

**Haute École  
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC**



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

***L'impact de l'intelligence artificielle dans le secteur  
de l'enseignement : une analyse approfondie***

Mémoire présenté par :  
**EL KOUR Ismail**

Pour l'obtention du diplôme de :  
**Master en sciences commerciales**

Année académique :  
**2023 – 2024**

Promoteur :  
**M. SELMOUNI Mohamed**

Rue au bois 365, Internal Postal Box 17, Bruxelles



**Haute École  
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC**



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

***L'impact de l'intelligence artificielle dans le secteur  
de l'enseignement : une analyse approfondie***

Mémoire présenté par :  
**EL KOUR Ismail**

Pour l'obtention du diplôme de :  
**Master en sciences commerciales**

Année académique :  
**2023 – 2024**

Promoteur :  
**M. SELMOUNI Mohamed**

Rue au bois 365, Internal Postal Box 17, Bruxelles

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je souhaite remercier chaleureusement mon promoteur, Monsieur Selmouni Mohamed, pour son encadrement exceptionnel et ses conseils avisés tout au long de cette aventure académique. Sa disponibilité, ses encouragements constants et son expertise ont été des éléments importants pour la réussite de mon travail.

Je remercie également tous mes amis, pour leur soutien et leurs encouragements constants. Que ce soit de près ou de loin, vos mots d'encouragement, vos discussions enrichissantes et vos conseils ont été d'une grande aide. Vous avez su m'encourager dans les moments de doute et célébrer chaque petite victoire avec moi.

Un remerciement particulier à mes parents qui ont toujours cru en moi et m'ont soutenu sans relâche.

À tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à cette réalisation, je vous adresse mes plus sincères remerciements. Merci pour votre soutien, votre compréhension et vos encouragements. C'est grâce à vous tous que j'ai pu mener à bien ce projet.

## Déclaration sur l'honneur sur le respect des règles de référencement et sur l'usage des IA génératives

« Je soussignée, **EL KOUR, ISMAIL**, étudiant en Master, déclare par la présente que le travail ci-joint respecte les règles de référencement des sources reprises dans le règlement des études en signé lors de mon inscription à l'ICHEC (respect de la norme APA concernant le référencement dans le texte, la bibliographie, etc.) ; que ce travail est l'aboutissement d'une démarche entièrement personnelle; qu'il ne contient pas de contenus produits par une intelligence artificielle sans y faire explicitement référence. Par ma signature, je certifie sur l'honneur avoir pris connaissance des documents précités et que le travail présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »

Type d'assistance		Case à cocher
Aucune assistance	J'ai rédigé l'intégralité de mon travail sans avoir eu recours à un outil d'IA générative.	
Assistance avant la rédaction	J'ai utilisé l'IA comme un outil (ou moteur) de recherche afin d'explorer une thématique et de repérer des sources et contenus pertinents.	
Assistance à l'élaboration d'un texte	J'ai créé un contenu que j'ai ensuite soumis à une IA, qui m'a aidé à formuler et à développer mon texte en me fournissant des suggestions.	
	J'ai généré du contenu à l'aide d'une IA, que j'ai ensuite retravaillé et intégré à mon travail.	
	Certaines parties ou passages de mon travail/mémoire ont été entièrement générés par une IA, sans contribution originale de ma part.	
Assistance pour la révision du texte	J'ai utilisé un outil d'IA générative pour corriger l'orthographe, la grammaire et la syntaxe de mon texte.	✓
	J'ai utilisé l'IA pour reformuler ou réécrire des parties de mon texte.	✓
Assistance à la traduction	J'ai utilisé l'IA à des fins de traduction pour un texte que je n'ai pas inclus dans mon travail.	✓
	J'ai également sollicité l'IA pour traduire un texte que j'ai intégré dans mon mémoire.	
Assistance à la réalisation de visuels	J'ai utilisé une IA afin d'élaborer des visuel, graphiques ou images.	✓
Autres usages	Synonymes - Crisco	

Date

20/05/2024

Signature

El Kour Ismail

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

<b>AGI</b>	Intelligence Artificielle Générale
<b>AI4Y</b>	Intel AI for Youth
<b>COVID-19</b>	Coronavirus Disease 2019
<b>EIA</b>	Ethical Impact Assessment
<b>EIE</b>	Évaluation d'Impact Éthique
<b>GAN</b>	Réseaux Antagonistes Génératifs
<b>IA</b>	Intelligence Artificielle
<b>IBM</b>	International Business Machines
<b>IESALC</b>	Institut de l'UNESCO pour l'éducation en Amérique latine et dans les Caraïbes
<b>LLM</b>	Modèles de Langage à Grande Échelle
<b>LMS</b>	Learning Management System
<b>MIL</b>	Multiple Instance Learning
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology
<b>MOOC</b>	Massive Open Online Course
<b>MRE</b>	Minimisation du Risque Empirique
<b>NLP</b>	Natural Language Processing
<b>OCDE</b>	Organisation de Coopération et de Développement Économique
<b>ONU</b>	Organisation des Nations Unies
<b>RAM</b>	Readiness Assessment Methodology
<b>STEAM</b>	Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics
<b>STIM</b>	Science, Technology, Innovation, and Mathematics
<b>SVM</b>	Machines à Vecteurs de Support
<b>TIC</b>	Technologies de l'Information et de la Communication
<b>ULB</b>	Université Libre de Bruxelles
<b>UNESCO</b>	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
<b>VAE</b>	Auto-encodeurs Variationnels

# TABLE DES MATIERES

1	Introduction .....	9
2	Revue de la littérature .....	11
2.1	L'intelligence artificielle.....	11
2.1.1	Définition.....	11
2.1.2	Histoire.....	11
2.1.3	Différents types d'IA .....	13
2.1.4	Pionniers de l'IA.....	15
2.1.5	Avantages & inconvénients .....	17
2.1.6	Éthique de l'IA .....	18
2.1.7	Les limites.....	26
2.2	Domaines d'applications .....	27
2.2.1	Transport .....	27
2.2.2	Commerce.....	27
2.2.3	Santé .....	27
2.2.4	Finance.....	27
2.2.5	Droit.....	28
2.2.6	Les réseaux sociaux.....	28
2.2.7	Agriculture.....	28
2.2.8	Marketing .....	28
2.2.9	Énergie .....	28
2.2.10	Environnement .....	28
2.2.11	Sécurité.....	28
2.3	Contexte théorique.....	29
2.3.1	Raisonnement automatique.....	29
2.3.2	Apprentissage automatique « Machine Learning » .....	30
2.3.3	Apprentissage profond « Deep Learning ».....	33
2.3.4	L'IA générative .....	33
2.3.5	Mathématiques et algorithmes liés à l'IA .....	37
3	L'enseignement à l'ère du numérique.....	44
3.1	Évolution des technologies éducatives .....	44
3.1.1	Éducation 1.0 .....	44
3.1.2	Éducation 2.0 .....	45
3.1.3	Éducation 3.0 .....	45
3.1.4	Éducation 4.0 .....	45
3.2	Impact des technologies numériques dans l'enseignement .....	45
3.2.1	Enseignement secondaire .....	46
3.2.2	Enseignement supérieur .....	46
3.2.3	Impact sur les enseignants .....	46
3.3	Conclusion.....	46
4	L'IA dans l'enseignement .....	47
4.1	Introduction .....	47
4.2	Application de l'IA dans l'enseignement.....	48
4.2.1	Assistant pédagogique et chatbots .....	48
4.2.2	Aide à l'automatisation des tâches administratives .....	50
4.2.3	Aide à la créativité .....	50

<b>4.3 Initiation à l'IA dès le plus jeune âge .....</b>	<b>50</b>
4.3.1 L'approche STEAM par la Scientothèque .....	51
4.3.2 Le programme Intel AI for Youth (AI4Y) .....	51
<b>4.4 Intégration de l'IA dans les programmes scolaires .....</b>	<b>51</b>
4.4.1 Les conditions essentielles pour mettre en place l'IA dans les curriculums .....	55
<b>4.5 Formation des enseignants .....</b>	<b>56</b>
4.5.1 Quelques exemples de formations .....	57
<b>4.6 Formation citoyenne sur l'IA.....</b>	<b>58</b>
<b>4.7 Quelques inconvénients de l'IA dans l'enseignement.....</b>	<b>60</b>
<b>4.8 Focus sur l'enseignement supérieur .....</b>	<b>62</b>
<b>4.9 Recommandations de l'UNESCO pour une utilisation éthique de l'IA .</b>	<b>64</b>
<b>4.10 Conclusion.....</b>	<b>65</b>
<b>5 Méthodologie .....</b>	<b>66</b>
<b>5.1 Type de méthodologie .....</b>	<b>67</b>
5.1.1 Méthodologie Quantitative .....	68
5.1.2 Méthodologie Qualitative.....	69
<b>6 Présentation et analyse des résultats .....</b>	<b>70</b>
<b>6.1 Données quantitatives .....</b>	<b>70</b>
6.1.1 Présentation du questionnaire étudiants .....	70
6.1.2 Présentation du questionnaire enseignants .....	77
<b>6.2 Données qualitatives .....</b>	<b>88</b>
6.2.1 Synthèse des entretiens .....	88
<b>6.3 Interprétation des résultats.....</b>	<b>93</b>
6.3.1 Confrontation des résultats quantitatifs et qualitatifs .....	93
6.3.2 Confrontation des résultats quantitatifs et qualitatifs avec la littérature .....	95
6.3.3 Affirmation/ Infirmation des hypothèses .....	99
6.3.4 Réponse à la question de recherche.....	101
<b>7 Limites de l'étude .....</b>	<b>102</b>
<b>7.1 Taille de l'échantillon.....</b>	<b>102</b>
<b>7.2 Guide d'entretien évolutif.....</b>	<b>102</b>
<b>7.3 Diversité des contextes éducatifs .....</b>	<b>102</b>
<b>7.4 Réponse subjective .....</b>	<b>103</b>
<b>8 Conclusion &amp; Recommandations .....</b>	<b>104</b>
<b>9 BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>106</b>

# 1 Introduction

L'intelligence artificielle (IA) est en train de transformer divers aspects de notre vie quotidienne, et son impact se fait particulièrement sentir dans le domaine de l'enseignement. Depuis l'émergence des premières technologies numériques, l'IA a évolué pour offrir des solutions innovantes qui optimisent les processus éducatifs, tant pour les enseignants que pour les étudiants. Cette évolution rapide suscite un intérêt croissant pour comprendre comment intégrer efficacement cette technologie dans le système éducatif.

L'IA, en tant que technologie, offre une multitude d'opportunités pour personnaliser l'apprentissage, automatiser les tâches administratives et enrichir les méthodes pédagogiques. Par exemple, des outils comme les assistants virtuels, les systèmes de tutorat intelligent et les plateformes d'apprentissage adaptatif permettent de créer des environnements d'apprentissage plus interactifs et adaptés aux besoins individuels des étudiants. Toutefois, l'intégration de l'IA dans l'enseignement n'est pas sans défis. Les préoccupations liées à la confidentialité des données, à l'éthique de l'IA et à la nécessité de former les enseignants à utiliser ces nouvelles technologies sont autant de barrières à surmonter.

Dans ce contexte, notre travail de recherche s'articule autour de la question centrale suivante : "Comment intégrer l'IA de manière efficace dans l'enseignement pour préparer les étudiants et les enseignants à une utilisation optimale de cette technologie ?" Cette question de recherche vise à explorer les meilleures pratiques pour maximiser les avantages de l'IA tout en minimisant ses risques, afin de garantir une adoption harmonieuse et bénéfique pour tous les acteurs du secteur éducatif.

L'objectif de ce mémoire est de :

- Explorer les méthodes et stratégies pour intégrer l'IA dans l'enseignement.
- Identifier les avantages et les défis associés à cette intégration.
- Formuler des recommandations pratiques pour une utilisation optimale de l'IA par les étudiants et les enseignants.

Pour répondre à cette problématique et atteindre notre objectif, ce mémoire est structuré en plusieurs sections. Tout d'abord, le cadre théorique présente une revue de la littérature sur l'intelligence artificielle, ses applications dans l'enseignement, et les théories pédagogiques pertinentes. Ensuite, la méthodologie décrit les approches méthodologiques adoptées pour mener cette recherche, y compris les enquêtes quantitatives et qualitatives, ainsi que les entretiens avec des experts en IA et en éducation. La section de présentation et analyse des résultats examine les données collectées auprès des étudiants, des enseignants et des experts pour identifier les perceptions, les attentes et les défis liés à l'intégration de l'IA dans l'enseignement. Puis, l'interprétation des résultats relie les résultats obtenus à la littérature existante, validant ou infirmant les hypothèses initiales de la recherche.

Enfin, la conclusion résume les principales découvertes, discute des limitations de l'étude et propose des perspectives pour de futures recherches et actions concrètes.

En somme, ce mémoire vise à fournir une compréhension approfondie de l'impact de l'IA sur l'enseignement et à offrir des recommandations pour une adoption efficace et éthique de cette technologie dans le milieu éducatif. En mettant l'accent sur les besoins spécifiques des enseignants et des étudiants, nous espérons contribuer à une intégration harmonieuse de l'IA qui profite à l'ensemble de la communauté éducative.

## 2 Revue de la littérature

### 2.1 L'intelligence artificielle

#### 2.1.1 *Définition*

L'intelligence artificielle (IA) est un ensemble de sciences, théories et techniques de mathématiques qui permettent à une machine d'accomplir des tâches couramment effectuées par des êtres humains. En d'autres termes, l'IA est une branche de l'informatique visant à créer des systèmes capables de réaliser des tâches nécessitant normalement l'intelligence humaine, comme l'apprentissage, le raisonnement, la reconnaissance des images et des voix, et la prise de décisions. Cela permet aux machines de "penser" et d'agir de manière intelligente.

John McCarthy, un des pionniers de l'IA et créateur du terme « IA », définit ce terme comme « La science et l'ingénierie de la fabrication de machines intelligentes ». (Manning, 2020)

Marvin Lee Minsky, un autre pionnier de l'intelligence artificielle définit l'IA comme : « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique ». (Georges, 2019)

L'interaction avec l'IA est quasi quotidienne pour certaines personnes en utilisant par exemple Siri qui est l'assistant vocal de l'iPhone, les chatbots sur les sites web, etc.

#### 2.1.2 *Histoire*

L'intelligence artificielle remonte aux années 1940 et 1950, une période où les progrès technologiques de la Seconde Guerre mondiale ont stimulé la réflexion sur la possibilité de créer une intelligence comparable à celle des humains.

En 1940, Norbert Wiener, un pionnier de la cybernétique, visait à unifier la théorie mathématique, l'électronique et l'automatisation pour former une théorie de la commande et de la communication, à la fois pour les êtres vivants et les machines.

Pendant cette période, Warren McCulloch et Walter Pitts ont développé le premier modèle mathématique et informatique du neurone biologique, appelé neurone formel, en 1943 (Conseil de l'Europe, s.d.). En 1950, Alan Turing, a posé la question fondamentale : "Les machines peuvent-elles penser ?" dans son article intitulé "Computing Machinery and Intelligence" (Turing, 1950). Dans cet article, Turing a proposé son célèbre "test de Turing", une méthode pour évaluer l'intelligence des machines en les soumettant à un dialogue avec un humain.

En 1956 a lieu la conférence de Dartmouth qui a été le point de départ de la recherche moderne en IA. Lors de cette conférence, John McCarthy a introduit le terme "intelligence artificielle" pour décrire le domaine d'étude visant à reproduire les capacités cognitives humaines chez les machines. Cette réunion a jeté les bases de la recherche en IA, définissant des objectifs ambitieux mais réalisables pour la communauté scientifique. (Conseil de l'Europe, s.d.)

Au cours des décennies suivantes, des progrès significatifs ont été réalisés dans le domaine de l'IA, notamment avec l'émergence des systèmes experts dans les années 1970. Ces systèmes experts étaient conçus pour reproduire le raisonnement d'un humain dans un domaine bien précis grâce aux données que va fournir par l'expert du domaine.

Cependant, malgré ces avancées, l'IA a connu un déclin d'intérêt à la fin des années 1980 et au début des années 1990 en raison des limites des systèmes experts et de la complexité de leur programmation, à partir d'un certain moment ils ne savaient plus comment la machine raisonnait jusqu'au point où dans les années 1990, le terme d'intelligence artificielle devenait presque tabou. (Conseil de l'Europe, s.d.)

L'année 1997 a marqué un tournant avec la victoire historique de Deep Blue, l'ordinateur d'IBM, sur le champion d'échecs Garry Kasparov. Cette victoire a démontré les capacités des ordinateurs à rivaliser avec les humains dans des domaines complexes, ravivant ainsi l'intérêt pour l'IA.

Depuis lors, l'IA a connu une renaissance grâce à deux avancées importantes. D'une part l'accès à des grands volumes de données à changer la donne pour l'entraînement des algorithmes, comme ceux permettant la reconnaissance d'images. La possibilité de récupérer des millions d'images sur internet a éliminé le besoin de créer manuellement des échantillons de données. Et d'autre part, la vitesse de calcul des algorithmes d'apprentissage qui a été révolutionné par l'utilisation des processeurs de cartes graphiques. (Conseil de l'Europe, s.d.)

Ces progrès technologiques importants ont permis par exemple en 2012 à une IA de Google à identifier des chats dans une vidéo, elle a donc réussi à distinguer quelque chose. En 2016, une IA de Google encore nommée AlphaGO a battu des champions du monde au jeu « Go », ce jeu est considéré beaucoup plus difficile que les échecs. (Conseil de l'Europe, s.d.)

Ces succès sont dus au changement par rapport aux anciennes approches basées sur les systèmes experts où il fallait coder les règles soit même à l'apprentissage automatique permettant aux ordinateurs de découvrir des règles eux-mêmes. (Conseil de l'Europe, s.d.)

Depuis 2023, l'essor de l'intelligence artificielle s'est considérablement accéléré, en partie grâce à l'émergence de modèles de langage avancés qu'on appelle l'IA générative, un type de système d'intelligence artificielle dont je vais expliquer plus tard dans le document. Cette évolution a engendré une transformation importante dans les capacités et performances de l'IA. Aujourd'hui le développement de nouvelles intelligences artificielles s'est intensifié, montrant que le secteur continue d'évoluer rapidement et prend de plus en plus de place dans la société.

### 2.1.3 *Differents types d'IA*

Plusieurs niveaux de catégorisations peuvent être faits à propos du terme IA. Le premier type de catégorisation ci-dessous est basé sur les capacités de l'IA :

- i. **L'IA faible** autrement appelée IA étroite est souvent conçue pour des tâches spécifiques et limitées à un domaine ou une tâche en particulier comme par exemple, répondre à des questions sur la base d'une entrée utilisateur, la reconnaissance faciale ou jouer aux échecs. Malgré qu'on puisse penser qu'elle soit faible dû à son appellation, elle est n'est en aucun cas faible. En effet, elle rend possible des applications comme celles d'Apple, d'Amazon, ChatGPT mais aussi des logiciels de reconnaissances d'images et de visages, ainsi que les moteurs de recherche internet. (IBM, s.d.)
- ii. **L'IA forte** autrement appelé l'intelligence artificielle générale (AGI) est une forme théorique d'IA grâce à laquelle une machine aurait la même intelligence que celle d'un homme. Elle vise à créer des machines qui peuvent penser, apprendre, et résoudre des problèmes de la même manière que les êtres humains, possédant même une forme de conscience. L'IA forte serait capable d'acquérir des connaissances et de compétence par elle-même, de manière autonome, à partir de ses expériences. (IBM, s.d.)
- iii. **La Super IA** qui est une forme qui surpasserait l'intelligence et les capacités du cerveau humain. Elle est également absolument théorique. La Super IA peut penser, raisonner, porter des jugements. (IBM, s.d.). Bien que de nombreux chercheurs en intelligence artificielle travaillent à développer une intelligence artificielle forte et une superintelligence, il s'agit encore aujourd'hui seulement d'un concept théorique qui n'a pas encore été réalisé.

Maintenant que la catégorisation en fonction des capacités est faite, il est également possible de diviser l'IA en différents types basé sur les fonctionnalités. Le deuxième type de catégorisation ci-dessous est basé sur les fonctionnalités de l'IA :

### **i. IA machine réactive :**

Ce type d'IA sont des systèmes qui ne disposent pas de mémoire, se concentrant sur des tâches spécifiques à partir de données disponibles au moment présent sans se souvenir des décisions prise au moment passé. C'est une approche qui repose sur des principes mathématiques et statistiques pour analyser des ensembles de données générant des résultats qui semblent être « intelligents », même si elle ne comprend pas le contexte global ou ne peut tirer des conclusions basées sur des expériences passées. (IBM Data and AI Team, 2023)

Un exemple est l'ordinateur d'IBM « Deep Blue » qui a démontré cette approche lorsqu'il a battu le maître des échecs Garry Kasparov lors des années 1990. Deep Blue pouvait prédire chaque coup pour lui et son adversaire mais sans se souvenir de ce qui s'est passé auparavant. Il n'a fait que des prédictions sur les prochains mouvements possibles pour lui et Gary Kasparov et il sélectionne le meilleur mouvement possible.

Un autre exemple est les moteurs de recommandations des plateformes de streaming comme Netflix qui utilise cette approche pour proposer du contenu personnalisé à chaque utilisateur en fonction de leur historique de visionnage.

### **ii. IA à mémoire limitée :**

Contrairement à l'IA réactive qui ne peut utiliser que les données actuelles pour prendre des décisions, l'IA à mémoire limitée à la capacité de se souvenir des résultats et événements passé. Elle est capable d'utiliser des données passé et présent afin d'élaborer un plan d'action pour atteindre des objectifs définis. Toutefois, elle ne peut pas stocker ces données de manière permanente pour une utilisation à long terme, mais seulement pendant une durée limitée. (IBM Data and AI Team, 2023).

Au fur et à mesure qu'elle est exposée à davantage de données au fil du temps, cette IA peut améliorer ses performances.

Un exemple d'IA à mémoire limitée sont les assistants virtuels comme Siri d'Apple, Google Assistant, etc. Combinent le traitement du langage naturel (NLP<sup>1</sup>) et l'IA à mémoire limitée pour prendre des décisions sur la manière de répondre aux questions ou aux demandes des utilisateurs en utilisant des données provenant du passé et du présent. (IBM Data and AI Team, 2023).

Un autre exemple sont les véhicules autonomes qui s'appuie sur ce type d'IA pour appréhender leur environnement en temps réel. Ils observent par exemple les autres voitures sur la route, surveillant leurs vitesses et leurs directions, afin de prendre des décisions immédiates quant à l'accélération, au freinage, aux virages, etc.

---

<sup>1</sup> « *Le traitement du langage naturel (NLP) fait référence à la branche de l'informatique, et plus particulièrement à la branche de l'intelligence artificielle (IA), qui vise à donner aux ordinateurs la capacité de comprendre les textes et les mots prononcés de la même manière que les êtres humains (IBM, s. d.).* »

**Théorie de l'esprit « Theory of Mind AI »** : c'est une autre forme d'IA qui consiste à comprendre les pensées et les émotions des individus. Bien que cette IA ne reste que théorique, si elle venait à se réaliser elle pourrait mener des relations comme des humains en fonction des besoins émotionnels et des intentions individuelles. (IBM Data and AI Team, 2023).

#### **IA consciente d'elle-même « Self-awareness »:**

Cette IA serait capable de concevoir une conscience de soi, de comprendre leur propre émotion de manière consciente. Tout comme la théorie de l'esprit ce type d'IA n'existe toujours pas et n'est que purement théorique.

Cette IA va au-delà de la simple compréhension des émotions ou de la théorie de l'esprit. Ici, l'IA serait consciente de son propre état et pourrait même anticiper les sentiments des autres, se mettre à leur place

Un exemple serait un robot qui peut non seulement suivre des instructions pour ramasser des objets et les placer à des endroits spécifiques, mais qui peut aussi dire "Je sais que je ramasse cet objet parce que c'est ce que je dois faire pour aider." Cela montrerait qu'il a une conscience de ses propres actions, allant au-delà d'une simple exécution de tâches sans réflexion. (IBM Data and AI Team, 2023).

#### *2.1.4 Pionniers de l'IA*

**John McCarthy** (1927-2011) était un mathématicien et informaticien américain qui a été pionnier dans le domaine de l'intelligence artificielle. C'est lui qui a donné naissance au terme « intelligence artificielle » en 1955 et a conçu le langage de programmation informatique LISP en 1958 qui est le principal langage de travail en intelligence artificielle aux États-Unis. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2024).

De 1955 à 1958 il a été professeur au Dartmouth College, De 1958 à 1962 au Massachusetts Institute of Technology, et entre 1953 et 2000 à l'Université de Stanford où il a fondé avec la collaboration de Marvin Lee Minsky, le Stanford Artificial Intelligence Lab, l'un des principaux centres de recherche dans le domaine de l'IA.

Il a été honoré par le prix AM Turing en 1971 qui est la plus haute distinction dans le domaine de l'informatique, il a également reçu le prix Kyoto en 1988, la médaille nationale de la science en 1990 et la médaille Benjamin Franklin en 2003. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2024).

**Alan Turing** (1912-1954) était un mathématicien, cryptologue et logicien britannique. Avant qu'il soit une figure clé de l'intelligence artificielle, il faut savoir que Alan Turing à jouer un rôle important durant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale. En effet, en 1939, il a rejoint le quartier général de guerre de l'organisation à Bletchley Park<sup>2</sup>, et c'est lors de 1940 Turing ainsi que d'autres de ses confrères ont créer une machine de décryptage nommé « Bombe » qui décryptait les codes de chiffrements allemands. Ils ont fourni aux Alliés de nombreuses quantités de renseignements militaires. (Copeland, 2024).

Alan Turing, considéré comme l'un des pionniers de l'intelligence artificielle et des sciences cognitives modernes, a joué un rôle majeur dans l'élaboration de l'idée selon laquelle le cerveau humain fonctionne essentiellement comme une machine informatique. (Copeland, 2024).

Vers 1950, Alan Turing lance le fameux test connu aujourd'hui sous le nom de « Test de Turing » comme moyen de déterminer si un ordinateur artificiel peut penser. Ce test vise à déterminer si un ordinateur peut penser dans lequel un interrogateur humain doit faire la distinction entre les réponses d'un ordinateur et d'un humain posés par l'interrogateur. Si l'interrogateur n'arrive pas à faire la distinction entre les réponses de l'ordinateur et celles de l'humain alors le test est une réussite. (Copeland, 2024).

**Marvin Lee Minsky** (1927-2016) était un mathématicien et informaticien américain très connu dans le domaine de l'intelligence artificielle. En 1957, Minsky rejoint le Massachusetts Institute of Technology (MIT), où il s'intéresse à l'utilisation des ordinateurs pour modéliser la pensée humaine. En 1959 avec la collaboration de John McCarthy, il cofonde le laboratoire d'informatique et d'intelligence artificielle.

Minsky écrit plusieurs livres dont « The Society of Mind » en 1985 ; « Perceptrons : An Introduction to Computational Geometry » en 1969 et « The Emotion Machine » en 2006. Minsky a reçu plusieurs prix dont le prix AM Turing en 1969 pour son travail dans le domaine de l'IA. Il a également reçu le prix du Japon en 1990 et la médaille Benjamin Franklin en 2001. (Dennis, 2024)

**Herbert A. Simon** (1916-2001) était un spécialiste des sciences sociales américain. Il a contribué dans divers domaines comme la psychologie, les mathématiques, l'intelligence artificielle. En 1956, Simon et un de ses confrères du nom de Allen Newell un autre pionnier de l'intelligence artificielle a développé un programme informatique nommé le « Logic Theorist » capable de résoudre des problèmes de logique symbolique. Ce fut l'un des premiers pas vers la création de systèmes intelligents capable de résoudre des problèmes complexes. Herbert Simon s'est vu décerner le prix Nobel de l'économie en 1978. Il a également remporté le prix AM Turing en 1975 pour sa contribution fondamentale à l'intelligence artificielle ainsi que d'autres domaines comme la cognition humaine et le traitement des listes. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2024)

---

<sup>2</sup> Établissement cryptologique du gouvernement britannique en activité pendant la Seconde Guerre mondiale.

### 2.1.5 Avantages & inconvénients

Dans ce point, nous allons reprendre les avantages et inconvénients de manière générale, plus tard dans le document on énumèrera les domaines d'applications de l'IA dans lequel je vais pour certains domaines parler de quelques avantages et inconvénients.

**Tableau 1 :** Avantages & inconvénients de l'intelligence artificielle

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Crée des emplois</li><li>• Effectue les tâches plus rapidement qu'un humain</li><li>• Accomplit les tâches difficiles en peu de temps</li><li>• Effectue les tâches répétitives</li><li>• Peut exécuter plusieurs fonctions simultanément</li><li>• Moins d'erreurs dans les tâches effectuées</li><li>• Permet de détecter les problèmes</li><li>• Peut être incorporé dans de nombreux domaines</li><li>• Capable de traiter et d'analyser de grandes quantités de données</li><li>• Assistance dans la prise de décision</li><li>• Détecte les fraudes dans les transactions financières</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peut remplacer certains emplois</li><li>• Accroissement du taux de chômage</li><li>• La nouvelle génération devient paresseuse</li><li>• Coûts financiers élevés pour la création</li><li>• Frais élevés pour la maintenance</li><li>• Exige beaucoup de temps</li><li>• Menace pour la confidentialité des données personnelles</li><li>• Risque de piratage</li><li>• Risque de perte de contrôle de la machine dans certains domaines sensibles tels que le domaine militaire</li><li>• Dépendance à la technologie réduisant l'autonomie des gens</li><li>• Diminution des interactions humaines</li></ul>

## 2.1.6 Éthique de l'IA

### 2.1.6.1 Définition

*Selon l'European Parliamentary research Service (2020), « L'éthique de l'IA s'intéresse à la question importante de savoir comment les développeurs, les fabricants et les humains devraient se comporter afin de minimiser les préjudices éthiques qui peuvent découler de l'IA dans la société, soit en raison d'une mauvaise conception (contraire à l'éthique), d'une application inappropriée ou d'une mauvaise utilisation. »*

### 2.1.6.2 Problèmes éthiques et morales liée à l'IA

Tout d'abord, il est important de préciser que tous les problèmes éthiques et moraux représenté ci-dessous prend appui sur l'étude approfondie menée par l'European Parliamentary Research Service dans leur rapport intitulé *The ethics of artificial intelligence : Issues and initiatives, Bird et al. (2020)*

#### i. Le marché du travail

L'automatisation de l'IA présente un risque important de perturbation du marché du travail, avec la possibilité de supprimer un grand nombre d'emplois traditionnels. Cette transformation pourrait remettre en question les modèles actuels de croissance économique et de productivité, nécessitant une adaptation tant sur le plan individuel que sociétal. (European Parliamentary Research Service, 2020).

#### ii. Inégalités

L'IA ne se limite pas à supprimer des emplois, elle peut également créer de nouveaux emplois. Cependant, ces nouveaux emplois peuvent aggraver les inégalités déjà existantes dans la société par l'apparition de « sweatshops » pour cols blancs. Ces postes répétitifs et monotones, implique des tâches telles que la modération de contenu pour entraîner les systèmes d'IA mais ce phénomène a engendré une industrie externalisée où de nombreuses personnes travaillent dans des conditions précaires, souvent pour une rémunération insuffisante et sans protection légale adéquate. Par exemple, parmi ces travailleurs certains doivent visionner et filtrer des contenus extrêmement violents, des contenus pour adultes, etc. pour des plateformes tels que YouTube ou Facebook.

Une autre forme d'inégalité réside dans la répartition inéquitable des bénéfices économiques de l'IA entre les mains d'une élite restreinte, aggravant ainsi les écarts de richesse. (European Parliamentary Research Service, 2020).

### **iii. Vie privée, droits humains et dignité**

La capacité de l'IA à collecter et analyser des données de manière massive pose des préoccupations pour la vie privée et les droits des individus. L'augmentation de la surveillance qui est souvent justifiée par des gains d'efficacité peut avoir un impact négatif sur la dignité humaine et nécessite un cadre réglementaire important pour protéger les individus. (European Parliamentary Research Service, 2020).

### **iv. Biais (discrimination)**

Les systèmes d'IA peuvent perpétuer ou amplifier les biais existants dans les données, entraînant des discriminations contre certains groupes sociaux. Par exemple, un système qui évalue les risques de récidive criminelle aux États-Unis a été critiqué pour sa tendance à désavantager les Afro-Américains. Il y'a également des systèmes d'IA qui ont montré une tendance à distribuer des annonces d'emplois mieux rémunérés davantage aux hommes qu'aux femmes, et un outil d'Amazon a aussi été trouvé pour privilégier les profils masculins lors des processus de recrutement. Ces exemples montrent à quel point l'IA peut involontairement amplifier les biais sociaux. (European Parliamentary Research Service, 2020).

### **v. Démocratie**

L'utilisation de l'IA peut menacer la démocratie de plusieurs manières, notamment par la propagation de fausses nouvelles et la manipulation des citoyens lors des élections. Des « cyber troupes » dans au moins 28 pays utilisent les réseaux sociaux pour manipuler l'opinion publique. Par exemple, lors des élections présidentielles en 2016 et du vote sur le Brexit au Royaume-Uni des bots Twitter ont été utilisé pour propager des fausses informations et faire de la propagande. (European Parliamentary Research Service, 2020).

### **vi. Relations et personnalité**

L'IA, pose des questions sur son impact sur nos relations et comportements. La possibilité de devenir dépendant des robots, d'être manipulé par eux, et les modifications potentielles de notre capacité à coopérer avec autrui représentent des inquiétudes significatives. (European Parliamentary Research Service, 2020).

### **vii. Droit pénal et droit de la responsabilité civile**

L'intégration de l'IA dans la société soulève la question de : Qui est responsable en cas de dommage ? Le concepteur, l'utilisateur, ou l'IA elle-même ? Par exemple si une IA financière fait une mauvaise prédiction qui entraîne une faillite, il serait difficile de déterminer qui est tenu responsable, surtout si l'IA a évolué de manière imprévisible. Il faut donc adapter des lois pour couvrir les actions autonomes de l'IA, en considérant tous les acteurs impliqués dans son développement et son utilisation. (European Parliamentary Research Service, 2020).

### **viii. Utilisation des ressources naturelles et consommation d'énergie**

L'IA augmente la demande en énergie et ressources, aggravant l'impact environnemental par l'extraction de métaux comme le nickel, le cobalt nécessaire aux batteries lithium et la production de déchets électroniques. Cependant, l'IA peut aussi être bénéfique pour l'environnement, en réduisant par exemple les émissions grâce aux véhicules autonomes. (European Parliamentary Research Service, 2020).

### **ix. Transparence, équité et contrôle**

L'IA promet de révolutionner des secteurs tels que le transport, la santé, la sécurité mais pour que ces technologies soient acceptées, elles doivent instaurer la confiance et le respect des droits humains. La transparence, l'équité et la responsabilité sont importants pour établir cette confiance.

Bien que l'IA soit vue positivement par le public, des études montrent que les gens ne sont pas encore à l'aise avec l'IA partout dans la société. Donc la supervision de l'homme reste importante pour superviser l'IA afin d'éviter des conséquences indésirables et garantir la sécurité. (European Parliamentary Research Service, 2020).

#### *2.1.6.3 Recommandation de l'UNESCO sur l'éthique de l'IA*

Les informations dont nous allons parler dans ce point ainsi que le point suivant s'inspirent intégralement du document de l'UNESCO (2022), « Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle » adoptée le 23 novembre 2021.

L'UNESCO a établi dix principes fondamentaux pour guider une utilisation éthique et responsable de l'intelligence artificielle. Avec ces directives, l'organisation aspire à ce que l'IA serve l'humanité, la société, l'environnement, tout en prévenant les problèmes potentiels. Elle vise à encourager l'utilisation de l'IA pour la paix. Ces recommandations offrent un guide qui est accepté internationalement qui ne se concentre pas seulement sur les valeurs et principes mais montre également des moyens concrets pour les mettre en pratique.

**Figure 1 : Livre - L'éthique de l'intelligence artificielle**



Le but est de fournir aux pays membres un ensemble de valeurs et principes universels, ce qui va faciliter la création de législations et politiques en matière d'IA qui soient conformes au droit international. Ci-dessous, une liste et description de quelques principes éthiques :

### **i. Principes de proportionnalité et de non-nuisance :**

Ce point insiste sur la nécessité d'éviter tout préjudice aux humains, à la société, et à l'environnement. Il met en avant l'importance de mettre en place des procédures d'évaluation des risques et des mesures préventives pour protéger les droits de l'homme, les libertés fondamentales et les écosystèmes. L'accent est mis sur le recours et le choix des méthodes d'IA, elles doivent être justifiées, adaptées, et scientifiquement solides. Enfin, dans les situations qui implique des décisions à impacts irréversibles ou concernant la vie et la mort, la décision finale doit toujours revenir à un humain et il est interdit d'utiliser l'IA pour l'évaluation sociale ou la surveillance de masse.

### **i. Sureté et sécurité :**

Afin de s'assurer que les systèmes d'IA ne nuisent pas et sont sécurisés au niveau des attaques susceptibles, il faut éviter et gérer les risques tout au long du cycle de vie de ces systèmes. Cela protège la sûreté et la sécurité des gens, de l'environnement ainsi que des écosystèmes. La sûreté et la sécurité de l'IA seront rendues possibles par l'élaboration de cadres d'accès aux données, durables et en respectant la vie privée, cela est essentielle pour former et tester correctement les modèles d'IA.

### **ii. Protection de la vie privée et des données**

Ce point met l'accent sur l'importance du respect et de la protection de la vie privée à toutes les étapes de la vie des systèmes d'IA. Il faut s'assurer que les données personnelles sont traitées de manière sécurisée et éthique. Il souligne qu'il est également important d'évaluer comment ces systèmes affectent la vie privée en prenant en compte des perspectives sociales et éthiques. Enfin, les acteurs de l'IA doivent se tenir responsables de la protection des données personnelles à chaque étape de la vie du système d'IA.

### **iii. Gouvernance et collaboration multipartites adaptives**

Lors de l'utilisation des données, il faut respecter le droit internationales et la souveraineté nationale. Cela veut dire que les États peuvent décider comment les données sont réglementées chez eux, en faisant attention à protéger la vie privée des personnes selon les normes internationales.

Ce point met aussi en évidence l'importance de collaborer afin de bien gérer l'IA avec différentes parties prenantes (gouvernements, organisations intergouvernementales, la communauté technique, la société civile, les chercheurs et universitaires, les médias, les responsables de l'éducation, les entreprises privées, les institutions de défense des droits de l'homme, les organismes de lutte contre la discrimination et les groupes de jeunes et enfants) afin de bien gérer l'IA. Cette collaboration va permettre à tout le monde de bénéficier de l'IA et également aider à faire avancer le développement durable.

### **iv. Responsabilité et redevabilité**

Les acteurs de l'IA ainsi que les États membres se doivent de respecter, protéger et promouvoir les droits humains et les libertés fondamentales tout en contribuant à la protection de l'environnement. Ces acteurs de l'IA doivent également assumer leurs responsabilités éthiques et légales conformément aux lois nationales et internationales.

L’instauration de mécanismes de surveillance, d’évaluation d’impact et de contrôle pour garantir la transparence et la redevabilité des systèmes d’IA. Ces mécanismes doivent inclure des dispositions pour protéger les lanceurs d’alerte et assurer que les opérations des systèmes d’IA soient vérifiables et traçables. Cela est important pour gérer les conflits liés aux normes des droits humains et adresser les menaces contre l’environnement et les écosystèmes, assurant ainsi que l’IA soit utilisée de manière sécuritaire et équitable.

#### **v. Transparency et explicabilité**

La transparence et l’explicabilité permettent d’assurer le respect, la protection et la promotion des droits humains et des libertés fondamentales.

Un manque de *transparence* peut empêcher de contester efficacement les décisions basées sur l’IA, portant atteinte aux droits à un procès équitable et à un recours effectif.

L’UNESCO explique qu’il est essentiel de renforcer la transparence et l’explicabilité des systèmes d’IA, y compris ceux qui opèrent au-delà des frontières nationales, à travers toutes les phases de leur cycle de vie pour favoriser une gouvernance démocratique.

Le degré de transparence et d’explicabilité doit être adaptée au contexte et aux implications potentielles, en étant en équilibre avec les autres principes tels que la protection de la vie privée, ainsi que la sûreté et la sécurité.

Les personnes affectées par des décisions basées sur l’IA devraient être informées et avoir la possibilité de demander des explications aux développeurs ou aux autorités publiques, de comprendre les raisons sous-jacentes à ces décisions, et de pouvoir faire partie de leurs observations pour réexamen ou correction.

*L’explicabilité*, consiste à rendre les résultats des systèmes d’IA traçable et compréhensibles pour les utilisateurs, en clarifiant le fonctionnement des modèles algorithmiques. Cette explicabilité est primordiale, surtout dans les cas où les impacts des applications de l’IA ne sont pas temporaires, facilement réversibles ou à faible risque. Dans de telles situations, il est important de fournir des explications compréhensibles et complètes avec chaque décision prise, pour assurer que les résultats soient transparents.

#### **vi. Supervision humaine**

Les états membre doivent garantir que la décision finale reste sous le contrôle d’un humain, assurant ainsi la responsabilité ultime. La surveillance humaine est essentielle, elle englobe la surveillance individuelle et la surveillance publique, selon le besoin. Bien que les systèmes d’IA puissent être utilisés pour améliorer l’efficacité, les décisions de déléguer des fonctions de contrôle doivent rester sous l’autorité humaine. Les humains peuvent s’appuyer sur l’IA pour des décisions et tâches, mais l’IA ne doit jamais remplacer la responsabilité humaine ni l’obligation de rendre des comptes. En principe, les décisions de vie ou de mort ne devraient jamais être confiés aux IA.

### vii. Durabilité

L'arrivée de l'IA peut soit soutenir soit nuire à ces objectifs de durabilité, en fonction de leur application dans des pays à différents niveaux de développement. Il est important de continuer à évaluer l'impact humain, social, culturel, économique et environnemental de l'IA, en intégrant pleinement les effets de ces technologies sur la durabilité. Ces évaluations doivent prendre en compte les objectifs de développement durable des Nations Unies.

### viii. Sensibilisation et éducation

Il est important de sensibiliser et de former le public sur l'IA et la valeur des données via une éducation ouverte et accessible. Cela inclut l'engagement civique, l'acquisition de compétences numériques, la formation à l'éthique de l'IA. Nous détaillerons ce point en profondeur dans la section « recommandations sur l'éthique de l'IA dans l'éducation ».

### ix. Équité et non-discrimination :

Ce point soulève l'importance pour les acteurs de l'IA de promouvoir la justice sociale, l'équité et de lutter contre toute forme de discrimination conformément au droit international. Il est important d'adopter une approche inclusive pour garantir que les bénéfices des technologies de l'IA soient accessibles à tous, en prenant en compte les besoins spécifiques de divers groupes, tels que les handicapés, les femmes, les groupes défavorisés ou marginalisés.

Les acteurs de l'IA doivent aussi s'efforcer de minimiser et éviter le plus possible les biais et discriminations dans les systèmes d'IA tout au long de leur cycle de vie.

Concernant les États membres, ils sont encouragés à favoriser un accès inclusif aux systèmes d'IA, à réduire les « fractures numériques », et à promouvoir l'équité entre les zones rurales et urbaines et entre les différents groupes sociaux. Au niveau international, les pays technologiquement avancés doivent aider les pays moins avancés à partager les bienfaits des technologies de l'IA pour contribuer à un monde plus équitable.

#### *2.1.6.4 Domaines d'actions stratégiques de l'UNESCO*

Afin de traduire les principes éthiques que nous avons énumérés ci-dessus en actions concrètes, l'UNESCO a identifié plusieurs domaines d'action clés à l'intention de ses États membres dont nous allons reprendre quelques-uns ci-dessous :

Tout d'abord, au niveau des **politiques de données**, l'UNESCO (2022) recommande aux États membres de développer des politiques de gouvernance de données. Ces politiques doivent inclure l'évaluation continue de la qualité des données d'entraînement pour les systèmes d'IA, garantir des processus de collecte et de sélection adéquats, et intégrer des mesures de sécurité ainsi que des mécanismes de retour d'information pour partager les bonnes pratiques.

Les États membres sont aussi encouragés à garantir la protection du droit à la vie privée, en adoptant des cadres législatifs qui assurent une protection adéquate des données personnelles, en particulier en tenant compte des implications de la surveillance et en promouvant l'intégration du respect de la vie privée dès la conception des systèmes.

Les États membres doivent veiller à ce que les individus gardent des droits sur leurs données personnelles avec des mesures qui garantissent la transparence, la protection appropriée des données sensibles, et l'accès à leurs propres données personnelles pour les modifier ou les effacer, comme ils le souhaitent, sauf exception légales. Les États membres doivent également s'assurer que les données personnelles sont protégées lorsqu'elles sont utilisées à des fins commerciales ou lorsqu'elles sont transférées à l'étranger.

Les politiques doivent être renforcées pour assurer la sécurité totale des données personnelles et sensibles, y compris les informations biométriques, génétiques et médicales. Par ailleurs, l'accès aux données ouvertes doit être promu en révisant les politiques existantes pour répondre aux défis posés par l'IA, en envisageant des mécanismes tels que des dépôts de données en libre accès.

Avec le soutien de l'ONU et de l'UNESCO, les États membres devraient adopter une approche « d'espace commun numérique » pour améliorer l'interopérabilité des outils, des données et des systèmes qui hébergent ces données. Et aussi encourager les entreprises privées de partager les données qu'elles collectent pour favoriser la recherche, l'innovation ou l'intérêt public.

Ensuite, au niveau de **l'environnement et les écosystèmes**. Les États membres devraient évaluer et minimiser l'impact environnemental direct et indirect des systèmes d'IA, notamment en ce qui concerne la consommation d'énergie, l'extraction de matériaux, etc. Les États membres devraient faire en sorte à ce que tous les acteurs de l'IA respectent les législations environnementales pour minimiser ces impacts.

Des incitations doivent être mises en place pour développer des IA qui favorisent la résilience écologique, la gestion des ressources naturelles, et l'adoption d'énergies durables. Ces systèmes d'IA devraient engager les communautés locales et soutenir des modèles économiques durables.

Lors du choix des méthodes d'IA, les États membres doivent veiller à ce que les acteurs de l'IA choisissent des méthodes d'IA qui minimisent la consommation de ressources, d'énergie et de données, en respectant le principe de proportionnalité. L'utilisation de l'IA doit être justifiée par des preuves d'efficacité et de bénéfices environnementaux, et le principe de précaution doit être appliqué en cas d'impacts négatifs significatifs.

Par ailleurs, **l'égalité des genres** est un aspect important où les États membre ont un rôle important à jouer. Ils doivent veiller à ce que les technologies numériques et l'IA ne perpétuent pas les inégalités existantes, mais contribuent plutôt à les réduire, y compris celles dans les salaires, l'accès à l'éducation et la représentation dans les secteurs professionnels et les postes de responsabilité.

Pour y parvenir, ils doivent allouer des fonds pour soutenir l'innovation et la recherche dans des programmes qui favorisent l'égalité des genres. Ces programmes devraient encourager la participation et l'engagement des femmes dans les domaines qu'on appelle STIM ou STEM en anglais, science, technologie, ingénierie et mathématiques et ainsi renforcer leur présence dans la recherche universitaire sur l'IA et dans l'industrie numérique.

Il est également important de créer des environnements où les stéréotypes sexistes, le harcèlement sont inexistant, où la diversité de genre est respectée et encouragée.

**Quant à l'éducation et la recherche.** Les États membres sont encouragés à collaborer avec diverses organisations, des établissements d'enseignement, etc. pour rendre l'éducation à l'IA accessible à tous, afin de rendre les gens autonomes et réduire les inégalités numériques. Ils promeuvent le développement de compétences fondamentales à l'éducation à l'IA, comme la littératie, l'écriture, le calcul, la programmation, la technologie numérique mais aussi l'éthique de l'IA, tout en mettant en œuvre des programmes de sensibilisation sur les avancées et les défis de l'IA, accessibles à tous.

Il est également important de soutenir la recherche sur l'utilisation éthique de l'IA dans l'éducation, en s'assurant que celle-ci améliore l'autonomie des élèves et enseignants sans perturber les interactions humaines ou la sécurité des données. L'objectif est de garantir que l'IA dans l'éducation profite équitablement à tous, tout en respectant les droits fondamentaux et en favorisant une expérience éducative enrichissante.

Concernant la **santé et le bien-être social**, Les États membres doivent intégrer l'IA dans le domaine de la santé tout en respectant les droits humains et en maintenant une attention aux implications éthiques. Ils doivent réguler les technologies d'IA pour garantir leur sécurité et respect de la vie privée, en particulier en santé mentale, en impliquant les patients et professionnels dans leur développement. La réduction des biais et le maintien des décisions médicales sous contrôle humain sont essentiels. Il est important de mener des recherches approfondies sur les effets à long terme de l'IA, en se concentrant sur les conséquences psychologiques et cognitives, notamment les impacts sur la santé mentale tels que la dépression, l'anxiété et l'isolement social.

Les interactions humain-robot doivent être guidées par des principes qui respectent les valeurs humaines et protègent les utilisateurs, particulièrement les enfants et les populations vulnérables. Les jeunes doivent être activement impliqués dans les discussions sur l'impact futur de l'IA, afin de promouvoir un développement responsable et éthique des technologies.

Enfin, en ce qui concerne **l'économie et le travail**, les États membres doivent être attentifs à l'effet que l'IA a sur le marché du travail en adaptant les compétences adaptées, telles que la communication et la pensée critique, afin de préparer les travailleurs à une économie qui évolue. Il est aussi important de renforcer la collaboration entre les établissements d'enseignement, les entreprises, la société civile et les organisations des travailleurs pour aligner les formations avec les besoins futurs du marché.

Des programmes de reconversion et de protection sociale doivent être mis en place pour soutenir les employés affectés par l'automatisation. Par ailleurs, la recherche sur les impacts locaux de l'IA aidera à anticiper les futurs défis. Les États membres doivent également veiller à prévenir les abus de position dominante sur le marché et à promouvoir une concurrence équitable, en se concentrant particulièrement sur le soutien aux pays moins développés.

#### *2.1.6.5 Outils méthodologiques pour la mise en œuvre*

Afin de soutenir les États membres dans l'application de ces recommandations, l'UNESCO propose deux outils méthodologiques :

- i. **The Readiness Assessment Methodology (RAM)**, en français cela se traduit en Méthodologie d'Évaluation de la Préparation. Cet outil permettra aux États membres de voir s'ils sont prêts à appliquer les recommandations de l'UNESCO. Le but est de savoir où les pays membres en sont et d'autres part fournir une base sur laquelle l'UNESCO peut leur amener une aide sur mesure.
- ii. **The Ethical Impact Assessment (EIA)**, en français cela se traduit par l'Évaluation d'Impact Éthique (EIE). Cet outil permet d'identifier qui pourrait être affecté négativement et de quelle manière ainsi que les mesures de prévention nécessaires. Cela implique une collaboration avec les communautés concernées.

#### *2.1.7 Les limites*

L'IA peut effectuer tâches qui sont identiques à celles d'un être humain mais il y'a certaines choses qu'une machine ne pourra jamais faire. Alan Turing en cite plusieurs exemples, tels que la capacité à avoir un sens de l'humour, tomber amoureux, apprécier des fraises, etc. (Russell & Norvig, 2020, p. 982)

Par ailleurs, les ordinateurs ne peuvent pas capturer ou imiter le comportement humain. Selon Alan Turing le comportement humain est trop complexe pour être réduit à des règles strictes que l'on pourrait programmer dans un ordinateur, c'est-à-dire qu'il y'a des aspects de notre pensée et de nos actions qui ne peuvent pas être complètement définies par des règles, montrant ainsi qu'il existe une barrière majeure à la capacité des ordinateurs de reproduire exactement l'intelligence des êtres humains. (Russell & Norvig, 2020, p. 981-982)

De plus la qualité et la quantité des données disponibles sont extrêmement importantes, car des données biaisées, incomplètes ou de mauvaise qualité peuvent entraîner des erreurs ou nuire aux performances des systèmes.

En ce qui concerne, les modèles d'IA comme les LLM (modèles de langage à grande échelle), qui sont des systèmes d'intelligence artificielle conçus pour générer du texte à partir de vastes ensembles de données, ne comprennent pas réellement le contenu, le contexte ou les concepts comme les êtres humains. Ils ne font que reconnaître des motifs et prédire des suites logiques à partir des données qu'ils ont apprises, sans véritable conscience des mots au-delà de leur représentation numérique. (Carpenter, 2024)

Enfin il y'a la difficulté d'évaluer de manière significative l'intelligence des machines uniquement via leur capacité à imiter le comportement humain dans une conversation. Bien que certains programmes aient trompé des personnes dans des conversations écrites, cela ne signifie pas nécessairement qu'ils possèdent une compréhension ou une intelligence réelle. (Russell & Norvig, 2020, p. 984)

## 2.2 Domaines d'applications

Aujourd'hui l'intelligence artificielle prend de plus en plus de place dans plusieurs domaines, voici quelques-uns où l'intelligence artificielle est présente :

### 2.2.1 Transport

L'IA rend les déplacements sur les routes plus sûrs et efficaces. Elle pilote des véhicules autonomes pour diminuer les accidents, aide à mieux gérer le trafic pour éviter les embouteillages, et rend les livraisons plus vertes avec des drones comme livreur de colis. Elle améliore également les transports publics en adaptant les horaires selon la demande des passagers.

### 2.2.2 Commerce

Dans le commerce en ligne, l'IA prédit ce que les gens veulent acheter, gère les stocks, et protège contre la fraude par carte de crédit ou les faux avis en ligne par exemple. Elle recommande des produits en se basant sur ce que les clients ont déjà regardé ou acheté.

### 2.2.3 Santé

En santé, l'IA aide à organiser les dossiers, planifier des rendez-vous, et même réaliser des opérations avec plus de précision grâce à des robots. Elle aide également à diagnostiquer les maladies plus tôt en analysant les données des patients.

Les sociétés pharmaceutiques aussi utilisent l'IA pour analyser des données historiques et modernes pour découvrir de nouveaux médicaments.

### 2.2.4 Finance

Les banques et les sociétés financières utilisent l'IA pour surveiller les comptes, détecter la fraude, évaluer le risque des prêts, et aider à prendre de meilleures décisions financières avec des systèmes automatiques.

### *2.2.5 Droit*

L'IA est aussi présente dans le domaine du droit. Par exemple l'IA est capable de lire une jurisprudence pour trouver des arguments clés, estimer les chances de gagner un procès et même calculer le montant potentiel des indemnités.

### *2.2.6 Les réseaux sociaux*

Sur les réseaux sociaux, l'IA analyse comment les gens interagissent avec le contenu pour aider à montrer des publicités ciblées, suggérer des postes intéressants, et combattre le harcèlement en ligne.

### *2.2.7 Agriculture*

L'IA aide les agriculteurs à savoir quand et quoi planter en analysant le sol et le climat. Elle aide aussi à combattre les parasites et à récolter plus rapidement et efficacement grâce à des robots.

### *2.2.8 Marketing*

Les équipes marketing utilisent l'IA pour comprendre rapidement ce que veulent les clients, personnaliser les annonces, et rendre les campagnes plus efficaces en ajustant les stratégies en temps réel.

### *2.2.9 Énergie*

L'IA transforme le secteur de l'énergie en rendant la gestion et l'utilisation de l'énergie plus intelligentes. Elle aide à équilibrer l'énergie nécessaire et disponible, prévoir combien d'énergie sera utilisée, rendre les énergies renouvelables plus efficaces et trouver des façons de moins consommer. L'IA contribue aussi à améliorer les batteries et autres moyens de stocker l'énergie, en analysant les données pour mieux gérer leur charge et prolonger leur vie.

### *2.2.10 Environnement*

L'IA joue un rôle important dans le domaine environnemental. Elle est utilisée pour étudier le climat, suivre la pollution, sauver des animaux en danger, et prédire les catastrophes naturelles. L'IA permet de mieux comprendre les changements climatiques, surveiller où et comment la pollution se propage, protéger des espèces à risque, et anticiper des événements naturels dévastateurs pour agir à temps.

### *2.2.11 Sécurité*

L'IA révolutionne la sécurité en aidant la police et les experts en cyber sécurité. Elle est utilisée pour reconnaître des visages, surveiller des zones et repérer des dangers. L'IA permet de lutter contre les crimes en ligne en détectant et arrêtant les menaces rapidement. L'IA aide aussi à créer des moyens plus sécurisés pour vérifier l'identité comme la reconnaissance d'empreinte, les yeux, ou la voix. Ces techniques sont plus sécurisées que les vieux mots de passe ou les badges, car elles se basent sur des caractéristiques difficiles à falsifier.

## 2.3 Contexte théorique

### 2.3.1 Raisonnement automatique

Le **raisonnement automatique** est essentiel à l'intelligence artificielle, permettant la création de systèmes autonomes capables de déduire **logiquement** des conclusions à partir de **données** spécifiques, sans intervention humaine. Ce processus s'appuie sur des connaissances codées dans un langage formel, défini rigoureusement par sa syntaxe, pour structurer les expressions et sa sémantique, pour clarifier les expressions. Ainsi, il dote les machines de la capacité de penser logiquement en examinant les informations disponibles et en appliquant des règles prédéfinies pour générer de nouvelles connaissances (Mattei & Villata, 2022 ; André, 2023).

Quelques cas d'utilisation du raisonnement automatisé :

Le raisonnement automatisé est essentiel pour prouver des **théorèmes** en mathématiques et valider la fiabilité des logiciels en informatique, garantissant ainsi que les programmes et algorithmes essentiels fonctionnent correctement, ce qui augmente la sécurité des systèmes informatiques. (André, 2023).

Dans le **traitement du langage naturel (NLP)**, le raisonnement automatisé enrichit la capacité des systèmes d'IA à interpréter et générer le langage humain. Des applications telles que les chatbots et les assistants personnels, comme Siri et Alexa, dépendent du **NLP** et du raisonnement automatisé pour traiter efficacement les instructions vocales et interagir avec les utilisateurs. (André, 2023).

En **robotique**, l'application du raisonnement automatisé permet aux robots de naviguer de manière autonome dans des milieux complexes et de s'adapter à de nouvelles circonstances. (André, 2023). Par exemple dans le secteur de l'agriculture où les robots peuvent effectuer des tâches comme la plantation, l'arrosage, la récolte etc. de façon autonome, ce qui permet aux agriculteurs de voir leurs ressources et la productivité des exploitations s'améliorer.

Les **systèmes experts** représentent une branche d'IA qui imite l'expertise d'un humain, spécifique à des domaines tels que la médecine, le droit ou l'ingénierie, en exploitant le raisonnement pour formuler des décisions et des solutions. Par exemple, dans le secteur de la santé, ils analysent les symptômes et la documentation médicale pour aider au diagnostic des maladies. (André, 2023).

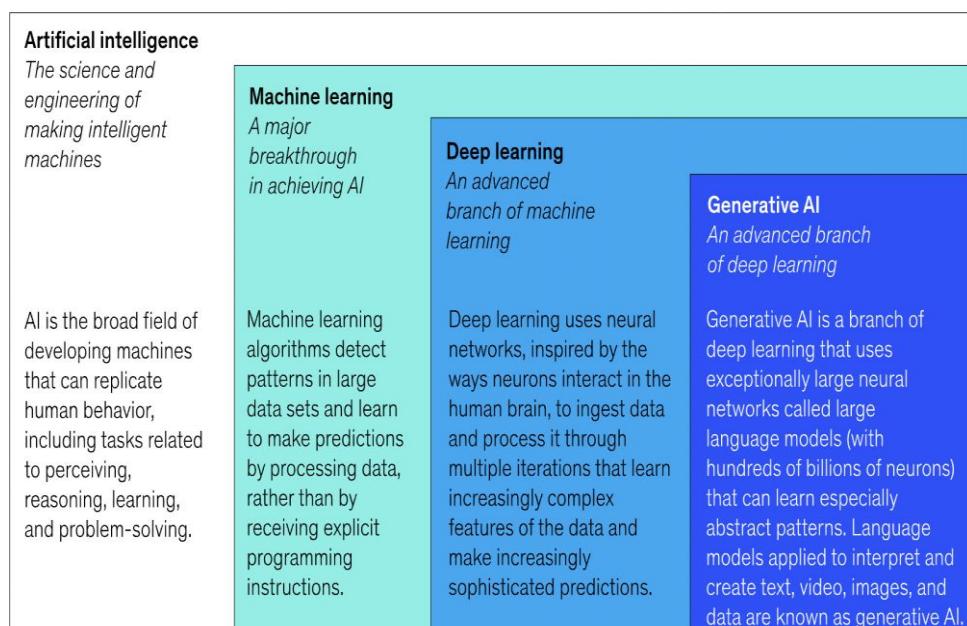
Après avoir exploré comment le raisonnement automatique permet aux systèmes d'IA de fonctionner de manière logique et structurée, nous allons maintenant nous tourner vers l'apprentissage automatique, une discipline qui offre aux machines la possibilité d'apprendre et d'évoluer à partir de données.

### 2.3.2 Apprentissage automatique « Machine Learning »

L'**apprentissage** est le processus par lequel un agent améliore sa capacité à résoudre des problèmes en observant son environnement, allant de tâches quotidiennes simples à des découvertes scientifiques majeures. Quand cet agent est un ordinateur, nous parlons d'**apprentissage automatique**, « **machine learning** ». Ce processus implique que l'ordinateur apprennent en analysant des données pour construire un modèle qui lui permet ensuite de faire des hypothèses et de résoudre des problèmes. (Russel & Norvig, 2020).

L'**apprentissage automatique** est essentiel car les concepteurs ne peuvent pas prévoir toutes les variables futures et ne savent pas toujours programmer directement certaines compétences, comme la reconnaissance faciale, sans passer par l'apprentissage machine. (Russel & Norvig, 2020).

**Figure 2** : Evolution de l'intelligence artificielle



*Source : Qu'est-ce que le machine learning (ML) ? / IBM. (n.d.). <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/machine-learning>*

L'apprentissage automatique comprend une sous-catégorie déterminante, l'**apprentissage profond**, « **deep learning** ». Cette sous-catégorie elle-même englobe l'**IA générative**, « **generative AI** » une branche avancée qui a capté l'attention du monde entier ces deux dernières années grâce à des innovations telles que ChatGPT. Plus loin, je détaillerai ces branches spécialisées de l'intelligence artificielle. Pour l'instant, un schéma annexé ci-dessous illustre ces concepts. L'apprentissage automatique est divisé en trois classes différentes :

#### *2.3.2.1 Apprentissage supervisé*

L'apprentissage supervisé se produit quand un système informatique apprend à partir d'exemples préparés, où chaque exemple est une paire composée d'une entrée (comme une image) et d'une sortie attendue qui est appelé **étiquette**. Le but est que le système apprenne à prédire la sortie correcte pour de nouvelles entrées basées sur ces exemples. (Russell & Norvig, 2020). C'est un peu comme apprendre à reconnaître les fruits en regardant des images étiquetées. Si on vous montre assez d'images de pommes avec l'étiquette "pomme", vous commencerez à identifier les pommes même sans étiquette. De même, le système apprend à faire des prédictions précises en se basant sur les exemples qu'il a vus pendant la formation.

Plusieurs techniques algorithmiques sont utilisées pour l'apprentissage supervisé comme par exemple la méthode des arbres de décisions que j'analyserai dans la partie mathématiques et algorithmes.

#### *2.3.2.2 Apprentissage non supervisé*

L'apprentissage non supervisé permet à un système d'identifier des motifs ou des structures dans des données qui ne sont pas étiquetées. Cela implique de regrouper les données en catégories basées sur leurs ressemblances. La tâche la plus commune de cette forme d'apprentissage est le **regroupement**, ou "**clustering**", qui consiste à découvrir des groupes utiles ou pertinents d'exemples dans les données. (Russell & Norvig, 2020)

Prenons l'exemple que nous recevons des millions de photos diverses d'Internet sans aucune information sur leur contenu. En observant ces images, nous pourrons commencer à voir des groupes de photos qui se ressemblent beaucoup. Par exemple, sans savoir qu'il s'agit de « lions », le système peut regrouper toutes les photos qui partagent des caractéristiques communes à ce que nous appelons un lion. Cela se fait sans que personne n'ait à lui dire explicitement ce que sont les lions, simplement en analysant les similarités entre les images.

Par exemple, en médecine, ce type d'apprentissage peut identifier des patterns dans des images médicales qui pourraient indiquer la présence de pathologies avant même que les médecins ne les diagnostiquent eux-mêmes.

Dans le domaine du marketing, l'apprentissage non supervisé peut analyser des bases de données client pour regrouper les consommateurs en fonction de leurs comportements d'achat similaires, ce qui va permettre aux entreprises de mieux cibler leurs publicités.

### 2.3.2.3 Apprentissage par renforcement

L'apprentissage par renforcement permet à un système d'améliorer ses performances en apprenant de ses erreurs et succès à travers un processus d'essais et d'erreurs. Il reçoit des récompenses pour les actions correctement exécutées et des pénalités pour les erreurs.

En observant de manière complète ou partielle son environnement, le système prend des décisions et ajuste ses actions en fonction de l'efficacité observée, visant à maximiser les gains totaux de récompenses.

Par exemple, dans l'apprentissage du jeu d'échecs, le système gagne un point pour une victoire et perd un point pour une défaite. De même, lors de l'entraînement d'un robot pour qu'il se déplace rapidement, des récompenses sont attribués chaque fois que le robot atteint une certaine distance.

Il faut savoir que tous les jours, nous rencontrons des exemples d'apprentissage automatique, quelques exemples ci-dessous (*Qu'est-ce Que Le Machine Learning (ML) ? / IBM, s.d.*) :

- i. **La reconnaissance vocale** qui permet de retranscrire la voix d'un individu en format écrit comme ou effectuer des recherches vocales comme avec Siri d'Apple, Google, etc.
- ii. **Les services client** : où des agents conversationnels en ligne, autrement appelé assistant virtuel ou vocaux, que l'on retrouve sur les sites Web, Facebook, Messenger, etc. remplacent le travail d'un humain en répondant aux questions fréquentes, en fournissant des conseils personnalisés, etc.
- iii. **Les moteurs de recommandations** où les algorithmes d'IA analysent les habitudes de consommations des gens afin de déceler les tendances, permettant ainsi aux boutiques en ligne de proposer des recommandations de produits ciblés aux clients lors du règlement de leurs achats.

Les banques et autres institutions financières peuvent utiliser l'apprentissage automatique dans la **détection des fraudes**. En effet, l'apprentissage supervisé, utilise des données préalablement étiquetées. Dans ce cas, il s'agirait de transactions frauduleuses connues afin d'entraîner un modèle à repérer les anomalies. Cela permet d'identifier les transactions inhabituelles.

### *2.3.3 Apprentissage profond « Deep Learning »*

L'apprentissage profond, une méthode avancée de l'apprentissage automatique, est capable de traiter et d'analyser une large gamme de données, incluant du texte et des images. Cette sous-catégorie de l'apprentissage automatique nécessite moins d'intervention humaine.

Le terme « profond » fait référence à la structure de ces circuits qui possèdent plusieurs couches ou niveaux. Chaque couche extrait des caractéristiques de plus en plus complexes. Par exemple, une première couche peut identifier des nuances de couleurs et des formes, tandis qu'une couche suivante peut interpréter ces couleurs et formes comme des éléments d'un visage.

L'apprentissage profond utilise le même processus d'itération que l'apprentissage automatique, pour s'améliorer de manière continue et améliorer ses prédictions (*What Is AI (Artificial Intelligence)?*, 2024).

Par exemple, une fois qu'il a appris à identifier les éléments du visage, il pourra reconnaître ces mêmes traits dans de nouvelles images. Cette structure en profondeur imite, de manière simplifiée, le fonctionnement des neurones dans le cerveau humain, malgré ce soit pourquoi ces modèles sont appelés « réseaux neuronaux » même si cela reste superficielle. (Russell & Norvig, 2020)

### *2.3.4 L'IA générative*

L'IA générative est une branche avancée du deep learning. Elle a rendu l'intelligence artificielle populaire et accessible au grand public, notamment grâce à l'apparition de technologies comme ChatGPT. Depuis ces deux dernières années, cette forme d'IA permet à chacun de créer facilement du contenu varié, transformant des tâches autrefois complexes comme la rédaction d'articles, la génération d'images ou la production de vidéos, etc.

Elle modifie la manière dont nous utilisons les outils informatiques, en rendant des activités créatives accessibles sans compétences spécialisées préalables. Cette révolution technologique ouvre de nouvelles possibilités dans beaucoup de secteurs mais aussi dans notre quotidien, rendant l'IA un outil indispensable.

L'IA générative a un important impact sur l'économie. Selon McKinsey, l'utilisation de l'IA a plus que doublé en cinq ans, et les applications d'IA génératives pourraient rapporter jusqu'à 4 400 milliards de dollars à l'économie mondiale chaque année (*What Is Generative AI*, 2024). Selon eux, il se peut qu'au cours de prochaines années à venir, toutes les technologies, industries médiatiques, etc. qui ne sont pas liées à l'IA deviendront inutiles ou inefficaces.

#### *2.3.4.1 Fonctionnement de l'IA générative*

Historiquement, l'apprentissage automatique dominait le domaine de l'intelligence artificielle, principalement concentré sur l'apprentissage aux machines de faire des prédictions à partir de données existantes. L'IA générative, cependant, s'appuie sur les principes de l'apprentissage automatique pour permettre d'apprendre à partir de données mais elle va aussi au-delà de ça : elle crée de nouvelles données qui ressemblent aux caractéristiques des entrées originales (SAP, s.d.). On peut comparer ce processus à un peintre qui s'inspire de la réalité pour créer quelque chose de nouveau.

De manière plus simple, L'IA générative fonctionne en capturant une grande quantité de données, puis en utilisant ces données pour générer de nouveaux contenus selon des instructions fournies, souvent appelées « prompts ». Ces systèmes peuvent créer du texte, des images, de la musique et d'autres formes de contenu en s'appuyant sur les données qu'ils ont apprises.

Selon Phillip Isola, professeur au MIT, « les distinctions entre l'IA générative et les autres types d'IA peuvent être un peu floues, car, souvent les mêmes algorithmes peuvent être utilisés pour les deux » (MIT, 2023).

#### *2.3.4.2 Les étapes clés du processus de l'IA générative (SAP, s.d)*

- i. **La collecte de données** : Cette étape consiste à collecter un grand volume de données servant de base au système. (SAP, s.d)
- ii. **Entraînement du modèle** : A cette étape, un modèle d'IA génératif est élaboré en utilisant des réseaux neuronaux pour que le modèle apprenne à identifier et à reproduire les structures et les motifs présent dans les données récoltées. (SAP, s.d)
- iii. **Génération de contenu** : Une fois formé, le modèle peut créer de nouveaux contenus. Il le fait soit en échantillonnant dans l'**espace latent**, une représentation mathématique où chaque point correspond à une version potentielle du type de données que le modèle apprend à générer, soit à travers un **réseau de génération**, partie du système qui crée les nouvelles données, utilise ces échantillons pour produire des résultats qui ressemblent aux exemples sur lesquels il a été formé. (SAP, s.d)
- iv. **Ajustement** : Le contenu généré peut ensuite être affiné ou ajusté selon les besoins spécifiques de l'utilisation prévue, afin d'améliorer sa qualité ou de le rendre plus adapté à des demandes spécifiques. (SAP, s.d)

#### *2.3.4.3 Modèles d'IA générative (SAP, s.d)*

L'IA générative se manifeste sous différentes formes, chacune a ses particularités et est adaptée à des applications spécifiques. Les trois principales catégories de modèles d'IA générative sont :

- i. **Les modèles « Transformer »** : Ces modèles, tels que les modèles GPT-3 et 4, sont essentiels pour la génération de textes. Ils utilisent une architecture avancée qui leur permet d'analyser l'ensemble du contexte d'un texte donné pour produire des réponses pertinentes et extrêmement cohérentes. Cela les rend efficaces pour des applications tels que la conversation automatisée ou la génération de contenu écrit comme ChatGPT.
- ii. **Réseaux antagonistes génératifs (GAN)** : Les GAN sont composés de deux éléments clés : un **générateur** et un **discriminateur**. Le générateur génère de nouvelles données, tandis que le discriminateur évalue leur authenticité. (SAP, s.d.) Ils entament un petit duel où le générateur s'efforce de tromper le discriminateur en créant des données indiscernables des vraies, et le discriminateur lui va s'améliorer de manière continue pour démasquer les fausses. Ce processus permet au GAN de produire des données extrêmement réalistes, utiles dans les domaines de l'art numérique, de la modélisation 3D, etc.

**iii. Auto-encodeurs variationnels (VAE) :** Les VAE est un modèle qui encodent des données dans une forme compacte, appelée espace latent, et les décendent ensuite pour générer de nouvelles données (SAP, s.d.) Au cours de l'encodage, ils introduisent une variation aléatoire, ce qui permet de générer diverses sorties qui sont similaires mais pas identiques aux données d'origine. Je détaillerais cette méthode en profondeur dans le point mathématiques et algorithmes.

Cependant, l'utilisation de l'IA générative comporte des défis. Bien que l'IA générative peut créer presque toute sorte de contenu très convaincants, elle est aussi susceptible de reproduire des erreurs ou de générer des contenus inappropriés, ce qui pose des défis en termes de fiabilité et sécurité éthique.

Les applications de l'IA générative sont vastes et peuvent transformer de nombreux secteurs. Elle permet aux développeurs de générer du code rapidement et produit, en marketing, des textes adaptés à des campagnes spécifiques, améliorant ainsi l'efficacité et la créativité. En médecine, elle améliore la qualité des images médicales. Néanmoins, ces avancées ne sont pas sans risques. Les contenus biaisés ou offensants peuvent entraîner des conséquences légales et nuire à la réputation des organisations (What Is Generative AI, 2024).

Pour gérer ces risques, il est important, par exemple, que les concepteurs d'IA sélectionnent attentivement les données utilisées pour l'entraînement des modèles et maintiennent une supervision humaine sur les contenus générés. Cela va permettre non seulement de minimiser les biais mais aussi d'assurer que les sorties sont pertinentes et appropriés, des points que j'ai déjà explorés dans la section sur les principes éthiques plus haut dans ce document. (What Is Generative AI, 2024).

### 2.3.5 Mathématiques et algorithmes liés à l'IA

#### 2.3.5.1 Minimisation du risque empirique (MRE)

La **minimisation du risque empirique** (MRE), appelé en anglais **Empirical Risk Minimisation** (ERM), est une stratégie utilisée dans l'apprentissage automatique supervisé, qui vise à trouver une fonction mathématique à partir d'un ensemble de modèles potentiels qui minimise les erreurs sur un ensemble de données d'entraînement donné. L'objectif principal de la méthode MRE est de permettre à un modèle non seulement de bien fonctionner sur les données dont il a tiré des enseignements, mais également de prédire avec précision les résultats sur de nouvelles données invisibles, garantissant ainsi une généralisation efficace. (Deisenroth, Faisal et Ong, 2019)

La **fonction de perte** est la clé de la méthode MRE. Il mesure les écarts entre les prédictions du modèle et les résultats réels des données, quantifiant les erreurs du modèle. Par exemple, dans **les tâches de régression**, qui impliquent de prédire des valeurs continues telles que les prix ou les températures, **la perte d'erreur quadratique (Least-Squares Loss)** est couramment utilisée. Elle mesure le carré de la différence entre les valeurs prédites et les valeurs réelles, reflétant l'écart avec les prédictions. (Deisenroth, Faisal et Ong, 2019)

Pour éviter le **surajustement**, c'est-à-dire que le modèle ne s'adapte trop aux particularités spécifiques des données d'entraînement, **des techniques de régularisation** également appelé **pénalités** sont appliquées, comme par exemple la **pénalité L1** autrement appelé **régularisation Lasso**<sup>3</sup>, qui inclut une pénalité basée sur les valeurs absolues des coefficients, qui peut réduire certains coefficients à zéro, sélectionnant efficacement les caractéristiques les plus pertinentes en éliminant les moins pertinentes. (Deisenroth, Faisal et Ong, 2019)

**La généralisation**, un aspect essentiel de la méthode MRE, est évaluée à l'aide de techniques telle que **la validation croisée** qui implique de diviser les données en plusieurs segments et de former et tester systématiquement le modèle sur ces segments pour simuler ses performances sur des données indépendantes. (Deisenroth, Faisal et Ong, 2019)

La MRE n'est pas simplement une méthode pour réduire l'erreur sur un ensemble de données d'entraînement, mais une approche complète qui englobe la modélisation, l'évaluation et l'optimisation des modèles d'apprentissage automatique. Cette approche assure que le modèle apprend non seulement les données de formation mais est également capable de faire des prédictions précises et fiables sur de nouvelles données. La méthode MRE joue donc un rôle important dans le développement de modèles d'apprentissage automatique supervisé.

---

<sup>3</sup> Least Absolute Shrinkage and Selection Operator

### *2.3.5.2 Classification avec les machines à vecteurs de support (SVM)*

#### **i. Classification binaire**

Les SVM sont des outils algorithmiques d'apprentissage automatique puissants principalement utilisés pour des tâches de classification binaire. Ils permettent de distinguer efficacement entre deux classes, marquées +1 ou -1, ce qui les rend distinctifs pour des applications nécessitant une distinction nette et précise entre deux catégories. (Deisenroth, Faisal et Ong, 2019)

#### **ii. Modèle linéaire et transformations**

Une force majeure des SVM est leur capacité à intégrer des non-linéarités dans un modèle linéaire via des transformations des données d'entrée. Cette technique permet aux SVM de traiter des données complexes et de grande dimension, leur donnant un avantage significatif dans des scénarios où les relations entre les variables ne sont pas directement linéaires. (Deisenroth, Faisal et Ong, 2019)

#### **iii. Utilisation des noyaux « Kernels » pour surmonter la non-linéarité**

Les SVM exploitent des fonctions de noyau pour résoudre des problèmes de classification non linéaires. Cette approche permet aux SVM de transformer les espaces de données de manière que les classes soient séparables par un **hyperplan** dans un nouvel espace de dimension supérieure. Cela rend les SVM extrêmement efficaces même dans des situations où les données ne sont pas séparables linéairement dans leur forme originale. (Deisenroth, Faisal et Ong, 2019)

#### **iv. Applications des SVM dans la maintenance prédictive**

Les SVM sont également utilisées dans le domaine de la maintenance prédictive, une approche proactive qui vise à anticiper les pannes des équipements en analysant les données de fonctionnement pour prévoir les défaillances futures. Par exemple, Lopez (2023), a appliqué les SVM pour prédire les erreurs critiques dans une flotte de machines industrielles. Cette méthode s'est révélée prometteuse en termes de précision, même si, au final, les réseaux de neurones artificiels ont offert les prédictions les plus fiables.

### *2.3.5.3 Algèbre linéaire*

Les **réseaux de neurones artificiels**, qui sont au cœur de nombreuses applications d'intelligence artificielle, reposent essentiellement sur l'algèbre linéaire. Ces réseaux sont composés de neurones artificiels qui imitent, à une certaine échelle, le comportement des neurones dans le cerveau humain. Chaque neurone dans un réseau reçoit des entrées, les **combine linéairement** en utilisant une série de poids et de biais, et puis applique une fonction non linéaire pour générer une sortie.

La **combinaison linéaire** est un concept d'algèbre linéaire où plusieurs valeurs sont multipliées par des coefficients fixes et additionnés ensemble, ce qui forme la base calculatoire des interactions dans un réseau.

Un exemple serait la reconnaissance d'images. Lorsqu'une image est téléchargée pour être analysée, où chaque nombre représente l'intensité d'un pixel. Les réseaux de neurones vont traiter ces nombres en utilisant l'algèbre linéaire en utilisant l'algèbre linéaire pour identifier des motifs ou des objets dans l'image, comme distinguer un chat d'un chien.

#### 2.3.5.4 *Calcul différentiel et optimisation*

Dans le processus d'apprentissage des réseaux de neurones, l'objectif principal est d'améliorer les prédictions du réseau en ajustant certains paramètres appelés "poids". Pour cela, il faut utiliser un processus d'**optimisation** visant à réduire la "fonction de perte". Comme j'ai déjà expliqué dans la minimisation du risque empirique, cette fonction mesure les écarts entre les prédictions du modèle et les résultats réels des données, quantifiant les erreurs du modèle.

Le **calcul différentiel** entre en jeu pour trouver les valeurs de poids qui minimisent la fonction de perte, un processus connu sous le nom de **descente de gradient**. Le **gradient**, qui est un vecteur indiquant la direction dans laquelle l'erreur augmente le plus rapidement. Pour minimiser la fonction de perte, il faut ajuster les poids dans la direction opposée au gradient. Cela est fait de manière répétitive à travers le réseau, ajustant les poids à chaque étape dans la bonne direction, jusqu'à ce que le réseau ait connaissance des meilleurs poids pour faire des prédictions précises.

Dans le domaine de la recommandation de films, par exemple, Netflix, les réseaux de neurones analysent les habitudes d'achat ou les préférences de visionnage des utilisateurs. Le calcul différentiel est utilisé pour ajuster les poids du réseau de manière à minimiser les erreurs dans les recommandations. Par exemple, si un utilisateur aime un certain genre de films, le réseau apprendra à recommander d'autres films de ce genre, en ajustant les poids pour réduire la différence entre les films que l'utilisateur aime et ceux que le système pense qu'il aimera.

Un autre exemple serait les véhicules autonomes qui utilisent des réseaux de neurones pour traiter les données sensorielles et prendre des décisions de conduite. L'optimisation joue un rôle important le réseau doit apprendre à réagir de manière optimale dans diverses situations de circulation pour maximiser la sécurité et l'efficacité du véhicule. En utilisant des techniques d'optimisation, le véhicule va ajuster continuellement les paramètres de son modèle d'IA pour améliorer sa capacité à naviguer correctement dans son environnement, par exemple en ajustant sa trajectoire pour éviter un obstacle.

### 2.3.5.5 Arbre de décision

L'arbre de décision est une approche algorithmique utilisée dans l'apprentissage automatique supervisé.

Elle permet de classer la valeur d'une cible en fonction de plusieurs entrées. Un arbre de décision se construit à partir d'un ensemble de données d'entraînement où chaque donnée est déjà étiquetée avec une sortie.

L'arbre est constitué de **nœuds** et de **branches**. Chaque nœud représente un « test », ou « une question » posée sur une caractéristique des données, appelée **attribut** par exemple, l'âge d'une personne. Cela permet de diviser les données en groupes plus homogènes. Les **branches** sont les réponses possibles à la question posée au nœud. Chaque **branche** conduit à un autre nœud ou à une **feuille**. Les **feuilles** sont les nœuds terminaux de l'arbre qui donnent le résultat final de la décision, c'est-à-dire la classification pour l'instance examinée.

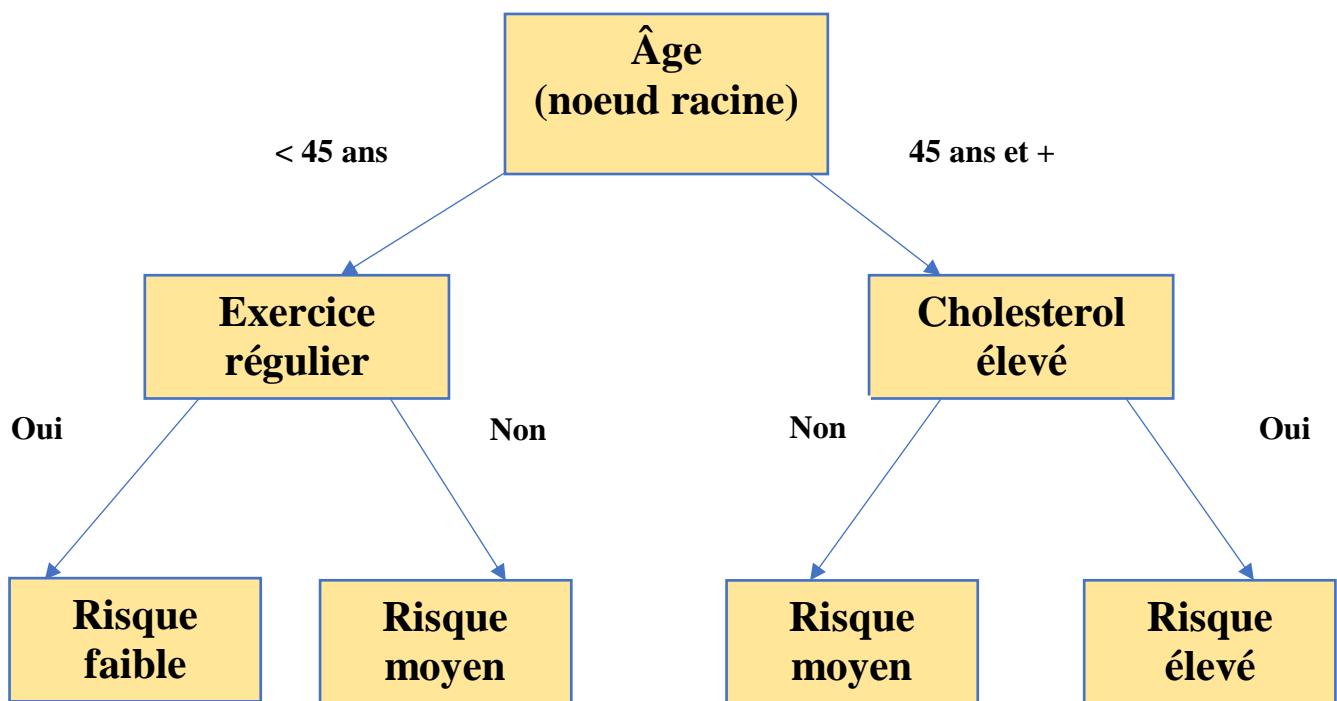
L'arbre est construit en choisissant à chaque étape l'attribut qui maximise le gain d'informations, une mesure basée sur la réduction de l'entropie. L'entropie mesure la similitude des données dans un groupe : elle est faible si la plupart des données dans le groupe sont similaires (c'est-à-dire qu'elles appartiennent à la même classe) et élevée si les données sont diverses (c'est-à-dire réparties entre plusieurs classes). L'attribut qui réduit le plus cette entropie est alors choisi pour diviser les données, simplifiant progressivement la complexité du problème. (Bienvenu, n.d.).

Pour illustrer, considérons un exemple où un arbre de décision est utilisé pour évaluer le risque cardiaque basé sur l'âge, le cholestérol et l'activité physique. Le tableau suivant montre comment ces attributs sont utilisés pour classifier le risque :

Tableau 2 : Données de règle de classification

Âge	Cholestérol Élevé	Exercice régulier	Risque cardiaque
Moins de 45	-	Oui	Faible
Moins de 45	-	Non	Moyen
45 ans et +	Non	-	Moyen
45 ans et +	Oui	-	Élevé

**Figure 3 : Arbre de décisions**



Le **noeud racine** de notre **arbre** examine l'âge du patient et se divise en deux **branches** principales. Si le patient a **moins de 45 ans**, nous suivons la branche qui mène au noeud « **Pratique d'exercice** », où une nouvelle division a lieu. Si le patient a **45 ans ou plus**, la branche mène à un noeud qui examine le niveau de cholestérol.

Pour les patients de **moins de 45 ans**, les branches issues du noeud « **Pratique d'exercice** » mènent à deux niveaux de risque cardiaque. Les patients qui pratiquent régulièrement de l'exercice (branche "oui") aboutissent à une **feuille** indiquant un **risque faible**. Ceux qui ne pratiquent pas régulièrement de l'exercice (branche "non") aboutissent à une **feuille** indiquant un **risque moyen**.

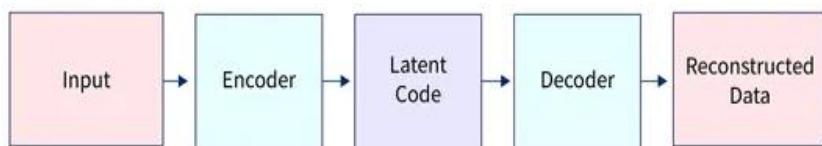
Pour les patients de **45 ans et plus**, les branches issues du noeud de cholestérol déterminent le risque suivant : ceux avec un **cholestérol normal** suivent une branche vers une **feuille** avec un **risque moyen**, tandis que ceux avec un **cholestérol élevé** suivent une autre branche vers une **feuille** où le risque est évalué comme **élevé**.

Les arbres de décision sont également largement utilisés dans le domaine de la **maintenance prédictive** pour classifier les erreurs critiques et non critiques à partir des données de logs des machines. Les logs sont des enregistrements détaillés des activités ou événements survenus au sein des systèmes informatiques ou des machines (Lopez, 2023). Par exemple, dans une étude menée par Lopez en 2023, des arbres de décision ont été appliqués pour prédire les erreurs critiques dans les machines de découpe textile, avec une structuration des données inspirée du paradigme **Multiple Instance Learning (MIL)**. Le Multiple Instance Learning est une technique d'apprentissage où les données sont organisées en groupes appelés "bags", chacun contenant plusieurs instances. Une étiquette est assignée à l'ensemble du bag plutôt qu'aux instances individuelles (Dietterich et al., 1997). Cette approche a permis d'améliorer la fiabilité des prédictions en tenant compte des déséquilibres des classes dans les données.

## Auto-encodeurs variationnels (VAE)

Le VAE comporte donc deux composants : codeur « encoder » et décodeur « decoder ». L'encodeur va transformer les données d'entrées dans l'espace latent et ensuite le décodeur va reconstruire les données d'entrées sur base de cette représentation latente.

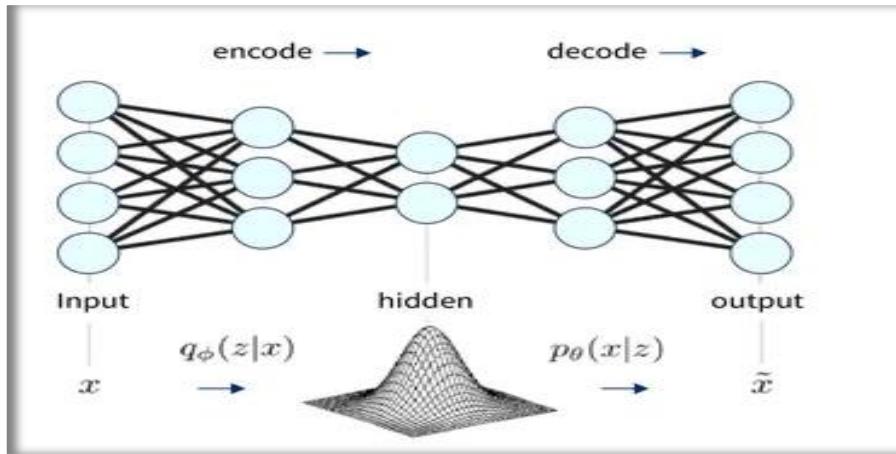
**Figure 4 :** Exemple d'architecture VAE



**Source:** Choudhary, A. S. (2024, April 18). *An Overview of Variational Autoencoders (VAEs)*. Analytics Vidhya. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/07/an-overview-of-variational-autoencoders/>

Le rôle du codeur est de recevoir des données en entrée, comme une image, pour les transformer dans l'espace latent. Cependant au lieu de produire une seule valeur fixe pour chaque caractéristique, il produit deux paramètres : une moyenne et une log-variance (écart-types) qui servent à définir une distribution gaussienne ou distribution normale est une fonction mathématique qui décrit la répartition des valeurs pour une variable aléatoire, formant une courbe en cloche (voir figure 3). Si par exemple, l'encodeur analyse des images de visages, il peut apprendre à distinguer des aspects tels que l'âge ou l'expression en assignant des moyennes et des écarts-types à ces traits dans l'espace latent.

**Figure 5 :** Formule de la divergence KL



**Source:** Choudhary, A. S. (2024, April 18). An Overview of Variational Autoencoders (VAEs). Analytics Vidhya. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/07/an-overview-of-variational-autoencoders/>

Ensuite, concernant l'espace latent. C'est donc une représentation abstraite et compacte des données d'entrées. Les valeurs dans cet espace sont des échantillons tirés des distributions définies par les moyennes et écarts-types produits par l'encodeur.

Le rôle du codeur est de prendre des échantillons de l'espace latent et essayer de reconstruire les données d'entrée originales. Il transforme les échantillons latents en données ressemblant aux entrées originales, en utilisant des couches de réseau de neurones afin de décompresser l'information condensée dans l'espace latent. Il y'a également une fonction de perte du VAE, qui intègre deux aspects :

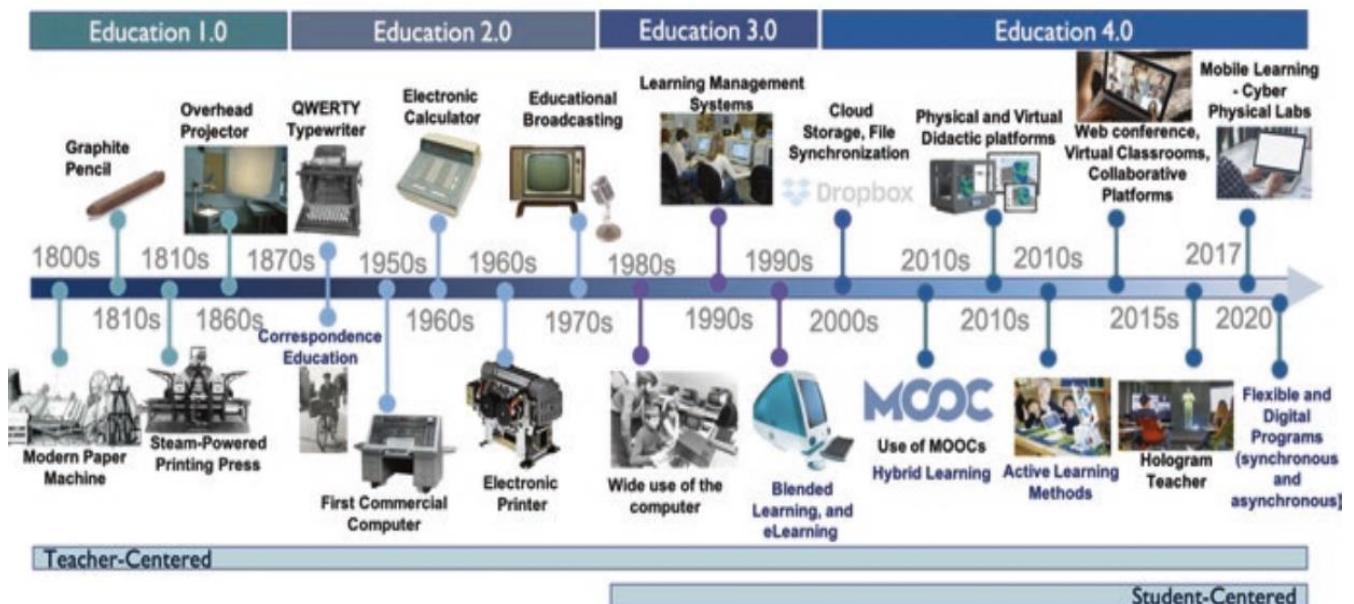
**La perte de reconstruction** calcule l'erreur entre les entrées originales et les sorties reconstruites, elle a pour objectif de rendre la sortie reconstruite aussi proche que possible des données d'entrée. Cette partie de la fonction de pousse le modèle à apprendre à recréer les données à partir pareil que dans l'espace latent.

**La divergence KL (Kullback-Leibler)** qui est une mesure de la différence entre deux distributions de probabilité : dans ce contexte, la distribution représentée par les paramètres du codeur et la distribution normale. Cette divergence aide à réguler l'encodeur pour qu'il génère des distributions qui sont similaires à la distribution antérieure (Robert, 2023).

### 3 L'enseignement à l'ère du numérique

#### 3.1 Évolution des technologies éducatives

Figure 6 : Evolution des technologies éducatives



*Source: Academic Continuity During the Covid-19 Global Health Emergency: Education 4.0 and the Flexible-Digital Model of Tecnológico de Monterrey University in Mexico Supporting Secondary Education," par A. Molina, B. Villegas, C. P. Ochoa, et J. Miranda, 2022, dans University and School Collaborations during a Pandemic, édité par F. M. Reimers et F. J. Marmolejo, (pp. 149-163).*

*Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82159-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82159-3_10)*

##### 3.1.1 Éducation 1.0

La première phase de l'intégration des technologies dans l'éducation, débute principalement au XIX<sup>e</sup> siècle. Pendant cette période, des innovations comme la machine à papier moderne et la presse à imprimer à vapeur ont rendu les supports pédagogiques plus accessibles et abordables. Ces outils ont permis la production en masse de livres et de documents éducatifs, facilitant ainsi la diffusion des connaissances. Ces technologies étaient principalement centrées sur l'enseignant, qui restait la principale source de transmission des connaissances.

### *3.1.2 Éducation 2.0*

Cette phase voit l'intégration de nouvelles technologies dans les classes, par exemple le qui est projecteur qui facilitait la présentation visuelle du contenu éducatif. L'arrivée des calculatrices électroniques et des imprimantes dans les années 1970 permet une gestion plus efficace des informations et des ressources pédagogiques. Ces outils ont contribué à améliorer l'efficacité de l'enseignement tout en maintenant une approche centrée sur l'enseignant.

### *3.1.3 Éducation 3.0*

Dans les années 1980, l'introduction des ordinateurs marque le début de l'ère du numérique dans les salles de classe. Cette période est également caractérisée par l'essor des systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS) et du stockage en nuage dans les années 1990.

### *3.1.4 Éducation 4.0*

Cette ère commence dans les années 2010, et est caractérisée par des technologies mobiles et des plateformes virtuelles qui transforment l'éducation. Les MOOCs<sup>4</sup>, apparus autour de 2012, rendent l'éducation accessible à un public mondial. Les conférences web et les classes virtuelles, popularisées dans les années 2010, améliorent l'interaction et l'engagement des élèves. Des technologies avancées comme l'holographie, utilisées depuis les années 2015, et les méthodes d'apprentissage actives, telles que la classe inversée, placent l'étudiant au centre du processus éducatif, offrant une personnalisation et une immersion accrues.

## *3.2 Impact des technologies numériques dans l'enseignement*

L'intégration des technologies numériques transforme profondément le paysage éducatif, marquant une évolution significative dans les pratiques pédagogiques et les méthodes d'enseignement. Cette transformation, selon les perspectives de l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE<sup>5</sup>) sur l'éducation numérique 2023, dépasse la simple adoption de nouvelles technologies pour repenser fondamentalement l'approche de l'enseignement. Le numérique permet une personnalisation de l'enseignement, offrant la possibilité d'adapter les parcours d'apprentissage aux besoins individuels des élèves, promettant ainsi une amélioration notable de l'efficacité éducative (OCDE, 2023).

---

<sup>4</sup> MASSIVE OPEN ONLINE COURSES

<sup>5</sup> Organisation dont fait partie 38 pays membres dont la Belgique, visant à promouvoir des politiques qui améliorent le bien-être économique et social partout dans le monde.

### *3.2.1 Enseignement secondaire*

Dans l'enseignement secondaire, les technologies numériques sont intégrées pour améliorer l'engagement et la personnalisation de l'enseignement. Selon le rapport de l'UNESCO (2023), environ 50% des établissements du premier cycle du secondaire et 65% du deuxième cycle du secondaires sont équipés d'internet, ce qui facilite l'accès à des ressources éducatives variées et améliore la qualité de l'enseignement. Les plateformes d'apprentissage en ligne, utilisées pour le suivi des progrès et la communication entre élèves, enseignants et parents, soutiennent un apprentissage personnalisé et adaptatif, répondant ainsi aux besoins individuels des élèves (UNESCO, 2023a)

### *3.2.2 Enseignement supérieur*

Au niveau universitaire, la digitalisation a profondément modifié la manière dont l'enseignement est dispensé, surtout pendant des périodes de crise comme la pandémie de COVID-19. Les plateformes de gestion en ligne ont remplacé les interactions physiques, posant de nouveaux défis en termes de gestion des données des étudiants et du respect de la vie privée. Plus de 220 millions d'étudiants ont assisté à des cours en ligne ouverts à tous en 2021, témoignant de l'ampleur de cette transition. (UNESCO, 2023a)

### *3.2.3 Impact sur les enseignants*

La transformation numérique a également eu un impact profond sur les enseignants, en créant des environnements d'apprentissage plus flexibles et collaboratifs. Les technologies facilitent le mentorat, l'accompagnement, elles améliorent les pratiques de réflexion, augmentent les compétences pédagogiques.

Environ 20% des enseignants du secondaire dans les pays de l'OCDE indiquent un besoin de formation additionnel pour utiliser de manière optimale ces technologies en classe. La formation continue, adaptée et régulièrement mise à jour, est importante pour leur permettre d'intégrer efficacement ces outils dans leurs méthodes pédagogiques. (OCDE, 2023). Il y'a déjà environ 84% des systèmes éducatifs qui ont intégré la technologie dans leur stratégie de perfectionnement professionnel continu des enseignants. (UNESCO, 2023a).

## *3.3 Conclusion*

A travers l'évolution et l'intégration croissante des technologies numériques, nous avons assisté à une transformation importante du secteur de l'enseignement. Ces changements ont non seulement facilité une personnalisation accrue de l'apprentissage mais ont aussi mis en évidence des établissements à s'adapter rapidement à de nouveaux défis, comme ceux présentés pendant la pandémie du COVID-19. Actuellement, c'est une nouvelle étape de l'évolution pédagogique qu'il faut accueillir, l'éducation 5.0, soutenue par l'intelligence artificielle.

## 4 L'IA dans l'enseignement

### 4.1 Introduction

L'intégration de l'IA dans l'enseignement transforme de plus en plus les méthodes d'enseignement et de gestion à travers le monde. Dans cette section, nous explorerons les différentes manières dont l'IA influence l'enseignement, en mettant en lumière ses avantages. Nous examinerons ensuite les initiatives internationales visant à intégrer l'IA dans les programmes d'enseignement dès le plus jeune âge, en illustrant comment divers pays et institutions préparent les étudiants à un avenir numérisé. Cette discussion inclura les conditions essentielles requises pour une intégration réussie de l'IA, basées sur les expériences des pays qui ont déjà franchi ce pas.

Nous discuterons également de l'importance de la formation des enseignants, en examinant comment la formation est menée à l'international et en donnant des exemples de programmes de formation disponibles. Un point particulier sera consacré à la formation citoyenne sur l'IA, destiné à tout le monde, essentielle pour comprendre cette technologie.

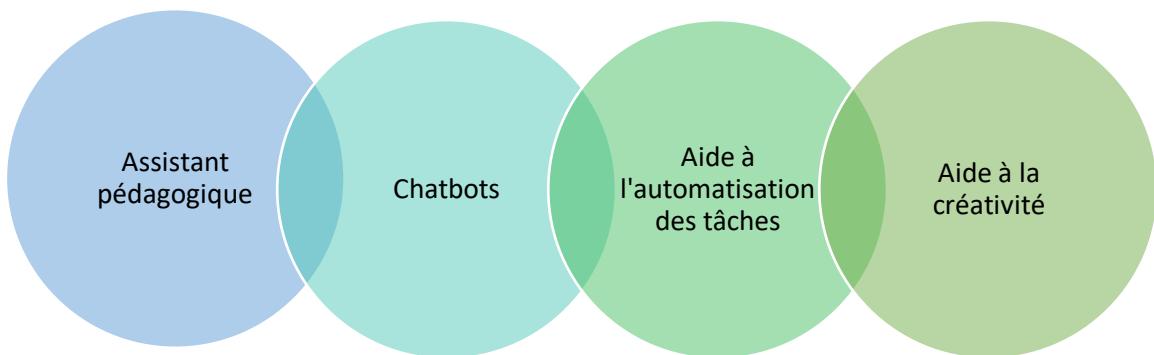
Nous aborderons aussi les défis posés par l'IA, tels que les problèmes de biais et de protection des données personnelles, qui nécessitent une attention particulière.

Un focus spécifique sera mis sur l'enseignement supérieur et l'impact de l'IA générative, plus précisément ChatGPT, en soulignant des stratégies pour son intégration optimale dans l'éducation.

En conclusion, nous présenterons les recommandations de l'UNESCO pour une utilisation éthique de l'IA dans l'enseignement, suivies d'une synthèse des principaux points abordés et des perspectives.

## 4.2 Application de l'IA dans l'enseignement

Figure 7 : Application de l'IA dans l'enseignement



L'application de l'IA dans l'enseignement va permettre plusieurs avantages, notamment la personnalisation de l'apprentissage, l'automatisation des tâches répétitives et l'élaboration de plan de cours des enseignants, etc. Ces aspects jouent un rôle important non seulement dans l'amélioration de l'efficacité pédagogique mais aussi dans la maximisation des ressources disponibles. Examinons plus en détail comment les avantages se présentent dans le contexte éducatif :

### 4.2.1 Assistant pédagogique et chatbots

L'utilisation de l'IA à travers des **assistants pédagogiques** comme Khanmigo de la Khan Academy et des chatbots transforme les méthodes d'enseignements. Ces outils analysent les styles d'apprentissage des élèves et suivent leurs progrès, et identifient là où ils pourraient avoir besoin de plus de soutien, permettant ainsi une aide personnalisée. Ils facilitent aussi le travail des professeurs en automatisant des tâches répétitives ce qui leur permet de se concentrer d'avantages sur des tâches plus importantes (Intel Corporation, 2023).

Khanmigo, fonctionne grâce à l'IA (GPT-4), en plus de simplifier les tâches administratives des enseignants, interagit aussi activement avec les élèves en posant des questions qui les encouragent à explorer les concepts plus profondément et à développer leur pensée critique. Cet assistant adapte ses interactions en fonction des réponses des élèves, ce qui en fait un outil dynamique et réactif enrichissant ainsi l'environnement pédagogique aux besoins individuels (Intel Corporation, 2023).

Selon Sal Kahn, le fondateur de la Khan Academy : « *Ce que les élèves utilisant Khanmigo ont vraiment apprécié, c'est de pouvoir poser des questions quand ils le souhaitaient. Nous avons tous des lacunes dans certains domaines et ça peut être embarrassant de demander à quelqu'un d'autre. Une vidéo à la demande ou un tuteur intelligent peuvent être moins intimidants* » (Savolainen, 2023, pp. 12-14).

Les chatbots dans l'enseignement sont utilisés pour enrichir le processus d'apprentissage en offrant des outils d'inspiration et d'aide à la décision sans pour autant viser à remplacer l'intelligence et le jugement humain. Ces agents conversationnels fournissent des réponses claires et directes, synthétisant l'information d'une manière beaucoup plus efficace que les moteurs de recherche traditionnels (Service général du Numérique éducatif, 2023).

#### *4.2.1.1 Utilisation des chatbots par les apprenants*

Les apprenants peuvent utiliser les chatbots quand ils le souhaitent, n'importe quel jour à n'importe quelle heure, pour divers aspects de leur apprentissage. Un chatbot comme ChatGPT peut suggérer un plan pour une rédaction, proposer des idées pour illustrer un principe scientifique lors d'un exposé ou recommander des lectures pour approfondir un thème, trouver des sources, etc. (Service général du Numérique éducatif, 2023). Un exemple serait que l'étudiant saisissent un début d'histoire et l'IA va proposer plusieurs suites possibles.

Ces outils offrent également des retours critiques, aident à corriger des textes et à clarifier des consignes. Ils démontrent aussi des processus, comme les étapes de résolution d'une équation, et aident à organiser et planifier les études, en aidant les étudiants à définir des objectifs et à établir des échéances (Service général du Numérique éducatif, 2023).

#### *4.2.1.2 Utilisation des chatbots par les enseignants*

Les outils d'IA, comme ChatGPT, peuvent représenter des outils complémentaires d'une grande utilité pour les enseignants. Ils facilitent la préparation des cours en proposant des modèles d'exercices et des idées pour les supports pédagogiques, ce qui permet de gagner du temps. ChatGPT peut, par exemple, suggérer divers supports pédagogiques et des façons de les exploiter en classe. Il peut créer des listes d'exercices spécifiques comme des équations à résoudre ou des verbes à conjuguer (Service général du Numérique éducatif, 2023).

ChatGPT peut également être utilisé pour encourager l'esprit critique chez les élèves, en les aidant à examiner la véracité des informations fournies par l'IA et à analyser les réponses de l'IA à des questions éthiques (Service général du Numérique éducatif, 2023).

Par exemple, durant l'année académique 2022-2023, M. Jacques Folon, enseignant à la Haute École ICHEC Management School à Bruxelles et dans d'autres universités, a dispensé un cours intitulé « Digital Strategy ». Au cours de ce quadrimestre, les étudiants étaient tenus de réaliser des mini-projets hebdomadaires sur des thèmes proposés par l'enseignant. La particularité de ces projets résidait dans leur réalisation en collaboration avec ChatGPT. Les étudiants devaient ensuite comparer les réponses de l'IA avec les leurs et présenter leurs travaux en classe.

#### *4.2.2 Aide à l'automatisation des tâches administratives*

L'IA peut permettre d'automatiser et d'améliorer plusieurs aspects pour les enseignants et les établissements, qui peut leur permettre de réduire leurs coûts en optimisant la gestion des ressources et en améliorant l'efficacité des processus administratifs :

- Correction de travaux : L'IA peut être utilisée pour évaluer automatiquement les travaux des apprenants, cela permet aux enseignants de se concentrer sur des tâches plus importantes. Toutefois, il est important de noter que les systèmes d'IA peuvent contenir des biais, un problème qui sera abordé plus en détail plus loin dans ce document.
- Suivi du progrès des apprenants : Les systèmes d'IA peuvent suivre le progrès des apprenants et identifier les domaines où ils rencontrent le plus de difficultés.
- Aide administrative : L'IA peut aider à la gestion administrative des établissements, telles que la planification des horaires, le suivi de présence des élèves, la gestion des inscriptions, l'admission des étudiants, ainsi que l'envoi de rappels ou d'autres notifications.

#### *4.2.3 Aide à la créativité*

L'IA offre de nombreuses opportunités pour stimuler la créativité des apprenants. Elle peut remettre en question la pensée et le raisonnement des apprenants en les confrontant à des problèmes complexes. L'IA peut aider à générer des histoires, de l'art, des musiques, des images, etc. Par exemple, des outils comme DALL-E permet de créer des images et des animations à partir de simples descriptions textuelles, ce qui permet d'enrichir la créativité.

### *4.3 Initiation à l'IA dès le plus jeune âge*

En 2019 déjà, AI4Belgium<sup>6</sup> avait souligné l'urgence d'équiper la nouvelle génération des compétences nécessaires pour se familiariser avec les technologies émergentes et prospérer dans un environnement numérique (AI4Belgium, 2019). Selon eux, le système éducatif belge ne préparait pas les enfants à la nouvelle ère technologique. AI4Belgium, estime qu'il est important de commencer à équiper les enfants dès le plus jeune âge avec les compétences du 21<sup>e</sup> siècle pour le permettre de « parler la langue de la technologie ». (AI4Belgium, 2019)

Par exemple, les enfants en Estonie, apprennent à coder dès l'âge de cinq ans. Dans ce contexte, AI4Belgium a recommandé de renforcer l'attractivité des disciplines STEM et de rendre le codage et la pensée algorithmique une partie intégrée de l'enseignement dès l'école primaire.

---

<sup>6</sup> AI4Belgium est une approche communautaire qui vise à soutenir le développement de l'IA en Belgique elle rassemble des acteurs du secteur public, du secteur privé, du milieu académique et de la société civile. L'objectif de AI4Belgium est de développer une stratégie nationale pour l'IA et de promouvoir l'utilisation responsable et efficace de l'IA dans divers secteurs pour améliorer la compétitivité, l'innovation et la qualité de vie en Belgique.

Depuis lors, plusieurs initiatives d’initiation aux technologies et à l’intelligence artificielle ont été développées :

#### *4.3.1 L’approche STEAM par la Scientothèque*

La Scientothèque de l’ULB, est une association belge dédiée à rendre accessible les technologies accessibles aux jeunes, notamment ceux issus de milieux défavorisés. La Scientothèque utilise la pédagogie STEAM<sup>7</sup> pour accompagner les jeunes de 4 à 20 ans lors d’ateliers scolaires et extrascolaires. Récemment ils ont choisi d’initier l’IA aux jeunes de 8 à 18 ans, en visant à rendre l’IA attrayante pour tous les jeunes via des ateliers.

Un des principaux objectifs de la Scientothèque est de développer chez les jeunes une pensée critique et une réflexion éthique sur l’IA. Cela est réalisé à travers des activités qui stimulent la curiosité et encouragent les élèves à questionner non seulement comment les technologies fonctionnent, mais aussi leurs impacts sur la société. (Romero & Heiser, 2023, pp. 16-22).

Au cours des ateliers, les jeunes ont l’opportunité de participer à des projets qui les initient à l’histoire de l’IA par des jeux de cartes, à comprendre les liens avec l’intelligence biologique et à explorer via des activités, la programmation (Romero & Heiser, 2023, pp. 16-22). Parmi les écoles engagées dans cette initiative, on trouve quelques écoles bruxelloise, telles que Marguerite Yourcenar, l’institut des Ursulines, l’école Escale à Woluwe, et d’autres encore.

#### *4.3.2 Le programme Intel AI for Youth (AI4Y)*

Ce programme est spécialement conçu pour introduire la technologie de l’IA aux élèves de la maternelle à la secondaire. Il comprend plus de 200 heures de contenu pratique sur des sujets tels que la vision par ordinateur, le traitement du langage naturel et l’analyse des données. Le but est de démystifier l’IA et de rendre ces technologies accessibles aux jeunes apprenants, les équipant des compétences nécessaires pour naviguer dans un monde numérique (Intel Corporation, 2023).

### *4.4 Intégration de l’IA dans les programmes scolaires*

L’IA représente un nouveau défi important pour les écoles, il y’a très peu d’initiatives pour établir des cadres de compétences et des programmes éducatifs adaptés aux nouvelles générations.

Un aperçu des initiatives menées l’international a été rendu disponible par l’UNESCO (2023). Ce rapport met en évidence le fait que comparativement à d’autres régions telles que l’Asie et le Moyen-Orient, les pays francophones et néerlandophones sont en retard dans la disponibilité de ces programmes éducatifs (Romero & Heiser, 2023, pp. 16-22).

---

<sup>7</sup> Sciences Technologies, Ingénierie, Arts et Mathématiques

Cette étude, menée en 2022 par l'UNESCO et publiée en 2023, a impliqué des enquêtes auprès des 193 États membres de l'UNESCO ainsi que près de 10 000 acteurs du secteur privé et du secteur tiers met en lumière comment différents pays ont intégré l'IA dans leurs systèmes éducatifs de la maternelle à la secondaire.

Sur les 193 États membres sollicités, seuls 51 ont répondu à l'enquête. Parmi eux, 30 ont fourni des réponses complètes. Dix pays, dont Bahreïn, le Canada, la Colombie, les Maldives et l'Ukraine, ont indiqué ne disposer d'aucun programme d'enseignement de l'IA. Par ailleurs, 20 autres pays ont rapporté posséder au moins un programme d'enseignement de l'IA, élaboré et approuvé par le gouvernement ou en cours de développement, incluant l'Algérie, l'Allemagne, l'Arabie Saoudite et la Belgique, entre autres.

**Tableau 3 : Programme scolaires de l'IA et mise en œuvre par les gouvernements**

Pays/région	Nom du programme	En charge de l'élaboration <sup>15</sup>	Niveau scolaire		
			Primaire	Moyen	Secondaire
Arménie	Curriculum of ICT	Gouvernement		X	X
Autriche	Data Science and Artificial Intelligence	Ministère fédéral de l'Éducation, des Sciences et de la Recherche			X
Belgique	IT Repository	Fédération Wallonie-Bruxelles			X
Chine	AI curriculum embedded in the Information Science and Technology curriculum	Ministère de l'Éducation de la République populaire de Chine	X	X	X
Inde	Atal Tinker Labs AI modules	Atal Tinker Labs, Atal Innovation Mission, NITI Aayog		X	X
République de Corée	'AI Mathematics' under the Mathematics Subject Group for high schools	Fondation coréenne pour l'Avancement de la science et de la créativité			X
	'AI Basics' under Technology Home Economics Subject Group for high schools	Fondation coréenne pour l'Avancement de la science et de la créativité			X
Koweït	Standards curriculum	Experts en orientation technique des programmes scolaires et enseignants	X	X	
Portugal	Information and Communication Technologies	Enseignants des TIC et des mathématiques dans les écoles publiques	X	X	X
Qatar	Computing and Information Technology	Logique binaire, ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur	X	X	X
	Computing and Information Technology (High Tech Track)	Logique binaire, ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur			X
Serbie	Informatics and programming – Grade 8	Groupe de travail du ministère de l'Éducation		X	
	Modern technologies in gymnasiums – Grade 3 and 4	Groupe de travail du ministère de l'Éducation			X
Émirats arabes unis	AI curriculum embedded under the Technology Subject Framework	Ministère de l'Éducation	X	X	X

*Source :* UNESCO. (2023). *Enseigner l'intelligence artificielle au primaire et au secondaire : une cartographie des programmes validés par les gouvernements*. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602\\_fra](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_fra)

Ce tableau ci-dessus, représente tous les programmes scolaires de l'IA ayant été validés et mis en œuvre par les gouvernements. On peut retrouver les pays/régions, le nom des programmes, qui a la charge de l'élaboration, ainsi que les niveaux scolaires (primaire au secondaire).

Parmi les engagés, il y'a la Belgique, où la Fédération Wallonie-Bruxelles propose un programme pour les jeunes du secondaire nommé « IT Repository » ou « référentiel » informatique » en français. D'autres pays, ont développés des programmes scolaires plus centré sur l'IA et souvent beaucoup plus tôt. La Chine, par exemple, a développé un curriculum d'IA complet, appliqué du primaire au secondaire.

**Tableau 4 :** Programmes gouvernementaux d'enseignement de l'IA en cours d'élaboration.

Pays/région	Nom du programme	En charge de l'élaboration	Niveau scolaire		
			Primaire	Moyen	Secondaire
Allemagne	1. Identifying and Formulating Algorithms [Algorithmen erkennen und formulieren]	Conférence permanente des ministres de l'Éducation et des Affaires culturelles des Länder	X	X	X
Jordanie	2. Digital Skills	Centre national pour le développement des programmes scolaires		X	X
Bulgarie	3. Computer Modelling, Information Technology and Informatics	Groupes d'experts (universitaires, enseignants, experts en éducation)	X	X	X
Arabie saoudite	4. Digital Skills	Logique binaire et Tatweer Co.	X	X	X
Serbie	5. Technique and Technology	Groupe de travail du ministère de l'Éducation		X	
	6. AI in gymnasiums	Groupe de travail du ministère de l'Éducation			X
	7. AI in all high schools	Groupe de travail du ministère de l'Éducation			X

**Source :** UNESCO. (2023). *Enseigner l'intelligence artificielle au primaire et au secondaire : une cartographie des programmes validés par les gouvernements*. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602\\_fre](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_fre)

Le tableau ci-dessus, liste les programmes gouvernementaux d'enseignement de l'IA en cours d'élaboration et qui ont sûrement été approuvés par les gouvernements. Des pays comme l'Allemagne et la Serbie qui ont déjà mis en œuvre des programmes, prévoient encore d'autres programmes pour couvrir tous les niveaux éducatifs.

**Tableau 5 :** Programmes d'études non gouvernementales sur l'IA.

Pays/ région	Nom du programme	En charge de l'élaboration	Niveau scolaire		
			Primaire	Moyen	Secondaire
International	1. IBM EdTech Youth Challenge	IBM		X	X
	2. AI Youth Skills	Microsoft		X	X
	3. Global AI Readiness Program (High Tech Track)	Intel		X	X
	4. Global AI Readiness Program (General Track)	Intel		X	X
États-Unis	5. DAIly Curriculum	MIT		X	X

*Source : UNESCO. (2023).*

*Enseigner l'intelligence artificielle au primaire et au secondaire : une cartographie des programmes validés par les gouvernements. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602\\_fre](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_fre)*

Le tableau ci-dessus reprend les programmes d'études non gouvernementaux qui ont été entrepris par des concepteurs tels que IBM, ou Intel. Ces programmes n'ont pas été confirmés comme étant officiellement approuvé par les agences gouvernementales et sont seulement là en tant que références non gouvernementales. Ces programmes offrent une flexibilité permettant une intégration facile dans divers contextes gouvernementaux et sont soit adoptés tels quels par les écoles soient ils peuvent être ajustés par des spécialistes locaux pour répondre aux exigences spécifiques de chaque gouvernement.

La plupart des programmes cités dans les tableaux ci-dessus, ont été conçus par des entités gouvernementales nationales et validés via une approche centralisée dirigée par l'état. Par exemple, en République de Corée, la conception des programmes a été réalisée par des spécialistes sous l'ordre d'une recommandation gouvernementale. En Chine, et au Koweït par exemple, le processus de développement a intégré des enseignants, des universitaires et des spécialistes du domaine (UNESCO, 2023).

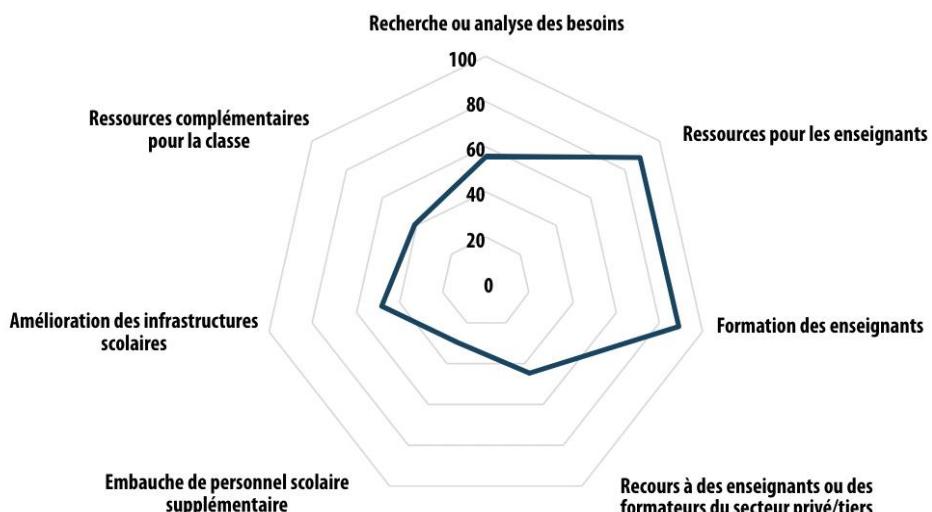
D'autres pays, ont quant à eux adopté une approche décentralisée dirigée par le gouvernement. Comme par exemple, en Belgique, un mandat parlementaire a établi des normes qui ont été adoptées par différents réseaux d'écoles (UNESCO, 2023).

Enfin, l'Arabie saoudite et le Qatar, eux, ont demandé à des entreprises privées de développer leurs programmes nationaux. Car selon le représentant de l'Arabie saoudite : « *De nouvelles technologies apparaissent chaque jour, et les fonctionnalités des applications sont fréquemment mises à jour. C'est pourquoi nous choisissons de travailler avec une entreprise privée de qualité qui jouit d'une solide réputation en matière de construction de programmes d'enseignement des TIC et qui intègre les dernières technologies et applications informatiques* » (UNESCO, 2023).

#### 4.4.1 Les conditions essentielles pour mettre en place l'IA dans les curriculums

Les participants à l'enquête menée par l'UNESCO ont été interrogés sur la manière dont les conditions nécessaires pour soutenir l'élaboration et la mise en place du programme d'IA avaient été planifiés et préparés.

**Figure 8 :** Soutien à la mise en œuvre.



**Source :** UNESCO. (2023). *Enseigner l'intelligence Artificielle au primaire et au secondaire : une cartographie des programmes validés par les gouvernements. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.* [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602\\_fre](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_fre)

Les conditions essentielles en question sont illustrées dans la figure ci-dessus. Sur base des réponses des participants, la majorité des programmes d'IA ont été soutenus par le développement des ressources et de formation pour les enseignants (**89%**) (UNESCO, 2023)

Une proportion de **56%** des programmes a été appuyée par des recherches ou une analyse des besoins, tandis que **48%** ont reçu des investissements pour la modernisation des infrastructures scolaires (UNESCO, 2023). Et **44%** des programmes ont été soutenus par l'implication du secteur privé ou des tiers (UNESCO, 2023). Cependant, le recrutement de personnel supplémentaire pour la mise en œuvre des programmes a été l'aspect le moins développé, concernant seulement **30%** des cas (UNESCO, 2023).

## 4.5 Formation des enseignants

Les enseignants sont confrontés à la nécessité de s'adapter à l'évolution de l'apprentissage et pour cela une formation adéquate peut leur permettre de maîtriser les outils nécessaires pour améliorer leur efficacité pédagogique et préparer les apprenants à utiliser les technologies de manière appropriée et efficace.

Les stratégies de formation actuelles, validées par les gouvernements, sont principalement conçues pour améliorer les compétences des enseignants en exercice. Par exemple, en Chine et au Portugal, des initiatives nationales spécifiques soutiennent la formation des enseignants dans les domaines intégrant l'IA (UNESCO, 2023).

Par contre dans d'autres pays, comme la Belgique, les programmes des enseignants sont aussi décentralisés par différents réseaux éducatifs, et peuvent varier selon les régions, les langues et les types d'institutions (UNESCO, 2023). La formation donnée par la Scientothèque, que nous détaillerons plus loin dans le document, illustre comment les réseaux d'éducation en Belgique peuvent fournir des formations pertinentes et adaptées aux enseignants.

Les formations peuvent aussi être donné à distance en faisant appel à des partenariats avec les secteurs privés. Par exemple, IBM, en partenariat avec une université, a développé un cours en ligne de 16 heures sur l'IA via Coursera. Ce cours aborde l'histoire de l'IA, la distinction avec l'intelligence humaine, mais aussi l'éthique de l'usage et du développement de l'IA (UNESCO, 2023). L'entreprise Intel proposent également des certifications pour des coach en IA, considérés comme des formateurs de formateurs.

En Autriche, la stratégie principale est d'intégrer l'IA dans la formation initiale des enseignants du supérieur. Ce programme couvre l'utilisation de l'IA en tant qu'outil pédagogique pour l'enseignement et l'apprentissage. (UNESCO, 2023)

Au-delà de la formation, les gouvernements offrent des ressources comme les outils en ligne, pour accompagner la mise en œuvre des programmes d'IA (UNESCO, 2023). Par exemple, en Serbie, l'implémentation des programmes d'IA est assistée par des vidéos, des présentations et des activités interactives. Des initiatives nationales et régionales contribuent aussi à créer des manuels et des guides pour accompagner ces programmes d'IA avant leur mise en œuvre (UNESCO, 2023).

#### *4.5.1 Quelques exemples de formations*

##### *4.5.1.1 Formation par la Scientothèque*

En plus de contribuer à l'apprentissage des élèves, la Scientothèque contribue également à la formation et l'accompagnement des enseignants du primaire et du secondaire. En effet, ils aident les enseignants à acquérir des compétences en IA et en pédagogie STEAM. Ceci est réalisé à travers des ateliers, des formations et la création de ressources éducatives.

Les activités sont centrées sur l'expérimentation pratique, encourageant ainsi les enseignants à utiliser ces méthodes dans leurs propres salles de classe pour rendre l'apprentissage plus interactif et engagé. Mais selon eux, les formations n'auront un impact durable et significatif que si il y'a un suivi derrière. (Romero & Heiser, 2023, pp. 16-22).

En effet, souvent les enseignants se retrouvent perdu devant une activité qu'ils ne pensent pas bien maîtriser, et c'est pour cette raison que la Scientothèque proposent un accompagnement sur le terrain après les formations en créant des permanences pour accompagner la mise en œuvre des ressources STEAM dans les classes et en organisant des conférences scientifiques sur des thématiques de l'IA. Ils gèrent des réseaux entre enseignants pour partager leurs expériences, s'entraider etc. mais ont également rendu disponible plus de 200 ressources pédagogiques et sites d'intérêt sur l'IA en ligne<sup>8</sup>.

##### *4.5.1.2 Formation par Microsoft*

Microsoft offre une gamme de formations pour les enseignants afin de les aider à intégrer les nouvelles technologies, dont l'intelligence artificielle, dans leurs méthodes d'enseignements. Ces formations sont destinées à tous les enseignants et éducateurs de tous les niveaux d'enseignements.

L'une des formations offertes par Microsoft, intitulé « Permettre aux enseignants d'explorer le potentiel de l'intelligence artificielle »<sup>9</sup> vise à initier les enseignants aux concepts et applications de l'IA dans le domaine éducatif. Cette formation comporte plusieurs modules dont l'introduction à l'IA générative, les applications pratiques de l'IA dans l'enseignement, différents outils d'IA pour l'enseignement, etc.

---

<sup>8</sup> 200 ressources pédagogiques sur l'IA : <https://lascientotheque.github.io/ressources-ia/Contenu/Cours.html#cours-ia-funmooc>

<sup>9</sup> Formation : « Permettre aux enseignants d'explorer le potentiel de l'intelligence artificielle » <https://learn.microsoft.com/fr-fr/training/modules/empower-educators-explore-potential-artificial-intelligence/>

#### **4.5.1.3 Formation par Technofutur TIC en Belgique**

Technofutur TIC est un centre de compétence en Belgique, spécialisé dans les technologies de l'information et de la communication (TIC). Ils offrent des formations pour les demandeurs d'emploi, les travailleurs, les employeurs, et les enseignants, avec pour objectif de promouvoir les compétences numériques et faciliter l'intégration des nouvelles technologies.

Parmi les formations proposées, l'une d'elles vise à renforcer l'expérience d'apprentissage grâce à l'IA et notamment le chatbot ChatGPT. Cette formation<sup>10</sup> couvre l'introduction à l'IA générative, l'utilisation de ChatGPT pour créer des contenus interactifs, et l'expérimentation avec d'autres outils d'IA comme Gemini anciennement appelé Google Bard. Cette formation est destiné à tout enseignants, directeurs, et personnes-ressources de tous niveaux éducatifs en Belgique.

#### **4.6 Formation citoyenne sur l'IA**

Compte tenu de la présence de l'IA qui ne cesse d'évoluer dans tous les secteurs de la société. Une formation citoyenne est plus qu'essentielle. Cette formation est importante car elle permet au grand public de comprendre, comment ces technologies fonctionnent, quelle sont leurs implication éthiques, sociales ou politique.

Le MOOC sur l'IA, nommé Class'Code<sup>11</sup>, cible principalement les éducateurs, enseignants, parents mais aussi tout citoyen intéressé par l'impact de cette technologie. Les parents apprennent aussi comment l'IA peut influencer la vie de leurs enfants et comment ils peuvent les aider à l'utiliser de manière sûre.

Les personnes qui travaillent dans différents métiers ou qui sont simplement curieuses de savoir plus sur l'IA peuvent aussi suivre ce cours. L'objectif est de rendre les informations sur l'IA accessible à tous afin que chacun puisse avoir son mot à dire sur comment elle est utilisée dans la société.

---

<sup>10</sup> Site des formations offertes par Technofutur <https://technofuturtic.be/>

<sup>11</sup> Le MOOC IAI est ouvert à tous <https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/lintelligence-artificielle-avec-intelligence/>

**Figure 9 :** Capsule vidéo ludique du MOOC IAI.



*Source : Margarida Romero, Laurent Heiser (Dir.). Enseigner et apprendre à l'ère de l'intelligence artificielle. Canopé, Livre blanc, 2023. [hal-04013223v2](https://hal-04013223v2))*

**Figure 10 :** Exemple d'activités ludiques proposé dans les capsules

TESTONS SI LE PROGRAMME D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE PEUT NOUS DIRE CE QUE REPRÉSENTENT CES IMAGES ?

Choisir une image dans la bibliothèque puis cliquer sur < TESTER >!

Bibliothèque



Programme



TESTER

Chat : 100 %

*Source : Margarida Romero, Laurent Heiser (Dir.). Enseigner et apprendre à l'ère de l'intelligence artificielle. Canopé, Livre blanc, 2023. [hal-04013223v2](https://hal-04013223v2))*

Ce programme adopte une méthode ludique en incluant des vidéos, des activités pratiques, etc. Les participants peuvent manipuler des réseaux de neurones, faire reconnaître des dessins par une IA, et s'engager dans des réflexions collectives sur les implications de l'IA. Cette formation peut-être terminer en 10 heures (Romero & Heiser, 2023, pp. 9-14).

## 4.7 Quelques inconvénients de l'IA dans l'enseignement

**Figure 1195 :** Inconvénients de l'IA dans l'enseignement



### i. Biais

Les modèles d'IA, y compris ChatGPT, sont souvent entraînés sur des ensembles de données qui peuvent parfois contenir des biais. Cela peut se traduire par des réponses biaisées ou discriminatoires, ce qui peut avoir un impact négatif sur l'étudiant. Si un enseignant, par exemple, note un étudiant avec l'aide d'un outil d'IA qui comporte des biais, l'étudiant pour recevoir des mauvaises notes en fonction de son sexe, son ethnie, etc.

### ii. Protection des données

Les IA, collectent et analyse des données personnelles pour entraîner les algorithmes, ce qui soulève de préoccupations majeures en matière de confidentialité des données. Par exemple, en mars 2023, l'Italie avait bloqué l'accès au chatbot de ChatGPT dans le pays pour non-conformité, notamment sur la vérification de l'âge, et les données des utilisateurs qui sont utilisées pour entraîner les algorithmes. Mais suite à des améliorations de OpenAI, le programme a été réautorisé en avril 2023<sup>12</sup>.

### iii. Dépendance technologique

Il y'a un risque que les étudiants deviennent dépendants des IA pour leurs études, ce qui pourrait nuire à leur capacité de penser par eux-mêmes ou de résoudre des problèmes de façon indépendante.

### iv. Réduction de l'interaction humaine

L'interaction excessive avec l'IA peut diminuer les interactions en face à face entre les étudiants et enseignants, la motivation diminuera, ce qui peut avoir un impact négatif sur le développement social et émotionnel des apprenants.

<sup>12</sup>Italie bloque l'accès de ChatGPT, puis finalement débloque l'accès <https://www.rtbf.be/article/l-italie-accuse-chatgpt-d-enfreindre-les-regles-sur-la-protection-des donnees-11321276>

## v. Évaluer avec l'IA

Les enseignants peuvent utiliser l'IA pour évaluer les étudiants, mais les outils d'IA ne tiennent pas compte du contexte dans lequel l'évaluation a été effectuée. Un élève peut avoir eu une mauvaise journée qui a peut-être affecté sa performance. L'enseignant peut prendre en compte ce facteur contrairement à l'IA. Bien que certains outils d'IA puissent aider aux décisions, le contrôle par le professeur reste fondamental (Service général du Numérique éducatif, 2023).

## vi. L'intégrité académique

L'IA, en particulier ChatGPT, rend la triche et le plagiat plus faciles pour les étudiants et plus difficile à détecter par les enseignants. Cela suscite des inquiétudes en matière d'intégrité académique. Mais face à cela, des outils de détection d'IA ont été développés, certains établissements supérieurs ont interdit son utilisation et d'autres ont modifié leurs méthodes d'évaluation pour contrer ces risques (UNESCO IESALC, 2023).

## vii. Le rôle de l'enseignant menacé

L'IA va-t-elle remplacer les enseignants ? Beaucoup d'enseignants se posent cette question légitime. En réalité, l'IA est là pour aider et compléter le travail des enseignants, et non pas pour les remplacer.

Stuart J. Russel, professeur d'informatique à l'Université de Berkeley aux États-Unis : « *Les intelligences artificielles génératives peuvent être d'excellents auxiliaires des enseignants, à condition que leur développement soit maîtrisé et encadré* » (Savolainen, 2023, pp. 17-19). L'IA peut aider l'enseignant à gérer plusieurs tâches académiques mais, elle ne peut pas comprendre les besoins sociaux ou émotionnels des élèves comme le font les enseignants.

Le rôle de l'enseignant évoluera sans aucun doute avec les nouvelles transformations que l'IA apportera dans l'éducation mais leur présence reste indispensable.

« *Leur travail va changer mais nous aurons toujours besoin des enseignants.* », affirme Stuart J. Russel (Savolainen, 2023, pp. 17-19).

Les enseignants sont indispensables pour gérer et adapter l'apprentissage aux besoins de chaque élève, ce que l'IA ne peut pas faire seule. L'enseignant doit s'assurer que chaque élève tire le maximum de l'apprentissage, en identifiant ce qu'ils ne comprennent pas et déterminant les méthodes d'apprentissage les plus bénéfiques pour eux.

Enfin, les élèves ont également besoin d'apprendre à interagir et à travailler ensemble, des compétences que l'IA ne peut pas enseigner, renforçant ainsi la nécessité de la présence d'un enseignant dans l'enseignement.

## 4.8 Focus sur l'enseignement supérieur

Dans les universités et hautes écoles, l'IA générative, et en particulier ChatGPT ne s'est pas introduite en toquant à la porte mais en surgissant par la fenêtre. Son arrivée soudaine a créé des changements profonds dans plusieurs aspects de l'enseignement supérieur.

ChatGPT a, par exemple, facilité l'accès à l'information et la synthèse de contenu de manière plus rapide et plus facile que jamais, ce qui pose de nouveaux défis en termes d'intégrité académique comme évoqué dans les inconvénients ci-dessus. Les étudiants se retrouvent à naviguer dans un paysage où les frontières entre aide technologique et violation éthique sont de plus en plus floues. Dans ce contexte, il est important de comprendre comment ChatGPT peut être utilisé de manière responsable et efficace pour enrichir l'expérience éducative tout en abordant les complexités éthiques et pratiques qu'il introduit.

Pour aborder ces défis, un guide récent publié par l'UNESCO IESALC explore en détail l'impact de ChatGPT sur l'enseignement supérieur et propose des lignes directrices pour son intégration (UNESCO IESALC, 2023). :

### i. Utilisation éthique et créative de ChatGPT

Pour intégrer chatGPT de manière éthique et créative dans l'enseignement supérieur, les établissements doivent envisager plusieurs stratégies, il faut savoir que les suggestions ci-dessous sont inspirés de conseils déjà publié par des établissement supérieurs<sup>13</sup> :

- Créer des opportunités pour que les enseignants, le personnel, les étudiants et d'autres parties prenantes discutent de l'impact de ChatGPT sur l'institution. Ensemble, ils peuvent développer des stratégies pour l'utilisation de l'IA.
- Établir des directives claires pour les étudiants et les enseignants quand et comment utiliser ChatGPT. Ces directives doivent être élaborées en collaboration avec les enseignants et étudiants, et non imposées unilatéralement.
- Relier l'utilisation de ChatGPT aux objectifs d'apprentissage des cours permet aux étudiants de comprendre comment cet outil peut soutenir leur éducation.
- Les établissements doivent régulièrement revoir leurs méthodes d'évaluation pour s'assurer qu'elles restent pertinentes et efficaces. Cela peut inclure le remplacement de certains examens par des évaluations en personne ou l'adaptation des formats d'exams.
- Les politiques sur l'intégrité académique doivent être mises à jour pour inclure des directives sur l'utilisation de Chatgpt et des autres outils d'IA.

---

<sup>13</sup>Exemple de guide émis par l'université de Rochester aux États-Unis  
<http://www.rochester.edu/college/honesty/assets/pdf/chatgpt-ai-guidance-for-instructors.pdf>

- Offrir des formations aux enseignants, chercheurs et étudiants pour qu'ils apprennent à poser des questions efficaces à ChatGPT, ce qui permet d'améliorer la pertinence et l'utilité des réponses.

### **ii. Renforcement des capacités pour gérer ChatGPT**

Les universités et hautes écoles doivent également renforcer leurs capacités à comprendre et à gérer ChatGPT, tout en reconnaissant que ces outils ne peuvent pas remplacer la créativité et la pensée critique humaine.

- Développer des programmes académiques centrés sur ChatGPT et l'IA afin d'améliorer les capacités de recherche et de développement.
- Intégrer la littératie en IA, l'éthique de l'IA et les compétences de base en IA dans les programmes ou cours déjà existants.
- Offrir une formation continue pour le personnel afin de s'assurer que leur soutien aux étudiants complète les capacités des outils d'IA plutôt que de les reproduire.
- Mettre en place des systèmes de soutien et de mentorat au sein des institutions pour partager les bonnes pratiques d'enseignement et d'utilisation de ChatGPT dans la recherche.

### **iii. Réalisation d'un audit de l'IA**

Le guide recommande aux institutions de faire un audit de l'IA pour évaluer l'utilisation actuelle des IA, avec les étapes suivantes :

- Identifier les technologies d'IA déjà en place, examiner les politiques existantes sur l'utilisation de l'IA, la protection des données et la confidentialité, et répertorier les types d'IA utilisés et les formations disponibles.
- Déterminer les domaines qui pourraient bénéficier de l'IA, établir des critères pour choisir les technologies IA, et définir la position de l'institution sur l'utilisation des outils IA open-source par rapport aux outils commerciaux.
- Évaluer l'efficacité des technologies IA en fonction des besoins identifiés, mesurer l'utilisation des données et leur fréquence de collecte, et aussi évaluer comment l'IA aborde ou exacerbe les préoccupations en matière d'équité.

En prenant ces mesures, les universités et haute école peuvent maximiser les bénéfices de l'IA, en particulier ChatGPT tout en minimisant les risques associés.

## 4.9 Recommandations de l'UNESCO pour une utilisation éthique de l'IA

Ces recommandations, développées par l'UNESCO (2022)<sup>14</sup>, avec le but que États membres les adoptent au niveau national, et que les différents acteurs du secteur privé et public puissent également en bénéficier. Bien que le document couvre de multiples domaines que nous avons évoqué plus haut dans le document, ce passage met spécifiquement en lumière les recommandations pour le domaine de l'éducation :

- i. **Collaborer** avec des institutions internationales, des écoles et des organismes privés et non gouvernementaux. L'objectif est de mettre le savoir sur l'IA à la portée du grand public, à tous les niveaux. Cette démarche vise à rendre chaque citoyen plus autonome, tout en réduisant les fractures numériques et les inégalités d'accès dans le domaine du numérique, souvent observés avec l'adoption rapide de l'IA.
- ii. **Encourager l'acquisition de compétences de base** telles que la lecture, l'écriture, le calcul, la programmation, et la technologie numérique. A cela s'ajoutent la pensée critique et créative, la capacité à travailler en équipe, et une éducation aux médias et à l'information, la communication, ainsi que les compétences socio-émotionnelles, les compétences en éthique de l'IA, surtout dans les pays et régions présentant des lacunes dans ces domaines.
- iii. **Promouvoir des programmes généraux de sensibilisation** aux avancées de l'IA, qui devraient inclure des informations sur les données, les bénéfices potentiels, et les défis qu'elle pose, y compris ses implications sur les droits de l'homme et de l'enfant. Ces programmes devraient être accessibles tant à tous.
- iv. **Soutenir les recherches** sur comment l'IA peut être utilisée de manière responsable et éthique dans l'éducation, y compris la formation des enseignants. L'objectif est de minimiser les risques. Ces recherches devraient inclure l'évaluation de la qualité de l'éducation et de l'impact sur les apprenants et les enseignants, tout en veillant à ce que l'utilisation de l'IA renforce les interactions humaines, plutôt que de les remplacer.  
Il est aussi important que les systèmes d'IA utilisés dans l'enseignement respectent des normes strictes en matière de protection des données personnelles. Les données récoltées lors des conversations entre les apprenants et les outils d'IA ne doivent pas être utilisés à des mauvaises fins.

---

<sup>14</sup> Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle :  
[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137\\_fre](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_fre)

- v. **Promouvoir l'inclusion** active des filles, des femmes, des personnes issues de diverses origines ethniques et culturelles, des personnes handicapées, et des autres groupes souvent exclus des avantages de l'inclusion numérique. L'objectif est de garantir un accès équitable à l'éducation à l'IA pour tous les groupes de la société.
- vi. **Développer des programmes d'enseignement** sur l'apprentissage de l'éthique de l'IA à tous les niveaux éducatifs, en mettant l'accent sur la combinaison des compétences techniques et des considérations éthiques, sociales et humaines. Les ressources en ligne et numériques pour ces cours devraient être disponibles dans les langues locales pour assurer l'accessibilité et la compréhension.

#### 4.10 Conclusion

Cette section a exploré l'impact de l'intégration de l'intelligence artificielle dans l'enseignement, soulignant comment elle transforme les méthodes pédagogiques et de gestion à travers le monde. De la personnalisation de l'apprentissage à l'automatisation des tâches administratives, l'IA s'avère être un outil puissant qui adapte l'éducation aux besoins individuels des élèves, tout en présentant des défis importants.

L'importance de préparer les programmes d'enseignements à intégrer l'IA dès le plus jeune âge a été discutée, illustrant comment une telle intégration peut préparer efficacement les élèves à un avenir technologiquement avancé. La formation des enseignants et la sensibilisation des citoyens à l'IA ont également été abordées comme des étapes indispensable pour exploiter pleinement le potentiel de l'IA tout en naviguant ses défis éthiques.

En ce qui concerne l'enseignement supérieur, l'impact des outils génératifs, en particulier ChatGPT, a révélé de nouvelles dimensions de l'apprentissage tout en posant des questions sur l'intégrité académique, mettant en évidence, l'importance d'adopter des lignes directrices pour une intégration réfléchie et éthique de l'IA dans l'éducation.

Stéfania Giannini, sous-directrice générale de l'éducation à l'UNESCO, : « *Trop souvent, nous nous contentons de nous demander comment une nouvelle technologie va transformer l'éducation. Il serait plus intéressant de se demander comment l'éducation peut façonner la réception et orienter l'intégration des nouvelles technologies, que ces technologies existent déjà à l'heure actuelle ou qu'elles pointent à l'horizon.* ».<sup>15</sup> Cette perspective encourage à ne pas seulement réagir aux innovations technologiques, mais à les guider pour qu'elles servent nos objectifs éducatifs de manière éthique et enrichissante.

---

<sup>15</sup>Citation de Stéfania Giannini : [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877\\_fra](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877_fra)

Rebecca Nesson, doyenne des programmes académiques à l'École d'ingénierie et de sciences appliquées, déclare : « *La capacité d'utiliser ces outils de manière créative est le défi fondamental pour nous tous. Si nous ne transformons pas l'éducation de manière à aider nos élèves, nous ne réussirons pas en tant qu'éducateurs* ».<sup>16</sup> Ces mots soulignent l'urgence d'adapter nos méthodes éducatives pour tirer le meilleur parti des technologies disponibles. En conclusion, les lignes directrices de l'UNESCO ne sont pas seulement des recommandations, mais des impératifs pour assurer que l'IA sert l'éducation de la meilleure des manières possibles.

## 5 Méthodologie

Pour répondre efficacement à notre question de recherche : « *Comment intégrer l'IA de manière efficace dans l'enseignement afin de préparer étudiants et enseignants à une utilisation optimale de cette technologie ?* », nous avons structuré notre démarche méthodologique en plusieurs étapes essentielles.

Tout d'abord, nous avons exploré et défini les concepts clés liés à notre recherche. Cela incluait une revue de la littérature existante sur l'intelligence artificielle, son intégration dans les systèmes éducatifs, et ses impacts potentiels sur l'enseignement et l'apprentissage. À travers cette revue, nous avons pu identifier les avantages et les défis de l'IA, ainsi que les perceptions des enseignants et des étudiants quant à son utilisation dans un contexte éducatif.

L'objectif de ma recherche : Explorer les méthodes et stratégies pour intégrer l'intelligence artificielle dans l'enseignement, en maximisant les avantages et en minimisant les risques, afin de préparer les étudiants et les enseignants à une utilisation efficace de cette technologie.

Sur base de toutes les informations récoltées, plusieurs hypothèses en lien avec les différents chapitres ci-dessus ont été formulé notamment :

- L'intégration de l'IA dans l'enseignement améliore les performances académiques des étudiants.
- Les obstacles principaux à l'intégration de l'IA dans l'enseignement sont le manque de formation et le manque de soutien institutionnel.
- L'IA améliore l'efficacité de l'enseignement.
- Les étudiants doivent développer un esprit critique pour utiliser l'IA de manière responsable.

---

<sup>16</sup>Citation de Rebecca Nesson : <https://www.harvardonline.harvard.edu/blog/benefits-limitations-generative-ai>

## 5.1 Type de méthodologie

Justification de la méthode choisie :

Nous avons opté pour une étude mixte combinant des méthodes qualitatives et quantitatives afin de capturer à la fois des données mesurables et des perspectives approfondies afin d'avoir une compréhension complète de l'intégration de l'intelligence artificielle dans l'enseignement.

L'approche mixte est particulièrement appropriée pour cette étude car elle nous permet d'explorer en profondeur les perceptions et expériences des enseignants et des experts en IA tout en quantifiant les tendances et les opinions générales des étudiants et des enseignants.

**L'approche quantitative** : Les données quantitatives permettent de mesurer l'ampleur de l'utilisation de l'IA et de recueillir les informations structurées sur les attitudes et les perceptions des étudiants et des enseignants. Nous avons fourni des questionnaires que nous avons administré en ligne, ce qui nous a permis de recueillir des réponses de manière efficace et à grande échelle.

**L'approche qualitative** : Les données qualitatives fournissent des aperçus plus approfondis sur les perceptions, les expériences et les recommandations des enseignants et des experts en IA. Nous avons mené des entretiens semi-dirigés qui consiste à poser un certain nombre de questions mais dans un ordre non établi, qui permet à l'interviewer de s'exprimer librement (SYLLABUS DE L'ICHEC). Ces entretiens avec des experts en IA et des enseignants permettent d'explorer des aspects complexes et nuancés de l'intégration de l'IA dans l'enseignement.

Quant aux outils de collecte de données, nous avons élaboré pour l'étude quantitative deux types de questionnaires, un pour les étudiants et un pour les enseignants, en tenant compte de leurs expériences et perspectives distinctes. Chaque questionnaire comprenait des questions fermées ou une ou deux questions ouvertes. Les questions portaient sur l'utilisation de l'IA, les compétences développées, les perceptions des avantages et des défis, ainsi que les obstacles à l'intégration de l'IA (Voir annexes pour les questionnaires complets).

Pour les entretiens qualitatifs, les guides d'entretien ont été élaborés pour structurer les discussions avec les experts en IA et les enseignants. Cependant, une flexibilité a été maintenue pendant les entretiens, permettant d'adapter les questions en fonction des participants. Parfois, les participants répondraient à plusieurs questions à la fois ou abordaient des sujets supplémentaires pertinents (Voir annexes pour les guides d'entretien complets).

### *5.1.1 Méthodologie Quantitative*

L'échantillon de l'étude quantitative comporte 108 étudiants et 33 enseignants de divers établissements. Les caractéristiques démographiques pour les étudiants étaient : l'âge, niveau d'enseignement (secondaire ou supérieur), établissement scolaire. Pour les enseignants les caractéristiques démographiques étaient : l'établissement scolaire, le niveau d'enseignement, et les matières enseignées.

Le questionnaire destiné aux étudiants et enseignants comporte des questions adaptées à leurs expériences spécifiques avec l'IA :

#### **Pour les étudiants**

- Utilisation de l'IA dans l'apprentissage.
- Outils d'IA utilisés.
- Fréquence d'utilisation de l'IA.
- Compétences développées grâce à l'IA.
- Perceptions des avantages et des défis de l'IA.
- Raisons de ne pas utiliser l'IA.

#### **Pour les enseignants**

- Intégration de l'IA dans les méthodes d'enseignement
- Outils d'IA utilisés
- Fréquence de l'intégration de l'IA dans les méthodes d'enseignement
- Formation reçue pour utiliser l'IA
- Perceptions des avantages et défis de l'IA
- Obstacles à l'utilisation de l'IA
- Recommandations pour une utilisation optimale de l'IA

Les questionnaires ont été administrés en ligne pour maximiser la participation et la facilité. Les participants ont été invités à répondre aux questionnaires via une plateforme de sondage en ligne, dans notre cas, Google Forms, ce qui a permis de recueillir des données de manière rapide et efficace.

### *5.1.2 Méthodologie Qualitative*

L'échantillon qualitatif comprend 2 experts en IA et 2 professeurs ayant une expérience avec l'IA. Les intervenants ont été soigneusement sélectionnés pour garantir une diversité de perspectives et une expertise approfondie dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) appliquée à l'éducation. Voici un aperçu rapide des raisons de leur choix :

- Sébastien Place : Expert en éducation numérique chez Microsoft Belgique

Nous avons choisi Sébastien Place pour son expertise en IA et son rôle clé chez Microsoft. Son expérience apporte une perspective précieuse sur les applications de l'IA dans le domaine éducatif et les innovations technologiques actuelles.

- Patricia Corrieri : Directrice de la Scientothèque de l'ULB

Nous avons choisi Patricia Corrieri, dû à son rôle qui implique la gestion et la promotion des technologies dans l'enseignement ce qui la positionne idéalement pour discuter des stratégies d'intégration de l'IA dans les programmes éducatifs et des implications éthiques et pédagogiques.

- Jacques Folon : Professeur Universitaire, notamment à l'ICHEC & Étienne Cuvelier : Professeur Universitaire, notamment à l'ICHEC

Jacques Folon ainsi que Étienne Cuvelier ont été choisi pour leur expérience en tant qu'enseignant et expert en IA. Leur double perspective d'enseignant et d'expert en IA permet de comprendre les défis et les avantages de l'intégration de l'IA dans les pratiques pédagogiques.

Les entretiens ont été réalisés par Teams et par téléphone, enregistrés afin d'être retranscrits pour une analyse détaillée. Comme déjà évoqué, une flexibilité a été maintenue pendant les entretiens pour s'adapter aux réponses des intervenants et donc nos guides d'entretiens ont connu une certaine évolution. Chaque entretien a duré entre 25 minutes et une heure.

Les guides d'entretien comprenaient des questions sûres :

- L'impact de l'IA sur l'enseignement et l'apprentissage
- Les défis de l'intégration de l'IA dans les pratiques pédagogiques
- Les compétences nécessaires pour une utilisation efficace de l'IA.
- Les perceptions des avantages et des risques de l'IA.
- Les recommandations pour une utilisation éthique et optimale de l'IA.

(Voir Annexes guide d'entretien complet)

## 6 Présentation et analyse des résultats

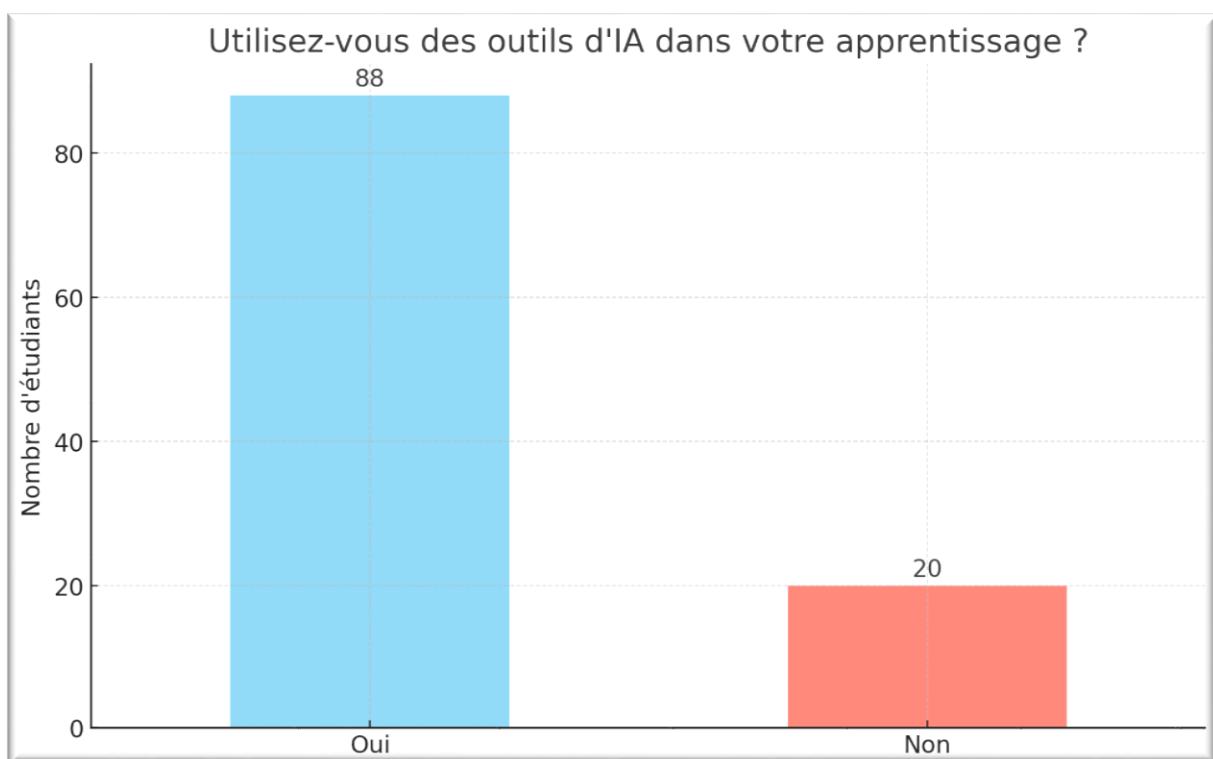
### 6.1 Données quantitatives

Cette section présente les résultats des questionnaires destinés aux étudiants et aux enseignants qui sont souvent présentés sous formes de graphiques pour une meilleure compréhension.

#### 6.1.1 Présentation du questionnaire étudiants

##### 6.1.1.1 Utilisation de l'IA dans l'apprentissage :

Cette question permet de déterminer la proportion d'étudiants qui intègrent l'IA dans leur apprentissage, ce qui est important à savoir pour évaluer l'étendue de l'adoption de cette technologie.



Le graphique montre la répartition des réponses des étudiants à la question « Utilisez-vous des outils d'IA dans votre apprentissage ? ». La majorité parmi eux, à savoir 81% des étudiants utilisent des outils d'IA dans leur apprentissage, tandis que 19% des étudiants n'en utilisent pas.

L'utilisation des outils d'IA dans l'apprentissage par les étudiants indique une adoption croissante de ces technologies. Cependant, il est important de noter que les certains étudiants qui n'utilisent pas d'outils d'IA, sont des élèves du secondaire.

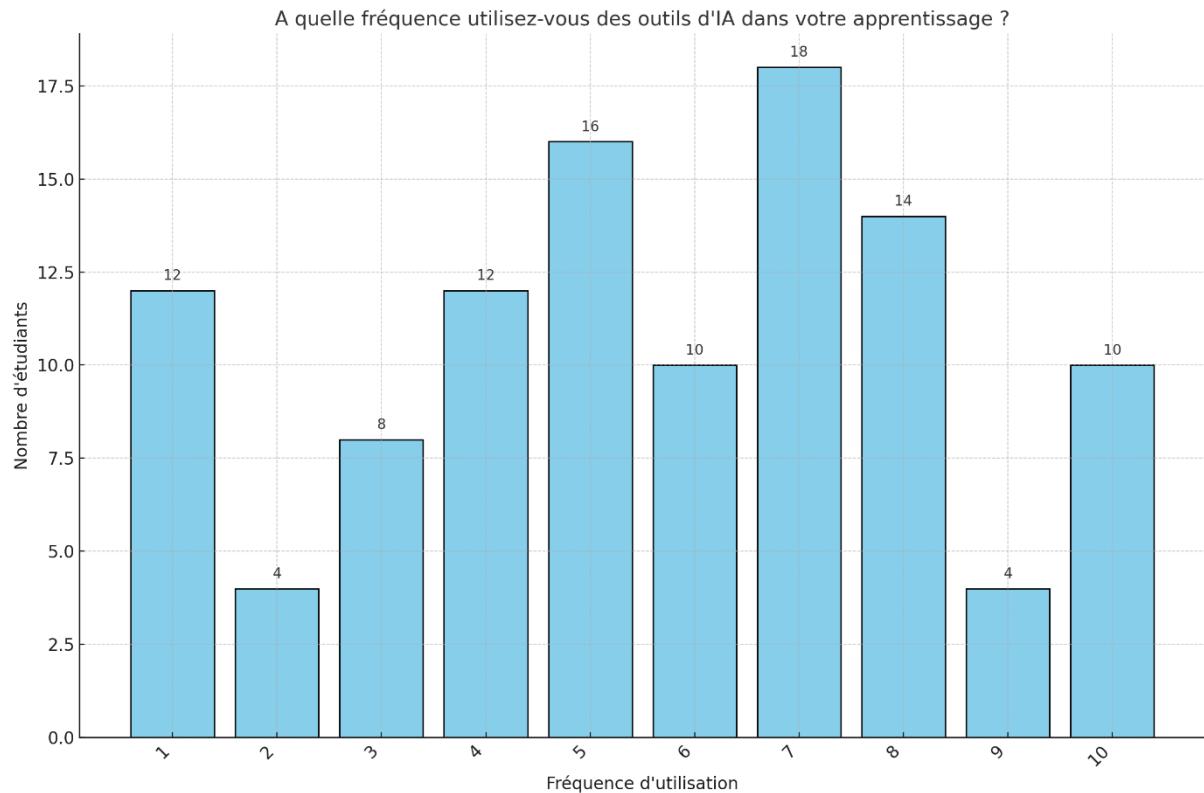
#### **6.1.1.2 Outils d'IA utilisés :**

Nous avons posé la question aux étudiants à propos des outils d'IA qu'ils utilisaient dans leur apprentissage ?

Sur base des réponses sur le nuage de mots, nous pouvons dire que les outils d'IA le plus utilisés par les étudiants incluent ChatGPT, DALL-E, Copilot, Gemini (anciennement appelé Bard). Nous pouvons constater dans notre étude que ChatGPT est l'outil le plus populaire et le plus utilisé parmi les étudiants notamment pour sa capacité à générer des textes et répondre à des questions complexes. Les autres outils tels que Copilot, DALL-E, Gemini sont également beaucoup utilisé. Enfin, d'autres outils variés, ont également été évoqué par les répondants.



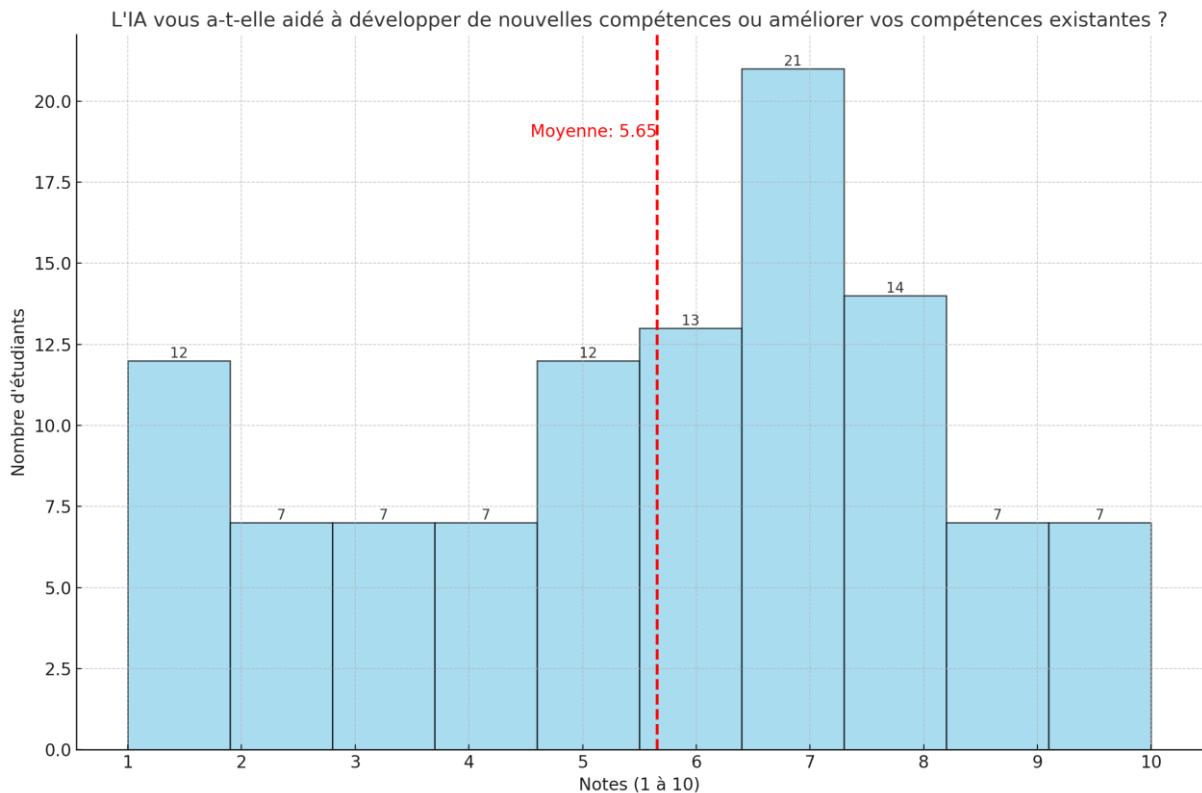
#### 6.1.1.3 Fréquence d'utilisation de l'IA



Nous avons posé la question de savoir la fréquence à laquelle les étudiants utilisaient les outils d'IA sur une échelle de 1 à 10 afin de déterminer à quel point ces derniers dépendent de l'IA dans leur routine quotidienne. Cela aide à évaluer l'importance de l'IA dans l'apprentissage. La fréquence d'utilisation de l'IA varie considérablement parmi les étudiants, avec une moyenne de 7 sur une échelle de (0 à 10). 30% des étudiants utilisent l'IA de manière intensive (score de 8 à 10), tandis que 50% l'utilisent de manière modérée (score de 4 à 7) et 20% l'utilisent rarement (score de 0 à 3).

#### 6.1.1.4 Impact de l'IA sur le développement des compétences :

« L'IA vous a-t-elle aidé à développer de nouvelles compétences ou améliorer vos compétences existantes ? » Nous avons posé cette question qui nous a permis d'évaluer l'impact de l'IA sur le développement des compétences.

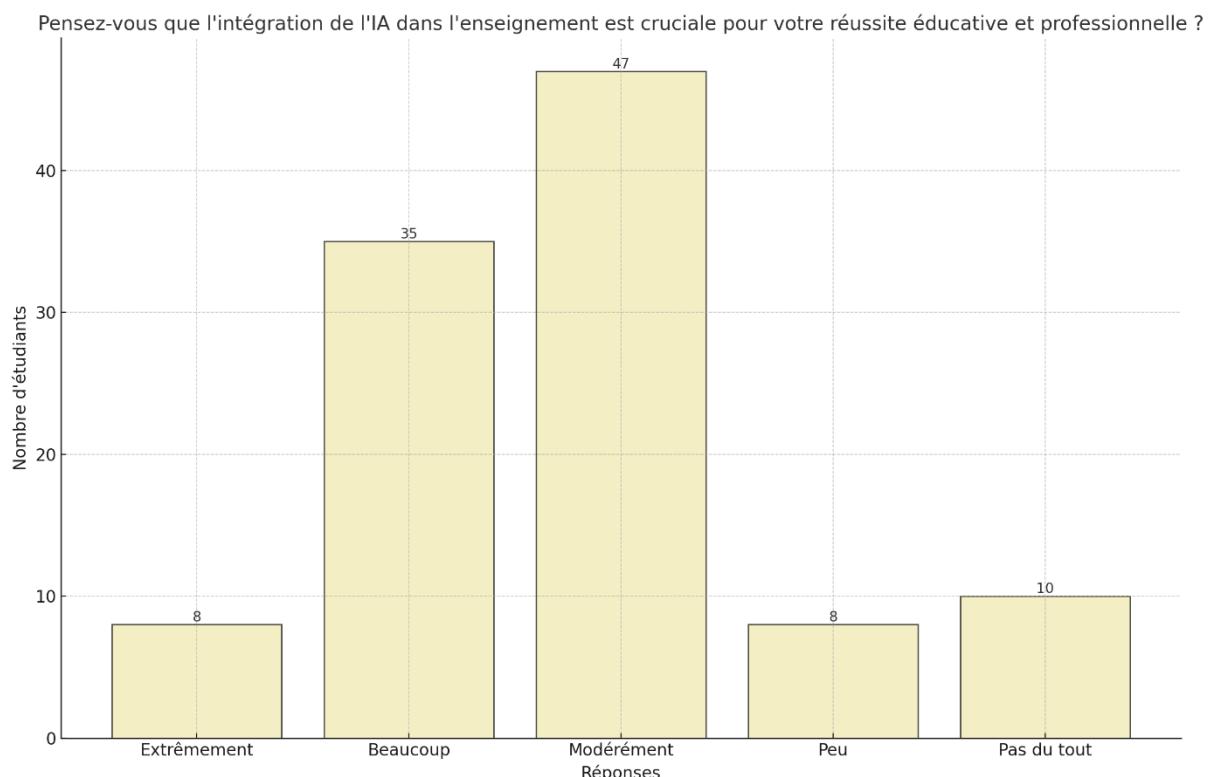


Ce graphique montre que l'IA a un impact positif sur le développement et l'amélioration de leurs compétences. En moyenne, les étudiants ont donné une note de 5.69 sur une échelle de 1 à 10, indiquant une perception globalement favorable. La majorité des notes se situe entre 6 et 10, ce qui renforce cette appréciation positive. Ces résultats montrent que l'utilisation de l'IA a eu un impact positif sur le développement des compétences des étudiants, bien que cet impact soit perçu de manière modérée. Il est possible que les compétences développées soient principalement techniques, comme l'utilisation des outils d'IA eux-mêmes, mais cela peut également inclure des compétences analytiques et de résolution de problèmes.

#### 6.1.1.5 Perceptions des avantages de l'IA

Nous avons posé aux étudiants la question suivante : « Pensez-vous que l'intégration de l'IA dans l'enseignement est cruciale pour votre réussite éducative et professionnelle ? ». Cette question nous a permis de mesurer leur enthousiasme et leur volonté d'adopter cette technologie.

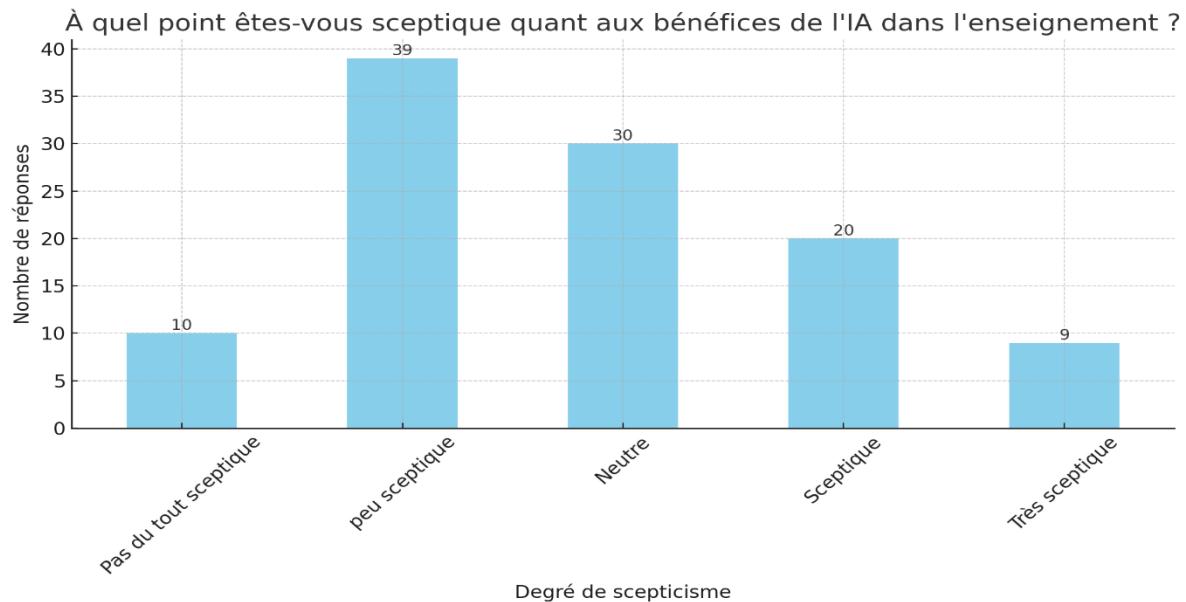
La majorité des répondants reconnaissent l'importance de l'IA pour leur réussite future.



Les données révèlent qu'une majorité d'étudiants considèrent l'intégration de l'IA dans l'enseignement comme importante pour leur réussite scolaire et professionnelle. Une majorité d'étudiants, soit **90** au total, estiment que l'intégration de l'IA dans leur éducation est importante, avec des réponses allant de « Extrêmement » à « Modérément » importantes. Cela montre un consensus clair sur l'impact positif de l'IA sur leurs résultats académiques et leurs futures carrières. Seule une petite fraction des étudiants considère que cela n'a que peu ou pas d'importance. Ces résultats montrent que les étudiants reconnaissent et apprécient largement les avantages que l'IA apporte à leur expérience éducative.

#### *6.1.1.6 Perceptions des défis de l'IA*

Nous avons demandé aux étudiants à quel point ils étaient sceptiques, quant aux bénéfices de l'IA.

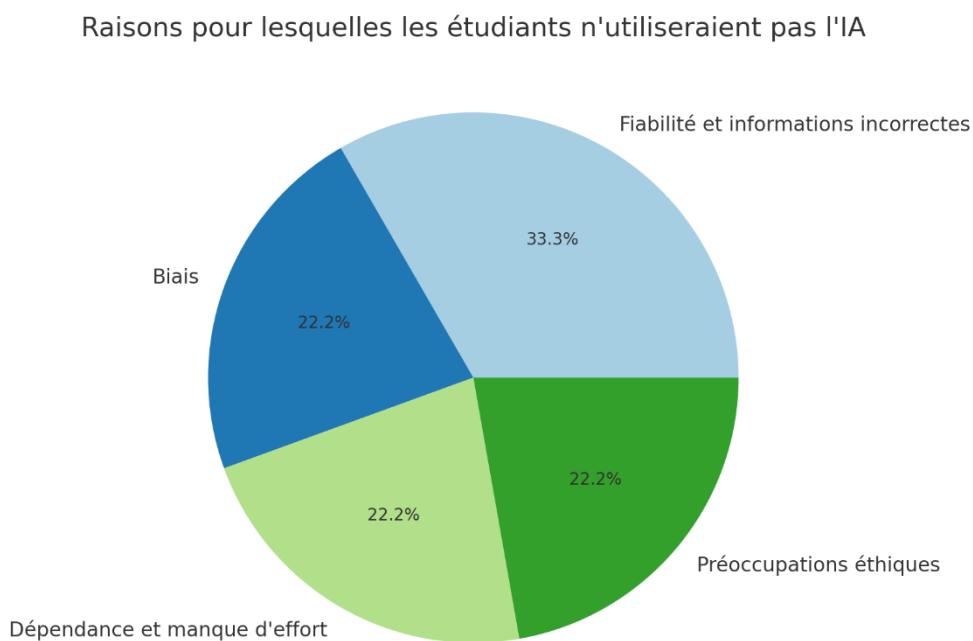


Le graphique montre clairement que la majorité des étudiants sont peu sceptiques quant aux bénéfices de l'IA dans l'enseignement, tandis qu'une minorité significative est sceptique ou très sceptique. Un nombre non négligeable d'étudiants reste neutre sur cette question. Ces résultats indiquent que bien que les étudiants reconnaissent certains avantages potentiels de l'IA, ils ont également des réticences importantes. Il est essentiel de comprendre ces réticences pour pouvoir les adresser et améliorer l'adoption de l'IA dans l'enseignement.

Pour mieux comprendre les origines de ce scepticisme, nous avons également interrogé les étudiants sur les raisons spécifiques qui pourraient les pousser à ne pas utiliser l'IA. Les réponses à cette question fournissent un éclairage complémentaire sur les défis perçus de l'IA.

#### *6.1.1.7 Raisons pour lesquelles les étudiants n'utiliseraient pas l'IA*

Les résultats de cette question révèlent les raisons sous-jacentes de scepticisme et fournissent un contexte précieux pour comprendre les défis perçus de l'IA par les étudiants. Ce graphique met en évidence les principales raisons pour lesquelles ils pourraient choisir de ne pas utiliser l'IA dans leur apprentissage



En effet, nous avons identifié les raisons suivantes :

##### **i. Fiabilité des informations**

De nombreux étudiants ont mentionné qu'ils craignaient que l'IA fournit des informations incorrectes ou incomplètes, ce qui pourrait nuire à la qualité de leur apprentissage. Certains étudiants ne font pas suffisamment confiance à l'IA pour l'utiliser comme outil principal d'apprentissage, en raison de sa relative nouveauté et de la perception que ces outils ne sont pas encore parfaitement fiables.

##### **ii. Dépendance à l'IA**

Plusieurs étudiants ont exprimé des préoccupations concernant le risque de devenir trop dépendants de l'IA et le manque d'effort, ce qui pourrait réduire leur capacité à résoudre des problèmes de manière autonome et leur capacité à fournir des efforts.

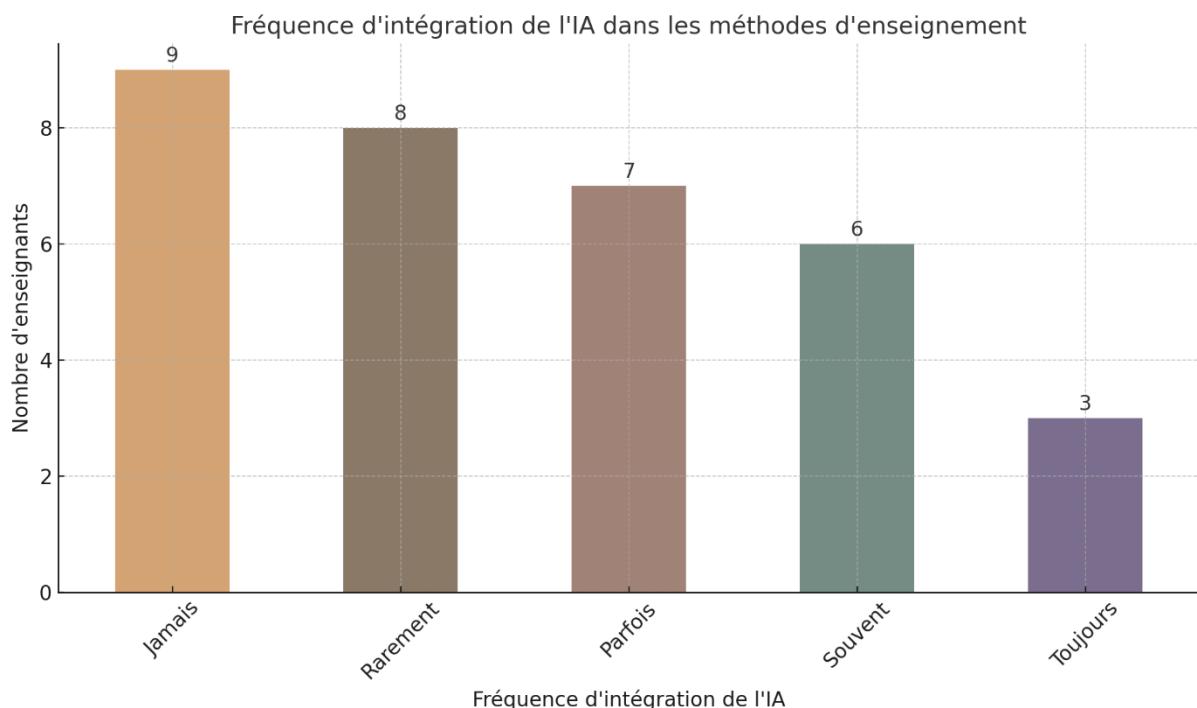
### iii. Préoccupations éthiques et biais

Une grande majorité des étudiants ont soulevé des préoccupations éthiques, notamment en ce qui concerne la confidentialité des données et les biais potentiels des algorithmes d'IA. Mais pas que, il y'a également **59%** des étudiants qui sont très préoccupés ou préoccupés quant à l'impact de l'IA sur les interactions humaines et **41%** des étudiants qui sont neutre ou pas préoccupés quant à l'impact de l'IA sur les interactions humaines.

#### 6.1.2 Présentation du questionnaire enseignants

##### 6.1.2.1 Intégration de l'IA dans les méthodes d'enseignement

Nous avons demandé aux enseignants à quel fréquence ils intégraient l'IA dans leurs méthodes d'enseignement. Le graphique ci-dessous représente cette fréquence d'utilisation.



La majorité des enseignants n'inclut pas l'IA dans leurs méthodes d'enseignement, ou le font mais rarement. Cependant, une partie des enseignants montre une adoption régulière, voire fréquente, de l'IA. Il faut savoir que parmi les enseignants qui n'utilise pas ou utilise rarement l'IA, il y'en a qui l'utilise personnellement dans leurs pédagogies.

Les enseignants qui utilisent l'IA dans leurs méthodes d'enseignement le font pour plusieurs raisons. Certains enseignent l'IA à leurs étudiants, d'autres intègre l'IA comme un outil obligatoire dans leurs cours afin de stimuler la créativité, d'autres enseignants autorise des outils d'IA aux étudiants pour préparer leurs projets ou présentation.

Les enseignants qui utilisent l'IA dans leurs méthodes d'enseignement et même ceux qui ne le font pas, utilisent l'IA personnellement dans leur pratique pédagogique pour différentes raisons :

- Préparation de cours : Utilisation de l'IA pour générer des bases de cours ou des supports pédagogiques.
- Création : Utilisation de l'IA pour créer des quizz, des études de cas ou des syllabus, de mails de tableaux et de graphiques
- Correction : Utilisation d'outils d'IA pour vérifier la grammaire, la syntaxe, l'orthographe
- Aide à la décision pédagogique, suivi des progrès des élèves.

#### *6.1.2.2 Outils d'IA utilisés*

Les enseignants ont été invités à indiquer les outils d'IA qu'ils utilisent dans leur pratique pédagogique. Les réponses comprennent une variété d'outils, notamment :

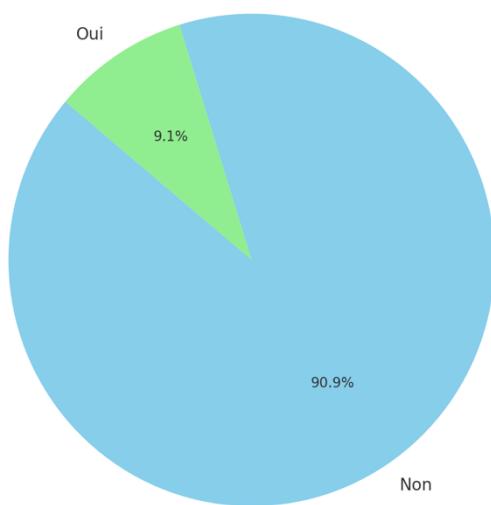
- ChatGPT ; Perplexity ; Copilot ; Deepl ; Gemini ; Diffusion Bee ; Linear.ai ; DALL-E

Les réponses montrent une adoption diversifiée des outils d'IA parmi les enseignants. ChatGPT semble être l'outil le plus couramment utilisé, suivi de Perplexity et Copilot. Ces outils sont principalement utilisés pour générer du contenu, aider à la préparation de cours, et fournir des exemples interactifs pour les étudiants. Les enseignants choisissent les outils en fonction de leurs besoins pédagogiques spécifiques. Les outils utilisés par les enseignants montrent une tendance vers l'utilisation d'outils génératifs et interactifs pour améliorer l'expérience d'apprentissage.

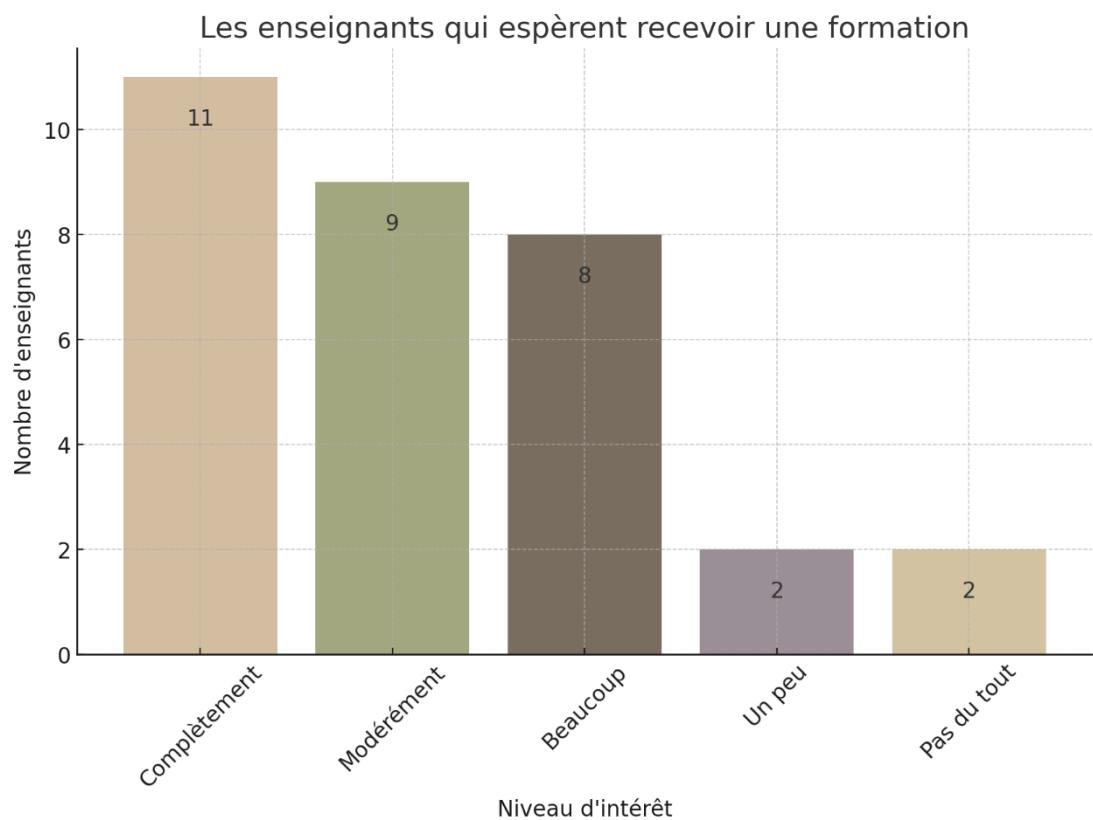
#### *6.1.2.3 Formation reçue pour utiliser l'IA*

Parmi les enseignants interrogés, trois enseignants (9%) ont indiqué avoir reçu une formation spécifique pour utiliser l'IA dans l'enseignement, tandis que trente (90%) enseignants n'ont pas reçu de formation.

Proportion d'enseignants ayant reçu une formation spécifique pour utiliser l'IA



Les enseignants ayant reçu une formation ont unanimement jugé cette formation insuffisante. Cela suggère que les formations actuelles manquent de profondeur ou de pertinence par rapport aux besoins pratiques des enseignants. La grande majorité des enseignants qui n'ont pas reçu de formation expriment un intérêt pour en recevoir. Plus précisément, 11 enseignants sont complètement d'accord pour recevoir une formation, et 9 le sont modérément, cela indique une prise de conscience généralisée de l'importance de maîtriser l'IA pour améliorer leurs pratiques pédagogiques.



Les enseignants ayant reçu une formation ont unanimement jugé cette formation insuffisante. Cela suggère que les formations actuelles manquent de profondeur ou de pertinence par rapport aux besoins pratiques des enseignants. La grande majorité des enseignants qui n'ont pas reçu de formation expriment un intérêt pour en recevoir. Plus précisément, 11 enseignants sont complètement d'accord pour recevoir une formation, et 9 le sont modérément, indiquant une prise de conscience généralisée de l'importance de maîtriser l'IA pour améliorer leurs pratiques pédagogiques.

Bien que la plupart des enseignants soient intéressés par une formation, quelques-uns (2 enseignants) manifestent moins d'enthousiasme. Cela pourrait être dû à des réticences personnelles, un manque de temps, ou une perception que l'IA n'est pas directement applicable à leur discipline spécifique. Pour les enseignants qui ont manifesté aucun intérêt, nous avons pu identifier un enseignant en intelligence artificielle, et un enseignant qui utilise l'IA dans ses cours, on peut conclure qu'ils sont déjà qualifiés et n'ont pas besoin de formation supplémentaire.

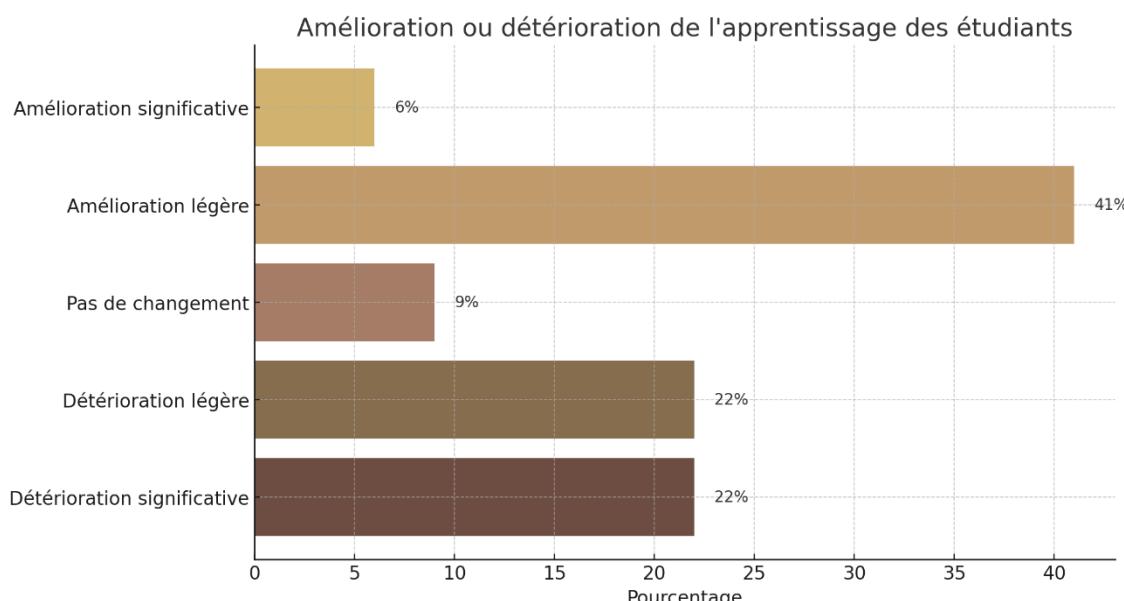
#### *6.1.2.4 Perception des avantages*

Les avantages perçus de l'IA pour les enseignants peuvent être déduits des différentes utilisations qu'ils en font. Parmi les enseignants qui utilisent l'IA, **55%** des enseignants utilisent l'IA pour préparer leurs cours, ce qui leur permet de gagner du temps et d'accéder à des ressources pédagogiques diversifiées. **10%** des enseignants utilisent l'IA pour évaluer les performances des étudiants, ce qui permet des évaluations plus rapides et plus objectives. **20%** des enseignants utilisent l'IA pour des tâches administratives, telles que la rédaction de mails. **15%** des enseignants utilisent l'IA pour créer des contenus interactifs, rendant l'apprentissage plus engageant pour les étudiants.

#### *6.1.2.5 Perceptions des défis et obstacles de l'IA*

##### **i. Impact sur l'apprentissage des étudiants**

Nous avons demandé aux enseignants si l'IA améliorait ou détériorait l'apprentissage des étudiants. Les perceptions quant à l'impact de l'IA sur l'apprentissage des étudiants sont variés.

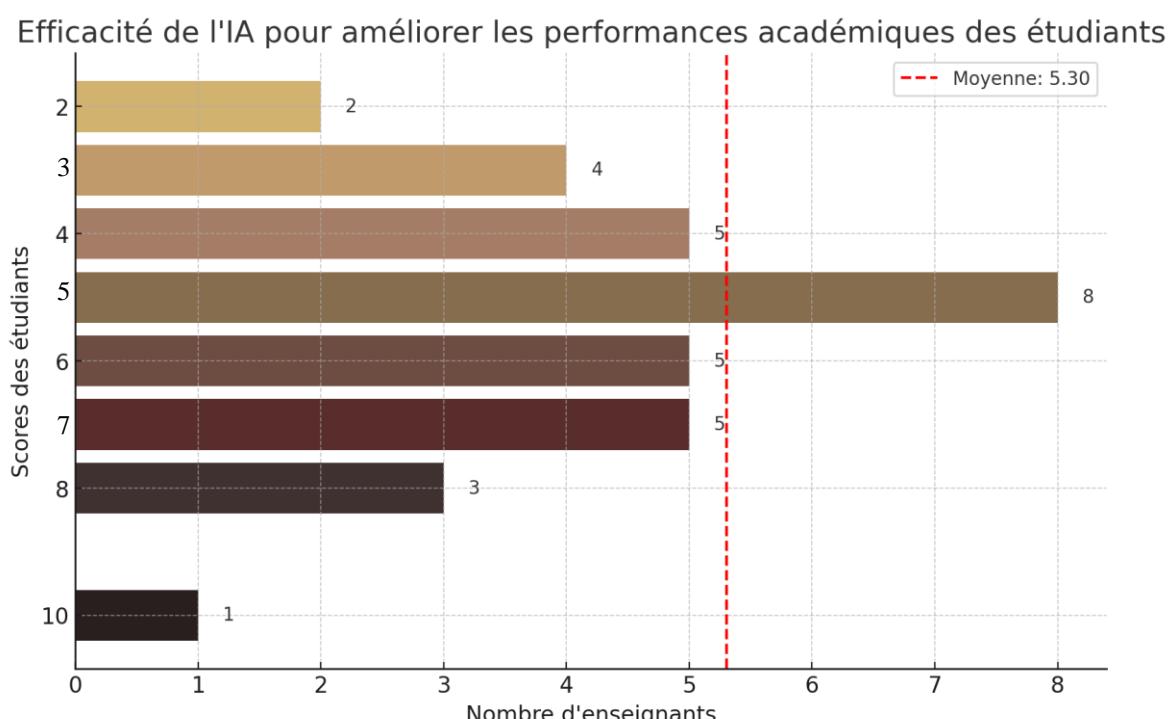


En effet, une majorité relative, soit 41%, estime que l'IA apporte une amélioration légère. Cependant, 6% des enseignants croient en une amélioration significative grâce à l'IA. Une autre tranche de 22% mentionne une détérioration légère, tandis que 22% des enseignants perçoivent une détérioration significative, indiquant des préoccupations notables concernant l'impact potentiel de l'IA. Enfin, 9% ne constatent aucun changement, pour eux l'intégration de l'IA n'a pas encore suffisamment d'impact pour être considérée comme une amélioration ou une détérioration.

Cette répartition des perceptions met en évidence une diversité d'opinions parmi les enseignants. La reconnaissance d'une amélioration légère par une majorité relative suggère que l'IA apporte des bénéfices, mais ceux-ci ne sont peut-être pas encore pleinement exploitables ou visibles. Les inquiétudes concernant la détérioration (significative et légère) révèlent des défis à surmonter, notamment en matière d'intégration efficace et de formation adéquate.

## ii. Efficacité de l'IA pour améliorer les performances académiques de étudiants

Nous avons également demandé aux enseignants si l'IA était efficace pour améliorer les performances académiques des étudiants, les réponses étaient variées, montrant une moyenne autour de 5,30.

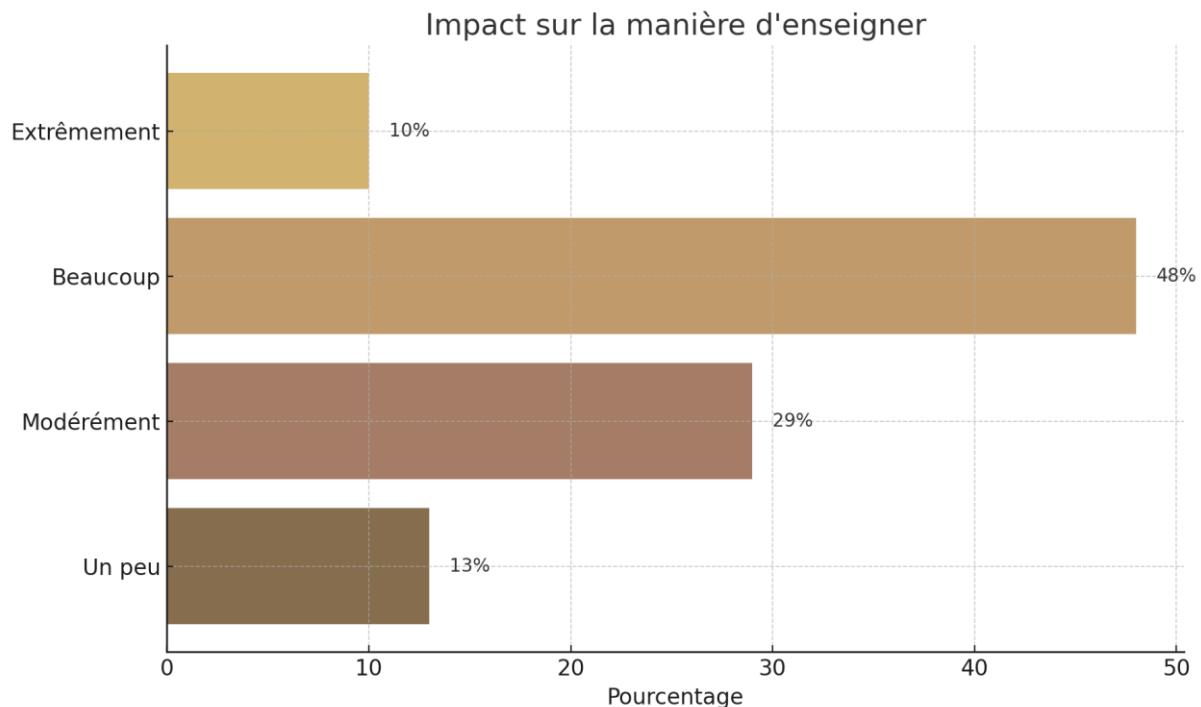


En effet, 8 enseignants ont donné une note de 5, et les autres réponses se répartissent principalement entre les notes 4 (5 enseignants), 7 (5 enseignants), 6 (5 enseignants). Les autres scores comprennent 3 (4 enseignants), 8 (3 enseignants), 2 (2 enseignants), et 10 (1 enseignant).

Cette distribution suggère que les enseignants sont quelque peu divisés sur l'efficacité de l'IA. Une moyenne centrée sur 5.30 indique une perception modérée et légèrement positive, ni extrêmement positive ni extrêmement négative. Cela pourrait refléter une reconnaissance des potentiels de l'IA, tout en signalant que ces potentiels ne sont peut-être pas encore pleinement réalisés ou que les défis pour y parvenir sont encore nombreux.

### iii. Changement dans la manière d'enseigner

Les enseignants ont été interrogés sur la question de savoir si l'IA peut changer leur manière d'enseigner.



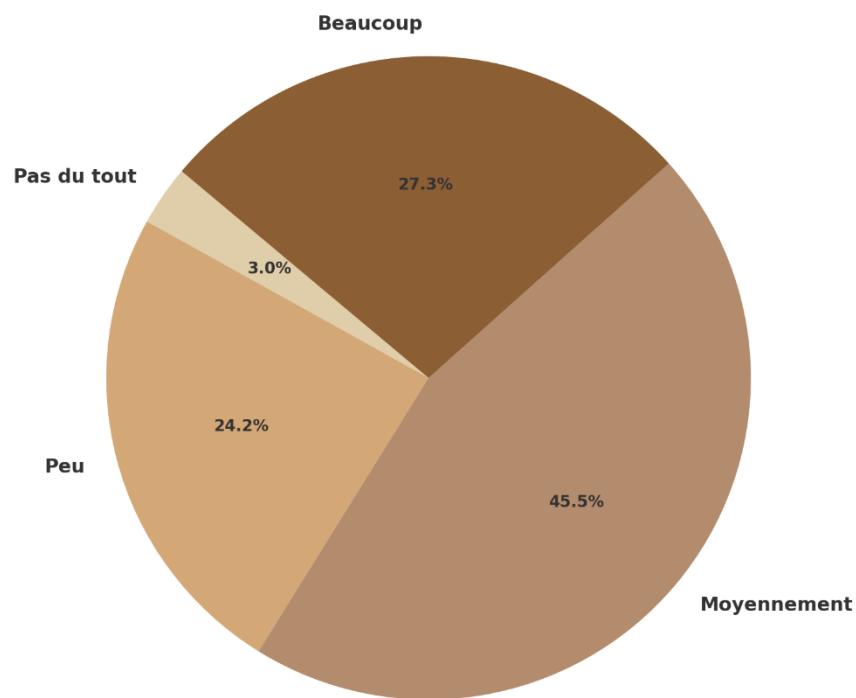
Concernant la question de savoir si l'IA peut changer la manière d'enseigner, une majorité de **48%** des enseignants estiment que l'IA peut avoir un impact significatif ("beaucoup"), et **10%** considèrent que l'IA peut changer leur manière d'enseigner de manière extrêmement significative. **29%** pensent que ce changement pourrait être modéré. Et une minorité plus petite, **13%**, voit un impact moindre ("un peu").

Ces chiffres montrent une tendance positive vers l'acceptation de l'IA comme un outil possiblement transformateur dans les méthodes pédagogiques.

#### iv. Confiance dans la capacité à fournir un apprentissage personnalisé efficace

Nous avons également voulu savoir si les enseignants avaient confiance dans la capacité de l'IA à fournir un apprentissage personnalisé efficace.

Confiance dans l'IA pour fournir un apprentissage personnalisé efficace

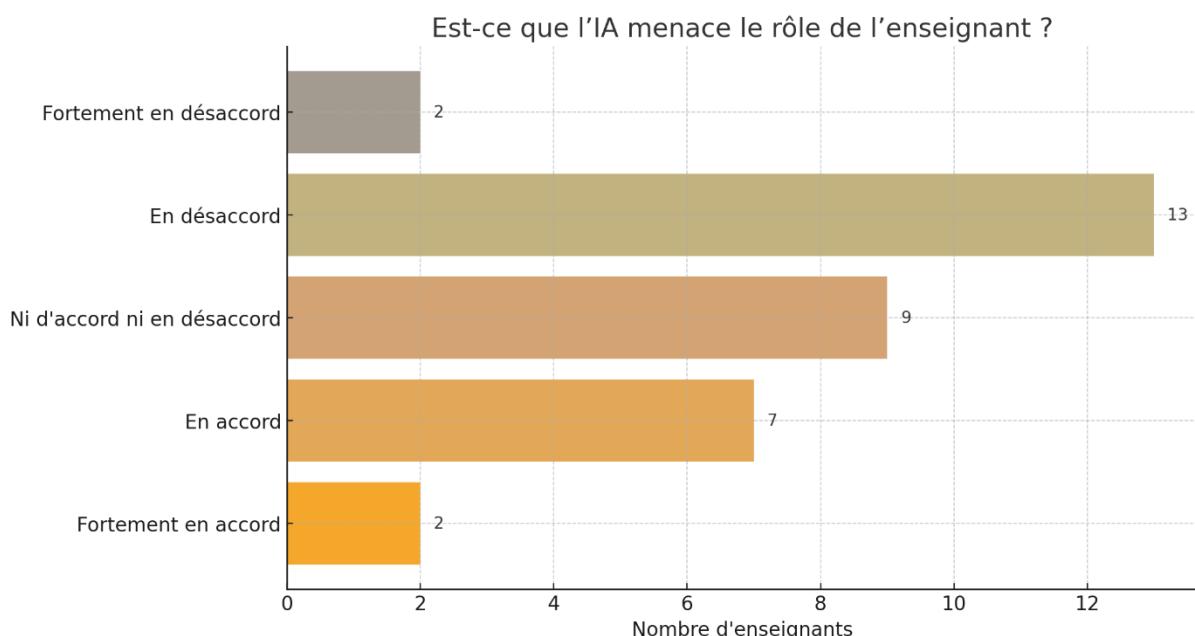


Les réponses montrent une répartition d'environ **27%** des enseignants ayant beaucoup de confiance, environ **46%** moyennement, **24%** peu, et **3%** pas du tout.

Cette distribution montre une tendance vers une confiance moyenne à éléver, avec une majorité relative d'enseignants ayant une certaine confiance dans les capacités de l'IA à personnaliser l'apprentissage. Toutefois, il existe aussi des réticences, comme l'indiquent ceux qui ont peu ou pas du tout confiance. Cette variation reflète probablement les différentes expériences et familiarités des enseignants avec les outils d'IA disponibles.

## v. Menace pour le rôle des enseignants

Une question qui nous a semblé important de poser porte sur la menace de l'IA sur le rôle traditionnel de l'enseignant. Les opinions des enseignants sont variées.

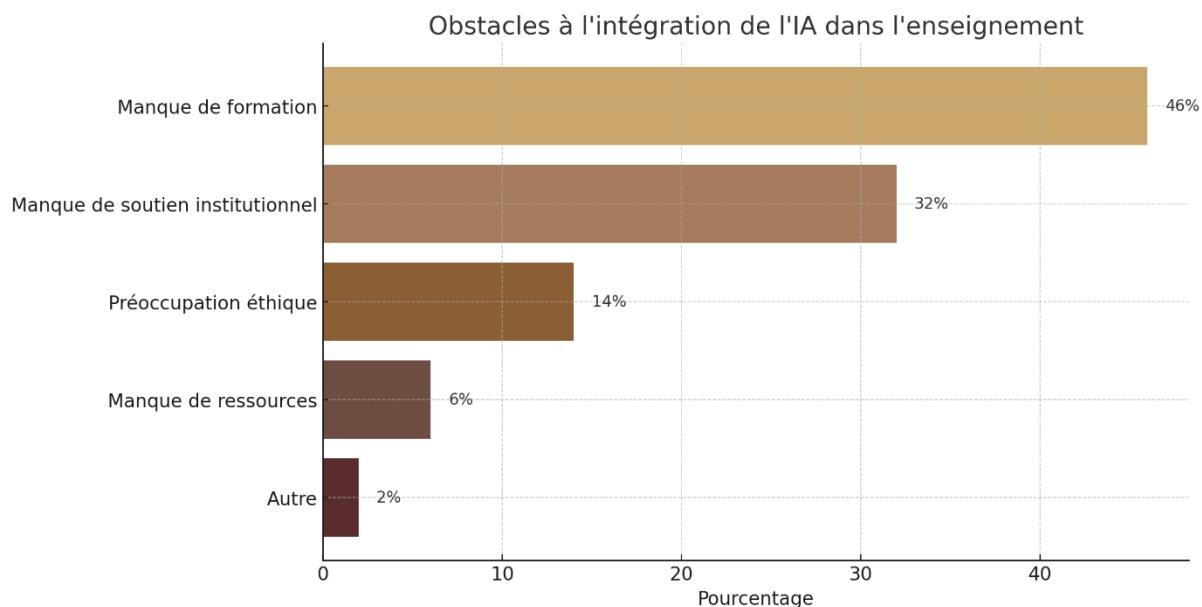


En effet, **treize** enseignants sont en désaccord avec cette idée, **deux** sont fortement en désaccord, **neuf** sont neutres (ni d'accord ni en désaccord), **sept** sont d'accord et **deux** sont fortement d'accord.

Ces réponses indiquent que la majorité des enseignants ne perçoivent pas l'IA comme une menace directe pour leur rôle traditionnel. Cependant, une partie non négligeable (neuf neutres et neuf d'accord ou fortement d'accord) considère qu'il pourrait y avoir des implications potentielles, mettant en évidence la nécessité de discussions et de formations sur le rôle complémentaire de l'IA dans l'enseignement.

## vi. Obstacle à l'intégration de l'IA

Les enseignants ont été interrogés sur quels étaient les principaux obstacles à l'intégration de l'IA dans l'enseignement.



Parmi les principaux obstacles à l'intégration de l'IA dans l'enseignement, le manque de formation est le plus souvent mentionné. Environ **46%** des enseignants identifient ce manque comme le principal obstacle. Cela indique un besoin de programmes de formation pour aider les enseignants à acquérir les compétences nécessaires pour utiliser efficacement les outils d'IA.

Le manque de soutien institutionnel est cité par **32%** des enseignants comme un obstacle significatif. Les enseignants montrent que sans l'appui de leurs institutions et des politiques éducatives favorables, il est difficile d'intégrer l'IA de manière efficace.

Environ **14%** des enseignants expriment des préoccupations éthiques comme un obstacle à l'intégration de l'IA. Ils s'inquiètent des implications morales et éthiques de l'utilisation de l'IA, notamment en ce qui concerne la confidentialité des données, les biais algorithmiques, l'impact sur l'autonomie des étudiants, et la dépendance à la technologie.

Un autre obstacle, mentionné par **6%** des enseignants, est le manque de ressources. Cela inclut l'accès insuffisant à la technologie, les outils d'IA, et les infrastructures nécessaires pour une intégration réussie de l'IA. Les institutions doivent donc investir dans les technologies et fournir les supports matériels et logiciels requis.

Enfin, **2%** des enseignants, ont mentionnés divers autres obstacles, tels que le manque de temps pour se former, la résistance au changement, et le besoin d'une réflexion stratégique sur la place de l'IA dans l'enseignement, la fiabilité des informations fournies par l'IA.

#### *6.1.2.6 Recommandations pour une intégration optimale*

Nous avons posé une question ouverte aux enseignants, sur quelles étaient les meilleures approches selon eux pour intégrer l'IA dans l'enseignement.

La recommandation la plus fréquente parmi les enseignants est la nécessité de formations continue sur l'utilisation de l'IA. Environ **50 %** des enseignants ont souligné l'importance de recevoir une formation adéquate pour comprendre et intégrer efficacement les outils d'IA dans leur pratique pédagogique. Les formations comprennent des sensibilisations et des accompagnements personnalisés pour répondre aux besoins spécifiques des enseignants et des étudiants et d'éduquer sur les risques et avantages de l'IA.

Près de **30 %** des enseignants ont mentionné le besoin de soutien institutionnel pour faciliter l'intégration de l'IA. Ce soutien peut se manifester sous diverses formes, telles que la mise à disposition de ressources, l'inclusion de l'IA dans les cours de base et la création de laboratoires IA (IA LAB) au sein des institutions pour expérimenter et développer des stratégies pédagogiques innovantes.

Plusieurs enseignants ont insisté sur l'importance de sensibiliser les étudiants à utiliser l'IA de manière critique. Environ **10 %** ont recommandé d'apprendre aux étudiants comment poser correctement des questions aux outils d'IA, évaluer la véracité des informations fournies, et utiliser ces outils comme des supports à leur réflexion personnelle plutôt que comme des substituts.

Environ **10 %** des enseignants ont suggéré de repenser la manière d'enseigner pour intégrer les outils d'IA de façon naturelle. Cela inclut la présentation de l'IA comme un outil pour faciliter la préparation de cours, montrer différentes applications concrètes dans divers domaines, et développer l'esprit critique des étudiants à travers des exercices pratiques et des études de cas.

En combinant la formation continue, le soutien institutionnel, le développement de l'esprit critique, les ajustements pédagogiques, et la sensibilisation aux risques, il est possible de maximiser les avantages de l'IA tout en minimisant les défis et les risques.

## 6.2 Données qualitatives

Cette section présente une analyse détaillée des résultats obtenus à partir des entretiens qualitatifs menés avec divers experts et enseignants. Les principaux thèmes abordés dans ces entretiens sont l'impact de l'IA sur l'enseignement, les avantages et défis de son intégration, ainsi que les recommandations pour une utilisation optimale.

Les entretiens ont été réalisés avec les personnes suivantes :

Sébastien Place - Responsable du secteur de l'éducation et de la recherche pour Microsoft ; Patricia Corrieri - Directrice de la Scientothèque ; Étienne Cuvelier - Professeur universitaire de mathématiques et d'informatique, notamment l'intelligence artificielle à l'ICHEC ; Jacques Folon - Professeur universitaire à l'ICHEC, ainsi que d'autres universités.

### 6.2.1 *Synthèse des entretiens*

#### 6.2.1.1 *Sébastien Place*

##### i. Présentation et mission

Sébastien Place, en tant que responsable du secteur de l'éducation et de la recherche pour Microsoft, utilise l'IA de manière intensive dans son environnement professionnel. Microsoft développe diverses applications d'IA, appelées Copilot, qui assistent dans de nombreuses tâches allant de la gestion des e-mails à la création de graphiques et à l'optimisation des flux de travail. L'IA est très présente dans les outils développés par Microsoft, qu'ils soient génératifs ou non.

##### ii. Impact de l'IA dans l'enseignement

Sébastien souligne que l'IA générative a un faible taux d'adoption actuel dans l'éducation, mais que l'IA en général est déjà largement utilisée, souvent sans que les utilisateurs en soient conscients. Il met en garde contre les mauvaises perceptions dues à une communication binaire et recommande une approche plus nuancée, en utilisant des méthodologies bayésiennes pour évaluer l'impact de l'IA.

##### iii. Défis de l'adoption de l'IA

Il mentionne le concept de Shadow IT, où les enseignants utilisent des outils numériques personnels non réglementés, ce qui pose des problèmes de sécurité des données. L'intégration institutionnelle de l'IA avec des outils comme Copilot de Microsoft offre une meilleure protection des données mais nécessite une communication efficace pour éviter le rejet par les utilisateurs.

#### **iv. Recommandations**

Pour Sébastien, l'IA doit être intégrée avec une méthodologie claire et institutionnelle pour éviter le phénomène de "Shadow IT", où les enseignants et étudiants utilisent des outils non réglementés. Il insiste sur la nécessité de formations pour expliquer les avantages des outils d'IA institutionnels, de promouvoir une utilisation équilibrée du numérique et de protéger les données des utilisateurs.

#### **v. L'initiation à l'IA**

Selon Sébastien Place, l'initiation à l'IA est indispensable dans l'éducation, « Si nous n'expliquons pas ce qu'est le numérique et ce qu'il permet de faire, nous maintenons une mauvaise application de l'enseignement. Cela conduit à des burnouts et des abandons chez les enseignants. Une formation initiale renforcée par le numérique pourrait être l'un des piliers pour résoudre ces problèmes. Les gens perçoivent souvent le numérique à travers leur vie privée, mais il y a une confusion entre divertissement et outils pédagogiques. Nous devons séparer le numérique dans différents mondes et combattre les mauvaises médiatisations et les termes flous » (Sébastien Place, 2024)

#### **vi. Rôle des enseignants et l'IA**

Sébastien Place est quasi convaincu que l'IA ne remplacera pas les enseignants. Il voit l'IA comme un outil complémentaire qui peut améliorer aider les enseignants dans leurs tâches administratives et pédagogiques. « L'IA est un ajout, jamais un remplacement. L'enseignement est par essence un métier relationnel et social. L'IA ne remplacera jamais les aspects relationnels et sociaux de l'enseignement. Elle peut supprimer les tâches répétitives administratives pour libérer du temps pour les interactions sociales ».

##### *6.2.1.2 Patricia Corrieri*

#### **i. Présentation et mission**

Patricia Corrieri est directrice de la Scientothèque, une ASBL dont la mission est de réduire les inégalités sociales en éducation via les STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). Elle travaille principalement avec des enseignants et d'autres professionnels de l'éducation.

#### **ii. Impact de l'IA dans l'enseignement :**

Patricia observe que nous sommes au début de l'intégration de l'IA et que l'IA peut être un atout formidable si elle est utilisée correctement. Elle souligne que l'IA, comme tout outil, nécessite une utilisation éclairée pour être bénéfique. « L'IA peut être un formidable atout si elle est utilisée par quelqu'un qui a de la culture et qui va l'utiliser correctement. Ces utilisateurs peuvent en tirer de grands bénéfices et créer des opportunités d'apprentissage innovantes.

En revanche, si elle est utilisée par des personnes qui n'ont pas de culture et peu formés, les résultats risquent d'être médiocres et n'apporteront pas de réelle amélioration. » (Patricia Corrieri, 2024)

### **iii. Défis rencontrés :**

Patricia recommande d'enseigner le numérique de manière éthique et critique dès le plus jeune âge pour combler la fracture numérique. « Oui, l'apprentissage du numérique est essentiel en raison de la fracture numérique. L'école joue un rôle pour combler les lacunes que certains enfants pourraient avoir à la maison. Sans cet enseignement, seuls les enfants des milieux privilégiés en bénéficieraient, ce qui creuserait encore plus les inégalités » (Patricia Corrieri, 2024). Patricia affirme également qu'il est essentiel de contrôler l'utilisation de cette technologie, « ..il est essentiel de le contrôler et de ne pas en abuser. Le numérique a ses avantages, comme l'accès à une grande quantité de connaissances, mais il doit être utilisé correctement et avec modération » (Patricia Corrieri, 2024).

### **iv. Rôle des enseignants et IA**

Patricia ne voit pas l'IA comme une menace pour le rôle traditionnel des enseignants. Elle croît plutôt que l'IA peut être un complément qui permet aux enseignants de se concentrer sur des tâches plus importantes

### **v. Recommandations**

Elle suggère d'intégrer progressivement l'IA dans les programmes scolaires, avec une formation adéquate pour les enseignants et les étudiants, afin de préparer une main-d'œuvre compétente et de combler les lacunes actuelles en matière de compétences numériques. Elle cite : «.. La Belgique est l'un des pays d'Europe les moins avancés en termes de formation numérique et en IA. Cette situation pose un problème pour l'industrie belge, notamment en ce qui concerne la main-d'œuvre. Si nous ne suivons pas cette tendance en matière de formation, ça va être un secteur appauvri. »

#### *6.2.1.3 Etienne Cuvelier*

### **i. Présentation et utilisation de l'IA :**

Etienne Cuvelier, professeur de mathématiques et informatiques à l'ICHEC. Il enseigne principalement des cours de mathématiques de base dans la filière ingénieur (première bac et master), ainsi que des cours d'intelligence artificielle et d'aide à la décision pour les ingénieurs et les Business analysts. Les cours d'intelligence artificielle visent à apprendre aux étudiants à utiliser les techniques de Machine Learning. Etienne Cuvelier utilise l'IA de manière limitée dans ses cours, préférant les méthodes traditionnelles pour les mathématiques. Toutefois, il reconnaît le potentiel de l'IA pour certaines tâches comme la génération de code, les tâches administratives et la correction automatique des QCM.

## **ii. Impact de l'IA dans l'enseignement**

Étienne souligne que l'impact de l'IA est une réalité, l'IA peut avoir des impacts positifs si elle bien utilisée mais elle ne doit pas remplacer l'apprentissage direct. Il insiste sur l'importance de ne pas déléguer entièrement l'apprentissage à l'IA. Il cite : « C'est une réalité, comme tout outil, l'IA aura des impacts sur l'enseignement. Bien utilisée, elle peut être tant intéressante pour les enseignants que pour les étudiants. Cependant, il est important de ne pas déléguer entièrement leur apprentissage à l'IA. L'IA facilite certaines tâches, mais l'apprentissage doit rester une priorité pour les étudiants ». (Étienne Cuvelier, 2024)

## **iii. Défis et solutions**

Étienne Cuvelier insiste sur la nécessité de méthodes d'évaluation qui contraignent les étudiants à prouver leur compréhension sans pouvoir déléguer à l'IA. Pour lui, partager les bonnes pratiques entre enseignants est important pour une utilisation efficace de l'IA. « Il est essentiel de mettre en place des méthodes qui contraignent les étudiants à prouver leur compréhension sans pouvoir déléguer à l'IA. Les enseignants doivent partager leurs expériences et bonnes pratiques concernant l'utilisation de l'IA. » (Étienne Cuvelier, 2024)

## **iv. Initiation à l'IA**

Selon Étienne Cuvelier, l'initiation à l'IA est incontournable. Selon lui, l'école doit préparer les étudiants à la vie, et l'IA fera de plus en plus partie de leur environnement. Il est donc essentiel de les préparer à utiliser ces technologies de manière éclairée.

## **v. Rôles des enseignants et IA**

Selon Etienne Cuvelier, l'IA pourra peut-être remplacer les enseignants dans des cas spécifiques mais de manière générale, elle ne remplacer pas le rôle de l'enseignant car il y'a l'aspect de l'empathie. Il est difficile d'imaginer une relation entre un enseignant et un étudiant qui ne soit pas humaine.

## **vi. Recommandations**

Il recommande de préparer les étudiants à utiliser l'IA de manière éclairée et de partager les expériences réelles des enseignants pour éviter les désillusions et les effets de buzz liés aux technologies

#### *6.2.1.4 Jacques Folon*

##### **i. Impact et avantages de l'IA**

Jacques Folon insiste sur l'importance d'intégrer l'IA dans l'enseignement universitaire pour préparer les étudiants à un monde où l'IA est de plus en plus utilisée. Il voit dans l'IA une opportunité d'enrichir les méthodes d'enseignement et de recherche.

##### **ii. Défis et solutions**

Il met en garde contre les risques des hallucinations de l'IA et l'importance de développer l'esprit critique des étudiants. Pour lui, les enseignants doivent apporter une valeur ajoutée qui ne peut être remplacée par une IA, notamment en offrant de la réflexion et des exercices interactifs. Selon lui, « Il est crucial de développer l'esprit critique par rapport aux solutions que l'IA peut fournir, en tenant compte des risques comme les hallucinations de l'IA ».

##### **iii. Initiation à l'IA**

Selon Jacques Folon, l'initiation à l'IA est inévitable. « Les étudiants utilisent déjà l'IA pour leurs travaux, mémoires, etc. Il est donc important d'accompagner les étudiants dans l'usage et l'apprentissage de l'IA. L'IA fait déjà partie de l'enseignement, il s'agit maintenant de savoir comment la structurer et l'intégrer de manière optimale. Les étudiants s'attendent à ce que l'IA fasse partie de leur environnement d'apprentissage, il est donc crucial de les guider dans cette utilisation. » (Jacques Folon, 2024)

##### **iv. Rôle des enseignants et l'IA**

Selon Jacques Folon, si un enseignant se contente de lire son livre sans ajouter de valeur, il pourrait effectivement être remplacé par une IA. Les enseignants doivent apporter plus que de simples connaissances, ils doivent offrir de la réflexion, du partage et des exercices interactifs. L'important aujourd'hui, c'est la valeur ajoutée que l'on peut apporter. Si un enseignant se demande s'il peut être remplacé par une IA, c'est qu'il doute de sa propre valeur.

##### **v. Recommandations**

Il préconise une intégration progressive des technologies avec des initiatives individuelles des enseignants et l'aide de technopédagogues pour rendre l'enseignement plus interactif et attractif.

## 6.3 Interprétation des résultats

### 6.3.1 Confrontation des résultats quantitatifs et qualitatifs

Cette section confronte les résultats des études quantitatives avec ceux des études qualitatives pour offrir une compréhension approfondie de l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement. Les perceptions des avantages, des défis, et des recommandations pour une intégration optimale de l'IA sont analysées à travers les réponses des étudiants et des enseignants, ainsi que les interviews avec des experts en IA.

#### i. Perceptions des avantages de l'IA

Les données quantitatives montrent que la majorité des étudiants et des enseignants considèrent l'intégration de l'IA comme bénéfique pour leur réussite académique et professionnelle. En effet, 81% des étudiants utilisent l'IA et estiment que son intégration dans l'enseignement est cruciale pour leur réussite éducative et professionnelle. Les enseignants appuient ce point, car bien que tous n'utilisent pas l'IA dans leurs méthodes d'enseignement, certains l'utilisent pour des pratiques personnelles dans leurs pédagogies. Par exemple, 55% des enseignants qui utilisent l'IA trouvent celle-ci bénéfique pour la préparation des cours, et 20% l'utilisent pour les tâches administratives.

Cette perception est renforcée par les entretiens qualitatifs où Jacques Folon mentionne que l'IA, au-delà des tâches administratives, enrichit les méthodes d'enseignement et de recherche. Il affirme que l'IA permet aux enseignants de créer des exercices interactifs, améliorant ainsi l'engagement des étudiants, et que l'IA aide également les étudiants à développer leur esprit critique. Sébastien Place ajoute que l'IA est un outil indispensable pour moderniser les méthodes d'enseignement.

#### ii. Perception des défis

Cependant, les défis perçus par les étudiants et les enseignants incluent la fiabilité des informations fournies par l'IA, la dépendance excessive à la technologie et des préoccupations éthiques. Ces préoccupations sont cohérentes avec les entretiens qualitatifs où Patricia Corrieri souligne la nécessité de contrôler l'utilisation de l'IA et de former les étudiants et les enseignants à une utilisation éthique et critique de ces technologies. Quantitativement, 47% des enseignants voient une amélioration de l'apprentissage des étudiants grâce à l'IA, tandis que 44% observent une détérioration de cet apprentissage. Cette divergence est reflétée dans les interviews, où Jacques Folon mentionne les risques potentiels des « hallucinations de l'IA » et l'importance de développer un esprit critique chez les utilisateurs de l'IA.

Sébastien Place aborde également des défis spécifiques tels que le Shadow IT et les problèmes de confidentialité des données. Le Shadow IT, ou l'utilisation non autorisée de technologies par des étudiants et des enseignants, pose des risques importants pour la sécurité des informations et la conformité institutionnelle. Sébastien souligne que "*l'utilisation non contrôlée de l'IA peut entraîner des fuites de données et compromettre la confidentialité des informations sensibles*". Cela fait écho aux résultats quantitatifs où **14%** des enseignants mentionnent la confidentialité des données comme un obstacle majeur à l'intégration de l'IA.

### **iii. Impact de l'IA sur les méthodes d'enseignement**

Les données quantitatives montrent que 58% des enseignants pensent que l'IA peut changer considérablement leur manière d'enseigner, avec une majorité relative exprimant une certaine confiance dans l'efficacité de l'IA pour fournir un apprentissage personnalisé. Cette perception est soutenue par Jacques Folon, qui voit l'IA comme un outil capable de transformer les méthodes pédagogiques, tout en soulignant la nécessité d'une préparation adéquate des enseignants, notamment avec l'aide de technopédagogues.

### **iv. Obstacles à l'intégration de l'IA**

Les principaux obstacles identifiés sont le manque de formation (**46%**) et le manque de soutien institutionnel (**32%**). La majorité des enseignants n'ont pas reçu de formation spécifique sur l'IA, et ceux qui en ont reçu, à savoir **10%**, ne sont pas satisfaits de cette formation. Cependant, une majorité souhaite recevoir une formation, ce qui est en accord avec les propos de Sébastien Place et Patricia Corrieri sur l'importance des formations continues et du soutien institutionnel pour une intégration efficace de l'IA. De plus, les préoccupations éthiques et le manque de ressources sont également mentionnés. Patricia Corrieri déclare que « *la sensibilisation éthique est une priorité pour une utilisation responsable de l'IA* ».

### **v. Recommandations pour une intégration optimale**

Les recommandations issues des données quantitatives et qualitatives convergent vers la nécessité de formations continues, de soutien institutionnel, et de sensibilisation à une utilisation critique de l'IA. Patricia Corrieri suggère d'intégrer progressivement l'IA dans les programmes scolaires, avec une formation adéquate pour les enseignants et les étudiants. Étienne Cuvelier ajoute que les enseignants doivent partager leurs expériences concernant l'utilisation de l'IA pour créer un environnement d'apprentissage collaboratif. Sébastien Place conclut que si nous n'expliquons pas ce qu'est le numérique, y compris l'IA et ce qu'il permet de faire, nous maintenons une mauvaise application de l'enseignement. Cela conduit à des burnouts et des abandons chez les enseignants. Une formation initiale renforcée par le numérique pourrait être l'un des piliers pour résoudre ces problèmes.

## **vi. Conclusion**

En confrontant les résultats quantitatifs et qualitatifs, il apparaît clairement que l'IA est perçue comme un outil potentiellement transformateur pour l'enseignement, malgré les défis et les obstacles à surmonter. Les données soulignent l'importance d'une formation continue, d'un soutien institutionnel et d'une sensibilisation éthique pour une intégration optimale de l'IA dans le domaine éducatif.

### *6.3.2 Confrontation des résultats quantitatifs et qualitatifs avec la littérature*

Cette section confronte les résultats obtenus lors des études quantitatives et qualitatives avec la littérature existante sur l'intégration de l'IA dans l'enseignement.

#### **i. Perceptions des avantages de l'IA**

Les données quantitatives montrent que la majorité des étudiants et des enseignants considèrent l'intégration de l'IA comme bénéfique pour leur réussite académique et professionnelle. En effet, 81% des étudiants utilisent l'IA et estiment que l'intégration de l'IA dans l'enseignement est cruciale pour leur réussite éducative et professionnelle. Les enseignants viennent également appuyer ce point. Bien que tous les enseignants n'utilisent pas l'IA dans leurs méthodes d'enseignement, certains l'utilisent pour des pratiques personnelles dans leurs pédagogies. Par exemple, 55% des enseignants qui utilisent l'IA trouvent l'IA bénéfique pour les préparations de cours, et 20% l'utilisent pour les tâches administratives.

Cette perception est renforcée par les entretiens qualitatifs où des experts, tels que Jacques Folon, mentionnent l'IA comme un outil complémentaire. Il affirme que, « *l'IA permet d'enrichir les méthodes d'enseignement et de recherche, l'IA permet aux enseignants de créer des exercices interactifs, ce qui améliore l'engagement des étudiants.* » Sébastien Place soutient également cette opinion en déclarant que « *l'IA est un outil indispensable pour moderniser les méthodes d'enseignement.* »

Les avantages documentés dans la littérature viennent confirmer ces perceptions. Par exemple, l'UNESCO (2023) mentionne que l'IA peut jouer un rôle clé dans la personnalisation de l'apprentissage, aidant les enseignants à adapter les contenus aux besoins spécifiques des élèves. De plus, selon l'UNESCO (2023), l'IA peut améliorer l'efficacité administrative et pédagogique, permettant ainsi aux enseignants de se concentrer sur des tâches à plus forte valeur ajoutée.

Les outils d'IA, comme ChatGPT, peuvent représenter des outils complémentaires d'une grande utilité pour les apprenants et enseignants.

## **ii. Perception des défis et obstacles de l'IA**

Cependant, les défis perçus par les étudiants et les enseignants incluent la fiabilité des informations fournies par l'IA, la dépendance excessive à la technologie et des préoccupations éthiques. Ces préoccupations sont cohérentes avec les entretiens qualitatifs où Patricia Corrieri souligne la nécessité de contrôler l'utilisation de l'IA et de former les étudiants et les enseignants à une utilisation éthique et critique de ces technologies. Quantitativement, 47% des enseignants voient une amélioration de l'apprentissage des étudiants grâce à l'IA, tandis que 44% observent une détérioration de cet apprentissage. Cette divergence est reflétée dans les interviews, où Jacques Folon mentionne les risques potentiels des « hallucinations de l'IA» et l'importance de développer un esprit critique chez les utilisateurs de l'IA.

Sébastien Place aborde également des défis spécifiques tels que le Shadow IT et les problèmes de confidentialité des données. Le Shadow IT, ou l'utilisation non autorisée de technologies par des étudiants et des enseignants, pose des risques importants pour la sécurité des informations et la conformité institutionnelle. Sébastien souligne *que "l'utilisation non contrôlée de l'IA peut entraîner des fuites de données et compromettre la confidentialité des informations sensibles".* Cela fait écho aux résultats quantitatifs où **14%** des enseignants mentionnent la confidentialité des données comme un obstacle majeur à l'intégration de l'IA.

Les défis et obstacles cités dans la littérature confirment ces perceptions. Selon l'UNESCO (2022), la protection des données et la fiabilité des systèmes d'IA sont des préoccupations majeures dans l'intégration de ces technologies dans le domaine éducatif.

## **iii. Impact de l'IA sur les méthodes d'enseignement**

Les données quantitatives montrent que 58% des enseignants pensent que l'IA peut changer considérablement leur manière d'enseigner, avec une majorité relative exprimant une certaine confiance dans l'efficacité de l'IA pour fournir un apprentissage personnalisé. Cette perception est soutenue par Jacques Folon, qui voit l'IA comme un outil capable de transformer les méthodes pédagogiques, tout en soulignant la nécessité d'une préparation adéquate des enseignants, notamment avec l'aide de technopédagogues.

La littérature appuie également cet impact sur les méthodes d'enseignement. Par exemple, selon l'OCDE (2023), l'IA peut faciliter des approches pédagogiques plus personnalisées et interactives, répondant mieux aux besoins individuels des étudiants.

## **iv. Menace sur le rôle de l'enseignant**

Une question pertinente soulevée tant dans les études quantitatives que qualitatives est la perception de la menace que l'IA pourrait poser au rôle traditionnel de l'enseignant. Est-ce que l'IA menace le rôle de l'enseignant ? 13 enseignants ont répondu être en désaccord. 2 fortement en désaccord, 9 ni en accord ni en désaccord, 7 en accord, et 2 fortement en accord. Ces résultats montrent une certaine division parmi les enseignants quant à la menace perçue.

Etienne Cuvelier a mentionné que « l'IA pourra peut-être remplacer les enseignants dans des cas très spécifiques mais de manière générale, elle ne remplacer pas le rôle de l'enseignant car il y'a l'aspect de l'empathie. Il est difficile d'imaginer une relation entre un enseignant et un étudiant qui ne soit pas humaine ». Sébastien Place partage cet avis en affirmant que « L'IA est un ajout, jamais un remplacement. L'enseignement est par essence un métier relationnel et social. L'IA ne remplacera jamais les aspects relationnels et sociaux de l'enseignement. Elle peut supprimer les tâches répétitives administratives pour libérer du temps pour les interactions sociales ». Patricia Corrieri, affirme qu'elle ne voit pas l'IA comme une menace pour le rôle traditionnel des enseignants. Elle croît plutôt que l'IA peut être un complément qui permet aux enseignants de se concentrer sur des tâches plus importantes

La littérature soutient également cette perspective, indiquant que « l'IA peut compléter, mais pas remplacer le rôle crucial des enseignants dans l'éducation » (UNESCO, 2022).

« *Leur travail va changer mais nous aurons toujours besoin des enseignants.* », affirme Stuart J. Russel (Savolainen, 2023). L'IA peut aider l'enseignant à gérer plusieurs tâches académiques mais, elle ne peut pas comprendre les besoins sociaux ou émotionnels des élèves comme le font les enseignants. (Savolainen, 2023)

#### v. Initiation à l'IA dès le plus jeune âge

Patricia affirme qu'il faut enseigner le numérique dont l'IA, de manière éthique et critique dès le plus jeune âge pour combler la fracture numérique. «.. *l'apprentissage du numérique est essentiel en raison de la fracture numérique. L'école joue un rôle pour combler les lacunes que certains enfants pourraient avoir à la maison. Sans cet enseignement, seuls les enfants des milieux privilégiés en bénéficieraient, ce qui creuserait encore plus les inégalités*

Les données quantitatives montrent également un soutien pour cette idée, avec plusieurs enseignants suggérant que l'IA devrait être intégrée dans les cours de base pour habituer les étudiants à son utilisation. Par exemple, un enseignant propose « *d'intégrer l'IA dans les cours de base (en informatique, en méthodologie) pour s'habituer à l'utiliser.* ».

La littérature renforce cette idée, indiquant que « *l'introduction de l'IA et du numérique dès le plus jeune âge peut favoriser une meilleure compréhension et une utilisation plus efficace de ces technologies à l'avenir* » (OCDE, 2023).

AI4Belgium (2019) et l'UNESCO (2023) recommandent de commencer l'éducation à l'IA dès le primaire pour préparer les enfants aux défis technologiques du futur. Des initiatives comme le programme Intel AI for Youth et les ateliers de la Scientothèque illustrent comment cette éducation peut être mise en œuvre efficacement.

L'UNESCO (2022) recommande de développer des programmes d'enseignement sur l'apprentissage de l'éthique de l'IA à tous les niveaux éducatifs, en mettant l'accent sur la combinaison des compétences techniques et des considérations éthiques, sociales et humaines.

Les ressources en ligne et numériques pour ces cours devraient être disponibles dans les langues locales pour assurer l'accessibilité et la compréhension.

#### **vi. Obstacles à l'intégration de l'IA**

Les principaux obstacles identifiés sont le manque de formation (**46%**) et le manque de soutien institutionnel (**32%**). La majorité des enseignants n'ont pas reçu de formation spécifique sur l'IA, et ceux qui en ont reçu, à savoir **10%**, ne sont pas satisfaits de cette formation. Cependant, une majorité souhaite recevoir une formation, ce qui est en accord avec les propos de Sébastien Place et Patricia Corrieri sur l'importance des formations continues et du soutien institutionnel pour une intégration efficace de l'IA. De plus, les préoccupations éthiques et le manque de ressources sont également mentionnés. Patricia Corrieri déclare que « la sensibilisation éthique est une priorité pour une utilisation responsable de l'IA ».

La littérature confirme ces obstacles et recommandations. Selon l'OCDE (2023), « *la formation continue et le soutien institutionnel sont essentiels pour surmonter les barrières à l'intégration de l'IA dans l'enseignement* ». Dans une étude menée par l'UNESCO en 2023, les participants provenant de divers pays membres ayant déjà adopté l'IA ont été interrogés sur les conditions essentielles pour sa mise en place. Selon les réponses des participants, **89 %** des programmes d'IA étaient soutenus par le développement des ressources et la formation des enseignants (UNESCO, 2023).

#### **vii. Recommandations pour une intégration optimale**

Les recommandations issues des données quantitatives et qualitatives se rejoignent vers la nécessité de formations continues, de soutien institutionnel, et de sensibilisation à une utilisation critique de l'IA. Patricia Corrieri suggère d'intégrer progressivement l'IA dans les programmes scolaires, avec une formation adéquate pour les enseignants et les étudiants. Étienne Cuvelier ajoute que les enseignants doivent partager leurs expériences concernant l'utilisation de l'IA pour créer un environnement d'apprentissage collaboratif. Sébastien Place conclut que si nous n'expliquons pas ce qu'est le numérique, y compris l'IA et ce qu'il permet de faire, nous maintenons une mauvaise application de l'enseignement. Cela conduit à des burnouts et des abandons chez les enseignants. Une formation initiale renforcée par le numérique pourrait être l'un des piliers pour résoudre ces problèmes.

La littérature appuie ces recommandations, Selon l'UNESCO (2022) « il faut promouvoir des programmes généraux de sensibilisation aux avancées de l'IA, qui devraient inclure des informations sur les données, les bénéfices potentiels, et les défis qu'elle pose, y compris ses implications sur les droits de l'homme et de l'enfant. Ces programmes devraient être accessibles tant à tous ».

### *6.3.3 Affirmation/Infirimation des hypothèses*

Nous allons maintenant valider ou non, les hypothèses en confrontant les résultats obtenus avec nos hypothèses de départ.

#### *6.3.3.1 Hypothèse 1 L'intégration de l'IA dans l'enseignement améliore les performances académiques des étudiants.*

La première hypothèse propose que l'intégration de l'IA dans l'enseignement améliore les performances académiques des étudiants. Les données quantitatives montrent que 47% des enseignants perçoivent une amélioration de l'apprentissage grâce à l'IA, avec 41% des enseignants indiquant une amélioration légère et 6% une amélioration significative.

Ces résultats sont soutenus par les entretiens qualitatifs. Jacques Folon affirme que « l'IA permet d'enrichir les méthodes d'enseignement et de recherche, l'IA permet aux enseignants de créer des exercices interactifs, ce qui améliore l'engagement des étudiants ». Sébastien Place partage également cette opinion en déclarant que « l'IA est un outil indispensable pour moderniser les méthodes d'enseignement ».

La littérature vient renforcer ces perceptions. Selon l'UNESCO (2023), « l'IA peut jouer un rôle clé dans la personnalisation de l'apprentissage, aidant les enseignants à adapter les contenus aux besoins spécifiques des élèves ». Ainsi, l'intégration de l'IA dans l'enseignement semble effectivement contribuer à l'amélioration des performances académiques des étudiants, confirmant notre hypothèse initiale.

#### *6.3.3.2 Hypothèse 2 L'IA améliore l'efficacité de l'enseignement.*

L'hypothèse selon laquelle l'IA améliore l'efficacité de l'enseignement est également validée par les résultats de cette étude. Les données quantitatives montrent que 58% des enseignants pensent que l'IA peut changer considérablement leur manière d'enseigner, avec 48% estimant que l'IA peut beaucoup changer leur manière d'enseigner.

Jacques Folon souligne que l'IA est perçue comme un outil capable de transformer les méthodes pédagogiques, bien qu'il soit nécessaire de préparer adéquatement les enseignants, notamment avec l'aide de techno-pédagogues. La littérature appuie cette perception. L'OCDE (2023) affirme que « l'IA peut faciliter des approches pédagogiques plus personnalisées et interactives, répondant mieux aux besoins individuels des étudiants ». Ainsi, cette hypothèse est confirmée par les données quantitatives, les témoignages qualitatifs et les sources théoriques.

### *6.3.3.3 Hypothèse 3 : Les étudiants doivent développer un esprit critique pour utiliser l'IA de manière responsable.*

La quatrième hypothèse souligne l'importance pour les étudiants de développer un esprit critique pour utiliser l'IA de manière responsable. Les préoccupations éthiques et la nécessité de développer l'esprit critique sont soulignées dans les données quantitatives, avec 44% des enseignants observant une détérioration de l'apprentissage due à une dépendance excessive à l'IA.

Jacques Folon affirme que «.. il est crucial de développer l'esprit critique par rapport aux solutions que l'IA peut fournir, en tenant compte des risques potentiels comme les hallucinations de l'IA ». La littérature (UNESCO, 2022) confirme l'importance d'éduquer les étudiants à l'usage critique et éthique de l'IA, indiquant que « l'introduction de l'IA et du numérique dès le plus jeune âge peut favoriser une meilleure compréhension et une utilisation plus efficace de ces technologies à l'avenir ». Cette hypothèse est donc validée par les données et les expertises disponibles.

### *6.3.3.4 Hypothèse 4 : Les obstacles principaux à l'intégration de l'IA dans l'enseignement sont le manque de formation et le manque de soutien institutionnel.*

Enfin, la cinquième hypothèse est validée par les résultats qui indiquent que les principaux obstacles à l'intégration de l'IA dans l'enseignement sont le manque de formation (46%) et le manque de soutien institutionnel (32%). La majorité des enseignants n'ont pas reçu de formation spécifique sur l'IA, et ceux qui en ont reçu, à savoir 10%, ne sont pas satisfaits de cette formation.

Les entretiens qualitatifs confirment cette nécessité. Sébastien Place souligne mentionne que « *Si nous n'expliquons pas ce qu'est l'IA et, de manière générale, le numérique et ce qu'ils permettent de faire, nous maintenons une mauvaise application de l'enseignement. Cela conduit à des burnouts et des abandons chez les enseignants. Une formation initiale renforcée par le numérique pourrait être l'un des piliers pour résoudre ces problèmes.* »

La littérature soutient également cette hypothèse. L'OCDE (2023) indique que « la formation continue et le soutien institutionnel sont essentiels pour surmonter les barrières à l'intégration de l'IA dans l'enseignement ». En conséquence, cette hypothèse est validée par les données et les témoignages des experts.

### *6.3.4 Réponse à la question de recherche*

A présent, nous pouvons répondre à notre question de recherche, à savoir : « *Comment intégrer l'intelligence artificielle de manière efficace dans l'enseignement, afin de préparer étudiants et enseignants à une utilisation optimale de cette technologie ?* »

Pour répondre à cette question de recherche, il est essentiel de synthétiser les résultats des études quantitatives et qualitatives, ainsi que de s'appuyer sur la littérature existante.

L'intégration de l'IA dans l'enseignement est largement perçue comme bénéfique, à la fois par les étudiants et les enseignants. L'IA permet de personnaliser l'apprentissage, d'améliorer l'engagement des étudiants et de moderniser les méthodes pédagogiques. Les outils comme ChatGPT aident les enseignants à préparer des cours et à créer des exercices interactifs, rendant ainsi l'apprentissage plus dynamique et efficace.

La majorité des enseignants perçoivent l'IA comme un complément essentiel à leurs méthodes d'enseignement traditionnelles. Cette technologie permet de gagner du temps sur les tâches administratives et de se concentrer sur l'interaction pédagogique avec les étudiants. De plus, l'IA offre des possibilités de personnalisation de l'apprentissage, ce qui est particulièrement bénéfique pour répondre aux besoins individuels des étudiants.

#### *6.3.4.1 Méthodes et stratégies pour une utilisation optimale de l'IA*

- i. **Formation continue et soutien institutionnel :** Une formation continue des enseignants est essentielle pour qu'ils puissent intégrer efficacement l'IA dans leur pédagogie. Le soutien institutionnel joue également un rôle très important pour fournir les ressources nécessaires et encourager l'utilisation de l'IA. La formation doit être pratique et adaptée aux besoins spécifiques des enseignants afin qu'ils puissent développer des compétences concrètes en matière d'utilisation de l'IA.
- ii. **Développement de l'esprit critique :** Il est important de développer chez les étudiants un esprit critique face à l'IA. Cela inclut une éducation sur les implications éthiques de l'IA et l'importance de l'utiliser de manière responsable. Les étudiants doivent être formés à évaluer la fiabilité des informations fournies par l'IA et à utiliser ces outils de manière complémentaire à leur apprentissage traditionnel.
- iii. **Intégration progressive de l'IA :** Une approche progressive pour intégrer l'IA dans les programmes scolaires est recommandée. Cette approche permet aux enseignants et aux étudiants de s'adapter progressivement aux nouvelles technologies, tout en bénéficiant de formations adéquates. Commencer par des applications simples de l'IA dans des tâches administratives ou des exercices interactifs peut faciliter cette transition. Cette approche permet aussi aux jeunes de se préparer au nouveau monde numérique.

#### *6.3.4.2 Minimisation des risques associés à l'IA*

**Sensibiliser aux risques éthiques et de confidentialité :** Les risques de confidentialité des données et les préoccupations éthiques doivent être abordés. Il est important de développer des politiques robustes pour assurer la sécurité et la confidentialité des informations. Les enseignants et les étudiants doivent être formés aux bonnes pratiques de gestion des données pour éviter les problèmes de sécurité.

**Éviter la dépendance excessive à la technologie :** Les enseignants et les étudiants doivent utiliser l'IA comme un outil complémentaire plutôt que comme un substitut à l'enseignement traditionnel. Il est important de maintenir un équilibre entre l'utilisation de la technologie et les méthodes pédagogiques traditionnelles pour assurer un apprentissage complet. Les interactions humaines doivent rester primordiales.

## 7 Limites de l'étude

### *7.1 Taille de l'échantillon*

Une des limitations majeures de cette étude est la taille de l'échantillon, surtout pour les entretiens qualitatifs. Avec seulement quatre experts interviewés, la diversité des perspectives peut être limitée. Pour l'étude quantitative des enseignants, même nous avions espéré obtenir un plus grand nombre de réponses, atteindre un échantillon de 33 participants s'est avéré difficile. Les enseignants sont souvent très sollicités, et malgré les efforts pour les joindre via mail, LinkedIn et Facebook, le nombre de réponses est resté restreint. Néanmoins, 33 enseignants est déjà un échantillon significatif pour tirer des conclusions préliminaires.

### *7.2 Guide d'entretien évolutif*

Le guide d'entretien initialement prévu a dû évoluer au cours des entretiens. En effet, certaines questions ont été modifiées ou omises en raison du temps limité que nous avions avec chaque participant. Parfois, les réponses des participants couvraient plusieurs questions à la fois, ce qui nous a obligé à ajuster les questions en temps réel pour optimiser la collecte des données. Ce processus d'adaptation, bien que nécessaire, peut avoir influencé la profondeur et la précision des réponses obtenues.

### *7.3 Diversité des contextes éducatifs*

Les contextes éducatifs varient considérablement d'un établissement à l'autre et entre les différents niveaux d'enseignement. Mon étude, bien qu'elle vise à être générale, peut ne pas capturer toutes les nuances et les défis spécifiques rencontrés dans divers environnements éducatifs. La diversité des matières enseignées et des méthodes pédagogiques utilisées par les enseignants interrogés pourrait également influencer les résultats et leur généralisation.

#### 7.4 Réponse subjective

Les réponses obtenues, notamment dans les entretiens qualitatifs, sont subjectives et peuvent être influencées par les opinions personnelles et les expériences individuelles des participants. Cette subjectivité peut limiter la généralisation des conclusions tirées de ces données. Bien que les entretiens offrent des insights profonds, ils restent limités par la perspective personnelle de chaque participant.

## 8 Conclusion & Recommandations

Nous arrivons au terme de ce travail de fin d'études avec une conclusion générale et substantielle visant à répondre à notre question de recherche :

*« Comment intégrer l'IA de manière optimale dans l'enseignement afin de préparer étudiants et enseignants à une utilisation efficace de cette technologie ? »*

Pour répondre à cette question, nous avons formulé et testé plusieurs hypothèses essentielles. Il était important de comprendre l'intelligence artificielle dans son ensemble, en examinant son histoire, ses fondateurs, et son impact sur différents secteurs, notamment l'éducation. Cette exploration nous a permis de cerner les enjeux et les opportunités qu'offre l'IA dans le domaine éducatif.

Les résultats montrent clairement que l'intégration de l'IA dans l'enseignement présente de nombreux avantages. Elle peut améliorer les performances académiques des étudiants et transformer les méthodes pédagogiques. Les enseignants, bien qu'ils n'aient pas tous reçu de formation spécifique, voient dans l'IA un outil potentiel pour moderniser et enrichir leurs pratiques. L'UNESCO (2023) souligne que l'IA peut jouer un rôle clé dans la personnalisation de l'apprentissage, aidant les enseignants à adapter les contenus aux besoins spécifiques des élèves.

Cependant, cette intégration n'est pas sans défis. Les principaux obstacles incluent le manque de formation et de soutien institutionnel, ainsi que des préoccupations éthiques liées à l'utilisation de l'IA. Il est impératif de développer un esprit critique chez les étudiants pour éviter une dépendance excessive à la technologie. L'initiation à l'IA dès le plus jeune âge est également cruciale pour préparer une main-d'œuvre compétente et combler les lacunes en matière de compétences numériques. Des experts, comme Patricia Corrieri, soulignent l'importance de la sensibilisation éthique et de l'éducation critique à l'usage de l'IA.

Une inquiétude notable parmi les enseignants est la peur que l'IA menace leur rôle traditionnel. Les données montrent une certaine division à ce sujet. Certains enseignants perçoivent l'IA comme une menace potentielle, tandis que d'autres la voient comme un complément utile à leur pratique pédagogique. Étienne Cuvelier mentionne que l'IA pourra peut-être remplacer les enseignants dans des cas très spécifiques, mais qu'en général, elle ne remplacera pas le rôle de l'enseignant, notamment en raison de l'aspect empathique du métier. La littérature soutient cette perspective, indiquant que l'IA peut compléter, mais pas remplacer, le rôle crucial des enseignants dans l'éducation (UNESCO, 2022).

Il est aussi essentiel de prendre en considération les recommandations de l'UNESCO et d'autres institutions, qui mettent régulièrement à jour leurs directives en fonction des évolutions technologiques. Ces recommandations incluent la promotion de programmes de sensibilisation aux avancées de l'IA et l'importance d'une éducation éthique et responsable.

Pour finir, l'IA peut considérablement enrichir l'enseignement et l'apprentissage, à condition qu'elle soit intégrée de manière responsable et éthique. Les recommandations issues de cette recherche mettent en avant la nécessité de formations continues, de soutien institutionnel, et d'une sensibilisation accrue à l'utilisation critique de l'IA. En suivant ces recommandations, l'éducation peut pleinement bénéficier des avancées technologiques offertes par l'intelligence artificielle, tout en préparant les étudiants et les enseignants à son utilisation optimale.

## 9 BIBLIOGRAPHIE

- Académie d'Orléans-Tours. (23 mai 2023). *L'Intelligence Artificielle*. Récupéré le 20 avril 2024, de [https://pedagogie.ac-orleans-tours.fr/fileadmin/user\\_upload/techno/Actions\\_et\\_productions\\_acad%C3%A9miques/Revue\\_Technologie.pdf](https://pedagogie.ac-orleans-tours.fr/fileadmin/user_upload/techno/Actions_et_productions_acad%C3%A9miques/Revue_Technologie.pdf)
- AI 4 Belgium. (2019). *AI 4 Belgium*. Récupéré de [https://www.ai4belgium.be/wp-content/uploads/2019/04/rapport\\_fr.pdf](https://www.ai4belgium.be/wp-content/uploads/2019/04/rapport_fr.pdf)
- Analytics Vidhya. (2023, juillet). An overview of variational autoencoders. Récupéré de <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/07/an-overview-of-variational-autoencoders/>
- Andre, D. (2023, 4 December). *What is Automated Reasoning? - All About AI*. All About AI. <https://www.allaboutai.com/ai-glossary/automated-reasoning/>
- André, D. (4 décembre 2023). Qu'est-ce que le raisonnement automatisé ? Tout sur l'IA. <https://www.allaboutai.com/ai-glossary/automated-reasoning/>
- Bienvenu, M. (s.d.). *Cours d'intelligence artificielle*. Université de Bordeaux, Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique. [https://www.labri.fr/perso/meghyn/papers/cours\\_IA.pdf](https://www.labri.fr/perso/meghyn/papers/cours_IA.pdf)
- Bird, E., Fox-Skelly, J., Jenner, N., Larbey, R., Weitkamp, E., & Winfield, A. (2020). *The ethics of artificial intelligence: Issues and initiatives*. European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPSTU\(2020\)634452](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPSTU(2020)634452)
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (20 octobre 2023). John McCarthy. Encyclopédie Britannica. <https://www.britannica.com/biography/John-McCarthy>
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (5 février 2024). Herbert A. Simon . Encyclopédie Britannica . <https://www.britannica.com/biography/Herbert-A-Simon>
- Carpenter, P. (29 février 2024). *Understanding The Limits Of AI And What This Means For Cybersecurity*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2024/02/29/understanding-the-limits-of-ai-and-what-this-means-for-cybersecurity/>
- Choudhary, A. S. (2024, April 18). *An Overview of Variational Autoencoders (VAEs)*. Analytics Vidhya. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/07/an-overview-of-variational-autoencoders/>
- Collin, S., & Marceau, E. (2022). Enjeux éthiques et critiques de l'intelligence artificielle en enseignement supérieur. *Éthique publique*, 24(2). <https://doi.org/10.4000/ethiquepublique.7619>
- Copeland, B. (2024, 12 février). *Alan Turing / Biography, Facts, Computer, Machine, Education, & Death*. Encyclopedia Britannica. Consulté le 26 avril 2024, à l'adresse <https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>
- Council of Europe. (s.d.). *History of AI*. Récupéré le 19 avril 2024 de <https://www.coe.int/fr/web/artificial-intelligence/history-of-ai>

- Coursera Staff. (2024, March 26). 4 Types of AI: Getting to Know Artificial Intelligence. Coursera. <https://www.coursera.org/articles/types-of-ai>
- Coursera. (s.d.). *Types of AI*. Récupéré le 21 avril 2024, de <https://www.coursera.org/articles/types-of-ai>
- Data Analytics Post. (s.d.). *Système expert*. Récupéré le 18 avril 2024, de <https://dataanalyticspost.com/Lexique/systeme-expert/>
- Dennis, M. Aaron (20 janvier 2024). Marvin Minsky . Encyclopédie Britannica . <https://www.britannica.com/biography/Marvin-Lee-Minsky>
- Dietterich, T. G., Lathrop, R. H., & Lozano-Pérez, T. (1997). Solving the multiple instance problem with axis-parallel rectangles. *Artificial Intelligence*, 89(1-2), 31-71. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(96\)00034-3](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(96)00034-3)
- EPRS | Service de recherche du Parlement européen. (2018). *Faut-il craindre l'intelligence artificielle? Analyse approfondie.* PE 614.547. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2018/614547/EPRS\\_IDA\(2018\)614547\\_FR.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2018/614547/EPRS_IDA(2018)614547_FR.pdf)
- European Parliamentary Research Service. (2020). The ethics of artificial intelligence: Issues and initiatives. <http://www.europarl.europa.eu/stoa/>
- Évoliris. (2019). *L'intelligence artificielle en Belgique : Entre innovations, communautés et impacts sociaux* . Évoliris. Récupéré de <https://digitalcity.brussels/sites/default/files/2021-03/l'intelligence%20artificielle%20en%20belgique%20-%20202019.pdf>
- Explained: Generative AI*. (2023, November 9). MIT News | Massachusetts Institute of Technology. <https://news.mit.edu/2023/explained-generative-ai-1109>
- Georges, B. (2019). Intelligence artificielle : de quoi parle-t-on ? *Constructif*, N° 54(3), 5-10. <https://doi.org/10.3917/const.054.0005>
- Giannini, S. (2023). *L'IA générative et le futur de l'éducation*. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877\\_fre](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877_fre)
- Harnane, I. (2021). *Le numérique dans l'enseignement* [Mémoire de master, M2 spé SVT INSPE Besançon]. HAL. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03891544> [https://www.theses.us.es/bitstream/handle/10024/801476/Nilsone\\_Amanda.pdf?sequence=2](https://www.theses.us.es/bitstream/handle/10024/801476/Nilsone_Amanda.pdf?sequence=2)
- IBM Data and AI Team. (2023, October 12). Understanding the different types of artificial intelligence. IBM. <https://www.ibm.com/blog/understanding-the-different-types-of-artificial-intelligence/>
- IBM. (s.d.). *Traitemment du langage naturel* . IBM. Récupéré le 24 avril 2024, de <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/natural-lingual-processing>
- IBM. (s.d.). *Natural language processing*. Récupéré le 24 avril 2024, de <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/natural-language-processing>
- IBM. (s.d.). *Strong AI*. IBM. Consulté le 23 avril 2024, de <https://www.ibm.com/topics/strong-ai#:~:text=Weak%20AI%2C%20also%20known%20as,to%20solve%20for%20new%20problems.>

- Intel Corporation. (2023). *Explorer le potentiel de l'IA dans l'Éducation*. Disponible sur <https://www.intel.fr/content/www/fr/fr/content-details/816238/solutions-beyond-devices-in-education-ai-in-education-position-paper.html>
- Manning, C. (2020). *AI Definitions*. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. <https://hai.stanford.edu/sites/default/files/2020-09/AI-Definitions-HAI.pdf>
- Margarida Romero, Laurent Heiser (Dir.). Enseigner et apprendre à l'ère de l'intelligence artificielle. Canopé, Livre blanc, 2023. [hal-04013223v2](https://hal-04013223v2)
- Marr, B. (2023, May 10). 15 amazing real-world applications of AI everyone should know about. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/05/10/15-amazing-real-world-applications-of-ai-everyone-should-know-about/>
- Mattei, P.-A. et Villata, S. (2022). Introduction à l'intelligence artificielle et aux modèles génératifs . Dans B. Martin & S. Riva (Eds.), *Informatique Mathématique : Une photographie en 2022* (pp. 1-24.). Éditions CNRS. Identifiant HAL : hal-03849387. Récupéré de <https://hal.science/hal-03849387>
- McKinsey & Company. (3 avril 2024). What is AI (artificial intelligence)? McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-ai>
- Mercier-Laurent, E. (2021). *Futur of AI and AI for Future in Unimagined Futures – ICT Opportunities and Challenges*. HAL Id: hal-03093269. Récupéré de <https://hal.science/hal-03093269>
- Molina Garcia, F. (2023). *Usage de l'Intelligence Artificielle dans l'éducation* [Master's thesis, INSPE Toulouse Occitanie-Pyrénées]. Retrieved from <https://pedagogie.ac-toulouse.fr/langues-vivantes/system/files/2023-06/M%C3%A9moire+Fernando%20MOLINA%20GARCIA.pdf>
- Molina, A., Villegas, B., Ochoa, C. P., & Miranda, J. (2022). *Academic Continuity During the Covid-19 Global Health Emergency: Education 4.0 and the Flexible-Digital Model of Tecnológico de Monterrey University in Mexico Supporting Secondary Education*. In F. M. Reimers & F. J. Marmolejo (Eds.), *University and School Collaborations during a Pandemic* (pp. 149-163). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82159-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82159-3_10)
- Myriam Lopez. Prédiction d'erreurs critiques pour l'aide à la maintenance industrielle. *Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle (RJCIA'21) Plate-Forme Intelligence Artificielle (PFIA'21)*, Jul 2021, Bordeaux, France. pp.82-83. [hal-03298732](https://hal-03298732)
- Nilsone, A. L. (2023). *The impact of artificial intelligence amongst higher education students* [Bachelor's thesis, Haaga-Helia University of Applied Sciences]. Retrieved from
- Online, H. (2023, April 19). *The Benefits and Limitations of Generative AI: Harvard Experts Answer Your Questions*. Harvard Online. <https://www.harvardonline.harvard.edu/blog/benefits-limitations-generative-ai>
- OpenAI. (2024). ChatGPT. (Version 3.5) [correction des fautes d'orthographies et de grammaires]. Récupéré le 18 mai 2024 de : <https://chatgpt.com/?oai-dm=1>
- OpenAI. (2024). ChatGPT. (Version 3.5) [correction des fautes d'orthographies et de grammaires]. Récupéré le 18 mai 2024 de : <https://chatgpt.com/?oai-dm=1>

Organisation de coopération et de développement économiques. (2023). *Perspectives de l'OCDE sur l'éducation numérique 2023*. OCDE Publishing. <https://www.oecd.org/education/ceri/DEO%20French%20Front%20matters.pdf>

*Qu'est-ce que l'IA générative | SAP Business AI.* (s.d.). SAP. <https://www.sap.com/belgique/products/artificial-intelligence/what-is-generative-ai.html#:~:text=L'IA%20g%C3%A9n%C3%A9rative%20recourt%20%C3%A0,la%20mani%C3%A8re%20d'un%20humain.>

*Qu'est-ce que le machine learning (ML) ? / IBM.* (s.d.). <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/machine-learning>

Robert, J. (20 septembre 2023). *Divergence de Kullback-Leibler : Qu'est-ce que c'est ? Formation Data Science | DataScientest.com.* <https://datascientest.com/divergence-de-kullback-leibler-tout-savoir>

Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson. <https://dl.ebooksworld.ir/books/Artificial.Intelligence.A.Modern.Approach.4th.Edition.Peter.Norvig.%20Stuart.Russell.Pearson.9780134610993.EBooksWorld.ir.pdf>

Savolainen, A. (2023). L'école à l'heure de l'intelligence artificielle. *Le Courrier de l'UNESCO*, octobre-décembre, pp. 17-19. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387029>

Service général du Numérique éducatif. (2023). *Focus : l'intelligence artificielle*. Wallonie-Bruxelles Enseignement. [https://www.e-classe.be/api/v1/resource/contents/eclasse11680\\_65ba97dc4e7b3.pdf](https://www.e-classe.be/api/v1/resource/contents/eclasse11680_65ba97dc4e7b3.pdf)

Sinapin, Minnesota (2020). *L'intelligence artificielle : entre opportunités et risques légitimes* [Présentation de la conférence]. Oriane 2020 : 18e colloque francophone sur le risque, septembre 2020, Bayonne, France. Identifiant HAL : hal-02950105. Récupéré de <https://hal.science/hal-02950105>

UNESCO IESALC. (2023). *ChatGPT and Artificial Intelligence in higher education: Quick Start guide*. UNESCO International Institute for Higher Education in Latin America and the Caribbean. [https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2023/04/ChatGPT-and-Artificial-Intelligence-in-higher-education-Quick-Start-guide\\_EN\\_FINAL.pdf](https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2023/04/ChatGPT-and-Artificial-Intelligence-in-higher-education-Quick-Start-guide_EN_FINAL.pdf)

UNESCO. (2022). *Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle*. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137\\_fra](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_fra)

UNESCO. (2023). *Enseigner l'intelligence artificielle au primaire et au secondaire : une cartographie des programmes validés par les gouvernements*. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602\\_fra](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_fra)

UNESCO. (2023). *Résumé du Rapport mondial de suivi sur l'éducation 2023 : Les technologies dans l'éducation : qui est aux commandes ?* UNESCO. Récupéré de [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386147\\_fra](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386147_fra)

UNESCO. (2023). *Résumé du Rapport mondial de suivi sur l'éducation 2023 : Les technologies dans l'éducation : qui est aux commandes?* UNESCO. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386147\\_fra](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386147_fra)

*What is AI (artificial intelligence)?* (2024, April 3). McKinsey & Company.  
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-ai>

*What is generative AI?* (2024, April 2). McKinsey & Company.  
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-generative-ai#/>