



CL.AI.mate

Learning about Climate Change
through Artificial Intelligence



UNIVERSITY OF
THESSALY

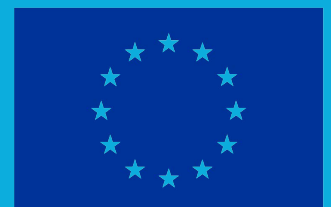


CL.AI.mate

Matériel Pédagogique



Erasmus + Programme
Project 2024-2-BE02-KA210-ADU-000296345
'Learning about Climate Change through Artificial Intelligence'



Cofinancé par
l'Union européenne

Informations sur le document

Numéro de convention de subvention :	Project 2024-2-BE02-KA210-ADU-000296345	Acronyme :	CL.AI.mate
Titre complet du projet:	Apprendre le changement climatique par l'intelligence artificielle : actions locales et éducation (Learning about Climate Change through Artificial Intelligence: Local Actions and Education)		
Appel Erasmus+	Appel à propositions 2024 – Programme Erasmus+		
Type d'action :	Partenariat à petite échelle		
Date de début :	01/04/2025		
Durée (en mois) :	12		
Livrable :	Matériel Pédagogique		
Auteurs			
Michail Kalogiannakis , Professor, University of Thessaly, Department of Special Education, Greece			
Panos Miliotis PHD, General Manager, DIAN TRAINING AND MANAGEMENT ACTIVITIES			
Fanourios Pantelogiannis , Managing Director, Precision EU Services			
Vassilis Rigopoulos MBA, Project Coordinator, DIAN TRAINING AND MANAGEMENT ACTIVITIES			
Dimitrios Sotiropoulos , Teaching Laboratory Staff, University of Thessaly, Department of Special Education, Greece			

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et avis exprimés n'engagent toutefois que leur(s) auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne sauraient en être tenues pour responsables.

Table des matières

Table des matières	2
Chapitre 1	5
Objectifs du Chapitre 1	5
Introduction.....	6
1.1 L'évolution de l'intelligence artificielle	7
1.2 IA et IA générative (référence aux technologies de l'IA).....	11
1.3 Les grands modèles de langage : Large Language Models (LLMs)	16
1.4 Chatbots (définition, historique et leur fonctionnement actuel).....	17
1.4.1 Définition du chatbot	17
1.4.2 Brève histoire des chatbots.....	18
1.4.3 Fonctionnement des chatbots.....	19
1.4.4 Types de chatbots.....	19
1.4.5 Avantages des chatbots.....	20
1.4.6 Comment exploiter les chatbots	21
1.5 Qu'est-ce que l'IA générative (Generative AI – GenAI)	21
1.5.1 Brève évolution historique de l'IA générative.....	21
1.5.2 Fonctionnement de l'IA générative	21
1.5.3 Types de modèles d'IA générative	22
1.5.4 Exemples d'utilisation de l'IA générative	22
1.5.5 Conditions de mise en œuvre de l'IA générative	23
1.6 Problèmes liés à l'utilisation de l'IA et de l'IA générative	24
1.6.1 Problèmes éthiques.....	24
1.6.1.1 Exemples de principes éthiques de l'IA.....	25
1.6.1.2 Mise en œuvre des principes éthiques dans l'IA.....	25
1.7 Protection des données personnelles et intelligence artificielle	26
1.8 Cadres réglementaires et juridiques	27
1.8.1 Intelligence artificielle et vie privée	27
1.8.1.1. Textes juridiques	28
1.8.1.2 Intelligence artificielle et risques pour la vie privée liés à son utilisation	29
1.8.1.3 Le droit à l'intervention humaine (Article 22 du RGPD).....	29
1.8.2 Intelligence artificielle et données personnelles.....	31
1.8.2.2. Le cadre juridique de l'intelligence artificielle au niveau européen	33
1.9 La législation relative à l'intelligence artificielle.....	34
QUESTIONS CLÉS DU CHAPITRE 1.....	37
CONCLUSION DU CHAPITRE 1	37
Chapitre 2	39
2.1 OBJECTIFS DU CHAPITRE 2	39
2.2 Introduction de l'IA dans l'éducation	40
2.2.1 L'IA dans l'éducation.....	40
2.2.2 L'utilisation de l'IA par les enseignants.....	41
2.2.3 L'utilisation de l'IA par les élèves	42
2.3 Outils populaires d'intelligence artificielle	44
2.3.1 Découverte de ChatGPT	45
2.3.2 Découverte de Perplexity AI.....	47
2.3.3 Découverte de Claude	48

2.3.4	Découverte de Napkin	49
2.3.5	Découverte de Microsoft Designer.....	50
2.3.6	Découverte de Gemini.....	51
	QUESTIONS DU CHAPITRE 2	52
	CONCLUSIONS DU CHAPITRE 2	52
3.	Changement climatique. Impacts et prévisions pour l'avenir	54
	OBJECTIFS DU CHAPITRE 3	54
3.1	Temps – Climat – Changement climatique.....	55
3.2	Facteurs endogènes et exogènes contribuant au changement climatique.....	57
3.2.1	Facteurs endogènes.....	57
3.2.2	Facteurs exogènes	58
3.2.3	La responsabilité des activités humaines dans les changements climatiques ..	59
3.2.4	Autres impacts du changement climatique.....	61
3.2.5	Changement climatique et santé humaine	61
3.3	Changement climatique et impacts physiques	64
3.4	Effet de serre	67
3.5	Prévisions pour l'avenir liées au changement climatique.....	69
3.6	Le changement climatique et l'enseignement en classe à l'aide des technologies modernes et de l'IA	75
3.7	Le rôle de l'enseignant	82
3.8	Sources d'information que les élèves peuvent utiliser	83
3.9	Idées pour l'organisation d'événements de diffusion.....	83
	Questions du chapitre 3	84
	Conclusions du chapitre 3	84
4.	Enseignants et éducation avec l'IA. Idées et applications	86
	Objectifs du chapitre 4	86
4.1	Introduction.....	86
4.2	Formation des enseignants	87
4.3	Idées pour l'organisation de cours d'intérêt général avec l'utilisation de l'IA.....	88
4.3.1	Actions de préparation.....	88
4.3.2	Exemples de travaux en classe :	89
	Questions du Chapitre 4.....	97
	CONCLUSIONS DU CHAPITRE 4	97
	Bibliographie.....	101

Chapitre 1

Objectifs du Chapitre 1

La structure du Chapitre 1 vise à offrir aux participants une vision complète de l'évolution récente de l'intelligence artificielle (IA) au cours des dernières années, ainsi que des possibilités offertes aux utilisateurs par les outils d'IA les plus répandus et la manière de les exploiter.

À l'issue du Chapitre 1, le/la lecteur/riche devra être en mesure de :

- Définir clairement ce qu'est l'IA et ce qu'est l'IA générative (GenAI), et expliquer leurs principales différences et similitudes.
- Décrire l'évolution de l'IA depuis Turing, en identifiant les moments historiques clés.
- Expliquer ce que sont les grands modèles de langage (LLMs), leur fonctionnement, leurs domaines d'application ainsi que leurs limites.
- Distinguer les types de chatbots (basés sur des règles, alimentés par l'IA, hybrides, live chat) ainsi que leurs composants fondamentaux (NLP/ML).
- Évaluer les bénéfices et la valeur ajoutée des chatbots (service client, coûts, productivité, personnalisation).
- Décrire le fonctionnement de l'IA générative (entraînement sur des données, production de nouveau contenu) ainsi que ses applications typiques.
- Identifier les enjeux et principes éthiques (équité/égalité, transparence, supervision humaine) régissant une utilisation responsable de l'IA.
- Connaître les principes fondamentaux de la vie privée et de la protection des données (RGPD), ainsi que le droit à l'intervention humaine (article 22).
- Résumer le cadre réglementaire et juridique européen ainsi que les initiatives liées à l'IA.
- Comparer les chatbots historiques (par exemple ELIZA, PARRY, A.L.I.C.E.) avec les systèmes contemporains (par exemple ChatGPT) en termes de capacités et de limites.
- Identifier les risques de désinformation et d'atteinte à la vie privée (par exemple les deepfakes) et proposer des mesures d'atténuation.
- Traduire ces principes en pratiques pédagogiques et en développement d'une culture du respect de la vie privée.

Introduction

L'évolution de l'être humain, depuis les temps anciens jusqu'à aujourd'hui, se caractérise par sa volonté constante de devenir plus créatif et plus productif, dans le but d'améliorer ses conditions de vie.

Plus on remonte dans l'histoire de l'humanité, plus on découvre des « étapes d'évolution », telles que l'utilisation d'outils en pierre, puis d'outils métalliques, la maîtrise du feu, l'invention de la roue et son utilisation dans de nombreuses applications de la vie quotidienne, etc. De même, dans l'histoire plus récente, l'exploitation des avancées scientifiques et leur intégration dans la vie quotidienne ont entraîné des transformations majeures dans le fonctionnement des sociétés humaines, l'amélioration des conditions de vie et l'augmentation significative de l'espérance de vie.

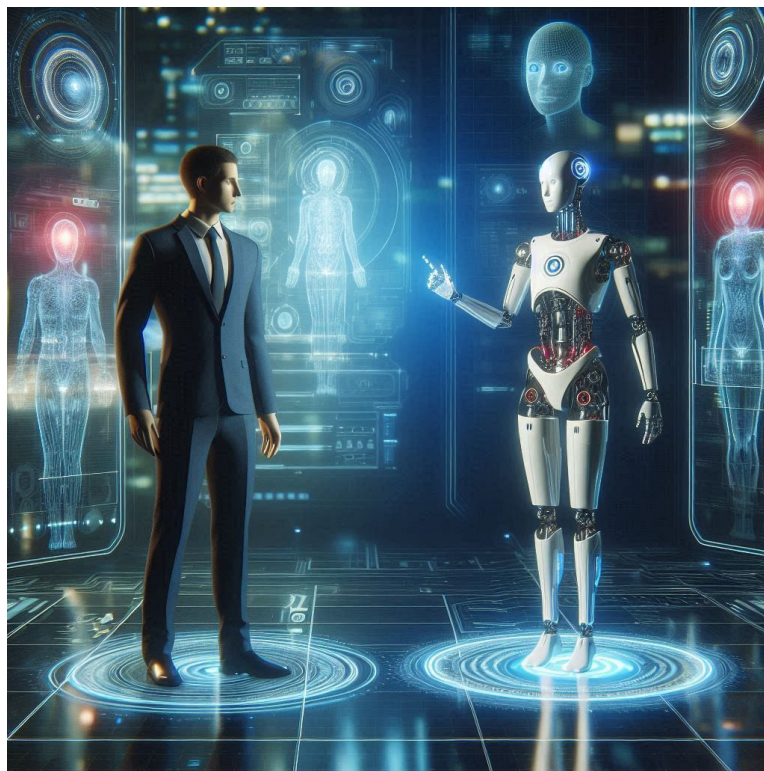
Au siècle dernier, l'invention et l'utilisation des ordinateurs ont provoqué des changements considérables, tant dans les activités humaines les plus simples que dans les applications les plus complexes, sur une période d'à peine plus de 75 ans, avec comme développement le plus récent l'intelligence artificielle (IA).

Au cours de ces 75 dernières années, les évolutions ont été fulgurantes. À travers une brève présentation des transformations observées depuis 1950, chacun peut constater la rapidité de ces avancées jusqu'à aujourd'hui et, peut-être, envisager ce que les années à venir pourraient réserver.



1.1 L'évolution de l'intelligence artificielle

1950 - Alan Turing publie l'article fondamental «Computing Machinery and Intelligence». Il y examine la manière de construire des machines intelligentes ainsi que les méthodes permettant d'évaluer leur intelligence. Il propose le célèbre test de Turing, une épreuve visant à déterminer la capacité d'une machine à manifester un comportement intelligent équivalent à celui d'un être humain. Concrètement, si l'on ne peut pas distinguer que l'on converse avec un chatbot et que l'on pense dialoguer avec un humain, alors on considère que le chatbot a réussi le test de Turing.



https://www.google.com/url;sa=t&source=web&rct=i&opi=89978449&url=https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing&ved=2ahUKewj4246K1MGPAxXURPEDHUhDODYQFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw0zI9L_kugoSJAGrPejvhD0

1955 - Le terme « intelligence artificielle » (IA) est introduit.

1956 - Le programme de recherche d'été de Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence marque la naissance de l'intelligence artificielle en tant que domaine d'étude.



A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence

31 août 1955

*John Mc Carthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester,
et Claude E. Shannon*

Au cours de la période 1957 à 1974, l'intelligence artificielle connaît un essor important. Les ordinateurs s'améliorent, deviennent capables de stocker davantage d'informations. Ils deviennent plus rapides, moins coûteux et plus accessibles. Les algorithmes d'apprentissage automatique sont développés et les chercheurs commencent à se familiariser avec leur utilisation.

1957 - Le perceptron est développé, un premier réseau de neurones artificiels permettant la reconnaissance de motifs.

1961 - L'entreprise Unimation présente le premier robot conçu pour un usage industriel.

1963 - Le MIT développe la première machine d'apprentissage basée sur les réseaux de neurones.

1966 - Le programme ELIZA est développé. Il peut offrir différents types d'interactions, comme illustré ci-dessous :

Il est capable de simuler un psychologue et de dialoguer en anglais.

https://www.youtube.com/results;search_query=eliza+computer+program

Exemple de dialogue avec ELIZA (traduit de l'anglais):

Bienvenue

ELIZA est un psychologue rogerien simulé.

Le programme original a été décrit par Joseph Weizenbaum en 1966.

Cette implémentation a été réalisée par Norbert Landsteiner en 2005.

ELIZA : Quelque chose vous préoccupe-t-il ?

VOUS : Les hommes sont tous les mêmes.

ELIZA : Quel lien faites-vous entre ces éléments, selon vous ?

VOUS : Ils nous dérangent toujours pour une raison ou une autre.

ELIZA : Pouvez-vous donner un exemple précis ?

VOUS : Eh bien, mon petit ami m'a obligée à venir ici.

ELIZA : Est-il important pour vous que votre petit ami vous ait amenée ici ?

VOUS : Il dit que je suis souvent déprimée.

ELIZA : Je suis désolé(e) d'apprendre que vous êtes déprimée.

VOUS : C'est vrai. Je suis malheureuse.

ELIZA : Pouvez-vous expliquer ce qui vous rend malheureuse ?





Kasparov contre Deep Blue

1970 - Le premier robot humanoïde, WABOT-1, est construit à l'Université Waseda au Japon. Il comprend un système de contrôle des membres, un système de vision et un système de conversation.

https://www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/kato_2.html

1988 - Judea Pearl publie l'ouvrage « Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems ». Il est reconnu comme l'inventeur des réseaux bayésiens. Ce travail révolutionne le domaine de l'intelligence artificielle ainsi que de nombreux autres domaines de l'ingénierie et des sciences naturelles.

1988 - Rollo Carpenter développe le chatbot Jabberwacky.

Son objectif est de « simuler une conversation humaine naturelle de manière intéressante, divertissante et humoristique ». Il s'agit d'une première tentative de création d'intelligence artificielle basée sur l'interaction humaine.

<https://www.google.com/url;sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.jabberwacky.com/&ved=2ahUKEwi8jMztzcGPaxUVSvEDHXIJhcQFnoECBsQAQ&usq=AOvVaw1sWUCFEKEpkzsF EXPKVdW>

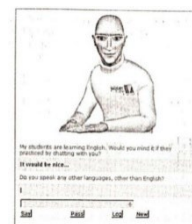
1991 - L'émergence d'Internet permet le partage des données indépendamment de l'utilisateur. Étant donné que les données constituent le « carburant » de l'intelligence artificielle, cela représente un moment charnière pour son développement.

1995 - Le chatbot A.L.I.C.E. est développé. Il exploite des données de langage naturel à une échelle sans précédent, rendue possible grâce à Internet.

https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_Linguistic_Internet_Computer_Entity

1997 - Deep Blue d'IBM bat le champion du monde d'échecs Garry Kasparov lors d'un match en six parties.

https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue_versus_Garry_Kasparov



1998 1999 - Sony présente le robot-chien AIBO, l'un des premiers robots de divertissement <https://us.aibo.com/>. Parallèlement, Google lance son premier moteur de recherche commercial, utilisant l'intelligence artificielle pour améliorer les résultats.



2000 - Cynthia Breazeal du MIT développe Kismet, un robot capable de reconnaître et de simuler des émotions.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Kismet_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Kismet_(robot))

2009 – Des informaticiens de l'Université Northwestern University développent Stats Monkey, un programme capable de rédiger des articles sportifs sans intervention humaine.

<http://www.apstatsmonkey.com/>

2010 _ Début de l'ère du deep learning en intelligence artificielle. Les processeurs graphiques (GPU), notamment ceux de NVIDIA, commencent à être utilisés pour entraîner des modèles. Ils deviennent ensuite le cœur de l'apprentissage automatique et révolutionnent le développement de l'IA.

<https://www.zdnet.com/article/how-the-gpu-became-the-heart-of-AI-and-machine-learning/>

Au cours des années 2010, deux facteurs transforment profondément l'intelligence artificielle : -une puissance de calcul massive grâce aux GPU, - d'énormes volumes de données collectées via Internet

Les modèles actuels d'IA générative nécessitent des milliers de GPU pour fonctionner. Par exemple, OpenAI a utilisé environ 10 000 GPU NVIDIA pour entraîner ChatGPT.

<https://www.techspot.com/news/97919-chatgpt-possible-due-tens-thousands-nvidia-gpus-which.html>

2011 - Watson d'IBM, un système capable de répondre à des questions en langage naturel, participe à l'émission télévisée Jeopardy! et bat deux anciens champions. Ce jeu repose sur un format inversé : les candidats reçoivent des réponses et doivent formuler les questions correspondantes. Cela démontre les capacités avancées d'analyse et de synthèse du système Watson.

<https://www.youtube.com/watch?v=NZy1GDcuxa>

2015 - OpenAI est fondée comme organisation à but non lucratif par Elon Musk, Sam Altman, Reid Hoffman, Jessica Livingston et d'autres. Leur mission initiale est d'investir 1 milliard de dollars afin de protéger l'humanité contre les risques d'une « mauvaise » intelligence artificielle. Par la suite, Elon Musk se retire et l'organisation évolue vers un modèle incluant des financements privés.

<https://www.semafor.com/article/03/24/2023/the-secret-history-of-elon-musk-sam-altman-and-openAI>



2018 - Apparition des LLM (Large Language Models). Il s'agit de systèmes d'intelligence artificielle entraînés sur d'énormes quantités de données textuelles. Ils sont capables de comprendre le langage naturel et de produire des réponses proches de celles des humains. Ils sont utilisés dans les chatbots, les assistants virtuels, la traduction automatique, la génération de contenu et la recherche scientifique.

<https://www.topbots.com/leading-nlp-language-models-2020/>

2018 - OpenAI introduit le modèle GPT (Generative Pre-trained Transformer), une avancée majeure dans le traitement du langage naturel.

30 novembre 2022 - OpenAI lance ChatGPT, un chatbot fondé sur les modèles GPT-3.5 et GPT-4. ChatGPT génère du texte semblable à celui produit par un humain en fonction des instructions des utilisateurs. Il prédit le mot suivant dans une phrase en s'appuyant sur des schémas appris à partir de vastes ensembles de données. Il utilise une architecture dite « transformeur », une technique de deep learning capable de traiter des téraoctets de données contenant des milliards de mots.

4 décembre 2022 - ChatGPT atteint 1 million d'utilisateurs.

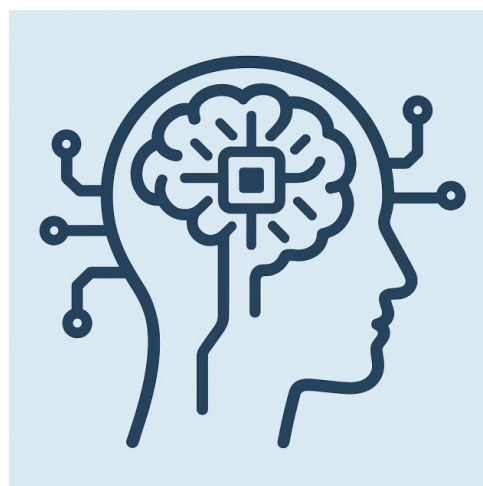
2023 janvier - ChatGPT atteint 100 millions d'utilisateurs actifs mensuels, devenant l'application grand public à la croissance la plus rapide de l'histoire.

2 mars 2023 - Plus de 1 000 chercheurs en intelligence artificielle signent une lettre ouverte affirmant que « les systèmes d'IA dotés d'une intelligence compétitive avec celle de l'humain peuvent présenter des risques majeurs pour la société et l'humanité ». Ils appellent à une pause dans le développement de systèmes plus puissants que GPT-4.

1.2 IA et IA générative (référence aux technologies de l'IA)

a) Intelligence artificielle (IA)

Au cours des dernières années, de nombreuses définitions de l'intelligence artificielle ont été proposées. Par exemple, selon Stuart Russell et Peter Norvig (2010), l'intelligence artificielle est l'art de créer et d'étudier des machines informatiques capables de percevoir, de raisonner, d'agir et d'exécuter des fonctions nécessitant de l'intelligence.



Selon Viktor Kolbjørnsrud et ses collaborateurs (2016), l'intelligence artificielle désigne un ensemble de technologies permettant aux ordinateurs de percevoir le monde, d'analyser et de comprendre les informations collectées, d'apprendre à partir de l'expérience, de prendre des décisions et de formuler des recommandations.

D'après le Government Digital Service et le UK Office for Artificial Intelligence (2019), l'intelligence artificielle est un domaine de recherche qui englobe la logique, la philosophie, la linguistique, la psychologie, les mathématiques, l'économie, l'informatique et les neurosciences, et qui utilise des technologies numériques capables d'exécuter des tâches nécessitant habituellement de l'intelligence.

En 2019, le OECD ainsi que le groupe d'experts de la Commission européenne sur l'intelligence artificielle ont proposé des définitions actualisées, applicables à tous les secteurs et adoptées par de nombreux gouvernements à travers le monde. Selon l'OCDE (2019), « un système d'IA est un système basé sur une machine qui, pour des objectifs définis par l'humain, est capable de faire des prédictions, des recommandations ou de prendre des décisions influençant des environnements réels ou virtuels. Il utilise des données issues de sources humaines et/ou machine pour percevoir son environnement, transformer ces perceptions en modèles (de manière

automatisée ou assistée), et exploiter ces modèles pour orienter des actions ou des informations. Les systèmes d'IA sont conçus pour fonctionner avec différents niveaux d'autonomie ».

L'intelligence artificielle constitue une technologie avancée, généralement mise en œuvre à travers des algorithmes, des systèmes informatiques ou des robots. Elle utilise également des données en temps réel afin de simuler certaines formes d'intelligence humaine. Elle est capable de reproduire certains processus de pensée humaine et de prendre des décisions. Autrement dit, elle est conçue pour analyser, agir et répondre de manière similaire à un être humain dans certains contextes. Toutefois, elle ne doit pas être confondue avec l'automatisation. Bien que l'automatisation et l'IA utilisent toutes deux des données en temps réel pour exécuter des tâches, leurs mécanismes et leurs résultats diffèrent considérablement.

Par exemple, l'automatisation repose sur des règles prédéfinies et nécessite une saisie de données pour exécuter une tâche. Celle-ci sera répétée de manière identique, indépendamment des variations des données ou de la présence d'erreurs. À l'inverse, l'intelligence artificielle repose sur l'apprentissage automatique (machine learning). Cela signifie qu'elle utilise des données en entrée, mais qu'en les traitant, elle peut identifier des erreurs, ajuster ses modèles et adapter ses algorithmes en conséquence, réduisant ainsi les risques d'erreur.

L'intelligence artificielle (IA) peut aider les êtres humains dans de nombreux domaines, notamment parce que :

1. Elle réduit les erreurs humaines

Reconnaissons-le : les humains commettent parfois des erreurs. L'aspect positif est que nous apprenons généralement de celles-ci. L'IA fonctionne de manière similaire. Bien qu'elle agisse et performe comme un humain dans certains contextes, elle peut réduire considérablement les erreurs. Elle nous aide ainsi à comprendre les différents résultats possibles et à choisir l'option la plus appropriée. En utilisant des données et des prévisions, nous pouvons mieux comprendre nos choix, leurs résultats et leurs implications. Cela est particulièrement utile pour les entreprises : les décideurs peuvent examiner l'ensemble des scénarios avant de prendre une décision.

2. Elle facilite la recherche et l'analyse des données

Un autre avantage réside dans l'utilisation de l'IA pour la recherche et l'analyse de données. Les technologies d'IA sont performantes et capables de collecter les informations nécessaires et de produire des prévisions en quelques minutes.

Ce qui nécessiterait habituellement des mois de recherche pour un humain peut désormais être réalisé en un temps considérablement réduit. Les données collectées et analysées par l'IA sont d'une grande valeur. Elles peuvent être exploitées en collaboration avec des analystes de données (data analysts).



3. Elle permet de prendre des décisions intelligentes et moins biaisées

Avec des données appropriées, l'IA peut réduire les biais dans la prise de décision. Elle permet ainsi d'obtenir de meilleurs résultats. Toutefois, il est essentiel de garantir la qualité et la pertinence des données utilisées. Lorsqu'elle est alimentée par des données fiables, l'IA peut prédire les résultats avec précision, résoudre des problèmes et exécuter des tâches efficacement. En revanche, si les données sont erronées ou biaisées, les résultats le seront également. Il est donc crucial de vérifier les données pour assurer une utilisation optimale.

4. Elle exécute des tâches répétitives

Il est important de rappeler que l'automatisation et l'IA sont des technologies distinctes. Néanmoins, l'intelligence artificielle peut être considérée comme une forme avancée d'automatisation. Elle peut être utilisée pour effectuer des tâches répétitives tout en proposant des alternatives. L'un des principaux avantages est qu'elle libère du temps pour les utilisateurs, leur permettant de se concentrer sur des activités plus complexes.

Par exemple, elle peut être intégrée à un chatbot sur un site web. Même si un chatbot ne remplace pas entièrement l'interaction humaine avec des clients potentiels, l'intégration de l'IA permet d'initier des échanges et d'attirer des utilisateurs intéressés. Un autre exemple est son utilisation pour accompagner un prospect dans ses premières recherches : l'IA peut collecter des informations sur des clients potentiels et leurs comportements, puis intégrer ces données dans un système de gestion de la relation client (CRM – Customer Relationship Management) pour une analyse ultérieure.

b) IA générative (GenAI) : l'intelligence artificielle générative

L'IA générative (Generative AI), également appelée GenAI ou GAI, est un type d'intelligence artificielle capable de produire du texte, des images, des vidéos ou d'autres formes de données à l'aide de modèles génératifs, souvent en réponse à des requêtes (prompts). Ces modèles apprennent les structures et les schémas présents dans les données d'entraînement, puis génèrent de nouveaux contenus présentant des caractéristiques similaires.

Les progrès des réseaux neuronaux profonds, notamment ceux reposant sur l'architecture des transformeurs et en particulier sur les grands modèles de langage (LLM), ont permis l'essor de l'IA générative au début des années 2020. Cela inclut des chatbots tels que ChatGPT, DeepSeek, Grok, Gemini, Claude, Microsoft Copilot, Qwen et LLaMA. On y trouve également des systèmes de génération d'images (texte vers image) comme Stable Diffusion, Midjourney et DALL-E, ainsi que des systèmes de génération vidéo (texte vers vidéo) comme Sora. Des entreprises telles que OpenAI, Anthropic, Microsoft, Google, Meta, Alibaba, xAI, DeepSeek et Baidu, ainsi que de nombreuses startups, développent des modèles d'IA générative.

L'IA générative trouve des applications dans de nombreux domaines, notamment le développement logiciel, la santé, la finance, le divertissement, le service client, les ventes et le marketing, ainsi que dans l'éducation et les disciplines créatives telles que l'art, l'écriture, la mode et le design de produits.

Cependant, des préoccupations ont été exprimées quant à son utilisation abusive potentielle, notamment dans le cybercrime, la diffusion de fausses informations ou l'utilisation de deepfakes pour tromper ou manipuler les individus, ainsi que le remplacement massif d'emplois humains. Des questions se posent également en matière de propriété intellectuelle, notamment lorsque des modèles sont entraînés sur des œuvres protégées et en reproduisent les caractéristiques.

Les termes « generative AI planning » ou « generative planning » étaient déjà utilisés dans les années 1980 et 1990 pour désigner des systèmes de planification en intelligence artificielle, notamment dans la conception assistée par ordinateur. Ces systèmes visaient à générer des séquences d'actions pour atteindre un objectif donné. Ils reposaient sur des méthodes symboliques et étaient considérés comme relativement matures au début des années 1990.

Ils ont été utilisés pour élaborer des plans d'action en situation de crise, notamment dans le domaine militaire, pour la planification industrielle ou encore dans des projets expérimentaux comme les engins spatiaux autonomes.

Les applications de l'intelligence artificielle ont des impacts sociaux significatifs et suscitent de nombreux débats.

Une préoccupation majeure concerne la perte d'emplois. Dès les débuts de l'IA, Joseph Weizenbaum, créateur d'ELIZA, et d'autres chercheurs ont soulevé la question de savoir si certaines tâches réalisées par des ordinateurs devraient réellement leur être confiées, compte tenu des différences entre jugement humain (qualitatif, fondé sur des valeurs) et calcul automatisé.

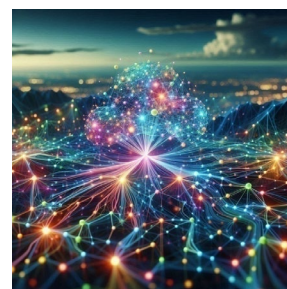


En avril 2023, il a été rapporté que la génération d'images par IA avait entraîné une perte d'environ 70 % des emplois d'illustrateurs de jeux vidéo en Chine.

En juillet 2023, les avancées de l'IA générative ont contribué aux conflits sociaux à Hollywood. Fran Drescher, présidente du syndicat des acteurs, a déclaré que « l'intelligence artificielle constitue une menace existentielle pour les professions créatives » lors de la grève SAG-AFTRA strike 2023. La génération vocale par IA est également perçue comme une menace pour les métiers du doublage.



Le débat autour de l'impact de l'IA sur l'emploi reste une question centrale à l'échelle mondiale. Bien que l'IA promette des gains d'efficacité et de nouvelles opportunités de compétences, les inquiétudes concernant la sécurité de l'emploi et les pratiques de recrutement persistent. Afin de tirer parti de l'IA pour construire une société plus équitable, plusieurs mesures sont recommandées : réduction des biais, promotion de la transparence, respect de la vie privée et du consentement, et adoption d'une approche éthique. Ces stratégies incluent



également l'adaptation des politiques publiques, une régulation appropriée et le développement de systèmes éducatifs personnalisés.

Les *deepfakes* constituent une autre source de préoccupation. Il s'agit de contenus générés par l'IA (vidéo ou audio) qui remplacent l'apparence ou la voix d'une personne par celle d'une autre à l'aide de réseaux neuronaux.

Les *deepfakes* ont suscité une attention particulière en raison de leur utilisation potentielle dans la désinformation, la fraude, la manipulation politique, la pornographie non consentie ou encore l'ingérence électorale. Cela a conduit à des réactions de la part des gouvernements et de l'industrie afin d'en limiter les abus.

Des préoccupations éthiques ont également émergé concernant la génération de voix synthétiques. Certains utilisateurs ont exploité ces technologies pour imiter la voix de personnalités publiques. En réponse, des entreprises comme ElevenLabs ont mis en place des mécanismes de sécurité et de vérification d'identité.



L'IA générative a également un impact sur l'industrie musicale : des outils de clonage vocal ont été utilisés pour imiter des artistes célèbres et produire de nouvelles chansons, suscitant à la fois un grand intérêt et des critiques.

Elle a aussi permis la création d'artistes virtuels, certains ayant signé avec de grandes maisons de disques. Toutefois, ces innovations soulèvent des critiques liées à la « déshumanisation » de l'art et à la création de contenus jugés irréalistes ou problématiques.

Enfin, le développement de l'IA a également favorisé certaines formes de cybercriminalité. La capacité de l'IA générative à produire du contenu réaliste est exploitée dans des fraudes, notamment les attaques de phishing.

Des experts, dont un ancien responsable de la lutte contre la fraude chez Google, ont averti que les *deepfakes* deviendront de plus en plus courants et dangereux.

Par ailleurs, les grands modèles de langage peuvent être utilisés pour générer de faux avis sur des plateformes de commerce en ligne. Des modèles spécialisés dans la fraude, tels que WormGPT ou FraudGPT, ont également été développés par des cybercriminels.

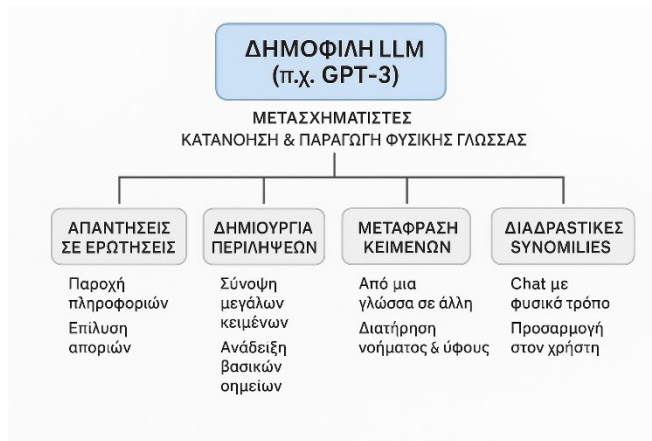
Des recherches menées en 2023 ont montré que les systèmes d'IA générative présentent des vulnérabilités exploitables, permettant de contourner les garde-fous éthiques. Parmi les techniques utilisées figurent les attaques dites de *jailbreak* ou de manipulation psychologique.

Enfin, des individus malveillants peuvent exploiter des outils comme ChatGPT pour mener des attaques d'ingénierie sociale ou de phishing, mettant en évidence les risques associés à ces technologies.

1.3 Les grands modèles de langage : Large Language Models (LLMs)

Les LLM sont des systèmes d'intelligence artificielle reposant sur des volumes très importants de données, conçus pour comprendre le langage humain et prédire le mot suivant dans une phrase, sur la base des mots qui la composent.

Ces systèmes sont utilisés pour la rédaction de travaux sur des sujets spécifiques, la production de textes simples, la traduction, la réponse à des questions précises, etc.



Les systèmes LLM peuvent réaliser les fonctions décrites ci-dessus sans véritable compréhension du contenu des textes, en s'appuyant uniquement sur des motifs statistiques. Cela peut entraîner la production d'informations erronées ou trompeuses.

Les dispositifs électroniques prenant en charge des systèmes LLM doivent disposer d'une puissance de calcul élevée afin de fonctionner de manière satisfaisante.

Cette infrastructure étendue permet aux LLM de saisir les nuances du langage, de la grammaire ainsi que certains aspects des connaissances générales.

Certains LLM populaires, tels que GPT-3 d'OpenAI, utilisent un type de réseau neuronal appelé transformeur, qui leur permet de traiter des tâches linguistiques complexes avec une efficacité remarquable. Ils peuvent ainsi accomplir un large éventail de tâches, telles que :

- Répondre à des questions
- Générer des résumés de textes
- Traduire des contenus
- Produire des listes ou des synthèses structurées à partir de textes
- Participer à des conversations interactives avec les utilisateurs

À mesure que les LLM continuent d'évoluer, ils offrent un potentiel considérable pour améliorer et automatiser de nombreuses applications dans tous les secteurs, allant du support aux équipes et de la création de contenu à l'éducation et à la recherche.

Cependant, ils soulèvent également des préoccupations éthiques et sociétales, notamment en matière de biais ou de mésusage. Ces enjeux doivent être pris en compte à mesure que la technologie progresse.

Les facteurs clés pour le développement d'un modèle LLM fonctionnel sont:

1. Priorité à la qualité des données, en complément de leur volume

Un volume important de données constitue un élément fondamental pour le développement de modèles de langage. Toutefois, la qualité des données est étroitement liée aux performances du modèle.

Les modèles entraînés sur des ensembles de données volumineux mais mal structurés peuvent produire des résultats imprécis. À l'inverse, des ensembles de données plus restreints mais soigneusement sélectionnés et organisés conduisent souvent à de meilleures performances.

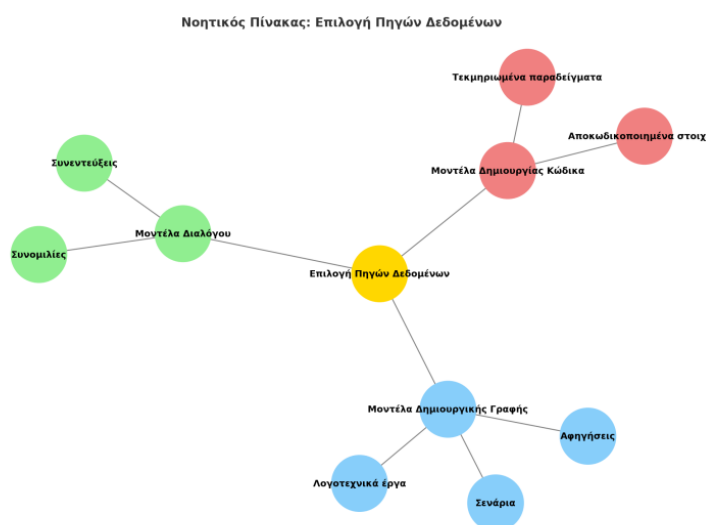
Cela met en évidence l'importance d'une approche équilibrée dans la collecte des données. Celles-ci doivent être diversifiées, pertinentes par rapport au périmètre visé du modèle, et faire l'objet d'une sélection et d'une organisation rigoureuses.

2. Choix de sources de données appropriées

La sélection des sources de données doit être alignée sur les objectifs spécifiques d'application du modèle.

Les modèles orientés vers le dialogue nécessitent des sources telles que des conversations ou des entretiens.

Les modèles axés sur la génération de code requièrent des données bien documentées et structurées. Les œuvres littéraires et les scénarios constituent des ressources riches pour les applications de génération créative.



De manière générale, il convient d'inclure des données couvrant les langues et les thématiques ciblées. Cela permet d'adapter le modèle afin qu'il soit performant dans son domaine d'application.

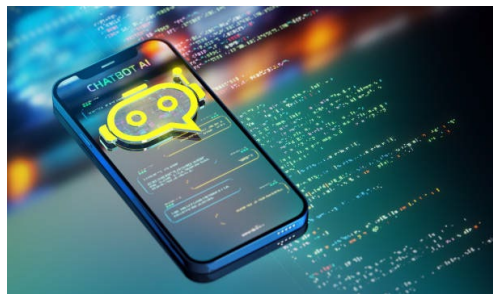
1.4 Chatbots (définition, historique et leur fonctionnement actuel)

1.4.1 Définition du chatbot

Les chatbots sont des programmes informatiques conçus pour simuler des conversations avec des êtres humains, principalement par écrit, mais également à l'oral dans leurs formes les plus avancées.

Ils utilisent des technologies telles que l'intelligence artificielle (IA), le traitement du langage naturel (NLP – Natural Language Processing) et l'apprentissage automatique (ML – Machine Learning) afin de comprendre et de répondre aux demandes des utilisateurs.

Leur objectif est de répondre à des questions, de fournir des informations, d'exécuter des tâches sur la base de commandes et d'automatiser des processus.



Les chatbots constituent une application technologique puissante, permettant une communication plus rapide, l'automatisation des processus ainsi que la gestion de demandes complexes.

1.4.2 Brève histoire des chatbots

L'histoire des chatbots a débuté il y a environ 60 ans et a connu depuis une évolution rapide. Les principales étapes de cette évolution sont les suivantes :

- **1966** : Le premier chatbot, ELIZA, est créé par Joseph Weizenbaum au MIT. Il simulait un psychothérapeute et répondait aux questions en se basant sur les mots saisis par l'utilisateur. ChatGPT représente aujourd'hui une évolution des chatbots et peut être considéré comme une forme avancée, sur le plan cognitif, d'ELIZA. En 1966, Weizenbaum écrivait qu'ELIZA permettait de rendre possibles certaines formes de dialogue en langage naturel entre l'humain et l'ordinateur. À cette époque, la technologie sous-jacente était rudimentaire comparée aux standards actuels.
- **1972** : PARRY est développé par le psychiatre Kenneth Colby et vise à simuler le comportement d'une personne atteinte de schizophrénie.
- **Années 1980–1990** : Les chatbots apparaissent dans les jeux vidéo ainsi que dans des projets de recherche.
- **Années 2000** : Des chatbots plus avancés sont développés, comme A.L.I.C.E. (Artificial Linguistic Internet Computer Entity).
- **Années 2010** : Apparition des assistants numériques tels que Siri (Apple), Google Assistant et Alexa (Amazon).
- **Années 2020** : Avec le développement des LLM, tels que les modèles GPT, les chatbots deviennent plus intelligents, plus réalistes et plus flexibles. Cette évolution soulève de nombreuses questions, dont les réponses peuvent être aussi bien prometteuses qu'inquiétantes. Un ordinateur peut-il remplacer un assistant ou même un interlocuteur humain ? Jusqu'où les chatbots peuvent-ils être améliorés pour que l'on puisse s'y fier pleinement ?



Chaque fois que l'on aborde l'intelligence artificielle, il convient de rappeler la contribution du mathématicien Alan Turing à son développement. Dès 1950, avec le « test de Turing », il a défini les conditions dans lesquelles une machine peut être considérée comme manifestant une intelligence comparable à celle d'un être humain. En 1950, Turing publie son article intitulé « Computing Machinery and Intelligence », dans lequel il pose la question « Une machine peut-elle penser ? ». Ce travail a profondément influencé le développement de l'informatique et de l'intelligence artificielle.

Les applications modernes des chatbots évoluent et se développent à un rythme très rapide, notamment dans les domaines suivants :

- Service client sur des sites web et des applications
- Support aux utilisateurs sur des plateformes et réseaux sociaux
- Éducation, divertissement et soutien psychologique
- Agents conversationnels basés sur l'intelligence artificielle (par exemple ChatGPT)

Les défis et attentes liés à l'évolution des chatbots sont nombreux :

- La nécessité d'une meilleure compréhension du contexte et des émotions
- La réduction des risques de mauvaise interprétation et de désinformation
- Les enjeux éthiques et juridiques liés à leur utilisation dans des domaines sensibles
- L'amélioration continue grâce à l'intelligence artificielle et à l'apprentissage automatique

1.4.3 Fonctionnement des chatbots

Le fonctionnement d'un chatbot repose sur un ensemble de techniques, parmi lesquelles figurent les suivantes :

Reconnaissance de l'entrée

Le chatbot reçoit l'entrée de l'utilisateur (texte ou voix) et la traite.

Compréhension du langage naturel (NLP – Natural Language Processing)

Grâce au NLP, le chatbot analyse le message de l'utilisateur en identifiant des mots-clés, des expressions et des structures de phrases.



Traitement et analyse

Le chatbot compare les données d'entrée à une base de connaissances ou à un ensemble de règles afin de déterminer la réponse la plus appropriée.

Génération de la réponse

Sur la base de l'analyse effectuée, le chatbot génère une réponse, qui peut prendre la forme d'un texte, d'une image, d'une vidéo ou d'une action.

Apprentissage automatique (ML – Machine Learning)

Les chatbots les plus avancés utilisent l'apprentissage automatique pour s'améliorer en continu, en apprenant des interactions avec les utilisateurs et en adaptant leurs réponses en conséquence.

1.4.4 Types de chatbots

Les chatbots peuvent être classés en différentes catégories en fonction de leur niveau de complexité et de leurs capacités :

Chatbots basés sur des règles (rule-based)

Ces chatbots suivent un ensemble prédéfini de règles et répondent sur la base de mots-clés ou d'expressions spécifiques. Ils sont relativement simples et faciles à mettre en œuvre, mais leur capacité à traiter des demandes complexes est limitée.

Chatbots basés sur l'intelligence artificielle (AI-powered)

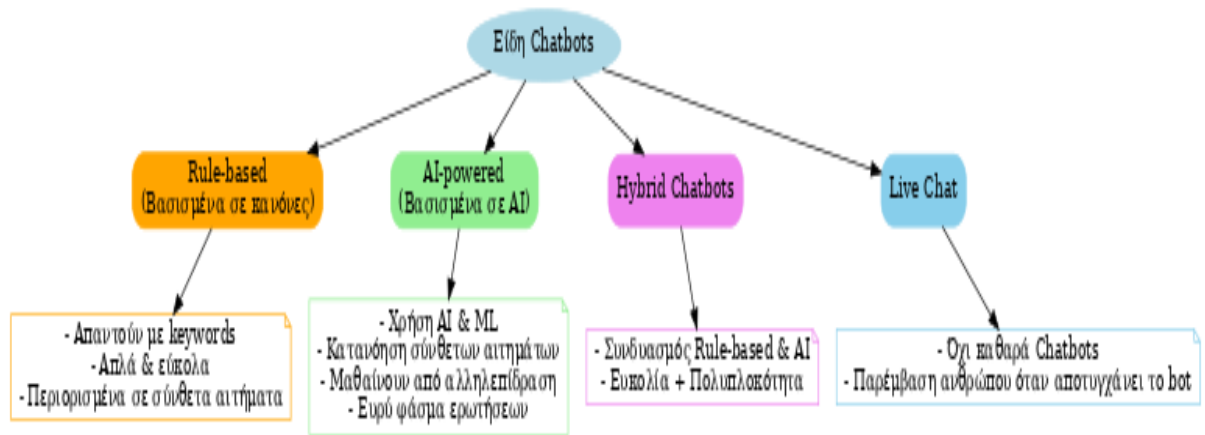
Ces systèmes utilisent l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique pour comprendre des demandes plus complexes et apprendre à partir des interactions avec les utilisateurs. Ils sont capables de traiter un éventail plus large de questions.

Chatbots hybrides

Ils combinent les caractéristiques des chatbots basés sur des règles et de ceux basés sur l'intelligence artificielle, offrant ainsi un équilibre entre simplicité d'utilisation et capacités avancées.

Live chat (assistance humaine)

Il ne s'agit pas à proprement parler de chatbots, mais d'une variante dans laquelle un opérateur humain intervient lorsque le chatbot n'est pas en mesure de traiter une demande.

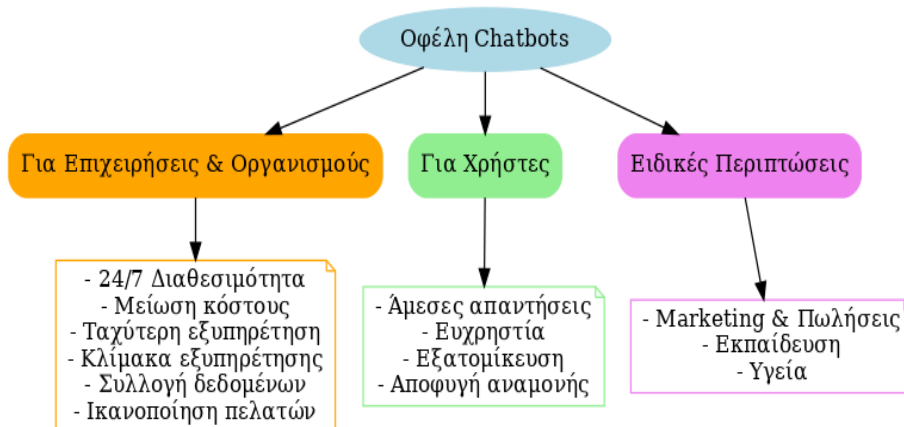


1.4.5 Avantages des chatbots

Les avantages liés à l'utilisation des chatbots peuvent varier en fonction de la manière dont les utilisateurs exploitent leurs capacités.

Parmi les bénéfices les plus courants, on peut citer :

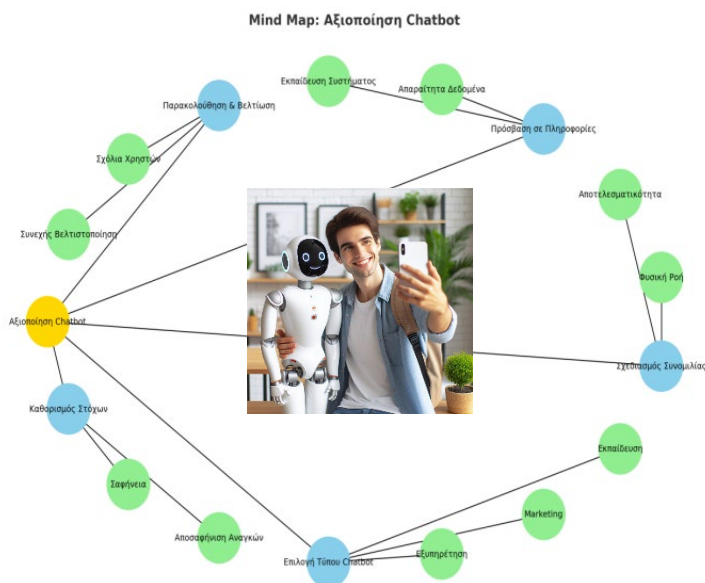
- Amélioration du service client, grâce à une assistance immédiate, à la réponse aux questions et à la résolution de problèmes en temps réel.
- Réduction des coûts, grâce à l'automatisation des processus, permettant de diminuer les coûts opérationnels.
- Augmentation de la productivité, en libérant les employés des tâches répétitives et en leur permettant de se concentrer sur des activités à plus forte valeur ajoutée.
- Expérience personnalisée, notamment avec les chatbots les plus avancés, capables d'adapter leurs réponses aux besoins spécifiques de chaque utilisateur.
- Augmentation des ventes, en aidant les clients à trouver les produits recherchés et à finaliser leurs achats.
- Collecte de données, en fournissant des informations précieuses sur les besoins et les préférences des utilisateurs, contribuant ainsi à l'amélioration des produits et services.



1.4.6 Comment exploiter les chatbots

Le degré d'exploitation des chatbots dépend, une fois encore, de l'utilisateur et de la manière dont il utilise leurs capacités.

- Afin d'optimiser l'utilisation des chatbots :
- Définissez clairement vos objectifs et précisez ce que vous souhaitez atteindre.
- Choisissez le type de chatbot le plus adapté à vos besoins.
- Concevez un flux de conversation naturel et efficace, garantissant une interaction fluide avec l'utilisateur.
- Assurez-vous que le chatbot dispose de toutes les informations nécessaires et qu'il est correctement entraîné à les exploiter.
- Surveillez et améliorez ses performances en vous appuyant sur les retours des utilisateurs.



1.5 Qu'est-ce que l'IA générative (Generative AI – GenAI)

1.5.1 Brève évolution historique de l'IA générative

L'IA générative (GenAI) peut être considérée comme une évolution de l'intelligence artificielle. Dès les années 1980, les chercheurs ont cherché à dépasser les limites des systèmes fondés sur des règles prédéfinies et des algorithmes classiques.

Ils ont ainsi posé les bases de l'IA générative, notamment à travers le développement de modèles tels que les réseaux de Hopfield et les machines de Boltzmann (années 1980–1990), les machines de Boltzmann restreintes (Restricted Boltzmann Machines, 2006), ainsi que les réseaux antagonistes génératifs (Generative Adversarial Networks – GANs, 2014), capables de produire des données très réalistes, notamment des images.

Par ailleurs, les progrès des modèles de traitement du langage naturel (Natural Language Processing – NLP), notamment à partir des années 2020, ont fortement contribué à l'essor de l'IA générative.

Aujourd'hui, l'IA générative constitue un domaine dynamique, avec de nombreuses applications qui dépassent les capacités des systèmes d'IA traditionnels, tout en soulevant des enjeux liés à son encadrement et à son utilisation éthique.

Son évolution témoigne des avancées majeures de l'intelligence artificielle, combinant fondements théoriques et applications innovantes, avec pour objectif de façonner un avenir où l'IA viendra renforcer la créativité humaine par des approches nouvelles.

1.5.2 Fonctionnement de l'IA générative

L'IA générative repose sur les principes de l'apprentissage automatique (*Machine Learning*), un domaine de l'intelligence artificielle qui permet aux machines d'apprendre à partir de données d'entrée. Elle va toutefois plus loin en étant capable

de générer de nouvelles données qui reproduisent les caractéristiques des données initiales.

Un élément central de l'IA générative est l'apprentissage profond (*Deep Learning*), une forme d'apprentissage automatique qui s'inspire du fonctionnement du cerveau humain pour analyser des données et identifier des modèles permettant la prise de décision.

Dans les modèles d'IA générative, le processus suit généralement les étapes suivantes:

- **Collecte des données**
Un volume important de données est collecté, contenant des exemples du type de contenu à produire. Par exemple, pour générer des images, on utilise des ensembles d'images similaires ; pour produire du texte, on utilise des corpus textuels.
- **Entraînement du modèle**
Le modèle est construit à l'aide de réseaux neuronaux et entraîné à générer de nouvelles structures de données à partir des données d'apprentissage.
- **Génération**
Une fois entraîné, le modèle peut produire de nouveaux contenus similaires à ceux sur lesquels il a été formé.
- **Ajustement (optimisation)**
En fonction de l'application et des objectifs visés, les résultats peuvent être affinés afin de répondre à des exigences spécifiques.

1.5.3 Types de modèles d'IA générative

L'IA générative repose sur plusieurs types de modèles :

- **Modèles basés sur les transformeurs**
Pour la génération de texte, ces modèles reposent sur des architectures de type transformeur, comme GPT-3 ou GPT-4. Ils sont capables d'analyser l'ensemble du texte d'entrée et de produire un contenu cohérent, fluide et précis.
- **Modèles basés sur les réseaux antagonistes génératifs (GANs)**
Les GANs se composent de deux éléments : un générateur et un discriminateur. Le générateur crée de nouvelles données, tandis que le discriminateur évalue leur authenticité. Grâce à ce processus itératif, le générateur améliore progressivement sa capacité à produire des données réalistes.
- **Modèles d'autoencodeurs variationnels (VAE – Variational Autoencoders)**
Les VAE sont des modèles probabilistes fondés sur des principes statistiques. Ils encodent les données d'entrée puis les décodent de manière différente afin de générer de nouvelles données.
L'introduction d'un facteur de variabilité permet de produire des résultats différents mais présentant des caractéristiques similaires aux données initiales.

1.5.4 Exemples d'utilisation de l'IA générative

L'IA générative, grâce à sa capacité unique à produire de nouvelles données, ouvre la voie à de nombreuses applications dans des domaines tels que les suivants :

Arts et divertissement

L'IA générative est utilisée, entre autres, pour :

- Créer des œuvres artistiques dans le style de peintres célèbres

- Composer des œuvres musicales intégrant plusieurs instruments et différents styles
- Générer des scénarios de films, des romans, des poèmes et d'autres formes d'expression littéraire

Technologie et communication

L'IA générative est utilisée dans ces domaines afin de :

- Aider les graphistes à concevoir de nouveaux visuels en un temps réduit
- Assister les architectes dans la conception de bâtiments ou d'infrastructures adaptées à des exigences spécifiques
- Faciliter la création de campagnes publicitaires avec des résultats esthétiques ciblés

Science et médecine

L'IA générative contribue aux avancées dans les sciences de la vie, notamment :

- En permettant le développement de médicaments personnalisés en un temps réduit
- Dans l'imagerie médicale, où les modèles de type GANs sont utilisés pour générer et améliorer des données visuelles
- Dans l'entraînement des systèmes d'intelligence artificielle



1.5.5 Conditions de mise en œuvre de l'IA générative

La mise en œuvre de l'IA générative suppose le respect d'un ensemble d'exigences techniques et de considérations éthiques, afin de garantir son acceptabilité et son utilisation responsable. Pour atteindre les objectifs visés, un dialogue continu et une collaboration étroite entre technologues, juristes, experts et acteurs de la société sont nécessaires. L'objectif est de promouvoir une utilisation responsable de l'intelligence artificielle tout en réduisant les risques associés. Parmi les principales conditions à respecter figurent les suivantes :

Qualité des données

Les modèles d'IA générative nécessitent des volumes importants de données de haute qualité, dont l'acquisition peut s'avérer complexe dans de nombreux cas. Cette difficulté peut notamment s'expliquer lorsque :

- Les données sont rares en raison de leur nature
- Elles constituent des données sensibles ou protégées (par exemple, données médicales ou financières)
- Il est nécessaire de garantir la diversité et la représentativité des données

Il s'agit d'un processus particulièrement complexe, qui requiert une expertise dans la collecte, la sélection et la combinaison des données, tout en respectant les exigences de confidentialité et de protection de la vie privée.

Complexité de l'entraînement

L'entraînement des modèles d'IA générative, en particulier des modèles complexes tels que les GANs, est un processus intensif, long et exigeant en termes d'expertise. Cela peut constituer un obstacle pour les petites organisations ou les nouveaux acteurs du domaine de l'IA. Dans certains cas, l'utilisation de modèles pré-entraînés

peut permettre d'atteindre les objectifs plus rapidement, à moindre coût et avec une efficacité accrue.

Contrôle des résultats générés

Dans certains cas, les modèles peuvent produire des contenus indésirables, non pertinents, erronés, offensants ou biaisés. La mise en place de mécanismes de filtrage et de contrôle du contenu généré est essentielle afin d'en garantir la qualité et la pertinence.

Considérations éthiques

L'IA générative soulève des questions éthiques importantes, notamment en ce qui concerne l'authenticité et la fiabilité des contenus produits. Elle peut également contribuer à la désinformation ou être utilisée à des fins malveillantes. Il est donc essentiel de développer des cadres éthiques robustes. Par ailleurs, le renforcement des compétences des utilisateurs en matière d'IA peut contribuer à réduire les risques de désinformation et de fraude.

Lacunes réglementaires

L'absence ou l'insuffisance de cadres réglementaires clairs pour l'utilisation de l'IA générative, combinée à son développement rapide, peut entraîner des incertitudes et des risques de contentieux juridiques.

1.6 Problèmes liés à l'utilisation de l'IA et de l'IA générative

1.6.1 Problèmes éthiques

L'éthique de l'intelligence artificielle désigne un ensemble de principes visant à garantir que l'IA est développée et utilisée de manière bénéfique pour la société. Elle couvre notamment des domaines tels que l'équité, la sécurité -en particulier la protection des données personnelles-, la transparence dans les actions ayant un impact sur la société, ainsi que la prévention des effets négatifs potentiels.

Lorsqu'elle repose sur ces principes, l'éthique de l'IA constitue un levier positif, contribuant à réduire les inégalités et à stimuler la créativité.

Plus les personnes physiques ou morales s'appuient sur l'IA, plus elles sont susceptibles d'en subir les effets, qu'ils soient positifs ou négatifs.

Bien que les technologies d'IA puissent être conçues pour intégrer des considérations éthiques, le facteur humain demeure essentiel pour garantir leur utilisation conforme à des principes éthiques.

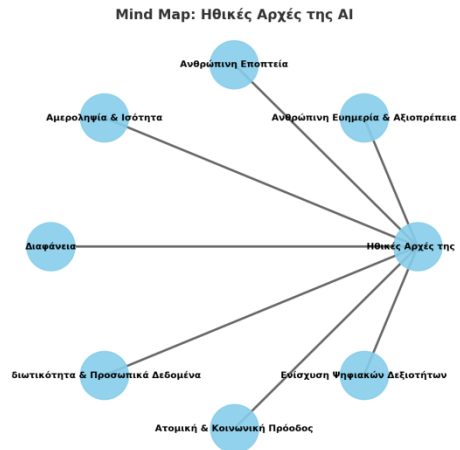
À ce jour, il n'existe pas de système universellement reconnu de principes éthiques applicables à l'IA. De nombreuses organisations œuvrent toutefois à l'élaboration de cadres de référence et de lignes directrices en matière d'éthique et de gouvernance de l'IA.



1.6.1.1 Exemples de principes éthiques de l'IA

Ces principes concernent principalement les éléments suivants :

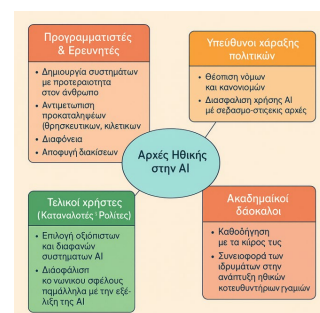
- Bien-être et dignité humains**
 Les systèmes d'IA doivent accorder la priorité au bien-être, à la sécurité et à la dignité des individus, sans chercher à s'y substituer.
- Supervision humaine**
 Afin de garantir que la responsabilité finale incombe à l'être humain, les systèmes d'IA doivent faire l'objet d'une supervision et d'un suivi humains à toutes les étapes de leur développement et de leur utilisation.
- Équité et non-discrimination**
 Les processus de conception de l'IA doivent garantir l'équité, être exempts de biais et prévenir toute forme de discrimination fondée, notamment, sur le genre, l'origine, la religion ou d'autres caractéristiques.
- Transparence**
 Les systèmes d'IA doivent fonctionner selon des processus transparents et fournir des résultats explicables et compréhensibles.
- Protection de la vie privée et des données personnelles**
 Les systèmes d'IA doivent respecter les normes garantissant la protection des données personnelles et la préservation de la vie privée sous toutes ses formes.
- Progrès individuel et social**
 L'IA doit contribuer au progrès individuel et collectif dans l'ensemble des domaines de la vie sociale, en évitant les pratiques génératrices d'inégalités ou de concurrence déloyale.
- Renforcement des compétences numériques**
 L'IA doit être accessible et compréhensible par tous, et contribuer au développement des compétences numériques des utilisateurs.



1.6.1.2 Mise en œuvre des principes éthiques dans l'IA

La mise en œuvre des principes éthiques dans l'IA relève de la responsabilité de l'ensemble des acteurs impliqués, directement ou indirectement, dans la conception et l'utilisation des systèmes d'intelligence artificielle. Ces acteurs incluent des personnes physiques et morales assumant des rôles variés, notamment :

- Développeurs et chercheurs**
 Ils jouent un rôle essentiel dans la conception des systèmes d'IA, en plaçant l'humain au centre, en luttant contre les biais (notamment religieux, ethniques, etc.) et en veillant à garantir la transparence ainsi que l'absence de discrimination.
- Décideurs publics**
 Ils sont chargés d'élaborer des lois et des cadres réglementaires favorisant une utilisation de l'IA conforme aux principes éthiques.
- Enseignants et communauté académique**
 Par leur expertise et l'autorité des institutions qu'ils représentent, ils contribuent à l'élaboration et à la diffusion de lignes directrices éthiques pour l'utilisation de l'IA.
- Utilisateurs finaux de l'IA**



Les citoyens et consommateurs ont à la fois un intérêt et une responsabilité : adopter un usage éclairé des systèmes d'IA et veiller à ce qu'ils soient fiables, transparents et bénéfiques pour la société. Par leur comportement, ils contribuent également à un développement responsable de l'IA, en parallèle du progrès technologique.

1.7 Protection des données personnelles et intelligence artificielle

Les technologies d'intelligence artificielle offrent un large éventail d'opportunités dans de nombreux domaines de la vie sociale. Toutefois, les systèmes d'IA impliquent, entre autres, le traitement de données à caractère personnel. Cela crée un besoin de cadres réglementaires encadrant la relation entre l'IA et les données personnelles des citoyens, notamment en ce qui concerne les droits fondamentaux tels que :

- La liberté de pensée
- La liberté d'expression
- Le droit d'accès à l'information
- La liberté d'entreprendre dans le respect de la légalité
- Le droit à l'éducation

Pour assurer une formation spécialisée des professionnels impliqués dans la protection des données, les autorités de protection des données ont développé des programmes spécifiques destinés aux :

- délégués à la protection des données (DPD) et les professionnels de la protection de la vie privée
- responsables de programmes de cybersécurité et de développement de systèmes d'IA

Une condition essentielle pour garantir la protection des données personnelles repose sur la mise en œuvre de principes fondamentaux relatifs à la sécurité du traitement des données, notamment :

✓ **Confidentialité (confidentiality)**

Les données ne doivent pas être divulguées à des personnes non autorisées.

✓ **Intégrité (integrity)**

Les données doivent être exactes, complètes et non altérées.

✓ **Disponibilité (availability)**

Les données doivent être accessibles aux utilisateurs autorisés lorsque cela est nécessaire.

Le responsable du traitement est tenu de respecter ces principes. Il doit également être en mesure de gérer les violations de données, ce qui implique la mise en place de mécanismes et de procédures permettant :

- La détection des incidents
- Leur enregistrement
- Leur notification à l'autorité compétente
- Leur communication aux personnes concernées

Il est nécessaire que les autorités compétentes poursuivent leurs efforts afin de développer des réglementations et des politiques dynamiques, capables de s'adapter à l'évolution rapide des technologies et de leurs usages.

Ces enjeux ont notamment été abordés dans le cadre des travaux du panel STOA (Science and Technology Options Assessment) du Parlement européen, consacré à l'avenir de la science et de la technologie. Les experts y ont souligné les risques existants, notamment en matière de violations des droits fondamentaux et de protection des données, ainsi que la nécessité de mettre en place des garanties solides afin de prévenir les usages inappropriés ou illégaux de l'IA.

Le Règlement général sur la protection des données (RGPD), en vigueur depuis 2018, vise à protéger les individus contre les violations de leurs données personnelles, tout en encadrant les responsabilités des professionnels en charge du traitement, du stockage et de la gestion de ces données.

1.8 Cadres réglementaires et juridiques

1.8.1 Intelligence artificielle et vie privée

Depuis que l'intelligence artificielle s'est largement intégrée dans notre quotidien, il est essentiel que son utilisation respecte la vie privée d'autrui. Toute violation, volontaire ou par négligence, des règles relatives à la protection de la vie privée et des données personnelles constitue une infraction susceptible d'être sanctionnée par le droit national, européen ou international.

Chacun doit prendre conscience de l'importance du respect de la vie privée des autres, y compris des personnes mineures. Dans ce contexte, le rôle des enseignants est particulièrement important, car ils sont en première ligne pour démontrer, dans leur pratique quotidienne en classe :

- Le respect des caractéristiques individuelles des élèves, des collègues et des parents, ainsi que des principes d'honnêteté et de discrétion qui doivent régir les relations humaines
- Une utilisation prudente des technologies numériques, afin de préserver la dignité humaine, la vie privée et les données personnelles
- Une évaluation critique et responsable des résultats fournis par les systèmes d'intelligence artificielle avant leur utilisation ou leur diffusion

Sensibilisation des élèves

Il est essentiel de sensibiliser les élèves, dès le plus jeune âge, à :

- La fiabilité des informations fournies par l'intelligence artificielle
- Le respect des droits fondamentaux, y compris le droit à la vie privée
- Une utilisation responsable et raisonnée de l'IA

Pour ces raisons, il est utile de présenter les principes fondamentaux des cadres juridiques protégeant la vie privée et les données personnelles.

Les enseignants peuvent transmettre ces principes à travers différentes approches pédagogiques, telles que :

- L'analyse de situations simples issues de l'expérience personnelle des élèves
- La présentation de bonnes pratiques (à encourager)
- L'identification de mauvaises pratiques (à éviter)

Les éléments suivants s'inspirent notamment de l'intervention de Mme Magdalini Fasoulaki, Conseillère au Conseil d'État, intitulée « Intelligence artificielle et vie privée

: conflits et équilibres » disponible en Grec ici : https://www.esdi.gr/wp-content/uploads/2025/01/fasilaki_2024.pdf)

Vie privée

Dans ce cadre, il convient de promouvoir auprès des élèves l'importance du droit à la vie privée, souvent désigné comme le « right to be let alone » :

- Il comprend le droit au respect de la vie privée, le contrôle de l'accès à l'espace personnel (inviolabilité du domicile), la limitation des intrusions, le droit au secret et la protection des données personnelles
- Il vise à garantir l'autonomie de l'individu et le développement de sa personnalité sans ingérence extérieure



Exemples de systèmes d'intelligence artificielle

Les exemples suivants permettent aux enseignants d'illustrer l'utilisation de l'IA dans différents contextes :

- Systèmes d'identification biométrique
- Correction automatisée d'examens
- Logiciels automatisés d'analyse de CV pour le recrutement
- Systèmes automatisés d'attribution d'aides ou de prestations
- Systèmes de notation
- Logiciels d'évaluation des demandes d'asile
- Outils de suivi prédictif de groupes d'élèves



1.8.1.1. Textes juridiques

Les textes suivants définissent les droits des citoyens, y compris des élèves :

Article 8 de la Convention européenne des droits de l'homme (CEDH)

- Toute personne a droit au respect de sa vie privée et familiale, de son domicile et de sa correspondance.
- Il ne peut y avoir ingérence d'une autorité publique dans l'exercice de ce droit que si cette ingérence est prévue par la loi et constitue une mesure nécessaire, dans une société démocratique, à la sécurité nationale, à la sûreté publique, au bien-être économique du pays, à la défense de l'ordre et à la prévention des infractions pénales, à la protection de la santé ou de la morale, ou à la protection des droits et libertés d'autrui.



Charte des droits fondamentaux de l'Union européenne

Article 7

Toute personne a droit au respect de sa vie privée et familiale, de son domicile et de ses communications.

Article 8

1. Toute personne a droit à la protection des données à caractère personnel la concernant.
2. Ces données doivent être traitées de manière loyale, pour des finalités déterminées et sur la base du consentement de la personne concernée ou d'un autre fondement légitime prévu par la loi. Toute personne a le droit d'accéder aux données collectées la concernant et d'en obtenir la rectification.
3. Le respect de ces règles est soumis au contrôle d'une autorité indépendante.

1.8.1.2 Intelligence artificielle et risques pour la vie privée liés à son utilisation

Les éléments suivants doivent être pris en compte par les utilisateurs des systèmes d'intelligence artificielle :

Lors de la collecte des données :

- Surveillance

Lors du traitement des données :

- Identification
- Agrégation des données
- Profilage
- Utilisation secondaire des données
- Exclusion
- Sécurité des données

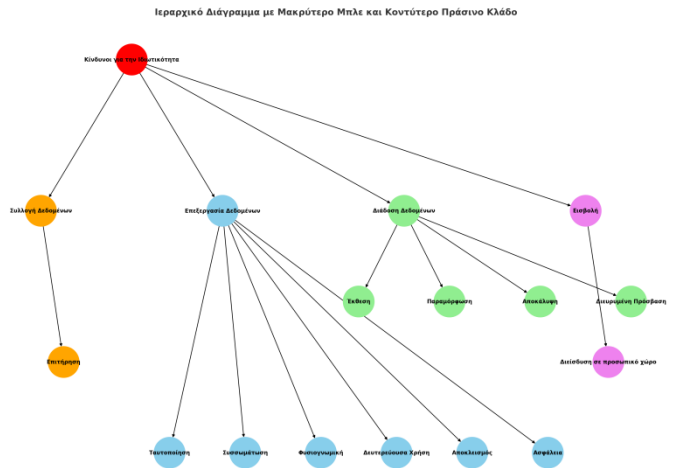
Lors de la diffusion des données :

- Exposition des données
- Altération des données
- Divulgateion
- Accès élargi

Atteinte à la vie privée (au sens strict) :

- Intrusion dans la sphère personnelle

Source : Deepfakes, Phrenology, Surveillance, and More! A Taxonomy of AI Privacy Risks (Université d'Oxford et Carnegie Mellon University)



1.8.1.3 Le droit à l'intervention humaine (Article 22 du RGPD)

Le droit à l'intervention humaine, conformément à l'article 22 du Règlement général sur la protection des données (RGPD), peut être invoqué dans les situations suivantes :

1. Le droit de ne pas faire l'objet d'une décision automatisée.

La personne concernée a le droit de ne pas être soumise à une décision fondée exclusivement sur un traitement automatisé, y compris le profilage, produisant des effets juridiques la concernant ou l'affectant de manière significative.

- (paragraphe 2) Exceptions :
 - nécessité contractuelle
 - obligation légale
 - consentement explicite
- (paragraphe 3) Limitation des exceptions, notamment en présence de données sensibles

Droits associés :

- Droit à l'information et à l'accès
- Droit de rectification
- Droit à l'effacement
- Droit à la limitation du traitement
- Droit d'opposition

Obligations de contrôle

Le contrôle peut être exercé par :

- Le Comité européen de la protection des données (CEPD) et le Contrôleur européen de la protection des données (CEPD/EDPS) : élaboration de lignes directrices pour garantir le respect des droits fondamentaux dans l'utilisation de l'IA
- Les autorités nationales de protection des données : mise en œuvre de pratiques et recommandations relatives à l'application des règles de protection des données
- Les juridictions compétentes : accès à un recours juridictionnel effectif

Limitations, mise en balance et principe de proportionnalité

L'utilisation des systèmes d'IA est étroitement liée à un ensemble de droits fondamentaux, notamment :

- Le droit à la vie privée
- La protection des données personnelles
- L'interdiction de discrimination
- L'accès à la justice
- La dignité humaine
- Le droit à la sécurité sociale et à l'assistance sociale
- Le droit à une bonne administration (notamment dans le secteur public)
- La protection des consommateurs



Un principe fondamental du droit de l'Union européenne est celui de proportionnalité. Toute restriction d'un droit fondamental doit être nécessaire et appropriée à la poursuite d'un objectif légitime, et ne pas entraîner de limitation excessive ou disproportionnée du droit à la vie privée.

Principe directeur (« règle d'or »)

Une évaluation au cas par cas (ad hoc) doit être réalisée, afin d'assurer un équilibre entre la protection de la vie privée et les objectifs d'intérêt général ou les droits fondamentaux de tiers, en tenant compte des circonstances spécifiques de chaque situation.

Jurisprudence pertinente

À titre indicatif, les décisions suivantes illustrent l'importance de la protection de la vie privée dans le contexte de l'IA :

a. Cour constitutionnelle fédérale allemande – décision du 16 février 2023

Le traitement automatisé des données visant leur analyse ou interprétation :

- Constitue une atteinte au droit à l'autodétermination informationnelle
- Représente une ingérence distincte, susceptible d'avoir des conséquences plus graves que la simple collecte des données
- Nécessite une justification fondée sur le principe de proportionnalité
- N'est constitutionnellement admissible que pour la protection d'un intérêt juridique particulièrement important, en présence d'un risque avéré

b. Conseil constitutionnel (France) – décision du 17 mai 2023

L'objectif est la protection de l'ordre public et de la sécurité

Le traitement algorithmique est limité à des événements de grande ampleur (sportifs, culturels, etc.) présentant des risques spécifiques

Une décision administrative motivée est requise, précisant :

- le responsable du traitement
- le périmètre géographique
- la durée du dispositif

Le traitement vise uniquement la détection d'activités suspectes

Un contrôle juridictionnel est prévu

Une intervention humaine est requise pour vérifier les résultats

c. Conseil d'État (Grèce), décision n° 1206/2024

L'obligation de motivation des actes administratifs constitue un principe fondamental de l'État de droit

En cas de décision fondée sur un traitement automatisé, il doit être possible d'identifier :

- les étapes essentielles des calculs effectués
- les données utilisées (variables)

Cela permet :

- au citoyen de vérifier la légalité de la décision
- au juge d'exercer un contrôle juridictionnel effectif

Conclusion pédagogique

Ces décisions, ainsi que de nombreuses autres au niveau national et international, démontrent la nécessité d'une utilisation prudente de l'intelligence artificielle, afin de ne pas porter atteinte à la vie privée des personnes physiques ou morales.

Les enseignants jouent un rôle clé dans ce domaine, en sensibilisant les élèves, par des exemples concrets, à l'importance du respect de la vie privée, qui constitue un élément fondamental de la culture démocratique et du vivre-ensemble.

1.8.2 Intelligence artificielle et données personnelles

Les textes présentés ci-après sont extraits du mémoire de master de M. Zois Panagopoulos, étudiant à la Faculté de droit de l'Université Aristote de Thessalonique (membres du jury : I. Igglezakis, A. Tsaousis et A. Takis).

Ces textes soulèvent des réflexions essentielles pour tous ceux qui s'intéressent à l'intelligence artificielle, et en particulier, dans le cadre présent, pour les enseignants. Ils visent à orienter l'enseignement vers des thématiques sensibles telles que la protection des données personnelles, en sensibilisant les apprenants à l'importance du respect de ces droits fondamentaux.

Le document complet est disponible à l'adresse suivante :
(<https://ikee.lib.auth.gr/record/330313/files/GRI-2021-30390.pdf>)

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU REGARD DU RÈGLEMENT GÉNÉRAL SUR LA PROTECTION DES DONNÉES LE CADRE JURIDIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'intelligence artificielle couvre un large éventail d'applications, d'usages et de méthodes. Son développement rapide et sa pénétration dans des domaines tels que l'économie, la santé, les relations de travail, la vie privée et les questions éthiques rendent nécessaire un renforcement du cadre réglementaire existant. L'objectif est d'accompagner son évolution future tout en répondant aux préoccupations liées à son utilisation étendue.

Dans ce contexte, la question de la vie privée et de sa protection dans le cadre de l'utilisation de l'intelligence artificielle revêt une complexité particulière.

Selon la Déclaration universelle des droits de l'homme, et plus précisément son article 12 : « Nul ne sera l'objet d'immixtions arbitraires dans sa vie privée, sa famille, son domicile ou sa correspondance [...]. Toute personne a droit à la protection de la loi contre de telles immixtions ou de telles atteintes. »

Le droit international des droits de l'homme impose que toute ingérence dans le droit à la vie privée soit légale, nécessaire et proportionnée. Ainsi, lorsqu'un État utilise des technologies d'intelligence artificielle susceptibles de porter atteinte au droit à la vie privée, cette utilisation doit être soumise à ces principes de légalité, nécessité et proportionnalité.

En ce qui concerne le profilage, qui peut impliquer l'utilisation de méthodes d'intelligence artificielle pour analyser ou prédire des informations relatives à des personnes physiques, le Conseil des droits de l'homme des Nations unies souligne que : « Le traitement automatisé des données personnelles à des fins de profilage peut conduire à des discriminations ou à des décisions susceptibles d'affecter l'exercice des droits de l'homme, y compris les droits économiques, sociaux et culturels. »

Les instances internationales de protection des droits de l'homme ont également reconnu l'importance du droit à l'anonymat, en lien étroit avec la liberté d'expression et le droit à la vie privée.

Ces considérations ont des implications directes pour l'utilisation de l'intelligence artificielle dans des contextes tels que la surveillance, la localisation ou l'identification de personnes, que ce soit dans des espaces privés ou publics.

Le Rapporteur spécial des Nations unies sur la liberté d'expression a, à plusieurs reprises, souligné que toute restriction du droit à l'anonymat doit être soumise aux exigences de légalité, nécessité et proportionnalité, conformément à l'article 19 des instruments internationaux pertinents.

En matière de protection des données à caractère personnel, les cadres réglementaires s'appliquent à la recherche, au développement et à l'utilisation de l'intelligence artificielle, dès lors que des données personnelles sont traitées.

Bien que ces cadres varient d'un pays à l'autre, ils visent tous à garantir un niveau adéquat de protection des données personnelles, considéré comme une composante essentielle du droit à la vie privée.

Avis du Comité économique et social européen : « L'intelligence artificielle — L'impact de l'intelligence artificielle sur le marché unique (numérique), la production, la consommation, l'emploi et la société » (2017/C 288/01). Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016IE5369>

1.8.2.2. Le cadre juridique de l'intelligence artificielle au niveau européen

La Commission européenne pour l'efficacité de la justice (CEPEJ) du Conseil de l'Europe, composée des quarante-sept États membres, a adopté, le 4 décembre 2018, la Charte européenne d'éthique sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les systèmes judiciaires.

Ce texte établit des principes éthiques fondamentaux pour les systèmes d'intelligence artificielle, notamment :

- Le respect des droits fondamentaux lors de la conception et de l'utilisation des systèmes d'IA
- La non-discrimination
- La qualité et la sécurité dans le traitement des décisions judiciaires et des données
- La transparence et l'intégrité
- La garantie d'une intervention humaine (« under user control »)

Par ailleurs, le comité d'experts a publié de nombreux instruments juridiques, recommandations et études relatifs à l'impact de l'intelligence artificielle et du traitement automatisé des données sur les droits de l'homme. Parmi les plus importants figurent :

- L'étude sur l'impact des technologies numériques avancées, y compris les systèmes d'intelligence artificielle, dans le cadre des droits de l'homme
- La recommandation du Comité des Ministres aux États membres concernant les effets des systèmes algorithmiques sur les droits fondamentaux
- La déclaration du Comité des Ministres sur les risques de manipulation liés aux processus algorithmiques

Il convient également de mentionner le Protocole d'amendement de la Convention 108 du Conseil de l'Europe, relative à la protection des personnes à l'égard du traitement automatisé des données à caractère personnel. Cette convention constitue le premier instrument juridique international contraignant dans le domaine de la protection des données. Elle vise à garantir à toute personne physique : « le respect de ses droits et libertés fondamentales, et en particulier de son droit à la vie privée, à l'égard du traitement automatisé des données à caractère personnel ».

Aujourd'hui, cette convention a été ratifiée non seulement par l'ensemble des États membres du Conseil de l'Europe, mais également par plusieurs pays tiers, notamment l'Argentine, le Burkina Faso, le Cap-Vert, Maurice, le Mexique, le Sénégal, le Maroc, la Tunisie et l'Uruguay.

Le protocole d'amendement vise à :

- Étendre le champ d'application de la convention
- Renforcer le niveau de protection des données
- Améliorer son efficacité

Parmi les innovations introduites figure la reconnaissance de nouveaux droits pour les individus dans le cadre de la prise de décision algorithmique, particulièrement pertinents dans le contexte du développement de l'intelligence artificielle.

1.9 La législation relative à l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle couvre un large éventail d'applications, d'usages et de méthodes. Son développement rapide et sa pénétration dans des domaines tels que l'économie, la santé, les relations de travail, la vie privée et les questions éthiques rendent nécessaire un renforcement du cadre réglementaire existant. L'objectif est d'encadrer son évolution future et de répondre aux préoccupations liées à son utilisation étendue.



Dans ce contexte, la question de la vie privée et de sa protection dans le cadre de l'utilisation de l'intelligence artificielle apparaît particulièrement complexe.

Selon la Déclaration universelle des droits de l'homme, et plus précisément son article 12 : « Nul ne sera l'objet d'immixtions arbitraires dans sa vie privée, sa famille, son domicile ou sa correspondance. Toute personne a droit à la protection de la loi contre de telles immixtions ou de telles atteintes. »

Le droit international des droits de l'homme impose que toute ingérence dans le droit à la vie privée soit légale, nécessaire et proportionnée.

Ainsi, lorsqu'un État utilise des technologies d'intelligence artificielle susceptibles de porter atteinte à la vie privée, cette utilisation doit être soumise aux principes de légalité, de nécessité et de proportionnalité.

En ce qui concerne le profilage, qui peut impliquer l'utilisation de méthodes d'intelligence artificielle afin d'analyser ou de prédire des informations relatives à des personnes physiques, dans le but d'évaluer certains aspects de leur personnalité, le Conseil des droits de l'homme des Nations unies souligne que :

« Le traitement automatisé des données personnelles à des fins de profilage peut conduire à des discriminations ou à des décisions susceptibles d'affecter l'exercice des droits de l'homme, y compris les droits économiques, sociaux et culturels. »

Les autorités internationales de protection des droits de l'homme ont également reconnu l'importance du droit à l'anonymat, en lien étroit avec la liberté d'expression et le droit à la vie privée.

Ces éléments ont des implications directes pour l'utilisation de l'intelligence artificielle dans des contextes tels que la surveillance, la localisation ou l'identification de personnes, que ce soit dans des espaces privés ou publics.

Le Rapporteur spécial des Nations unies sur la liberté d'expression a, à plusieurs reprises, souligné que toute restriction du droit à l'anonymat doit être soumise aux exigences de légalité, de nécessité et de proportionnalité, conformément à l'article 19 des instruments internationaux pertinents.

En matière de protection des données à caractère personnel, les cadres réglementaires s'appliquent à la recherche, au développement et à l'utilisation de l'intelligence artificielle, dès lors que des données personnelles sont traitées.

Bien que ces cadres varient d'un pays à l'autre, ils visent tous à garantir un niveau adéquat de protection des données personnelles, considéré comme une composante essentielle du droit à la vie privée.

Avis du Comité économique et social européen : « L'intelligence artificielle — L'impact de l'intelligence artificielle sur le marché unique (numérique), la production, la consommation, l'emploi et la société » (2017/C 288/01). Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016IE5369>

LE CADRE LÉGISLATIF DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU NIVEAU DU PARLEMENT EUROPÉEN

La Commission européenne pour l'efficacité de la justice (CEPEJ) du Conseil de l'Europe, composée des quarante-sept États membres, a adopté le 4 décembre 2018 la Charte européenne d'éthique sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les systèmes judiciaires.



Ce texte établit les principes éthiques fondamentaux applicables aux systèmes d'intelligence artificielle, notamment :

- Le respect des droits fondamentaux lors de la conception et de la mise en œuvre des technologies d'IA
- La non-discrimination
- La qualité et la sécurité dans le traitement des décisions judiciaires et des données
- La transparence et l'intégrité
- La garantie d'une intervention humaine (« under user control »)

Par ailleurs, le comité d'experts a publié de nombreux instruments juridiques, recommandations et études relatifs à l'impact de l'intelligence artificielle et du traitement automatisé des données sur les droits de l'homme. Parmi les plus importants figurent :

- L'étude sur l'impact des technologies numériques avancées, y compris les systèmes d'intelligence artificielle, dans le cadre des droits de l'homme
- La recommandation du Comité des Ministres aux États membres concernant les effets des systèmes algorithmiques sur la protection des droits fondamentaux
- La déclaration du Comité des Ministres sur les risques de manipulation liés aux processus algorithmiques

Il convient également de mentionner le Protocole d'amendement de la Convention 108 du Conseil de l'Europe, relative à la protection des personnes à l'égard du traitement automatisé des données à caractère personnel. Cette convention constitue le premier instrument juridique international contraignant dans le domaine de la protection des données. Elle vise à garantir à toute personne physique : « le respect de ses droits et libertés fondamentales, et notamment de son droit à la vie privée, face au traitement automatisé des données à caractère personnel ».

Aujourd'hui, cette convention a été ratifiée non seulement par l'ensemble des États membres du Conseil de l'Europe, mais également par plusieurs pays tiers, notamment l'Argentine, le Burkina Faso, le Cap-Vert, Maurice, le Mexique, le Sénégal, le Maroc, la Tunisie et l'Uruguay.

Le protocole d'amendement vise à :

- Étendre le champ d'application de la convention
- Renforcer le niveau de protection des données
- Améliorer son efficacité

Parmi les innovations introduites figure la reconnaissance de nouveaux droits pour les individus dans le cadre de la prise de décision algorithmique, particulièrement pertinents dans le contexte du développement de l'intelligence artificielle.

En octobre 2020, le Parlement européen a adopté des propositions visant à établir un cadre réglementaire renforcé pour l'utilisation de l'intelligence artificielle. Ces propositions ont pour objectif de renforcer les normes éthiques, de promouvoir l'innovation et, en particulier, d'accroître la confiance des citoyens dans ces technologies.

Le Parlement européen a été l'une des premières institutions à formuler des recommandations structurées concernant les règles applicables à l'intelligence artificielle, notamment dans les domaines :

- De l'éthique
- De la responsabilité civile
- De la propriété intellectuelle

Ces recommandations visent à préparer le terrain afin que l'Union européenne puisse jouer un rôle de premier plan dans le développement et la recherche en matière d'intelligence artificielle.

QUESTIONS CLÉS DU CHAPITRE 1

À l'issue de l'étude du Chapitre 1, les participants doivent être en mesure de répondre à des questions clés telles que celles présentées ci-dessous, afin d'évaluer leur compréhension des contenus abordés :

- Décrivez, avec vos propres mots, ce qu'est l' « intelligence artificielle (IA) » et en quoi elle diffère de l' « IA générative (GenAI) ». Donnez deux différences concrètes.
- Que sont les grands modèles de langage (LLMs) et pourquoi peuvent-ils produire des informations erronées ou trompeuses ?
- Citez trois exemples d'usages ou de tâches que les LLM peuvent accomplir (par exemple dans un contexte scolaire ou professionnel).
- Pourquoi la qualité (et non seulement la quantité) des données d'entraînement est-elle déterminante pour les performances d'un LLM ? Donnez un exemple.
- Brève histoire des chatbots : replacez dans l'ordre chronologique ELIZA, PARRY, A.L.I.C.E., les assistants numériques (Siri/Google Assistant/Alexa) et les chatbots basés sur GPT, en ajoutant une courte description pour chacun.
- Quelles sont les principales différences entre ELIZA et un chatbot moderne tel que ChatGPT ?
- Quels sont deux avantages des chatbots pour les organisations ou les sites web, et quel est un inconvénient potentiel lors de l'interaction avec des utilisateurs humains ?
- Choisissez trois principes éthiques de l'IA (par exemple : supervision humaine, équité/non-discrimination, transparence, protection de la vie privée) et expliquez comment vous les appliqueriez dans une situation concrète.
- Quels sont deux enjeux éthiques ou sociétaux majeurs liés à l'utilisation de l'IA ou des LLM, et quelles mesures pratiques proposeriez-vous pour les atténuer ?
- Le 2 mars 2023, une lettre ouverte appelait à suspendre le développement de systèmes plus puissants que GPT-4. Êtes-vous d'accord ou non ? Justifiez votre position.

CONCLUSION DU CHAPITRE 1

Comme démontré dans ce chapitre, l'intelligence artificielle connaît actuellement une expansion rapide et constitue un moteur majeur d'évolution pour la société et l'économie contemporaines. Elle est désormais utilisée dans un large éventail d'activités humaines, offrant des perspectives significatives pour l'avenir.

Parallèlement, la protection des données personnelles revêt une dimension mondiale croissante. Les citoyens accordent une importance de plus en plus grande à la sécurité de leurs données et à la préservation de leur vie privée. De nombreux pays ont adopté -ou sont en train d'adopter- des cadres réglementaires inspirés des principes du Règlement général sur la protection des données, ce qui contribue à une convergence progressive des normes à l'échelle internationale.

Cette évolution favorise à la fois la circulation des données entre acteurs économiques et institutions publiques, tout en renforçant le niveau de protection des données personnelles, tant au sein de l'Union européenne qu'à l'échelle mondiale.

Toutefois, une question essentielle demeure : dans quelle mesure l'utilisation généralisée des systèmes d'intelligence artificielle est-elle compatible avec les exigences juridiques, notamment celles du RGPD, et comment garantir efficacement

la protection des données personnelles tout en renforçant la confiance des utilisateurs?

Dans ce cadre, les risques liés à l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les transactions numériques ont également été analysés, notamment en ce qui concerne la protection de la vie privée et des données personnelles dans le contexte des paiements numériques.

L'utilisation croissante des systèmes d'IA soulève également des enjeux de transparence. En effet, les mécanismes de fonctionnement de ces systèmes — et en particulier les processus de prise de décision — ne sont pas toujours compréhensibles pour les utilisateurs.

Cette problématique est particulièrement visible dans le domaine du consentement : les individus ne sont pas toujours pleinement conscients du fait qu'ils donnent leur consentement, ni des finalités précises de celui-ci, ce qui augmente les risques de dérives.

Les principaux risques concernent la collecte massive de données personnelles et leur traitement ultérieur dans le cadre du fonctionnement des algorithmes.

En parallèle, il convient toutefois de souligner les bénéfices considérables de l'intelligence artificielle, notamment en matière d'amélioration de la qualité de vie et d'optimisation des activités quotidiennes.

Un exemple marquant de l'utilité de l'IA est son rôle dans le développement rapide de vaccins contre la COVID-19, permettant de sauver des millions de vies à travers le monde. Grâce aux modèles d'intelligence artificielle, ce processus a été considérablement accéléré, alors qu'il aurait nécessité plusieurs années supplémentaires sans ces technologies.

En définitive, l'enjeu central réside dans la recherche d'un équilibre entre le développement de l'intelligence artificielle et la protection de la vie privée. Ce n'est qu'à cette condition que l'intelligence artificielle pourra être pleinement considérée comme une avancée majeure au service de l'humanité.

Chapitre 2

2.1 OBJECTIFS DU CHAPITRE 2

À l'issue du Chapitre 2, le/la participant/e sera en mesure d'atteindre les objectifs suivants :

- **Objectifs généraux liés à l'IA :**
 - Définir ce qu'est l'intelligence artificielle et expliquer son utilisation dans l'éducation, ainsi que ses principales applications, avantages et risques.
 - Identifier le rôle des enseignants et des élèves dans l'utilisation de l'IA et décrire les principes d'une utilisation équilibrée, transparente et éthique.
 - Évaluer la fiabilité des informations et des outils d'IA, et vérifier leur conformité aux règles éthiques et de protection des données.
 - Concevoir un cadre d'intégration de l'IA dans l'environnement scolaire, en tenant compte des ressources, des infrastructures et des inégalités potentielles.
 - Élaborer des règles de base pour une utilisation responsable (équilibre humain-IA, transparence, confiance, éthique).
 - Identifier les exigences organisationnelles et économiques et proposer des mesures visant à réduire les inégalités.

- **Utilisation de l'IA par les enseignants**
 - Comparer l'apprentissage collaboratif et l'apprentissage individualisé assistés par l'IA, et analyser leurs effets sur l'enseignement.
 - Cartographier les compétences clés de l'enseignant à l'ère de l'IA (maîtrise technologique, conception pédagogique).
 - Concevoir des scénarios d'apprentissage personnalisés intégrant l'IA et justifier l'évaluation des résultats.
 - Identifier les risques (dépendance excessive, manque de transparence) et adopter des stratégies d'atténuation.
 - Comparer les fonctionnalités et les limites d'outils courants tels que ChatGPT, Perplexity AI, Claude, Napkin AI, Microsoft Designer et Gemini.
 - Sélectionner l'outil approprié en fonction de l'objectif pédagogique (production de texte, recherche avec sources, visualisation, design créatif).
 - Concevoir des micro-activités pédagogiques intégrant ces outils dans une perspective éthique et didactique.

- **Utilisation de l'IA par les élèves**
 - Décrire les avantages et les risques pour les élèves (désinformation, protection de la vie privée, isolement social).
 - Mettre en œuvre des activités d'éducation aux médias et à l'information : vérification des sources, validation des contenus, usage responsable des données.
 - Détecter les signes d'utilisation inappropriée de l'IA dans les travaux scolaires et intervenir de manière pédagogique.

2.2 Introduction de l'IA dans l'éducation

2.2.1 L'IA dans l'éducation

Dans un monde en évolution rapide, où les technologies deviennent rapidement obsolètes, il est inévitable que l'intelligence artificielle joue un rôle majeur dans la transformation des processus éducatifs, tant dans les méthodes d'enseignement que dans les modes d'apprentissage des élèves.

Malgré les nombreux avantages qu'offre l'IA dans l'éducation, certains aspects soulignent la nécessité d'adopter des règles et des pratiques responsables afin de maximiser ses bénéfices tout en limitant ses inconvénients.

Parmi ces règles et bonnes pratiques, on peut citer :

- Le maintien d'un équilibre entre l'utilisation de l'IA et l'intervention humaine (enseignants, élèves).
- La préservation de la confiance des élèves et des parents envers les enseignants.
- Le respect de l'objectivité et de la transparence dans les décisions pédagogiques, qu'elles concernent le parcours scolaire ou l'orientation future des élèves.
- Le respect des principes éthiques dans l'intégration de l'IA dans l'éducation.

En conclusion, l'IA peut enrichir considérablement les contenus éducatifs et les méthodes d'enseignement, les plateformes existantes offrant des ressources et des idées précieuses pour les enseignants et les élèves.

Cependant, l'intégration de l'IA dans les systèmes éducatifs nécessite des ressources importantes et des infrastructures technologiques adaptées, ce qui peut engendrer des inégalités entre établissements et entre élèves.

Par ailleurs, l'utilisation de l'IA permet de réduire les besoins en tâches administratives humaines et d'améliorer la gestion des ressources, rendant leur allocation plus efficace et rationnelle.

Bien que l'intégration de l'IA dans de nombreux domaines de la société soit largement acceptée, son introduction dans l'éducation suscite encore des interrogations en raison de la complexité des processus pédagogiques.

Les politiques éducatives du XXI^e siècle ne doivent pas ignorer les nouvelles technologies et l'intelligence artificielle, mais au contraire s'y adapter, afin de permettre aux élèves d'aujourd'hui — les adultes de demain — de tirer pleinement parti des évolutions technologiques.

Les recherches pédagogiques soulignent que l'éducation doit désormais mettre l'accent sur le développement de compétences permettant aux élèves d'être compétitifs dans la société et sur le marché du travail.

L'objectif du système éducatif moderne doit être clair : **apprendre aux élèves à apprendre, plutôt que de se limiter à l'acquisition de connaissances.**

2.2.2 L'utilisation de l'IA par les enseignants

Le rôle des enseignants dans l'école contemporaine doit être considérablement renforcé. Il ne suffit plus de disposer :

- connaissances générales et spécialisées
- de sensibilité humaine et pédagogique
- d'un intérêt sincère pour les élèves
- de compréhension envers les parents
- d'une conscience du rôle essentiel qu'ils jouent en tant que modèles pour leurs élèves

Il est également nécessaire, entre autres :

- de se tenir continuellement informé des évolutions technologiques et de leur utilisation au service de l'enseignement
- de maîtriser en profondeur les outils issus des avancées technologiques afin d'améliorer significativement les performances pédagogiques



Par exemple, l'utilisation appropriée du tableau interactif ainsi que l'intégration de l'intelligence artificielle constituent deux moyens concrets d'améliorer la qualité de l'enseignement.

Dans ce chapitre, nous examinerons les possibilités offertes par l'intelligence artificielle aux enseignants.

Jusqu'à présent, les enseignants s'adressaient généralement à leurs élèves de manière uniforme, dans le cadre d'un modèle d'apprentissage collectif.

Désormais, grâce à l'intelligence artificielle, ils peuvent adapter leur enseignement aux besoins spécifiques de chaque élève, en favorisant une approche d'apprentissage individualisée.

L'utilisation d'applications d'IA appropriées permet à l'enseignant d'identifier les lacunes, les compétences et les capacités cognitives propres à chaque élève. Cela lui permet d'accompagner chacun dans son processus d'apprentissage de manière personnalisée et d'obtenir de meilleurs résultats.

Ainsi, l'intelligence artificielle peut contribuer à une transformation profonde des pratiques pédagogiques, tant du côté de l'enseignant que de l'élève.

De nombreuses études, conférences et séminaires ont été consacrés à cette nouvelle réalité éducative. À titre d'exemple, on peut citer le colloque « L'intelligence artificielle dans l'éducation », coorganisé par le département d'informatique appliquée de l'Université de Macédoine et la direction de l'enseignement secondaire de Thessalonique orientale, dont les actes méritent une attention particulière.

<https://srv-dide-a.thess.sch.gr/portal2/attachments2/13283/AI%20&%20%CE%95%CE%9A%CE%A0%CE%91%CE%99%CE%94%20final.pdf>

L'intégration de l'IA dans l'enseignement peut faciliter le travail des enseignants. Toutefois, une utilisation excessive et non encadrée comporte des risques,

notamment en ce qui concerne l'autonomie humaine et le développement de la pensée critique.

En effet, les systèmes d'intelligence artificielle reposent souvent sur des mécanismes opaques, fondés sur des algorithmes complexes et des sources d'information dont la fiabilité n'est pas toujours garantie. Cela peut affecter le niveau de confiance que les élèves, les parents et les enseignants accordent à ces technologies.

Par ailleurs, une dépendance excessive de certains enseignants aux outils d'IA peut réduire leur capacité de jugement personnel ainsi que leur créativité pédagogique.

Du côté des élèves, une utilisation trop intensive de systèmes éducatifs basés sur l'IA peut limiter le développement de leur esprit critique et de leur créativité.

Par conséquent, l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les processus éducatifs doit rester mesurée.

Si l'évaluation des travaux ou des tests des élèves repose sur l'IA, les enseignants doivent être en mesure de justifier les résultats obtenus. Dans le cas contraire, leur crédibilité en tant qu'évaluateurs pourrait être remise en question, avec des conséquences sur leur légitimité professionnelle.

Il est indéniable que l'IA constitue un outil puissant pour la mise en œuvre d'un enseignement individualisé, permettant de répondre aux besoins spécifiques des élèves et d'améliorer la qualité de l'enseignement.

Cependant, une utilisation excessive risque de transformer certains enseignants en simples utilisateurs d'outils technologiques, au détriment de leur capacité d'adaptation, de leur créativité et de leur flexibilité — compétences essentielles dans l'exercice de leur profession.

Enfin, certaines applications de l'IA permettent aux enseignants de gagner du temps, qu'ils peuvent consacrer à leur développement personnel et professionnel, contribuant ainsi à une amélioration qualitative de leur pratique pédagogique.

2.2.3 L'utilisation de l'IA par les élèves

Les enfants et les adolescents grandissent aujourd'hui dans un environnement où les technologies numériques sont omniprésentes et où l'utilisation de l'intelligence artificielle fait désormais partie de leur quotidien.

En théorie, les possibilités offertes aux élèves - y compris ceux de l'enseignement primaire - pour utiliser l'IA dans le cadre scolaire sont très nombreuses. Toutefois, une question essentielle se pose : Les élèves sont-ils prêts à exploiter les avantages de l'IA tout en minimisant les risques liés à une utilisation inappropriée ?



Principaux risques pour les élèves

Parmi les risques potentiels, on peut citer :

- L'accès facile aux outils d'IA peut inciter les élèves à soumettre des travaux qu'ils n'ont pas suffisamment élaborés eux-mêmes, limitant ainsi leur apprentissage réel.
- Les contenus générés par l'IA peuvent contenir des erreurs ou relever de la désinformation, et être utilisés sans esprit critique préalable.
- L'utilisation des technologies et le partage de données personnelles peuvent exposer les élèves à des usages malveillants, y compris des situations de cyberharcèlement.
- L'interaction avec des « compagnons numériques » ou des systèmes conçus pour un public adulte peut présenter des risques lorsqu'elle concerne des élèves.
- Les élèves doivent comprendre que les systèmes d'IA sont protégés par des droits de propriété intellectuelle et qu'ils sont soumis à des règles strictes, notamment en matière de protection des données personnelles.

La nécessité de développer une culture numérique

Ces éléments mettent en évidence la nécessité pour les élèves de développer une véritable culture numérique (littératie numérique). Il s'agit du seul moyen de tirer parti des avantages de l'IA tout en limitant ses effets négatifs.

Le rôle des enseignants dans le développement de la culture numérique

Afin de développer cette culture numérique, les enseignants doivent :

- Expliquer le fonctionnement de l'IA, ses capacités ainsi que ses limites, en insistant notamment sur les risques de désinformation et sur le fait que les systèmes technologiques ne possèdent ni conscience ni émotions.
- Encourager les élèves à vérifier et à évaluer les informations reçues avant de les accepter. Bien que cette démarche soit difficile, en particulier pour les plus jeunes, elle doit être encouragée dès le plus jeune âge.
- Sensibiliser les élèves aux risques d'une utilisation excessive des technologies et de l'IA, notamment en ce qui concerne l'isolement social et la solitude.

Détection d'une utilisation inappropriée de l'IA

Lorsque les productions des élèves présentent des caractéristiques qui ne correspondent pas à leur niveau habituel en classe, cela peut alerter les enseignants quant à une utilisation potentiellement inappropriée de l'IA. Parmi les indicateurs possibles :

- L'utilisation d'un vocabulaire ou d'expressions inhabituels pour l'élève
- Des travaux nettement plus structurés ou rédigés que d'ordinaire
- L'incapacité de l'élève à expliquer oralement son travail ou à en approfondir le contenu.

2.3 Outils populaires d'intelligence artificielle

Les technologies modernes ne cessent de nous surprendre en mettant à disposition de nouveaux outils d'intelligence artificielle à un rythme rapide, avec des fonctionnalités en constante évolution. Ainsi, les informations présentées ci-dessous peuvent devenir rapidement obsolètes.

Un autre aspect caractéristique de ces technologies avancées est leur accessibilité croissante et leur facilité d'utilisation, de plus en plus adaptées aux utilisateurs.



L'intelligence artificielle générative (GenAI) joue désormais un rôle important dans l'éducation, influençant à la fois les méthodes d'enseignement et les processus d'apprentissage. Les enseignants, de l'enseignement préscolaire à l'enseignement supérieur, utilisent ces technologies pour :

- améliorer l'efficacité de leur enseignement
- créer du matériel pédagogique personnalisé
- renforcer l'engagement des élèves

Liste indicative d'outils d'IA

- Chat GPT - <https://chatgpt.com/>
- Perplexity - <https://perplexity.AI/>
- Claude - <https://claude.AI/login;returnTo=%2f3F>
- Napkin - <https://napkin.AI/>
- Microsoft Designer - <https://designer.microsoft.com/>
- Google Gemini <https://gemini.google.com/>

a) Utilisation de l'IA par les enseignants comme outil d'éducation numérique

Bien que ces technologies offrent des possibilités considérables, leur utilisation nécessite une planification rigoureuse et une compréhension claire de leurs limites. Il est essentiel de garantir une utilisation pédagogiquement pertinente et éthiquement responsable, en maintenant l'enseignant au cœur du processus d'apprentissage. Par ailleurs, les enseignants doivent accompagner les élèves dans le développement de leur culture numérique.

Culture numérique

Le développement de la culture numérique chez les élèves est un processus complexe qui implique :

- la compréhension du fonctionnement de l'intelligence artificielle, de ses capacités et de ses limites
- la participation à des discussions sur la désinformation et les fausses informations
- la prise de conscience que l'IA imite la pensée humaine sans posséder ni émotions ni conscience

Pensée critique

Le développement de la pensée critique suppose que les élèves apprennent à :

- évaluer la fiabilité des sources d'information
- identifier les erreurs, les biais et les fausses informations générées par l'IA
- prendre en compte les enjeux éthiques, notamment en matière de protection des données personnelles et de respect de la vie privée

Intelligence émotionnelle

Le développement de l'intelligence émotionnelle implique que les élèves :

- construisent des relations de confiance avec leurs pairs
- soutiennent les camarades en situation d'isolement ou de harcèlement
- développent le respect et le sens des responsabilités à travers des activités collaboratives et des mises en situation

Exploitation de l'IA par les élèves

Les élèves peuvent utiliser l'intelligence artificielle notamment pour :

- intégrer l'IA dans des projets scolaires (histoire, géographie, mathématiques, physique, littérature, etc.)
- comparer des textes générés par l'IA avec des productions humaines afin d'identifier leurs avantages et leurs limites

Les enseignants peuvent également utiliser l'IA pour :

- créer du matériel pédagogique attractif
- concevoir des activités d'évaluation et de consolidation des connaissances
- suivre les progrès scolaires et les activités extrascolaires des élèves

β) Utilisation de l'IA par les enseignants comme outil pédagogique et de gestion

Les enseignants peuvent exploiter l'IA pour :

- produire du contenu pédagogique engageant
- développer des outils d'évaluation des apprentissages
- suivre les performances académiques et les activités des élèves

Ils peuvent également concevoir des parcours d'apprentissage personnalisés, adaptés aux besoins spécifiques des élèves, y compris ceux présentant des niveaux de performance différents.

2.3.1 Découverte de ChatGPT

ChatGPT est un modèle avancé de langage basé sur l'intelligence artificielle, développé par OpenAI. Il a été conçu pour comprendre et produire le langage humain de manière naturelle et réaliste.



Il peut répondre à des questions, aider à la rédaction de textes, expliquer des concepts, générer du contenu créatif comme des histoires ou des poèmes, et bien plus encore.

L'utilisation de ChatGPT peut améliorer la productivité, renforcer l'apprentissage et apporter un soutien dans différents domaines tels que l'éducation, le travail et la vie quotidienne. Il s'agit d'un outil aux capacités considérables, pouvant fonctionner comme assistant, conseiller pédagogique ou même partenaire pour la génération d'idées créatives.

C'est un outil capable de comprendre les questions et de fournir des réponses précises et complètes, avec un style proche du langage humain. De ce fait, il peut donner

l'impression que l'on ne communique pas avec une machine, mais avec une autre personne.

L'entraînement de ChatGPT repose sur des ensembles de données (datasets) disponibles sur Internet et mobilise des techniques telles que l'apprentissage automatique (Machine Learning), l'apprentissage par renforcement (Reinforcement Learning) et le traitement du langage naturel (Natural Language Processing – NLP).

Son fonctionnement repose sur l'analyse d'un grand volume de données, qu'il traite afin de sélectionner les mots les plus appropriés pour formuler des réponses cohérentes et adaptées à chaque question posée.

Par ailleurs, ChatGPT peut rédiger des textes, corriger des contenus existants, identifier des erreurs dans des documents, mais aussi expliquer et même enseigner certains sujets.

ChatGPT propose un accès gratuit à ses services. Toutefois, depuis 2023, l'entreprise qui le développe propose également une version payante offrant des fonctionnalités avancées.

Comment interagir avec ChatGPT

Pour commencer à utiliser ChatGPT, il suffit de suivre les étapes suivantes :

1. Ouvrez le lien d'inscription à ChatGPT dans votre navigateur.
2. Cliquez sur l'option « S'inscrire ».
3. Choisissez votre méthode d'inscription :
 - via une adresse e-mail et un mot de passe,
 - via un compte Google,
 - via un compte Microsoft.
4. Saisissez votre adresse e-mail.
5. Définissez un mot de passe.
6. Confirmez votre adresse e-mail via le message reçu dans votre boîte de réception.
7. Fournissez votre numéro de téléphone avec l'indicatif du pays.
8. Saisissez le code reçu sur votre téléphone.
9. Une fois la vérification effectuée, vous pouvez accéder au service et commencer à l'utiliser.

Ressources complémentaires

Les personnes souhaitant approfondir leurs connaissances sur ChatGPT peuvent consulter les ressources suivantes :

- Université de Crète <https://robofab.edc.uoc.gr>
- Fonctionnement de ChatGPT <https://escritor.com/el/how-does%20chatgpt-work/>
- Risques liés à ChatGPT <https://citycampus.gr/chat-gpt/>

Outils de rédaction basés sur l'IA (2025):

Les outils de rédaction assistée par intelligence artificielle considérés comme les plus performants pour 2025 sont :

- Eskritor : outil multifonction de rédaction avec IA, offrant de puissantes fonctionnalités d'édition et de mise en forme
- Jasper : idéal pour la production de contenus volumineux
- Copy.ai : particulièrement adapté aux textes courts et aux publications sur les réseaux sociaux
- Writesonic : plateforme flexible avec des fonctionnalités avancées
- Rytr : solution économique et conviviale pour les débutants, permettant la création de contenu multilingue
- Frase : outil spécialisé dans la recherche et la production de contenus de haute qualité

2.3.2 Découverte de Perplexity AI

Perplexity est un moteur de recherche enrichi par les capacités d'un chatbot avancé. Il s'agit d'un véritable « moteur de réponses ». Il fournit des réponses précises, concises et documentées aux questions des utilisateurs, en s'appuyant sur des informations issues du web.



Les réponses sont présentées de manière claire et compréhensible, tout en indiquant les sources utilisées. Cet élément distingue Perplexity de nombreux autres systèmes d'information, en renforçant la fiabilité des résultats et en permettant aux utilisateurs de vérifier les informations reçues. Il utilise des modèles de langage (LLMs), mais avec une architecture optimisée pour la recherche et la synthèse de l'information.

Le fonctionnement de Perplexity AI repose sur les éléments suivants :

- Compréhension de la requête, grâce à l'analyse de la question afin d'identifier précisément l'intention de l'utilisateur
- Recherche dynamique sur le web, en mobilisant différentes sources d'information
- Synthèse des informations provenant de sources multiples
- Génération d'une réponse concise, intégrant les éléments essentiels collectés
- Référencement des sources (liens, articles, études), permettant à l'utilisateur d'approfondir certains aspects et de vérifier la validité des informations
- Fonction Copilot, offrant une expérience de recherche guidée
- Interface conversationnelle permettant des questions complémentaires et des clarifications
- Accessibilité via navigateur web et applications mobiles (iOS et Android)

Ressources complémentaires

- « Qu'est-ce que Perplexity AI » <https://www.grow-digital.gr/>
- « Une analyse détaillée de Perplexity AI – exploitez tout son potentiel » : <https://www.arkthinker.com/el/AI/perplexity-AI-review/>
- « Revue de Perplexity AI » : https://www.google.com/search?q=%2Fblog%2Fel-GR%2Fel-perplexity-AI-review&rlz=1C1FKPE_enGR1134GR1135&oq=%2Fblog%2Fel-GR%2Fel-perplexity-AI-review&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIKCAEQABiABBiiBDIKCAIQABiABBiiBDIKCAMQABiABBiiBDIKCAQQABiABBiiBDIGCAUQRRg6MgYIBhBFGDzSAQg3MDIxajBqNKgCALACA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- « Qu'est-ce que Perplexity AI et comparaison avec ChatGPT et Gemini » <https://electronicanto.net/>

2.3.3 Découverte de Claude

Claude est un système d'intelligence artificielle moderne développé par la société Anthropic. Sa première version a été lancée en 2023. Claude a été conçu pour se distinguer des autres systèmes d'IA similaires, en mettant un accent particulier sur le triptyque « utile, honnête et inoffensif ». Il peut accomplir des tâches typiques d'un assistant IA, telles que la recherche d'informations, la rédaction créative, les questions-réponses ou encore la programmation.



Claude est utilisé dans de nombreux contextes, notamment dans l'éducation et les processus pédagogiques. Il fournit des réponses fiables fondées sur des principes éthiques et sur la protection des données personnelles, conformément aux valeurs établies par la Déclaration universelle des droits de l'homme. Outre la version standard, Anthropic a également introduit une version appelée Claude Instant, plus légère et plus rapide.

Claude a démontré des performances remarquables dans certaines applications spécifiques, notamment la résolution de problèmes mathématiques, ce qui en fait un outil particulièrement utile pour les enseignants. Afin de répondre à une base d'utilisateurs mondiale, Claude prend en charge plusieurs langues et s'adapte à différents niveaux de connaissances.

Malgré ses capacités avancées, Claude évite toute présentation trompeuse des faits et s'en tient à des informations vérifiées et fiables. Il ne produit pas d'expériences subjectives ni d'opinions émotionnelles susceptibles d'induire en erreur. Son architecture, dotée d'environ 20 milliards de paramètres, lui permet de générer des textes très proches du langage humain, de comprendre des requêtes complexes et de participer activement à des discussions sur divers sujets.

La tarification des services de Claude repose sur un modèle flexible, adapté aux différents besoins des utilisateurs. Pour les utilisateurs standards, Anthropic propose un accès gratuit au modèle de base via la plateforme Claude.ai. Pour ceux qui recherchent des fonctionnalités avancées, une version payante, Claude Pro, est disponible avec des tarifs comparables à d'autres services premium.

Ressources complémentaires

- « Claude AI : comment se distingue-t-il dans l'écosystème de l'IA »
<https://plisio.net>blog>claude.AI>
- « Claude par Anthropic »
<https://talkAI.info>blog>a.closer>
- « Claude peut-il générer des images ? »
<https://www.clAlla.com>blog>

2.3.4 Découverte de Napkin

Napkin est un outil de réflexion numérique et de prise de notes qui aide les utilisateurs à organiser leurs idées de manière créative et visuellement attrayante. Il est conçu pour favoriser la connexion entre différentes idées grâce à un espace de travail dynamique et interactif. Napkin encourage la pensée libre en offrant un environnement où les utilisateurs



peuvent rapidement noter des idées, établir des liens entre elles et créer une carte personnelle de connaissances. Il est idéal pour les écrivains, les créateurs de contenu et toute personne à la recherche d'une nouvelle manière de gérer sa réflexion.

Napkin AI fonctionne comme une « plateforme d'édition de documents » spécialisée dans la transformation de textes en représentations visuelles. La plateforme, à l'aide d'outils d'intelligence artificielle, convertit des textes écrits en illustrations graphiques, diagrammes et vidéos.

Napkin AI applique des règles de sécurité et des mesures visant à protéger les données personnelles.

Napkin AI peut collecter et utiliser les informations des utilisateurs afin d'enrichir sa base de connaissances et d'améliorer les modèles proposés.

Pour profiter des fonctionnalités offertes par Napkin AI, toute personne intéressée peut créer un compte via le lien suivant : <https://app.napkin.AI> .

Une fois le compte Napkin créé, l'utilisateur peut suivre les instructions et apprendre à générer des images à l'aide de Napkin AI.

Les services de base et une utilisation limitée de Napkin AI sont proposés gratuitement.

Pour une utilisation plus avancée et des services supplémentaires, les tarifs restent comparables à ceux des autres entreprises.

Pour plus d'informations, consultez :

- «Getting started with Napkin AI»
[Help.napkin.AI/en/articles/9991710-getting-started-with-napkin-AI](https://help.napkin.AI/en/articles/9991710-getting-started-with-napkin-AI)
- «Napkin AI– the visual AI for business story telling»
<https://www.napkin.AI>
- «Napkin AI: Create Engaging Visuals from text in Seconds»
[Medium.com/data-science-perspective/napkin-AI-create-engaging-visuals-text-in-seconds-a84e017dad87](https://medium.com/data-science-perspective/napkin-AI-create-engaging-visuals-text-in-seconds-a84e017dad87)

2.3.5 Découverte de Microsoft Designer

Le **Microsoft Designer** est une application de conception graphique et de retouche d'images alimentée par l'intelligence artificielle.

Elle traite des textes et les transforme en images, crée des designs, modifie des photos et aide à visualiser des idées. L'application a été présentée fin 2022 et a commencé à être utilisée par les utilisateurs en 2023.



Pour exploiter les fonctionnalités de Microsoft Designer, les utilisateurs doivent suivre la procédure suivante :

- Accéder à la page principale de Microsoft Designer.
- Cliquer sur « Créer » et saisir ce que vous souhaitez réaliser. Ajouter votre propre image ou choisir une image préconçue pour obtenir un résultat plus rapide.
- Apporter les modifications souhaitées à l'image générée.

Grâce à ce processus, il est possible de créer des images simples, des affiches ou d'obtenir des résultats plus complexes, à condition de fournir à l'application des instructions nombreuses et précises.

Microsoft Designer n'apporte rien de particulièrement innovant sur le « marché créatif », mais il peut offrir une utilisation plus simple aux utilisateurs de Microsoft Edge.

En résumé, Microsoft Designer :

- Constitue une solution intelligente basée sur l'IA, car il comprend les besoins de l'utilisateur et propose des designs, des couleurs et des polices.
- Fournit des modèles intelligents adaptés à chaque besoin de l'utilisateur.
- S'intègre avec Word, PowerPoint et OneDrive.
- Est convivial, même pour les débutants.
- Peut produire des résultats finaux à partir d'une simple description de votre idée.

Points positifs :

- Facilité d'utilisation,
- Rapidité de création,
- Intelligence artificielle performante,
- Ne nécessite aucune installation spécifique (un navigateur suffit),
- Compatible avec d'autres outils Microsoft.

Points négatifs :

- Capacités graphiques spécialisées limitées,
- Nécessite une connexion Internet,
- Moins performant que des outils professionnels comme Adobe Illustrator.

La plupart des fonctionnalités de Microsoft Designer sont disponibles gratuitement sur iOS et Android, bien que certaines fonctionnalités plus avancées nécessitent un abonnement via Capital Pro.

Pour plus d'informations, consultez :

- « Questions fréquentes sur Microsoft Designer »
<https://support.microsoft.com>el-gr>
- « Qu'est-ce que Microsoft Designer et à qui s'adresse-t-il »
<https://www.dzteck.com>
- « Microsoft Designer, une nouvelle ère dans le monde du design »
<https://www.lovefortechology.net>
- « Microsoft Designer, via iOS et Android » <https://gr.pcmag.com>

2.3.6 Découverte de Gemini

Gemini est la nouvelle famille de modèles d'intelligence artificielle de Google DeepMind, présentée à la fin de l'année 2023 et en constante évolution. Elle constitue le successeur de PaLM 2 et représente le « cerveau » central derrière de nombreux produits et services de Google.



Caractéristiques principales de Gemini :

- **Multimodal** : peut comprendre et traiter différents types d'informations — texte, images, audio, vidéo et code.
- **Évolutif** : disponible en différentes tailles (Nano, Pro, Ultra) pour une utilisation allant des appareils mobiles aux centres de données à haute performance.
- **Orienté programmation** : dispose de fortes capacités de compréhension et de génération de code, comparables voire supérieures à celles d'autres grands modèles de langage.
- **Intégration dans les produits** : déjà utilisé dans Google Search (Search Generative Experience), dans Bard (qui a également été renommé Gemini), sur les smartphones Pixel et dans des outils comme Google Workspace (Docs, Gmail, Sheets).
- **Conçu pour la sécurité** : Google a investi dans le filtrage sécurisé des contenus, le contrôle des biais et une meilleure gestion des sujets sensibles.

En d'autres termes, Gemini est la réponse de Google à ChatGPT (OpenAI), mais avec une plus grande emphase sur la capacité à voir et à entendre au-delà du texte, afin de fonctionner comme une application multidimensionnelle.

Pour plus d'informations, consultez :

- « Découverte de Gemini »
<https://gemini.google.com/>
- « Gemini for Students »
<https://gemini.google/students/?hl=en>
- « Téléchargez dans les applications Gemini des documents, des feuilles de calcul, des photos, des vidéos et plus encore afin d'obtenir des réponses, des résumés, etc. »
<https://support.google.com/gemini/answer/14903178;hl=el&co=GENIE.Platform%3DDesktop>

QUESTIONS DU CHAPITRE 2

Après l'achèvement de l'étude du Chapitre 2, les participants devront être en mesure de fournir des réponses claires et précises à des questions telles que :

- Comment l'intelligence artificielle (IA) peut-elle constituer un outil d'amélioration dans l'éducation ?
- Formulez une manière dont l'IA peut aider les enseignants.
- Formulez une manière dont l'IA peut aider les élèves.
- Pourquoi est-il important qu'il existe un « équilibre » entre l'utilisation de l'IA et le travail humain ?
- Que signifie « apprentissage personnalisé » ?
- Décrivez un risque lié à l'utilisation excessive de l'IA par les élèves.
- Que signifie le terme « éducation numérique » ?
- Pourquoi les élèves doivent-ils vérifier les informations fournies par l'IA ?
- Citez un outil d'IA que vous connaissez et utilisez, issu du chapitre, et décrivez la manière dont vous l'exploitez.
- Pourquoi les enseignants doivent-ils expliquer comment ils utilisent l'IA dans leurs évaluations ?
- Quel outil d'IA choisiriez-vous pour préparer une présentation :
 - uniquement avec du texte
 - avec du texte et des images
 - avec du texte, des images et des graphiques
- Croyez-vous à « l'apprentissage tout au long de la vie » pour vous-même et pour les autres ?
Justifiez votre réponse.
Si la réponse est « OUI », de quelles manières pensez-vous y parvenir ?

CONCLUSIONS DU CHAPITRE 2

L'intelligence artificielle (IA) peut agir comme un puissant accélérateur de qualité et d'égalité dans l'apprentissage, uniquement lorsqu'elle est intégrée avec un objectif pédagogique, de la transparence et des limites éthiques claires.

Les avantages de l'enseignement personnalisé, la gestion plus efficace des ressources, ainsi qu'un contenu plus riche et plus attrayant constituent des éléments importants, mais ils coexistent avec de réels risques tels que...

- L'affaiblissement de la pensée critique
- La dépendance excessive des enseignants et des élèves
- Les problèmes de fiabilité et de confidentialité
- Les questions de propriété intellectuelle

C'est pourquoi un équilibre est nécessaire entre la **puissance des outils** et le **jugement humain**.

Le levier central de réussite est le rôle renforcé de l'enseignant(e), qui se concrétise par :

- Une formation continue aux outils d'IA
- La capacité de concevoir pédagogiquement et de justifier les évaluations
- Le développement d'une relation de confiance avec les élèves et les parents

- Parallèlement, les élèves doivent acquérir une « **éducation numérique** » systématique :
- Comprendre le fonctionnement de l'IA et ses limites
- Développer des compétences d'évaluation critique des sources
- Respecter les données personnelles
- Développer des compétences socio-émotionnelles afin d'éviter les phénomènes d'isolement et les usages malveillants.

La politique éducative doit garantir des infrastructures, une formation et un accès équitable afin que l'introduction de l'IA n'accroisse pas les inégalités entre les établissements scolaires, tout en établissant des règles claires de transparence, d'objectivité et d'utilisation éthique.

Les outils modernes (ChatGPT, Perplexity, Claude, Napkin, Microsoft Designer, etc.) sont des **moyens utiles**, et non **une fin en soi**.

Ils sont utilisés pour apprendre « **comment apprendre** ».

En fin de compte, l'école du XXI^e siècle ne doit pas tourner le dos à l'IA ; elle doit la mettre au service de l'apprentissage, en plaçant l'humain au centre, afin que les adultes de demain soient compétents, responsables et capables de s'adapter dans un monde en constante évolution.

3. Changement climatique. Impacts et prévisions pour l'avenir



OBJECTIFS DU CHAPITRE 3

Le Chapitre 3 de notre livre a deux objectifs principaux :

- **Objectif 1 :**
 - Fournir des connaissances de base, scientifiquement fondées, qui définissent le terme « changement climatique » sur la planète Terre, des périodes historiques jusqu'à aujourd'hui.
 - Décrire les principaux facteurs qui ont conduit au changement climatique observé au cours des dernières décennies.
 - Identifier les impacts du changement climatique, principalement sur la santé humaine.
 - Décrire clairement le phénomène de l'effet de serre.
 - Faire des prévisions sur les impacts susceptibles de survenir dans un avenir proche.

- **Objectif 2 :**
 - Proposer des idées aux enseignants afin d'organiser avec leurs élèves des activités (leçon modèle) sur le changement climatique.
 - Permettre aux enseignants d'enseigner à leurs élèves comment utiliser de manière optimale les outils d'IA pour la collecte et la présentation de sujets liés au changement climatique.
 - Encourager la collaboration entre enseignants et élèves dans l'organisation d'événements d'information et de sensibilisation destinés aux élèves, aux enseignants et aux acteurs sociaux, sur des thèmes tels que :
 - Le changement climatique
 - La protection de l'environnement

3.1 Temps – Climat – Changement climatique

Afin de parler du changement climatique, il est nécessaire de définir d'abord ce que sont le « temps » et le « climat ».

Le **temps** est défini comme l'ensemble des phénomènes météorologiques (ensoleillement, pluie, vent) sur une courte période, qui peut varier d'un jour à l'autre mais aussi d'une heure à l'autre (WHO, *teachers guide*, 2008).

Le **climat** est défini comme la synthèse du temps dans une région, telle qu'elle est décrite par des données statistiques qui retracent les variations météorologiques sur de longues périodes, d'environ trente ans (D. Melas, 2000).

Les principaux éléments utilisés pour définir le climat sont la température, l'humidité, la pression atmosphérique, le mouvement de l'air (vent), la nébulosité, la visibilité et les précipitations.

Le climat de la planète Terre n'a jamais été stable. Il a changé périodiquement, et la Terre a connu des périodes chaudes ainsi que des périodes froides. Cependant, ces dernières années, on observe un changement climatique rapide, dû à l'intervention humaine (WHO, *teachers guide*, 2008).

Le **changement climatique** correspond à la modification du climat mondial et, plus précisément, aux variations des conditions météorologiques qui s'étendent sur de longues périodes.

Ce type de changements inclut des fluctuations statistiquement significatives de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, qui se prolongent sur des décennies, voire davantage.

Les changements climatiques sont dus à des processus naturels, mais aussi à des activités humaines ayant un impact sur le climat, comme la modification de la composition de l'atmosphère.

Dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (UNFCCC), le changement climatique est défini plus spécifiquement comme une modification du climat attribuée directement ou indirectement aux activités humaines, ce qui le distingue de la variabilité climatique d'origine naturelle.

Les changements climatiques les plus importants dans l'histoire de la planète Terre et leurs causes sont les suivants :

1 Changements climatiques dans l'histoire de la planète

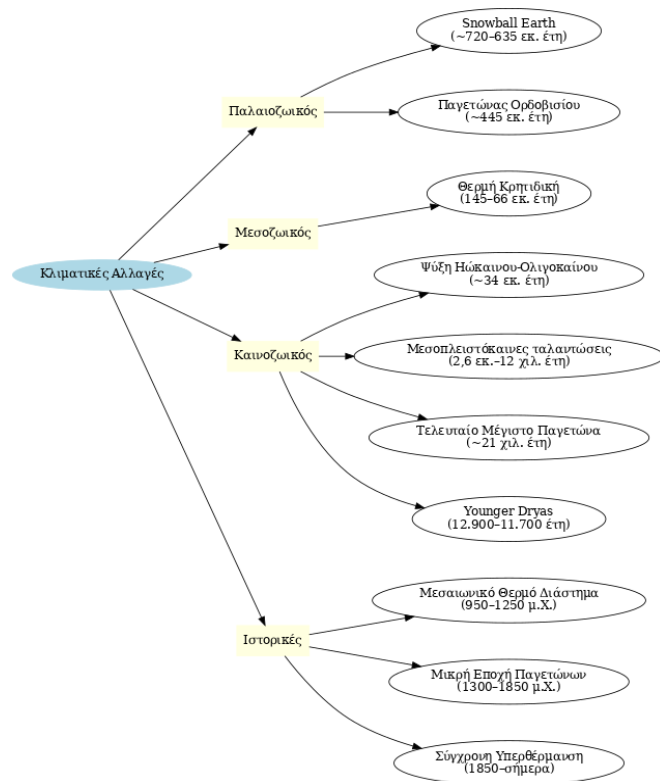
Les périodes importantes de l'histoire de notre planète sont les suivantes :

- La Terre existe depuis environ 4,6 milliards d'années et a traversé différentes phases.
- Au début, pendant des centaines de millions d'années, elle était un enfer de lave et de gaz toxiques.
- Pendant 3 milliards d'années, aucune forme de vie ne pouvait survivre à la surface de la Terre.
- Le climat de la Terre, durant 75 % de son histoire, se trouvait en phase « d'effet de serre », avec des températures élevées, des conditions tropicales et une absence de glace aux pôles.
- Il y a eu des périodes glaciaires durant lesquelles les glaces s'étendaient très loin.
- Lors de la phase de « glaciation totale », toute la Terre était recouverte de glace. Cette phase ne s'est produite que deux fois et a duré chaque fois plusieurs dizaines de millions d'années.

- Jusqu'à il y a environ 50 millions d'années, la Terre se trouvait dans une phase d'effet de serre, puis elle a progressivement commencé à se refroidir. C'est alors que se sont formées les immenses calottes glaciaires en Antarctique et au Groenland, et que l'océan Arctique a gelé.

Les causes des changements climatiques observés dans l'histoire de la Terre sont principalement :

- Les variations périodiques de l'orbite de la Terre, qui influencent fortement les régions du globe recevant plus ou moins de rayonnement solaire.
- Le rayonnement solaire fluctue, tout comme la quantité d'énergie qui atteint la Terre.
- Le phénomène de l'effet de serre : plus certains gaz, comme le dioxyde de carbone (CO₂) ou le méthane (CH₄), s'accumulent dans l'atmosphère, plus le rayonnement solaire est piégé près de la surface terrestre, entraînant une augmentation de la température.
- Pendant la majeure partie de l'histoire de la Terre, la concentration de ces gaz dans l'atmosphère a varié à travers des processus naturels qui s'étendent sur des centaines de milliers, voire des millions d'années.
- De grands systèmes climatiques (cycles naturels) évoluent, créant des conditions favorables aux changements climatiques.



Parallèlement, l'activité humaine crée également des conditions propices aux changements climatiques.

Le changement climatique ne se confond pas avec l'augmentation de la température moyenne de la Terre, mais il y est étroitement lié. L'élévation de la température moyenne de notre planète entraîne une série de phénomènes météorologiques qui, observés sur de longues périodes, constituent le changement climatique global (WHO, *teachers guide*, 2008).

Le changement climatique a des impacts, à des degrés divers, sur tous les organismes vivants et les écosystèmes. Il entraîne notamment l'effondrement des écosystèmes, la disparition de nombreuses espèces et la réduction de la biodiversité.

À première vue, **le changement climatique** peut sembler éloigné de la vie quotidienne. Pourtant, l'exposition à des conditions environnementales extrêmes dues au changement climatique mondial est désormais très fréquente. Les catastrophes liées aux conditions météorologiques, telles que les ouragans et les pluies torrentielles, les inondations, les sécheresses ou les incendies, font désormais partie de la vie quotidienne.

Nous sommes tous, sans exception, exposés au **changement climatique** à travers nos activités quotidiennes, même si nous n'en sommes pas conscients. En réalité, il s'agit

d'une expérience continue et quotidienne pour chacun d'entre nous. Toutefois, les enfants sont les plus exposés, en particulier ceux qui, pour diverses raisons (comme la pauvreté), se trouvent en situation d'exclusion sociale (Balk S.J., *The clinical environmental history: Experience of the USA*).

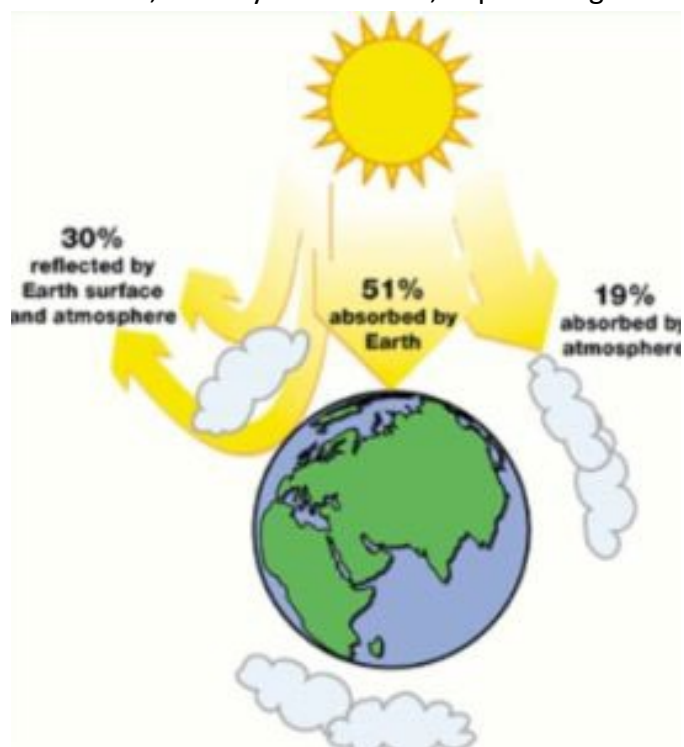
3.2 Facteurs endogènes et exogènes contribuant au changement climatique

Le climat de la Terre est en constante évolution, à des rythmes variés, depuis l'origine du monde. Cependant, ces variations ont été lentes comparées à celles observées aujourd'hui.

En tenant compte de l'« échelle temporelle » des changements, nous pouvons comprendre les différentes influences des activités naturelles et humaines, ainsi que leur rôle dans la crise climatique. Dans tous les cas, un paramètre essentiel est la température moyenne, qui est régulée par l'équilibre entre l'énergie entrante et l'énergie sortante, déterminant ainsi le bilan énergétique de la Terre.

Selon l'opinion générale des scientifiques, aucun modèle unique ne peut expliquer à lui seul les changements climatiques survenus sur Terre. C'est pourquoi divers mécanismes d'interprétation des phénomènes ont été proposés, y compris des mécanismes d'ordre astronomique.

Tout facteur qui provoque une modification de la quantité d'énergie entrante ou sortante, et qui persiste sur une longue période (des décennies ou plus), peut conduire à un changement climatique.



3.2.1 Facteurs endogènes

Certains des facteurs naturels (endogènes) liés au changement climatique sont l'activité volcanique, **la circulation atmosphérique, le rayonnement solaire et les variations de l'orbite de la Terre autour du Soleil.**

Ces facteurs agissent de manière générale comme suit :

- Les volcans entraînent une baisse de la température. Cela est dû aux particules polluantes libérées dans l'atmosphère, qui réduisent le rayonnement solaire atteignant la Terre. Les grandes éruptions volcaniques, qui émettent d'énormes quantités de poussières et de composés soufrés, refroidissent l'atmosphère. Cette contribution a des effets relativement à court terme sur le climat, allant de quelques mois à quelques années.

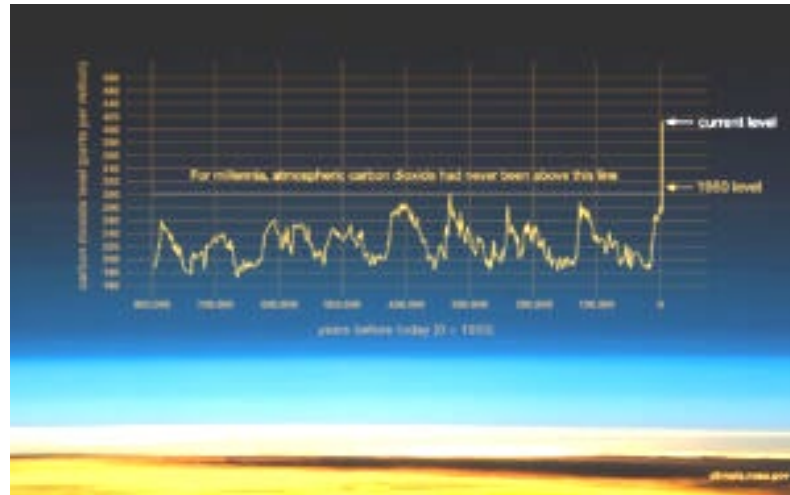
- Les variations des courants océaniques ou de la circulation atmosphérique (par exemple le phénomène El Niño) peuvent également influencer le climat sur de courtes périodes. Bien que ces variations soient importantes en raison de leur impact sur les activités humaines — provoquant des années plus chaudes, des sécheresses plus sévères ou des précipitations plus intenses — cette variabilité naturelle interne du climat ne contribue pas à la tendance à long terme.
- Les variations du rayonnement solaire ont généralement contribué aux tendances climatiques au cours des derniers siècles. Cependant, depuis la révolution industrielle, l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère a eu un impact environ dix fois plus important sur le « forçage climatique » que les fluctuations du rayonnement solaire.
- Une théorie largement reconnue sur ce sujet est celle de l'astrophysicien serbe Milutin Milankovitch, **selon laquelle les variations de l'orbite de la Terre autour du Soleil** sont à l'origine des changements du rayonnement solaire, et donc du climat. Cette théorie relie les mouvements de la Terre (excentricité, obliquité, précession de l'axe) aux changements climatiques à long terme, en fonction des variations saisonnières et latitudinales du rayonnement solaire reçu par la Terre.

3.2.2 Facteurs exogènes

Il est scientifiquement démontré que les seules variations naturelles ne suffisent pas à expliquer les changements de température observés au cours des 50 dernières années. À l'aide de modèles informatiques, les différents paramètres de la dégradation climatique (naturels et anthropiques) sont reproduits pour le passé récent.

Lorsque les modèles climatiques incluent uniquement des facteurs naturels (comme les variations de l'intensité solaire et les éruptions volcaniques), ils ne parviennent pas à représenter avec précision l'augmentation de la température observée au cours du dernier demi-siècle. En revanche, lorsque des facteurs anthropiques (gaz à effet de serre) sont intégrés, ces modèles parviennent à reproduire les récentes hausses de température dans l'atmosphère et les océans.

En comparant les facteurs naturels et anthropiques, l'accumulation massive de carbone provenant **des activités humaines constitue de loin la cause la plus importante du changement climatique des 50 dernières années**. Comme le montre le graphique ci-dessous, le CO₂ n'avait jamais dépassé 300 ppm au cours des 800 000 dernières années, alors que depuis 1950, il augmente continuellement, dépassant même le seuil critique de sécurité de 400 ppm.



Les facteurs exogènes du système climatique sont également appelés « **facteurs de dégradation climatique** », car ils sont considérés comme des éléments qui orientent le climat vers un nouvel état à long terme.

Différents facteurs agissent sur des échelles de temps différentes, et tous ceux qui ont provoqué des changements climatiques dans le passé lointain de la Terre ne sont pas nécessairement liés à ceux du changement climatique actuel.

3.2.3 La responsabilité des activités humaines dans les changements climatiques

Examinons maintenant comment et dans quelle mesure l'être humain est responsable de l'apparition du changement climatique, en étudiant différents facteurs naturels ainsi que d'autres phénomènes naturels, et en les comparant aux activités humaines.

- Si l'augmentation de la **température était due à une hausse de l'énergie provenant du Soleil**, alors **toutes** les couches de l'atmosphère **seraient plus chaudes, et pas seulement la troposphère** où se trouve le CO₂.
- Les mesures scientifiques de **l'énergie émise par le Soleil** montrent que, depuis **les années 1970**, celle-ci est en **diminution**.
- En ce qui concerne les variations de l'orbite de la Terre, nous nous trouvons depuis 8 000 ans **dans une phase de refroidissement du climat**. Selon les calculs, une phase de réchauffement ne surviendra qu'après environ 15 000 ans.
- **Les cycles naturels** influencent principalement les régions proches de leur origine. Or, on observe une augmentation de la température **à l'échelle de toute la planète**. De plus, le phénomène El Niño est actuellement en phase de diminution.
- **Le carbone** existe dans la nature sous trois isotopes différents : C-12, C-13 et C-14. Le C-14 est lié à la radioactivité et a fortement augmenté après les essais nucléaires.
- **Les plantes** privilégient l'isotope **C-12** pour la photosynthèse.
- Les combustibles fossiles, issus des plantes, augmentent le rapport **C-12/C-13**, ce qui est **confirmé scientifiquement**.
- **Une concentration similaire** de CO₂ existait **il y a 15 millions d'années**. La température avait alors augmenté d'environ 5 °C et le niveau de la mer s'était élevé de 60 mètres par rapport à aujourd'hui. Toutefois, ce processus s'est déroulé **sur 100 000 ans**.
- Aujourd'hui, nous émettons **du CO₂ dix fois plus rapidement** qu'à cette époque.
- Par conséquent, selon les données actuelles, la température de la Terre devrait diminuer et **non augmenter**.

Le moyen le plus juste d'attribuer la responsabilité est :

- Par le contrôle des émissions annuelles de chaque État.
- Par le contrôle de la production industrielle nationale, à l'intérieur de ses frontières, mais aussi de la production réalisée par ce même État dans d'autres pays.
- Par le calcul de la quantité cumulée déjà émise.
- Par la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre par habitant.
- Pour les 50 gigatonnes d'équivalent CO₂ émises, les pays les plus riches sont davantage responsables que les plus pauvres, tout comme les pays les plus peuplés par rapport aux autres.
- Les 10 % les plus riches de la population mondiale émettent 50 % du CO₂, tandis que les 50 % les plus pauvres n'en émettent que 7 % !
- La Chine émet aujourd'hui la plus grande part (33 %) des émissions mondiales, mais c'est un pays très peuplé.
- Les États-Unis, avec 4 % de la population mondiale, ont déjà émis plus de 25 % des gaz, et l'Union européenne, avec 7 % de la population, plus de 20 %.
- La Chine a émis 12,7 %, la Russie 6 %, l'Inde 3 %, tandis que toute l'Afrique et l'Amérique du Sud n'en représentent que 6 %.
- À Paris en 2015, 195 pays ont décidé de limiter l'augmentation de la température moyenne à < 2 °C par rapport à celle d'avant la Révolution industrielle.
- De fortes réactions ont été exprimées, notamment par les États insulaires du Pacifique, menacés par l'élévation du niveau de la mer, qui risqueraient de disparaître si ce seuil était dépassé.
- Ainsi, un objectif de ≤ 1,5 °C a été retenu comme raisonnable et réalisable.
- Toutefois, cela nécessite de réduire les émissions mondiales de CO₂ de 45 % d'ici 2030 et de les ramener à zéro d'ici 2050.
- Il faut limiter la concentration à < 500 ppm d'ici 2100, alors qu'elle atteint déjà aujourd'hui 427 ppm.
- Une augmentation de 2 °C entraînerait un coût de 5 000 milliards de dollars par an pour l'économie mondiale (selon une étude australienne).
- En 2021, il a été estimé qu'il restait un budget carbone de 580 gigatonnes de CO₂ jusqu'en 2100.
- Cependant, au cours des trois premières années, 100 mégatonnes ont déjà été émises !
- 89 % des réserves connues de charbon (lignite, houille, etc.) ne devraient pas être exploitées.
- 58 % des réserves connues de pétrole et 56 % du gaz naturel devraient rester inexploitées.
- Toutefois, les entreprises de combustibles fossiles considèrent ces ressources comme leur propriété, et les États les comptabilisent comme une source de revenus.

3.2.4 Autres impacts du changement climatique

Les impacts généraux du changement climatique sont nombreux et se manifestent dans différentes régions de notre planète, tels que :

Fonte des glaces au Groenland

- **La quantité d'eau sur Terre est constante.**

- **97 %** de l'eau se trouve dans les **océans**.

- Pendant les périodes glaciaires, une partie de cette eau est tombée sous forme de neige sur les continents, **a gelé et y est restée**, ce qui a progressivement fait baisser le niveau de la mer. **Il y a 20 000 ans**, environ 4 % de l'eau était ainsi retenue, et le niveau de la mer était **inférieur de 130 mètres à celui d'aujourd'hui**.



- **La fonte** des glaces sur les continents constitue le principal problème.
- **La calotte glaciaire qui recouvre 80 % du Groenland** a une hauteur deux fois supérieure à celle du mont Hymette et s'étend sur une surface trois fois plus grande que celle des Balkans (longueur 2 500 km, largeur 1 100 km, épaisseur 2 km).
- **Si** toute cette glace fondait et se déversait dans la mer, le niveau des océans **s'élèverait de 7 mètres** à l'échelle mondiale !
- **Cela ne s'est toutefois pas produit** au cours des 10 à 15 derniers millions d'années.

Fonte des glaces en Antarctique

- Les deux tiers de l'eau douce de la planète se trouvent en Antarctique.
- Ce continent a une superficie plus grande que l'Europe et, à certains endroits, la glace atteint une épaisseur de 4,5 km. Si toute cette glace fondait, le niveau de la mer s'élèverait de 58 mètres ! Cela ne s'est pas produit depuis 45 millions d'années.
- Plus la surface de la glace diminue, moins le rayonnement solaire est réfléchi et plus il est absorbé par l'océan, ce qui entraîne une augmentation de la température.

3.2.5 Changement climatique et santé humaine

Le changement climatique, en plus d'affecter les écosystèmes et la biodiversité, a également un impact sur la santé humaine.

De nombreuses maladies sont particulièrement sensibles aux variations de température. Parmi celles-ci figurent des maladies transmissibles telles que le paludisme et la dengue, mais aussi des troubles nutritionnels, des maladies mentales, des maladies cardiovasculaires ainsi que des affections du système respiratoire (WHO, teachers guide, 2008).

a. Maladies du système respiratoire, allergies

Les maladies du système respiratoire se caractérisent par des difficultés à respirer et une diminution des niveaux d'oxygène dans la circulation sanguine.

Les troubles respiratoires constituent une cause majeure de mortalité dans les pays en développement, tandis qu'ils représentent un problème important chez les enfants dans les pays développés. Depuis 1980, la fréquence de l'asthme a été multipliée par quatre.

Les dysfonctionnements respiratoires tels que l'asthme et les allergies sont causés par de nombreux facteurs. Ces facteurs peuvent être génétiques, comportementaux ou environnementaux (WHO, teachers guide, 2008).

L'allergie est une maladie qui concerne principalement les enfants.

La pollution, ainsi que la concentration de spores et de moisissures dans l'environnement extérieur, font partie des principaux allergènes.

Chez les enfants, les allergies se manifestent notamment par des dermatites, des eczémas, une rhinite allergique et de l'asthme.

b. Maladies causées par la consommation d'eau potable non conforme

Ces maladies sont causées par l'utilisation d'eau contaminée, soit par consommation directe, soit indirectement par la consommation d'animaux ou de plantes ayant été en contact avec de l'eau polluée. Parmi toutes les maladies liées à l'eau contaminée, la diarrhée constitue la principale cause de mortalité chez les jeunes enfants (WHO, teachers guide, 2008).

La diarrhée est due à une variété de micro-organismes pathogènes. Des protozoaires, des bactéries et des virus peuvent en être responsables. L'augmentation de la température entraîne une hausse de la concentration de ces micro-organismes dans l'eau, et donc une augmentation du nombre de malades.

La propagation de la diarrhée concerne principalement les pays en développement, en raison du faible contrôle de la qualité de l'eau potable. Une fois encore, les enfants représentent le groupe le plus vulnérable, car ils sont davantage en contact avec l'eau à travers le jeu et possèdent un métabolisme plus sensible.

c. Malnutrition

Les inondations, la sécheresse, les pluies intenses, les phénomènes météorologiques extrêmes et, plus généralement, le changement climatique entraînent une diminution de la production agricole et de l'élevage, et donc une baisse de la disponibilité alimentaire, provoquant la faim à l'échelle mondiale et, par conséquent, la malnutrition.

En 1990, 520 millions de personnes étaient menacées par la famine selon des scientifiques américains et britanniques. La malnutrition et la faim touchent l'ensemble de la population, mais principalement les enfants (WHO, teachers guide, 2008). De plus, la faim, largement liée au changement climatique, demeure une cause majeure de conflits et de migrations (Zhang, 2007).

Le changement climatique rapide entraîne également une diminution de la biodiversité. Les organismes qui ne développent pas de mécanismes d'adaptation face à ces changements brusques et qui ne peuvent pas migrer vers d'autres régions disparaissent, conduisant à l'extinction d'espèces entières. Cela a aussi des conséquences pour l'être humain, car les animaux constituent une source de nourriture ; leur disparition réduit la disponibilité alimentaire et favorise la faim.

En outre, l'action du rayonnement UV-B détruit des micro-organismes tels que le phytoplancton, le zooplancton et certaines plantes marines, entraînant une

diminution de la biodiversité. Cette réduction perturbe les écosystèmes et, à travers les nombreuses interactions qui les composent, peut conduire à la malnutrition (Häder D.P., 2011).

d. Maladies du système cardiovasculaire

L'augmentation rapide de la température semble affecter le système cardiovasculaire, provoquant des troubles allant de l'épuisement jusqu'aux accidents vasculaires cérébraux et à la mort (WHO, teachers guide, 2008).

La hausse brutale de la température (stress thermique) constitue un facteur de risque pour les personnes âgées ainsi que pour celles présentant une vulnérabilité particulière.

Il existe des différences dans le niveau de risque encouru par les groupes de population vulnérables. Ces différences dépendent à la fois des conditions climatiques et de facteurs culturels, tels que le type d'habitat.

e. Maladies infectieuses

L'augmentation prévue des maladies transmissibles, en raison du changement climatique, constitue une menace de crise sociale. L'histoire a montré des explosions d'épidémies après des changements climatiques brusques, de manière non linéaire.

Le changement climatique influence la fréquence des maladies transmissibles soit directement, en affectant le cycle de vie des micro-organismes pathogènes, soit indirectement, en influençant le cycle de vie des hôtes intermédiaires. Par exemple, l'augmentation de l'humidité atmosphérique, liée à la hausse des températures, est associée à l'apparition de maladies telles que le typhus et le choléra (WHO, teachers guide, 2008).

L'augmentation des cas de maladies transmissibles peut également être due à la prolifération des hôtes intermédiaires des agents pathogènes, tels que les insectes et les moustiques. La fréquence de ces hôtes dépend aussi de la température. Parmi ces maladies figurent le paludisme, la dengue, l'encéphalite, la schistosomiase et la fièvre jaune (WHO, teachers guide, 2008).

f. Maladies mentales

Les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les cyclones, les typhons, les pluies torrentielles, l'élévation brutale du niveau de la mer et la sécheresse entraînent l'apparition d'un stress psychologique. Des personnes meurent, sont blessées, des familles se désintègrent, des enfants deviennent orphelins ; dans le meilleur des cas, les impôts ne peuvent plus être payés en raison des destructions. Tous ces éléments affectent la santé mentale.

Le changement soudain et imprévisible de l'environnement affecte particulièrement la santé mentale en provoquant un stress post-traumatique (PTSD). Les personnes ayant subi ce type de traumatisme présentent un comportement perturbé, avec des manifestations de peur, de tristesse, de terreur et d'agressivité. Les symptômes peuvent apparaître des mois, voire des années après l'événement.

Les enfants, en particulier, cherchent à éviter tout contact avec le lieu où le traumatisme s'est produit. Ils sont ainsi conduits à migrer. Les enfants qui migrent après une catastrophe naturelle sont très souvent orphelins. Leur migration constitue un problème social majeur, car elle est liée au décrochage scolaire et à l'augmentation de la criminalité (WHO, teachers guide, 2008).

Le changement climatique, caractérisé par des inondations, une humidité accrue et des sécheresses prolongées, a également un impact sur la santé mentale des

agriculteurs. L'Australie possède l'un des climats les plus variables au monde tout en étant un important producteur agricole. Dans ce contexte, le stress des agriculteurs est principalement lié à la sécheresse prolongée.

Les facteurs contribuant à la détérioration de leur santé mentale incluent l'accès limité aux services de santé, une culture de résilience stoïque et, de manière générale, des réticences à demander de l'aide (Berry H.L., 2011).

3.3 Changement climatique et impacts physiques

a. Impacts liés aux variations de la température

- L'augmentation de la température moyenne mondiale entraîne des **températures extrêmes** plus fréquentes, pouvant provoquer **une hausse de la mortalité**, une baisse de la productivité et **des dommages aux infrastructures**. Les populations les plus vulnérables, comme les personnes âgées et les nourrissons, seront les plus touchées.
- Des températures plus élevées peuvent entraîner une modification de la répartition géographique des zones climatiques. Ces changements affectent la **biogéographie** (répartition et abondance) des espèces végétales et animales, dont beaucoup sont déjà menacées par la perte d'habitats et la pollution.
- L'augmentation des températures peut également influencer **le comportement et les cycles de vie** des espèces animales et végétales. Cela peut conduire à une prolifération de parasites et d'espèces envahissantes, ainsi qu'à une augmentation de certaines maladies humaines.
- La température affecte les rendements et **la viabilité de l'agriculture et de l'élevage**, ainsi que la capacité des **écosystèmes** à fournir des services et des ressources essentiels, tels que l'eau potable ou un air frais et propre.
- Des températures plus élevées augmentent l'évaporation de l'eau, ce qui, combiné à un manque de précipitations, accroît les risques de sécheresse sévère.
- Les températures extrêmement basses pourraient devenir moins fréquentes en Europe.
- Le réchauffement climatique affecte la prévisibilité des événements et, par conséquent, notre capacité à y répondre efficacement. Consequences of climate change: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_en

b. Impacts sur le niveau des précipitations

Selon l'équation de Clausius-Clapeyron, l'air peut généralement contenir environ 7 % d'humidité en plus pour chaque augmentation de 1 °C de la température. Ainsi, un monde plus chaud d'environ 4 °C par rapport à l'ère préindustrielle contiendrait environ 28 % de vapeur d'eau en plus dans l'atmosphère. Cependant, cette humidité accrue ne se répartira pas uniformément sur l'ensemble de la planète. Certaines régions connaîtront une augmentation des précipitations, tandis que d'autres devraient en recevoir moins, en raison des changements des conditions météorologiques et d'autres facteurs.

Les précipitations devraient augmenter aux hautes latitudes, dans le Pacifique équatorial et dans certaines régions de mousson, mais diminuer dans certaines zones subtropicales et dans certaines régions tropicales.

Les projections du changement climatique (selon le scénario à fortes émissions RCP 8.5), comparant la période historique 1971-2000 à la période future 2071-2100, indiquent que les précipitations annuelles moyennes devraient diminuer de 10 à 30 %

dans de nombreuses régions du sud de l'Europe et de plus de 30 % dans le sud-est et le sud-ouest de la Méditerranée.

De plus, une diminution plus marquée est attendue pendant la période estivale, les précipitations d'été devant diminuer de 20 à 40 % sur une vaste zone couvrant l'Europe du Sud et de l'Ouest, les Balkans et la mer Noire.

La réduction des précipitations entraîne une augmentation de la sécheresse tout au long de l'année, en particulier dans les régions au climat subtropical, comme celles du bassin méditerranéen.

Des températures plus élevées conduisent à une augmentation de l'évaporation, ce qui assèche les sols, réduit la production végétale et affecte l'agriculture, même dans des régions où de grands changements de précipitations ne sont pas attendus (comme en Europe centrale et du Nord).

c. Impacts sur le nombre d'incendies

L'impact du changement climatique sur le nombre d'incendies est particulièrement visible ces dernières années.

Au cours du premier semestre de 2019, le nombre d'incendies de forêt enregistrés dans l'Union européenne était trois fois supérieur à la moyenne de la dernière décennie. Les pays méditerranéens tels que le Portugal, l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la France sont actuellement les plus exposés aux incendies et représentent environ 85 % de la superficie totale brûlée en Europe. En 2018, des écosystèmes vulnérables du réseau Natura 2000, qui abritent de nombreuses espèces menacées de plantes et d'animaux, ont perdu 50 000 hectares à cause des incendies, soit environ un tiers de la superficie totale brûlée.

Le nombre de jours par an présentant un risque élevé à extrême d'incendie devrait augmenter presque partout en Europe, en raison des températures plus élevées et des périodes de sécheresse plus fréquentes.

Seules quelques zones dispersées du nord de l'Europe pourraient connaître de légères diminutions. Le risque d'incendie devrait s'aggraver particulièrement dans les régions du sud de l'Europe, déjà confrontées à des conditions de risque élevé plus fréquentes.

d. Impacts sur le niveau de la mer (élévation du niveau de la mer – SLR)

Les principaux facteurs de l'élévation moyenne du niveau de la mer, liés à l'augmentation de la température, sont :

- La dilatation thermique de l'eau
- La fonte des glaciers
- Les modifications des réserves d'eau sur les continents (lacs, rivières, nappes phréatiques, etc.)

Il est prévu que l'Europe connaisse une élévation moyenne du niveau de la mer de 60 à 80 centimètres d'ici la fin du siècle, selon le rythme de fonte de la calotte glaciaire de l'Antarctique.

Environ un tiers de la population de l'Union européenne vit à moins de 50 kilomètres des côtes, et ces zones produisent plus de 30 % du PIB total de l'Union. La valeur économique des biens situés à moins de 500 mètres du littoral européen est estimée entre 500 et 1 000 milliards d'euros.

Parallèlement à d'autres impacts du changement climatique, l'élévation du niveau de la mer augmentera le risque d'inondations et d'érosion côtière, avec des conséquences importantes pour les populations, les infrastructures, les entreprises et les écosystèmes dans ces zones.

À mesure que l'eau de mer s'infiltré davantage dans les nappes phréatiques, cela pourrait entraîner une intrusion accrue d'eau salée dans les réserves d'eau douce, affectant l'agriculture et l'approvisionnement en eau potable.

Cela aura également des répercussions sur la biodiversité des habitats côtiers ainsi que sur les services et ressources naturelles qu'ils fournissent. De nombreuses zones humides disparaîtront, menaçant des espèces uniques d'oiseaux et de plantes et réduisant la protection naturelle qu'elles offrent contre les tempêtes.

e. Impacts sur les phénomènes naturels extrêmes

Le changement climatique a déjà augmenté l'intensité et la fréquence des événements de chaleur extrême, tout en réduisant celles des épisodes de froid extrême et, dans certaines régions, en intensifiant les précipitations extrêmes.

À mesure que le climat s'éloigne de son état passé et actuel, nous serons confrontés à des événements extrêmes sans précédent en termes d'intensité, de fréquence, de durée ou de localisation. La fréquence de ces événements extrêmes inédits augmentera avec le réchauffement climatique. De plus, la combinaison de plusieurs événements extrêmes simultanés peut entraîner des impacts majeurs et sans précédent.

Dans la plupart des régions, la fréquence et l'intensité des épisodes de chaleur extrême ont augmenté, tandis que celles des épisodes de froid extrême ont diminué. La fréquence et l'intensité des fortes précipitations ont augmenté à l'échelle mondiale et dans la majorité des régions terrestres.

Bien que des événements extrêmes tels que les vagues de chaleur terrestres et marines, les fortes pluies, les sécheresses, les cyclones tropicaux, les incendies et les inondations côtières se soient déjà produits par le passé et continueront de se produire à l'avenir, ils se manifesteront souvent avec des intensités et des fréquences différentes dans un monde plus chaud.

Des phénomènes extrêmes sans précédent — c'est-à-dire des événements jamais observés auparavant — se produiront à l'avenir de cinq manières différentes :

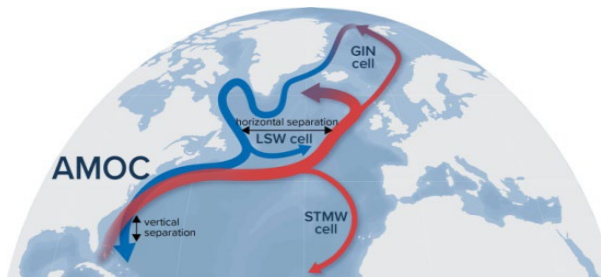
- Des événements considérés comme extrêmes dans le climat actuel se produiront à l'avenir avec une intensité sans précédent.
- Les événements extrêmes futurs se produiront également avec une fréquence sans précédent.
- Certains types de phénomènes extrêmes pourraient apparaître dans des régions qui n'avaient jamais connu de tels événements auparavant. Par exemple, avec l'élévation du niveau de la mer, des inondations côtières pourraient survenir dans de nouvelles zones, tandis que des incendies se manifestent déjà dans des régions comme certaines parties de l'Arctique, où leur probabilité était auparavant faible.
- Les événements extrêmes pourraient également être sans précédent en termes de timing. Par exemple, des températures exceptionnellement élevées pourraient apparaître plus tôt ou plus tard dans l'année qu'auparavant.
- Des événements complexes, combinant plusieurs phénomènes extrêmes de types différents ou similaires, peuvent se produire simultanément et/ou successivement, et devenir plus probables ou plus graves à l'avenir.

Ces événements combinés peuvent souvent avoir des impacts plus importants sur les écosystèmes et les sociétés que lorsqu'ils surviennent isolément. Par exemple, une sécheresse associée à une chaleur extrême augmente le risque d'incendies ainsi que les pertes et dommages dans l'agriculture.

f. Impact sur le système AMOC

Les systèmes naturels (calottes glaciaires, pergélisol, forêt amazonienne, récifs coralliens, grands courants océaniques, etc.) sont essentiels à la formation et au maintien du climat.

- Tous ces systèmes sont interconnectés et s'influencent mutuellement.
- Le danger réside dans le fait que beaucoup de ces systèmes possèdent des points de basculement (*tipping points*), au-delà desquels des changements très importants, parfois irréversibles, peuvent se produire.
- Le système AMOC (Atlantic Meridional Overturning Circulation : circulation méridienne de retournement de l'Atlantique) transporte, au fil du temps, de l'eau chaude et salée des zones tropicales vers l'Atlantique Nord, et renvoie de l'eau froide vers le sud.
- La salinité de l'eau de mer est d'environ 3,5 %.
- En atteignant le Groenland, l'eau se refroidit, devient plus dense, s'enfonce en profondeur sous la surface et repart vers le sud.
- Ce système est autorégulé et fonctionne comme un immense tapis roulant.
- Il permet de maintenir un climat tempéré dans de grandes villes européennes, comme Londres, bien qu'elles soient situées plus au nord que certaines villes du Canada, où les hivers sont rigoureux.
- Le changement climatique a affaibli le système AMOC d'environ 15 %.
- La fonte accrue des glaces dans le nord libère d'importants volumes d'eau douce dans les océans.
- L'eau douce, moins salée et donc moins dense que l'eau de mer, s'enfonce plus difficilement, ce qui perturbe son retour vers le sud.
- Certains scientifiques estiment que le risque d'effondrement reste faible d'ici la fin du siècle, tandis que d'autres pensent qu'il pourrait se produire au cours des 80 prochaines années.
- Si ce système venait à s'effondrer, Londres pourrait connaître des températures hivernales de -17 °C et la banquise s'étendrait jusqu'à la Scandinavie.



3.4 Effet de serre

Dans les pages précédentes, nous avons évoqué les impacts du changement climatique sur certaines caractéristiques de notre planète et sur les populations qui y vivent. La cause principale en est l'augmentation de la température moyenne de la Terre, qui est due en grande partie à l'effet de serre, dont les responsables sont l'être humain et ses activités.

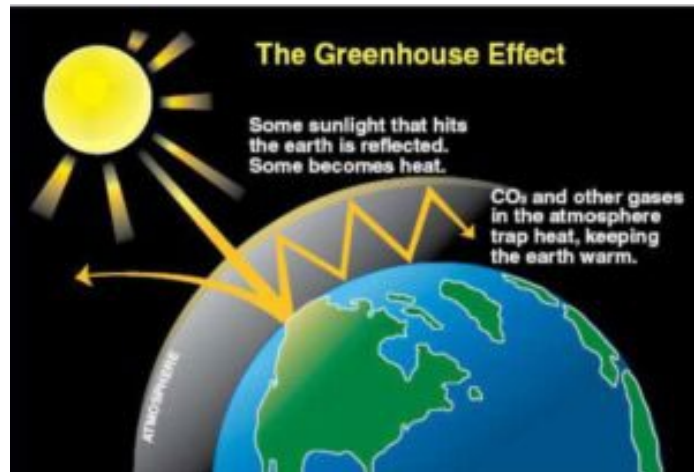
Les activités humaines influencent de plus en plus le climat et la température de la Terre, notamment par l'utilisation des combustibles fossiles, la déforestation et l'élevage. Ces activités ajoutent d'énormes quantités de gaz nocifs dans l'atmosphère, provoquant le réchauffement de la planète.

Les gaz présents dans l'atmosphère absorbent l'énergie thermique du Soleil et empêchent la chaleur de quitter l'atmosphère. Autrement dit, ils piègent la chaleur et la maintiennent près de la Terre, empêchant sa dissipation dans l'espace.

Cela est directement lié au bilan thermique de la Terre, qui se présente comme suit : sur 100 % du rayonnement entrant total, 51 % est absorbé par la surface terrestre, 19 % est absorbé par les nuages et l'atmosphère, tandis que 30 % est réfléchi vers l'espace par les nuages, l'atmosphère et la surface de la Terre.



Les gaz mentionnés (gaz à effet de serre) existaient déjà dans l'atmosphère dans un état d'équilibre constant, mais certains deviennent nocifs en raison de l'augmentation de leur concentration, conséquence de l'intervention humaine. Il s'agit principalement du dioxyde de carbone, du méthane, des oxydes d'azote et des chlorofluorocarbures.



Le dioxyde de carbone (CO₂) est le gaz à effet de serre le plus fréquemment produit par les activités humaines et est responsable de 63 % du réchauffement de la planète. Sa concentration dans l'atmosphère est aujourd'hui environ 40 % plus élevée qu'au début de l'industrialisation.

D'autres gaz à effet de serre sont émis en plus petites quantités, mais retiennent beaucoup plus la chaleur ou, dans certains cas, sont bien plus puissants et ont une durée de vie plus longue. Le méthane est responsable de 19 % du réchauffement d'origine humaine, et le protoxyde d'azote de 6 %.

Les gaz mentionnés (gaz à effet de serre) existaient déjà dans l'atmosphère dans un état d'équilibre constant, mais certains deviennent nocifs en raison de l'augmentation de leur concentration, conséquence de l'intervention humaine. Il s'agit principalement du dioxyde de carbone, du méthane, des oxydes d'azote et des chlorofluorocarbures.

Le dioxyde de carbone (CO₂) est le gaz à effet de serre le plus fréquemment produit par les activités humaines et est responsable de 63 % du réchauffement de la planète. Sa concentration dans l'atmosphère est aujourd'hui environ 40 % plus élevée qu'au début de l'industrialisation.

D'autres gaz à effet de serre sont émis en plus petites quantités, mais retiennent beaucoup plus la chaleur ou, dans certains cas, sont bien plus puissants et ont une durée de vie plus longue. Le méthane est responsable de 19 % du réchauffement d'origine humaine, et le protoxyde d'azote de 6 %.

La durée de vie des principaux gaz à effet de serre est donc déterminante :

Dioxyde de carbone : ne se détruit pas mais suit le cycle du carbone, pouvant rester dans l'atmosphère pendant des milliers d'années

Méthane : 12,4 ans

Oxydes d'azote : 121 ans

Chlorofluorocarbures : de quelques semaines à plusieurs milliers d'années

Plus précisément, les émissions par catégorie proviennent de : La combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) pour l'industrie, les transports et la production d'électricité, activités qui produisent du dioxyde de carbone et du protoxyde d'azote.

La déforestation, qui augmente également les niveaux de CO₂ en interrompant la photosynthèse par laquelle les plantes absorbent le dioxyde de carbone et libèrent de l'oxygène dans l'atmosphère. Lorsque les arbres disparaissent, le carbone qui aurait été stocké en eux est libéré dans l'atmosphère.

Le méthane, produit par la mise en décharge des déchets, l'élevage (déchets organiques animaux), l'agriculture et les changements d'usage des terres (CH₄).

Les engrais azotés, responsables des émissions de protoxyde d'azote.

Les gaz fluorés industriels, dont l'effet de réchauffement peut être jusqu'à 23 000 fois supérieur à celui du CO₂.

À partir des années 1970, on commence à prendre conscience que le développement économique a un impact négatif sur l'environnement. Malgré les pressions en faveur d'améliorations écologiques, aucune mesure concrète n'est adoptée, en raison d'un dilemme majeur : développement économique ou protection de l'environnement ?

Les États ont initialement minimisé les effets de la pollution environnementale, jusqu'à ce que des décès apparaissent (y compris en Grèce), dus à une combinaison de pollution et de vagues de chaleur. À Athènes, lors de la canicule meurtrière de 1987, plus de 1 300 personnes ont perdu la vie, avec des températures atteignant 44 °C pendant 8 jours consécutifs.

Aujourd'hui, il est scientifiquement établi, avec une probabilité supérieure à 95 %, que l'activité humaine est responsable du réchauffement de la planète au cours des 50 dernières années. Les activités industrielles ont fait passer les niveaux de CO₂ atmosphérique de 280 ppm (parties par million) à 412 ppm au cours des 150 dernières années.

3.5 Prévisions pour l'avenir liées au changement climatique

Au cours des dernières décennies, nous traversons une crise climatique étendue, qui a entraîné de multiples impacts sur l'être humain et sur les systèmes naturels de tous les continents.

La température de l'atmosphère augmente, les glaces éternelles fondent, le niveau des mers s'élève, des vagues de chaleur apparaissent au Groenland, des incendies meurtriers se produisent en Sibérie et en Amazonie, des sécheresses touchent l'Afrique de l'Est, des pluies inhabituelles et des canicules aux effets dévastateurs surviennent, tandis que des vagues de chaleur plus longues et plus intenses affectent de nombreuses régions du globe.

De nombreuses espèces terrestres et aquatiques ont déjà migré afin de faire face à ces changements climatiques et de s'y adapter.

Les espèces qui ne parviennent pas à s'adapter finissent par disparaître. Le rythme du changement climatique est très rapide, ce qui rend encore plus difficile l'adaptation des espèces, le réchauffement de la planète constituant le



principal facteur de leur disparition. De nombreuses espèces vivant sur terre ou dans les eaux douces et marines se sont déjà déplacées vers de nouvelles régions.

Les scientifiques affirment que la température de la planète continuera d'augmenter au cours des prochaines décennies, principalement en raison de l'effet de serre et des émissions d'origine humaine. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC) prévoit une augmentation de la température pouvant atteindre 4 °C au cours du prochain siècle, soit 1 à 3 °C au-dessus des niveaux de 1990, avec des conséquences négatives dans tous les domaines : environnement, santé, société et économie.

L'ampleur du changement climatique au cours des prochaines décennies dépend principalement de la quantité de chaleur piégée par les gaz à effet de serre émis à l'échelle mondiale, en raison de la sensibilité du climat terrestre à ces émissions.

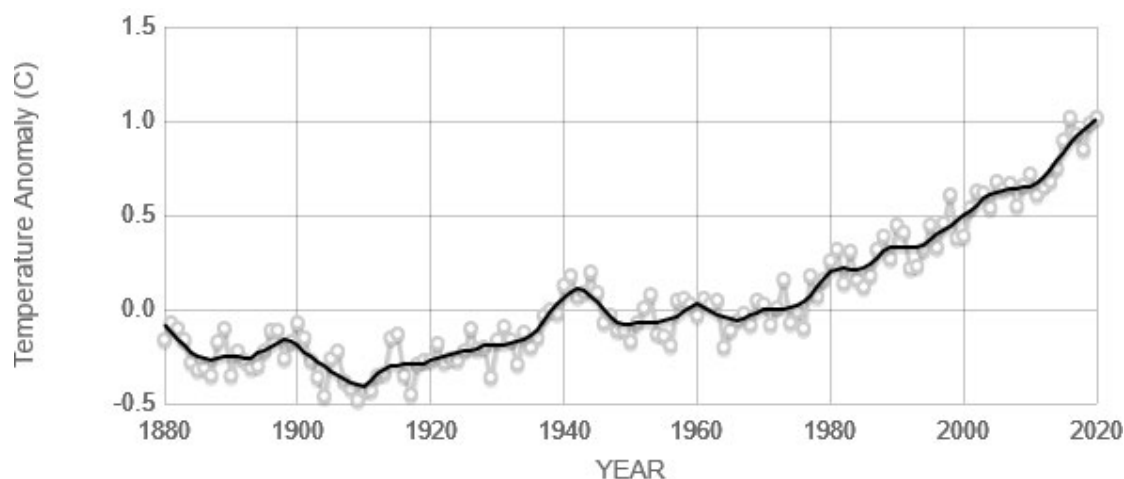
Selon le GIEC (IPCC), l'extension des impacts du changement climatique dans différentes régions variera non seulement selon les phénomènes naturels, mais aussi en fonction des politiques sociales et environnementales mises en place pour s'y adapter. Dans tous les cas, la solution repose sur l'adaptation des systèmes naturels et humains aux conditions climatiques actuelles ou attendues, de manière à limiter les dommages ou à tirer parti des opportunités.

Dans ce cadre, et conformément aux politiques internationales, la Grèce a élaboré et adopté, avec la loi 4414/2016 (articles 42-45, Journal officiel A'149), une Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique (ESPKA), visant à définir des orientations. Celle-ci comprend des actions sectorielles et des mesures dans 15 domaines politiques, dont les zones côtières. Le même objectif est poursuivi par le Plan régional d'adaptation au changement climatique (PeSPKA), mis en œuvre à l'échelle régionale.

Le changement climatique entraîne également des conséquences négatives sur la santé. On observe déjà une augmentation des décès liés aux vagues de chaleur, aux inondations, aux tempêtes et à d'autres catastrophes naturelles résultant du déséquilibre climatique. Parallèlement, des modifications sont constatées dans la répartition de certaines maladies transmises par l'eau, ainsi que dans les vecteurs de maladies, avec des impacts majeurs, comme la récente pandémie de Covid-19 qui s'est propagée à l'échelle mondiale.

La température moyenne de surface de la planète a augmenté d'environ 0,9 °C depuis le milieu du XIXe siècle, principalement en raison des émissions de CO₂ et d'autres gaz d'origine humaine dans l'atmosphère. L'augmentation la plus importante a été enregistrée au cours des 35 dernières années, les cinq années les plus chaudes ayant été observées après 2010.

Les données montrent clairement que l'augmentation des températures ne peut pas être expliquée uniquement par des processus naturels, mais seulement si l'on prend également en compte l'intervention humaine.



Source: climate.nasa.gov

a. Prévisions concernant les sécheresses et les vagues de chaleur

Ils devraient devenir plus intenses, tandis que les épisodes de froid devraient diminuer partout. Les températures estivales, en particulier, devraient continuer à augmenter. D'ici la fin de ce siècle, des phénomènes qui se produisaient jusqu'à présent une fois tous les 20 à 30 ans (comme une journée de canicule) devraient survenir tous les deux ans. Ainsi, des températures record dépassant les 40 °C sont déjà observées en Europe, accompagnées de tempêtes et de rafales de vent, tandis que des ours polaires sont contraints de chercher de la nourriture dans des zones habitées.

En termes simples : le réchauffement climatique ne va pas se produire, il est déjà en cours. Selon les dernières conclusions scientifiques, nous disposons d'environ 10 ans pour réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre et d'environ 25 à 30 ans pour les ramener à zéro.

b. Prévisions concernant l'élévation du niveau de la mer

La fonte des glaces ainsi que la dilatation de l'eau des océans due à l'absorption de chaleur, dans les 700 premiers mètres, constituent les deux principales causes de l'élévation du niveau de la mer.

Le niveau de la mer a déjà augmenté de 20,32 cm au cours du siècle précédent (depuis 1880), selon des données officielles. Cependant, ce rythme a doublé au cours des deux dernières décennies et continue de s'accélérer chaque année, de sorte qu'une élévation supplémentaire de 0,3 m à 1,2 m est attendue d'ici 2100. Cette élévation se poursuivra même après 2100, car les océans réagissent lentement au réchauffement de la surface terrestre.

Les conséquences des changements à long terme du niveau de la mer, ainsi que des événements extrêmes temporaires, concernent de nombreux secteurs économiques, notamment le tourisme, l'aménagement du territoire et les transports. Le coût total lié à ces changements d'origine humaine s'élève à plusieurs dizaines de millions d'euros par an.

Dans les prochaines décennies, les ondes de tempête et les marées hautes pourraient se combiner avec l'élévation du niveau de la mer et l'affaissement des sédiments côtiers, entraînant des inondations dans de nombreuses régions.

c. Prévisions concernant les caractéristiques des précipitations

La moyenne des précipitations a augmenté depuis 1900, mais certaines régions enregistrent des niveaux supérieurs à la moyenne, tandis que d'autres sont en dessous. À l'avenir, les précipitations varieront en quantité et les phénomènes de pluies extrêmes deviendront plus fréquents.

Cependant, les variations des précipitations et des chutes de neige, ainsi que la réduction des glaciers alpins, provoquent des inondations et une dégradation de la qualité de l'eau, tout en entraînant paradoxalement une diminution des ressources en eau. Les fortes pluies et autres phénomènes météorologiques extrêmes deviennent de plus en plus fréquents. Toutefois, des précipitations extrêmes ne signifient pas nécessairement une augmentation globale des ressources en eau, en raison de leur répartition inégale dans l'espace et dans le temps.

De nombreux scénarios climatiques concernant l'évolution des précipitations ont été étudiés pour la période 2015–2084.

À titre indicatif, deux scénarios d'évolution des précipitations, basés sur l'effet de serre, sont présentés :

Scénario B1 – optimiste : émissions plus faibles de gaz à effet de serre (accent sur l'environnement)

Scénario A2 – pessimiste : émissions plus élevées de gaz à effet de serre (accent sur les aspects socio-économiques)

d. Conséquences du changement climatique en Europe du Sud

De nombreux scientifiques attirent l'attention sur la situation dans le bassin méditerranéen et dans les pays d'Europe du Sud et de l'Est, qui comptent environ 450 millions d'habitants :

- Les pays d'Europe du Sud et centrale sont de plus en plus touchés par des vagues de chaleur, des incendies de forêt et des sécheresses.
- L'Europe du Nord reçoit davantage de précipitations et les inondations deviendront un phénomène courant en hiver.
- Les zones urbaines, où vivent aujourd'hui 4 Européens sur 5, sont exposées aux vagues de chaleur, aux inondations et à l'élévation du niveau de la mer, mais ne sont souvent pas suffisamment préparées à s'adapter au changement climatique.
- Alors que les pays côtiers les plus prospères mettent en œuvre des mesures de protection des écosystèmes, d'autres sont encore loin de le faire. Les pays du sud et de l'est de la Méditerranée ont une capacité limitée à analyser cette menace pour leurs territoires, ce qui les rend plus vulnérables.
- L'eau deviendra une ressource précieuse. La pénurie d'eau dans les régions méditerranéennes augmente constamment, accroissant les risques de sécheresse et d'incendies incontrôlés.
- Le risque de désertification est désormais visible dans de vastes régions de l'Europe du Sud et de l'Afrique du Nord, avec des conséquences importantes sur la biodiversité.
- Depuis les années 1970, la température de l'eau a augmenté d'environ 0,5 °C.
- Le réchauffement climatique a des effets plus marqués en Méditerranée que dans d'autres régions. L'élévation du niveau de la mer est passée de 2,5 mm/an entre 1950 et 1970 à 10 mm/an entre 1990 et 2007.

Même si l'objectif de limiter l'augmentation de la température mondiale à moins de 2 °C est atteint, les moyennes dans de nombreuses régions dépasseront ce seuil. Il existe une relation directe et linéaire entre le changement climatique global et les

variations de température, tant au niveau régional qu'à l'échelle mondiale. Les valeurs extrêmes évoluent de manière disproportionnée dans certaines régions.

e. Conséquences du changement climatique en Grèce

En raison de sa position géographique, entre l'Europe tempérée et le désert de l'Afrique du Nord, la Grèce appartient à une région considérée comme « en alerte maximale », c'est-à-dire parmi les zones fortement affectées par les impacts du changement climatique.

L'environnement grec présente également une grande biodiversité et des caractéristiques climatiques variées, dues :

- à l'interaction entre les systèmes météorologiques,
- à une topographie complexe,
- à la répartition de la terre et de la mer d'ouest en est et du nord au sud.

Ainsi, sur quelques dizaines de kilomètres seulement, les conditions climatiques peuvent passer d'un climat méditerranéen côtier à des caractéristiques proches d'un climat alpin dans les régions centrales et septentrionales du pays.

Cette topographie variée divise la Grèce en une zone occidentale humide (exposée aux pluies) et une zone orientale plus sèche (abritée des précipitations).

Le volume total d'eau reçu annuellement par le pays s'élève en moyenne à 115 milliards de m³, un niveau comparable à celui de nombreux autres pays européens. Toutefois, un déficit hydrique existe, notamment dans la partie orientale, où la disponibilité en eau diminue davantage, non seulement en raison d'une gestion inadéquate des ressources, mais aussi à cause de phénomènes climatiques extrêmes (par exemple, en 1989-1990, les précipitations ont diminué d'environ 40 % en une seule année).

Au cours du siècle dernier, les précipitations ont diminué d'environ 20 %. D'ici la fin du XXI^e siècle, en raison des activités humaines, elles devraient encore diminuer de 5 % à 20 % à l'échelle nationale.

Un autre trait caractéristique de la Grèce est la longueur exceptionnelle de son littoral, environ 16 300 km (soit environ un tiers de la circonférence de la planète). Cette caractéristique rend le pays particulièrement vulnérable à l'élévation du niveau de la mer, estimée entre 0,2 et 2 mètres d'ici 2100. Cette vulnérabilité dépend également d'autres facteurs locaux, tels que les caractéristiques tectoniques et géomorphologiques.

Environ 20 % du littoral grec présente une vulnérabilité moyenne à élevée face aux évolutions attendues.

Les conséquences seront très importantes pour les écosystèmes côtiers, l'agriculture, les éléments du régime alimentaire méditerranéen, la biodiversité ainsi que le tourisme. De nombreuses plages risquent de disparaître à l'avenir, ainsi que les habitations qui s'y trouvent, en raison de l'élévation du niveau de la mer.

Par ailleurs, d'importants problèmes de sécheresse affecteront les îles, la Grèce occidentale et la région de l'Attique. Les augmentations les plus importantes de la durée des périodes de sécheresse sont attendues dans l'est continental et le nord de la Crète, avec environ 20 jours supplémentaires de sécheresse entre 2021 et 2050, et jusqu'à 40 jours supplémentaires entre 2071 et 2100.

Il est également prévu que l'évolution des conditions climatiques augmente considérablement le nombre de jours présentant un risque très élevé d'incendie, avec une hausse d'environ 40 jours entre 2071 et 2100 sur l'ensemble du territoire.

Un impact récent du changement climatique en Grèce est la catastrophe en Thessalie en 2023, connue sous le nom de phénomène « DANIEL ».

La cause principale de ce phénomène est l'augmentation de la température, qui entraîne une évaporation plus importante de l'eau de mer. En conséquence, l'atmosphère contient environ 7 % de vapeur d'eau en plus qu'il y a 200 ans. Les nuages deviennent plus lourds, ce qui provoque des précipitations massives, souvent dévastatrices.



- **En Thessalie, en 2023**, plus de 5 milliards de m³ d'eau sont tombés, soit une quantité équivalente à **la consommation d'eau de l'Attique fournie par l'EYDAP pendant 14 ans !**
- Il existe le courant-jet polaire nord, qui souffle généralement de manière rectiligne et continue d'ouest en est, à une vitesse d'environ 400 km/h, agissant comme une frontière invisible entre le Nord froid et le Sud chaud.
- Avec le changement climatique, le cercle polaire se réchauffe plus facilement, ce qui affaiblit l'intensité et la trajectoire rectiligne du courant-jet. Celui-ci forme alors des ondulations et des méandres (blocage en oméga, appelé ainsi en raison de sa ressemblance avec la lettre grecque ω).

Ainsi, des vagues de chaleur apparaissent plus au nord que d'habitude en raison des masses d'air chaud, tandis que des phénomènes météorologiques liés à l'air froid se manifestent plus au sud.

3.6 Le changement climatique et l'enseignement en classe à l'aide des technologies modernes et de l'IA

Les informations qui suivent sont présentées en détail dans les textes.

Thématique : Je prends soin de l'environnement
Ateliers de compétences de l'Institut de politique éducative du Ministère Grec de l'Éducation. Infrastructures dans les classes/laboratoires et fiches de travail fournies par les enseignants

a. Chaque classe/laboratoire est organisée en trois parties :

- Activité introductive.
- Activité principale portant sur la thématique du changement climatique.
- Activité de réflexion (retour) et clôture de l'activité.

Les élèves reçoivent de l'enseignant les notions de base sur des thèmes tels que le changement climatique, l'effet de serre, les impacts, la conscience écologique, les actions, etc.

Les moyens nécessaires à la mise en œuvre sont une salle de classe ou un laboratoire correctement équipé comprenant :

- Équipement technologique (ordinateur, projecteur, imprimante, logiciels).
- Logiciels (connexion Internet, navigateur web, outils d'IA pour la recherche et le traitement de l'information, logiciels nécessaires).
- Matériel pédagogique sous différentes formes (livres imprimés, ressources numériques).
- Supports de stockage (clé USB, CD, DVD, etc.).

b. Fiches de travail

Exemples de fiches de travail fournies par l'enseignant aux élèves afin d'organiser leur travail :

- Notre planète et les changements historiques observés
- L'avenir de notre planète
- L'effet de serre et ses causes
- Les causes du changement climatique
- Les conséquences du changement climatique sur la santé
- Les énergies alternatives (éoliennes, panneaux photovoltaïques)
- La différence entre météo et climat
- Les conséquences du changement climatique :
 - sur la faune
 - sur la flore
 - sur la pénurie d'eau
 - sur l'apparition de phénomènes météorologiques extrêmes
- Actions des élèves et des parents pour limiter l'effet de serre
- Propositions à adresser au maire pour réduire la pollution au niveau local
- Propositions pour limiter la surconsommation d'énergie, d'eau et de produits au niveau individuel et familial
- Impacts du changement climatique dans notre ville
- Propositions pour le recyclage des matériaux à l'école et à la maison

Des exemples d'organisation et de fonctionnement pédagogique d'ateliers d'éducation environnementale sur le changement climatique sont présentés ci-dessous.

Leçon modèle 1 : **Titre : « Les saisons sont perturbées »**

Résultats attendus :

L'objectif est que les élèves soient capables de :

- Explorer leurs idées et connaissances initiales sur le changement climatique et formuler des questions.
- Partager leurs pensées, sentiments, idées, expériences et connaissances antérieures.
- Construire de nouvelles connaissances à partir de celles déjà acquises, de manière exploratoire et collaborative.
- Vivre une expérience de communication, d'interaction et de coopération.
- Traiter des informations provenant de différentes sources et développer leur esprit critique.
- Renforcer leurs relations interpersonnelles et la dynamique de groupe.

Activités – (indicatives)

Cet atelier introduit de manière naturelle les élèves à la thématique du changement climatique, à travers la réflexion, le dialogue, l'interaction et la communication, en valorisant leur intérêt pour le sujet.

À partir d'un dialogue entre enfants portant sur le changement climatique et d'extraits issus de sources numériques, les élèves étudient des textes et des articles relatifs au thème. Ils partagent leurs commentaires et leurs réflexions, et explorent leurs idées initiales sur la question, en les représentant sous forme de carte (schéma) de leurs conceptions initiales sur le changement climatique.

Ils expriment ce qu'ils savent déjà, tout en formulant des questions sur ce qu'ils souhaitent apprendre. Le résultat de l'atelier est l'expérience collective des élèves ainsi que leur niveau de compréhension du changement climatique.

De cette manière, se construit une base solide pour l'élaboration de nouvelles connaissances.

Matériel pédagogique

- Le mois de janvier le plus chaud depuis 135 ans. Source : kathimerini.gr
- Le mois de décembre le plus chaud des 160 dernières années a été enregistré à Athènes. Source : ethnos.gr
- En Finlande, l'hiver est si doux que les oiseaux cessent de migrer. Source : lifo.gr

Il existe des textes, des extraits de publications et des articles de la presse en ligne qui décrivent le changement climatique observé dans notre pays ainsi que dans différentes régions de la planète.

- Création à l'aide d'une plateforme en ligne.
<https://learningappa.org/watch?v=pf0apb6wk21>

Présentation du travail :

Avec l'utilisation des outils de traitement que les élèves choisiront, ils peuvent présenter leur travail.

Leçon modèle 2 : **Titre : « Le puzzle du changement climatique »**

Résultats attendus :

L'objectif est que les élèves soient capables de :

- Renforcer leur communication, leur coopération et leurs relations interpersonnelles.
- Découvrir le phénomène de l'effet de serre et du changement climatique.
- Relier les activités humaines à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre.
- Découvrir les causes du réchauffement de la planète.
- S'exercer à l'analyse et à la synthèse d'informations issues de sources.
- Activer leur pensée critique.
- Développer des compétences d'expression et de dialogue.

Activités – (indicatives)

C'est un atelier qui implique les élèves dans l'exploration du problème du changement climatique et dans sa relation avec le phénomène de l'effet de serre. À travers la projection d'une vidéo éducative, l'étude de sources pertinentes, la discussion dialoguée et l'interaction active au sein du groupe, les élèves sont informés sur le phénomène de l'effet de serre et du changement climatique.

Ils réfléchissent aux activités humaines qui contribuent à l'augmentation des gaz à effet de serre (transport, chauffage, industries), explorent et découvrent les causes du réchauffement de la planète et du changement climatique.

Matériel pédagogique

- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/assets/clima/ourplanet-ourfuture/ee>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/clima/change/causec>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/environment/global-challenges/consequences/index>
- Vidéo éducative sur le phénomène de l'effet de serre qui familiarise les élèves avec des sujets liés au changement climatique, au phénomène de l'effet de serre, etc.
<https://www.youtube.com/watch?v=IXtQCK9AG>
- Vidéo éducative sur les variations de la température mondiale de 1880 à 2018
NASA Climate Change
<https://www.youtube.com/watch?v=GxxOhoKiSs>
- Texte sur le [thème](#) « Le phénomène de l'effet de serre »
Observatoire National d'Athènes
<https://www.meteo.gr/pdg/thermokipio.pdf>

Présentation du travail

Avec l'utilisation des outils de traitement que les élèves choisiront, ils peuvent présenter leur travail.

Leçon modèle 3 :

Titre : « Le changement climatique est ici »

Résultats attendus

L'objectif est que les élèves soient capables de :

- Renforcer leur communication et leurs relations interpersonnelles.
- Explorer des questions spécifiques liées au changement climatique (impacts sur l'environnement et l'homme).
- S'exercer à l'analyse et à la synthèse d'informations issues de sources, en développant leur pensée critique.
- Être capables d'exprimer leurs sentiments et leur pensée.
- Développer des compétences sociales, l'empathie et leur créativité.
- Collaborer pour atteindre un objectif commun. Un, deux, trois, quatre.

Activités – (indicatives)

Dans cet atelier, les élèves ont l'opportunité de s'exercer à l'analyse et à la synthèse d'informations issues de sources et de textes écrits, de découvrir collectivement des aspects du problème du changement climatique (impacts sur l'environnement et l'homme) et, à travers un traitement critique, une discussion dialoguée et une expression créative de différentes manières (mise en scène de dialogues, écriture créative), de développer des compétences de communication, d'empathie, de pensée critique, de collaboration ainsi que leur créativité.

Matériel pédagogique

- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/assets/clima/ourplanet-ourfuture/ee>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/clima/change/causec>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/environment/global-challenges/consequences/index>
- Vidéo éducative sur le phénomène de l'effet de serre qui familiarise les élèves avec des sujets liés au changement climatique, au phénomène de l'effet de serre, etc.
<https://www.youtube.com/watch?v=IXtQCK9AG>
- Vidéo éducative sur les variations de la température mondiale de 1880 à 2018
NASA Climate Change
<https://www.youtube.com/watch?v=GxxOhoKiSs>
- Texte sur le thème « Le phénomène de l'effet de serre »
Observatoire National d'Athènes
<https://www.meteo.gr/pdg/thermokipio.pdf>

Présentation du travail

Avec l'utilisation des outils de traitement que les élèves choisiront, ils peuvent présenter leur travail.

Leçon modèle 4 : **Titre : « Le regard tourné vers l'avenir »**

Résultats attendus

L'objectif est que les élèves soient capables de :

- Examiner de manière critique des questions liées au changement climatique et de faire des prévisions pour l'avenir
- Distinguer le possible du souhaitable et rechercher des solutions pour un avenir meilleur
- Découvrir des politiques et des pratiques d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses conséquences
- Développer des compétences de communication, de collaboration et d'élaboration collective de solutions
- Développer leur créativité (ainsi que leurs compétences numériques) à travers la création d'une carte conceptuelle

Activités – (indicatives)

Les élèves explorent des scénarios futurs du changement climatique (premier scénario: la situation restera telle quelle. Deuxième scénario : la situation s'aggravera. Troisième scénario : la situation s'améliorera), distinguent le plus probable du souhaitable, font des prévisions, prennent des décisions pour leur avenir et réfléchissent à la manière d'atteindre le scénario souhaité.

Ils étudient des textes et des sources, s'informent sur des solutions durables et des pratiques d'adaptation au changement climatique ainsi que sur l'atténuation de ses conséquences.

Ils notent des solutions et des propositions et combinent la carte conceptuelle du changement climatique avec ses paramètres les plus importants. Enfin, ils présentent des solutions sous forme numérique ou imprimée.

Matériel pédagogique

- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/assets/clima/ourplanet-ourfuture/ee>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/clima/change/causec>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/environment/global-challenges/consequences/index>
- Vidéo éducative sur le phénomène de l'effet de serre qui familiarise les élèves avec des sujets liés au changement climatique, au phénomène de l'effet de serre, etc.
<https://www.youtube.com/watch?v=IXtQCK9AG>
- Vidéo éducative sur les variations de la température mondiale de 1880 à 2018
NASA Climate Change
<https://www.youtube.com/watch?v=GxxOhoKiSs>
- Texte sur le thème « Le phénomène de l'effet de serre »
Observatoire National d'Athènes
<https://www.meteo.gr/pdg/thermokipio.pdf>

Présentation du travail

Avec l'utilisation des outils de traitement que les élèves choisiront, ils peuvent présenter leur travail

Avec l'utilisation des outils de traitement que les élèves choisiront, les élèves peuvent présenter leur travail.

Leçon modèle 5 :

Titre : « Nous apprenons à protéger l'environnement »

Résultats attendus

L'objectif est que les élèves soient capables de :

- Être informés de l'objectif 13 du développement durable : action pour le climat.
- Relier le changement climatique aux conséquences quotidiennes (gaspillage d'énergie, de ressources) et adopter un mode de vie pour y faire face.
- Prendre des décisions responsables concernant des actions susceptibles d'affecter le climat.
- Être capables d'entreprendre des actions pour la protection du climat à la maison et à l'école et en faire un objectif pour aujourd'hui, comme contribution à l'objectif mondial 13.
- Fonctionner en groupe et collaborer.
- Renforcer leur communication, leurs relations interpersonnelles, leur pensée critique et leur créativité.

Activités – (indicatives)

L'atelier introduit les élèves à l'objectif mondial 13 du développement durable (action pour le climat) et les aide à faire le lien avec la manière dont ils peuvent agir eux-mêmes au niveau individuel en le soutenant et en le défendant.

À travers la navigation dans des sources, la collecte d'informations, la réflexion, la discussion dialoguée et le travail en classe, les élèves ont l'opportunité d'explorer des solutions et de décider de bonnes pratiques pour la protection du climat, à travers de simples changements dans leur vie quotidienne, et d'en faire un objectif pour aujourd'hui comme action pour l'objectif mondial 13.

Ils renforcent leurs relations interpersonnelles, développent des compétences de collaboration, de pensée critique et s'expriment de manière créative à travers la rédaction d'un éco-code numérique de bonnes pratiques pour la protection du climat.

Matériel pédagogique

- Centre régional d'information des Nations Unies
<https://unric.org/el>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/assets/clima/ourplanet-ourfuture/ee>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/clima/change/causec>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/environment/global-challenges/consequences/index>
- Vidéo éducative sur le phénomène de l'effet de serre qui familiarise les élèves avec des sujets liés au changement climatique,

au phénomène de l'effet de serre, etc.

<https://www.youtube.com/watch?v=IXtQCK9AG>

- Vidéo éducative sur les variations de la température mondiale de 1880 à 2018
NASA Climate Change
<https://www.youtube.com/watch?v=GxxOhoKISs>
- Texte sur le thème « Le phénomène de l'effet de serre »
Observatoire National d'Athènes
<https://www.meteo.gr/pdg/thermokipio.pdf>

Présentation du travail

Avec l'utilisation des outils de traitement que les élèves choisiront, les élèves peuvent présenter leur travail

Leçon modèle 6 :

Titre : « Nous informons et sensibilisons au changement climatique »

Résultats attendus

L'objectif est que les élèves soient capables de :

- Expérimenter la planification participative et l'organisation d'une campagne d'information et de sensibilisation sur le changement climatique.
- Prendre des décisions collectivement et les mettre en œuvre, en renforçant leurs liens sociaux.
- Être capables de communiquer efficacement sur la question du changement climatique.
- Prendre des initiatives, développer l'esprit d'équipe et renforcer leur confiance en eux.
- Développer leur pensée critique et stratégique et libérer leur créativité.
- Développer des compétences de participation sociale et d'action, de citoyenneté ainsi que leurs compétences numériques.
- Collaborer pour atteindre des objectifs communs.

L'atelier implique les élèves dans la planification collaborative et participative d'une campagne d'information et de sensibilisation de la communauté scolaire et de la communauté élargie sur le changement climatique.

Les élèves prennent collectivement des décisions sur la manière de « communiquer » la question du changement climatique à la communauté scolaire et locale, en informant et en sensibilisant, et passent à la mise en œuvre de leurs actions en groupes, en collaborant pour atteindre l'objectif commun.

L'atelier implique l'ensemble des élèves, en renforçant leur développement personnel, leur confiance en eux, l'esprit d'équipe et les liens sociaux au sein de la classe.

Matériel pédagogique

- Source : Journal Naftemporiki
<https://naftemporiki.gr/story/i539584/peiragmenoi-diasimoi-pinakes-proidopoioun-gia-tin-klimatiki-allagi>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/assets/clima/ourplanet-ourfuture/ee>

- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/clima/change/causec>
- Texte de la Commission européenne
<https://ec.europa.eu/environment/global-challenges/consequences/index>
- Vidéo éducative sur le phénomène de l'effet de serre qui familiarise les élèves avec des sujets liés au changement climatique, au phénomène de l'effet de serre, etc.
<https://www.youtube.com/watch?v=IXtQCK9AG>
- Vidéo éducative sur les variations de la température mondiale de 1880 à 2018
NASA Climate Change
<https://www.youtube.com/watch?v=GxxOhoKISs>
- Texte sur le thème « Le phénomène de l'effet de serre »
Observatoire National d'Athènes
<https://www.meteo.gr/pdg/thermokipio.pdf>

Présentation du travail

Avec l'utilisation des outils de traitement que les élèves choisiront, les élèves peuvent présenter leur travail

3.7 Le rôle de l'enseignant

Le rôle des enseignants est très crucial, car il peut contribuer de manière décisive à la formation d'initiatives sociales chez leurs élèves, qui seront les adultes de demain et participeront, plus ou moins, à la prise de décisions pour l'avenir.

À travers les informations présentées, notamment dans le chapitre 3, nous souhaitons vous sensibiliser particulièrement aux questions de protection de l'environnement et vous encourager à étudier plus en profondeur la bibliographie, les recherches et les conclusions qui en découlent.

- Définit des groupes hétérogènes de trois à quatre élèves
- Présente le thème de l'atelier et en fait une brève introduction
- Donne aux élèves des idées sur les sources (internet ou livres) d'où ils peuvent tirer des informations sur le sujet étudié
- Guide les élèves avec des idées sur les outils d'IA qu'ils peuvent utiliser afin de réaliser leur travail
- Indique aux élèves comment exploiter les possibilités d'un outil d'intelligence artificielle qu'ils auront choisi
- Guide les membres de chaque groupe sur la manière de réaliser et de présenter leur travail aux autres élèves
- Note les conclusions de chaque travail ainsi que la conclusion finale
- Demande aux élèves d'exprimer leur opinion
- Encourage la discussion et l'échange d'idées, d'opinions et de propositions
- Questions indicatives : Qu'avez-vous appris ? Qu'avez-vous accompli ? Qu'avez-vous gagné ? Que retiendrez-vous de l'atelier ?
- Incite les élèves à proposer des moyens de sensibiliser le grand public aux questions du changement climatique et de la protection de l'environnement

3.8 Sources d'information que les élèves peuvent utiliser

Comme nous l'avons déjà constaté, le changement climatique constitue un phénomène social et scientifique de notre époque, avec des impacts variés. La nécessité d'une information correcte et fiable pour tous, ainsi que la crédibilité des sources d'information, est essentielle.

Les sources d'information proposées ci-dessous sont considérées comme fiables et peuvent être utilisées par les enseignants lorsqu'ils préparent des travaux et des cours relatifs au changement climatique, ou être proposées à leurs élèves.

- Climate change 2023 Synthesis Report
<https://www.ipcc.ch/report>
- Climate change disinformation and how to combat it 2021
<https://doi.org/10.1146>
- Science Education in an age of misinformation
<https://org./10.1002>
- Public Engagement with climate change.
What do we know and where do we go from here, 2013
<https://doi.org/10.1386>
- Création d'un nuage de mots à l'aide d'une plateforme en ligne
<https://learningapps.org/watch?v=pf0apb6wk21>
- Vidéo éducative : Phénomène de l'effet de serre NOESISSCIEN (durée 5.20). Disponible sur le lien
<https://www.youtube.com/watch?v=1ZtQCK9AG20>
- Vidéo : Variations de la température mondiale de 1880 à 2018 (0.33) NASA Climate Change
<https://www.youtube.com/watch?v=gXXOkhoki8s>
- Le phénomène de l'effet de serre
Source : Observatoire National d'Athènes
<https://www.meteo.gr/pdf/thermokipio.pdf>
- Source : Commission européenne
https://ec.europa.eu/assets/clima/our_planet_our_future/el/files/assets/basic-html/page5.html

3.9 Idées pour l'organisation d'événements de diffusion

Pour la diffusion du thème du changement climatique et de la protection de l'environnement, l'enseignant(e) peut coordonner les élèves afin qu'ils organisent diverses activités de diffusion telles que :

- Organisation d'une journée d'information sur le changement climatique à l'école ou d'un débat ouvert, en mobilisant tous les acteurs locaux impliqués (éducatifs, scientifiques et sociaux).
- Organisation d'une exposition de « création des élèves », ouverte aux parents et à la communauté locale. Les productions et travaux réalisés durant les ateliers peuvent être exposés dans un espace spécialement aménagé à l'école ou dans la communauté et constituer une source de réflexion et d'action pour les élèves, les parents et la communauté locale. Ainsi, le programme dépasse les quatre murs de la classe et devient un moyen de relier l'école à la vie réelle.

- Présentation de l'événement aux autres classes de l'école ou aux parents, en utilisant des logiciels de traitement de texte et de présentation.
- Campagne d'information/sensibilisation avec affichage d'affiches et de posters, distribution de brochures informatives avec de bonnes pratiques pour la protection du climat, production de messages radio ou de vidéos et leur envoi à une station de radio locale pour sensibilisation, rédaction d'un article et envoi à la presse locale.
- Affichage des travaux des élèves sur les panneaux d'affichage de l'école, sur le site web de l'école ou dans le journal scolaire. Communication avec des organismes et diffusion finale des résultats d'apprentissage dans toute l'unité scolaire lors d'un événement spécial de présentation du programme.
- Présentation de l'événement à des élèves d'autres écoles

Questions du chapitre 3

Après l'achèvement de l'étude du chapitre 3, les participants/participant(e)s devront être en mesure de donner des réponses claires et précises à des questions telles que:

- Donner trois exemples de phénomènes météorologiques extrêmes liés au changement climatique.
- Pourquoi le changement climatique actuel diffère-t-il des changements naturels précédents de la Terre ?
- Quelles sont certaines des conséquences du changement climatique sur la santé et l'économie ?
- Qu'est-ce que « l'effet de serre » et quel est le rôle du dioxyde de carbone CO₂ ?
- Pourquoi l'être humain est-il considéré comme responsable de l'accélération du changement climatique ?
- Justifiez pourquoi le changement climatique a des effets sur la santé humaine.
- Donner des exemples de changements dans la biodiversité animale dus au changement climatique.
- Donner des exemples de changements dans la biodiversité végétale dus au changement climatique.
- De quelles manières et pour quelles raisons l'implication des élèves et des parents dans des activités de diffusion pour la protection du climat est-elle utile et pourquoi?
- Proposer au moins 5 actions simples que nous devons tous faire au quotidien afin de protéger l'environnement et contribuer, même modestement, à la réduction des effets du changement climatique.
- Proposer au moins 5 actions simples que nous devons tous éviter au quotidien afin de protéger l'environnement et contribuer, même modestement, à la réduction des effets du changement climatique.

Conclusions du chapitre 3

Le changement climatique — en tant que phénomène complexe, accéléré par l'activité humaine — constitue un domaine éducatif central où l'IA aide à développer la conscience environnementale, la compréhension interdisciplinaire et la participation active des citoyens, indépendamment de leur âge, aux questions de protection de l'environnement.

Le changement climatique doit maintenir une « relation étroite » avec l'éducation.

Le changement climatique

- **Est réelle et critique** : augmentation des vagues de chaleur, incendies, phénomènes extrêmes.
- **Contexte historique** : le climat change naturellement au cours des périodes géologiques. Le changement actuel se produit très rapidement et affecte directement la vie.
- **Effet de serre** : des gaz comme le CO₂/CH₄ piègent le rayonnement infrarouge. Sans eux, la température serait d'environ -19°C, mais l'activité humaine augmente leur concentration dans l'atmosphère, entraînant une hausse de la température.
- **Empreinte humaine** :
Les émissions de CO₂ sont passées de mégatonnes à gigatonnes/an.
- Les impacts apparaissent dans des domaines tels que la santé, la productivité, l'agriculture, le tourisme et la modification de la biodiversité.
- **Points de basculement** (tipping points) : AMOC, glaces du Groenland/Antarctique, Amazonie, etc.
- **Grèce** : "hotspot" méditerranéen, événements intenses (ex. DANIEL), plus de journées chaudes, pluies plus intenses, davantage d'incendies.
- **Conséquence pédagogique** : nécessité d'un enseignement fondé sur des données scientifiques, analyse **des causes/responsabilités**, compréhension de la justice et des inégalités dans les émissions, lien avec les **solutions politiques** (objectifs de Paris, adaptation/atténuation), ainsi que les activités humaines influençant le changement climatique.

4. Enseignants et éducation avec l'IA. Idées et applications

Objectifs du chapitre 4

À l'issue du chapitre 4, le/la participant(e) pourra :

- **Expliquer** comment l'IA influence l'écosystème éducatif à tous les niveaux.
- **Identifier** les besoins de formation des enseignants et les niveaux de compétences numériques des élèves.
- **Concevoir** des cours utilisant l'IA de manière pédagogiquement et éthiquement responsable.
- **Organiser** des groupes d'élèves et l'infrastructure matérielle pour un apprentissage collaboratif et multimodal.
- **Développer** des plans d'apprentissage personnalisés/différenciés avec le soutien de l'IA.
- **Évaluer** les travaux des élèves utilisant l'IA selon des critères de transparence, de validité et d'originalité.
- **Relier** le développement des compétences numériques et de la pensée critique au bien-être individuel et social futur.
- **Concevoir** des programmes d'apprentissage personnalisés avec l'IA pour divers besoins éducatifs.
- **Définir** des groupes hétérogènes de 3 à 4 élèves.
- Définir et **gérer** l'infrastructure matérielle (ordinateurs portables, projection, matériel de soutien).
- Définir les rôles de l'enseignant et des groupes et développer le contrôle de la fiabilité des sources et de l'utilisation de l'IA.
- **Élaborer** une « expérience d'apprentissage finale » collective à partir des travaux partiels.
- **Orienter** la recherche avec des fiches de travail claires et un calendrier de travail de 4 à 5 jours.
- **Intégrer** le contrôle des sources, la documentation et la synthèse des points de vue dans la présentation finale.
- **Appliquer** les principes de protection des données, d'évitement de la désinformation et de mention responsable de l'utilisation de l'IA.
- **Assurer** une supervision humaine dans les décisions/évaluations soutenues par l'IA.

4.1 Introduction

L'apparition de l'IA ces dernières années a fortement influencé de nombreuses activités humaines ainsi que de nombreux groupes sociaux. Il est donc attendu qu'elle influence également les activités éducatives à tous les niveaux d'enseignement, ainsi que l'ensemble des enseignants.

Habituellement, chaque changement commence par le haut, depuis le sommet, et se propage vers la base. Le mode habituel de mise en œuvre d'une innovation

éducative consiste à ce qu'elle soit décidée au niveau supérieur, testée de manière pilote, puis suivie d'une application généralisée, à condition que les enseignants aient été formés de manière appropriée afin de la mettre en œuvre correctement.



Dans le cas spécifique de l'IA, la majorité des élèves sait utiliser les applications technologiques et l'IA bien avant, et avec plus d'aisance, que la plupart des enseignants.

Ce fait s'explique. Les applications technologiques et l'IA sont apparues en Grèce presque en même temps que dans les autres pays numériquement développés, principalement en raison de la généralisation de l'utilisation d'Internet. Ainsi, les jeunes s'y sont familiarisés avant les adultes. Cela a rendu nécessaire la conception et la mise en œuvre de « formations d'information pour les enseignants, de différents niveaux » par divers organismes, afin que les enseignants puissent :

- Comprendre le niveau des compétences numériques de leurs élèves et l'utiliser en conséquence. En particulier, comprendre si et comment les élèves utilisent ChatGPT.
- Apprendre les applications de la technologie numérique, en particulier de l'IA, et comment les exploiter de la meilleure manière dans les processus éducatifs qu'ils appliquent en classe avec leurs élèves.
- Prendre conscience qu'ils peuvent utiliser l'IA en adaptant ou en réajustant l'enseignement de toutes les matières, théoriques ou pratiques, et en les enrichissant avec des exercices, des travaux individuels ou collectifs, des représentations graphiques, des images pertinentes et, de manière générale, des activités pédagogiques innovantes qui facilitent l'accès à la connaissance.
- Comprendre que l'acquisition de compétences numériques, tant pour eux-mêmes que pour leurs élèves, ainsi que l'utilisation correcte de l'IA, posent les bases du développement de la pensée critique, améliorent le travail éducatif et préparent eux-mêmes ainsi que leurs élèves au monde dans lequel la technologie jouera un rôle de plus en plus important dans la vie privée et professionnelle.
- Utiliser l'IA pour concevoir des cours personnalisés pour des élèves ayant un haut ou un faible QI, préparer un enseignement de soutien pour les chapitres où les élèves rencontrent des difficultés, aborder plus facilement l'orientation professionnelle des élèves, et les guider vers « l'entrepreneuriat » en leur présentant des bonnes pratiques et des idées innovantes pour des start-ups, entreprises, etc.

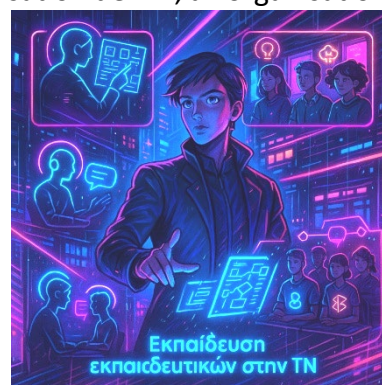
L'Union européenne reconnaît l'éducation comme l'un des principaux domaines où l'IA peut être utilisée et apporter de très bons résultats tant au niveau individuel qu'au niveau social.

4.2 Formation des enseignants

L'intégration de l'IA dans l'enseignement dépend du degré de son acceptation par les enseignants et du niveau de formation de ceux-ci à l'utilisation de l'IA, à l'organisation de leurs cours et de leurs autres activités éducatives.

La formation des enseignants à l'IA concerne :

- L'enseignement des cours et la méthodologie didactique
- La création de matériel pédagogique et la conception de cours généraux et spécifiques
- L'organisation de la structure de la classe de manière à exploiter les connaissances, les compétences et les talents des élèves



- La manière de valoriser chaque élève individuellement
- Le développement de programmes d'apprentissage personnalisés, en fonction des besoins spécifiques et des caractéristiques de chaque élève.

L'introduction de l'IA peut constituer un outil inédit d'amélioration de l'éducation, à condition qu'elle soit utilisée correctement.

4.3 Idées pour l'organisation de cours d'intérêt général avec l'utilisation de l'IA

4.3.1 Actions de préparation

a. Répartition des élèves

Les élèves sont répartis en groupes de 3 ou 4 élèves chacun, hétérogènes en termes de genre, de niveau et de relations d'amitié, avec pour objectif de coopérer harmonieusement et de fonctionner de manière complémentaire entre eux.

b. Infrastructure matérielle

- Chaque groupe devrait idéalement disposer de son propre ordinateur portable.
- Dans la classe, il doit y avoir un ordinateur central, une imprimante et un vidéoprojecteur pour la projection du matériel.

c. Création de matériel de soutien en lien avec le sujet que les élèves vont développer et affichage de celui-ci à des points clés de la salle de classe.

d. Définition du rôle de l'enseignant et des groupes d'élèves.

L'enseignant, en collaboration avec les élèves, conçoit les activités, encourage les élèves à utiliser des sources d'information issues de la bibliographie pertinente ou d'Internet, à exploiter l'IA en choisissant les outils les plus appropriés pour chaque cas, à collecter du matériel à partir de sources fiables, à vérifier la fiabilité de leurs sources et à trouver la manière la plus attrayante de présenter le travail de chaque groupe.

e. L'expérience finale d'apprentissage résultera de la combinaison des travaux de tous les groupes.

4.3.2 Exemples de travaux en classe :

Travail avec la thématique suivante

a. Sujet : « Le théâtre et la représentation théâtrale, moyen d'éducation et de réflexion »

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d'adapter de manière appropriée :

- L'introduction initiale de l'enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l'introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l'enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d'une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Le rôle du théâtre dans la Grèce antique

(FT) 2 Le rôle du théâtre dans les sociétés contemporaines

(FT) 3 Les messages sociaux et éthiques du théâtre grec antique

(FT) 4 Représentations théâtrales contemporaines

Jour 2 et 3 - Chaque groupe, en utilisant l'IA et les différents « outils » qu'il a choisi d'utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail choisie. Durée de chaque présentation : 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux en format électronique et collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, basée sur les travaux partiels.

Jour 4 - Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail global de tous les élèves. Suivent une discussion, des commentaires et des observations.

Le cours se termine par les commentaires de l'enseignant (durée 5 minutes).

b. Travail avec un sujet de la géographie de la Grèce

Sujet : « Enseigner la géographie. Découvrons l'Épire »

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d'adapter de manière appropriée :

- L'introduction initiale de l'enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l'introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l'enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d'une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Préparez une carte de l'Épire en définissant clairement les limites du département, les principales villes et les zones présentant un intérêt particulier pour les visiteurs du département.

Indiquez les principales montagnes avec leurs altitudes, les rivières de leurs sources jusqu'à leurs embouchures, les lacs avec leur superficie, ainsi que tout autre élément que vous jugez nécessaire, par exemple les gorges, les ponts, les routes principales et secondaires.

(FT) 2 Faites un bref résumé de l'histoire du département, depuis les temps anciens jusqu'à aujourd'hui.

Notez les caractéristiques culturelles du département, telles que les danses locales, les chants, les costumes, les fêtes traditionnelles (quand et où elles ont lieu), les recettes traditionnelles, et faites une brève référence à chacun de ces éléments.

(FT) 3 Énumérez les produits locaux, de production primaire et secondaire de l'Épire. À quelle période sont-ils produits et en quelles quantités ? Lesquels sont exportés en dehors du département ?

(FT) 4 Indiquez le nombre d'habitants de l'Épire, leur répartition selon l'âge et le sexe, leur répartition par zone géographique du département, ainsi que leur répartition dans les principaux secteurs d'activité.

Y a-t-il eu une augmentation ou une diminution de la population au cours des 20 dernières années ?

À quoi attribuez-vous ce changement ?

(FT) 5 Mentionnez les infrastructures publiques et privées du département, telles que :

- le nombre de crèches, d'écoles primaires, de collèges, de lycées, d'écoles techniques, d'universités et le nombre d'étudiants dans chaque catégorie
- le nombre d'hôpitaux, de centres de santé, de ports, de casernes de pompiers, de musées publics et privés, de monastères, et commentez les résultats.

Jour 2 et 3 - Chaque groupe, en utilisant l'IA et les différents « outils » qu'il a choisi d'utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail choisie. Durée de chaque présentation : 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux en format

électronique et collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, basée sur les travaux partiels.

Jour 4 - Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail global de tous les élèves. Suivent une discussion, des commentaires et des observations.

Jour 5 - L'enseignant conclut le cours par un bilan final, commente le « travail final », la manière dont chaque groupe a travaillé, fait des observations, des commentaires et attribue des éloges.

c. Travail avec un sujet de l'histoire de la Grèce

Sujet : «Un événement historique important : Alexandre le Grand et sa campagne»

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d'adapter de manière appropriée :

- L'introduction initiale de l'enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l'introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l'enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d'une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Brève description de la position historique de la Macédoine au IIIe et IVe siècle av. J.-C. en Grèce. La famille royale, l'éducation et la formation d'Alexandre.

(FT) 2 Comment l'organisation de la campagne d'Alexandre a été réalisée et mise en œuvre (déplacement des troupes, transport des provisions, communication avec la patrie, etc.).

(FT) 3 Quelles sont les principales batailles menées par l'armée d'Alexandre et à quelles périodes. Le comportement d'Alexandre envers les vaincus. Les enseignements tirés de son attitude envers ses adversaires.

(FT) 4 Les projets d'Alexandre qui n'ont pas été réalisés en raison de sa mort prématurée. La fin de sa campagne.

(FT) 5 La réaction du monde au fil du temps face au phénomène « Alexandre » et pourquoi on lui a attribué le qualificatif « le Grand »

Jour 2 et 3 – Chaque groupe, en utilisant l'IA et les différents « outils » qu'il a choisi d'utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail qu'il a sélectionnée. La durée de chaque présentation est de 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux des groupes et collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, qui sera basée sur les travaux partiels.

Jour 4 – Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail collectif de tous les élèves. S'ensuivent : discussion, commentaires et observations.

Jour 5 – L'enseignant conclut le cours par un bilan final et commente le « travail final », la manière dont chaque groupe a travaillé, fait des observations, des commentaires et attribue des éloges.

d. Travail sur un thème des sciences exactes

Sujet : « Quelles formes d'énergie connaissons-nous et quel est leur rôle dans la vie des êtres humains et dans le maintien de l'équilibre de l'environnement naturel »

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d'adapter de manière appropriée :

- L'introduction initiale de l'enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l'introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l'enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d'une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Donnez la définition de l'énergie. Quelles formes d'énergie connaissez-vous ? Regroupez les différentes formes selon leurs caractéristiques. Justifiez votre classification.

(FT) 2 Décrivez le rôle de l'énergie solaire qui atteint la Terre pour le maintien de la vie telle que nous la connaissons. Que se passerait-il si moins ou plus d'énergie du Soleil atteignait la Terre ?

(FT) 3 Qu'est-ce que « l'effet de serre », à quoi est-il dû et comment affecte-t-il la vie sur Terre ?

(FT) 4 Décrivez les avantages et les inconvénients de la production d'énergie à partir de :

- centrales nucléaires
- installations photovoltaïques
- éoliennes

Jour 2 et 3 – Chaque groupe, en utilisant l'IA et les différents « outils » qu'il a choisi d'utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail qu'il a sélectionnée. La durée de chaque présentation est de 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux des groupes et collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, qui sera basée sur les travaux partiels.

Jour 4 – Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail collectif de tous les élèves. S’ensuivent : discussion, commentaires et observations.

Jour 5 – L’enseignant conclut le cours par un bilan final, commente le « travail final », la manière dont chaque groupe a travaillé, fait des observations, des commentaires et attribue des éloges.

e. Travail en littérature

Sujet : « Les écrivains et la littérature en Grèce au XXe siècle »

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d’adapter de manière appropriée :

- L’introduction initiale de l’enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l’introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l’enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d’une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Préparez une liste des écrivains grecs les plus importants du XXe siècle. Regroupez-les selon leurs caractéristiques littéraires particulières. Justifiez la classification que vous ferez.

(FT) 2 Dans quelle mesure leur œuvre littéraire a-t-elle été influencée par les conditions sociales de leur époque et par leur situation familiale ? Quelle a été la réception de leur œuvre par les lecteurs et comment pensez-vous que cela se mesure ? Donnez quelques exemples.

(FT) 3 Proposez cinq œuvres (littéraires ou poétiques) qui vous ont particulièrement marqué.

Présentez un court extrait (au maximum une demi-page) d’une œuvre littéraire qui vous a marqué et présentez-le à vos camarades. Justifiez votre choix. Selon vous, « l’écrivain » et la « littérature » peuvent-ils devenir un « métier » ? Oui ou non, et pourquoi ?

(FT) 4 Sous quelle forme préférez-vous lire un livre :

- Imprimé
 - sous forme électronique
 - sous forme de livre audio
- Justifiez votre réponse.

Jour 2 et 3 – Chaque groupe, en utilisant l’IA et les différents « outils » qu’il a choisi d’utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail qu’il a sélectionnée. La durée de chaque présentation est de 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux des groupes et

collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, qui sera basée sur les travaux partiels.

Jour 4 – Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail collectif de tous les élèves. S’ensuivent : discussion, commentaires et observations.

Jour 5 – L’enseignant conclut le cours par un bilan final et commente le « travail final », la manière dont chaque groupe a travaillé, fait des observations, des commentaires et attribue des éloges.

st. Travail dans le domaine de l’écosystème marin

Sujet : « La mer et l’environnement marin. Comment influencent-ils notre vie »

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d’adapter de manière appropriée :

- L’introduction initiale de l’enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l’introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l’enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d’une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Comment pensez-vous que la mer influence notre vie directement et indirectement ? Mentionnez les différents modes et domaines d’influence.

(FT) 2 La pollution de la mer. Décrivez les causes de pollution que vous connaissez et comment elles affectent les êtres humains ainsi que la flore et la faune marines.

(FT) 3 Quels mammifères marins connaissez-vous que l’on peut rencontrer dans les mers grecques ?

Classez-les selon leur taille.

Lesquels sont dangereux pour l’homme et de quelle manière ?

(FT) 4 Par quelles actions humaines la flore et la faune marines sont-elles menacées? Quelles actions pouvons-nous entreprendre ou éviter pour protéger l’écosystème marin ?

(FT) 5 Que savez-vous de l’aquaculture ? Quelle est votre opinion à ce sujet ?

Jour 2 et 3 – Chaque groupe, en utilisant l’IA et les différents « outils » qu’il a choisi d’utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail qu’il a sélectionnée. La durée de chaque présentation est de 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux des groupes et collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, qui sera basée sur les travaux partiels.

Jour 4 – Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail collectif de tous les élèves. S'ensuivent : discussion, commentaires et observations.

Jour 5 – L'enseignant conclut le cours par un bilan final et commente le « travail final », la manière dont chaque groupe a travaillé, fait des observations, des commentaires et attribue des éloges.

i. Travail lié à l'environnement

Sujet : « Qu'est-ce que le changement climatique et comment affecte-t-il la vie sur notre planète »

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d'adapter de manière appropriée :

- L'introduction initiale de l'enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l'introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l'enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d'une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Qu'est-ce que le changement climatique et comment le percevons-nous ?

(FT) 2 Quelles sont les conséquences négatives du changement climatique dans notre vie quotidienne ? Existe-t-il des effets positifs et lesquels ?

(FT) 3 Les êtres humains peuvent-ils influencer les effets du changement climatique ?

(FT) 4 Quelles sont les conséquences du changement climatique sur l'agriculture, l'élevage et la pêche ?

(FT) 5 Le changement climatique a-t-il des effets sur l'économie d'une région ou d'un pays ?

Jour 2 et 3 – Chaque groupe, en utilisant l'IA et les différents « outils » qu'il a choisi d'utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail qu'il a sélectionnée. La durée de chaque présentation est de 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux des groupes et collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, qui sera basée sur les travaux partiels.

Jour 4 – Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail collectif de tous les élèves. S'ensuivent : discussion, commentaires et observations.

Jour 5 – L’enseignant conclut le cours par un bilan final et commente le « travail final », la manière dont chaque groupe a travaillé, fait des observations, des commentaires et attribue des éloges.

g. Travail lié à l’environnement

Sujet : « Que savez-vous du climat d’une région »

Le travail proposé peut constituer un exemple de cours suggéré et être appliqué à des élèves de différentes classes, à condition d’adapter de manière appropriée :

- L’introduction initiale de l’enseignant aux élèves
- La préparation de « fiches de travail » (FT), qui seront distribuées aux élèves en fonction de l’introduction qui aura précédé



Jour 1. - Introduction de l’enseignant au sujet

- Répartition des élèves en groupes et désignation du responsable de chaque groupe
- Distribution aux élèves de chaque groupe d’une « fiche de travail » relative au sujet, telle que :

(FT) 1 Quelles formes de climat connaissez-vous ? Quelles sont leurs similitudes et leurs différences ?

(FT) 2 Qu’est-ce que le climat d’une région et de quels facteurs dépend-il ?

(FT) 3 Le climat des différentes régions de la Terre est-il resté stable au cours des périodes historiques (millénaires) ? Décrivez les principales variations et leurs effets sur la flore et la faune.

(FT) 4 Si vous pouviez choisir le climat de la région où vous vivez, lequel choisiriez-vous et pourquoi ?

(FT) 5 Qu’est-ce que le microclimat ? Le facteur humain peut-il l’influencer et comment ?

Jour 2 et 3 – Chaque groupe, en utilisant l’IA et les différents « outils » qu’il a choisi d’utiliser (image, son, vidéo, PowerPoint, etc.), présente son travail, basé sur la fiche de travail qu’il a sélectionnée. La durée de chaque présentation est de 10 à 15 minutes. Les responsables des groupes rassemblent des copies des travaux des groupes et collaborent entre eux pour la présentation finale du sujet, qui sera basée sur les travaux partiels.

Jour 4 – Les responsables désignent un représentant qui se charge de présenter en classe le « travail final », résultat du travail collectif de tous les élèves. S’ensuivent : discussion, commentaires et observations.

Jour 5 – L’enseignant conclut le cours par un bilan final et commente le « travail final », la manière dont chaque groupe a travaillé, fait des observations, des commentaires et attribue des éloges.

Questions du Chapitre 4

Après l'achèvement du Chapitre 4, les participants devront être en mesure de répondre à des questions telles que :

- Dans quels domaines les enseignants doivent-ils être formés pour exploiter l'IA ?
- De quelles manières l'IA peut-elle améliorer l'enseignement en classe ?
- Quelles compétences se développent lorsque les enseignants et les élèves utilisent correctement l'IA ?
- Comment l'IA peut-elle aider à créer des cours personnalisés ?
- Que signifie « utilisation correcte » de l'IA dans l'éducation ?
- De quelle manière les élèves sont-ils répartis en groupes pour les travaux ?
- Quelle infrastructure matérielle est nécessaire pour organiser des cours avec l'utilisation de l'IA ?
- Quelle est l'étape finale de chaque travail de groupe ? Et quel est le rôle des enseignants ?
- Comment un travail comme « Le théâtre et la représentation théâtrale » peut-il devenir un moyen de détecter les talents particuliers des élèves ?
 - Quel est le rôle de l'IA ?
- Comment un travail sur une région géographique peut-il devenir une occasion de réflexion et de proposition d'idées par les élèves pour le développement de cette région ?
 - Quel est le rôle de l'IA ?
- Comment un travail sur une personnalité historique peut-il devenir un moyen d'approfondir les conditions sociales de l'époque ?
 - Quel est le rôle de l'IA ?
- Comment pourriez-vous exploiter au maximum les connaissances sur la nature, le climat et le changement climatique afin de sensibiliser les élèves à la protection de l'environnement ?

CONCLUSIONS DU CHAPITRE 4

L'IA est déjà entrée dans l'éducation et peut améliorer de manière significative l'enseignement à tous les niveaux, à condition que les enseignants soient formés de manière systématique et l'utilisent de façon pédagogique, en mettant l'accent sur la pensée critique, la personnalisation et la fiabilité des sources.

- La formation ne constitue pas seulement un séminaire technique ; elle couvre :
 - la **méthodologie didactique** et la refonte des cours.
 - la **production/adaptation** de matériel (scénarios, exercices, images, présentations).
 - l'**organisation** de la classe afin de valoriser les talents, les rôles et la collaboration.
 - des **programmes personnalisés** (remédiation, élèves avancés, besoins éducatifs particuliers).
 - l'**éthique – la sécurité – la fiabilité des sources**.
- Objectifs pédagogiques de la formation :
 - **cartographie des compétences** numériques des élèves (par ex. utilisation de ChatGPT).
 - utilisation de l'IA pour la **différenciation** (niveau cognitif élevé/faible).

- **renforcement de la pensée critique** et des compétences métacognitives.
- **orientation professionnelle et entrepreneuriat** (bonnes pratiques, idées de start-ups).

L'IA **n'est pas une matière en soi** ; c'est une préparation dans différentes thématiques (théâtre, géographie, histoire, sciences, littérature, environnement, climat), qui doit suivre l'architecture commune suivante.

- **Architecture commune :**
Préparation (groupes, rôles, infrastructure, fiches de travail, règles sur les sources/IA).
Présentations intermédiaires (10–15') avec outils multimédias et IA.
Synthèse en travail final (produit d'apprentissage visible).
Réflexion: discussion, commentaires, évaluation, éloges.
- Les fiches de travail conduisent à **la recherche, à l'analyse critique, à l'évaluation et à la création** - et non à la copie simple.
- Une attention est portée à la **différenciation** (multiples perspectives/rôles) et à **l'interdisciplinarité** (par ex. climat ↔ santé ↔ économie).
- L'IA **ne remplace pas** l'enseignant ; elle **renforce** son rôle de concepteur de l'apprentissage, de mentor et de garant de la qualité.
- Le changement climatique, en tant que **sujet d'enseignement urgent**, montre pourquoi nous avons besoin d'élèves dotés de **compétences en recherche, argumentation, documentation et capacité d'action collective**.
- L'école devient un espace où l'IA se transforme d'un « outil de production de texte » en **catalyseur de création et de pensée critique**, avec un impact social concret.

L'intégration responsable de l'IA dans l'éducation, à travers une formation ciblée et une conception pédagogique, améliore l'enseignement, renforce la pensée critique et la personnalisation, et prépare les élèves à faire face à des défis complexes -comme la crise climatique- avec une approche scientifique, la collaboration et une citoyenneté active.

Travail de synthèse du Chapitre 4

Ce travail porte sur le phénomène du **changement climatique** et vous devrez utiliser des outils d'intelligence artificielle générative (GenAI) afin de recueillir des informations et de créer de nouvelles images liées au changement climatique.

Plus précisément, vous devrez utiliser comme sources de données primaires les documents relatifs aux Nouveaux Programmes d'Études (PE) de l'IEP (Institut de Politique Éducative) ainsi que les Guides correspondants de l'Enseignant (GE). Ces données devront être utilisées dans des échanges sous forme de questions–consignes (prompts), avec certains des outils GenAI du matériel.

Vous pouvez choisir parmi les Programmes d'Études suivants :

- *Éducation préscolaire*
- *Étude de l'environnement (de la 1^{re} à la 4^e année du primaire)*
- *Citoyen actif*

Au total, 6 fichiers PDF sont disponibles gratuitement sur le lien suivant :

<https://www.iep.edu.gr/provoli-neon-programmaton-spoudon/>

Partie A

Pour 5 images issues des Guides de l'enseignant, vous devrez utiliser les versions gratuites de **ChatGPT** et **Gemini** (ou tout autre outil gratuit d'intelligence artificielle générative que vous choisirez et mentionnerez), afin de produire, à partir d'un échange avec cet outil (échange que vous devrez enregistrer en détail), une description pour chaque image. Les échanges avec les deux outils devront être réalisés à l'aide de vos propres questions (prompts) et porter sur chacune des 5 images sélectionnées. Vous devrez consigner les résultats de manière détaillée, par outil et par image.

À titre indicatif -sans caractère obligatoire- des exemples de « bons » prompts sont présentés dans le tableau suivant, et vous pouvez également poursuivre l'échange en fonction des réponses fournies par l'outil d'intelligence artificielle.

Tableau : Exemples de « bons » prompts.

1	<i>Que décrit l'image (ou le dessin, ou le schéma, ou le graphique [choisissez selon le cas])</i>
2	<i>Associez cette image (ou dessin, ou schéma, ou graphique [choisissez selon le cas]) au changement climatique</i>
3	<i>Associez cette image (ou dessin, ou schéma, ou graphique [choisissez selon le cas]) à l'effet de serre</i>
4	<i>Puis-je avoir quelques idées pour enseigner ce phénomène au niveau {choisissez le niveau d'enseignement}</i>
5	<i>Suppose que tu es un élève de 2^e année du primaire (et indique l'âge) : comment l'image que je fournis pourrait-elle être associée à la notion de changement climatique / effet de serre... (gaz, etc.), afin que le jeune élève puisse la comprendre ?</i>
6	<i>Question combinée : par exemple, vous avez trouvé une image de nuages ; comment associeriez-vous cette image, pour des élèves de 2^e année du primaire, au changement climatique ou à l'effet de serre ?</i>
7	<i>Question libre, ciblée, de votre choix</i>

Partie B

En utilisant deux nouveaux outils d'intelligence artificielle pour la génération d'images, **Copilot** et **Claude** (ou tout autre outil gratuit GenAI que vous choisirez pour la création d'images), créez 5 (soit au total 10) images correspondantes, schémas ou graphiques similaires à ceux que vous avez trouvés dans la partie précédente du travail. Présentez les 10 nouvelles images créées.

Partie C

Choisissez 5 parmi les 10 nouvelles images que vous avez créées et demandez, avec n'importe quel outil GenAI de votre choix, de les expliquer en utilisant les concepts de base du changement climatique.

Consignez vos échanges.

Bibliographie

- European Commission. (2022). Ethical guidelines on the use of artificial intelligence AI and data in teaching and learning for educators. Publications Office of the European Union. Available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d81a0d54-5348-11ed-92ed-01aa75ed71a1/>
- UNESCO. (2021). Artificial intelligence in education: Guidance for policymakers. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- Nouveaux Programmes d'Études (PE) et Guides de l'enseignant (GE) de l'Institut de Politique Éducative (IEP) pour l'école primaire et l'éducation préscolaire :
 - 1/ Éducation préscolaire (maternelle)
 - 2/ Étude de l'environnement (de la 1re à la 4e année du primaire)
 - 3/ Géographie (5e et 6e année du primaire)
 - 4/ Sciences (5e et 6e année du primaire)
 - 5/ Citoyen actif (maternelle et de la 1re à la 6e année du primaire)
 Tous les programmes et guides sont disponibles (en grec) librement sur le site de l'IEP (10 fichiers PDF au total) :
<https://iep.edu.gr/el/nea-programmata-spoudon-arxiki-selida>
<https://www2.iep.edu.gr/el/pepragmena-iep-2015-2019>
- L'intelligence artificielle dans l'éducation UNESCO : *Lignes directrices pour l'intelligence artificielle générative dans l'éducation et la recherche*. Titre original : *Guidance for generative AI in education*.
<https://srv-dide-a.thess.sch.gr/portal2/attachments2/13283/AI%20&%20EKPAID%20final.pdf>
- Intelligence artificielle, enseignement et apprentissage 26 janvier 2024 — Titre : *Intelligence artificielle : Enseignement & apprentissage avec l'IA* – Guide introductif pour l'utilisation de l'IA dans l'éducation. Auteur : Alexandros Kofteros <https://www.openbook.gr/techniti-noimosyni-didaskalia-amp-mathisi-me-tn/>
- Outils facilitant l'apprentissage des personnes ayant des besoins spécifiques, tels que les logiciels de reconnaissance vocale ou les programmes soutenant le langage :
<https://srv-dide-a.thess.sch.gr/portal2/attachments2/13283/AI%20&%20EKPAID%20final.pdf>
- 8 mai 2024 — *Applications de l'intelligence artificielle pour le soutien de l'éducation inclusive et de l'éducation spécialisée*
https://www.researchgate.net/publication/380426319_EpharmogesTechnetes_Noemosynes_gia_ten_yposterixe_tes_symperileptikes_ekpAldeuses_kAltes_eidikes_ages_-Artificial_Intelligence_applications_for_the_support_of_inclusive_and_education
- Cette étude examine les points de vue des enseignants de l'enseignement primaire concernant l'inclusion des élèves ayant des besoins éducatifs particuliers :
<https://dspace.uowm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1330/Despoina%20Metsiou.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pour la première fois, la législation relative à l'éducation des enfants ayant des besoins particuliers devient partie intégrante de la législation de l'éducation générale, créant concrètement

<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2896146/file.pdf>

- L'inclusion des élèves ayant des besoins éducatifs particuliers dans l'enseignement général : pratiques participatives pour les élèves ayant de graves difficultés d'apprentissage
<http://ikee.lib.auth.gr/record/122890/files/GRI-2010-5054.pdf>
- Xenakis, A., Dimos, I., Feidakis, M., Sotiropoulos, D., Kalovrektis, K., & Nikolaou, G. (2024). *An LLM-Based Smart Repository Platform to Support Educators With Computational Thinking, AI, and STEM Activities*. In *Empowering STEM Educators With Digital Tools*, 107–136. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-9806-7.ch005>
- Xenakis, A., Kalovrektis, K., Theodoropoulou, K., Karampelas, A., Giannakas, G., Sotiropoulos, D., & Vavougiou, D. (2023). *Using Sensors and Digital Data Collection/Analysis Technologies in K12 Physics Education under the STEM Perspective*. In M. F. Tasar & P. Heron (Eds.), *The International Handbook of Physics Education Research, Volume 2* (pp. 6-1). American Institute of Physics Publishing LLC. https://doi.org/10.1063/9780735425712_006
- Spasopoulos, T., Sotiropoulos, D., & Kalogiannakis, M. (2025). *Generative AI in Pre-Service Science Teacher Education: A Systematic Review*. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 5(2), 1501–1523. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2025.02.007>
- Kalogiannakis, M., Papakonstantinou, N., & Sotiropoulos, D. (2025). *From Support Tool to Learning Partner: A Systematic Review of GenAI Integration in University Science Labs*. *Creative Education*, 16, 1364–1401. <https://doi.org/10.4236/ce.2025.169083>
- Kalogiannakis, M., & Sotiropoulos, D. (2026) (éd.). *Harnessing Generative Artificial Intelligence for Science Education*. USA: IGI Global (en cours de publication).
- Papakonstantinou, N., Sotiropoulos, D. I., & Kalogiannakis, M. (2025). Introduction des technologies d'intelligence artificielle dans les processus expérimentaux en sciences naturelles chez les futurs enseignants du primaire. *Actes du 14e Congrès Panhellénique de l'Association pour l'Enseignement des Sciences et des Technologies*, Thessalonique, 12–14 avril. <http://doi.org/10.12681/codiste.7742>
- Sotiropoulos, D. I. (2025). L'intelligence artificielle générative peut-elle aider les enseignants dans l'enseignement des sciences naturelles ? *Actes du 14e Congrès Panhellénique ENEFET*, Thessalonique. <http://10.12681/codiste.7690>
- Anthopoulou, S.S., Ioannidou, P., Mavrakou, Th., Serepa, V., Sotiropoulos, D. I., & Tsigkou, A. (2024). *Agir pour la planète. Guide pour l'enseignant*. Volume 1. ISBN: 978-960-370-070-8.
- Anthopoulou, S.S., Ioannidou, P., Mavrakou, Th., Serepa, V., Sotiropoulos, D. I., & Tsigkou, A. (2024). *Agir pour la planète. Guide pour l'enseignant*. Volume 2. ISBN: 978-960-370-071-5.
- Textes basés sur l'intervention du Professeur associé de pneumologie pédiatrique Haris V. Katsardis, présentée lors de la 19e Rencontre Scientifique Panhellénique de l'Académie Hellénique de Pédiatrie (Lefkada, septembre 2025).
- Commission européenne pour l'efficacité de la justice (CEPEJ). (2018). *Charte éthique européenne sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les systèmes judiciaires*.

<https://rm.coe.int/ethical-charter-en-for-publication-4-december-2018/16808f699c>

- Comité d'experts sur les dimensions des droits de l'homme liées à l'IA. (2018). *Étude sur les implications des technologies numériques avancées*. <https://rm.coe.int/draft-study-of-the-implications-of-advanced-digital-technologies-inclu/16808ef255>
- Comité d'experts. (2018). *Recommandation sur les impacts des systèmes algorithmiques sur les droits de l'homme*. <https://rm.coe.int/draft-recommendation-on-human-rights-impacts-of-algorithmic-systems/16808ef256>
- Comité d'experts. (2018). *Déclaration sur les capacités manipulatrices des processus algorithmiques*. <https://rm.coe.int/draft-declaration-on-the-manipulative-capabilities-of-algorithmic-proc/16808ef257>
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC). *Sixième rapport d'évaluation*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- Carbon Brief. *How climate change is accelerating sea level rise?* <https://www.carbonbrief.org/explainer-10-ways-negative-emissions-could-slow-climate-change/>
- PNAS. *Climate change and ocean systems*. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2008478118>
- Commission européenne. *Causes du changement climatique*. https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment_en
- National Science Teaching Association. *Teaching climate science*. <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/teaching-climate-science>
- Agence européenne pour l'environnement (EEA). *Climate Change Policies*. <https://www.eea.europa.eu/en>
- Parlement européen. *Climate change in Europe: facts and figures*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20180703STO07123/climate-change-in-europe-facts-and-figures>
- ABN AMRO. *Which EU countries will suffer the most from extreme climate*. <https://www.abnamro.com/research/en/our-research/esg-economist-which-eu-countries-will-suffer-the-most-from-extreme-climate>
- Conseil de l'Union européenne. *Climate change: what is Europe doing?* <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/climate-change/>
- Étude sur les politiques de l'Union européenne contre le changement climatique <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8742565/>