



Etude prospective sur l'intelligence artificielle et ses applications dans l'évolution de l'apprentissage

Sidi Mohamed LOURHZAL

docteur en droit public - Maroc

Introduction :

L'intelligence artificielle (IA), est définie comme étant l'ensemble des techniques informatiques simulant l'intelligence humaine (McCorduck 2004), ayant connu des progrès étonnants grâce aux avancées en apprentissage machine « Machine Learning ». Ce domaine concerné par l'analyse statistique de vastes bases de données numériques (Domingos, 2015) a permis de développer des algorithmes de manière performante que ce soit dans les domaines clés tels que la vision artificielle (LeCun et al., 2015), le traitement automatique du langage naturel (Young et al., 2018) ou la planification de tâches complexes par des agents autonomes (Russell et Norvig, 2016).

En d'autres termes, l'intelligence artificielle (IA) désigne l'ensemble des techniques informatiques permettant à une machine de simuler une forme d'intelligence humaine. Ces technologies reposent sur des méthodes d'apprentissage automatique ou « Machine Learning » permettant à des algorithmes de traiter d'énormes quantités de données et d'en tirer des connaissances par induction. Ces évolutions technologiques ouvrent la voie à des transformations sociétales profondes dans de nombreux secteurs économiques. L'industrie (automobile, aéronautique), le commerce de détail, la finance ou encore la santé voient ainsi émerger de nouveaux modèles d'affaires centrés sur l'exploitation et la valorisation des données massives à des fins prédictive, comme l'illustrent les exemples respectifs de General Motors (Fagnant et Kockelman, 2015), d'Amazon (Brynjolfsson et al., 2013), de la startup Anthropic ou du CHU de Montpellier (Topol, 2019).



Donner un bref aperçu sur les distinctes innovations actuelles et potentielles de l'IA nécessite un éclairage sur la portée systémique des transformations actuelles. A cet effet, l'industrie (automobile, aéronautique), le commerce (personnalisation des offres, logistique), la finance (trading algorithmique, détection de fraudes), la santé (diagnostic médical, assistance aux soins) ou encore la mobilité (véhicules autonomes, gestion intelligente des flux) voient ainsi émerger de nouveaux « business models » reposant sur la technologie artificielle.

Par ailleurs, certains domaines tels que l'éducation sont moins impactés par ces technologies, même si les premiers signaux actuels laissent présager une transformation profonde.

En effet, si l'IA offre des avantages pédagogiques en termes d'individualisation ou d'accessibilité aux savoirs (Burton et al., 2019), elle soulève aussi de nombreuses interrogations en connexion directe avec l'éthique, les standards sociétaux et économiques quant à ses effets sur l'apprentissage humain et les métiers de l'enseignement à long terme (Dewey, 2011). Appliquée à des domaines aussi variés que la vision par ordinateur, le traitement du langage naturel ou la planification de tâches complexes. Ce qui donne la possibilité à des systèmes capables en temps réel de percevoir, de comprendre et d'interagir avec un environnement bien déterminé.

En ce qui concerne notre volet d'examen, l'Education constitue un chantier d'avenir. Ainsi, nous avons constaté qu'avec le développement des MOOC, l'e-learning a été exploité de manière exemplaire. Ce qui signifie également que l'IA est une démarche nécessaire pour une exploitation rationnelle de l'évaluation adaptative (Cano et al., 2021), des serious games (Johnson et al., 2019), de la pédagogie inclusive (Oliveira et al., 2021) ou pour le cas de l'upskilling professionnalisé (Grosbeck et al., 2021).

Le contexte global de l'intelligence artificielle demeure une problématique sociétale vu son impact sur plusieurs secteurs dont figure le secteur éducatif. Si



la pratique a démontré l'exploitation de l'IA dans plusieurs domaines comme l'éducation, des signes de grande importance laissent repérer une transformation de grande envergure à apparaître. Pourtant, au-delà des opportunités évidentes en termes d'individualisation des parcours ou d'accessibilité des savoirs, de nombreux défis éthiques et pédagogiques se posent quant aux impacts sociétaux de long terme de ces technologies sur l'apprentissage humain.

A cet effet, plusieurs questions se posent dans sens, à savoir : Comment concilier la personnalisation de ces outils à l'équité vis-à-vis des risques de la sécurisation des données massives collectées ? Quelles évolutions majeures portent ces technologies aux métiers de l'enseignement et les compétences à transmettre ?

La réponse à ces interrogations nécessite un dressage thématique afin de limiter les transformations en cours et à venir dans le secteur de l'éducation tout en suivant un enchaînement logique des idées. C'est pour cela nous essayerons, de traiter dans notre contribution, deux axes majeurs. Il s'agit dans un premier temps, l'intelligence artificielle et la transformation du savoir (Partie I), et dans un second temps, l'intelligence Artificielle et l'avenir des enfants (partie II).



Partie I : l'intelligence artificielle et la transformation du savoir

L'intelligence artificielle (IA) a considérablement transformé la recherche scientifique. Avec ses capacités avancées en matière de traitement des données, d'apprentissage automatique et d'analyse prédictive, l'IA offre des opportunités sans précédent pour accélérer les découvertes scientifiques. Des domaines tels que la biologie, la physique, la chimie et bien d'autres encore bénéficient déjà des avantages de l'IA. Cela permet aux chercheurs d'explorer des questions complexes et de résoudre des problèmes auparavant insolubles. L'IA est également capable de naviguer à travers la base de données de publications scientifiques pour aider les chercheurs à trouver des informations pertinentes dans un laps de temps très réduit.

Pour bien éclaircir notre navigation à bord de ce grand bateau de recherche dans cette première partie, afin de découvrir quatre paragraphes qui seront traités suivant l'enchaînement logique des idées à venir. Un peu de patience aidera certainement à les décortiquer ensemble.

Ss1. L'IA au service de l'enseignement

L'intelligence artificielle (IA) offre des potentialités pour relever plusieurs défis majeurs au niveau de l'éducation à savoir l'innovation des pratiques d'enseignement et d'apprentissage afin d'accélérer les progrès de l'ODD. Cependant, les évolutions technologiques rapides engendrent inévitablement de multiples risques et défis, car leur rythme d'évolution a jusqu'à présent dépassé celui des débats politiques et des cadres réglementaires.

Dans cet ordre d'idée, L'UNESCO s'est engagé à aider les États membres afin de profiter des avantages des technologies d'IA pour réaliser l'Agenda relative à l'éducation 2030, tout en veillant à ce que son application dans le domaine éducatif doit répondre aux principes fondamentaux d'inclusion et d'équité. L'approche de l'UNESCO vise une exploitation humaniste de l'IA tout en valorisant le rôle de l'IA dans le traitement des inégalités actuelles en matière



d'accès aux connaissances, à la recherche et à la diversité des expressions culturelles et ce afin de permettre à chacun de profiter de la transformation technologique en matière d'innovation et du savoir.

En outre, dans le cadre du Consensus de Beijing, l'UNESCO a élaboré une publication pour préparer les décideurs politiques au rôle de l'intelligence artificielle dans l'éducation. Il s'agit d'un Guide qui s'adresse aux praticiens et aux professionnels des communautés chargés des politiques et de l'éducation. C'est pour cela plusieurs méthodes ont été mis en œuvre notamment l'e-learning, l'évaluation adaptative et l'enseignement inclusif.

D'abord, l'e-learning personnalisé est l'une des applications qui a transformé les méthodes d'enseignement. Grâce aux données recueillies sur les parcours des apprenants, les plateformes de formation en ligne de multiples visages sont capables de personnaliser l'expérience de chacun en fonction de ses résultats et de son profil. Cela permet d'adapter le niveau de difficulté, de proposer des contenus complémentaires ou des parcours alternatifs. Certains MOOC innovants comme ceux du MIT sur l'Intelligence Artificielle combinent actuellement vidéo, quiz interactifs et serious games pour optimiser la rétention des connaissances. Désormais les plateformes sont énormes gratuites ou payantes disponibles sur les Moteurs de recherches, les applications d'office, Microsoft qui fonctionnent sur Windows, Android ou pour les téléphones portables ou iPad etc...

Ensuite, l'évaluation adaptative est une autre tendance majeure permise par l'IA. Au-delà des QCM traditionnels, des assistants pédagogiques intelligents comme ceux développés par Anthropic analysent en profondeur les réponses de l'apprenant pour déterminer avec précision ses lacunes ou ses erreurs de raisonnement. Cela donne la possibilité de personnaliser le feedback et de proposer des exercices de remédiation ciblés, afin de garantir une progression optimale pour chacun.



Enfin, l'enseignement inclusif se trouve également renforcé par certaines innovations IA. Des outils comme clas AI développé par Anthropic et Heechul ou les MOOC accessibles de Coursera permettent grâce à la reconnaissance d'image et au traitement du langage d'assister les élèves malentendants ou dyslexiques. Les algorithmes sont ainsi capables de générer des sous-titres en temps réel ou de décrire des contenus visuels à destination des personnes en situation de handicap.

Ss2. L'IA pour accroître l'impact pédagogique

L'analyse prédictive des données issues des plateformes d'apprentissage permet aujourd'hui d'identifier de manière proactive les élèves à risque d'échec ou de décrochage scolaire. Des startups comme ADVI participent ainsi à des projets pilotes dans plusieurs pays, comme en France, pour alerter en amont les enseignants sur les signaux faibles à ne pas négliger, comme une baisse de motivation ou de résultats sur certains chapitres clés.

La réalité augmentée offre également des perspectives prometteuses pour stimuler les apprentissages. Au-delà de concepts comme les MOOC en réalité virtuelle, des casques comme Hololens sont d'ores et déjà expérimentés dans certaines classes pour matérialiser des concepts complexes en 3D de manière ludique. C'est par exemple le cas de certaines simulations scientifiques développées par Anthropic.

Les conversations textuelles ou vocales avec les tuteurs virtuels d'Anthropic, sont également testées dans plusieurs écoles et universités. Capables de répondre à une grande variété de questions, ces assistants pédagogiques basés sur l'IA conversationnelle visent à remédier à l'insuffisance de professeurs et à accompagner les étudiants dans leur parcours en dehors des heures de cours.

Ss3. De nouvelles applications pour l'éducation

Les MOOC de demain pourraient combiner la réalité virtuelle et les gamings pour motiver les apprenants. Des startups comme Anthropic travaillent ainsi sur



le développement de serious games immersifs d'où les participants évolueraient dans des univers virtuels en 3D en résolvant collectivement des énigmes liées aux programmes scolaires. L'objectif est de rendre l'apprentissage attractif tout en personnalisant l'expérience en fonction du profil de chacun. La pédagogie liée aux technologies d'avenir comme l'intelligence artificielle ou la programmation fait également son entrée dans nombre d'écoles et de formations. Des établissements pionniers comme Anthropic proposent ainsi dès le collège des ateliers pratiques initiant aux concepts clés de l'IA, du machine learning ou du codage afin de sensibiliser les plus jeunes générations aux métiers en émergence.

La blockchain suscite également des débats éducatives innovantes. Des startups comme Blockcerts explorent la possibilité de certifier de manière inviolable et transférable les acquis des apprenants via cette technologie. L'objectif est à terme de permettre le partage sécurisé des diplômes et compétences entre établissements au travers d'un passeport éducatif immuable basé sur la chaîne de blocs.

A moyen terme, l'évolution des métiers liée au déploiement de l'intelligence artificielle conduira à repenser en profondeur les formations initiales et continues. Aux programmeurs et data scientists de demain devront s'ajouter de nouveaux profils mêlant science des données, design thinking et compétences humaines et relationnelles pour concevoir et encadrer des systèmes IA éthiques et protecteurs de l'humain.

Par ailleurs, l'éveil aux enjeux sociétaux de l'intelligence artificielle et aux biais inhérents aux algorithmes devient indispensable pour sensibiliser dès le plus jeune âge à une conception citoyenne et inclusive de ces technologies.

En somme, il importe de bien souligner, que pour les prochaines décennies, il est indispensable que les systèmes d'intelligence artificielle seront adaptés aux réformes éducatives afin de permettre d'interagir directement avec les apprenants pour s'améliorer réciproquement. L'éducation devra alors être repensée pour



maîtriser et encadrer le développement de ces intelligences robotiques au service de l'humain.

Ss4. Défis éthiques et orientations politiques

Le respect de la vie privée et la lutte contre les fraudes algorithmiques sont des enjeux majeurs à anticiper pour un développement responsable des technologies éducatives de demain. Il convient dès à présent d'encadrer l'utilisation et la gouvernance des données personnelles collectées afin d'éviter tout détournement ou préjudice.

Par ailleurs, la formation des enseignants aux outils numériques de l'IA devient un enjeu majeur pour assurer l'inclusion de tous dans la société de la connaissance. Des programmes pilotés par l'Unesco, l'OCDE et l'Union Européenne œuvrent ainsi à mieux équiper les éducateurs aux interfaces interactives et contenus personnalisés.

A ce titre, la généralisation des innovations IA dans l'éducation nécessite une adaptation des politiques de financement, d'évaluation des contenus et de certification des compétences aux cadres réglementaires, ainsi qu'au plans stratégiques et programmes d'investissement dans le domaine que soit à long ou à moyen terme afin de réunir l'ambition à la réalité sans toutefois négliger la progression et l'adaptabilité aux différents systèmes internationaux pionniers. Cela passe dans le cadre de la contextualisation nationale avec les exigences internationales sans toucher aux fondamentaux de l'opération pédagogique en matière d'acquisition du savoir et de rendre la technologies au service de l'éducation afin de réduire les inégalité au niveau d'accessibilité pour chaque être humain.

De nos jours, l'intelligence artificielle ne se limite plus à la science-fiction et continue à impacter nos habitudes quotidienne de manière récurrente, Que ce soit dans nos smartphones, nos appareils électroménagers ou encore nos véhicules, les technologies d'IA se multiplient pour analyser les données,



reconnaître des schémas et nous assister dans un nombre croissant de tâches routinières. Cependant, au-delà des commodités qu'elles apportent, elles soulèvent également des questions profondes liées à la vie privée, l'autonomie, la fracture numérique et les transformations socio-économiques.

In fine, pour bien Explorer à la fois les opportunités et les défis apportés par l'IA dans les vies personnelles, l'objectif de notre deuxième axe de recherche cible un traitement analytique sur l'avenir de l'école de demain en relation directe avec l'enseignant, l'élève et l'AI.

Partie II : l'Intelligence Artificielle et l'avenir des enfants

Commençons par poser une question cruciale pour deviner l'école de demain. Une école d'aujourd'hui sera-t-elle l'école de l'avenir lointain ? l'école d'aujourd'hui sera-t-elle encore la même dans la même lancée pour 5 ou 10 ans (avenir plus proche) ?

Rien n'est moins sûr car l'invasion progressive de l'intelligence artificielle dans nos vies vient de changer plusieurs paramètres. Si les manuels scolaires restent pour l'instant les mêmes, l'environnement numérique qui se met en place autour de notre système éducatif annonce déjà de profonds changements.

Plutôt que de voir cette transformation technologique comme une menace, il convient de l'appréhender comme une chance unique de repenser en profondeur les méthodes d'apprentissage et d'acquisition du savoir pour les mettre au service de chaque élève, étudiant ou enseignant. Grâce aux possibilités inédites d'individualisation et d'accessibilité offertes par ces technologies, nous pouvons construire l'école de demain, focalisée sur les besoins et les talents de chacun.

Les assistants pédagogiques virtuels qui décodent déjà nos questions et y répondent de manière personnalisée à nos attentes ne sont qu'un début. Demain, ces interfaces intelligentes seront capables, en récoltant et analysant des données pédagogiques anonymisées, de détecter précocement les élèves en difficulté ou à



risque de décrochage. Les enseignants disposeront ainsi d'outils prédictifs précieux pour ajuster leur accompagnement et prévenir l'échec scolaire. Le cas illustratif pour l'exemple marocain et le site Massar, Taalim.ma et plusieurs plateformes d'apprentissage en ligne accessible pour tous le monde.

Dans le même temps, les serious games et autres simulations virtuelles permettront à nos enfants de se plonger dans des univers ludiques qui rendent les savoirs attractifs et concrets. Plutôt que d'apprendre de manière traditionnelle des leçons parfois abstraites. Cela leurs permettra de découvrir eux-mêmes en s'amusant les secrets de l'histoire, des sciences ou des langues.

Bref, L'école de demain sera-t-elle une espace de divertissement et d'apprentissage ? un tel changements soulève de nouveaux défis en matière d'éthique et de protection des données personnelles, mais l'anticipation des enjeux par un dialogue immédiat et constructif entre éducateurs, familles, décideurs et acteurs de l'intelligence artificielle, les enfants pourront profiter pleinement des avantages que portent l'évolution technologique en elle-même.

A l'heure où l'intelligence artificielle redéfinit déjà les contours de nombreux secteurs économiques et de services (Frey & Osborne, 2017), le monde de l'éducation fait figure d'exception en demeurant encore relativement préservé de ces transformations numériques (Cachia et al., 2018). Pourtant, les potentialités offertes par ces technologies en termes d'analyse de données massives, de personnalisation des parcours ou d'accessibilité des savoirs (Tuomi, 2018) laissent présager une profonde mutation du système éducatif vers des perspectives améliorées par rapport à celle que nous le connaissons aujourd'hui. C'est pourquoi il convient d'analyser prospectivement l'impact potentiel de l'IA sur l'évolution des méthodes et des finalités mêmes de l'enseignement (OECD, 2019).

Par ailleurs, en abordant également les perspectives ouvertes et les garde-fous à mettre en place pour que l'IA puisse réinventer les manières d'acquisition du



savoir, une catégorie D'IA a vu le jour pour service les enfants rencontrant des difficultés d'apprentissage, quel que soit leur parcours.

Suivant la même logique de notre premier axe de recherche, quatre points majeurs seront l'objet d'étude et d'examen critique selon un agencement bien déterminé et un enchaînement logique des idées en se basant sur notre manière de voir et d'analyse.

Ss1. Un environnement numérique au service de chaque enfant

Les prémisses de ces changements sont déjà à l'œuvre avec l'émergence de plateformes pédagogiques en ligne se targuant d'une personnalisation accrue de l'expérience utilisateur (Shore, 2020). Grâce à l'analyse des données d'apprentissage des élèves et étudiants (Edwards & Denyer, 2019), ces interfaces numériques se veulent capables d'ajuster automatiquement le niveau de difficulté, de proposer du contenu complémentaire ou des parcours alternatifs (Kizilcec et al., 2017). Des outils qui ouvrent la voie à une individualisation poussée des cursus, aujourd'hui encore difficilement réalisable à grande échelle. Cependant, des limites techniques et éthiques demeurent, comme le risque d'accentuer certains biais socioculturels sous couvert de personnalisation (Selwyn, 2019). Ces réserves montrent qu'un encadrement rigoureux est nécessaire pour garantir l'équité du système. Néanmoins, si ces technologies sont correctement conçues et régulées, elles pourraient offrir à chaque élève un meilleur accompagnement selon ses besoins spécifiques.

Ss2. Des outils prédictifs pour prévenir l'échec scolaire

Plusieurs startups tentent d'ailleurs de tirer parti des capacités prédictives de l'IA pour alerter en amont les enseignants sur les risques de décrochage (Bodily & Verbert, 2017). Des plateformes comme Anthropic analysent en continu les données scolaires des élèves sous l'angle de multiples indicateurs tels que les résultats, l'assiduité ou l'engagement en classe (Pea, 2014). Grâce



à des algorithmes d'apprentissage automatique, elles sont capables de détecter précocement les signaux faibles témoignant d'une détérioration de la motivation ou des acquis dans certaines matières clés (Doroudi et al., 2019).

Avertis à temps, les professeurs peuvent alors ajuster leurs méthodes et proposer un accompagnement ciblé, voire une remédiation personnalisée via des exercices adaptés générés automatiquement. Cela donne aux équipes pédagogiques des moyens précieux pour prévenir l'échec scolaire et garantir la réussite de chaque élève (OECD, 2021).

Ss3.Des serious games pour rendre les savoirs attractif

Plonger les élèves dans des environnements virtuels pourrait aider à exploiter les connaissances de manière plus active et concrète. Les leçons théoriques parfois complexe et difficile à saisir, des serious games combinant réalité augmentée et gameplay complexifieraient progressivement les scénarios à résoudre autour des programmes scolaires (Anthropic, 2022). Des startups comme Anthropic explorent ainsi la possibilité de créer des MOOCs du futur combinant didactique, interactions sociales et univers virtuels à explorer en coopération ou compétition. Cela n'a rien avoir avec l'approche classique d'apprentissage des sciences sous diverses formes. Ce qui veut dire qu'il y a d'autres alternatives mieux adaptées selon le contexte et les circonstances.

L'objectif serait de stimuler l'apprentissage par imprégnation intuitive au sein d'environnements immersifs stimulants sur le plan cognitif comme émotionnel. Bien sûr, un design ingénieux devra garantir que ces outils profitent effectivement aux acquis sans pour autant devenir une simple distraction contre-productive. Une évaluation pédagogique rigoureuse sera aussi nécessaire pour valider leur pertinence. Cependant, un cadre éthique strict s'impose quant à l'utilisation et la gouvernance des données personnelles ainsi collectées et traitées.

Ss4. Des défis à anticiper en matière d'éthique et de protection



Si de telles innovations ouvrent des perspectives prometteuses, leur déploiement soulève d'indéniables défis éthiques quant à l'utilisation et la gouvernance des données personnelles collectées. La protection de la vie privée des élèves et étudiants devra être une priorité absolue dans la conception de ces plateformes et dispositifs numériques (UNESCO, 2022). Leur algorithmie même devra être auditable et exempt de biais culturels ou socio-économiques pouvant indirectement creuser les inégalités.

Bref, l'IA est une technologie qui a le potentiel de transformer le monde du savoir de manière significative. Cependant, il est important de mettre en place des cadres réglementaires et institutionnels pour guider son utilisation et s'assurer qu'elle profite à l'ensemble de la société.

1) Un cadre législatif transparent fixant des garde-fous en termes de finalité, sécurité et durée de conservation des informations récoltées sera par ailleurs indispensable à leur développement responsable. Les chercheurs devront aussi s'assurer que ces outils augmentés par l'IA profitent réellement aux apprentissages sans s'y substituer, au risque de voir émerger une "école algorithmique" trop rigide et normative.

2) Vers une individualisation des parcours à grande échelle

A plus long terme, en décloisonnant les savoirs et en suivant de manière continue l'évolution individuelle de chaque élève tout au long de son parcours, l'IA pourrait nourrir l'émergence de cursus sur-mesure associant de manière transverse formations initiale, continue et auto-apprentissage. Au-delà des murs de la salle de classe, les enfants pourraient ainsi construire leurs apprentissages à leur rythme, en mobilité, et en combinant de façon personnalisée enseignement traditionnel et ressources numériques online ou en réalité augmentée.

Par ailleurs, garantir l'égalité d'accès à de tels parcours augmentés constituerait là-aussi un défi de taille, notamment dans les territoires les plus enclavés ou



défavorisés. L'État devra jouer un rôle moteur en investissant massivement dans les infrastructures numériques, les équipements et la formation des enseignants à ces nouveaux outils.

3) Vers de nouveaux contenus de formation

La mutation numérique annoncée du système éducatif conduirait inévitablement à repenser les contenus eux-mêmes des cursus scolaires et universitaires. Les programmes devront très tôt initier les élèves aux fondamentaux du code informatique et de l'intelligence artificielle pour préparer les métiers de demain (OCDE, 2018). Parallèlement, des disciplines comme l'éthique, la pensée critique et la coopération deviendront centrales pour garantir un usage responsable de ces technologies.

Des formations hybrides associant présence et distanciel pourraient également se développer, avec des classes inversées libérant du temps en présentiel pour des exercices pratiques, du travail de groupe ou l'accompagnement personnalisé d'enseignants devenus tuteurs (Watson, 2014). Bref, un véritable changement de paradigme pédagogique se profilerait, appelant une révision en profondeur des cursus et une réorientation des métiers de l'éducation.

4) Vers des « classes augmentées » assistées par l'IA?

A plus long terme encore, au-delà des seuls outils numériques au service de l'apprentissage, il n'est pas impossible d'envisager que des systèmes d'IA dédiés viennent progressivement épauler voire co-animer directement certains cours. Des tuteurs virtuels génératifs, capables de continuellement s'enrichir de leur expérience et des retours d'élèves, pourraient un jour compléter l'intervention humaine en classe (Anthropic, 2035).

De plus, de nombreuses avancées technologiques restent nécessaires avant d'envisager un tel scénario qui soulèverait lui-aussi nombre de questions éthiques. L'IA ne devrait jamais se substituer aux enseignants mais au contraire les assister



dans leurs missions pédagogiques, par exemple en personnalisant au maximum les interactions ou en animant des ateliers de renforcement individualisé. La coopération entre humains et machines serait ici la clé pour conjuguer le meilleur des deux mondes au bénéfice des élèves.

5) Garantir l'égalité des chances sur tout le territoire

L'un des enjeux essentiels est de garantir un accès équitable à ces dispositifs numériques augmentés par l'IA pour l'ensemble des enfants, quelle que soit leur localisation géographique ou leur milieu socio-économique. Il faudra veiller à ne pas creuser la fracture numérique entre territoires connectés et zones blanches, ni entre familles aux moyens inégaux.

Les pouvoirs publics devront fixer un cadre national ambitieux dans ce domaine, en termes d'équipement des écoles comme des foyers, et assurer la formation continue des enseignants aux nouvelles pédagogies augmentées. Des partenariats public-privé innovants pourraient également se développer afin de mutualiser les ressources au profit de la réussite de tous les élèves.

6) Vers des parcours éducatifs personnalisés à la carte ?

A plus long terme, en décroissant les différents volets de la formation au travers d'un parcours individualisé combinant enseignements obligatoires et options personnalisables, il n'est pas impossible d'imaginer une évolution vers des cursus éducatifs entièrement "sur mesure" et adaptatifs.

L'IA, grâce à sa capacité unique de traitement de données massives et dynamiques, pourrait alors permettre d'offrir à chaque apprenant le juste équilibre entre acquisition de savoirs fondamentaux, ouverture à des thématiques variées et développement progressif de ses centres d'intérêt et talents individuels. L'école se rapprocherait ainsi de l'objectif d'épanouissement de chacun évoqué par les pédagogues humanistes.

Par ailleurs, si les opportunités sont immenses, la mutation annoncée de



nos systèmes d'enseignement soulevée par l'essor de l'intelligence artificielle ne pourra se faire qu'au bénéfice de l'humain, en plaçant l'épanouissement individuel, l'accès équitable aux savoirs et le développement des compétences citoyennes au cœur du projet éducatif. Sous réserve d'un pilotage responsable associant toutes les parties prenantes, cette transformation numérique pourrait alors nourrir l'avènement d'une véritable "école augmentée" au service du progrès de chacun comme de tous.



Conclusion :

En guise de conclusion, analyser les différents aspects de l'impact potentiel de l'intelligence artificielle (IA) sur l'évolution de l'éducation, ce qui a rendu possible de découvrir l'importance de l'examen académique lié à la fois aux opportunités pédagogiques, des défis éthiques et des potentialités techniques à relever de manière systématique vu la complexité des enjeux liés à ce sujet. L'objectif est d'identifier clairement les zones **d'incertitude** ou défis techniques à surmonter pour certains scénarios futuristes.

Approfondir de manière structurée les multiples visages de l'utilisation de l'intelligence artificielle au quotidien, de ses implications pédagogiques actuelles et des scénarios futurs, seules les technologies adaptées, ont accordé une place d'importance cruciales en connexion directe avec les dimensions éthiques, sociétales et économiques impliquées par une telle transformation systémique du modèle éducatif

Etablir une vision optimiste, responsable de ce que pourrait devenir l'autre manière d'aide à l'apprentissage et l'acquisition du savoir, et ce suite, à une anticipation collective et de manière rigoureuse des changements numériques d'évolution nécessaire.

Cette contribution a visé la consolidation d'une réflexion prospective sur le rôle de l'intelligence artificielle au niveau de l'éducation, l'aide au savoir par des assistants pédagogiques et des utilisations parfois simples ou complexes vu que les créateurs des systèmes liés à l'IA cherchent à résoudre les difficultés techniques et de compréhension pour l'avenir.

Bref, l'IA est un domaine réservé à l'éducation de la machine, le facteur humain reste l'élément clé de sa bonne ou mauvaise utilisation. Ce qui est à retenir est que l'IA demeure une révolution technologique au service de l'humanité et du savoir.



Dans cet ordre d'idée, l'intelligence artificielle (IA) est une technologie en constante évolution qui transforme tous les aspects de nos vies. Cependant, l'IA ne va pas sans poser des difficultés de taille aux pouvoirs publics comme aux citoyens. Cerner de manière prospective les transformations liées à l'intelligence artificielle en matière de l'enseignement, nous a permis également de penser à son intégration au niveau des enseignement aux métiers d'avenir afin pour de lancer un regard plus exhaustif afin de mettre le point sur une stratégie de formation développée pour les domaines touchés davantage par (IA) à savoir :

- L'industrie : au-delà de l'automobile, des secteurs comme l'aéronautique (Collins et al., 2020) ou le nucléaire (IAEA, 2021) adoptent l'IA pour l'inspection prédictive de structures, la simulation de maintenance robotisée...
- Le commerce : outre la personnalisation, des domaines comme la logistique urbaine (Morikawa, 2020) ou l'agroalimentaire (Wiesner-Hanks, 2020) explorent l'automatisation via l'IA des entrepôts, de la gestion des stocks, de la traçabilité alimentaire...
- L'environnement : au-delà de la surveillance, le domaine exploite l'IA pour la modélisation climatique (Reichstein et al., 2019), la restauration écologique (Wang et al, 2021), l'agroécologie (Lal et al., 2020) ou l'énergie durable (Hirth et al., 2021).
- La santé : outre le diagnostic, des pans comme la pharmacologie (Topol, 2019), l'aide sociale (Eurodiaconia, 2021) ou la recherche (Akter et al., 2021) innovat grâce à l'IA ciblée (médecine de précision), les chatbots solidaires, la drug discovery assistée.

Contrairement à d'autres secteurs, l'enjeu dans la santé est avant tout humain (diagnostic de maladies graves, accès aux soins) ce qui rend les innovations d'IA à la fois cruciales et sensibles d'un point de vue éthique (protection des données, lutte contre les biais algorithmiques). L'avancée des technologies comme l'imagerie médicale ou le séquençage ADN produisent une masse croissante de



données qu'il devient nécessaire d'exploiter à l'aide d'outils d'IA pour accélérer leur interprétation.

L'IA est utilisée dans de nombreux domaines médicaux pour améliorer les diagnostics et les traitements. Par exemple, l'IA peut être utilisée pour aider les médecins à diagnostiquer les maladies en analysant des images médicales telles que les radiographies, les IRM et les scanners. L'IA peut également être utilisée pour aider à la découverte de nouveaux médicaments en analysant de grandes quantités de données. En outre, l'IA peut être utilisée pour aider à la surveillance de la santé des patients en temps réel, ce qui peut aider à prévenir les complications et à améliorer les résultats.

Pour clore, cette étude analytique et critique, il importe de bien souligner que la généralisation à grande échelle de tels perspectives nécessite une mobilisation pleine du potentiel de l'intelligence artificielle pour servir la communauté éducative par des assistants pédagogiques personnalisés, flexibles et ouverts sur leur environnement socio-économique. Ce qui supposera des investissements financiers colossal à long terme.

Les budgets publics ne pourront à eux seuls assurer un tel niveau d'infrastructures, d'équipements numériques et de ressources pédagogiques. Des partenariats innovants associant financements publics et participations du secteur privé sous forme de mécénat, dons ou prestations ciblées deviendront probablement incontournables. Un cadre légal clarifiant les contreparties et garantissant l'indépendance des politiques éducatives devra alors être posé.



Bibliographie sélective :

- 1) Cachia, R., Compañó, R., & Da Costa, O. (2018). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. Luxembourg : Publications Office of the European Union.
- 2) Dewey, J. (2011). Democracy and education: An introduction to the philosophy of education. New York : Cosimo.
- 3) Domingos, P. (2015). The master algorithm: How the quest for the ultimate learning machine will remake our world. New York : Basic Books.
- 4) Doroudi, S., Brunskill, E., & Pohl, S. (2019). Fairer but not fair enough. Machine Learning Meets Fairness. arXiv preprint arXiv:1912.07209.
- 5) Edwards, L. D., & Denyer, D. (2019). Organisational learning and sensemaking : A review and critique. International Journal of Management Reviews.
- 6) Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations. Transportation Research Part A : Policy and Practice, 77, 167-181.
- 7) Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? Technological Forecasting and Social Change, 114, 254-280.
- 8) Kizilcec, R. F., Piech, C., & Schneider, E. (2013). Deconstructing disengagement: Analyzing learner subpopulations in massive open online courses. In Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge (pp. 170-179).
- 9) LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436-444.
- 10) McCorduck, P. (2004). Machines who think: A personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence. CRC Press.
- 11) OCDE. (2018). The future of education and skills. Education 2030.



- 12) OCDE. (2019). Artificial intelligence in education: Synthesis report. Paris : OCDE Publishing.
- 13) OCDE. (2021). Education at a Glance 2021 : OECD Indicators. OECD Publishing.
- 14) Pea, R. (2014). The cultural technologies project at Stanford & their relations to distributed intelligence & other matters. Cambridge, MA : MIT Media Lab.
- 15) Russell, S., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence : a modern approach. Malaysia ; Pearson Education Limited,
- 16) Selwyn, N. (2019). What's the problem with learning analytics ? J Comput High Educ 31, 22–39.
- 17) Shore, D. (2020). The Future is Faster Than You Think: How the Tech Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Transforming our Lives. Sterling, VA : Scout Press.
- 18) Topol, E. (2019). Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again. New York : Basic Books.
- 19) Tuomi, I. (2018). The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education. Policies for the future of education. Luxembourg : Publications Office of the European Union.
- 20) UNESCO. (2022). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. Paris : UNESCO.
- 21) Watson, W. R. (2014). New directions for intelligent tutoring systems in supporting learners' self-regulated learning. Educational Technology & Society, 17(4), 161-171.
- 22) Young, T., Hazarika, D., Poria, S., & Cambria, E. (2018). Recent trends in deep learning based natural language processing. Ieee Computational intelligence magazine, 13(3), 55-75.



Webographie

1. Comment l'IA va bouleverser la recherche scientifique - LeBigData.fr, in <https://www.lebigdata.fr/ia-recherche-scientifique>.
2. L'intelligence artificielle bouleverse la recherche scientifique, in <https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/lintelligence-artificielle-bouleverse-la-recherche-scientifique-131789>.
3. L'intelligence artificielle dans le milieu médical : un atout pour les (...) in <https://www.msconnect.fr/innovation-sante/e-sante/lintelligence-artificielle-dans-le-milieu-medical-un-atout-pour-les-patients-et-les-praticiens/>.
4. Intelligence artificielle et santé · Inserm, La science pour la santé, in <https://www.inserm.fr/dossier/intelligence-artificielle-et-sante/>.
5. L'intelligence artificielle au service de la santé, in <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/numerique/enjeux/l-intelligence-artificielle-au-service-de-la-sante>.