EDUCAPITAL

SHAPING THE FUTURE OF EDUCATION

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET ÉDUCATION

UN ENJEU DE SOUVERAINETÉ ÉDUCATIVE

SEPTEMBRE 2024

SOMMAIRE

03 Édito

04 Introduction

10 L'IA et la révolution de l'apprentissage

30 L'IA et la révolution de la formation continue

40 Les défis liés au développement de l'IA

53 Conclusion

54 Glossaire

Rédaction : Marie-Christine Levet, Alexandre Glaser, Jonathan Denais, Zoélie Adam-Maurizio
Design : AUplaisir

Nos remerciements les plus chaleureux à Nejma Belkhdim, Anne Bouverot, Cyril Colléatte, Laurence Devillers, Etienne Genvrin, Nicolas Hernandez, Libby Hills, René Janssen, Benedict Kurz, Gilles Moyse, Jérôme Pesanti, Axelle Ziegler pour leurs précieuses contributions à ce livre blanc.

Édito

Pour une IA bien éduquée

Cette contribution vise à mettre en évidence l'importance des apports de l'intelligence artificielle pour l'apprentissage et les domaines de l'éducation et la formation.

Educapital est le premier fonds européen dédié à l'innovation dans les secteurs de l'éducation et de la formation. Depuis 7 ans, nous analysons les disruptions technologiques qui révolutionnent ce secteur. **L'IA bouleverse la manière dont on enseigne et apprend ; c'est une opportunité majeure pour transformer en profondeur le secteur de l'éducation et de la formation.**

La révolution de l'IA dans l'éducation a fait émerger de nombreuses entreprises, parmi lesquelles plusieurs jeunes sociétés de notre portefeuille. Nous croisons ici les analyses de leurs dirigeants avec celles de personnes expertes, pour construire une réflexion générale sur la réalité des apports de l'IA dans l'apprentissage et sur la nature des défis que son développement fait émerger.

Nous sommes convaincus que l'IA est un enjeu crucial pour l'avenir de l'école. Nos systèmes éducatifs sont à l'agonie : les professeurs sont déconsidérés, démotivés, mal formés, les résultats scolaires dans les classements internationaux sont en chute libre. Des dizaines de milliers d'enfants quittent le système éducatif chaque année sans compétences de base. Les actions politiques et les moyens financiers font cruellement défaut.

L'IA permet un accès massif à des ressources pédagogiques personnalisées, améliorant l'engagement des apprenants, et permettant une réduction du décrochage scolaire et des fractures sociales. Elle permet une meilleure allocation du temps des enseignants.

Les progrès de l'IA créent une opportunité unique d'améliorer l'éducation et le rôle des professeurs, à condition d'en affronter les défis, les dangers, les faiblesses avec lucidité, seule condition pour que l'IA contribue efficacement à la révolution des savoirs nécessaires dans un monde en plein bouleversement.

C'est maintenant qu'il faut agir avec des moyens simples, des objectifs clairs pour **accélérer l'adoption de l'IA dans le secteur de l'éducation.**

La souveraineté éducative de l'Europe est en jeu et nous devons déployer rapidement les moyens indispensables pour faire émerger des outils responsables, respectueux de nos valeurs éthiques et de l'intérêt fondamental de nos enfants : **il est urgent de choisir d'agir en toute responsabilité.**

Introduction

L'intelligence artificielle, une technologie en mutation permanente

L'IA est définie comme « un outil utilisé par une machine capable de reproduire des comportements liés aux humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité »[1].

Elle repose sur l'utilisation massive de données structurées, comme les bases de données, les images annotées et principalement les textes pour ce qui est des IA génératives.

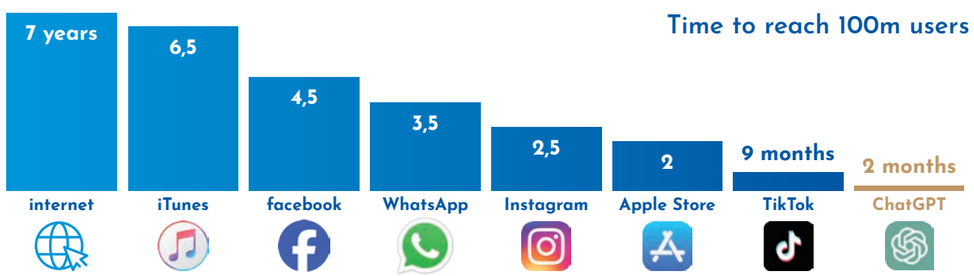
Les mathématiciens-philosophes grecs ont établi les fondements de l'intelligence artificielle, 500 ans avant notre ère en travaillant sur les premières machines automatiques. En 1642, Blaise Pascal met au point la première machine à calculer.

Vers 1800, la réalisation de la première mémoire externe de Jacquard annonce la machine analytique de Charles Babbage. C'est une femme, en 1842, **Ada Lovelace**, qui imagine alors le premier programme destiné à être exécuté par cette machine. Pour calculer automatiquement les nombres de Bernoulli, elle met au point la notion de boucle conditionnelle. **Le premier programme d'IA est né.**

Dans l'après Seconde Guerre Mondiale, le potentiel de l'IA commence à être sérieusement théorisé puis exploité, à mesure que les capacités de calcul des machines deviennent plus importantes.
Depuis le début des années 2010, selon la loi de Moore, selon laquelle la puissance de calcul double tous les 2 ans à coût constant, ce potentiel s'est transformé en réalité : nous avons embarqué l'IA à bord de nos ordinateurs, de nos téléphones portables, de nos outils de production industrielle. Elle s'est installée partout dans notre vie où elle est le plus souvent invisible.

A partir de 2017, des innovations fondamentales donnent naissance aux LLMs (large languages models, les grands modèles de langages), entraînés sur d'énormes bases de données issues du web. C'est la naissance de l'IA générative. **La puissance de ces nouvelles IA est accessible à tous depuis 2022** avec l'introduction spectaculaire et médiatique de **ChatGPT, lancé par Open AI,** qui, par sa facilité d'utilisation, **a réussi à conquérir 100 millions d'utilisateurs en moins de 2 mois quand il a fallu plus de 4 ans à Facebook pour le faire.**

Dans *Donnerons-nous notre langue à ChatGPT* (Le Robert, 2023), **Gilles Moyse, docteur en IA et CEO de ReciTAL compare l'impact de l'intelligence artificielle à celui de l'arrivée de l'écriture,** en soulignant que l'adoption par le grand public n'en est encore qu'à ses débuts. Il anticipe que le prochain changement majeur sera celui de l'interface homme machine, avec l'abandon des écrans tactiles, claviers et souris au profit de la voix.



[1] Parlement Européen

Les 3 phases de l'histoire de l'Intelligence Artificielle

La Génèse : l'IA est théorisée, mais les applications restent limitées par les capacités des ordinateurs de l'époque.

1950 — Alan Turing publie **« Computing Machinery and Intelligence »,** qui détaille le test de Turing, permettant d'évaluer la capacité d'une machine à faire preuve d'intelligence humaine.

1956 — Le terme **« intelligence artificielle »** apparaît pour la première fois à la Conférence de Dartmouth.

1958 — Le premier réseau de neurone artificiel, **le Perceptron** est utilisé.

1997 — **Le superordinateur Deep Blue d'IBM** bat le champion du monde d'échecs Gary Kasparov.

L'explosion Big Data : les progrès en informatique mettent fin à l'hiver de l'IA et permettent aux réseaux de neurones de dépasser l'humain sur des tâches spécialisées.

2010-2015 — **La quantité de données structurées explose grâce à la croissance d'internet.** Les capacités de calcul également grâce à l'utilisation du calcul parallèle sur des cartes

2012 — Alexnet montre des performances exceptionnelles en reconnaissance d'image, démontrant enfin la puissance des réseaux de neurones.

L'ère générative : des avancées fondamentales donnent naissance à des modèles dépassant l'humain sur de nombreuses tâches.

2017 — **« Attention is all you need »** : des chercheurs de Google présentent l'architecture Transformers de réseaux de neurones profonds qui est au coeur des large language models (LLMs) et de l'IA dite "générative" d'aujourd'hui.

2018 — **Google publie BERT,** un modèle de texte unique qui surpasse d'un coup la performance de nombreux modèles spécialisés. De nombreux modèles, comme GPT-3 en 2020 (par OpenAI) viennent améliorer encore les performances.

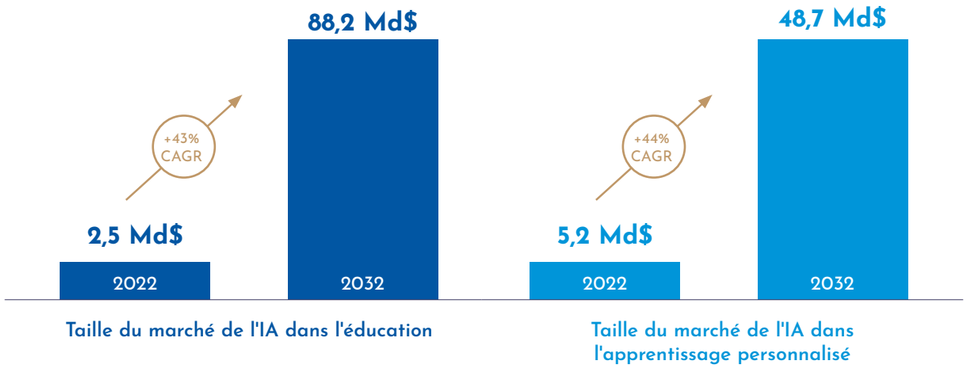
2021 — **OpenAI introduit Dall-E,** un modèle de génération d'images. La génération de vidéos suivra peu après.

2022 — Lancement grand public de **ChatGPT, le chatbot d'OpenAI**. ChatGPT atteint 100 millions d'utilisateurs en 2 mois.

L'offre d'IA générative a explosé

Sa souplesse d'utilisation, sa facilité d'utilisation comme le réalisme des contenus produits fascinent les utilisateurs. **Les analystes s'attendent à une croissance exponentielle du marché de l'IA générative, de 40 milliards de dollars en 2022, à 1 300 milliards de dollars en 2032[2]. Concernant le secteur de l'éducation, ils anticipent un marché de l'IA de près de 100 milliards de dollars.**

L'IA dans l'éducation : un marché en forte croissance porté par des changements structurel



Sources : Allied Market Research, Future Data Stats Forbes survey

Acteurs clés et chaîne de valeur

La chaîne de valeur de l'IA s'étend du hardware (GPUs, datacenters), à l'utilisateur final, en passant par le cloud, les modèles et les applications. Si les modèles sont aujourd'hui au cœur de l'attention, beaucoup d'incertitudes demeurent sur qui récoltera le plus de valeur, même s'il est manifeste que le fabricant de GPUs Nvidia et les géants de la tech, présents sur tous les tableaux, en ont déjà beaucoup bénéficié.

Chaque niveau de la chaîne de valeur repose sur le précédent :

• Les utilisateurs finaux (particuliers ou entreprises, ou parfois, d'autres applications) interagissent avec des applications intégrant de l'intelligence artificielle, de façon visible ou invisible : Amazon, ChatGPT, etc.

• Les applications appellent un ou plusieurs modèles d'IA afin de réaliser leur fonction première : une conversation avec un tuteur IA, une recommandation de contenu, etc.

• Les modèles comme GPT4o, Gemini, Llama, sont entraînés grâce à d'énormes bases de données puis donnent des réponses aux applications. Ils tournent pour cela sur des groupes de serveurs avec des puces dédiées à des calculs parallélisés.

• Les plateformes cloud comme Azure, AWS, hébergent dans leurs datacenters ces serveurs.

• Les serveurs ont un besoin massif de puces dédiées comme celles de Nvidia et d'équipements réseaux comme ceux de TSMC.

[2] Bloomberg, Generative AI races toward $1.3 trillion in revenue by 2032

Paroles expertes



Gilles Moyse
CEO, ReciTAL

Après un début de carrière dans l'informatique, Gilles a su voir la révolution de l'IA dès la première heure et a décidé de faire un doctorat en intelligence artificielle, obtenu en 2016. Dans la foulée, en 2017, il a créé ReciTAL, une start-up qui s'appuie sur le traitement automatique du langage, la technologie à la base des modèles d'IA générative d'aujourd'hui, pour accélérer les processus d'entreprise. Elle traite aujourd'hui plus de 40 millions de pages de documents chaque année pour le compte de grandes entreprises françaises. Il est aussi l'auteur de Donnerons-nous notre langue au ChatGPT, qui revient sur la révolution de l'IA et ce qu'elle veut dire pour notre société.

Quel a été votre parcours dans l'IA ?

J'ai commencé à coder à 10 ans et enchaîné logiquement sur une école d'ingénieur puis du conseil. Voyant le potentiel de la technologie, j'ai fait une thèse à l'université Pierre et Marie Curie sur la génération automatique de résumés. Dans la foulée, j'ai créé ReciTAL, une entreprise avec une forte composante recherche qui a atteint la rentabilité l'année dernière et compte aujourd'hui 25 personnes.

Quelles ont été les grandes évolutions du secteur dans les 15 dernières années ?

• 2011, c'est la sortie de l'hiver de l'IA. Les réseaux de neurones profonds obtiennent des résultats meilleurs que l'humain. Sans entraînement, ils dépassaient des modèles spécialisés.

• 2017 : publication de « Attention is all you need » qui décrit les Transformers, l'architecture de réseaux de neurones profonds dominante aujourd'hui. Je vois directement l'impact sur le résumé automatique sur lequel j'ai fait ma thèse.

• 2018 et 2019 : BERT puis GPT-3 améliorent considérablement les performances et prouvent la puissance des modèles de langage. C'est très sérieux.

• 2022 : ChatGPT sort et le grand public s'en empare. A ce moment, une de leurs principales innovations est de rendre le modèle propre, qu'il évite les propos déplacés.

• Pour moi ces évolutions, ensemble, auront un impact comparable à celui de l'arrivée de l'écriture.

Quel impact pour les consommateurs ?

L'impact est majeur pour les travailleurs du secteur tertiaire, notamment les plus jeunes. ChatGPT fait désormais partie de la panoplie du col blanc, avec l'ordinateur portable et l'accès à Office. Pour d'autres, en revanche, ces IA ne changent pas grand chose : sportifs, plombiers, danseurs, etc.

C'est quoi le futur de l'IA ?

Les choses évoluent très vite, les prédictions à long terme sont impossibles à faire. **Ce qui est sûr c'est que la révolution va toucher les interfaces homme-machine** : nous utiliserons moins les souris et les claviers, nous échangerons oralement avec les outils numériques. Certains métiers vont être complètement bouleversés. Mais on ne deviendra pas *prompt engineer*, c'est la machine qui fera le pas vers une interface plus humaine.

Et quel impact pour la société ?

Je ne pense pas qu'on sera tous remplacés comme certains en ont peur. A chaque vague technologique, l'inquiétude revient, et à ce rythme cela fait 100 ans que nous aurions dû tous perdre nos emplois.

Les modèles d'IA spécialisés dans l'éducation

Nous assistons toutefois à l'émergence de modèles d'IA générative spécialisés dans l'éducation. Sont-ils vraiment meilleurs que les modèles généralistes ?

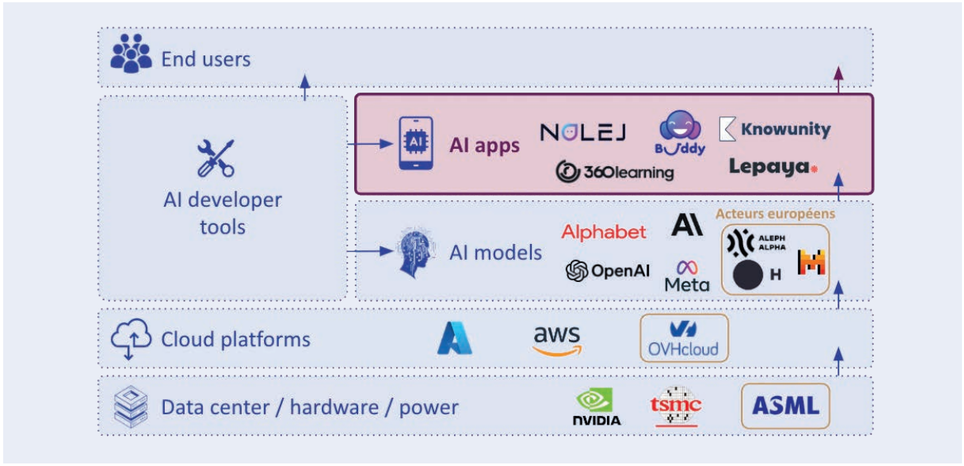
L'approche de modèles généralistes a pris le devant de la scène depuis BERT en 2018. Néanmoins, la course aux méga-modèles (GPT-4o, Llama 3.1) pourrait s'essouffler par manque de données de qualité et à cause des coûts mirobolants de leur entraînement. Nous voyons donc beaucoup d'innovations se concentrer sur des modèles plus petits, ou plus rarement, spécialisés.

En mai 2024, **OpenAI a annoncé le lancement de ChatGPT Edu.** Les détails sont limités mais il s'agit a priori davantage d'une offre commerciale ciblant les universités et reposant sur l'utilisation de ChatGPT avec des fonctionnalités additionnelles (sécurité, compliance, analytics) que d'une spécialisation des modèles OpenAI sur l'éducation.

Au même moment, **Google a annoncé LearnLM.** La société va deux étapes plus loin. Si elle repose toujours sur son modèle phare, Gemini, il s'agit d'une version « fine-tunée ». En d'autres termes, le modèle est ré-entraîné sur une quantité plus faible de données spécialisées (ici des cursus et une approche pédagogique). Cela reste cependant différent de modèles dédiés. A l'usage, LearnLM est en réalité un ensemble de fonctionnalités intégrées aux différents produits existants de Google : Search, Android, Youtube, etc.

Quelques start-ups ont annoncé développer des modèles d'IA spécialisés pour l'éducation, notamment Eureka Labs (par un co-fondateur d'OpenAI) et Merlyn Mind. Peu d'informations sont disponibles à ce stade et aucune n'indiquant des performances supérieures aux modèles généralistes.

L'émergence de modèles d'IA générative spécialisés en éducation est possible, nous n'avons pas encore de preuves qu'ils vont dépasser en qualité les modèles généralistes à court terme. Ce livre blanc se concentrera sur les **applications IA verticalisées** dans le monde de l'éducation et de la formation, car c'est là que les cas d'usage sont les plus nombreux et qu'ils s'insèrent dans les structures de marché existantes.



L'enjeu clé de la souveraineté

Aujourd'hui, les acteurs américains, comme Nvidia, le concepteur de puces performantes, valorisé à plus de 3 000 milliards de dollars (à fin Juillet 2024), dominent très largement la chaîne de valeur de l'IA.

AWS d'Amazon et Azure de Microsoft sont les leaders du marché du cloud. Le classement des modèles d'IA les plus précis répertorie 30 modèles, créés par douze entreprises. Parmi elles, la majorité sont américaines. L'Europe n'a que trois entreprises citées dans le classement, dont deux françaises et une allemande[3].

Comme dans d'autres secteurs tels que la santé ou la cybersécurité, **il est critique que l'Europe conserve une souveraineté, pour des raisons aussi bien économiques que politiques, face aux leaders américains et asiatiques.** La plupart des modèles d'IA étant fermés, c'est-à-dire que seul leur créateur a accès à leur fonctionnement, rien ne permet aux européens de se prémunir contre des interruptions de service en cas de conflit géopolitique ou contre la manipulation des résultats pour influencer des décisions ou l'opinion publique. C'est pourquoi il est essentiel de disposer d'alternatives européennes crédibles.

La Commission Européenne s'est emparée du sujet afin de nous prémunir collectivement contre les dérives les plus inacceptables. **L'AI Act est un choix politique essentiel pour préserver notre souveraineté commune et nos valeurs.**

L'Europe considère que l'IA pour l'éducation est un secteur stratégique qui doit être protégé. Pour le secteur de l'éducation, les bénéfices attendus sont nombreux : l'apprentissage personnalisé des outils pour le corps enseignant, la recherche et la productivité, l'automatisation des tâches les plus rébarbatives, l'accès à des ressources fiables et de grande qualité au moindre coût pour le plus grand nombre, etc.

Ces applications sont souvent conçues en collaboration avec la recherche en neuroscience, en linguistique, en sociologie et en psychologie, afin de mieux comprendre le phénomène d'apprentissage.

Cependant, des défis majeurs demeurent à l'école comme en entreprise : coûts, barrière à l'adoption, triche et véracité des réponses, prise en compte des besoins de tous les élèves, y compris celles et ceux en situation de handicap ou en difficulté scolaire, sécurité, fiabilité et protection des données, droits d'auteur, souveraineté et questions éthiques. Ces défis devront trouver une réponse afin de permettre d'exploiter au mieux l'IA dans l'apprentissage, une technologie, dont le potentiel, nous le verrons dans ce livre blanc, est immense.

[3] Commission de l'intelligence artificielle, IA : notre ambition pour la France, accessible ici (page 21).

L'IA générative semble ouvrir la voie à ce que le World Economic Forum a appelé : l'éducation 4.0

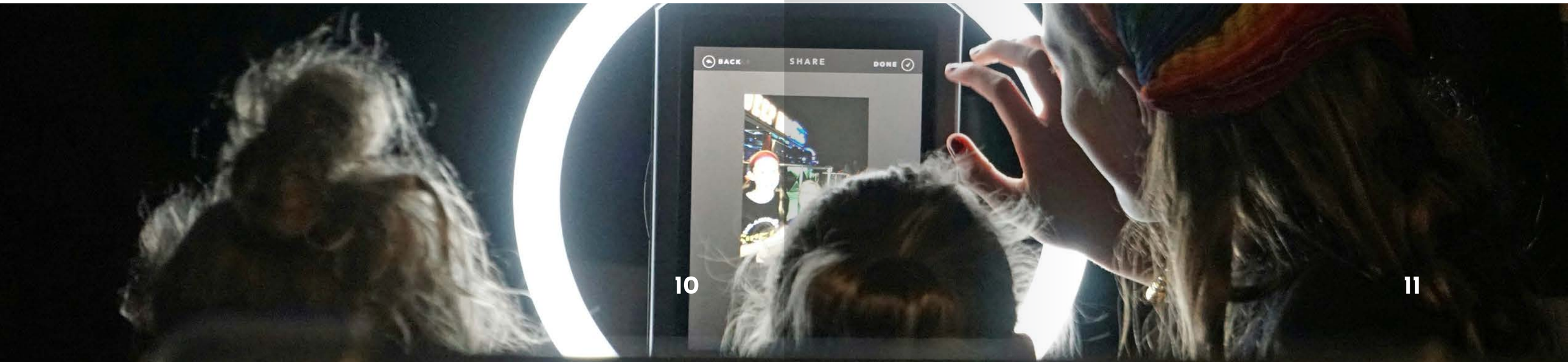
1. l'IA et la révolution de l'apprentissage

Les possibilités ouvertes par la révolution technologique de l'IA, y compris, mais pas seulement, générative, ont fait l'objet d'une attention accrue sur les trois dernières années.

Certes, les progrès accomplis par l'IA générative affecteront l'ensemble des secteurs d'activité, des médias à l'industrie bancaire. Mais l'éducation est l'un des principaux domaines d'innovation en matière d'intelligence artificielle, et ce depuis la naissance de cette technologie dans les années 1960-70. Comme le fait remarquer Douroudi [2023], ses pères fondateurs (dont Marvin Minsky, Seymour Papert), **puisant dans les sciences cognitives, y ont vu l'une de ses applications les plus fondamentales.**

Quelque cinquante années plus tard, et à mesure que la loi de Moore ne cesse de se vérifier empiriquement, une nouvelle limite théorique ou applicative supposée de l'intelligence artificielle est dépassée chaque semaine. Etienne Genvrin d'Edailabs le souligne dans ces pages, *« les progrès sont tellement rapides que les prévisions d'aujourd'hui ne seront plus valables dans 6 mois »*.

Les conséquences sur l'éducation se multiplient et s'étendent sur toute la **chaîne de valeur éducative,** aussi bien sur le plan pédagogique qu'administratif. **L'IA générative semble ouvrir la voie à ce que le World Economic Forum a appelé « l'éducation 4.0 »**[4]. Quelles en sont ces modalités ?



1.1. Trois paradigmes : quelle place pour l'IA dans le processus éducatif ?

La contribution et l'apport de l'IA en matière d'apprentissage, de transmission pédagogique, ou encore de correction des inégalités scolaires dépendent en premier lieu du rôle que l'on veut bien lui accorder, ou, plus exactement, du paradigme dans lequel celle-ci s'insère et est pensée ou développée. A rôle différent, apport différent, en somme. Dans un article de 2021, Fan Ouyang et Pengheng Jiao en proposent trois. Le premier d'entre eux, **le paradigme « AI-directed[6] »** puise dans le behaviorisme pour accorder à l'IA un rôle particulièrement fort dans la construction du parcours d'apprentissage. L'élève ou l'apprenant devient ainsi un récipient d'un ensemble de contenus et d'examens pensés et organisés, de manière logique, par l'IA. **Le paradigme « AI-supported[7] »** envisage une relation collaborative de l'apprenant et de l'intelligence artificielle[8], cette dernière se nourrissant des données d'apprentissage de celui-ci afin de personnaliser, d'adapter et d'affiner son parcours pédagogique. Enfin **le paradigme « AI-empowered »** voit dans l'IA un outil dont le déploiement repose principalement sur l'apport de l'apprenant, celle-ci venant *augmenter l'intelligence humaine*, c'est-à-dire lui permettant de faire plus avec autant ou moins de moyens.

AIED, un pan de la recherche interdisciplinaire sur l'IA dans l'éducation

L'IAED (Intelligence Artificielle en Éducation) est née dans les années 1970 avec les travaux de Jaime Carbonell qui a développé le système SCHOLAR. Elle a été popularisée dans les années 2000 par les scientifiques Geoff Cumming et Anne McDougall qui ont souligné l'importance de l'intégration des fondements pédagogiques dans la recherche d'application de l'intelligence artificielle à l'éducation. L'IAED est née de la convergence entre la recherche en IA, l'éducation et la psychologie, visant à informer par la recherche scientifique l'intégration de l'intelligence artificielle dans les dispositifs pédagogiques.

[4] Word Economic Forum, 2023

[5] Fan Ouyang et Pengheng Jiao, "Artificial intelligence in education: The three paradigms", Computers and Education: Artificial Intelligence 2 (2021) 100020

[6] Ou, en français, « dirigé par l'IA »

[7] Ou, en français, « soutenu par l'IA »

[8] S'inspirant donc du constructivisme, selon lequel l'apprentissage repose sur un rapport de réappropriation, c'est-à-dire de reconstruction des connaissances par l'apprenant, dans un contexte donné.

Paroles expertes



Jérôme Pesanti
Fondateur de Sizzle AI

Jérôme est une figure pionnière de l'intelligence artificielle. Diplômé de l'Ecole Normale Supérieure, titulaire d'un DEA de sciences cognitives, et d'un post-doc de Carnegie Mellon en IA, Jérôme a créé en 2000 sa première société en IA Vivisimo, qu'il revend à IBM et devient VP chez IBM Watson. Il a ensuite dirigé l'IA de Meta avant de créer Sizzle AI, dont l'objectif est de transformer l'apprentissage pour tous.

Pouvez-vous nous décrire votre parcours dans l'IA ?

J'ai démarré dans l'IA dès la fin des années 90. Après un DEA en sciences cognitives sous la supervision du Professeur Ganascia puis un post-doc à Carnegie Mellon, j'ai crée Vivisimo, qui faisait de l'analyse textuelle en IA pour la recherche en entreprise, que j'ai revendue à IBM, qui a vraiment été le premier à s'investir dans l'IA. J'ai développé chez IBM Watson les services cloud pour l'IA. J'ai ensuite rejoint BenovolentAI qui utilisait l'IA pour la recherche scientifique et la découverte de médicaments. J'ai ensuite rejoint Meta en 2018 pour diriger toutes les équipes IA et y développer leurs systèmes de recommandation.

En tant que VP AI de Meta, vous avez été témoin des différentes étapes de développement de l'IA ?

Les premiers développements ont été les modèles de recommandation pour la publicité dès 2016, puis les modèles de recommandation et de modération de contenu en 2019 ; c'est le début des modèles de langage. Mais la grande avancée a été réalisée par TikTok pour développer ses modèles de recommandation de vidéo. La force de TikTok a été de recueillir des millions de data points pour chaque individu.

Quelle est pour vous l'avancée majeure de la Generative IA et ses limites ?

La Generative IA amène une révolution par sa facilité d'usage où l'utilisateur n'a plus à chercher mais la machine lui répond. Cependant les limites sont fortes : l'IA générative n'est pas bonne à découvrir de nouvelles choses ; son espace des possibles, c'est le passé et elle ne peut résoudre un problème que si elle en a vu de similaire.

Vous êtes aujourd'hui à nouveau entrepreneur dans l'IA avec Sizzle AI, une start-up dans le domaine de l'éducation. Pourquoi ce choix ?

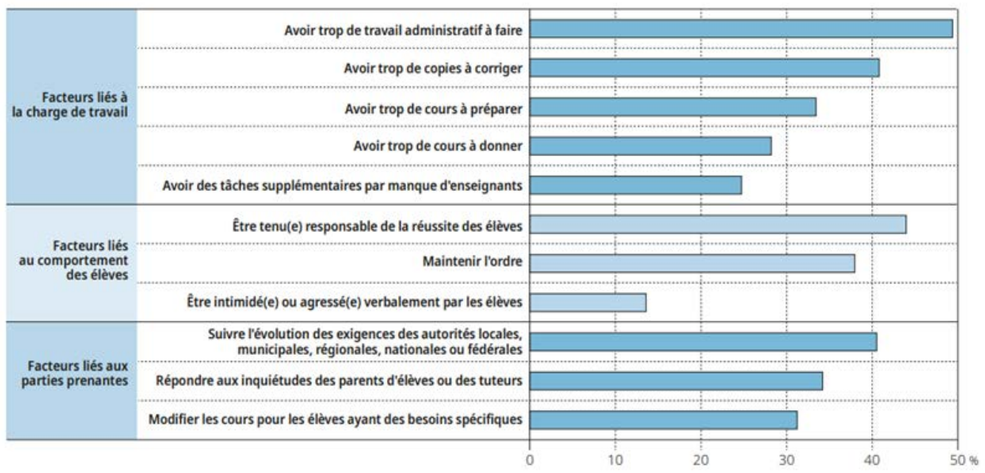
Je suis convaincu que l'éducation est l'un des domaines d'application dans lequel l'IA générative aura le plus d'impact. Tout d'abord, car c'est un outil très plébiscité par les étudiants : la majorité des utilisateurs d'Open AI sont des étudiants. Ensuite car l'IA générative permet de générer du contenu éducatif à grande échelle. Mais les modèles de Generative IA tels qu'Open AI ont de fortes limites. Ce sont des systèmes qui se basent sur une logique « pull », ils répondent à des questions et ne prennent pas en compte les capacités ou le niveau de compréhension de leurs utilisateurs : c'est le « one size fits all ». Avec Sizzle AI, nous voulons offrir la meilleure expérience d'apprentissage pour tous dans une logique « push » en proposant un parcours adapté à l'apprenant. Nous voulons comprendre comment il apprend, là où il bloque et lui proposer un parcours personnalisé, et cela pour toutes les matières, tous les niveaux et à tous les âges de la vie.

1.2 L'IA au service du professeur, de la création de contenu à la gestion administrative

Depuis plusieurs années, le débat public et la recherche scientifique mettent en évidence la dégradation continue et inquiétante de la qualité de vie au travail des professeurs et enseignants. Un consensus a émergé sur les dernières années, et notamment depuis la crise de la Covid19, selon lequel ces derniers sont en effet sous-payés, sous-équipés et en surcharge de travail. La dernière enquête TALIS de l'OCDE publiée en 2020 fait état d'un niveau de stress des professeurs de l'enseignement secondaire de près de 49% en moyenne dans les pays de l'OCDE. Il se tient à un niveau similaire dans l'enseignement primaire. Les causes sous-jacentes expliquant ce taux, qui, certes varie de manière infra-nationale et internationale de manière significative, sont particulièrement saisissantes. Le rapport de l'OCDE rapporte ainsi que le niveau de stress du corps enseignant est corrélé à 49% à une surcharge de travail administratif, à 33% à un excès de cours à préparer et à 41% à un nombre trop important de copies et devoirs à corriger. Dans l'ensemble ces contraintes à laquelle s'ajoutent des niveaux de rémunération souvent inférieurs à ceux de professions aux niveaux d'études équivalents ont pour conséquence une désaffection toujours plus marquée pour le métier d'enseignant. Le Rapport Eurydice de la Commission Européenne, de 2021, faisait état **d'un manque de professeurs dans 35% des 41 pays européens analysés.**

Graphique II.2.9 **Sources du stress des enseignants**

Pourcentage d'enseignants du premier cycle de l'enseignement secondaire stressés « dans une certaine mesure » ou « dans une grande mesure » par les facteurs suivants (moyenne OCDE-31)



Les indicateurs sont regroupés par type de facteurs et sont classés par ordre décroissant du pourcentage d'enseignants du premier cycle de l'enseignement secondaire « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec les facteurs de chaque groupe.

Source : OCDE, Base de données TALIS 2018, tableau II.2.43.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888934111531

[9] TALIS 2018, publiée en 2020 est accessible ici.

[10] Ibid, p.105, voir ici.

Paroles expertes



Libby Hills
Co-Lead, Learning Schools, Jacobs Foundation

Libby est co-responsable d'un portefeuille mondial d'investissements dans l'edtech à la Jacobs Foundation. Elle étudie les liens entre la technologie, la recherche et la pratique dans le domaine de l'éducation. Elle participe à des projets de recherche sur l'IA dans l'éducation et dirige un podcast sur l'IA appelé « Ed-Technical ». Libby travaille dans l'éducation depuis plus de 15 ans. Elle a notamment été enseignante dans le cadre du programme Teach First au Royaume-Uni, directrice technique d'un réseau d'écoles privées à prix abordables et membre du conseil d'administration de Lively Minds, une organisation caritative dans le domaine de l'éducation.

Quelles sont les avancées récentes les plus intéressantes dans le domaine de la recherche sur l'IA pour l'éducation ?

Je suis particulièrement enthousiasmée par certaines des nouvelles possibilités offertes par l'IA en matière d'évaluation, en particulier en ce qui concerne les évaluations dites à faible enjeu (c'est-à-dire les évaluations au niveau de la classe et non les examens). Je participe à des travaux de recherche visant à déterminer l'efficacité des grands modèles de langage et des modèles vocaux pour évaluer les réponses aux questions de compréhension simples qui sont essentielles dans l'enseignement. Nos résultats sont très prometteurs et montrent que les modèles les plus récents sont capables d'évaluer le travail avec autant de précision que les humains, mais beaucoup plus rapidement - ce qui est passionnant et pourrait constituer la base de nouveaux produits d'évaluation.

Quelles répercussions l'IA pourrait-elle avoir sur les méthodes d'enseignement traditionnelles et les expériences d'apprentissage des élèves ?

Un changement de comportement à grande échelle prend du temps dans les environnements complexes que sont les écoles primaires et secondaires. **Je ne pense pas que l'IA va transformer du jour au lendemain la façon dont les gens enseignent dans les écoles primaires et secondaires, mais va affecter combien de temps ils consacreront à l'enseignement.** Je pense que nous verrons moins d'enseignement traditionnel dirigé par l'enseignant à mesure que les options de l'IA pour le travail en autonomie des élèves deviendront plus attrayantes et plus efficaces. La personnalisation est souvent considérée comme une sorte de Saint-Graal pour les expériences d'apprentissage des élèves. Mais la personnalisation peut revêtir de nombreuses significations différentes, qui ne sont pas nécessairement toutes bonnes. Je comprends que l'IA puisse contribuer à un apprentissage fondé sur la maîtrise, mais je ne suis pas convaincue que l'hyperpersonnalisation, où chaque enfant bénéficie d'un parcours personnalisé, justifie le choix de la complexité.

Suite de l'interview en page 17

L'intelligence artificielle seule, ne résoudra pas l'ensemble des défis auxquels est confronté le corps professoral, mais son apport est indéniable et grandissant.

De la création de contenu pédagogique, à l'évaluation et la gestion des tâches administratives, l'intelligence artificielle introduite dans les edtechs devrait permettre d'améliorer l'allocation du temps des professeurs. Selon l'OCDE[11], les enseignants du secondaire consacrent seulement 44% de leur temps effectif à des tâches d'enseignement (contre 56%, à des « non-teaching tasks », qui s'étendent donc de la correction des copies à l'harmonisation des notes par exemple), là où le ratio temps passé à l'enseignement / temps passé à des tâches autres que l'enseignement, devrait en effet être l'inverse, tant on connaît le rôle essentiel que les professeurs ont dans la transmission pédagogique *per se*.

La liberté pédagogique des professeurs est essentielle. Pendant longtemps, les edtech d'outil-auteur de création de contenu pédagogique ou d'évaluation peinaient à faciliter leurs conditions d'enseignement tout en préservant cette liberté pédagogique. C'était le fait notamment du manque de diversité des formats pédagogiques des contenus pouvant être créés, mais aussi de la complexité, et de la nature statique et faiblement collaborative des outils.

La liberté pédagogique des professeurs est essentielle.

[11] OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), Education at a Glance 2020, 2020

Suite de l'interview de Libby Hills,
Co-Lead, Learning Schools, Jacobs Foundation

Dans quelle mesure les systèmes éducatifs actuels s'adaptent-ils à l'intégration des technologies de l'IA ?

L'adaptation est variable d'un système éducatif à l'autre. Certaines mesures audacieuses ont été prises au niveau des politiques publiques. Le gouvernement britannique vient d'annoncer un nouveau projet, l'un des premiers de cette nature, visant à créer des outils d'IA générative pour les écoles dans le cadre des efforts déployés pour réduire la charge de travail des enseignants. Le Baccalauréat international s'est prononcé très tôt en faveur de l'IA (à condition que les élèves l'utilisent de manière éthique et responsable). Toutefois, l'adaptation se fait généralement davantage au niveau de la salle de classe à l'heure actuelle. J'ai été assez surpris par les résultats d'enquêtes récentes menées auprès d'enseignants sur l'IA, l'une au Royaume-Uni (menée par Teacher Tapp) et l'autre aux États-Unis (menée par Impact Research). Les deux enquêtes ont révélé des niveaux élevés d'utilisation (et d'enthousiasme), ce qui suggère qu'il y a actuellement un nombre important d'expérimentations et d'adoptions menées par les enseignants.

Pouvez-vous nous citer des exemples de mise en oeuvre réussie de l'IA dans le domaine de l'éducation qui ont eu un impact positif significatif ?

Si nous pensons spécifiquement à l'IA générative, il n'y a pas encore beaucoup d'exemples qui s'appuient sur des preuves solides (c'est-à-dire une étude ou une évaluation) prouvant qu'ils ont eu un impact positif dans un contexte réel. Ce n'est pas surprenant, car la technologie est encore naissante. Une étude publiée cette année a montré qu'un tuteur de mathématiques alimenté par l'IA avait un effet positif sur l'apprentissage. Une deuxième étude récente a également fait preuve de prudence. Elle s'est penchée sur les effets de l'utilisation par les étudiants d'un ChatGPT standard pour l'aide à l'étude et a constaté des effets négatifs sur l'apprentissage, les étudiants l'utilisant simplement comme une sorte d'aide pour trouver les réponses. L'IA a donc le potentiel de favoriser les gains d'apprentissage, mais il est important de la concevoir avec soin pour s'assurer que les produits soutiennent l'apprentissage au lieu de l'entraver.

Quels sont les domaines de l'IA dans l'éducation qui, selon vous, doivent faire l'objet de recherches plus approfondies et pourquoi ? Y a-t-il des sujets sous-explorés ou des domaines émergents que vous trouvez particulièrement prometteurs ?

Le gain de temps ! Nombreux sont ceux qui pensent que les produits basés sur l'IA permettront aux enseignants de gagner du temps. Cela semble logique, mais il pourrait y avoir de nombreux impacts inattendus qui rendent la recherche plus utile. Contre toute attente, l'utilisation d'un produit d'IA pourrait avoir un effet négatif sur la charge de travail globale, voire l'augmenter. Par exemple, il pourrait permettre à un enseignant de gagner du temps sur une tâche (écrire des courriels aux parents), mais créer de nouvelles tâches (rapports supplémentaires). Un produit pourrait également automatiser des tâches qu'un enseignant aime faire ou qu'il est important pour lui de faire manuellement, comme toutes les étapes de la planification d'un cours, ce qui pourrait alors entraîner une démotivation et des problèmes de fidélisation des enseignants.

Les progrès de l'IA générative ont permis de changer de paradigme.

Nolej permet ainsi aux professeurs d'extraire du contenu d'enseignement, qui est traité par l'IA, et de générer des activités à utiliser en classe. Comme le fait remarquer Nejma Belkhdim, cofondatrice de Nolej, « l'outil permet d'accomplir en quelques minutes ce qu'ils mettraient dix heures à développer sans », tout en accordant la part belle à la « créativité pédagogique (…) qu'ils ne se permettent pas toujours par manque de temps. Nolej leur permet de mettre ce qu'ils avaient imaginé en place sans surcharge de travail ». Sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'évaluation qui s'étend donc de la création d'examens et exercices au proctoring, en passant par la détection du plagiat et la génération de retours personnalisés pour les élèves, l'intelligence artificielle générative joue un rôle grandissant de co-pilote.

Les produits reposent maintenant sur des LLM optimisés, fine-tunés (c'est-à-dire pré-entraînés), capables de corriger des exercices rédigés par des élèves (y compris à la main, par reconnaissance optique de caractères, ou OCR augmentée par l'IA générative) de manière quasiment similaire à celle d'un professeur. C'est la conclusion de l'article de recherche de Henkel, Hills et al. (2024), qui démontre que GPT-4 est aujourd'hui à même de corriger des questions ouvertes, avec un niveau d'efficacité similaire à celle d'un expert de correction professionnel (voir infra pour l'interview d'une co-autrice de l'article).

> La correction automatique ou augmentée par l'intelligence artificielle, tout comme la génération de contenu pédagogique, n'en sont qu'à leurs débuts, mais leur potentiel est immense.

Paroles expertes



Nejma Belkhdim
cofondatrice et CEO, Nolej

Nejma a une formation avancée en sciences cognitives. Après des rôles chez Facebook et comme professeure à l'Université Paris Nanterre, elle a co-fondé NOLEJ avec Philippe Decottignies. Grâce à l'IA, NOLEJ accélère la création de contenus pédagogiques plus adaptés pour les enseignants et les élèves.

Une start-up du portefeuille Educapital

Avec Nolej, vous souhaitez transformer l'expérience de l'apprentissage, comment vous y prenez-vous ?

Notre outil permet à partir d'un contenu source de générer une dizaine d'activités pédagogiques en trois étapes :

- l'extraction du contenu traité par l'IA afin d'identifier les éléments clés
- la génération de questions, de vrais-faux, de questionnaires à choix uniques, de glossaires, définitions, résumés
- la génération des activités elles-mêmes avec la mise en forme des activités prêtes à être utilisées en classe.

Quelle est la valeur ajoutée pour les enseignants ?

L'outil permet aux enseignants d'accomplir en quelques minutes ce qu'ils mettraient dix heures à développer sans. On parle beaucoup d'enseignement explicite, d'anticipation, de classe inversée. La créativité pédagogique, c'est une envie chez beaucoup d'enseignantes et d'enseignants, qu'ils ne se permettent pas toujours par manque de temps. Nolej leur permet de mettre ce qu'ils avaient imaginé en place sans surcharge de travail et surtout en gardant le contrôle.

Pouvez-vous nous donner un exemple d'application pour les enseignants ?

Les enseignants peuvent utiliser Nolej pour préparer les élèves aux évaluations. L'enseignant injecte par exemple son cours sur lequel portera l'évaluation, au format PDF dans Nolej. Il va obtenir des flashcards et des quizz. Ces flashcards permettent de s'auto-évaluer. C'est extrêmement efficace d'un point de vue de l'apprentissage. En arrivant en classe, l'enseignant prend 15 minutes et demande aux élèves de se mettre en binôme et de travailler sur les flashcards. Cela favorise l'engagement, les interactions sociales, et la métacognition. Cette méthode rend l'apprentissage plus ludique et interactif.

Au-delà de l'offre que vous proposez actuellement, comment l'IA peut aider le secteur de l'éducation et de la formation ? Que prévoyez-vous de faire à l'avenir sur ce sujet ?

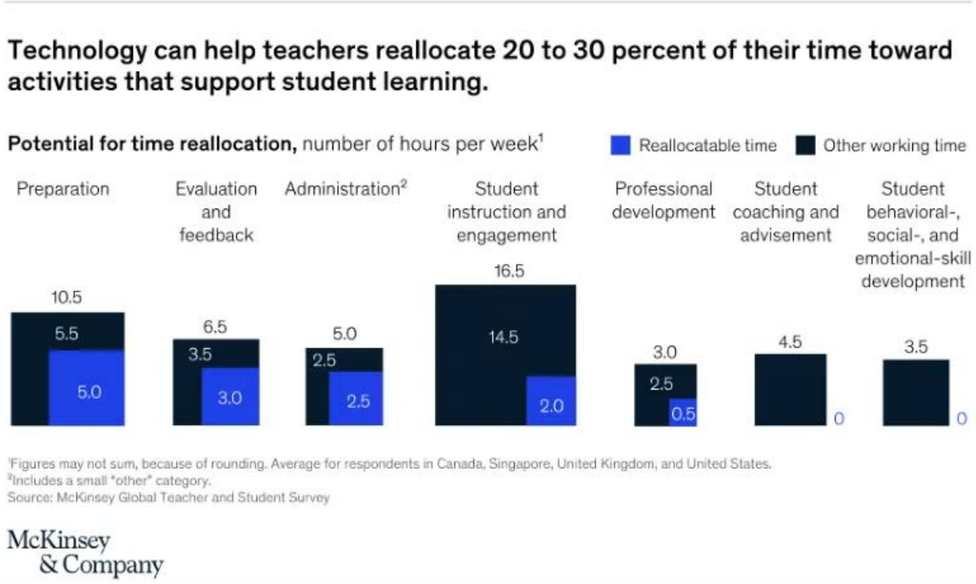
Dans la deuxième version du produit, l'enseignant pourra intégrer plusieurs contenus et les objectifs pédagogiques. Les activités seront plus nombreuses et diversifiées. On pourra également interagir avec le contenu pour le décomplexifier par exemple.
Mais surtout, on pourra se plugger à n'importe quel modèle, à partir de n'importe quel serveur. C'est important pour des questions de souveraineté mais aussi pour des questions de performances.

La question de la souveraineté est importante pour une solution éducative comme la vôtre ?

Ça a toujours été une volonté de notre part. On a attendu de lever les fonds pour avoir l'espace et les ressources pour pouvoir recruter une équipe. Nous travaillons avec l'Éducation Nationale mais l'outil est utilisable dans différentes industries. Certains clients souhaitent travailler avec des modèles français. On pourra ainsi assurer le respect des données selon les règles françaises et les contraintes européennes.
La sortie de la version 2 est prévue en septembre 2024.

Ils deviendront des assistants des professeurs, des « teacher multipliers »[14].

Ils permettront, à ratio élève/professeurs iso, d'améliorer leurs conditions de travail, de réallouer jusqu'à 20 ou 30% de leur temps vers des tâches pour lesquels les professeurs sont irremplaçables (accompagnement, mentorat et soutien des élèves, explications de notions complexes, temps passé aux côtés des élèves), améliorant du même coup la qualité de l'enseignement[15]. Certains, comme Etienne Genvrin d'Edailabs, anticipent qu'à long terme, l'IA pourrait faire aussi bien que le professeur en enseignement, mais que **l'école a par ailleurs bien d'autres fonctions : sociales, culturelles, et qu'elle ne disparaîtra donc jamais.** Dans le même temps, Libby Hills, co-lead Learning School à la Jacobs Foundation, dans ces pages, fait remarquer que l'IA ne transformera peut-être pas tant la manière dont les enseignants dispenseront leurs cours, mais va affecter **le temps consacré à l'enseignement, occasionnant cette nécessaire réallocation du temps des enseignants, à condition que les produits edtech d'IA** destinés aux enseignants, n'entraînent pas une démotivation supplémentaire en automatisant « des tâches qu'un enseignant aime faire ou qu'il est important pour lui de faire manuellement » .



[14] Educapital, AI-enabled Assessment & Grading Landscape, accessible ici.
[15] Educapital, AI-enabled Assessment & Grading Landscape, accessible ici.

1.3 Les promesses de *l'adaptive learning* enfin tenues ? La personnalisation à l'ère de l'IA générative

L'*adaptive learning*, ou apprentissage adaptatif, est un serpent de mer de l'edtech, depuis les années 2000-2010. Simplement dit, l'*adaptive learning* repose, comme son nom l'indique, sur une **adaptation du contenu au niveau, profil et style pédagogique de l'apprenant.** En d'autres termes, l'*adaptive learning* puise dans la collecte et la mobilisation des données d'apprentissage pour personnaliser en profondeur le parcours de l'apprenant, en fonction donc de son niveau, de l'état de ses connaissances mais aussi de facteurs complémentaires, parfois plus intangibles en apparence, comme son style d'apprentissage ou ses préférences personnelles.

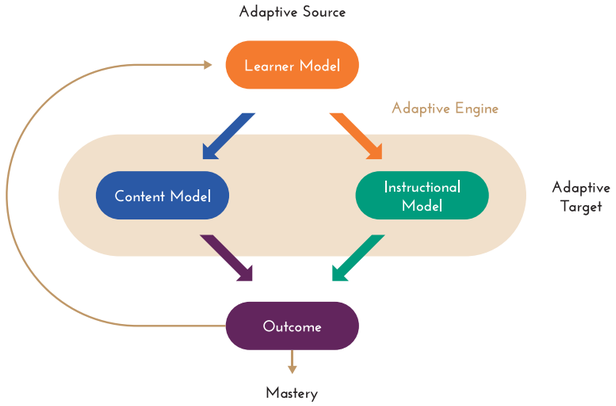
La littérature scientifique sur la question est abondante (Kerr, 2016[16] ; Dziuban et al. 2016[17] ; Martin, Chen et al. 2020[18] ou Muñoz, Ojeda et al. 2022[19] par exemple), et, on le comprend aisément, l'attrait de la communauté des enseignants, des edtech et des pédagogues pour l'adaptive learning n'a jamais faibli. Ses promesses sont en effet nombreuses, et pour toutes les parties de la communauté pédagogique.

Pour l'apprenant d'abord, **l'*adaptive learning* permet de personnaliser le parcours d'apprentissage** puisque les progrès des neurosciences nous ont appris que chacun apprenait et retenait de manière différente. Une telle personnalisation **améliore l'engagement des apprenants et permet donc d'anticiper un éventuel décrochage.** L'*adaptive learning* permet, au niveau individuel comme collectif, de lutter contre les inégalités scolaires. D'un point de vue théorique, ce dernier permet de penser ces dernières à l'aune de ce que Amartya Sen a appelé les « capabilités »[20] : l'*adaptive learning* rend possible l'aménagement des parcours d'apprentissage afin que chacun puisse, en théorie et effectivement, disposer des ressources pédagogiques adaptées à sa progression.

Pour **l'enseignant** ensuite, les solutions edtech reposant sur l'*adaptive learning*, lui permettent de gérer avec plus de facilité sa classe, sans devoir sacrifier un élève au profit d'un autre. Elles peuvent du même coup **lui accorder une plus grande liberté pédagogique, tout en facilitant l'individualisation des retours.** Du point de vue des politiques publiques, dans un environnement mondial de contrainte budgétaire, l'*adaptive learning* permet, à ressources constantes d'améliorer la qualité de l'enseignement, les performances scolaires, en baisse dans l'immense majorité des pays de l'OCDE selon le dernier rapport PISA, et du même coup de lutter là encore contre le décrochage scolaire dont on sait qu'il affecte aussi bien les trajectoires individuelles que le budget des états.

[16] Kerr P (2016) Adaptive learning. ELT J 70(1):88–93 accessible ici
[17] Dziuban CD, Moskal PD, Cassisi J, Fawcett A (2016) Adaptive learning in psychology: wayfnding in the digital age. Online Learn 20(3):74–96
[18] Martin, F., Chen, Y., Moore, R. L., & Westine, C. D. (2020). Systematic review of adaptive learning research designs, context, strategies, and technologies from 2009 to 2018. Educational Technology Research and Development 68,1903–1929, accessible ici.
[19] Muñoz, Jorge Leoncio Rivera, Ojeda, Federico Moscoso, Jurado, Dina Lizbeth Aparicio et al. / Systematic Review of Adaptive Learning Technology for Learning in Higher Education. In: Eurasian Journal of Educational Research. 2022 ; Vol. 2022, No. 98. pp. 221-233.
[20] Dans *L'idée de Justice et dans Ethique et économie*¸ Amartya Sen aborde la question de l'inégalité sous l'angle non pas ce qui en droit, ou théoriquement serait accessible à tous, mais ce qui l'est *effectivement*. C'est sous l'angle des capabilités, c'est-à-dire, de ce que les individus, effectivement sont en mesure d'accomplir, sans barrières légales, sociales, monétaires, que doit être pensée la lutte contre l'inégalité.

L'apprentissage adaptatif n'a néanmoins jamais vraiment été à la hauteur des espoirs placés en lui. Comment l'expliquer ? Par la complexité de ce qu'il requiert pour être efficace[21].



Les points d'achoppement sont nombreux : le choix du modèle pédagogique sous-jacent (niveau de gamification par exemple, mais plus généralement tout ce qui relève de la manière dont le modèle enseignera ce qui doit être enseigné à l'élève), la manière d'opérer le positionnement de l'élève (le learner model, c'est-à-dire l'évaluation de son niveau, ses préférences en matière de pédagogie, la dimension motivationnelle, etc.), la nature et le modèle de contenu (dynamique à la manière d'une cartographie ou statique, nature des formats, etc.) et enfin la technologie d'intelligence artificielle mobilisée. **L'émergence de l'intelligence artificielle générative fait désormais de cet espoir une réalité atteignable.**

Pour Jérôme Pesenti, figure pionnière de l'intelligence artificielle, ancien vice-président de l'IA chez Meta, aujourd'hui fondateur de Sizzle.ai, dont l'ambition est d'offrir à tous la meilleure expérience d'apprentissage possible, **les promesses de l'adaptive learning peuvent enfin être tenues.** A la différence des modèles de LLM généralistes type Open IA qui sont dans une logique « *pull* », de réponse à des questions dans un mode « *one size fits all* », Sizzle.ai qui développe une app éducative utilisant l'IA, s'est construit sur une logique *push*, en récoltant des milliers de points de données sur un individu, qui comprend comment il apprend, là où il bloque et **permet de proposer à chaque apprenant un parcours totalement personnalisé.**

Axelle Ziegler d'EvidenceB explique ainsi le rôle que jouent les LLM et l'IA en général dans l'accompagnement des enseignements et des élèves: « Les LLM (modèles de langage) sont excellents pour générer plusieurs versions d'un même exercice et des "questions curieuses" pour stimuler la réflexion des élèves. (...) Nous développons également des moteurs d'IA pour analyser les résultats des étudiants et identifier les difficultés communes. » Plus généralement, EvidenceB **adapte les exercices au niveau de l'élève, dans les matières fondamentales** et l'IA permet « une personnalisation continue des activités pour chaque élève, adaptant la difficulté des exercices pour répondre au besoin de chacun, en temps réel, pour maintenir la motivation et renforcer l'estime de soi ».

[21] Martin, F., Chen, Y., Moore, R. L., & Westine, C. D. (2020). Systematic review of adaptive learning research designs, context, strategies, and technologies from 2009 to 2018. Educational Technology Research and Development 68,1903–1929, accessible ici.

Paroles expertes



Axelle Ziegler
CPTO chez EvidenceB

> **Passionnée d'informatique et d'éducation, Axelle Ziegler a construit sa carrière autour des enjeux de la technologie dans le monde éducatif à des postes techniques, après avoir fait de la recherche.**
> **Evidence B développe de nouveaux modules d'apprentissage adaptatifs et différenciés grâce à l'IA et aux sciences cognitives.**

Une start-up du portefeuille Educapital

Quel rôle jouent les modules proposés par EvidenceB ?

Les modules d'EvidenceB permettent aux élèves de maîtriser certains mécanismes cognitifs de base, que ce soit en ce qui concerne le calcul ("numeracy") ou l'écrit et le langage ("literacy") sans quoi ils seront bloqués pour la suite. En maths par exemple, il y a une perception intuitive de ce que c'est qu'un nombre, de ce que c'est qu'une opération... Ce n'est pas qu'une question technique de mathématiques, mais plutôt une capacité à construire une abstraction.

Comment l'IA contribue-t-elle à prévenir le décrochage scolaire ?

L'IA permet une personnalisation continue des activités pour chaque élève, adaptant la difficulté des exercices pour répondre au besoin de chacun, en temps réel, pour maintenir la motivation et renforcer l'estime de soi. On travaille sur la motivation intrinsèque de l'élève pour qu'il y prenne du plaisir. Dans le décrochage, c'est cette motivation qui disparaît. Cela permet aux enseignants de gérer efficacement différents groupes d'élèves en même temps, ce qui serait impossible manuellement dans une classe de 33 élèves.

Quelle est la principale barrière à l'adoption ? Comment y remédier ?

La première barrière est le fonctionnement de la solution sur le matériel et la connexion de l'établissement. Notre solution fonctionne avec des connexions très dégradées. La simplicité d'utilisation est cruciale. Les professeurs ne doivent pas passer une demi-heure de préparation pour une heure d'activité.
Il est également fondamental pour une entreprise edtech de participer à la formation et à l'accompagnement des enseignants à l'utilisation des solutions, en s'associant, comme nous le faisons par exemple avec le Café Pédagogique ou avec nos ambassadeurs, aux enseignants eux-mêmes.

Comment l'intelligence artificielle aide les enseignants ou les formateurs ?

L'intelligence artificielle a souvent été réduite à ChatGPT. Les modèles de langage (LLM) sont excellents pour générer des versions d'exercices, mais limités. Chez EvidenceB, nous développons des modèles d'IA pour analyser les résultats des élèves et identifier les difficultés communes, et fournir ces observations aux enseignants. L'IA excelle à identifier des patterns, mieux que les humains.

Quelles considérations éthiques pour le déploiement de solutions d'IA ?

L'éducation est un domaine dans lequel les implications gouvernementales sont fortes. Il faut pouvoir gérer des instances locales et utiliser des données strictement non personnelles. Par éthique, nous veillons à ce que les données soient uniquement brutes. Nous refusons de passer par Amazon ou Google pour respecter cette exigence et travaillons avec des fournisseurs locaux. C'est essentiel pour répondre aux demandes internationales et aux réglementations locales.

Pour autant, la personnalisation n'est pas nécessairement l'unique chemin pédagogique possible.

Libby Hills remarque ainsi que là où l'IA permet ainsi de faciliter le *mastery-based learning* (la pédagogie fondée sur la maîtrise des apprentissages), l'hyperpersonnalisation crée parfois une complexité supplémentaire quand celle-ci ne sert pas un objectif pédagogique pertinent.

1.4 L'émergence des Tuteurs IA

A la maison et pour l'apprentissage en autonomie (*self-directed learning*) ensuite, l'IA joue déjà un rôle majeur. L'IA générative est en train de faire naître les **tuteurs IA.** Comme l'explique Benedict Kurz, cette dernière démocratise l'accès à une éducation de qualité en rendant le tutorat accessible à un plus grand nombre d'élèves, y compris ceux qui ne pouvaient pas se permettre des cours particuliers traditionnels. Cela nécessite un **assemblage technologique sophistiqué.** Le tuteur de la start-up Knowunity par exemple « s'appuie sur des modèles de langage de pointe (LLM) et des modèles d'apprentissage automatique (ML) optimisés, une architecture de routage de prompts construite sur mesure, des milliards de points de données propriétaires sur le comportement et les interactions des utilisateurs, ainsi que sur des contenus créés par notre communauté pour guider les élèves vers leur objectif souhaité ».

Cette technologie est, nous le voyons, mise au service d'un objectif pédagogique clairement identifié. Il ne s'agit pas pour le tuteur IA d'être une machine à réponses, mais au contraire de **permettre aux élèves de progresser, d'être guidé dans leur apprentissage par un avatar personnalisé.** Cette approche engage les élèves en rendant l'apprentissage non seulement plus efficace, mais aussi amusant et motivant, créant ainsi un environnement dynamique et interactif, comme le fait un tuteur humain.

Paroles expertes



Benedict Kurz
co-fondateur et CEO, Knowunity

> Benedict a créé, alors qu'il était encore étudiant, le réseau social de référence pour l'éducation. En s'inspirant des réseaux sociaux et à l'aide de l'intelligence artificielle, Knowunity réconcilie aujourd'hui plus de 14 millions d'élèves avec l'école et les devoirs, dans 10 pays. Knowunity a levé plus de 20M$ et est l'une des startups Edtech en plus forte croissance.

Une start-up du portefeuille Educapital

Pourriez-vous nous expliquer comment fonctionne votre tuteur AI ?

Notre tuteur AI s'appuie sur des modèles de langage de pointe (LLM) et des modèles d'apprentissage automatique (ML) optimisés, une architecture de routage de prompts construite sur mesure, des milliards de points de données propriétaires sur le comportement et les interactions des utilisateurs, ainsi que sur des contenus créés par notre communauté pour guider les élèves vers leur objectif souhaité. Nous ne nous contentons pas de répondre aux questions, mais nous guidons les élèves dans leur apprentissage avec des plans de formation personnalisés et un avatar « amical », remplaçant le tutorat traditionnel par plusieurs sessions motivantes par semaine.

Qui sont vos utilisateurs ? Quel rôle joue le tuteur AI dans le parcours utilisateur ?

Ce sont des élèves du secondaire en Europe, aux États-Unis et désormais en Amérique latine. Les étudiants peuvent discuter avec un compagnon AI facile à utiliser tout au long de leur expérience sur l'application, à tout moment. Lorsque les étudiants préparent un examen ou ont besoin de conseils détaillés, notre tuteur AI propose différents types de sessions automatisées et les conduit vers les notes souhaitées sur un parcours d'apprentissage à long terme, basé sur leur compréhension de certains sujets, tout en les motivant véritablement à apprendre de manière ludique.

Quel rôle le tuteur AI jouera-t-il dans l'écosystème d'apprentissage ? Pensez-vous qu'il remplacera le tutorat traditionnel ?

Si les tuteurs humains de qualité resteront utiles, la majorité du marché s'orientera vers le tutorat par l'IA, permettant ainsi à ceux qui n'ont pas les moyens de s'offrir du tutorat d'y accéder et créant enfin un mode de tutorat avec lequel les élèves aiment vraiment interagir et qui n'est pas imposé par leurs parents.

Quelles sont les capacités des tuteurs AI aujourd'hui et quelles sont leurs limites ?

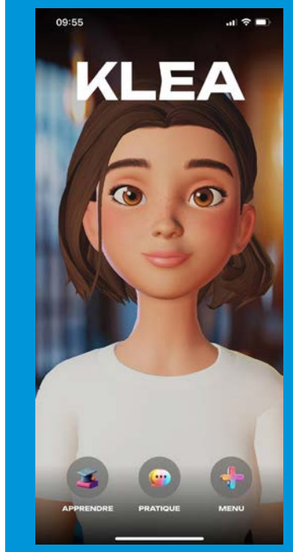
Les tuteurs AI peuvent déjà personnaliser l'apprentissage grâce à des parcours adaptatifs, des retours immédiats, et une disponibilité 24/7 dans plusieurs langues et matières. Cependant, ils ne peuvent pas encore reproduire complètement la compréhension et l'empathie des tuteurs humains, ce qui deviendra possible à l'avenir avec l'intégration de davantage de données dans les tuteurs AI.

Quels sont vos objectifs avec votre solution et comment mesurez-vous l'impact sur l'apprentissage ?

Notre objectif est de démocratiser l'éducation de haute qualité en devenant le compagnon d'apprentissage quotidien basé sur l'IA pour plus d'un milliard d'étudiants dans le monde. Nous mesurons l'impact à travers les métriques d'engagement des utilisateurs, les retours des étudiants et des parents avec le nouveau produit de tutorat. Nous prévoyons de mener un test de résultats d'apprentissage avec un groupe d'étudiants utilisant le tuteur AI, alors que plus de 80 % de nos utilisateurs ont déclaré que Knowunity améliorait leurs notes.

L'émergence des avatars IA, notamment sur les deux dernières années, a donné corps à ces modèles de tutorat par IA. Comme Knowunity, Edailabs a développé un avatar, modélisé sur l'esthétique des films d'animation pour permettre à chaque apprenant de bénéficier d'un personnage lui enseignant les langues. Les nouveaux tuteurs IA vont bien au-delà de la simple personnalisation d'exercices. Ils permettent une interaction fluide et naturelle, semblable à celle que l'on aurait avec un professeur, plutôt qu'une série statique d'exercices scolaires. Grâce à l'intelligence artificielle générative, le contenu dispensé est ajusté en temps réel en fonction des besoins spécifiques de l'élève. Ce tutorat intelligent permet de corriger simultanément plusieurs dimensions, avec précision - le vocabulaire, la grammaire et la prononciation dans l'apprentissage des langues pour Edailabs par exemple.

L'essor des avatars IA



Les avatars IA ont connu sur les deux dernières années un essor considérable. Ces bots reproduisent le comportement, l'interaction et dans certains cas l'apparence humaine. Les chatbots IA ont fait leur apparition dès les années 1960 et 1970, avec des modèles simples comme ELIZA. A la fin des années 1990 et au début des années 2000, le concept a fortement évolué grâce au développement de mondes virtuels comme Second Life où les modèles d'IA, dotés d'avatars, simulaient des conversations simples. Aujourd'hui, la construction de ces avatars s'est perfectionnée et atteint un niveau de sophistication impressionnant. Leur développement repose sur plusieures briques technologiques fonctionnant de concert :

- Les modèles de traitement du langage naturel (natural-language processing, NLP, dont les LLMs) qui permettent de comprendre le contexte, le sentiment et de générer des réponses pertinentes.
- La synthèse et la reconnaissance vocale qui utilisent des modèles (comme Whisper) pour générer des voix naturelles et comprendre les entrées vocales.
- La computer vision qui utilise des algorithmes d'apprentissage profond comme les réseaux de neurones convolutifs (CNN), pour la reconnaissance des visages et des gestes, permettant aux avatars de simuler et émuler des expressions faciales et des mouvements corporels humains.

L'émergence à venir de modèles multi-modaux, comme GPT-4o, permettra de créer des avatars IA plus facilement et d'aller plus loin dans l'intégration de la compréhension des émotions, de la communication non verbale des utilisateurs.

Illustration : Klea, l'avatar et tuteur IA d'Edailabs

Paroles expertes



Etienne Genvrin
fondateur et CEO, Edailabs

Passionné par l'apprentissage des langues, Etienne en parle 8. Il a créé en 2015 Speekoo, application mobile dédiée au sujet, téléchargée par des millions d'utilisateurs. Avec Edailabs, il réinvente la formule en s'appuyant sur un tuteur IA matérialisé par un avatar, pour un apprentissage plus naturel par la pratique.

Comment fonctionne Klea ?

Nous avons voulu comprendre comment un professeur réfléchit. Construire une IA requiert beaucoup de structure. Nous avons donc extrait celle d'un cours traditionnel, de grammaire par exemple, et décomposé nos leçons en unités logiques. L'objectif est de reprendre les bonnes pratiques de l'apprentissage et de les transcrire afin que notre tuteur puisse les respecter.

Qui sont vos utilisateurs ?

De par notre mission, tous ceux qui sont en milieu scolaire mais aussi les adultes qui veulent se perfectionner.

Quel sera le rôle du tuteur IA au sein du système éducatif ?

J'envisage un monde qui ressemble à celui d'aujourd'hui, mais où L'IA est une option supplémentaire d'apprentissage. L'école a bien d'autres fonctions que le pur apprentissage, un rôle social, culturel. Elle ne disparaîtra jamais.

Et par rapport à des app éducatives existantes comme Duolingo ou Chegg, quelle est la valeur ajoutée ?

Elles sont aujourd'hui limitées à un rôle complémentaire aux leçons orales traditionnelles, car on est contraints par des apps et des clics. C'est ce formal naturel et oral sur lequel toute l'innovation pédagogique s'est concentrée depuis le début de l'école que les tuteurs IA peuvent répliquer. Ils seront donc bien plus puissants car le format est plus exhaustif.

Quelles sont les limites des tuteurs IA ?

Les progrès sont tellement rapides dans ce domaine que la réponse d'aujourd'hui ne sera probablement plus valable dans 6 mois. Actuellement, l'IA est confrontée à trois problèmes principaux : la mémoire, l'émotionnalité et le multi-modal. Ne pas avoir accès à de la mémoire long terme nous force à nous cantonner à des leçons de petites tailles et distinctes des unes des autres. Ne pas avoir accès aux émotions nous oblige à rester neutre dans la manière d'enseigner. Et pour finir ne pas pouvoir s'appuyer sur de véritables systèmes multi-modaux nous fait perdre beaucoup de méta-informations sur ce que dit l'utilisateur, notamment son accent et son intention. Les nouveaux modèles multi-modaux comme GPT-4o permettront de faire avancer les choses.

Et dans 5 ans ?

Je pense que les IAs auront résolu ces trois problèmes et qu'elles deviendront par là même plus efficaces que les tuteurs humains. Cependant, ce différentiel d'efficacité ne sera probablement pas encore suffisant pour se passer de l'humain qui remplit finalement d'autres fonctions, principalement sociales. L'apprentissage en présentiel restera toujours une solution préférée par beaucoup. Il faudra probablement attendre plusieurs générations pour que l'IA remplace l'homme sur ces sujets. D'autant plus qu'il sera toujours plus difficile de s'appliquer face à une IA que face à un vrai professeur.

Les avatars d'IA fonctionnent en intégrant des algorithmes avancés d'apprentissage automatique, leur permettant de simuler des conversations et de s'adapter aux réponses des utilisateurs. Mais le chemin est encore long comme le fait remarquer Etienne Genvrin d'Edailabs : « les principaux challenges des tuteurs IA aujourd'hui sont leur manque de mémoire long terme, d'émotions et la perte d'information lors du traitement par les algorithmes. » Ce constat est partagé par Benedict Kurz de Knowunity, mais ils remarquent tous deux que l'évolution de la technologie est si rapide, **que ce qui n'est aujourd'hui peut-être pas possible, le sera probablement demain avec l'apport de davantage de données.**

Cette question en est une parmi d'autres, nombreuses, qui animent le débat : comment les élèves interagiront-ils avec des plateformes comme Knowunity ? Comment s'assurer que les tuteurs IA joueront bien le rôle de copilote pour les enseignants, sans accroître leur charge de travail comme le fait remarquer Libby Hills dans ces pages ? Comment le système éducatif traditionnel s'adaptera-t-il à cette nouvelle dynamique ? Ces interrogations mettent en lumière les effets potentiels sur le système éducatif classique, notamment en ce qui concerne le financement, le rôle des enseignants et la qualité de l'éducation. Les réponses à ces questions détermineront l'avenir de l'éducation et la manière dont l'IA peut être intégrée de manière efficace et responsable. Il nous faut rappeler que les tuteurs IA sont encore en phase d'émergence. Beaucoup d'approches différentes sont testées mais l'adoption à grande échelle est encore limitée. Cependant le succès de certaines applications, comme Character.ai, qui permet de parler via un chatbot à n'importe quel personnage, fictionnel ou réel, nous a convaincu que cette approche pourrait vite être adoptée par le grand public.

> La personnalisation via des avatars enrichit en profondeur l'expérience d'apprentissage et sa dimension émotionnelle.

L'IA, un outil clé pour l'inclusion

L'accessibilité : l'IA rend les contenus accessibles aux élèves en situation de handicap. C'est le cas de « Seeing AI » de Microsoft qui aide les personnes malvoyantes à « voir » le monde qui les entoure en traduisant les images en mots[22]. L'entreprise américaine Ava associe IA et transcription humaine pour aider les malentendants à suivre des cours ou des réunions en direct ; elle est adoptée par de nombreuses universités. Les progrès permettent de proposer aux élèves atteints de troubles de l'apprentissage (dyslexie, dyscalculie) des contenus adaptés à une meilleure compréhension des textes. C'est le cas de MerciApp, une des sociétés de notre portefeuille, qui corrige les fautes à l'écrit.

Un outil d'interaction

Les premiers outils de reconnaissance vocale, comme ceux intégrés dans Google Classroom, permettent déjà aux élèves ayant des difficultés motrices ou des troubles du langage de naviguer dans des interfaces éducatives en utilisant leur voix.

L'accès pour le plus grand nombre

Les tuteurs IA permettent l'accès à une éducation personnalisée à un coût marginal de l'ordre de 10-15 euros par mois, à comparer le coût d'une heure de tutorat traditionnel. C'est pourquoi, leur adoption est d'autant plus rapide là où le tutorat est hors de portée pour une grande partie de la population cible.

[22] Site web SeeingAI, accessible ici.

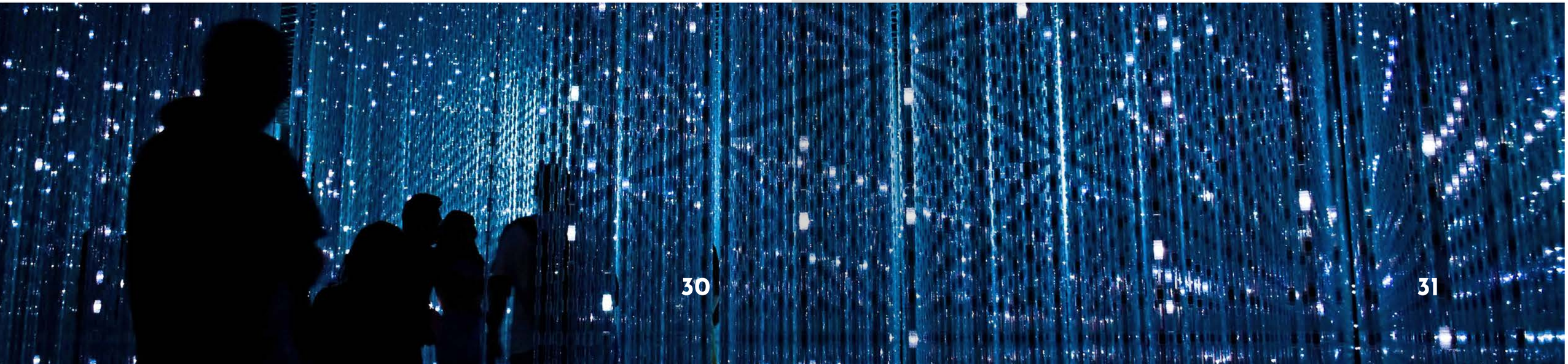
L'intelligence artificielle, co-pilote de la formation

2. L'IA et la révolution de la formation continue

La formation continue des adultes est segmentée en deux parties, en fonction du commanditaire. Le plus large marché est celui de la formation professionnelle dispensée par les entreprises, qui forment leurs employés ; c'est là qu'on trouve le plus de cas d'usage. Le deuxième est celui de la formation continue des particuliers, sujet clé à la fois d'un point de vue économique et social.

Elle recouvre différents objectifs : compléter ses compétences pour accélérer une carrière existante, se former pour changer de carrière ou simplement par envie d'apprendre. Elle est financée par les apprenants ou par des systèmes collectifs, professionnels ou gouvernementaux, ou encore hybrides.

S'il y a une convergence dans les solutions technologiques proposées par l'IA entre l'école et la formation continue, la structure très différente des marchés rend les opportunités distinctes. L'adoption de l'IA dans ce secteur n'en est encore qu'à ses débuts, **mais comme l'indique René Janssen de Lepaya, « l'IA va devenir un co-pilote pour les responsables formation »**. Mais avant tout, quels sont les problèmes que l'on essaie de résoudre ?



2.1 Le challenge de l'obsolescence des compétences

L'obsolescence des compétences n'est pas un thème nouveau. Définie par HG Kaufman en 1974[23], elle correspond au phénomène par lequel les professionnels perdent les compétences nécessaires pour réaliser leur travail.

Il peut s'agir d'une obsolescence physique (par détérioration des aptitudes avec l'âge, ou atrophie par manque d'usage) ou **d'une obsolescence économique**, les compétences existantes devenant inutiles ou perdant de leur importance à mesure que l'emploi évolue (structuration, technologie, bonnes pratiques). C'est ce second type qui nous intéresse, puisqu'il concerne des compétences à l'échelle de l'économie dont l'usage va disparaître au profit de nouvelles.

L'obsolescence est un problème majeur pour les individus comme pour les organisations. Selon le CEDEFOP, un quart des professionnels en souffre[24], et ce chiffre monte à 34% pour ceux qui ne sont pas formés régulièrement. Les évolutions technologiques accentuent cette difficulté. Selon l'OCDE, la durée de vie d'une compétence technique a baissé de 30 ans en 1987 à 2 ans aujourd'hui[25]. Selon le World Economic Forum[26], **la moitié des compétences clés d'un travailleur devra être mises à jour tous les 5 ans.**
Pour les entreprises, la conséquence est un besoin accru de former et reformer leurs collaborateurs. Pour la société au sens large, le problème est plus important encore : lorsqu'un métier est remplacé ou change de nature, des milliers d'individus doivent se reconvertir. Le modèle de carrière linéaire est aujourd'hui révolu : les individus doivent s'adapter aux changements rapides du monde de l'emploi, qui suit lui même ces mutations technologiques, fermant mais ouvrant également des opportunités d'emploi - un phénomène que l'économie du travail appelle le déplacement de l'emploi (de l'anglais *job displacement*). Au niveau macroéconomique, de nombreux analystes anticipent ainsi que l'essor de l'IA occasionnera un phénomène de déplacement de l'emploi de grande ampleur (de l'ordre de 300 millions sur dix ans)[27], qui, sans investissement majeur des états et des organisations afin de reformer massivement les individus, se traduira par une croissance du chômage mondial. Le besoin est donc clair : des formations plus efficaces et plus accessibles. Mais la formation en ligne n'a-t-elle pas résolu ce problème ?

De la formation traditionnelle à l'online : pas de panacée

Les années 2000 et 2010 ont vu l'essor de la formation en ligne, présentée comme une alternative à la formation traditionnelle jugée trop chère et rigide. Elle a permis de démocratiser l'accès à la formation, à tous les employés et aux demandeurs d'emplois ou personnes en reconversion souhaitant se former en autonomie. Dix ans plus tard, le constat sur son apport est aujourd'hui mitigé : les taux d'engagement des employés avec la formation en ligne et à la demande dépassent rarement les 10%, et la rétention d'information est très variable par manque d'application, avec moins de 10% des formations amenant un changement de comportement[28].

[24] CDEFOP, Preventing skill obsolescence, accessible ici.
[25] OCDE, Perspectives de l'OCDE sur les compétences 2021, accessible ici.
[26] World Economic Forum, Having many careers will be the norm, experts say, accessible ici.
[27] Goldman Sachs, Generative AI could raise global GDP by 7%, accessible ici.
[28] Burke, L. A., & Hutchins, H. M. (2007). Training Transfer: An Integrative Literature Review. Human Resource Development Review, 6(3), 263-296, accessible ici.

Paroles expertes



Cyril Colléatte
CEO, O'clock

Après avoir été Directeur de la Transformation chez Malakoff Humanis, et Conseiller numérique, puis Conseiller Développement Durable et Numérique du Ministre de l'Education Nationale entre 2020 et 2022, Cyril Colleatte est, depuis Mars 2024, le CEO d'OClock. Cofondée en 2016 par Dario Spagnolo, la société O'Clock est un organisme de formation aux métiers du développement informatique, qui propose une plateforme d'enseignement à distance synchrone (téléprésentiel), au sein de laquelle accompagnement et inclusion sont des socles.

Une start-up du portefeuille Educapital

Quelle place à l'IA dans le catalogue de formations que vous proposez ?

Elle s'intègre progressivement au cœur des différentes formations pour améliorer l'efficacité des apprenants (pour débugger ou optimiser leur code). Nous avons aussi lancé une formation de 20h dédiée à l'art du prompt.

Comment utilisez-vous l'IA dans votre métier de formateur ?

Pour soutenir la production de nos cours et pour augmenter la qualité de l'accompagnement avec des corrections ou de l'assistance automatisée dans l'optique d'offrir le meilleur accompagnement personnalisé.

O'clock entend lutter contre les inégalités et l'exclusion, comment vous y prenez-vous ?

Nos formations sont accessibles partout et pour tous. Nous offrons aussi un triple encadrement formateur/tuteur/conseiller d'insertion professionnelle permettant à la quasi-totalité de nos apprenants d'aller au bout de leur formation.

Quels sont les freins à l'adoption ?

Le téléprésentiel est trop souvent réduit à de la formation asynchrone, qui convient bien aux publics autonomes. Notre format est bien plus adapté pour les grands débutants, à la reconversion et ceux qui veulent avancer dans un groupe.

Selon vous, quelles sont les compétences dont auront besoin les prochains talents en IA ?

Ils devront maîtriser le machine learning, le-massives, la compréhension des algorithmes, l'éthique de l'IA, et posséder des compétences en résolution de problèmes, en créativité et en communication interdisciplinaire.

Quelles solutions apporte l'IA ?

Nous avons distingué les principaux cas d'usage de l'IA pour la formation et comment cette technologie peut contribuer aux problématiques du monde de la formation et à l'obsolescence des compétences. Nous en ressortons 3 catégories :

- **La gestion des compétences**
- **La création de contenu de formation**
- **La mise en pratique des apprentissages**

2.2 La gestion des compétences

L'identification des compétences (techniques et *soft skills*) des collaborateurs pour les organisations est une difficulté bien documentée.
Ces données sont difficiles à mesurer, subjectives, changent de façon continue pour chaque employé et sont impactées par le turn over dans l'entreprise. Pourtant, la gestion des compétences est un enjeu clé pour les directions des ressources humaines. Comme l'indique Nicolas Hernandez de 360Learning les organisations aspirent toutes à devenir des « skills-based organizations »[29], des organisations pilotées par la compétence. Cette gestion des compétences recoupe un ensemble de priorités stratégiques :

- la planification des besoins : identifier les compétences requises à moyen/long terme, celles qui sont actuellement disponibles et construire des plans de recrutement ou de formation en fonction des besoins futurs,
- la formation : construire des plans de formation personnalisés, mesurer les résultats de ces efforts,
- le recrutement : vérifier l'adéquation des profils en fonction des compétences au lieu simplement des expériences, réaliser des tests de soft ou hard skills,
- la mobilité interne : sourcer des talents ayant déjà ou pouvant aisément acquérir les bonnes compétences en interne.

On retrouve des cas d'usage IA dans l'ensemble de ces domaines. Ceux qui ressortent le plus sont :

La mesure des compétences par les données

Des leaders du marché comme 360Learning, mais aussi de jeunes pousses comme Techwolf ou Retrain proposent aux DRHs des **solutions agrégeant un ensemble de données internes à l'entreprise sur l'usage de ses outils, ERP, CRM, etc., pour identifier de manière probabiliste les compétences des employés.** Ainsi, une personne qui partage régulièrement du code en Python via Github, ou utilise tous les jours Microsoft Excel dans son travail, se verra attribuer des compétences en développement Python ou en Excel par inférence. Cette approche est très efficace pour donner une vue d'ensemble des compétences de l'entreprise et commence à être adoptée à l'échelle mais elle doit encore prouver la précision de ses prédictions de compétence, demande beaucoup de données et un référentiel de compétences adapté à l'entreprise. Dans le même temps, l'IA offre la promesse d'enrichir ce référentiel de compétences de manière dynamique par des ontologies (là où les organisations mobilisent encore très largement des taxonomies statiques et peu modulables).

[29] Voir l'article d'Educapital sur la question, Skills Mapping & Strategic Workforce Planning Tools, Fev-2024, accessible ici

Paroles expertes



Nicolas Hernandez
fondateur & CEO, 360Learning

Nicolas Hernandez, diplômé de Polytechnique, est le cofondateur de 360Learning, la plateforme de collaborative learning en entreprise de référence. Lancée en 2010, 360Learning permet à plus de 1750 entreprises de créer une culture de l'apprentissage collaboratif, en favorisant le partage des connaissances et la montée en compétences. Nicolas Hernandez est l'auteur de Collaborative Learning - How to Upskill from Within and Turn L&D into Your Competitive Advantage (2023).

Une start-up du portefeuille Educapital

Qu'est ce que 360 Learning ? Pourquoi le collaborative learning ?

360Learning est la plateforme leader de la formation professionnelle, basée sur le collaborative learning (apprentissage collaboratif). Chez 360Learning, nous sommes absolument convaincus que l'apprentissage efficace doit se faire entre êtres humains. Le collaborative learning permet aux membres de l'entreprise de partager leur savoir-faire et leur expertise, et d'apprendre les uns des autres : les organisations tendent vers un modèle horizontal, avec une formation décentralisée et orientée résultats.

Où voyez-vous l'IA dans la formation professionnelle ?

La technologie progresse à grande échelle. L'enjeu pour nous est de trouver des usages réels en entreprise, avec un ROI démontré pour le client final. La manière dont nous intégrons l'IA dans notre produit s'inscrit totalement dans la continuité de notre approche collaborative learning. En effet, la difficulté dans l'apprentissage collaboratif est que l'expert au sein de l'entreprise doit être engagé et créer des cours de manière dynamique et cela peut créer de la friction. Grâce à l'IA, le cours est généré automatiquement, et rapidement. L'IA permet ainsi de démultiplier la production de contenus pertinents qui seront partagés dans notre plateforme.

Mais encore ?

De manière plus structurelle, les organisations se transforment pour être « skills based », c'est-à-dire basées sur la compétence. Les compétences évoluent très vite, et sont obsolètes très rapidement ; il y a un vrai enjeu de maintenir les compétences, de former et reformer les collaborateurs pour rester compétitif. C'est ce que nous proposons depuis l'acquisition de eLamp. Concrètement nous détectons les bonnes compétences liées aux métiers (c'est la technologie de elamp) et nous rattachons la bonne formation à la bonne compétence grâce à la plateforme 360Learning.

Est-ce que l'IA va disrupter l'humain ?

Les métiers tendent à s'automatiser pour plus d'efficacité. Mais tant qu'il y aura des êtres humains qui travaillent, il faudra les former. Il y aura toujours des formateurs ; c'est selon moi le dernier métier à être remplacé par la machine.

L'évaluation des compétences

Si les candidats à l'emploi et ceux passant des certifications sont habitués à voir leurs compétences testées par divers QCM, études de cas, tests pratiques ou psychométriques, ces tests prennent du temps et seuls des humains savaient jusqu'à maintenant mesurer certaines compétences.

L'IA permet de dépasser ces barrières grâce à de nouvelles capacités d'analyse de vidéo, audio et textuelle. Lepaya a par exemple mis en place dans son produit une évaluation par l'IA des compétences nouvellement acquises.

A partir d'une vidéo, l'IA peut ainsi aisément mesurer des éléments de :

- Communication verbale : clarté, ton, rythme de parole, hésitations
- Contenu : pertinence des sujets abordés, qualité du vocabulaire, justesse de la réponse
- Communication non verbale : regard, posture, expression, émotions

Il est également très facile de créer des quizz sur n'importe quel sujet avec les nouveaux modèles d'IA, ce qui permet de tester chaque compétence plus rapidement.

> **L'IA peut ainsi évaluer le niveau de compétence de l'apprenant ou du candidat de façon très fine et formuler des recommandations personnalisées, et ainsi mesurer de nouvelles compétences automatiquement et avec moins de biais que des testeurs humains.**

2.3 La création de contenus de formation

L'IA est une révolution pour la création de contenus pédagogiques.

Beaucoup des acteurs présents sur le segment académique, comme Nolej.ai, le sont également dans la formation professionnelle. Pour Nicolas Hernandez de 360Learning, l'IA va permettre de « démultiplier la production de contenus pertinents disponibles sur les plateformes e-learning ».

L'IA apporte un élément supplémentaire : la capacité à transformer des contenus existants en de nouveaux formats. En effet, la formation en entreprise repose sur une variété de formats : formations traditionnelles (diapositives par exemple), e-learning (texte, vidéos, quizz), micro-learning ou « in the flow of work » (formats plus courts). Il est ainsi aisé de transformer ou découper un format de contenu en un autre ou de mêler des sources internes et externes de contenu.

L'IA crée également des capacités nouvelles pour les entreprises :

- la formation « à la demande » via les assistants conversationnels : un chatbot ayant à disposition le contenu d'un cursus de formation peut aisément être interrogé pour un apprentissage « just in time » par les utilisateurs, en dehors de parcours de formation structurés.
- la création de vidéos : des acteurs comme HeyGen, Synthesia ou Colossyan ont adopté une approche complémentaire sur la création de vidéos, qui utilise l'IA pour animer des avatars photo-réalistes pouvant présenter des formations sur la base d'un texte fourni ou de simples prompts *(text-to-video generation)*.

2.4 L'entraînement

En combinant la technologie des tuteurs IA (pour des conversations naturelles dans un scénario) et l'évaluation des compétences, **on peut créer des modules d'entraînement permettant de s'entraîner sur de nouvelles compétences** et valider les acquis d'une formation.

Lepaya a ainsi lancé ce cas d'usage sur une partie de ses modules de formation, ce qui permet un apprentissage personnalisé pour les employés. Cette modalité de formation *AI-supported* va fortement se développer dans les prochaines années.

2.5 L'IA, un outil clé pour les responsables formation

En conclusion, l'IA apporte à la formation continue un ensemble de briques innovantes permettant d'accélérer la formation.

Selon René Janssen de Lepaya, **« la technologie ne remplacera pas le contact humain, mais elle peut leur permettre d'économiser du temps afin de se concentrer sur les tâches où ils ont le plus de valeur ajoutée »**. Elle permet ainsi de traiter les problématiques d'obsolescence des compétences en ciblant mieux les formations, et d'en améliorer l'efficacité par le feedback et la pratique. Nous sommes encore au début de l'adoption par le marché de ces outils mais les responsables formations « early adopter » pourront construire des formations plus efficaces, plus vite que leurs pairs.

René recommande ainsi aux responsables formation des grands groupes une démarche d'adoption rapide mais raisonnée :

- « Ne pas faire de l'IA simplement parce que c'est la mode
- Expérimenter de façon structurée : savoir ce qu'on teste et ce qu'on prévoit d'en retirer
- Itérer rapidement avec un mélange de technologies internes et externes ».

Paroles expertes



René Janssen
co-fondateur et CEO, Lepaya

René Janssen a créé Lepaya avec Peter Kuperus après plusieurs années en tant que leader RH d'une grande société d'e-commerce. Leur ambition est de révolutionner les programmes de formation aux soft skills des grandes entreprises en proposant des formations innovantes mêlant mobile, IA et VR. Lepaya forme tous leurs employés : nouveaux arrivants, managers et leaders.

Une start-up du portefeuille Educapital

Comment fonctionne le modèle de formation hybride de Lepaya ?

Lepaya combine le meilleur de l'humain et de la technologie : un apprentissage sur mobile à son rythme, des sessions animées par un formateur et des mises en pratique avec des humains et de l'IA.

Quel est le rôle de l'IA dans votre proposition de valeur ?

L'IA est utilisée au sein de l'offre Lepaya dans 3 cas d'usages. D'abord, pour s'entraîner sur les compétences nouvellement apprises et avoir un feedback détaillé sur le contenu et le non verbal à partir de l'analyse de la vidéo. Ensuite, l'IA est utilisée pour créer du contenu de formation et l'adapter à chaque apprenant. Enfin nous aidons nos clients à analyser leurs données pour mieux comprendre les compétences de leurs équipes.

Où en est l'utilisation de l'IA chez Lepaya ? Quels sont les challenges ?

Les cas d'usage ci-dessous sont déployés auprès de plus en plus de clients. Et nous expérimentons également sur d'autres sujets. Certains clients sont initialement sceptiques, mais nos modules IA sont un add-on à notre offre de formation. Il faut également s'adapter à leur rythme et les rassurer sur les sujets de sécurité et de protection des données.

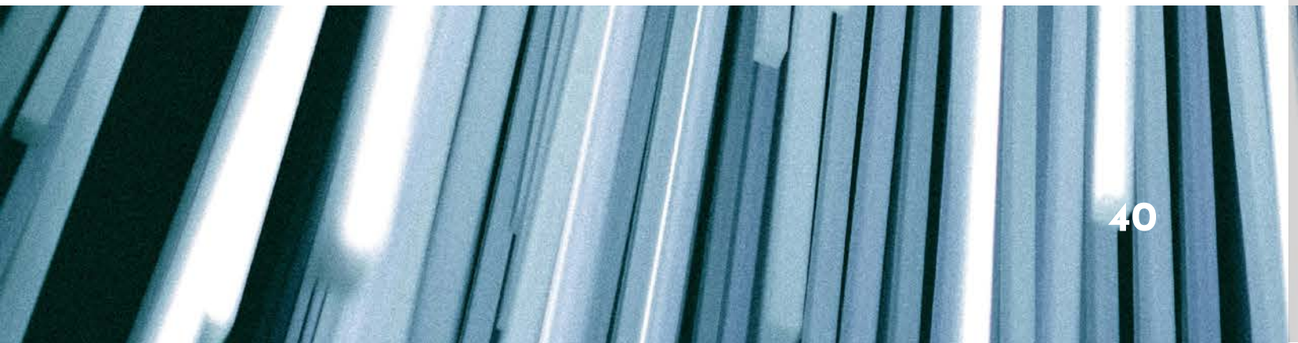
De manière plus globale, comment pensez-vous que l'IA va changer la formation continue ?

L'IA va devenir un co-pilote pour les responsables formation. Elle leur donnera une meilleure connaissance des compétences de leurs équipes et les outils pour s'adapter à eux. Et la prochaine étape est pour nous d'aller plus loin dans la mise en pratique des formations avec l'IA : conversations ouvertes, scénarios et évaluations.

L'IA va-t-elle créer du contenu automatiquement ? Remplacer les formateurs ?

La technologie ne remplacera pas le contact humain, mais elle peut leur permettre d'économiser du temps, afin qu'ils puissent se concentrer sur les tâches où ils ont plus de valeur ajoutée.

Pour une éthique du développement de l'Intelligence Artificielle



3. Les défis au développement de l'IA

Comme toute nouvelle technologie, l'IA présente un certain nombre de risques potentiels. Ceux-ci vont des réponses incorrectes à de profonds impacts sociétaux.

Deux défis majeurs doivent être résolus afin de permettre une généralisation de l'utilisation des IA dans le domaine de l'éducation et de la formation .

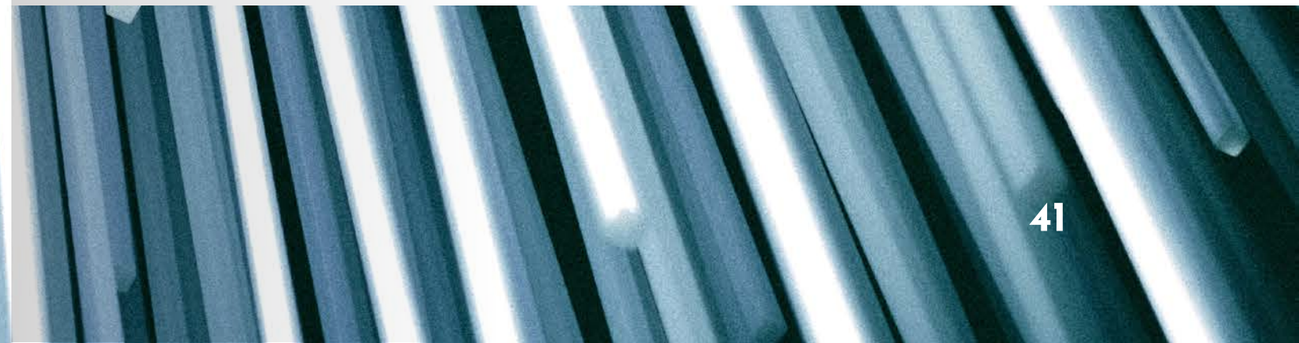
Le premier est celui de concevoir des IAs responsables, le second est un immense challenge de formation.

3.1 Le défi de concevoir des IA responsables

Le rapport de la Commission de l'Intelligence Artificielle classe les risques de l'IA en 3 catégories : ceux liés aux imperfections des modèles, ceux liés à leur utilisation malveillante, et les risques systémiques.

Risques liés aux imperfections	Risques liés à une utilisation malveillante	Risques systémiques
Discrimination et reproduction de stéréotypes	Cyber-criminalité	Concentration du pouvoir
Mésinformation	Cyber-terrorisme	Disruption du marché du travail
Violation de la vie privée/divulgation d'informations confidentielles	Bio-sécurité	Affaiblissement de la diversité culturelle et linguistique
Accidents	Désinformation	Diversité culturelle et normative
Production de contenus illicites ou préjudiciables	Surveillance de masse	Consommation d'électricité et émissions de gaz à effet de serre
Violation des droits de propriété intellectuelle		Accident systémique
		Comportement émergent critique

Risques liés aux systèmes d'IA générative
Source : Commission de l'IA



Les risques liés à la construction des modèles

Les hallucinations

Les réponses inexactes, mensongères et souvent farfelues des IA génératives sont un danger systémique largement documenté. Le plus médiatisé est celui des hallucinations, c'est-à-dire que le modèle génère des informations factuellement fausses. Le *AI Index Report* de Stanford établit chaque année un classement de la précision, de l'exactitude et de la cohérence des IA génératives lancées sur le marché. Où l'on remarque que les plus populaires ne sont pas les plus fiables… mais que toutes sont très inférieures en exactitude à des personnes compétentes.

Cela s'explique par le fait que les modèles IA, qui en apparence semblent comprendre le langage, ne sont en réalité que des modèles statistiques qui sélectionnent de manière répétée le mot le plus probable dans une suite de mots. En l'absence d'une source de vérité claire, ils ont donc tendance à inventer des réponses, des sources ou des liens. Ce manque de fiabilité est difficile à résoudre car il est au cœur même de leur architecture. Cependant, **des méthodes telles que la retrieval assisted generation (ou RAG) permettent de l'ancrer sur un corpus documentaire fiable et de réduire fortement les risques d'hallucination.**

Les biais et discriminations

Les modèles d'IA ne souffrent pas dans leur construction de biais. Mais leurs réponses sont le reflet des données sur lesquelles ils sont entraînés. Les principaux modèles d'IA étant aujourd'hui entraînés sur une majorité du contenu d'internet, principalement américain, ils intègrent tous les biais et mensonges qu'on peut y trouver. Leur développeurs ont mis en place des mesures correctives, nommées AI safety, appliquées avant la mise à disposition de ceux-ci au grand public, pour corriger les pires excès. Mais l'exercice est périlleux : le modèle de génération d'image Gemini d'Alphabet, lancé début 2024 a ainsi été trop loin dans la correction, en introduisant des erreurs historiques et des biais inverses à ceux que le modèle voulait corriger[30].

Le respect des lois sur les données

Les créateurs des modèles d'IA ont massivement utilisé les données d'internet pour entraîner ceux-ci. Ils se sont ainsi aventurés dans une zone grise sur deux plans cruciaux, celui des droits d'auteur et celui des données personnelles. Si quelques organisations comme Newscorp licencient leurs données à OpenAI & co, ce cas est loin d'être une généralité. Des éditeurs, producteurs de contenus et journaux les ont donc accusés d'être en situation de violation du droit d'auteur. Des procédures sont en cours.

En dépit de la censure des modèles par leurs créateurs eux-mêmes, on a ainsi pu voir des contenus protégés être reproduits par les modèles. De même, des actions en justice sont en cours à propos de données personnelles potentiellement utilisées dans l'entraînement de ces modèles. Une chose est sûre, **l'opacité règne en maîtresse du côté des créateurs de modèle d'IA.**

[30] Voir cet article sur la question acccessible ici.

Les utilisations malveillantes

La triche

En tant que telle, c'est celle qui paraît être la plus anodine de toutes, mais elle pourrait poser de vrais problèmes de société. Les élèves se sont immédiatement emparés de ChatGPT pour les aider dans leurs devoirs et examens. Ceux-ci excellent en effet à générer des textes. **Les professeurs se sont retrouvés désemparés face à cette vague de triche,** d'autant plus qu'aucune solution de détection des textes générés par l'IA ne s'est révélée convaincante. Il est possible d'adapter les modalités d'examen pour limiter ces risques (papier, sans internet, ou à l'opposé, avec utilisation de l'IA autorisée ou recommandée) mais il demeure que l'intégrité des examens clés est un déterminant majeur de l'équité à l'école.

La désinformation et autres activités illicites

L'IA peut-être un outil majeur dans les campagnes de désinformation : pour les réseaux malveillants, **ils réduisent fortement le coût de production de contenu mensonger.** Ils permettent aussi de créer des *deepfakes*, vidéos convaincantes de personnalités disant ce que l'auteur souhaite leur faire dire. Si ces campagnes ne sont pas forcément ciblées sur l'éducation, il est important d'éduquer les jeunes à démêler le vrai du faux, ce qui devient de plus en plus complexe.

Les risques systémiques

L'impact écologique

C'est le risque le plus indubitable. Les modèles d'IA sont bien plus gourmands en énergie que d'autres outils informatiques. Le risque que cela induit est qu'ils engendrent un ralentissement de la transition énergétique. Alphabet, par exemple, qui avait pris des engagements forts pour réduire ses émissions nettes à zéro d'ici 2030, **a vu ses émissions augmenter de 48% depuis 2019, l'IA en étant la principale cause**[31]. Même si des modèles plus petits et performants voient le jour très régulièrement, la course à l'IA ralentira la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Compte tenu de la très rapide aggravation de la situation, il ne fait aucun doute que les sociétés vont devoir, sans accord des géants de la tech, rapidement arbitrer entre les coûts et les bénéfices de ces technologies.

[31] Article accessible ici.

IA et emploi : Révolution ou Evolution ?

L'IA a un impact majeur sur l'emploi : elle modifie et transforme les métiers. Certains vont disparaître, d'autres vont émerger. L'IA remplace efficacement de nombreuses tâches répétitives à faible valeur ajoutée.On ne peut pas ouvrir un rapport d'analyste sans tomber sur une statistique sur le sujet , les uns estiment que d'ici 2030, plus de 2/3 des compétences requises pour un poste donné auront évolué, les autres que plus de 30 % des emplois seront supprimés .

Gilles Moyse résume bien le sujet: « l'histoire des vagues technologiques est jalonnée de périodes d'inquiétudes, alors que le bilan en termes d'emplois a généralement été neutre ou positif ». Quoi qu'il en soit, il faut se préparer à un besoin accru de reconversion des individus dans des métiers affectés.

Pour une éthique de l'IA

Au vu de tous les risques et challenges énoncés, développer des IAs responsables apparaît comme l'enjeu essentiel.

Pour Laurence Devillers, Professeure en Informatique Appliqué aux Sciences Humaines à Sorbonne Université, « le triptyque loi, norme, éthique est très important. Il ne s'agit pas de tout freiner, mais de faire les choses rationnellement ».

C'est pour cela que l'UNESCO dans son projet de Recommandation sur l'éthique de l'IA énonce des **valeurs et principes communs pour une IA éthique.**

« La responsabilité » qui réfère au fait qu'une personne désignée doit avoir l'autorité de modifier un algorithme et de corriger la situation en cas d'effets indésirables ce qui fait référence à l'attribution d'une responsabilité juridique.
Il y a également « **l'équité,** un principe qui exige que les algorithmes et leurs décisions soient évalués pour déceler toute discrimination potentielle. Elle est également utilisée pour désigner l'égalité d'accès à l'IA et ses avantages ». De plus, l'UNESCO met en avant l'importance de garantir que l'IA contribue aux objectifs de développement et et permette aux citoyens de **prendre des décisions éclairées** sur son utilisation.

Les biais cognitifs et culturels des données d'entraînement des IA sont reproduits par les algorithmes mis en oeuvre : ce sont des corpus massifs, souvent de médiocre qualité, qui contiennent des opinions autant que des faits, qui peuvent refléter la misogynie, le racisme, l'homophobie entre autres. Il s'agit donc de travailler à une meilleure qualité des données d'entraînement et à un guidage des modèles pour limiter leurs travers (l'AI Safety) comme à une traçabilité des algorithmes afin de préserver l'intégrité sociale européenne.

Paroles expertes



Laurence Devillers
Professeure en Informatique Appliqué aux Sciences Humaines à Sorbonne Université
Directrice de la Chaire 3IA HUMAAINE : HUman-MAchine Affective Interaction & Ethics au CNRS – LISN

Ses sujets de recherche portent sur le traitement du langage et les interactions entre IA et humains, et les enjeux éthiques associés.

Quels conseils donnez-vous à vos étudiants concernant l'utilisation des outils IA ?

Je leur apprends à ne pas désapprendre. J'incite mes étudiants à se questionner sur ces usages, notamment avec ChatGPT. Ils peuvent constater que les réponses sont souvent peu étayées, bénéficient de peu d'ancrage, voire sont complètement fausses.

Ces systèmes d'IA apprennent-ils de leurs erreurs ?

C'est une idée fausse. Ces systèmes n'ont pas de notion temporelle ou de sens commun. Par exemple, Google donne plusieurs réponses, mais ChatGPT en fournit une seule, sans vérification de sa véracité. Cela peut être trompeur et peu fiable, malgré des ajustements pour réduire les biais et les erreurs. De plus, il y a un problème culturel : les LLM, comme ceux en open source, sont majoritairement en anglais, et reflètent une perspective culturelle américaine.

Vous défendez l'importance d'une éthique de l'IA. Pouvez-vous nous en dire plus ?

L'éthique est un outil de réflexion pour évaluer les impacts, qu'ils soient positifs ou négatifs. En classe, par exemple, les effets de l'IA dépendent du contexte. Parler d'éthique, c'est réfléchir aux conséquences sociétales. Pour les ingénieurs, cela signifie se poser les bonnes questions : identifier les faiblesses du système, examiner les données utilisées, savoir qui les a annotées, etc. L'éthique ne se résume pas à dire ce qui est bon ou mauvais.

Depuis le 8 décembre, l'UE s'est dotée d'un règlement en matière d'intelligence artificielle, l'AI Act. Vous avez appelé à une régulation sur le sujet. Pour quelles raisons ?

Le triptyque loi, norme, éthique est très important. Il ne s'agit pas de tout freiner, mais de faire les choses rationnellement. On entend qu'en Europe, on impose trop de lois, que l'on freine l'innovation versus « la liberté » aux USA et en Chine, pays qui cherchent à développer une super Intelligence Artificielle : c'est une illusion. Il faut rester raisonnable : c'est une intelligence inhumaine, livresque. L'intelligence humaine « challenge les idées ». On sera peut-être un peu en retard avec les régulations, mais on ne sera pas esclaves.

Pouvez-vous nous détailler vos actions au sein de la Chaire IA HUMAAINE : Human-Machine Affective Interaction & Ethics que vous dirigez ?

Nous avons développé, en coopération avec la Fondation Blaise Pascal de médiation culturelle en mathématiques et en informatique, une « valise Capsules Éthiques Numériques » d'animations clés en main sur le numérique, à l'attention des enseignants de cycle 3. L'objectif est de sensibiliser les élèves aux possibilités et aux limites de l'IA, en les amenant à réfléchir sur le numérique, l'IA et l'éthique et en stimulant leur curiosité autour des sciences et des technologies.

Par ailleurs, **la responsabilité légale des éditeurs d'IA doit être clarifiée** afin que l'intégrité et la sécurité des systèmes existants ou à développer dans des constructions d'IA ultérieures soient garanties. C'est un sujet clé car les IA manipulent beaucoup de données personnelles ou confidentielles pour les entreprises, à la fois en entraînement et en utilisation. La réglementation européenne étant plus contraignante que dans d'autres pays, son respect doit être contrôlé à l'échelle pertinente, ce qui implique parfois des accords multilatéraux sur la question. Sur le même sujet, le respect du droit des auteurs et des ayant-droits est essentiel, comme nous l'avons vu. De nombreuses procédures légales sont en cours accusant les créateurs de modèles d'avoir entraîné ceux-ci sur des données soumises au droit d'auteur sans autorisation, et de reproduire des éléments de ce type dans leurs créations. Les développements d'IA pour l'éducation doivent impérativement intégrer cette contrainte.

En Europe, l'intérêt collectif à long terme prévaut sur les intérêts marchands à court terme de groupes géants. Il s'agit de protéger en particulier les plus fragiles, nos enfants, de tout traçage, profilage ou catégorisation pour une utilisation ultérieure de leurs recherches, de leurs intérêts, de leurs productions personnelles par des Gafams ou acteurs chinois.

La question centrale est donc de pouvoir développer des IAs pour l'éducation conçues de manière responsable et répondant aux attentes d'éthique, de transparence et de fiabilité qui nous caractérisent . C'est tout le sujet de l'AI Act adopté le 13 mars 2024 par le parlement européen, qui renforce le RGPD, compte tenu de l'urgence à agir pour ne pas mettre en danger notre souveraineté commune et le bien-être des enfants.

Considérées comme un domaine stratégique, les IAs d'éducation doivent être accompagnées ou encadrées par un contrôle humain. Les IAs doivent rester des co-pilotes.

Le développement d'IAs frugales, ciblées répondra aux critiques faites au LLM de leur consommation excessive d'énergie.

La puissance de calcul, l'accès contrôlé à des données de qualité, la formation des expertises nécessaires aux futurs développements d'IA éducatives nécessitent un engagement financier, politique, sociétal.

La souveraineté ne se décrète pas, elle se construit.

> **Pour se prémunir des dangers d'IA mal conçues, ne respectant pas les valeurs européennes, ni le droit d'auteur, il est urgent de faire émerger et soutenir des IAs éducatives conçues de manière responsable pour l'intérêt commun, offrant une réelle plus-value à nos enseignants et aux élèves.**

Qu'est-ce que l'IA Act ?

C'est la nouvelle loi européenne sur l'intelligence artificielle[32] visant à encadrer l'usage de l'intelligence artificielle (IA). Adopté le 13 mars 2024 par le Parlement européen, il s'agit d'un « Règlement établissant des règles concernant l'intelligence artificielle ». Ce texte est la première loi sur l'IA au monde.

Que contient ce règlement ?

L'approche de l'AI Act est fondée sur une identification de 4 niveaux de risques et d'obligations adaptées à ces niveaux : inacceptables (Soit tout système considéré comme une menace pour les personnes), élevés (tout système ou modèle d'IA présentant des risques pour la santé, la sécurité et les droits fondamentaux des personnes), limités ou minimaux. Les risques inacceptables sont ainsi interdits. Les systèmes à haut risque sont réglementés. Ceux à risque minimaux sont soumis à des obligations de transparence. Le dernier niveau n'est pas réglementé.

La formation éducative et professionnelle a été classée dans la catégorie à haut risque.

Qui est concerné ?

Le Règlement sera applicable non seulement aux opérateurs de SIA (fournisseurs et utilisateurs) conçus au sein de l'Union européenne (UE) mais aussi à tout opérateur traitant sur le marché européen, même originaire d'un pays hors UE.

Focus sur les systèmes d'IA à haut risque

Ils seront soumis à des obligations strictes avant de pouvoir être mis sur le marché

- systèmes adéquats d'évaluation et d'atténuation des risques
- haute qualité des ensembles de données alimentant le système afin de minimiser les risques et les résultats discriminatoires
- enregistrement des activités afin d'assurer la traçabilité des résultats
- documentation détaillée fournissant toutes les informations nécessaires sur le système et son objet pour permettre aux autorités d'évaluer sa conformité
- informations claires et adéquates à l'intention du déployeur
- mesures de surveillance humaines appropriées pour minimiser les risquesz
- haut niveau de robustesse, de sécurité et de précision[33].

Le règlement sera applicable à compter de 2026.

[32] Commission Européenne, article sur la Législation de l'IA, accessible ici.

3.2 Le défi majeur des compétences

Aussi puissante que soit l'intelligence artificielle, elle repose toujours sur des individus qualifiés créant un besoin en compétences spécialisées sans précédent.

Pour répondre aux besoins actuels et futurs en IA, il est prioritaire de **mettre en place un vaste plan de formation** qui s'adresse à tous les âges et à toutes les étapes de la vie.

Tant que l'expertise en IA restera l'apanage de quelques spécialistes de géants technologiques, principalement américains, les entreprises européennes ne seront pas en mesure d'intégrer l'IA dans leurs activités, les privant ainsi d'un gain de productivité important et d'innovations essentielles face à leurs concurrents internationaux.
Le World Economic Forum annonce que la formation à l'utilisation de l'IA au cours des cinq prochaines années sera privilégiée par 42 % des entreprises interrogées[34]. Une étude Microsoft estime quant à elle que 75% des salariés de « l'économie de la connaissance » (de l'anglais *knowledge economy*) a déjà recours à l'IA dans son travail et ce chiffre a vocation à augmenter[35].

Sans une stratégie claire de formation, nous risquons de voir émerger une société à deux vitesses, où seuls les initiés bénéficieront pleinement des opportunités offertes par l'IA. Le fossé se creusera de plus en plus entre ceux formés à l'IA et les autres, aggravant les inégalités sociales, l'illectronisme et la fracture numérique.

Les enjeux de formation prioritaires :

• d'abord, **former tous les enseignants à l'utilisation de l'IA** afin qu'ils puissent rapidement s'en emparer et transmettre leurs connaissances à leurs élèves,

• **former les futurs ingénieurs, concepteurs et développeurs d'IA**

• **initier les collaborateurs dans les entreprises** à l'utilisation d"IA spécialisées dans leur métier

• enfin s**ensibiliser les leaders d'opinion et l'ensemble de la population** à la compréhension des principes de fonctionnement de l'IA[36].

La Commission France IA préconise un investissement de 1,2 milliard d'euros sur 5 ans pour y parvenir, rien qu'en France. Pour les formations spécialisées en IA de niveau BAC+3 et plus, on estimait leur nombre à environ 17 000 places en 2021, un nombre à tripler d'ici 2030 pour répondre aux besoins[37]. L'annonce en juin 2024 de la création de neuf clusters de formation, financés à hauteur de 360 millions d'euros dans le cadre du programme France 2030 est un premier pas. A l'échelle européenne, qui est celle pertinente, le Digital Europe Programme avait alloué 2,5Md$ à l'adoption de l'IA en 2019[38] - la nouvelle Commission Européenne qui sera constituée en 2024, devra à cet égard augmenter significativement ce montant.

[29] World Economic Forum, Future of Jobs Report, page 7, accessible ici.
[35] Source ici.
[36] Commission de l'intelligence artificielle, IA : notre ambition pour la France, accessible ici (page 70).
[37] Commission de l'intelligence artificielle, IA : notre ambition pour la France, accessible ici.
[38] Rapport Policy And Investment Recommendations For Trustworthy AI, accessible ici.

Paroles expertes



Anne Bouverot
Présidente du Conseil d'Administration de l'Ecole Normale Supérieure
Co-présidente de la Commission de l'intelligence artificielle.

> **En mars 2024, Philippe Aghion, économiste spécialiste de l'innovation et Anne Bouverot, présidente du conseil d'administration de l'ENS, ont remis à Emmanuel Macron, président de la République, le rapport de la commission de l'intelligence artificielle qui formule une vision stratégique afin de renforcer la position de la France en matière d'intelligence artificielle.**

Quels sont les éléments clés du rapport et vos préconisations en matière d'action de l'État, et en particulier sur l'éducation ?

La toute première recommandation, c'est la création d'un programme de formation et de sensibilisation majeure à l'IA. On ne dit pas que tout le monde doit devenir expert en IA, mais il faut qu'il y ait une offre de formation la plus large possible, qui passe également par de la sensibilisation pour tous les citoyens. La France offre déjà un certain nombre de très bonnes formations en IA de niveau Master et plus, mais il en faut plus car ce n'est pas suffisant. Il y a aussi toute une offre de formation qui n'existe que peu encore et qui a vraiment besoin de se développer de manière urgente, les formations en IA associées à un métier ou une industrie particulière : par exemple, IA et juridique, IA et industries créatives, etc. De très nombreux domaines seront impactés. Enfin, la question, c'est comment je forme mes salariés pour leur apprendre à travailler avec IA un peu à tous les niveaux. C'est à la fois de la formation et de l'accompagnement au changement.

Quel rôle peut jouer le dialogue social pour le secteur de l'éducation et de la formation et son organisation particulièrement complexe ?

On recommande un dialogue social assez spécifique sur le sujet. Les syndicats sont très demandeurs et prêts à construire le projet de transformation des entreprises, et les collaborateurs sont très demandeurs de formation. Il faut vraiment combiner formation et dialogue social pour la transformation des entreprises et l'adoption de l'IA.

La commission s'interroge aussi sur la capacité de l'IA à dégrader ou améliorer la qualité de vie au travail, qu'en est-il pour les acteurs de la formation et de l'éducation ?

On pense qu'il y a un certain nombre de métiers qui vont disparaître et que de nouveaux métiers vont être créés. **Ce que l'on a tendance à oublier, c'est que 80% des métiers vont être transformés.** C'est sur ce point qu'il faut construire les choses en collaboration avec les équipes et les syndicats. Si on le fait de manière intelligente et consensuelle, on pourra se défaire de tâches répétitives, intéressantes et peu plaisantes et donc améliorer à la fois la qualité de vie au travail et l'expérience des usagers.

Quel est votre point de vue sur la régulation ?

Notre position, c'est qu'il n'y a pas besoin a priori de réglementation supplémentaire. Au contraire, on a recommandé de simplifier certaines choses dans certains domaines comme la santé, pour lesquels on observait plutôt une surinterprétation du Réglement Général de Protection des Donnés (RGPD) en France. Les chercheurs peuvent aujourd'hui perdre 18 mois avec les procédures d'autorisation administrative d'utilisation des données, c'est une catastrophe. Pour ce qui est de la nouvelle réglementation Européenne, l'AI Act, nous trouvons l'approche par niveau de risque ou cas d'usage intéressant.

Cet effort repose en premier lieu sur la qualité de la formation préalable en mathématiques et en sciences (STEM), donc sur la formation adéquate des enseignants et sur la valorisation de leur métier.

Il repose aussi sur la diversité des profils que la filière IA attirera. Historiquement, les femmes ont été motrices dans le développement des techniques informatiques et dans celles de l'IA, même si elles ne représentent aujourd'hui que 30% des effectifs d'ingénieurs. **Augmenter la part des femmes dans les filières IA est donc un enjeu crucial.**

Un pan de la formation en IA n'existe pas encore, selon Anne Bouverot, Présidente du Conseil d'Administration de l'Ecole Normale Supérieure et co-présidente de la Commission de l'intelligence artificielle, celles associées à un métier ou une industrie particulière : par exemple, IA et juridique, IA et industries créatives, etc. Pour ce type de profils spécifiques, le besoin de 25 000 personnes par an en 2034, en France, implique de former chaque année environ 1,5 % de l'ensemble des étudiants du supérieur à des compétences croisées mêlant une compétence X donnée et une maîtrise de l'IA. Cela peut passer soit par la création de filières dédiées, soit par la création d'un module IA avancé au sein des différentes filières, comme le préconisait déjà le rapport Villani[39].

En deuxième lieu, retenir les talents en Europe reste un défi majeur, et pas seulement grâce à des salaires attractifs. Comme le souligne Anne Bouverot : « les chercheurs partent pour plusieurs raisons. Dans les boîtes américaines, on leur donne accès à toute la puissance du calcul dont ils ont besoin, tous les datasets, une équipe, moins d'administratif, et en plus on les paye mieux. (…). » Il s'agit de « débureaucratiser le système, de leur simplifier la vie, de continuer de travailler sur l'accès à la puissance de calcul, passer à l'échelle. »

En dernier lieu, **l'acculturation des organisations est essentielle** pour éviter une asymétrie entre les avancées de l'IA et la compréhension de leur effet : c'est la mission que se sont données plusieurs des start-ups du portefeuille d'Educapital.

[39] Rapport Villani, 2018, accessible ici.

Suite de l'interview d'Anne Bouverot
Présidente du Conseil d'Administration
de l'Ecole Normale Supérieure
Co-présidente de la Commission
de l'intelligence artificielle.

Que peut-on faire pour retenir nos chercheurs en Intelligence Artificielle ?

L'une de nos recommandations dans le rapport, c'est l'exception IA. Les chercheurs quittent la recherche publique pour plusieurs raisons. Dans les entreprises américaines, on leur donne accès à toute la puissance du calcul dont ils ont besoin, tous les data sets, une équipe, moins d'administratif, et en plus on les paye mieux. Donc, c'est assez difficile de résister à tout ça. Donc, on a proposé d'abord de déburocratiser le système, de leur simplifier la vie, de continuer de travailler sur l'accès à la puissance de calcul, passer à l'échelle et puis aussi de trouver des moyens d'avoir des compléments de salaire ou de combiner plusieurs contrats.

Comment peut-on augmenter la part des femmes qui choisissent de travailler dans ce secteur ?

Diversifier les voix d'admissions dans les filières, c'est une solution. A l'ENS depuis une dizaine d'années, en parallèle du concours classique, on recrute sur le « concours étudiant » sur dossier et projet. Ce concours représente environ 40% de nos promotions. Ces candidats sont issus du système universitaire et sont souvent passionnés par une matière ou un projet particulier. Quand on observe les statistiques, on remarque qu'à travers ce recrutement, on a une plus grande diversité de genre, mais aussi d'origine sociale et géographique, province versus région parisienne. On a également lancé des bourses « femmes & sciences » grâce au mécénat. Et on offre autant de visibilité que possible aux chercheuses en thèse, notamment dans le cadre d'un partenariat avec L'Oréal. Ces femmes sont aussi d'excellents rôles modèles lors d'opérations de sensibilisation auprès des collégiennes et lycéennes. Elles peuvent donner envie à des jeunes filles de suivre le même parcours. Ça reste des parcours d'exception mais plus atteignables qu'un Prix Nobel.

Quelle est la position de la France selon vous ?

La France est très clairement dans le top 10 et peut-être même dans le top 5. L'Allemagne regarde avec beaucoup d'admiration les innovations de nos start-up françaises. De leur côté, ils sont très bons sur les cas d'usage industriels. On connaît la position des Etats-Unis, du Canada qui fait des choses très bien aussi, de la Chine, de Singapour, de la Corée, du Japon, du UK bien sûr. Les Emirats mettent énormément d'argent sur le sujet. Mais la France est incontestablement dans le top 10, en termes de recherche, d'enseignement et d'innovation.

Le rapport préconise la création d'un fonds d'investissement de 500 millions d'euros associant public et privé, pouvez-vous nous en dire plus ?

Nous avons en effet recommandé une plus grande contribution des acteurs privés au financement de la transformation. Le système français est bien sûr différent du système américain, c'est la raison pour laquelle nous avons proposé que ce fonds soit en partie modelé par les grandes entreprises avec une gouvernance publique. L'objectif, c'est d'aller vite. L'état pourrait abonder autour d'un quart, ce qui est assez incitatif.

Conclusion

Nous avons souhaité croiser les regards de personnes expertes sur l'état actuel de l'IA dans l'éducation, l'opportunité de cette technologie pour le secteur, les enjeux de formation qui sont posés, et les défis pour concevoir des outils qui soient responsables et utiles.

Les apports de l'IA au secteur de l'éducation sont considérables, que ce soit en termes de personnalisation des apprentissages ou d'engagement des apprenants. **L'IA éducative ouvre la voie à la réalisation de « l'éducation 4.0 »**, proposition clef du Forum de Davos, tout comme elle permet d'atteindre les objectifs de valorisation des enseignants souhaités par l'Unesco, ainsi que l'accès massif et inclusif à une éducation de qualité, un des objectifs stratégiques du plan ONU 2030.

Les Programmes d'Investissement d'Avenir IA et Éducation ont été utiles : ils ont permis d'amorcer cette transformation. Ils sont cependant insuffisants en regard des enjeux. Il s'agit maintenant de passer à l'échelle. C'est un créant les conditions d'un marché ouvert, que l'on pourra répondre effectivement aux besoins des apprenants et des enseignants. C'est en donnant à ces derniers la liberté de choisir les meilleurs outils, en leur affectant les budgets indispensables, en leur offrant une formation de qualité, que l'IA pourra réellement contribuer à la révolution de l'éducation, que nous appelons de nos voeux.

Pour que l'IA soit une opportunité de développement des compétences des personnes, d'enrichissement collectif, de déploiement de solutions aux défis d'un monde en plein bouleversement, il n'est plus temps de tergiverser.

C'est aujourd'hui qu' il faut agir et investir massivement pour construire les champions français et européens de demain.

> **L'éducation doit faire partie des secteurs prioritaires de l'IA parce qu'elle est le pilier du développement de toutes les activités économiques de notre société.**

L'investissement dans des entreprises innovantes capables de porter des solutions expertes, spécialisées et répondant à des besoins réels **est un enjeu de souveraineté éducative, économique et sociale.**

L'avenir de nos sociétés démocratiques en dépend.

Glossaire

ALGORITHME

Un algorithme est la description d'une suite d'étapes permettant d'obtenir un résultat à partir d'éléments fournis en entrée.

ANNOTATION (IA)

L'annotation est le procédé par lequel les données sont décrites manuellement afin d'être caractérisées, par exemple en attribuant à une image de chien l'étiquette correspondante. On parle aussi de vérité terrain ou groundtruth.

APPRENTISSAGE ACTIF

Cette technique fait intervenir un opérateur pendant le processus d'apprentissage pour lui demander de qualifier certaines données. Il s'agit d'une méthode d'apprentissage semi-supervisée.

APPRENTISSAGE AUTO-SUPERVISÉ

L'apprentissage auto-supervisé est une méthode de machine learning où un modèle apprend à partir de données non étiquetées en créant ses propres exercices. Il divise les données, utilise une partie pour faire des prédictions et une autre pour vérifier ces prédictions, s'améliorant sans aide extérieure.

APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

L'apprentissage automatique (machine learning en anglais) est un champ d'étude de l'intelligence artificielle qui vise à donner aux machines la capacité d'« apprendre » à partir de données, via des modèles mathématiques. Concrètement, cela signifie extraire des informations utiles d'un ensemble de données pour entraîner ces modèles.

APPRENTISSAGE CONTINU

L'apprentissage continu est la capacité d'un système à s'améliorer et à s'adapter à mesure qu'il intègre de nouvelles données, y compris pendant sa mise en service.

APPRENTISSAGE PAR RENFORCEMENT

L'apprentissage par renforcement est une méthode de machine learning où un système autonome apprend quelles actions effectuer en fonction de ses expériences pour maximiser une récompense au fil du temps. Le système interagit avec un environnement, prend des décisions selon son état actuel et reçoit des récompenses positives ou négatives en retour.

APPRENTISSAGE PROFOND (DEEP LEARNING)

L'apprentissage profond est un procédé d'apprentissage automatique utilisant des réseaux de neurones possédant plusieurs couches de neurones cachées. Ces algorithmes possédant de très nombreux paramètres, ils demandent un nombre très important de données afin d'être entraînés.

INTELLIGENCE ARTIFCIELLE GÉNÉRATIVE

L'intelligence artificielle générative est une catégorie d'IA qui se concentre sur la création autonome de contenu, tels que des textes, des images, des vidéos, des sons et d'autres types de données. Ces systèmes utilisent des modèles avancés d'apprentissage automatique pour générer du contenu qui peut ressembler à ce qui est créé par des êtres humains.

MODÈLE

Le modèle d'IA est la construction mathématique générant une déduction ou une prédiction à partir de données d'entrée. Le modèle est estimé à partir de données annotées lors de la phase d'apprentissage (ou d'entraînement) du système d'IA.

MODÈLE DE LANGAGE

Modèle statistique de la distribution d'unités linguistiques (par exemple : lettres, phonèmes, mots) dans une langue naturelle. Un modèle de langage peut par exemple prédire le mot suivant dans une séquence de mots. On parle de modèles de langage de grande taille ou « Large Language Models » (LLM) en anglais pour les modèles possédant un grand nombre de paramètres comme GPT-3, BLOOM, Megatron NLG, Llama ou encore PaLM.

NEURONE ARTIFICIEL

En informatique, un neurone est une unité de base dans un réseau de neurones artificiels. Inspiré par les neurones biologiques, il reçoit des signaux d'entrée, les combine, applique une fonction d'activation, et produit une sortie. Cela permet au réseau d'apprendre à reconnaître des motifs et à prendre des décisions à partir des données d'entrée.

RÉSEAU DE NEURONES ARTIFICIELS (ARTIFICIAL NEURAL NETWORK)

Dans le domaine de l'intelligence artificielle, un réseau de neurones artificiels est un ensemble organisé de neurones interconnectés permettant la résolution de problèmes complexes tels que la vision par ordinateur ou le traitement du langage naturel.

TRAITEMENT AUTOMATIQUE DU LANGAGE NATUREL (NATURAL LANGUAGE PROCESSING OU NLP)

Le traitement automatique du langage naturel est un domaine multidisciplinaire impliquant la linguistique, l'informatique et l'intelligence artificielle. Il vise à créer des outils capables d'interpréter et de synthétiser du texte pour diverses applications.

Plus d'infos sur
www.educapitalvc.com
@educapital_vc
Educapital

EDUCAPITAL - Société de gestion de portefeuille établie en France, enregistrée auprès de l'Autorité des Marchés Financiers
▪ Agrément AMF n° GP17000018 ▪ Société par Actions Simplifiée (SAS) au capital social de 200 000 €
▪ RCS Paris 830 409 629 ▪ Siège social et adresse principale : 12, rue du Quatre Septembre, 75002 Paris.

EDUCAPITAL
SHAPING THE FUTURE OF EDUCATION AND WORK