

# L'impact de l'intelligence artificielle sur le système éducatif

Mohammed DJELTI <sup>(1)</sup>  
Belkacem KOUNINEF <sup>(2)</sup>

## Introduction

L'IA peut accélérer le processus de réalisation des objectifs mondiaux pour l'éducation en réduisant les obstacles à l'accès à l'apprentissage, en automatisant les processus de gestion et en optimisant les méthodes pour améliorer les résultats de l'apprentissage. Comme le souligne Yoshua Bengio (p. 231)<sup>1</sup>, « l'intelligence artificielle (IA) est une notion paradoxale car on ne rend pas l'ordinateur plus intelligent mais on le rend au contraire moins stupide ». L'intelligence artificielle est une discipline et un sujet de recherche, comme les mathématiques ou la physique, qui sont utilisés dans de nombreuses autres disciplines de recherche, notamment la biologie.

Pour Bordes<sup>2</sup> 2019 voit que « aujourd'hui plus que jamais, comprendre ce qu'est l'IA, ce qu'elle fait, ce qu'elle fera sûrement et ce qu'elle ne fera certainement jamais, est un moyen ingénieux d'en comprendre et d'anticiper, même partiellement, le champ des possibles, et donc de s'y préparer, en tirant tous les avantages tout en écartant les possibles menaces ». On peut dire que cette discipline, ainsi que les technologies qui l'utilisent, ont connu une certaine accélération dans ses développements et les usages qu'elles utilisent, en raison, entre autres, des progrès de l'efficacité des algorithmes appliqués au traitement aux données, dans la technologie des capteurs et les systèmes IoT (Internet des objets) pour collecter ou dans le fonctionnement des systèmes de stockage de données (Aurélié 2020).

---

<sup>(1)</sup> Institut National des Télécommunications et des TICs, Oran, 31 000, Algérie.

<sup>(2)</sup> Institut National des Télécommunications et des TICs, Oran, 31 000, Algérie.

<sup>1</sup> Yoshua Bengio est reconnu comme l'une des sommités mondiales en intelligence artificielle, il a été distingué par son rôle de pionnier en apprentissage profond, ce qui lui a valu le Prix A.M. Turing 2018, le « prix Nobel de l'informatique », avec Geoffrey Hinton et Yann LeCun.

<sup>2</sup> Antoine Bordes est le directeur de recherche chez Facebook en 2019.

De nombreux défis spécifiques à l'IA et à l'éducation, tels que la dématérialisation des données, le respect de la vie privée, l'explicabilité<sup>3</sup> des algorithmes, et la conception ou la reproductibilité des systèmes d'IA de bout en bout, doivent être surmontés afin de renforcer la confiance du corps enseignant dans sa mission. Cela nécessite la maîtrise des concepts de base que nous allons les voir dans cette contribution.

L'intelligence artificielle repose essentiellement sur des algorithmes qui permettent aux machines d'imiter une forme d'intelligence humaine. Elle est considérée comme une technologie innovante qui permet de réduire des erreurs et d'améliorer l'expérience des utilisateurs dans des domaines divers, notamment celui de l'éducation (Heudin, 2017)<sup>4</sup>. Il se confirme que l'IA peut aider efficacement l'enseignant mais sans le remplacer en lui permettant aussi d'identifier les étudiants qui rencontrent des difficultés en classe. Cette technologie permet aussi de libérer les enseignants des tâches répétitives, en les aidant à personnaliser et à approfondir leurs méthodes d'enseignement. Ainsi, l'intelligence artificielle offre l'accès à un apprentissage adaptatif et personnalisable, permettant de façonner et d'orienter les parcours d'apprentissage en fonction des feedbacks des apprenants.

A travers ce travail, nous donnons une brève introduction à l'intelligence artificielle, quelques définitions, sa classification, ses applications, ses capacités et ses limites. Aussi, nous présentons des références et des exemples concrets non exhaustifs qui illustrent des concepts, notamment dans le domaine de l'éducation.

Dans cette contribution, nous avons abordé l'importance de l'intelligence artificielle dans les domaines de l'éducation pour les enseignants, les formateurs et les étudiants pour suivre le rythme des pays développés. Aussi, nous avons montré d'une part l'efficacité et l'efficience de cette nouvelle technologie par rapport à différentes littératures exposées dans ce contexte, et d'autre part, nous allons citer des études de cas pour illustrer ce travail. C'est un sujet qui alimente les discussions et les passions, il est omniprésent sur tous les médias. Aujourd'hui, la transformation de l'intelligence artificielle affecte tous les secteurs socio-économiques y compris l'éducation. « L'IA va transformer l'éducation en profondeur » a déclaré la directrice générale de l'UNESCO Audrey Azoulay. Elle ajoute que grâce à

---

<sup>3</sup> L'explicabilité de l'intelligence artificielle définit la capacité à expliquer le fonctionnement d'un algorithme pour comprendre comment et pourquoi il produit un résultat spécifique. Elle figure dans les recommandations que l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a adopté. Source : OCDE, Recommandation du Conseil sur l'intelligence artificielle, OECD/LEGAL/0449.

<sup>4</sup> Jean-Claude Heudin est professeur et chercheur en Intelligence Artificielle. Il est titulaire d'un doctorat et d'une habilitation à diriger des recherches de l'Université Paris-Sud. Il est l'auteur de nombreux articles scientifiques au niveau international ainsi que plusieurs ouvrages dans les domaines de l'IA et des sciences de la complexité aux éditions Odile Jacob, puis Science eBook dont il est le fondateur. Il intervient régulièrement dans les médias et dans les conférences grand public à propos de l'IA et des robots.

l'intelligence artificielle « Les outils pédagogiques, les modes d'apprentissage, l'accès au savoir et la formation des enseignants vont connaître une révolution »<sup>5</sup>.

La formation dans le domaine de l'intelligence artificielle pour les formateurs, les enseignants et les étudiants est devenue d'emblée une nécessité au diapason des pays développés afin de réduire le fossé de la fracture numérique, et pour y trouver les opportunités de cette nouvelle technologie dans l'éducation. Notre questionnement, quel est le rôle et l'impact de l'IA sur l'éducation.

Ce travail est divisé en plusieurs sections, la première introduit le sujet, la 2<sup>ème</sup> section définit l'IA avec un aperçu historique. La 3<sup>ème</sup> section relate quelques domaines d'application de l'IA. La 4<sup>ème</sup> section décrit l'impact de l'IA sur l'éducation et pour terminer, une 5<sup>ème</sup> section traitera des études de cas.

## Définitions et concepts

L'intelligence artificielle (IA, ou AI en anglais pour *Artificial Intelligence*) est déjà entrée dans le quotidien des gens, sur Internet où elle est largement utilisée dans les publicités. Les premiers tests de voitures autonomes sont aussi une manifestation d'intérêt pour l'intelligence artificielle et on peut s'attendre à des tentatives pour la mettre en œuvre dans tous les domaines de la vie. L'éducation ne fait pas exception et on peut se demander quant aux impacts qu'aura l'IA sur celui-ci. Cependant, avant d'explorer ces questions, il est important de bien cerner le sujet. En voici une définition de l'IA selon les éditions Larousse : « Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine »<sup>6</sup> (Editions Larousse, 2018). Cette définition donne à l'IA un très large éventail d'applications d'une part, et elle rejoint une idée très répandue dans la population : celle voulant que l'IA serve avant tout à remplacer l'intelligence humaine d'autre part. Pour John MacCarthy<sup>7</sup>, l'un des créateurs de ce concept, « toute activité intellectuelle peut être décrite avec suffisamment de précision pour être simulée par une machine ». Mais qu'est-ce que c'est vraiment ?

Définir l'intelligence artificielle n'est pas aussi simple car ce concept a évolué depuis les années 1960. À cette époque, certains algorithmes pouvaient entrer dans une définition quelque peu vague de l'IA alors qu'aujourd'hui ils sont enseignés dans le cadre de stratégies classiques de résolution de problèmes plutôt que comme des cas d'IA (Zouinar, 2020,

---

<sup>5</sup> <https://fr.unesco.org/news/comment-lintelligence-artificielle-peut-elle-renforcer-leducation>

<sup>6</sup> [https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence\\_artificielle/187257](https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257)

<sup>7</sup> John McCarthy né le 3 septembre 1927, à Boston, dans le Massachusetts - mort le 24 octobre 2011) est le principal pionnier de l'intelligence artificielle avec Marvin Lee Minsky ; il incarne le courant mettant l'accent sur la logique symbolique.

p. 05). Aussi, les frontières entre mathématiques et informatique n'étant pas toujours claires, le même problème se pose pour définir l'intelligence artificielle qui est généralement classée comme une branche de l'informatique. Aujourd'hui, faire la distinction entre ces domaines n'est peut-être pas toujours indispensable, et par conséquent, lorsqu'on parle d'intelligence artificielle, parlons-nous toujours de quelque chose d'entièrement différent des mathématiques ? Cette interrogation est intéressante non seulement pour tenter d'en aboutir à une définition, mais aussi parce que l'avènement de l'intelligence artificielle nous permet de nous interroger sur la formation qui est donnée aux étudiants en mathématiques (Desjardins et Tran, 2019, p. 5).

Ce concept est apparu pour la première fois en octobre 1956 lorsque le mathématicien Alan Turing<sup>8</sup> a écrit un livre intitulé *Computing Machinery*, dans lequel il expliquait le célèbre test de Turing. Cependant, il a fallu attendre les années 80 pour trouver les premières applications concrètes. En 1996, lors du championnat du monde d'échecs, le robot **Deep Blue** a remporté un duel contre **Kasparov**. C'est un événement qui a marqué dans l'histoire de l'intelligence artificielle. Nous trouvons la définition donnée par le directeur du laboratoire d'intelligence artificielle de Facebook Yann LeCun qu'elle est plus significative, il voit que « l'intelligence artificielle comme l'ensemble des techniques qui imitent l'intelligence humaine et permettent aux machines de reproduire des fonctions que l'on attribue aux humains : voir, se déplacer, trier et hiérarchiser des informations, comprendre un langage, prendre une décision... »

### Domaines de l'intelligence artificielle

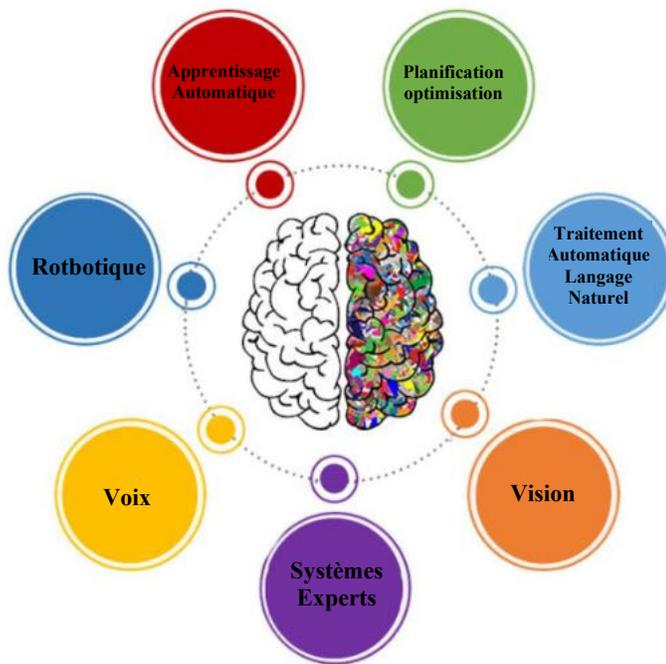
Selon les informations fournies par la Commission européenne, 2 500 entreprises dans 43 pays représentent 90 % des dépenses mondiales de la recherche développement qui correspond environ à 740 milliards d'euros en 2017, dont 26 % pour l'Europe et 39 % pour les États-Unis, 14 % pour le Japon et 8 % pour la Chine. L'automobile, l'informatique et la santé représentent près de 80 % des dépenses de R&D. Dans le secteur des technologies de l'information, la robotique et le développement de technologies d'intelligence artificielle sont au cœur de la majorité des efforts de recherche et développement. C'est un sujet où l'Europe en général est à la traîne par rapport aux États-Unis ou à la Chine. Cela rend difficile l'élaboration d'une stratégie de concurrence sur l'ensemble de du secteur des TIC. (Automme et Lamoot, 2019, p. 301).

---

<sup>8</sup> C'est le précurseur de l'intelligence artificielle, il est né le 23 juin 1912 à Londres et mort le 7 juin 1954 à Wilmslow.

Environ 03 milliards de personnes soit 42 % de la population mondiale se connectent chaque jour à Facebook<sup>9</sup> utilisent, peut-être sans le savoir, plusieurs intelligences artificielles développées par des entreprises. Les algorithmes mis en œuvre personnalisent le fil d'actualité, reconnaissent un contenu inapproprié, proposent des traductions automatiques ou sont capables d'identifier des amis dans des photos...

Yann LeCun chercheur en intelligence artificielles voit que l'ensemble de ces techniques va transformer la société dans les années à venir, l'IA se trouve partout ou presque. Des parties entières de l'économie vont être modifiées sous l'effet de ces nouvelles technologies, après l'IoT et le Big Data, voici venu le temps de l'IA. Depuis quelques années, le terme est devenu incontournable, l'innovation se traduit par l'IA. Le schéma ci-dessous est équivalent à des explications complètes, il nous montre les principaux domaines fonctionnels couverts par l'IA :



**Figure 1 : Les domaines de l'IA**

Source : <https://artik-consulting.com/blog/2018/06/20/intelligence-artificielle-construire-ia-use-case/>

<sup>9</sup> D'après le <https://www.neuf.tv/>, En 2020, Facebook a rapporté 84,17 milliards de dollars, en hausse de 21 % par rapport au total de 69,66 milliards de dollars en 2019. Selon le site le journal du net, au premier trimestre 2021, Facebook avait 2,85 milliards d'utilisateurs actifs chaque mois, en hausse de 9,6 % par rapport au premier trimestre 2020. A noter que 43,1 % des utilisateurs actifs mensuels de Facebook viennent d'Asie-Pacifique, 14,8 % sont Européens et 9,1 % sont Nord-américains.

L'intelligence artificielle recouvre donc des domaines fonctionnels déjà connus tels que les systèmes experts, la planification/optimisation ou la robotique. Mais l'IA couvre également de nouveaux domaines tels que l'apprentissage automatique, le traitement du langage naturel<sup>10</sup>, la vision (la capacité d'une machine à comprendre son environnement) ou encore le Speech<sup>11</sup> (texte vers parole ou parole vers texte). Cette technologie consiste à mettre en œuvre un certain nombre de techniques visant à permettre aux machines d'imiter une forme d'intelligence humaine. L'IA se retrouve implémentée dans un nombre grandissant de domaines d'application<sup>12</sup>.

De Google à Microsoft en passant par Apple, IBM ou Facebook, toutes les grandes entreprises des TIC œuvrent aujourd'hui sur les problèmes de l'IA en essayant de l'appliquer à plusieurs domaines. Ainsi, chacune d'elle a créé des réseaux de neurones artificiels constitués de serveurs et permis de permettre de traiter des calculs lourds et complexes au sein de big data. Ces entreprises des TIC ont dépensé beaucoup d'argent dans le domaine de l'intelligence artificielle. À titre de comparaison, en 2017, l'entreprise AMAZON a investi près de 20 Milliards d'Euros dans ce volet contre 14 Mds d'euros investi par GOOGLE. Selon le rapport AI for Humanity, la France a prévu d'investir 1,5 Milliards d'euros dans la recherche/développement en IA sur 5 ans, soit 300 millions d'euros par an, un montant comparable à celui consenti par chaque GAF<sup>13</sup> dans le domaine de l'IA. Partant de ce constat, il est devenu impératif de privilégier les investissements de la recherche/développement en IA sur des domaines sur lesquels ces acteurs ne travaillent pas, comme tous les secteurs B2B (Automme et Lamoot, 2019, p. 302).

Nous présentons ici quelques exemples d'application de l'IA :

a. La vision artificielle, par exemple, permet à une machine d'identifier précisément le contenu d'une image puis de la classer automatiquement en fonction de l'objet, de la couleur ou du visage sélectionné.

b. Grâce à l'IA, il y a des algorithmes qui sont capables d'améliorer et d'optimiser leurs calculs au fur et à mesure de leur traitement. C'est le cas des filtres anti-spam qui deviennent plus efficaces lorsque l'utilisateur identifie un message indésirable.

---

<sup>10</sup> Nous aurons l'occasion de voir un exemple qui illustre ce cas de figure dans le paragraphe étude ci-dessous.

<sup>11</sup> Le Speech to Text, aussi appelé reconnaissance vocale, est une technologie permettant de convertir automatiquement un contenu audio en texte.

<sup>12</sup> <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-intelligence-artificielle-555/>  
Consulté le 25/05/2021

<sup>13</sup> L'acronyme **GAF** désigne quatre des entreprises les plus puissantes du monde des TIC à savoir : Google, Apple, Facebook et Amazon. Ces sociétés possèdent un pouvoir économique et financier considérable (parfois supérieur à un Etat).

c. La reconnaissance vocale se développe avec des assistants virtuels capables de transcrire les mots formulés en langage naturel puis de traiter les demandes soit en répondant directement via une synthèse vocale, soit avec une traduction instantanée ou en faisant une requête liée à la commande.

Exemple : Aujourd'hui, il est possible d'effectuer des recherches, obtenir un itinéraire ou créer des rappels à l'aide de la voix en utilisant l'application « Hey Google ».

## L'ia et son impact sur l'éducation

Toute situation pédagogique paraît s'articuler autour de trois pôles (savoir-enseignant-apprenant). C'est un triangle pédagogique proposé par le professeur de science de l'éducation Jean Houssaye en 1988 et repris dans la 2<sup>ème</sup> édition 2014, qui définit l'acte pédagogique comme l'espace entre trois sommets d'un triangle, où il est important d'établir une relation pédagogique durant l'acte d'apprentissage. Il est devenu un schéma classique dans les lieux de formations. C'est un modèle de compréhension du fonctionnement de la situation éducative. L'intelligence artificielle (IA) est venue contribuer en éducation par des algorithmes mathématiques, mais ses bénéfices potentiels dans l'environnement d'enseignement et d'apprentissage ne semblent pas négligeables. Seulement, en se basant sur le triangle pédagogique, il est possible d'entrevoir des impacts qui pourraient faire l'objet de nombreuses spéculations. Les trois pôles du triangle (l'enseignant, l'apprenant et le savoir) (figure 2), ainsi que les relations entre ceux-ci (didactique, pédagogique et d'apprentissage) seraient potentiellement affectés par l'IA. L'intérêt du triangle pédagogique est relativement efficace, il nous pousse à s'interroger sur plusieurs aspects de l'éducation en contexte d'apprentissage. C'est une très brève entrée en matière avec une suite d'idées à sillonner selon les trois sommets avec les trois relations.

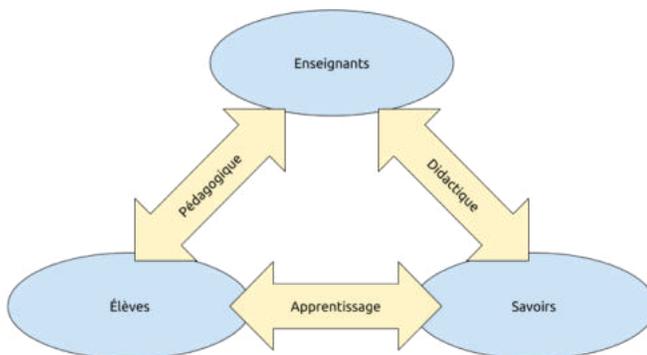


Figure 2 : Le triangle pédagogique

Source : <https://ecolebranchee.com/dossier-intelligence-artificielle-education/>

## *L'enseignant ou le formateur*

C'est peut-être la cause de la plupart des inquiétudes : l'intelligence artificielle remplacera-t-elle l'enseignant ? Dans une perspective de progrès même très significatif, la réponse est non. Le rapport du Brookfield Institute and entrepreneurship<sup>14</sup> note que les enseignants de la petite enfance, du préscolaire, du primaire et du secondaire sont parmi les cinq emplois les moins susceptibles d'être affectés par l'automatisation (Lamb, 2016). L'IA conduit naturellement au développement de nombreuses technologies susceptibles de remplacer des tâches répétitives des enseignants. Cependant, le travail de l'enseignant du XXI<sup>e</sup> siècle dépasse le cadre des tâches automatisées. En plus d'être un important vecteur de connaissances, les enseignants peuvent créer des environnements d'apprentissage pour soutenir leurs étudiants. Les humains ont des qualités difficiles à reproduire en IA ; nous évoquons d'empathie, d'attention, de jugement critique et de flexibilité cognitive. En d'autres termes, les soft skills<sup>15</sup> des enseignants seront en grande partie ce qui les différenciera de l'IA. Ainsi, les emplois qui affectent les relations humaines bénéficieraient d'une certaine protection contre le remplacement hypothétique par un robot doté d'une forte intelligence artificielle. Cela est vrai pour des raisons de bornes technologiques, mais aussi parce que les humains peuvent préférer interagir avec leurs pairs plutôt que l'intelligence artificielle.

Dans ce cas, au-delà du remplacement de certaines tâches relativement répétitives et prévisibles, l'IA peut avoir un impact significatif sur le niveau de pratique pédagogique à travers de nombreux outils didactiques qui aident au jugement et aux choix pédagogiques. Ces questions seront abordées ultérieurement.

## *L'étudiant*

La question qui se pose, même si elle semble anormale : l'IA peut-elle avoir un impact sur l'étudiant lui-même ? Nous ne parlons certainement pas de remplacer l'étudiant par une intelligence artificielle. La simple pensée que l'IA pourrait interférer avec la relation éducative est susceptible de rejeter automatiquement l'idée chez de nombreuses personnes qui consultent ces lignes. Encore une fois, ce n'est pas parce que la technologie existe que nous voulons nous en servir. Par exemple, avoir l'audace de considérer que l'IA

---

<sup>14</sup> Brookfield Institute for Innovation and entrepreneurship 2018 « Intelligence artificielle et politique publique : étude des répercussions ». C'est l'une des premières initiatives au Canada (conférence animée par des experts et universitaires) visant à mobiliser les décideurs politiques ainsi que les participants dans l'économie de l'IA.

<sup>15</sup> Les soft skills désignent des compétences comportementales, le plus souvent acquises en dehors de la sphère scolaire ou universitaire. Ces compétences sont particulièrement recherchées en entreprise.

pourrait être dans la gestion de classe ouvre la porte à l'écriture de scénarios. Cependant, il faut juste s'assurer contre une mauvaise utilisation de l'IA.

Toutefois, les scénarios de science-fiction mis à part, des développeurs travaillent déjà à l'heure actuelle sur des réalités augmentées par l'IA qui peuvent aider les étudiants dans leurs apprentissages. En fait, depuis plusieurs années, les MOOC (Massive Open Online Courses) connaissent du succès en Occident. Les étudiants peuvent désormais savoir ce qu'ils veulent, quand ils le veulent, et surtout, à leur rythme. Cependant, cette ressource d'opportunités et de liberté peut créer un bouleversement sur ce qu'il faut apprendre et dans quel ordre procéder. Ainsi, certains élèves ne savent pas ce qu'ils veulent apprendre car ils n'ont pas l'expérience d'un enseignant capable de structurer et d'améliorer les étapes d'apprentissage. Cela conduit souvent à une inhibition de la motivation et à un abandon du processus de formation. L'IA peut aider à empêcher que cela ne se produise. À l'aide des données recueillies dans un profil, l'IA peut suggérer la séquence de leçons ou d'exercices les plus pertinentes pour l'étudiant. On peut imaginer qu'il puisse jouer un rôle d'accompagnement dans l'orientation scolaire et professionnelle de l'élève. De plus, pour contrer la baisse potentielle de motivation, les enseignants intelligents peuvent prédire quand un élève commencera à se désintéresser et alerter leurs enseignants. Ils peuvent anticiper les comportements et réagir avec le bon renforcement.

### *Le savoir*

Dans le cas de la connaissance, nous ne faisons pas ici de distinction entre les connaissances, les compétences ou toute autre classification de ce que les humains peuvent accumuler en tant que bagage intellectuel. L'impact de l'IA sur les connaissances semble se diviser en deux niveaux : Premièrement, les étudiants doivent recevoir une formation pour comprendre et utiliser l'IA. Cet aspect n'est pas souvent évoqué lorsqu'on discute de l'impact de l'IA dans l'éducation, mais il y a certainement des questions à se poser sur les programmes de formation et cela pour plusieurs sujets, dont les mathématiques. Ensuite, il y a la connaissance que les humains doivent vivre dans un monde où l'intelligence artificielle est très omniprésente.

Que ce soit pour répondre à un besoin d'expertise ou pour développer l'esprit critique des étudiants dans l'utilisation de cette technologie, il est important que les programmes éducatifs s'adaptent. Bien que la compréhension du fonctionnement de l'intelligence artificielle, pour de nombreuses personnes, semble très complexe et destinée à un petit groupe de spécialistes, de nombreux concepts liés à l'intelligence artificielle ont déjà été enseignés, mais leur disposition dans les programmes de formation est parfois discutable. Certains des concepts mathématiques utilisés en IA sont relativement simples et peuvent être abordés au lycée, voire plus tôt. Par exemple, chez les canadiens, les concepts de régression mathématique, une introduction à la science des données, sont présentes en secondaire. De plus,

au-delà des mathématiques, faut-il s'assurer que les étudiants sachent utiliser ces techniques de manière appropriée et responsable lesdites technologies ? Après tout, la génération de demain va bientôt devoir ordonnancer à manipuler des outils où l'intelligence artificielle sera de plus en plus présente. En effet, la prolifération des médias de toutes sortes est en effet un défi dans la sélection et l'interprétation de l'information. Lorsque ces informations sont présélectionnées et ciblées par des algorithmes d'IA, comme c'est actuellement le cas dans certains médias sociaux, le défi est encore plus grand. Par conséquent, les enjeux éthiques de l'IA doivent être abordés lors de leur formation.

### ***Impact didactique***

Comme indiqué précédemment, il est possible qu'une partie du travail de l'enseignant soit soumise à l'automatisation. Ainsi, l'intelligence artificielle libère l'enseignant de certaines tâches administratives pour qu'il puisse prêter plus d'attention à la pédagogie. La valeur ajoutée de l'IA à cet égard ne se situe pas au niveau du contenu réel à enseigner, mais plutôt au niveau du processus de sélection des contenus et des outils en classe. Ces nouvelles technologies permettent d'effectuer des analyses individuelles des élèves en une fraction de temps et peuvent aider les enseignants à personnaliser l'apprentissage individuel.

### ***Impact pédagogique***

Dans le dernier rapport prospectif de l'Université Stanford dans le cadre d'un programme d'étude sur cent ans de l'IA dans toutes ses possibilités d'impact sur nos vies, les chercheurs prévoient une présence accrue des tuteurs intelligents en assistance aux enseignants (Stone et *al.*, 2016). En effet, en récoltant des données scolaires et en les combinant aux habitudes d'apprentissage des élèves, certains algorithmes vont être en mesure de tailler un programme d'apprentissage sur mesure qui favorise la différenciation pédagogique. Imaginez un programme qui est capable de classer les élèves selon les méthodes de travail qui sont les plus efficaces pour eux en très peu de temps. Cette démarche qui autrefois consommait beaucoup de temps en observation, compilation de données et calculs statistiques peut être optimisée par l'IA. Elle permettrait donc d'augmenter l'impact de l'enseignement sur l'apprentissage de l'élève. Dans ce contexte, nous sommes loin d'un remplacement, mais plutôt d'un renforcement de l'importance de l'enseignant auprès des élèves. « Si certaines situations d'échec sont peut-être inévitables (circonstances personnelles, mauvaise adaptation des désirs de l'apprenant à la formation proposée), une bonne partie d'entre elles pourraient être évitées par un dépistage précoce qui donnerait lieu à un recadrage et un suivi plus attentif et personnalisé » (Bovo et *al.*, 2013). Dans ce contexte, nous sommes loin d'un remplacement, mais plutôt d'un renforcement de l'importance de l'enseignant auprès des élèves.

De plus, une fois que le portrait global des apprenants est établi, les algorithmes peuvent jumeler les candidats les plus susceptibles de s'entraider. La collaboration dans l'apprentissage peut se faire dorénavant à très grande échelle ; un élève du Québec pourrait très bien recevoir de l'aide en mathématique d'un élève du Maroc, de la Suisse ou du Sénégal. La machine qui les relie peut surveiller les échanges et intervenir afin d'assurer qu'ils demeurent pédagogiquement pertinents. Dans un cas où les élèves ne réussiraient pas à résoudre leur problème, des alertes peuvent même être envoyées à leurs enseignants respectifs afin d'en faire le suivi.

### ***Impact sur l'apprentissage***

En ce qui concerne la relation entre l'élève et les savoirs, comme pour l'enseignant, peut-être que certaines tâches accomplies par les élèves seraient automatisables, ou du moins, pourraient être optimisées par l'IA. Il s'agit toutefois d'effectuer des choix éclairés sur le plan pédagogique, car l'IA, comme toute technologie, doit procurer un avantage sur le plan de l'apprentissage et surtout, ne pas nuire à celui-ci. Au-delà des outils de suivi des élèves, l'IA peut amener ou raffiner certains outils de production et de traitement des informations. Prenons le cas du correcteur automatique, un exemple d'outil de travail qui s'est raffiné avec le temps. Nous nous souvenons de ses premières versions, où plusieurs suggestions s'accordaient mal avec les intentions de l'auteur. Depuis, une cueillette et une analyse d'un grand nombre de textes à l'aide des sciences des données ont permis de raffiner son efficacité. Aujourd'hui, nous bénéficions d'un outil de correction automatique qui satisfait beaucoup de besoins pédagogiques. Cela dit, l'IA pourrait permettre d'aller bien au-delà de la correction de phrases. Certains travaux visent même l'évaluation du contenu d'un texte à long développement en se basant sur des balises prédéfinies (Wang, Chang, Li, 2008). Le potentiel des outils de rétroaction dans le domaine linguistique est évident avec l'arrivée de l'intelligence artificielle.

### **Opportunités liées à l'IA dans l'éducation**

L'intelligence artificielle (IA) génère de nouvelles solutions d'enseignement et d'apprentissage qui sont en cours d'expérimentation à travers le monde. Ces solutions nécessitent des infrastructures de pointe et un écosystème d'innovateurs dynamiques. Quelles sont les conséquences pour les pays en développement ? L'IA doit-elle être un axe d'action prioritaire pour réduire la fracture numérique et sociale ?

Telles sont, entre autres, les questions abordées dans notre papier. Ce travail va être illustré par des études de cas sur la manière dont les technologies d'IA peuvent aider les systèmes éducatifs à utiliser les données pour améliorer l'équité et la qualité de l'éducation.

Au-delà des opportunités, nous allons se pencher en outre sur les défis et les conséquences politiques liés à l'introduction de l'IA dans l'éducation et à la préparation des étudiants à un avenir alimenté par l'IA. Les défis présentés sont notamment les suivants :

### ***Élaboration des politiques publiques de l'IA au service du développement***

A travers le monde, des sommes colossales ont été investies dans la recherche et le développement des technologies d'IA par les Etats. En Europe, les investissements ont atteint en 2016 environ 3,2 milliards d'euros contre 12,1 milliards d'euros en Amérique du Nord et 6,5 milliards d'euros en Asie<sup>16</sup>.

Les conditions technologiques complexes nécessaires pour progresser dans le domaine de l'IA nécessitent l'harmonisation de multiples facteurs et institutions. Les politiques publiques doivent travailler en partenariat aux niveaux national et international afin de créer un écosystème d'IA pour le développement durable.

Il y a lieu de souligner que pour la première fois depuis la Révolution industrielle, les pays européens ne sont pas à l'origine de cette révolution technologique. Les États-Unis avec les GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft) et la Chine sont désormais en situation de duopole au niveau mondial<sup>17</sup>.

Aujourd'hui, il est devenu nécessaire à tous les Etats de mettre en place une structure de gouvernance pour l'IA, qui prendrait la forme d'un cadre pour la contribution des autorités compétentes, pour éviter le fractionnement des responsabilités, renforcer les capacités au sein des organismes utilisateurs. Donc, il appartient au pays de se doter progressivement des capacités nécessaires pour tester et certifier les produits et services reposant sur l'IA.

La structure de gouvernance devrait garantir une participation maximale des parties prenantes. Les organisations de consommateurs, partenaires sociaux, entreprises, chercheurs et toutes organisations de la société civile devraient être consultées sur la mise en œuvre du cadre et son développement ultérieur. Dans ce contexte, il serait utile d'aider les autorités compétentes à s'acquitter de leur pouvoir lorsque l'IA est utilisée.

---

<sup>16</sup> « 10 Imperatives for Europe in the Age of AI and Automation », McKinsey & Company, 2018. Disponible sur <https://confrontations.org/admin/intelligence-artificielle-et-avenir-du-travail-quelle-voie-europeenne/>

<sup>17</sup> Selon Philippe Bernard éditorialiste au « Monde », dans sa chronique Publié le 24 septembre 2019 « La puissance et la richesse de Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft poussent l'Europe et les Etats-Unis à agir. » [https://www.lemonde.fr/idees/article/2019/09/24/les-gafam-defient-desormais-les-principaux-etats-du-globe-et-ces-derniers-contre-attaquent\\_6012912\\_3232.html](https://www.lemonde.fr/idees/article/2019/09/24/les-gafam-defient-desormais-les-principaux-etats-du-globe-et-ces-derniers-contre-attaquent_6012912_3232.html)

Ces principes ont nourri l'élaboration de la *Recommandation du Conseil de l'OCDE sur l'intelligence artificielle* (OCDE, 2019), à laquelle 42 pays ont adhéré le 22 mai 2019. Dans le même esprit, la présidence de la Réunion du Conseil au niveau des Ministres (RCM) de 2018 a ratifié « l'OCDE à poursuivre les discussions avec les diverses parties prenantes sur l'élaboration possible de principes devant guider le développement et l'application éthique de l'intelligence artificielle (IA) au profit des personnes ».

### ***Assurance de l'inclusion et l'équité de l'IA dans l'éducation***

Avec l'évolution de l'IA, les pays en voie de développement peuvent avoir de nouvelles fractures technologiques, économiques et sociales. Les obstacles majeurs, tels que le manque d'infrastructures technologiques de base, doivent être surmontés pour créer les conditions favorables à la mise en œuvre de nouvelles stratégies tirant parti de l'IA pour améliorer l'apprentissage. Selon (Stewart, 1918, pp. 19-22), « Les applications de l'intelligence artificielle offrent au monde en développement des moyens considérables pour réduire la fracture numérique et créer une société plus inclusive »<sup>18</sup>.

L'IA présente de nombreuses contributions au profit d'une école nécessairement inclusive, qui garantit le développement des capacités mentales de chaque étudiant. Une école qui accorde aussi la personnalisation en faveur des étudiants en leur fournissant la diversité des besoins spécifiques et la garantie d'un support partagé de connaissances et de savoirs.

Selon le rapport sur l'IA et l'école inclusive, les premières expériences issues de l'IA sur le terrain font apparaître des contributions significatives pour articuler l'accompagnement adapté de chaque étudiant et le renforcement d'un support partagé de connaissances et de compétences. Dans un cadre commun à l'ensemble des étudiants, l'IA permet à l'enseignant, de personnaliser préalablement les dispositifs d'apprentissage et de les adapter en temps réel selon la situation de chaque étudiant<sup>19</sup>. Dans le même contexte le ministre français de l'éducation s'exprime « Nous savons que réussir l'école inclusive signifie tout simplement démontrer que notre système sait personnaliser tous les parcours de tous les élèves.../... L'école inclusive, d'une part, la révolution de l'Intelligence artificielle, d'autre part,

---

<sup>18</sup> Directeur de la stratégie, Service des données et des analyses, Fondation Bill & Melinda Gates. Sommet mondial sur l'IA au service du bien social 2017 ITU News MAGAZINE 01/2018

[https://www.itu.int/en/itu-news/Documents/2018/2018-01/2018\\_ITUNews01-fr.pdf](https://www.itu.int/en/itu-news/Documents/2018/2018-01/2018_ITUNews01-fr.pdf)

<sup>19</sup> Colloque au collège de France le 25 mars 2019 « Mettre l'IA au service des enseignants pour assurer l'inclusion et le développement des capacités de tous les élèves », p. 9.

[https://ccn.unistra.fr/websites/ccn/documentation/IA-Technologie/Rapport-IA-et-e\\_\\_cole-inclusive-Leplusimportant-24nov19.pdf](https://ccn.unistra.fr/websites/ccn/documentation/IA-Technologie/Rapport-IA-et-e__cole-inclusive-Leplusimportant-24nov19.pdf)

puisque, nous le savons, c'est une des révolutions les plus importantes de notre temps »<sup>20</sup>.

Les domaines d'expérimentation sont nombreux : aide à la décision pour les enseignants comme pour les étudiants, identification et compréhension de certaines difficultés et obstacles d'apprentissage (handicaps, interruptions), aide à la personnalisation des méthodes pédagogiques et des ressources éducatives, étudiants en autonomie d'apprentissage (consolidation de connaissances, auto-évaluation, etc.), ou encore la modélisation de l'environnement disciplinaire.

A l'avenir proche, nous assisterons à d'autres progrès du développement de dispositifs marqués par l'adjonction de l'IA, de la robotique et de la réalité virtuelle et augmentée, par exemple pour les entraînements qui nécessitent une pratique cohérente et étendue, comme apprentissage des procédures techniques. Avec la contribution de l'IA, le système éducatif est capable de produire des corrections automatiques à des exercices et même de créer des exercices personnalisés. Il est évident que les services de l'enseignement ne disposent pas d'assez de ressources humaines pour proposer un accompagnement personnalisé aux étudiants alors qu'il leur serait très bénéfique. L'idée en elle-même n'est pas de supprimer entièrement le besoin des enseignants mais de les doter des outils technologiques adéquats<sup>21</sup>.

Toutefois, les avantages de l'IA doivent être accessibles à tous les enfants et adultes. Par conséquent, les politiques nationales réactives doivent prendre en compte les aspects suivants lorsqu'elles intègrent l'IA dans leur système éducatif et adoptent le potentiel du big data et de l'analytique d'apprentissage<sup>22</sup> :

- Fournir aux établissements d'enseignement et aux étudiants un accès à l'infrastructure numérique pour garantir l'équité et l'inclusion.
- Réglementer l'IA en termes de responsabilité et de transparence afin d'éliminer les biais dans les algorithmes et de protéger les élèves contre les discriminations liées à la race, à l'origine ethnique, au sexe ou au statut économique.
- Appliquer une protection forte des données de l'éducation pour empêcher leur utilisation abusive ; anonymiser les informations, afin que les étudiants ne puissent pas être reliés aux données ; utiliser le cryptage des données afin qu'elles ne puissent pas être interprétées par l'analyste.

---

<sup>20</sup> Jean-Michel Blanquer 2019 – Ministre de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse « conférence lors du colloque ayant pour thème », mettre l'IA au service des enseignants pour assurer l'inclusion et le développement des capacités de tous les élèves, p. 119

<sup>11</sup> ActuIA, le magazine trimestriel de l'intelligence artificielle et de la transformation numérique. <https://www.actuia.com/domaine/education/>

<sup>22</sup> <https://www.capgemini.com/fr-fr/2021/05/lia-au-service-de-leducation/>

- Renforcer les capacités en matière d'IA au-delà des compétences de base en TIC afin de préparer les enseignants et les autres acteurs de l'éducation à l'ère de l'IA.

### ***Préparation des enseignants à un enseignement alimenté par l'IA***

Les enseignants doivent acquérir de nouvelles compétences digitales pour utiliser l'IA de façon pédagogique et pertinente. Les développeurs d'IA doivent comprendre comment les enseignants travaillent pour créer des solutions qui soient viables en conditions réelles. Avec l'intelligence artificielle, l'enseignant pourra, améliorer ses cours, apporter de l'aide aux étudiants qui en ont un besoin effectif. Il va se consacrer davantage à mettre en pratique les connaissances de ses étudiants. L'IA va transformer le rôle de l'enseignant, il devient désormais accompagnateur à l'étudiant, c'est un changement de fond.

L'intelligence artificielle (IA) permet de faciliter l'apprentissage des étudiants : en appuyant sur l'analyse de leurs données. Cette technologie est capable de choisir les cours et les exercices les mieux adaptés pour chaque afin qu'il puisse progresser à son rythme<sup>23</sup>. On sait pertinemment que l'IA facilite aussi le travail des enseignants ; en leur fournissant des informations pertinentes sur les étudiants, ils pourront améliorer leur enseignement pour mieux accompagner leurs étudiants. Comme le souligne François Bouchet, du Laboratoire d'informatique de l'université Paris-6 « Bien sûr, l'enseignant a déjà une idée du niveau de ses élèves, mais lorsque ces derniers travaillent sur des plateformes numériques, l'IA peut lui donner une évaluation plus précise encore en détaillant les progrès de chacun, les points sur lesquels bloquent certains ou, au contraire, sur lesquels ils ont des facilités. Autant d'informations essentielles pour l'aider à prendre les bonnes décisions<sup>24</sup> ».

Les nouveaux outils d'IA ont fait leur entrée dans les salles de classe et les amphis. Ils s'approprient à changer le rôle de l'enseignant qui va devenir désormais un accompagnateur et un facilitateur de savoirs.

L'enseignant peut se concentrer sur d'autres tâches en faisant travailler les étudiants à leurs cadences sur des compétences bien précises en s'appuyant sur des logiciels spécifiques. L'intelligence artificielle dont les systèmes tutoriels dits intelligents, les systèmes d'évaluation automatique, les environnements d'apprentissage collaboratif et les jeux visant l'apprentissage sont utilisés dans l'enseignement.

---

<sup>23</sup> Lancé aux États-Unis, l'*adaptive learning* fait appel à l'intelligence artificielle pour adapter le contenu des cours et des exercices aux besoins de chaque élève.

<sup>24</sup> <https://dataanalyticspost.com/comment-lia-va-transformer-le-role-de-lenseignant/> consulté le 08/06/2021.

## ***Mettre au point des systèmes de données inclusifs et de qualité***

Aujourd'hui, la datafication<sup>25</sup> est incluse dans le domaine de l'éducation dont la qualité des données est la principale préoccupation. La collecte des données doit être mise à la disposition des décideurs des différents organismes nationaux.

Selon l'Agence européenne, 2011<sup>26</sup> cinq exigences politiques clés en matière de collecte de données sont apparues, qui tiennent compte du besoin d'éléments probants sur l'éducation inclusive au niveau national mettre la théorie en pratique :

- ✓ Le besoin de collectes nationales de données qui soient ancrées dans les accords européens et internationaux ;
- ✓ Le besoin de comprendre l'effet des différences dans les systèmes éducatifs nationaux ;
- ✓ Le besoin d'analyser l'efficacité de l'éducation inclusive ;
- ✓ Le besoin de recueillir des données permettant de dégager des éléments probants sur les questions d'assurance qualité ; et
- ✓ Le besoin de faire un suivi des progrès des apprenants sur le long terme.

Les décideurs, les experts en collecte de données sont conscients du besoin qu'il y a à recueillir des données au niveau national. Les travaux de l'Agence ont montré que l'on réclame que des informations de toutes sortes soient mises à la disposition des décideurs et de différents organismes nationaux, afin que ces derniers puissent adopter des approches complémentaires en matière de collecte de données.

## ***Renforcer la recherche sur l'IA dans l'éducation***

Le pouvoir de transformation de l'intelligence artificielle (IA) touche tous les secteurs économiques et sociaux, y compris l'éducation. L'IA va transformer l'éducation en profondeur déclare la Directrice générale de l'UNESCO Audrey Azoulay « Les outils pédagogiques, les modes d'apprentissage, l'accès au savoir et la formation des enseignants vont connaître une révolution »<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> Datafication est un néologisme et un buzzword utilisé pour désigner la montée en puissance incontournable de la donnée (data) dans les pratiques marketings et d'autres domaines d'activité de l'entreprise.

<sup>26</sup> [https://www.european-agency.org/sites/default/files/Five\\_Key\\_Messages\\_for\\_Inclusive\\_Education\\_FR.pdf](https://www.european-agency.org/sites/default/files/Five_Key_Messages_for_Inclusive_Education_FR.pdf)

<sup>27</sup> <https://fr.unesco.org/news/comment-lintelligence-artificielle-peut-elle-renforcer-leducation>  
La **datafication** est une tendance technologique qui transforme un ensemble d'aspects de notre vie aux données informatisées à travers des processus pour transformer les organisations en entreprises axées sur les données en convertissant ces informations en une nouvelle forme de valeur.

Les objectifs pour l'éducation peuvent être accélérés grâce à l'IA en réduisant les obstacles à l'accès à l'apprentissage, en automatisant les processus de gestion et en optimisant les méthodes pour améliorer les résultats de l'apprentissage.

Les opportunités et les risques que l'IA peut représenter pour l'éducation sont divisés en quatre thèmes clés :

### ***Assurer une éducation équitable et de qualité grâce à l'IA***

Ceci peut se réaliser en particulier par des actions permettant de traiter les inégalités liées au statut socio-économique, au genre, à l'origine ethnique et à la situation géographique ; par des solutions IA permettant d'éliminer les obstacles pour accéder à une éducation équitable et de qualité.

### ***Utiliser l'IA pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage***

Ceci peut se réaliser par l'amélioration des systèmes de gestion de l'éducation, des systèmes de gestion de l'apprentissage assistés par l'IA et l'identification de nouvelles formes d'apprentissage personnalisé pour contribuer à l'accomplissement du travail des enseignants.

### ***Promouvoir le développement des compétences à l'ère de l'IA***

Pour atteindre cet objectif, il y a lieu de :

- ✓ Concevoir des stratégies et des politiques en tenant de la volonté des décideurs et des acteurs de l'éducation,
- ✓ Utiliser les possibilités de la technologie mobile reposant sur l'IA afin de contribuer au développement des compétences et d'innovation

### ***Garantir une utilisation des données de l'éducation***

Pour la garantie et l'usage et la vérification des données, il faut :

- ✓ Analyser comment réduire les risques et les dangers que peut poser l'IA dans l'éducation ;
- ✓ Identifier et promouvoir des preuves vérifiables pour formuler des politiques en assurant la transparence,
- ✓ Adopter des algorithmes compréhensibles par les acteurs de l'éducation.

### ***Éthique dans la collecte, l'utilisation et la diffusion des données***

L'IA soulève de nombreuses questions d'éthique concernant l'accès au système éducatif, les recommandations faites à chaque étudiant, la collecte des données personnelles, la responsabilité, l'impact sur le travail, la confidentialité des données et la propriété des données qui alimentent les algorithmes. Pour faire émerger des technologies d'IA conformes à nos valeurs et normes sociales, il faut agir dès à présent en mobilisant la communauté scientifique, les pouvoirs publics, les industriels, les entrepreneurs et les organisations de la société civile.

Une grande partie des considérations éthiques soulevées tiennent à l'opacité de ces technologies : l'IA donne aujourd'hui des résultats extraordinaires, pour des raisons que les chercheurs ont parfois du mal à expliquer. L'explicabilité des algorithmes d'apprentissage automatique est un sujet si pressant qu'il constitue aujourd'hui un champ de recherche spécifique, qui doit être soutenu par les pouvoirs publics.

Trois axes méritent une attention particulière<sup>28</sup> :

- La production de modèles plus intelligibles bien avérés,
- La production d'interfaces utilisateurs plus clairs et
- La compréhension des mécanismes cognitifs à l'œuvre pour produire une explication satisfaisante.

Penser l'éthique dès la conception :

Les chercheurs, ingénieurs et entrepreneurs qui contribuent à la conception, au développement et à la commercialisation de systèmes d'IA sont amenés à jouer un rôle décisif dans la société digitale de demain en prenant en considération les impacts socio-économiques de leurs activités.

Pour s'en assurer, Synthèse

Il est nécessaire de les sensibiliser, dès le début de leur formation, aux enjeux éthiques liés au développement des technologies numériques.

Aujourd'hui cet enseignement est quasiment absent des cursus des écoles d'ingénieurs ou des parcours informatiques des universités, alors même que le volume et la complexité des problématiques éthiques auxquels ces futurs diplômés seront confrontés ne cessent de croître. Au-delà de la formation des ingénieurs, les considérations éthiques doivent irriguer le développement même des algorithmes d'intelligence artificielle.

Sur le modèle de l'étude d'impact sur les risques en matière de vie privée (privacy impact assessment), rendu obligatoire pour certains traitements de données par le règlement général sur la protection des données (RGPD).

L'objectif est simple : obliger les développeurs d'IA à se poser les bonnes questions, au bon moment.

Créer un comité d'éthique de l'IA.

Ses recommandations pourront servir de référence pour la résolution de dilemmes éthiques.

## Études de cas

L'intelligence artificielle est la reproduction artificielle des facultés cognitives de l'intelligence humaine, en se basant sur des logiciels ou des machines (des robots, des plateformes, etc.) qui sont capables de réaliser des fonctions relevant normalement de celle-ci. L'intérêt de l'IA est de simplifier

---

<sup>28</sup> <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/184000159.pdf>

à l'humain certaines tâches, parfois plus complexes, en les automatisant. L'intelligence artificielle est déjà présente en éducation, notamment avec les applications qu'apprenants et enseignants utilisent quotidiennement sur leur téléphone portable. Afin d'illustrer cette partie, nous présentons trois études de cas qui touchent le domaine de l'éducation, il s'agit de :

- Réalisation d'un bras de robotique à base de carte Arduino,
- Outil intelligent pour la conception d'un système d'information,
- Outil intelligent pour la conception d'un système d'information

### ***Réalisation d'un bras de robotique à base de carte Arduino***

En quelques décennies, l'informatique et l'électronique sont devenus essentiels dans la société. Du côté des professionnels, l'innovation a pris une place importante, des startup<sup>29</sup> utilisent et développent les nouvelles technologies tandis que le secteur de la recherche s'intéresse largement aux thématiques, avec des établissements qui se spécialisent dans les sciences et la technologie. La transformation digitale des entreprises permet alors d'automatiser ou de faciliter certaines tâches.

Aujourd'hui, la robotique occupe une place majeure dans notre quotidien, elle possède de nombreux champs d'applications comme la robotique industrielle ou la robotique de service. Qu'il s'agisse de la robotique civile ou militaire, il existe désormais des robots capables avec d'étonnantes performances dans de nombreux secteurs : robot-compagnons assistant les personnes à domicile ou en charge de la surveillance et des soins, robot assurant la logistique dans les hôpitaux, robot assistant les industriels dans la réalisation de gestes pénibles et répétitifs, ou encore permettant le développement de prothèses intelligentes<sup>30</sup>.

Dans ce premier exemple des études de cas, il s'agit d'un travail qui rentre dans le cadre de projet de fin d'étude. Il concerne l'étude et la réalisation d'un bras robotique manipulateur à trois degrés de liberté à base d'une carte Arduino UNO<sup>31</sup>. Grâce à l'intelligence artificielle, les étudiants

---

<sup>29</sup> Une start-up, ou « jeune pousse », décrit une jeune entreprise de haute technologie qui présente un potentiel important de croissance. Le terme vient de l'anglais *start* (démarrer) et *up* (pour montrer le potentiel de croissance).

<https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/tech-start-up-15740/>

Plus de 1 550 jeunes starts up consacrées à l'IA dans 70 pays, selon un rapport de Venture Scanner. Avec **une levée de fonds moyenne de 22 millions de dollars par entreprise**, on atteint le montant record de 10 milliards de dollars levés au total par les start-up de l'intelligence artificielle. Ce sont les applications de machine learning qui concentrent la majorité des investissements : autour de 3,5 millions de dollars pour 425 start-up.

<sup>30</sup> <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/nouvelles-technologies/essentiel-sur-robotique.aspx>  
Consulté 24/05/2021

<sup>31</sup> La **carte Arduino Uno** contruite autour de l'ATmega328p est une **carte** à microcontrôleur programmable directement via son logiciel du même nom. Le logiciel **Arduino IDE**, c'est un **logiciel** de programmation des modules **Arduino**, dont l'interface, appelée **Arduino IDE**, est une application Java.

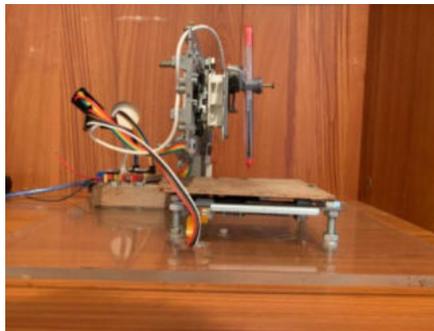
ont réalisé un bras robotique pour aider les handicapés visuels et moteurs dans l'écriture et le dessin.

Ce projet consiste à mettre en œuvre un robot sous forme de machine à écrire utilisant un stylo pour écrire et dessiner. Ce robot est constitué d'un matériel utilisant une application dont la communication et la transmission s'effectue à partir d'un PC, d'un Smartphone ou d'une tablette pour l'écriture et /ou le dessin. Aussi, il permet de contrôler les accès et évaluer la segmentation du réseau informatique en place. Nous pensons que cette réalisation apporte des solutions optimales et efficaces au profit des handicapés (physique et visuel). L'élément capital de cette application est l'apport d'une valeur ajoutée, à cette catégorie de personnes dans la société, qui repose sur une aide aux handicapés à s'y intégrer pour communiquer avec leurs homologues et les personnes normales.

Ces jeunes étudiants<sup>32</sup> ont obtenu les affirmations suivantes aux hypothèses formulées dans la problématique de ce projet pour arriver à cette réalisation :

- La mise en place d'une architecture d'un bras robotique composé de pièces électroniques qui aidera les étudiants handicapés à procéder à l'écriture ;
- L'amélioration de la performance du bras robotique constitue un enjeu majeur dans sa réalisation pour faciliter l'écriture et le dessin.

Pour la réalisation de ce projet, les étudiants ont mis au point des solutions techniques répondant à un cahier des charges. Grâce à la CAO (conception assistée par ordinateur), ils ont défini des circuits électroniques associant transistors et microprocesseurs. Un schéma d'ensemble a été tracé, il effectue des simulations destinées à vérifier que toutes les fonctions sont bien remplies, puis ils ont réalisé un prototype. Enfin, ils ont été ensuite chargés de superviser en atelier les tests du produit.



**Figure 3 : Le prototype final du bras robotique**

**Source :** Travail réalisé par des étudiants de licence (LMD) en génie électrique 2020-2021

---

<sup>32</sup> C'est des étudiants que nous avons encadrés dans le cadre de leur projet de fin d'étude de licence LMD à l'Université des sciences et des Technologies (USTO), 2020/2021.

## ***Outil intelligent pour la conception d'un système d'information***

Pour ce deuxième cas de figure de nos études de cas, nous présentons brièvement un logiciel qui a été développé dans le cadre d'un magister au niveau de l'INTTI<sup>33</sup>. L'objectif fondamental du logiciel est une formalisation du processus intellectuel par lequel un concepteur produit un schéma conceptuel de système d'information. Si la conception d'un système d'information est encore de nos jours une tâche complexe, difficile et qui ne peut être réalisée qu'en utilisant des méthodes en général supportées par des outils. On constate que ces derniers sont eux-mêmes des systèmes complexes soit parce qu'ils sont trop théoriques pour être accessibles au praticien, soit parce qu'ils sont des « boîtes noires » dont la logique échappe à leurs utilisateurs. Cette difficulté nous a permis à développer des outils de plus en plus intelligents visant à apporter une aide dans la conduite du processus de conception et à assurer le transfert des connaissances des spécialistes vers les débutants en expliquant les choix et les résultats obtenus.

Le logiciel est basé sur les techniques d'intelligence artificielle. Il a pour ambition d'assister l'utilisateur durant l'étape conceptuelle de la conception des systèmes d'information. Pour ainsi dire, le système prend en compte des énoncés en langage naturel décrivant l'univers d'application défini. Le logiciel produit le schéma conceptuel du système d'information suivant des étapes successives d'analyse, d'interprétation et de structuration. Il réalise dans un premier temps l'interprétation des phrases et aboutit à un réseau descriptif, ensuite il utilise des règles de conception et structuration du réseau descriptif (figure 4) en un réseau normalisé qui représente le schéma conceptuel final.

Le système est de type expert (intelligent). Il a pour vocation d'agir comme le ferait un humain (expert en conception des systèmes d'information), qui aboutit à une représentation de cet univers au moyen du jeu de concepts propres à une méthode donnée. Le processus de construction du schéma est organisé en deux étapes successives et complémentaires.

➤ La première étape dite descriptive est centrée sur l'interprétation de la description en Langage Naturel du domaine d'application considéré. Durant cette étape, le logiciel construit une représentation interne de cette description sous forme d'arbres syntaxiques. Puis à l'aide d'un jeu de règles d'interprétation, il construit un réseau sémantique descriptif qui représente les classes de faits pertinentes du monde réel et leurs associations.

➤ La deuxième étape de conceptualisation transforme le réseau descriptif en un réseau normalisé qui correspond au schéma conceptuel final du système d'information. Durant cette étape le système utilise un ensemble

---

<sup>33</sup> Travail de magister présenté et soutenu en 2010 par monsieur Saidi Abderrahmane en 2010 dans le cadre de l'école doctorale, USTO-ITO (INTTIC). Thème « Conception d'une interface en langage naturel pour la conception des systèmes d'information »

de règles de structuration de manière à choisir une représentation cohérente, complète et non redondante des classes de faits et des associations entre ces classes présentes dans le réseau descriptif.

➤ Enfin le logiciel permet d'expliquer et justifier les résultats fournis lors de la conception. Il s'agit d'expliquer à l'utilisateur le passage de texte en langage naturel aux concepts du modèle et les résultats obtenus.

Nous présentons une suite d'extraits d'une session du logiciel pour la construction du réseau descriptif et les explications dans le cas de la gestion de bibliothèque en langage naturel. Le réseau descriptif est obtenu par interprétation de la description. Quelques extraits des explications sont fournis à l'utilisateur.

Ph1= *Un livre existe en plusieurs exemplaires*  
Ph2= *Un exemplaire est caractérisé par son état*  
Ph3= *Un livre est décrit par une fiche*  
Ph4= *La fiche comporte un titre, une référence, une date d'édition, un auteur, un éditeur et un nombre d'exemplaires.*  
Ph5= *Un abonné est décrit par un numéro, un nom, une adresse, un nombre de pénalités et la dernière date de réabonnement.*  
Ph6= *Lorsqu'un abonné s'inscrit, il paie sa cotisation*  
Ph7= *Une semaine après expiration de la date de réabonnement d'un abonné, si l'abonné n'a pas payé sa cotisation, on lui envoie une lettre de rappel.*  
Ph8= *Deux semaines après l'envoi de la lettre de rappel, si l'abonné n'a pas payé sa cotisation, l'abonné est exclu.*  
Ph9= *Quand un abonné fait une demande de prêt, s'il existe un exemplaire disponible de l'ouvrage demandé et si l'abonné n'est pas suspendu, le prêt est accordé.*

**Figure 4 : Extrait de texte de description**

**Source :** Auteur



L'utilisateur peut poser toute question relative à l'existence d'un nœud ou un arc. Par exemple

<usager> Quelle est la raison du nœud FICHE?

<OICSI> La phrase:  
 "Un livre est décrit par une fiche"  
 a une structure:  
 <possesseur> <verbe possession> <possédé>  
 qui justifie l'interprétation suivante:  
 <possesseur> et <possédé> sont deux entités associées  
 LIVRE et FICHE ont été interprétés comme deux entités  
 associées par un arc "ap" et introduites dans le réseau sous  
 la forme suivante:



<usager> Quelle est la raison du nœud LORSQU'UN ABONNE S'INSCRIT?

<OICSI> La phrase:  
 "Lorsqu'un abonné s'inscrit, il paie sa cotisation"  
 a une structure:  
 <proposition subordonnée> <proposition principale>  
 qui justifie l'interprétation suivante:  
 <proposition subordonnée> est un événement  
 <proposition principale> est une action  
 LORSQU'UN ABONNE S'INSCRIT a été interprété comme un évé-  
 qui déclenche l'action "IL PAIE SA COTISATION" et sont reliés pa  
 arc "dl" et introduits dans le réseau sous la forme:

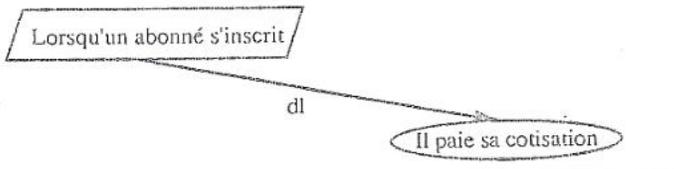


Figure 6 : Extrait d'explications

Source : Travail réalisé dans le cadre d'un magister (Saidi, A., 2010)

### Apprentissage personnalisé des langues

Dans notre troisième exemple des études de cas, nous avons choisi une application pour l'apprentissage des langues. Cette application s'appelle Duolingo<sup>34</sup>, avec son système de reconnaissance vocale, et ses plus de 200 millions d'apprenants avec 20 langues, constitue un outil numérique doté d'une intelligence artificielle fort présent en éducation. Cette plateforme intelligente d'apprentissage des langues, la plus populaire au monde, est

<sup>34</sup> <https://www.duolingo.com/>

désormais de plus en plus présente dans les salles de classe où des dizaines de milliers d'enseignants l'utilisent déjà pour améliorer les leçons d'apprentissage des langues. Son intelligence artificielle permet notamment d'adapter les activités d'apprentissage en fonction de la connaissance actuelle de la langue.

Les leçons de Duolingo s'adaptent au style d'apprentissage. Les exercices sont personnalisés pour aider à apprendre et à réviser le vocabulaire efficacement. L'apprenant reçoit des corrections immédiates, découvre instantanément quelles sont les bonnes réponses. Quand l'apprenant échoue à un exercice, l'application de Duolingo lui montre rapidement comment s'améliorer pour obtenir de bons résultats ultérieurement.

## **Conclusion**

L'intelligence artificielle est une technologie stratégique qui offre de nombreux avantages à l'individu, à l'entreprise et à la société dans son ensemble, à condition qu'elle soit éthique, durable, humaine et respectueuse des droits et valeurs fondamentaux. Elle offre des gains d'efficacité et de productivité significatifs qui peuvent renforcer la compétitivité et améliorer le bien-être des citoyens. Il peut également aider à relever certains des défis de société les plus urgents, notamment la lutte contre le changement climatique et la dégradation de l'environnement, et les défis du développement durable et du changement démographique. En matière de système éducatif, elle peut contribuer efficacement à l'apprentissage personnalisé des individus pour améliorer le niveau des apprenants.

Pour que l'Algérie puisse tirer pleinement parti des possibilités offertes par l'IA, elle doit développer les capacités industrielles et technologiques nécessaires et les renforcer. Notre approche en matière d'IA vise à promouvoir les capacités d'innovation en l'Algérie dans le domaine de l'IA tout en soutenant le développement et l'adoption d'une IA éthique et digne de confiance dans tous les secteurs économiques. L'IA devrait être au service des citoyens et constituer un atout pour la société.

Dans le cadre de ce travail, nous souhaitons que le gouvernement, les entreprises et les universités investissent dans l'IA. Cette approche couvre à la fois les outils politiques visant à stimuler l'investissement dans la recherche et l'innovation, à promouvoir le développement des compétences et à soutenir l'adoption de l'IA par les PME, et les éléments clés d'un futur cadre réglementaire. Les pouvoirs publics doivent donner l'opportunité à toutes les parties prenantes d'engager un dialogue approfondi qui orientera les actions à mener.

Les pays du monde entier reconnaissent de plus en plus l'importance de l'intelligence artificielle pour créer des stratégies nationales complètes et coordonnées afin de rester compétitifs par rapport à leurs pairs. Il y a un accroissement du nombre de stratégies qui non seulement font améliorer la

recherche et le développement en IA, mais cherchent également à préparer la société - les secteurs public et privé ainsi que la population en général - à l'impact économique de l'IA sur les aspects sociaux, éthiques et les retombées politiques.

## Bibliographie

Aurélié, J. (2020). Une brève introduction à l'intelligence artificielle. *Médecine/sciences*, 36, 1059-67.

Automme, M., & Merle-Lamoot, N. (2019, février). *Prospective Intelligence artificielle - État de l'art et perspectives pour la France* [Rapport final], p. 333. Disponible sur <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-intelligence-artificielle-555/>

Bovo, A., Sanchez, S., Héguy, O., & Duthen, Y. (2013, May). L'apprentissage automatique comme base du suivi d'élèves et de l'amélioration de formations. Journée EIAH&IA 2013. Toulouse-France, p.1, hal-00824278.

Brookfield Institute for Innovation and Entrepreneurship 2018 « Intelligence artificielle et politique publique : étude des répercussions »

Cazenave, T. (2011). *Intelligence Artificielle - Une approche ludique* Ellipses, mai 2011 240 pages ISBN : 978-2-7298-6408-8

Cornuéjols, A., & Miclet, L. (2010, juin). *Apprentissage Artificiel - Concepts et Algorithmes*. Eyrolles, seconde édition, 804 pages, ISBN : 2-212-12471-6.

Desjardins, L.-A., & Tran, A. (2019, 28 juin). DOSSIER – L'intelligence artificielle en éducation. *École branchée*.

Eastes, R.-E. (2013). Processus d'apprentissage, savoirs complexes et traitement de l'information : un modèle théorique à l'usage des praticiens, entre sciences cognitives, didactique et philosophie des sciences. [Thèse de doctorat en philosophie, Université Panthéon-Sorbonne - Paris 1, Université de Genève, Français. ffNNT : 2013PA010593ff. fftel-00904561f

Ejzenberg, B., & Choury, A. (2020). Objectif IA : Initiez-vous à l'intelligence artificielle. *Open Classrooms*. <https://openclassrooms.com/fr/courses/6417031-objectif-ia-initiez-vous-a-lintelligence-artificielle>

Ezratty, O. (2017, 19 octobre). Les usages de l'intelligence artificielle. Opinions Libres – Le blog d'Olivier Ezratty. Disponible sur <https://www.oezratty.net/wordpress/2017/usages-intelligence-artificielle-ebook/>

Ezratty, O. (2020, 3 avril). Les applications de l'intelligence artificielle dans l'éducation. *MAGRH*. Disponible sur <http://www.magrh.reconquete-rh.org/index.php/articles/formation/455-les-applications-de-l-intelligence-artificielle-dans-l-education>

Heudin, J.-Cl. (2017, octobre). *Intelligence Artificielle. Manuel de survie*, 170 pages. Disponible sur <https://fr.unesco.org/news/comment-lintelligence-artificielle-peut-elle-renforcer-leducation>

Houssaye, J. (2014). *Le triangle pédagogique : Les différentes facettes de la pédagogie*. Issy-les-Moulineaux : éditeur ESF.

INRIA (2019, 17 décembre). Intelligence artificielle. *INRIA*. <https://www.inria.fr/fr/intelligence-artificielle>

Lamb, C. (2016, juin). *The Talented Mr. Robot: The Impact of Automation on Canada's Workforce*. Toronto : Brookfield Institute for Innovation and Entrepreneurship.

Noiseau, P., Lanteigne, C., Echaiz, L.F., Gomez Salazar, F.G, Mai, V., Dilhac, M.-A., & Mörch, C.-M. (2021) Le dialogue inclusif sur l'éthique de l'IA : délibération en ligne citoyenne et internationale pour l'UNESCO, *Communication, technologies et développement* [En ligne], 10, mis en ligne le 20 mai 2021, consulté le 07 juin 2021 sur URL : <http://journals.openedition.org/ctd/4294>

Saidi. A. (2010, juin). Conception d'une interface en langage naturel pour la conception des systèmes d'information [mémoire de magister, ].

Sinapin, M.N. (2020, Septembre). L'intelligence artificielle : entre opportunités et risques légitimes. Oriane 2020 :18<sup>e</sup> colloque francophone sur le risque, Bayonne- France. hal-0295010510 imperatives for Europe in the age of AI and automation", McKinsey, 2017.

Sommet mondial sur l'IA au service du bien social 2017 ITU News MAGAZINE 01/2018 [https://www.itu.int/en/itu/news/Documents/2018/2018-01/2018\\_ITUNews01-fr.pdf](https://www.itu.int/en/itu/news/Documents/2018/2018-01/2018_ITUNews01-fr.pdf)

Stewart, U. (1918, janvier). L'intelligence artificielle peut aider à réduire la fracture numérique et à créer une société inclusive. L'intelligence artificielle au service du bien social, pp. 19-22.

Stratégies nationales en matière d'intelligence artificielle, Une analyse comparée réalisée à la demande de la Direction générale des entreprises Novembre 2017. [http://www.invivoquest.com/wp-content/uploads/2018/04/strat%C3%A9gies-nationales-intelligence-artificielle\\_DG-Tr%C3%A9sor.pdf](http://www.invivoquest.com/wp-content/uploads/2018/04/strat%C3%A9gies-nationales-intelligence-artificielle_DG-Tr%C3%A9sor.pdf)

University of Helsinki, Sorbonne Université, Reaktor, Finnish Government, & European Commission. (2019). Elements of AI. <https://www.elementsofai.fr/>. Une introduction gratuite en ligne sur l'intelligence artificielle pour les non-spécialistes.

Viktorovitch, C. Clique TV. (2020, janvier 21). L'intelligence artificielle, comment ça marche? – Viens Voir les Docteurs. [https://www.youtube.com/watch?v=xXEAF7nhtpA&feature=youtu.be&ab\\_channel=CliqueTV](https://www.youtube.com/watch?v=xXEAF7nhtpA&feature=youtu.be&ab_channel=CliqueTV) (notamment l'intervention de Laurence Devillers : 0:55 à 18:40).

Villani, C. (2018). Rapport de Cédric Villani : Donner un sens à l'intelligence artificielle (IA). Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid128577/rapport-de-cedric-villani-donner-un-sens-a-l-intelligence-artificielle-ia.html>

Zouinar, M. (2020). Évolutions de l'Intelligence Artificielle : quels enjeux pour l'activité humaine et la relation Humain-Machine au travail ? *Activités* [En ligne], 17(1), mis en ligne le 15 avril 2020.