui ont investi dans des pôles d'IA, la création de campus satellites à proximité de ces ressources.

Enfin, la nomination conjointe de professionnels de l'IA représente un moyen d'atténuer les difficultés rencontrées pour attirer des talents de pointe dans des institutions d'enseignement, qui offrent des environnements moins lucratifs et souvent moins bien équipés que l'industrie. Une autre aspect courant des initiatives de politique de l'IA est la promotion résolue du développement et du drainage de talents en IA, pouvant inclure des plans tels que des visas spéciaux et des financements liés à des programmes de formation en IA. L'EFTP tout comme les établissements d'enseignement supérieur devraient s'efforcer de tirer parti de telles incitations.

Conclusion

L'ère de l'IA a déjà entraîné d'importants changements des modes d'interaction des personnes entre elles et avec leur environnement. Jusqu'à présent, le rythme de l'innovation dépasse celui du développement des politiques, et sans le moindre doute celui de la réforme des curricula, ce qui crée de nouveaux défis dont certains sont déjà en voie de résolution par l'utilisation de l'IA.

L'IA va continuer à progresser et à surprendre. Toutefois, ce document soutient que c'est de manière immédiate et multidimensionnelle que les institutions d'enseignement et de formation doivent se saisir de l'IA. Face à l'évolution continue des besoins de la main-d'œuvre, les systèmes éducatifs doivent être préparés et équipés pour réagir rapidement et transmettre les compétences tant professionnelles que transversales requises pour s'orienter dans les nouveaux modes de travail et pour satisfaire à l'exigence renouvelée d'apprentissage tout au long de la vie et de perfectionnement continu. On escompte que les tendances de l'automatisation aboutiront à l'éviction de millions de travailleurs, qui vont devoir se recycler. Eu égard à la progression des intersections et des interactions entre êtres humains et machines, les institutions d'enseignement et de formation doivent veiller à ce que les apprenants soient à même de comprendre et de gérer ces interactions de façon à ne pas se trouver exclus ou, pire encore, exploités.

Pour maîtriser ces défis, il faudra investir en permanence dans l'infrastructure, mener le développement professionnel des enseignants et autres personnels, réviser les curricula et assurer une gouvernance multipartite au niveau des institutions et des ministères. Certaines institutions et des systèmes entiers pourront subir des pénuries de ressources financières et humaines, ou avoir à gérer des priorités contradictoires, ou même peut-être à modifier leurs modes habituels de travail.

Et pourtant, malgré tout cela, nous vivons des temps passionnants. Pour ceux qui relèvent le défi, l'IA offre une vaste gamme d'outils qui auparavant n'étaient pas disponibles, de nouvelles façons de considérer les données et le monde, de nouveaux modes de connexion et de découverte, et de nouvelles solutions à des problèmes anciens. Lorsque la pandémie de COVID-19 a mis en évidence le clivage numérique, un nombre encourageant d'institutions d'EFTP ont fait preuve d'une remarquable capacité d'adaptation en assurant des enseignements à distance, ouvrant ainsi peut-être la voie à des méthodes d'enseignement plus flexibles à l'avenir. C'est là une perspective particulièrement encourageante, puisque les établissements d'EFTP possèdent souvent des atouts stratégiques tels que de moindres coûts et des liens avec l'industrie, dont tant les travailleurs actifs que les apprenants pourraient bénéficier.

Il faudra pour cela un effort concerté de la part des organismes internationaux, des gouvernements, des institutions et des employeurs, mais avec des investissements massifs et ciblés dans l'infrastructure, le capital humain, la conception éthique et un déploiement de l'IA basé sur des valeurs, l'avenir pourrait être un monde où la reconnaissance des acquis, les possibilités d'apprentissage continu tout au long de la vie, les TIC et les partenariats entre le monde du travail et celui de l'enseignement génèrent des possibilités de formation de haute qualité et des avancées significatives sur la voie d'une croissance et d'un développement inclusifs.

Annexe : Liste des politiques examinées

Pays	Stratégie
Allemagne	Stratégie sur l'intelligence artificielle https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html?file=files/downloads/Nationale_KI-Strategie_frz.pdf
Australie	National Innovation Strategy https://www.industry.gov.au/policies-and-initiatives/boosting-innovation-and-science
Canada	Stratégie pancanadienne en matière d'IA https://cifar.ca/fr/ia/
Chine	Artificial Intelligence Development Plan https://flia.org/notice-state-council-issuing-new-generation-artificial-intelligence-development-plan/ Three Year Action Plan for Promoting the Development of a New Generation Artificial Intelligence Industry (2018–2020) https://www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/digichina/blog/translation-chinese-government-outlines-ai-ambitions-through-2020/
Danemark	Strategy for Denmark's Digital Growth https://en.digst.dk/policy-and-strategy/denmark-s-national-strategy-for-artificial-intelligence/
Émirats arabes unis	UAE Strategy for Artificial Intelligence 2031 https://ai.gov.ae/wp-content/uploads/2021/07/UAE-National-Strategy-for-Artificial-Intelligence-2031.pdf
États-Unis d'Amérique	The National AI Research and Development Strategic Plan https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/national_ai_rd_strategic_plan.pdf The American AI Initiative https://trumpwhitehouse.archives.gov/ai/
Finlande	L'ère de l'intelligence artificielle https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160391/TEMrap_47_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y
France	AI for Humanity https://www.aiforhumanity.fr/
Inde	Discussion Paper: National Strategy for Artificial Intelligence #AIforAll https://smartnet.niua.org/sites/default/files/resources/nationalstrategy-for-ai-discussion-paper.pdf
Italie	White Paper : AI at the Service of Citizens https://libro-bianco-ia.readthedocs.io/en/latest/
Japon	AI Technology Strategy https://ai-japan.s3-ap-northeast-1.amazonaws.com/7116/0377/5269/Artificial_Intelligence_Technology_StrategyMarch2017.pdf

Kenya	Distributed Ledgers and Artificial Intelligence Task Force https://govchain.world/kenya/
Malaisie	National Big Data Analytics Framework https://mdec.my/about-malaysia/government-policies/national-bda-framework/
Mexique	Towards an AI Strategy in Mexico : Harnessing the AI Revolution https://7da2ca8d-b80d-4593-a0ab-5272e2b9c6c5.filesusr.com/ugd/7be025_e726c582191c49d2b-8b6517a590151f6.pdf
Nouvelle-Zélande	Artificial Intelligence : Shaping a Future New Zealand https://www.mbie.govt.nz/dmsdocument/5754-artificial-intelligence-shaping-a-future-new-zealand-pdf
Pologne	Artificial Intelligence Development Policy https://www.gov.pl/web/digitalization/poland-joins-the-global-partnership-on-artificial-intelligence https://monitorpolski.gov.pl/M2021000002301.pdf
Région nordique-baltique	AI in the Nordic-Baltic Region https://www.regeringen.se/49a602/globalassets/regeringen/dokument/naringsdepartementet/20180514_nmr_deklaration-slutlig-webb.pdf
République de Corée	Mid- to Long-Term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society. Managing the Fourth Industrial Revolution https://k-erc.eu/wp-content/uploads/2017/12/Master-Plan-for-the-intelligent-information-society.pdf
Royaume-Uni	AI Sector Deal https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal AI Roadmap https://www.gov.uk/government/publications/ai-roadmap
Russie	National Strategy for AI Development https://cset.georgetown.edu/research/decreed-of-the-president-of-the-russian-federation-on-the-development-of-artificial-intelligence-in-the-russian-federation/
Singapour	AI Singapore https://www.smartnation.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/national-ai-strategy.pdf?sfvrsn=2c3bd8e9_4
Suède	National Approach for Artificial Intelligence https://www.government.se/4a7451/contentassets/fe2ba005fb49433587574c513a837fac/national-approach-to-artificial-intelligence.pdf
Tunisie	Task Force for a National AI Strategy for Tunisia http://www.anpr.tn/national-ai-strategy-unlocking-tunisias-capabilities-potential
Union européenne	Recommandations en matière de politique et d'investissement pour une IA digne de confiance https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/policy-and-investment-recommendations-trust-worthy-artificial-intelligence

Références bibliographiques

- Access Partnership. 2018. AI for Africa: An Opportunity for Growth, Development, and Democratisation. Retrieved from: <https://www.accesspartnership.com/artificial-intelligence-for-africa-an-opportunity-for-growth-development-and-democratisation/>
- Ai Group. 2016. 'Ai Group Leads High-level Industry 4.0 Apprenticeship Initiative'. AiGroup [Online]. <https://www.aigroup.com.au/policy-and-research/mediacentre/releases/apprenticeships-training-Sep5/>
- AI HLEG. 2019. Ethics Guidelines for Trustworthy AI. European Commission Report. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- Akhtar, R., Winsborough, D., Lovric, D. & Chamorro-Premuzic, T. 2019. Identifying and Managing Talent in the Age of Artificial Intelligence. 10.4324/9781351210485-10.
- Alake, R. 23 July 2020. "Are There Black People In AI?" Towards Data Science [online]. <https://towardsdatascience.com/are-there-black-people-in-ai-fb6928166d73>
- Andreessen, M. (2011). Why software is eating the world. Wall Street Journal, 20(2011): C2.
- Australian Government. 2018. Australia's Tech Future. <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2018-12/australias-tech-future.pdf>
- Autor, D. 2010. The Polarization of Job Opportunities in the U.S. Labor Market: Implications for Employment and Earnings. The Center for American Progress and The Hamilton Project. Retrieved from: <https://economics.mit.edu/files/5554>
- Baggaley, K. 2017. 'There are two kinds of AI, and the difference is important. Popular Science [Online]. Accessed: <https://www.popsci.com/narrow-and-general-ai/>
- Baraniuk, C. 2016. 'AI fighter pilot wins in combat simulation'. BBC. Retrieved from: <https://www.bbc.com/news/technology-36650848>
- Bárány, Z. and Siegel, C. 2015. Job Polarization and Structural Change. Presented at the American Economic Association Annual Meeting, Jan 3-5, 2016. <https://www.aeaweb.org/conference/2016/retrieve.php?pdfid=906>
- BBC. 2014. Computer AI passes Turing test in 'world first'. BBC News. Retrieved from: <https://www.bbc.com/news/technology-27762088>
- BBC. 11 Nov 2019. 'Apple's 'sexist' credit card investigated by US regulator'. BBC [Online]. Accessed: <https://www.bbc.com/news/business-50365609>
- Benko, C. and Anderson, M. 2010. The Corporate Lattice: Achieving High Performance in the Changing World of Work. Boston: Harvard Business Review Press
- Bersin, J. 2019. '2019 Talent Trends: Soft Skills, Transparency and Trust'. LinkedIn. Accessed: <https://www.linkedin.com/pulse/linkedin-2019-talent-trends-soft-skills-transparency-trust-bersin/>
- Bjørnåvold, J. & Coles, M. 2007. 'Governing education and training; the case of qualifications frameworks'. European Journal on Vocational Training. 42–43.

- Bolton, H., Matsau, L. and Blom, R. 2020. Flexible learning pathways: The National Qualification Frameworks backbone. Report for the IIEP-UNESCO Research 'SDG4: Planning for flexible learning pathways in higher education'. Pretoria: SAQA
- Brookfield Institute. 2018. AI + public policy: Understanding the shift. Toronto: Brookfield Institute, Ryerson University. Retrieved from: http://brookfieldinstitute.ca/wp-content/uploads/AI_BackgroundMaterials_ONLINE-1-1.pdf
- Brouwers, B. 2018. 'After a Finnish example, a National AI course aims at 1% of the Dutch'. Innovation Origins [Online]. Accessed: <https://innovationorigins.com/a-national-ai-course-for-1-of-the-dutch/>
- Brown, A. 2016. 'Key findings about the American workforce and the changing job market'. Pew Research Center. Accessed: <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2016/10/06/key-findings-about-the-american-workforce-and-the-changing-job-market/>
- Brundage, M. and Bryson, J. 2016. Smart policies for artificial intelligence. Retrieved from: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1608/1608.08196.pdf>
- Brynjolfsson, Erik, Tom Mitchell, and Daniel Rock. 2018. 'What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy?' AEA Papers and Proceedings, 108: 43-47.
- Buolamwini, J. and Gebru, T. 2019. 'Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification'. Proceedings of Machine Learning Research 81: 1–15
- Calo, R. 2017. AI policy: A primer and roadmap. University of California: Davis
- Caminiti, S. 3 April 2020. 'Royal Dutch Shell reskills workers in AI as part of huge energy transition'. CNBC [Online]. Accessed: <https://www.cnbc.com/2020/04/03/royal-dutch-shell-reskills-workers-in-ai-part-of-energy-transition.html>
- CBInsights. 2018. AI trends in 2019. Retrieved from: <https://www.cbinsights.com/research/report/ai-trends-2019/>
- CEDEFOP. 2018. *2018 European Skills Index*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://www.cedefop.europa.eu/files/3080_en.pdf
- Chinese State Council. 2018. China's New Generation of AI Development Plan. Retrieved from: <https://flia.org/notice-state-council-issuing-new-generation-artificial-intelligence-development-plan/>
- Cleverbot. 2014. 'Turing test: The bots are not amused'. Cleverbot press release June 11 2014. Retrieved from: <https://www.cleverbot.com/amused>
- COMEST. 2019. *Preliminary Study on the Ethics of Artificial Intelligence*. Paris: UNESCO <https://ircai.org/wp-content/uploads/2020/07/PRELIMINARY-STUDY-ON-THE-ETHICS-OF-ARTIFICIAL-INTELLIGENCE.pdf>
- Dastin, J. 11 Oct 2018. 'Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women'. Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>
- Davidson, L. 2019. 'Narrow vs. General AI: What's Next for Artificial Intelligence?' Springboard. <https://www.springboard.com/blog/narrow-vs-general-ai/>
- Diakopoulos, N. and Friedler, S. 2016. 'How to Hold Algorithms Accountable'. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2016/11/17/155957/how-to-hold-algorithms-accountable/>
- Donovan, J. and Benko, C. 2016. 'AT&T's talent overhaul'. Harvard Business Review. Retrieved from: <https://hbr.org/2016/10/atts-talent-overhaul>
- Egana del Sol, P. and Joyce, C. 2020. 'The Future of Work in Developing Economies'. MIT Sloan Management Review. Accessed: <https://sloanreview.mit.edu/article/the-future-of-work-in-developing-economies/>

- EQUALS & UNESCO. 2019. *I'd Blush if I could: Closing Gender Divides in Digital Skills through Education*. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367416>
- European Commission. N.D. 'Policy: Artificial Intelligence'. *Shaping Europe's Digital Future*. Accessed: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/artificial-intelligence#Building-Trust-in-Human-Centric-Artificial-Intelligence>
- European Commission. N.D. *Trustworthy AI Assessment List*. Accessed: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=60440
- Frey, C. 2019. *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*. Princeton; Oxford: Princeton University Press. doi:10.2307/j.ctvc77cz1
- Frontier Economics. 2018. *The impact of AI on work: An evidence review prepared for the Royal Society and the British Academy*. Europe & Australia: Frontier Economics Network. Retrieved from: <https://royalsociety.org/~media/policy/projects/ai-and-work/frontier-review-the-impact-of-AI-on-work.pdf>
- Furman, J. 2016. 'Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence'. Remarks at *AI Now: The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence*. New York University, NY. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/page/files/20160707_cea_ai_furman.pdf
- Gabriel, I. 2020. 'Artificial Intelligence, Values, and Alignment'. *Minds and Machines* [Online]. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09539-2>
- Gasser, U. & Almeida, V. 2017. 'A layered model for AI governance'. *IEEE Internet Computing*, 216. 58–62.
- Gibbs, S. 2017. 'AlphaZero AI beats champion chess program after teaching itself in four hours'. *The Guardian*. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/technology/2017/dec/07/alphazero-google-deepmind-ai-beats-champion-program-teaching-itself-to-play-four-hours>
- Goos, M., Manning, A., and Salomons, A. 2014. 'Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring'. *American Economic Review*, 104(8). 2509 – 2526.
- Harari, Y. 22 January 2020. Yuval Noah Harari & Huawei CEO Ren Zhengfei in Conversation - Davos 2020 [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=3czZpAHS-tk>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S., Olga, S., Rodrigo, M., Cukurova, M. and Bittencourt, I. (Forthcoming). *Ethics of AI in Education*
- Holmes, W., Bialik, M., Fadel, C. 2019. *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign
- Hosie, R. 2017. *Ashley Madison hacking: What happened when married man was exposed*. *The Independent*. Retrieved from: <https://www.independent.co.uk/life-style/love-sex/ashley-madison-hacking-accounts-married-man-exposes-cheating-website-infidelity-rick-thomas-a7529356.html>
- IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems 2019. *Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems*. 1st ed.: IEEE.
- ILO, UNESCO and the World Bank Group. 2020. *Joint Survey on Technical and Vocational Education and Training (TVET) and Skills Development during the time of COVID-19*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/--emp_ent/documents/genericdocument/wcms_742817.pdf
- ILO. 2019. *ILO Centenary Declaration for the Future of Work*. Adopted by the International Labour Conference. Geneva, Switzerland. 21 June 2019 Accessed: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_711674.pdf
- International Telecommunication Union. 2020. *Measuring digital development: Facts and figures 2020*. ITUPublications. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2020.pdf>

- Jobin, A., Ienca, M. and Vayena, E. 'Artificial Intelligence: the global landscape of ethics guidelines'. Pre-print version. Retrieved from: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1906/1906.11668.pdf>
- Joby, A. 2020. 'Artificial General Intelligence: Friend or Foe?' Learning Hub [Online]. Accessed: <https://learn.g2.com/artificial-general-intelligence>
- Kasahara, S. 2004. 'The Flying Geese Paradigm: A Critical Study of Its Application To East Asian Regional Development,' UNCTAD Discussion Papers 169, United Nations Conference on Trade and Development.
- Keevy, J. & Chakroun, B. 2018. Digital Credentialing. Implications for the recognition of learning across borders. Paris: UNESCO.
- Khan, J. 2018. Just how shallow is the AI talent pool? Bloomberg. Retrieved from: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-02-07/just-how-shallow-is-the-artificial-intelligence-talent-pool>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., Benjamin, W., & Hong, H. Y. (2015). 'Technological pedagogical content knowledge (TPACK) and design thinking: A framework to support ICT lesson design for 21st century learning'. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 24(3), 535-543.
- Knight, W. 19 November 2019. 'The Apple Card Didn't 'See' Gender—and That's the Problem'. *Wired* [Online] Accessed. <https://www.wired.com/story/the-apple-card-didnt-see-genderand-thats-the-problem/>
- Lartey, J. 2016. 'Predictive policing practices labelled as 'flawed' by civil rights coalition'. *The Guardian*. Accessed: <https://www.theguardian.com/us-news/2016/aug/31/predictive-policing-civil-rights-coalition-aclu>
- Levin, S. 2018. Tesla fatal crash: 'autopilot' mode sped up car before driver killed, report finds. *The Guardian*. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/technology/2018/jun/07/tesla-fatal-crash-silicon-valley-autopilot-mode-report>
- Lu, D. 2019. 'AI can predict if you'll die soon – but we've no idea how it works'. *New Scientist* [Online]. Accessed: <https://www.newscientist.com/article/2222907-ai-can-predict-if-youll-die-soon-but-weve-no-idea-how-it-works/#ixzz6jCwxLRFm>
- Lund, S. and Manyika, J. 2017. *Five Lessons from History on AI, Automation, and Employment*. McKinsey & Company [Online]. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/five-lessons-from-history-on-ai-automation-and-employment>
- Madgavkar, A., Manyika, J., Krishnan, M., Woetzel, J., Chui, M., Ellingrud, K., Yee, L., Hunt, V. and Balakrishnan, S. 2019. The future of women at work: Transitions in the age of automation. Accessed: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/gender-equality/the-future-of-women-at-work-transitions-in-the-age-of-automation>
- Malinga, S. 2020. 'DBE to use AI platform to support robotics curriculum'. *IT Web*. Accessed: <https://www.itweb.co.za/content/xnkIOvzbQP2v4Ymz>
- ManpowerGroup. 2018. 'Solving the Talent Shortage: Build, Buy, Borrow and Bridge'. 2018 Talent shortage survey. Accessed: [https://go.manpowergroup.com/hubfs/TalentShortage%202018%20\(Global\)%20Assets/PDFs/MG_TalentShortage2018_lo%206_25_18_FINAL.pdf](https://go.manpowergroup.com/hubfs/TalentShortage%202018%20(Global)%20Assets/PDFs/MG_TalentShortage2018_lo%206_25_18_FINAL.pdf)
- Manyika, J., Bughin, J., Lund, S., Nottebohm, O., Poulter, D., Jauch, S. and Ramaswamy, S. 2014. Global flows in a digital age: How trade, finance, people, and data connect the world economy. McKinsey Global Institute Retrieved from: https://www.mckinsey.com/~/_media/McKinsey/Featured%20Insights/Globalization/Global%20flows%20in%20a%20digital%20age/Global_flows_in_a_digital_age_Full_report%20March_2015.pdf
- Manyika, J.; Lund, S.; Chui, M.; Bughin, J.; Woetzel, J.; Batra, P.; Ko, R.; and Sanghvi, S. 2017. Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. McKinsey Global Institute: McKinsey and Company
- McClelland, C. 2017. 'The difference between artificial intelligence, machine learning, and deep learning'. A Medium Corporation. Retrieved from: <https://medium.com/iotforall/the-difference-between-artificial-intelligence-machine-learning-and-deep-learning-3aa67bff5991>

- McIntosh, S. 2013 *Hollowing-out and the Future of the Labour Market*. BIS Research Paper No.134. Department for Business Innovation and Skills, London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/250206/bis-13-1213-hollowing-out-and-future-of-the-labour-market.pdf
- Merlynn Technologies. N.D. *Tom Factsheet*. Retrieved from: https://b9a3923b-f049-42e8-8ba8-08eab922f031.filesusr.com/ugd/27ea24_bfbbc9cb1ab04526bc32bfdaa7a7b01e.pdf
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2018. *Sexual Harassment of Women: Climate, Culture, and Consequences in Academic Sciences, Engineering, and Medicine*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/24994>.
- NITI Aayog. 2018. National Strategy for Artificial Intelligence Discussion Paper: #AIFORALL Accessed: https://niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf
- Nvidia. 2018. AI research detects glaucoma with 94% accuracy. Nvidia Developer News Center. Retrieved from: <https://news.developer.nvidia.com/ai-research-detects-glaucoma-with-94-percent-accuracy/>
- O'Carroll, B. 2017. 'What are the 3 types of AI? A guide to narrow, general, and super artificial intelligence'. Codebots. <https://codebots.com/artificial-intelligence/the-3-types-of-ai-is-the-third-even-possible>
- OECD. 2016. *The Future of Work and Skills*. Paper presented at the 2nd Meeting of the G20 Employment Working Group. https://www.oecd.org/els/emp/wcms_556984.pdf
- OECD. 2018. 'Private Equity Investment in Artificial Intelligence'. *OECD Going Digital Policy Note*. OECD, Paris. www.oecd.org/going-digital/ai/private-equity-investment-in-artificial-intelligence.pdf.
- OECD. 2019. Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, OECD/LEGAL/0449
- O'Flaherty, K. 2018. 'How to survive a ransomware attack – and not get hit again'. Forbes. Retrieved from: <https://www.forbes.com/sites/kateoflahertyuk/2018/08/17/how-to-survive-a-ransomware-attack-and-not-get-hit-again/#1779d256cd36>
- Olanrewaju, F. J., Ojo, O. J., & Peter, O. I. (2020). 'Adopting the Conceive-Design-Implement-Operate (CDIO) Approach in the National Curriculum for Improving Technical Vocational Education and Training (TVET) programmes'. *Vocational and Technical Education Journal*, 2(2).
- O'Neil, C. 2016. *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: Crown Publishers
- Pew Research Center. October, 2016. "The State of American Jobs: How the shifting economic landscape is reshaping work and society and affecting the way people think about the skills and training they need to get ahead." Retrieved from: <https://www.markle.org/sites/default/files/State-of-American-Jobs.pdf>
- Pisani, B. 2018. 'Cybersecurity, trade tensions rank as top threats to markets in 2019, survey finds'. CNBC. Retrieved from: <https://www.cnbc.com/2018/12/11/cybersecurity-trade-war-rank-as-top-threats-to-2019-markets-survey.html>
- Purdy, M. and Daugherty, P. 2017. *How AI Industry Profits and Innovation Boosts By 2017*. https://www.accenture.com/fr-fr/_acnmedia/36dc7f76eab444cab6a7f44017cc3997.pdf
- Rakyan, S. 2017. *Attracting, retaining and engaging your digital workforce in an era of digital transformation*. Willis Towers Watson. Retrieved from: <https://www.towerswatson.com/en/Insights/Newsletters/Asia-Pacific/points-of-view/2017/attract-retain-and-engage-your-digital-workforce>
- Reardon, S., Kalogrides, D., Fahle, E., Podolsky, A. & Zárate, R. 2018. 'The Relationship Between Test Item Format and Gender Achievement Gaps on Math and ELA Tests in 4th and 8th Grade'. *Educational Researcher*, 47(5).
- Rock, D. and Grant, H. 2016. 'Why diverse teams are smarter'. Harvard Business Review. Accessed; <https://hbr.org/2016/11/why-diverse-teams-are-smarter>

- Sample, I. 2020. 'DeepMind AI cracks 50-year-old problem of protein folding'. The Guardian. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/technology/2020/nov/30/deepmind-ai-cracks-50-year-old-problem-of-biology-research>
- Shiohira, K. & Dale-Jones, B. 2019. Interoperable data ecosystems. Johannesburg: JET Education Services and merSETA.
- Shiohira, K. & Keevy, J. 2019. Virtual conference on AI in education and training: Virtual conference report. Held 11 to 15 November 2019. Bonn: UNESCO-UNEVOC
- Turing, A. 1950. "Computing machinery and intelligence". *Mind* 59(236). 433-460. Retrieved from: <http://phil415.pbworks.com/f/TuringComputing.pdf>
- United Kingdom. 2018. AI sector deal. Retrieved from: <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal>
- United Kingdom. 2021. UK AI Council's AI Roadmap Retrieved from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/949539/AI_Council_AI_Roadmap.pdf
- UNESCO. 2011. Code of Ethics for the Information Society. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000212696>
- UNESCO. 2015. Connecting the Dots: Options for future action. https://en.unesco.org/sites/default/files/connecting_dots_outcome_document.pdf
- UNESCO. 2016. Recommendation concerning Technical and Vocational Education and Training (TVET), 2015. Retrieved from: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245178>
- UNESCO. 2019a. *Artificial Intelligence in Education: Compendium of Promising Initiatives*. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370307>
- UNESCO. 2019b. Artificial Intelligence for Sustainable Development Synthesis Report: Mobile Learning Week 2019. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370308>
- UNESCO. 2019c. *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>
- UNESCO. 2019d. TVET System Review: Myanmar. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371392?posInSet=1&queryId=3a506fd6-26bd-4bcd-b1bc-269457b1688e>
- UNESCO-UNEVOC International Centre. (2020). Trends in New Qualifications and Competencies for TVET Perspectives of the European UNEVOC Network. UNESCO-UNEVOC. https://unevoc.unesco.org/pub/bilt_trends_mapping_study.pdf
- United Nations. 1948. The Universal Declaration of Human Rights. <https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Pages/UDHRIndex.aspx>
- United States. National Commission on Technology, A. (1966). *Technology and the American economy; report*. Washington: Superintendent of Documents, U.S. Government
- Walsh, B. 2020. "How an AI grading system ignited a national controversy in the U.K.". Axios. Technology [Online]. Accessed: <https://www.axios.com/england-exams-algorithm-grading-4f728465-a3bf-476b-9127-9df036525c22.html>
- West, S.M., Whittaker, M. and Crawford, K. (2019). Discriminating Systems: Gender, Race and Power in AI. AI Now Institute. Retrieved from <https://ainowinstitute.org/discriminatingystems.html>.
- Williams, O. 2019. 'Workers in the AI sector are quitting over ethical concerns'. NS Tech. <https://tech.newstatesman.com/business/tech-workers-ai-sector>

L'intelligence artificielle a produit de nouvelles solutions d'enseignement et d'apprentissage qui font maintenant l'objet d'expérimentations dans différents contextes. Outre cet impact sur le secteur éducatif, l'IA transforme profondément en particulier les marchés du travail, les services industriels, les processus agricoles, les chaînes de valeur et l'organisation des lieux de travail.

L'EFTP (enseignement et formation techniques et professionnels) contribue au développement durable en favorisant l'emploi, le travail décent et l'apprentissage tout au long de la vie. Toutefois, l'efficacité d'un système d'EFTP dépend de ses liens avec le marché du travail et de sa pertinence pour le marché du travail. Comme elle représente l'un des principaux moteurs du changement, il est impératif de mieux comprendre l'impact de l'IA sur les marchés du travail, et par conséquent sur les systèmes d'EFTP.

Dans certaines sociétés à revenu intermédiaire et élevé, l'intelligence artificielle est déjà profondément ancrée dans la législation et la gouvernance, les politiques, les dépenses publiques, le secteur privé et les économies nationales. Dans ces cas, les institutions d'EFTP président à l'« assèchement » des compétences de niveau intermédiaire et à l'intégration directe de l'IA dans l'enseignement et la formation. Par contraste, de nombreuses institutions d'EFTP n'ont pas encore réagi de façon adéquate ou robuste aux changements technologiques.

Quel que soit leur contexte, toutes les institutions d'EFTP devraient s'attacher à comprendre l'importance actuelle et future de l'IA et commencer à intégrer son utilisation dans leur planification. En anticipant et, là où cela est possible, en agissant à l'avance, les institutions d'EFTP se mettront elles-mêmes et leurs diplômés en mesure de prospérer à l'ère de l'IA et d'apporter une contribution positive au développement économique, social et individuel.

