



GTNUM 9
#Scol_IA
CRÉATIVITÉ, IA ET
EDUCATION

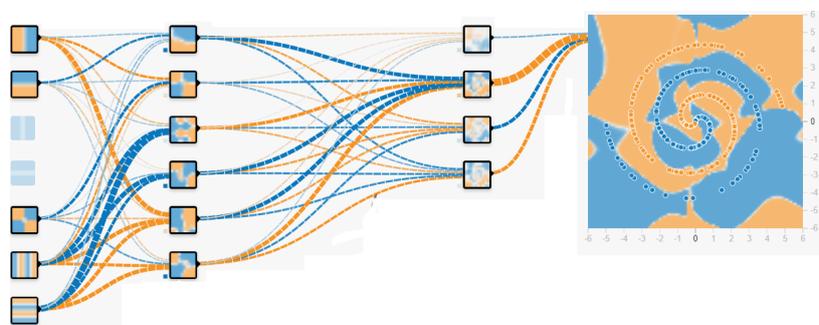

MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
ET DE LA JEUNESSE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

 Laboratoire d'Innovation et
Numérique pour l'Éducation

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR 

Un bref parcours sur les ressources, pratiques et acteurs en IA et éducation

Parcours de l'état de l'art et des pratiques existantes



Mars

2021

https://frama.link/202011-GTnum-Scol_IA-StateOfTheArt-IA-Education

Edition

Margarida Romero, Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Éducation de l'Université Côte d'Azur

Hedi Aloui, Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Éducation de l'Université Côte d'Azur

Laurent Heiser, Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Éducation de l'Université Côte d'Azur, IMSIC, Université de Toulon

Luis Galindo, Réseau Canopé

Alexandre Lepage, Université de Montréal

Révision

Didier Roy, INRIA

Gérard Giraudon, INRIA

¹ [img : http://computerscience.chemeketa.edu/cs160Reader/NineAlgorithms/PatternRecognition2.html](http://computerscience.chemeketa.edu/cs160Reader/NineAlgorithms/PatternRecognition2.html)

Table de matières

Introduction	3
Mais tout d'abord, qu'est-ce que l'IA ?	3
Domaines d'utilisation de l'IA	5
L'IA en éducation, un domaine interdisciplinaire	6
Usages de l'IA en éducation	9
Cartographie de ressources sur l'IA et l'éducation	11
Se former à l'IA	12
Les rapports et livres blancs sur l'IA en éducation	14
Consensus sur l'intelligence artificielle en éducation.	14
Rapport de l'UNESCO sur l'IA en éducation	15
Rapport sur l'IA en Éducation de la Commission Européenne	16
Dossier IA et éducation de l'école branchée	16
Veille sur l'IA de l'Agence des Usages (Canopé)	16
Les thématiques sur l'IA en éducation	17
Ressources pour mieux comprendre l'IA	17
Ressources et formations sur l'IA	17
Outils pour apprendre l'IA	18
Outils éducatifs qui se présentent comme étant basés sur l'IA	20
Outils IA et arts	22
Les chercheur.e.s équipes de recherche qui développent des travaux sur l'IA en éducation	24
En France	24
Les institutions et organismes qui développent des travaux sur l'IA en éducation	25
En France	25
L'Association Française en Intelligence Artificielle (AFIA)	25
IA pour l'école	25
CERI	25
ANITI	26
AFCIA, Association Française Contre l'Intelligence Artificielle	26
Dans la francophonie et à l'international	26
Références	27

1. Introduction

L'objectif de ce document est de réaliser un parcours synthétique sur les ressources et les pratiques en IA dans le domaine de l'éducation. Ce rapport est développé à partir des différentes informations et ressources partagées au sein du GTnum Scol_ia "IA et éducation". Dans ce rapport, nous présentons d'abord la formation à l'IA et les différents rapports et livres blancs sur la thématique. Ensuite, nous allons présenter les chercheurs qui travaillent sur le domaine de l'IA et l'éducation et les institutions et organismes en lien à l'IA en éducation.

Mais tout d'abord, qu'est-ce que l'IA ?

Contrairement à ce que les médias peuvent en dire, l'histoire de l'IA n'est pas récente. Le terme provient de l'époque de l'invention des premiers ordinateurs, dans les années 40, et se nourrit des théories de la cybernétique notamment lors de la décennie suivante. Le terme a été utilisé pour la première fois lors de la conférence de Dartmouth en 1956. Le projet initial était ambitieux : tenter de programmer une machine pour qu'elle interprète le langage et les concepts abstraits de façon à résoudre des problèmes jusqu'alors réservés aux humains (McCarthy et al., 2006). Certains chercheurs se mettent d'accord pour envisager que le raisonnement humain est formalisable grâce aux mathématiques. Certaines approches dites d'IA faibles, visent une formalisation liée uniquement à des problèmes concrets, tandis que d'autres approches visent une modélisation générale de raisonnement humain (IA forte) (Giraudon et al. 2020). De plus, les cognitivistes de cette époque attribuent à la cognition le fonctionnement selon lequel notre cerveau, et donc se comportant comme un ordinateur, "agi(t) sur la base de représentations qui ont une réalité physique sous forme de code symbolique [dans un cerveau ou une machine] » (Varela, 1996, p. 38). Cette conception s'appuie sur une définition particulière de la cognition selon laquelle le cerveau est un système de traitement de l'information qui, en interagissant avec des symboles par des règles et des seuils fixés par le programmeur (ibid., p. 42), arrive à prendre des décisions et réalise des actions. En s'appuyant sur cette conception de la cognition, l'intelligence artificielle pourrait donc prendre des décisions efficaces au même titre qu'un humain.

Cependant, Minsky ajoute que l'intelligence artificielle correspond à « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains, car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique » (1956). Plus récemment, Young et al (2019) définissent l'intelligence artificielle "comme tout système spécifique à un domaine utilisant des techniques d'apprentissage automatique pour prendre des décisions rationnelles concernant des tâches

non déterministes”². Dans le cadre du livre blanc, “Éducation et Numérique : enjeux et défis” (Giraudon et al. 2020) l’intelligence artificielle est définie comme “l’automatisation des processus et comportements que nous, humains, percevons comme intelligents” (p. 32). Sur Legifrance (2018), l’IA est définie comme le “champ interdisciplinaire théorique et pratique qui a pour objet la compréhension de mécanismes de la cognition et de la réflexion, et leur imitation par un dispositif matériel et logiciel, à des fins d’assistance ou de substitution à des activités humaines”. Comme nous pouvons constater, il existe une diversité de définitions sur l’IA qui tiennent compte tant des objectifs du champ que des conditions qui sont posées pour départager l’IA d’autres applications informatiques. Le manque d’une définition unique constitue un défi également dans la délimitation des environnements informatiques qui peuvent être envisagés dans cette approche. Par exemple, les systèmes experts, qui sont définis par Fox (1990) comme étant des systèmes qui imitent le fonctionnement d’un expert dans une tâche de résolution de problèmes à partir d’un système d’inférence et d’une base de connaissances, pourraient, selon le type de définition d’IA qui est choisie être considérés comme des systèmes IA ou pas.

Depuis 2010, les succès d’intelligence artificielle sont dus aux approches de l’apprentissage machine (ou apprentissage automatique, *Machine Learning*) et de l’apprentissage profond (*Deep Learning*), succès rendus possible grâce à l’extraordinaire augmentation des puissances des calculs et de stockage et à la grande disponibilité des données (*Big data*).

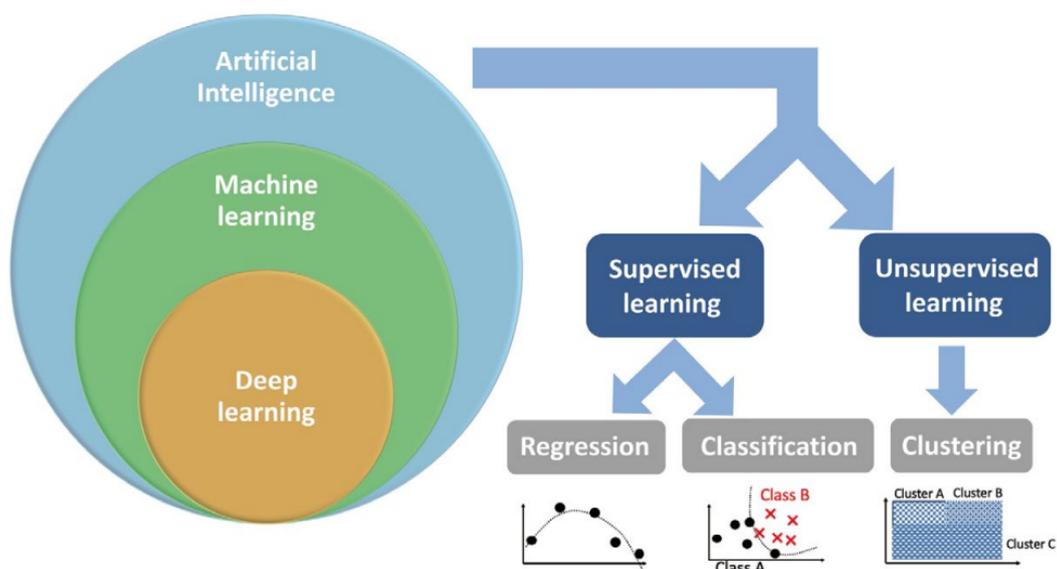


Figure 1. DL, ML et AI (Kusunose et al. 2019).

Ces approches fonctionnent à partir de différents types d’algorithmes qui permettent de traiter des données issues de sources de données déjà stockées ou de sources de données

² Traduction propre de “we define artificial intelligence as any domain-specific system using machine learning techniques to make rational decisions pertaining to nondeterministic tasks”.

obtenues, grâce à des capteurs physiques, par exemple. Pour certains traitements de données, il est nécessaire que l'utilisateur "supervise" l'apprentissage de la machine en réalisant une extraction des caractéristiques pertinentes pour le traitement. Par exemple, un enseignant.e peut réaliser des évaluations de différentes réponses données à une question en vue de permettre à la machine d'apprendre de manière supervisée les différentes caractéristiques des réponses selon les évaluations réalisées par l'enseignant. Nous sommes dans ce cas là dans un contexte d'apprentissage machine. D'autre part, les approches d'apprentissage profond visent à permettre l'identification des traits de différenciation à partir des classifications réalisées par le traitement de données.



Figure 2. IA faible et IA forte (digitalcorner-wavestone.com)³

Des auteurs comme Hours (2019) font la distinction entre deux types d'intelligence artificielle, l'IA faible et l'IA forte. L'IA forte a la prétention de pouvoir développer des approches imitant l'intelligence humaine, tandis que l'IA faible est centrée sur des tâches spécifiques. A l'heure actuelle, ce sont plutôt des IA faibles, très spécifiques, sur des tâches et des domaines précis, qui sont développés. Pour l'instant l'IA forte n'est pas une réalité concrète, mais continue d'alimenter les représentations de l'IA dans la science-fiction et les imaginaires utopiques et dystopiques de différents acteurs du secteur économique (Natale & Ballatore, 2020).

Domaines d'utilisation de l'IA

Avant de nous centrer sur l'IA en éducation nous présentons différents domaines d'utilisation de l'IA.

³ <https://towardsdatascience.com/understand-these-4-advanced-concepts-to-sound-like-a-machine-learning-master-d32843840b52>

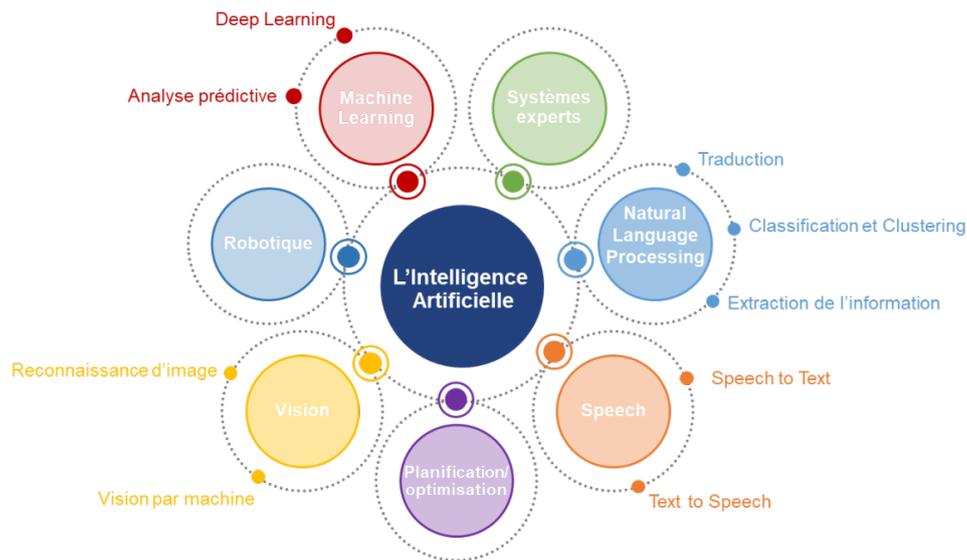


Figure 2. Panorama des domaines de l'intelligence artificielle (Artik Consulting, 2018)

La figure 2 ci-dessus présente sept domaines où intervient l'IA. L'IA est souvent assimilée à un robot, ou plutôt un système embarqué dans un corps, cependant l'IA est un ensemble de technique qui intervient dans bien des domaines sous une forme algorithmique, notamment comme dans le domaine Speech, un domaine dans lequel est l'outil Google Traduction ou reverso.

L'IA en éducation, un domaine interdisciplinaire

Les usages de l'IA en éducation se trouvent à la croisée des chemins en IA, dans l'analyse des traces d'apprentissage (*learning analytics*) et l'apprentissage médiatisé (*technology enhanced learning*). Ces usages peuvent viser, par exemple, à faciliter l'évaluation des apprentissages, à accroître le nombre et la qualité des rétroactions, à créer des parcours d'apprentissage personnalisés, à prévenir l'abandon scolaire ou bien à répondre à des questions plus ou moins complexes formulées par les apprenants et apprenantes.

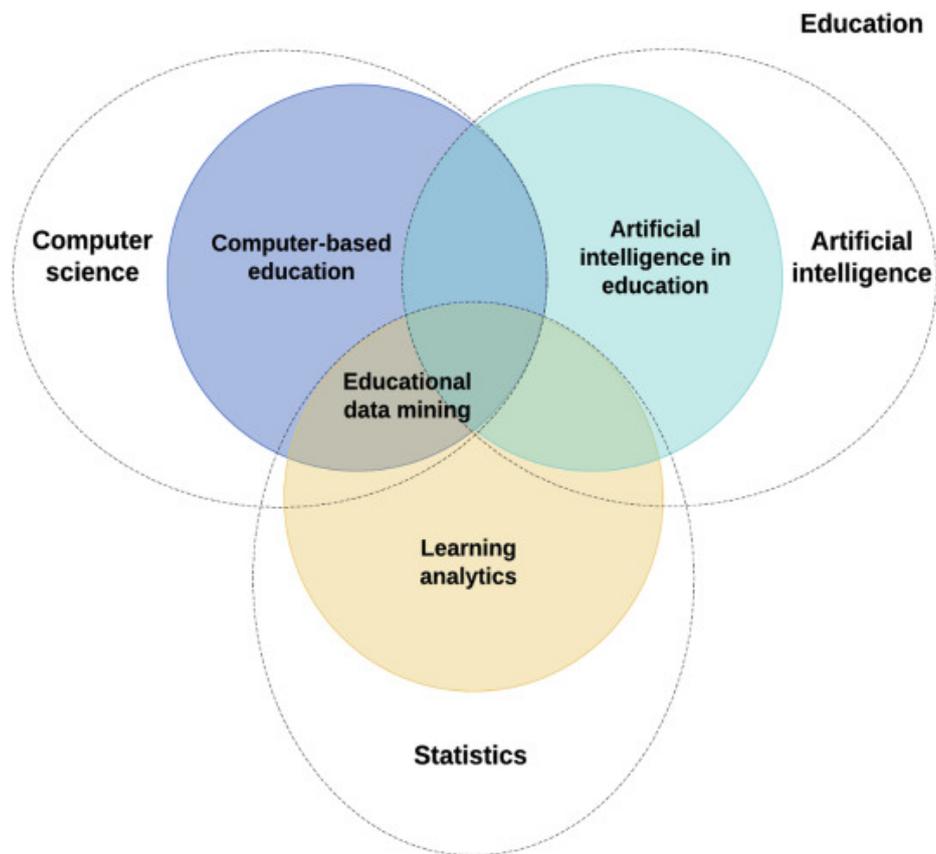


Figure 3. Domaines en lien à l'IA en éducation (Chen et al. 2020)

Pour le développement de solutions d'IA en éducation, il est à la fois nécessaire d'avoir des données de qualité et des algorithmes permettant leur traitement. Les données éducatives sont un enjeu de premier plan. La qualité de ces données est liée à la fois à la pertinence en lien avec le domaine disciplinaire et la tâche d'apprentissage abordée, au modèle de l'apprenant et au modèle pédagogique. Sur la nature de ces données, deux approches cohabitent : les approches de Learning analytics tendent à s'appuyer sur des modèles en amont pour déterminer quelles données pourraient être pertinentes, alors que les approches de Educational data mining tendent à valoriser des données même si celles-ci ne sont pas d'abord justifiées par des modèles théoriques. Cette distinction ne se matérialise pas toujours dans la pratique, ni dans la recherche, et les deux termes sont parfois employés pour décrire des usages similaires (Rienties et al., 2019).

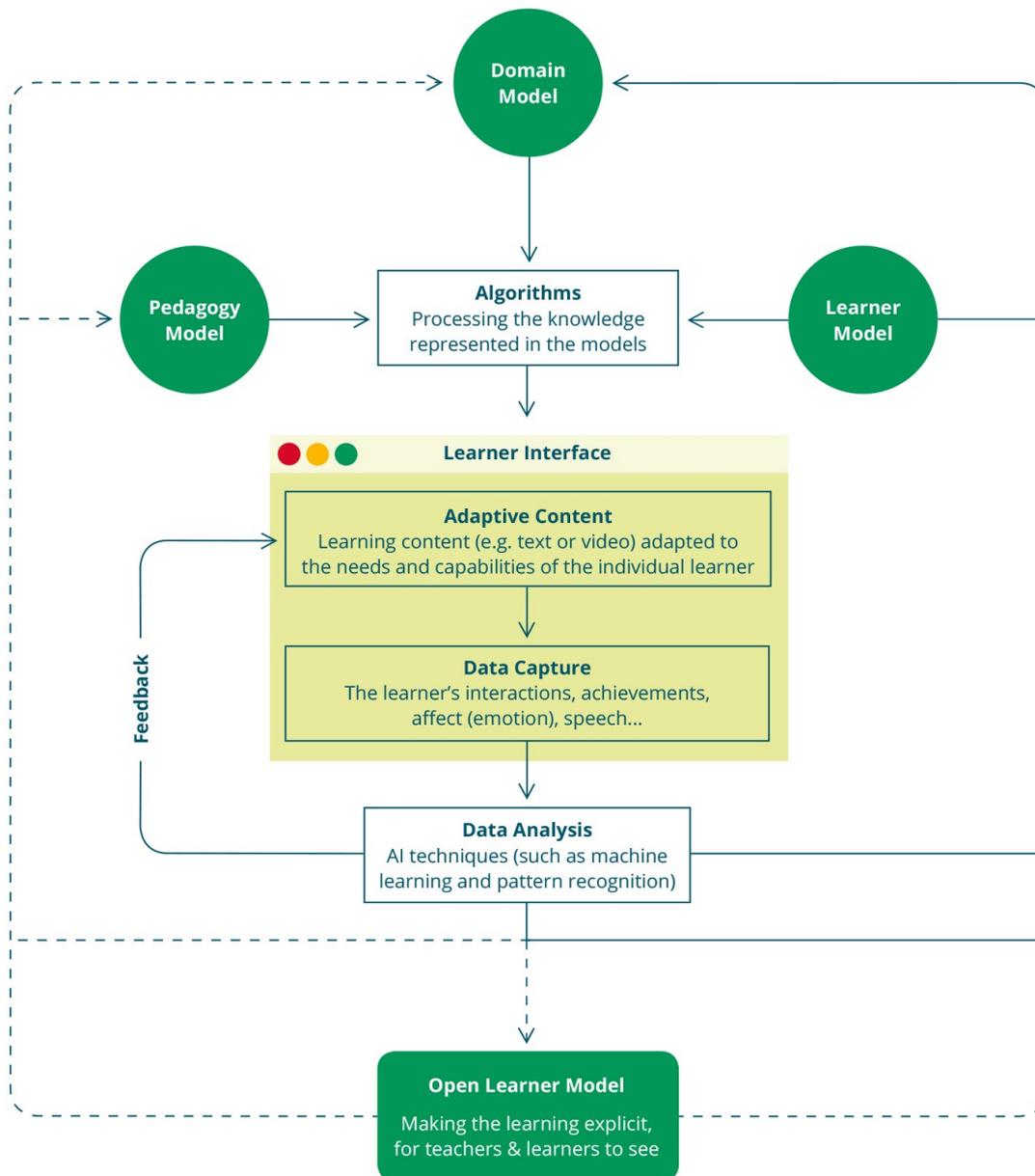


Figure 4. Architecture d'un tuteur intelligent (Luckin et al. 2016)

Des projets comme *Artificial Intelligence Devoted to Education (AIDE)*⁴ sont très attentifs à la qualité des données en lien aux modèles de tâche, d'activité effective et des modèles des processus cognitifs du sujet.

⁴ <https://team.inria.fr/mnemosyne/fr/aide/>

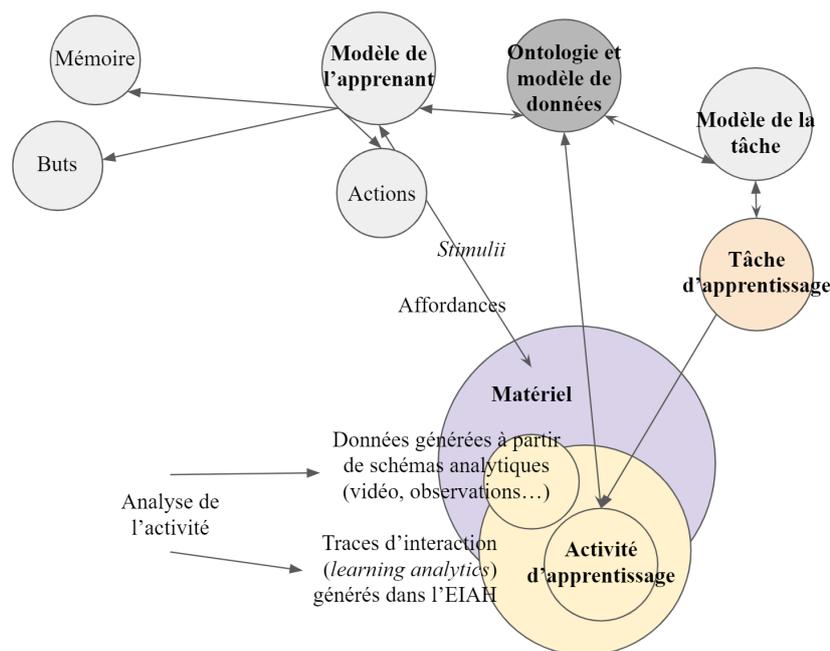


Figure 5. Modèle de la tâche, de l'apprenant et de l'activité (Romero, Vieville & Heiser, 2021)

Usages de l'IA en éducation

L'intégration de l'IA en éducation est un enjeu contemporain étant donné l'effervescence du domaine IA. L'IA, nous l'avons vu, est en émergence dans le domaine de l'éducation, notamment avec les applications à destination tant des apprenants que des enseignants. La cartographie IA en éducation réalisée dans le cadre d'OBVIA nous montre la diversité des usages actuellement : <https://cartographieia.ca/fr/>

Dans la cartographie IA d'OBVIA les usages sont classifiés selon six catégories :

- **Traitement du langage naturel**, comme par exemple Kialo-edu.com⁵, qui soutient des activités d'argumentation en classe
- **Reconnaissance visuelle**, comme dans le cas de Lexplore.com⁶, qui permet l'analyse de lecture des élèves.
- **Reconnaissance vocale**, comme RoboTutor⁷, qui s'adapte au niveau des apprenants tant sur des activités de langue que mathématiques
- **Systèmes experts**, comme [New.assistments.org](https://new.assistments.org/)⁸ pour la création de déboires en mathématiques
- **Robotique**, comme Rubi project⁹

⁵ <https://www.kialo-edu.com/>

⁶ <https://www.lexplore.com/>

⁷ <https://www.cmu.edu/scs/robotutor/>

⁸ <https://new.assistments.org/>

⁹ <https://rubi.ucsd.edu/content/rubi-project>

- **Planification**, comme VitalSource¹⁰
- **Analytique**, comme SuperMemo¹¹, pour la révision de sujets

Dans l'article "Quels sont les liens entre IA et Éducation ?" de Pascal Guitton et Thierry Viéville¹² l'intégration de l'IA en éducation se développe sur différents axes tels que:

- *L'IA comme outil pour mieux apprendre.* Selon Guitton et Thierry (2020) c'est l'usage le plus évident, qui consiste à avoir un apprentissage adaptatif. A travers les traces de l'apprenant (résultats à des questionnaires, interaction avec le logiciel...) et son comportement, le système va modifier son fonctionnement pour essayer de s'adapter à la personne.
- *L'IA comme outil pour mieux comprendre comment on apprend.* La possibilité de mesurer les traces d'apprentissage fournit aussi des sources de mesures pour mieux comprendre sur le long terme les apprentissages humains, grâce à l'utilisation d'un logiciel, ou par des capteurs.
- *L'IA comme sujet d'enseignement.* Il est très important de comprendre les principes de fonctionnement du numérique pour pouvoir bien l'utiliser, par exemple savoir que ces algorithmes se programment en fournissant des données à partir desquelles ils ajustent leurs paramètres.
- *L'IA comme un objet d'enseignement qui bouleverse ce que nous devons enseigner.* Notre vision de l'intelligence humaine est en train de changer. Par exemple, nous avons moins besoin de devenir de "bons calculateurs" mais, il nous faudra toujours être entraînés au calcul. On doit chercher à comprendre les principes de fonctionnement des algorithmes qu'on utilise.

Les travaux d'Holmes et al (2019) sur les différents types de solutions éducatives intégrant l'IA identifient différents outils visant d'une part le tutorat, le soutien aux étudiants, le soutien aux enseignant.e.s et le soutien aux systèmes.

¹⁰ <https://www.vitalsource.com/>

¹¹ <https://www.supermemo.com/fr>

¹² <https://www.lemonde.fr/blog/binaire/2020/11/06/quels-sont-les-liens-entre-ia-et-education/>

Different types of current AIED systems (modified from Holmes et al. 2019, p. 165)

Student teaching	Student supporting	Teacher supporting	System supporting
<ul style="list-style-type: none"> • Intelligent tutoring systems (including automatic question generators) • Dialogue-based tutoring systems • Language learning applications (including pronunciation detection) 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploratory learning environments • Formative writing evaluation • Learning network orchestrators • Language learning applications • AI Collaborative learning • AI Continuous assessment • AI Learning companions • Course recommendation • Self-reflection support (learning analytics, meta-cognitive dashboards) • Learning by teaching chatbots 	<ul style="list-style-type: none"> • ITS+learning diagnostics • Summative writing evaluation, essay scoring • Student forum monitoring • AI teaching assistants • Automatic test generation • Automatic test scoring • Open Education Resources (OER) content recommendation • Plagiarism detection • Student attention and emotion detection 	<ul style="list-style-type: none"> • Educational data mining for resource allocation • Diagnosing learning difficulties (e.g. dyslexia) • Synthetic teachers • AI as a learning research tool

Figure 4. Solutions éducatives intégrant l'IA (à partir d'Holmes et al. 2019)

Cartographie de ressources sur l'IA et l'éducation

Nous présentons ensuite différentes cartographies de ressources en lien à l'analyse des usages IA en éducation.

1. La cartographie IA éducation. Sur le site <https://cartographieia.ca/fr/> sont regroupées différentes initiatives sur l'IA en éducation.
2. La carte mentale sur les usages de l'IA en éducation réalisée par François Boquet est disponible sur <https://www.mindmeister.com/fr/1058572106/usages-ia-en-ducation-compl-ter>. Elle présente tant des travaux que des initiatives de terrain et solutions IA pour l'éducation sur différents domaines (adaptation, évaluation adaptative, etc).
3. François Boquet nous présente également une carte mentale à partir du consensus de Pékin IA et éducation UNESCO de mai 2019 : <https://www.mindmeister.com/fr/1318112277/consensus-de-p-kin-ia-et-ducation-unesco-mai-2019>
4. La carte mentale sur les pistes de référentiel des compétences IA par niveaux scolaires réalisée par François Boquet et qui propose un référentiel de compétences en matière d'éducation à l'IA du cycle 2 au cycle terminal <https://www.mindmeister.com/fr/1751516576/pistes-de-r-f-rentiel-des-comp-tences-ia-par-niveaux-scolaires>

Se former à l'IA

Dans différents pays se développent des initiatives pour former à l'IA à différents niveaux éducatifs. A partir des travaux de Touretzky et al. (2019), l'article du blog Hypothèses "L'intelligence artificielle de la maternelle à la Terminale : que devrait savoir chaque enfant sur l'IA ?"¹³ nous permet d'avoir une synthèse sur les apprentissages clés du CE2 jusqu'à la terminale :

- Du CE2 au CM2, il est proposé que les élèves soient capables de travailler avec des représentations dans des programmes informatiques simples, tels que Scratch.
- De la 6ème à la 4ème, les élèves devraient être capables d'examiner des représentations telles que le graphe de connaissance de Google et de simuler des algorithmes simples de recherche de graphe.
- De la 3ème à la Terminale, les élèves devraient être capables d'utiliser des structures de données élémentaires (listes et dictionnaires) pour programmer des algorithmes d'inférence simples.

Dans le cadre de l'initiative Arc-en-Ciel de la Maison de l'Intelligence Artificielle (MIA) à Sophia-Antipolis l'objectif est de sensibiliser 75 % des collégiens et collégiennes du département des Alpes-Maritimes à l'Intelligence Artificielle au cours des 3 prochaines années, autour de trois axes importants :

- être capable de reconnaître l'Intelligence Artificielle et son influence afin d'être proactif en tant qu'utilisateur et citoyen,
- avoir l'opportunité de l'expérimenter, de l'utiliser (usages concrets, résolution de problèmes simples pour commencer),
- mais également avoir la possibilité d'apprendre à construire des IA notamment pour les jeunes afin de peut-être susciter des vocations.

Dans cet objectif plusieurs formats d'apprentissage vont être proposés dès cette rentrée 2020-2021: des cours et MOOCs, webinaires, disponibles en ligne ou dans la MIA ou dans des tiers lieux (Micro-Folies, Fab Lab du collège Bertone..) rassemblant des contenus pré existants ou créés en lien avec les partenaires et l'écosystème et validés par l'Académie de Nice, des activités et des parcours pédagogiques dans la MIA ou virtuels proposés par les partenaires ou créés par ces derniers. D'autres outils viendront accompagner ces premières activités, tels qu'une mallette pédagogique mobile qui pourra être acheminée dans le moyen et haut pays afin d'amener les ateliers et la découverte de l'IA au plus près des vallées.

¹³ <https://edunumrech.hypotheses.org/1970>

Dans le cadre de l'initiative AI4K12.org¹⁴, il est proposé de travailler sur les volets suivants :

- **Perception.** “Les ordinateurs perçoivent le monde à l'aide de capteurs. Les exemples incluent la reconnaissance vocale et la vision par ordinateur; les problèmes émergents comprennent la nature de l'intelligence et les limites de la perception humaine et informatique”.
- **Représentation et raisonnement.** “Les agents maintiennent des représentations du monde et les utilisent pour raisonner. Les exemples incluent les types d'algorithmes, le travail qu'ils font et leurs limites”
- **Apprentissage machine.** “Les ordinateurs peuvent apprendre des données. Les exemples incluent des types d'apprentissage automatique - mais des problèmes tels que le biais dans les données de formation suscitent des inquiétudes”.
- **Interaction humain-machine.** “Les agents intelligents nécessitent de nombreux types de connaissances pour interagir naturellement avec les humains. Les exemples incluent l'interaction avec des assistants numériques, des chatbots et des robots. Les problèmes émergents concernent la nature de la conscience et les limites de l'interaction de l'IA”.
- **L'impact sociétal de l'IA.** Les applications de l'IA peuvent avoir un impact sur la société à la fois positif et négatif. Les problèmes émergents comprennent l'utilisation, l'équité et la transparence des algorithmes et les impacts sociaux probables.

La figure ci-dessous présente ces différents domaines.

¹⁴ <https://github.com/touretzkyds/ai4k12/wiki>

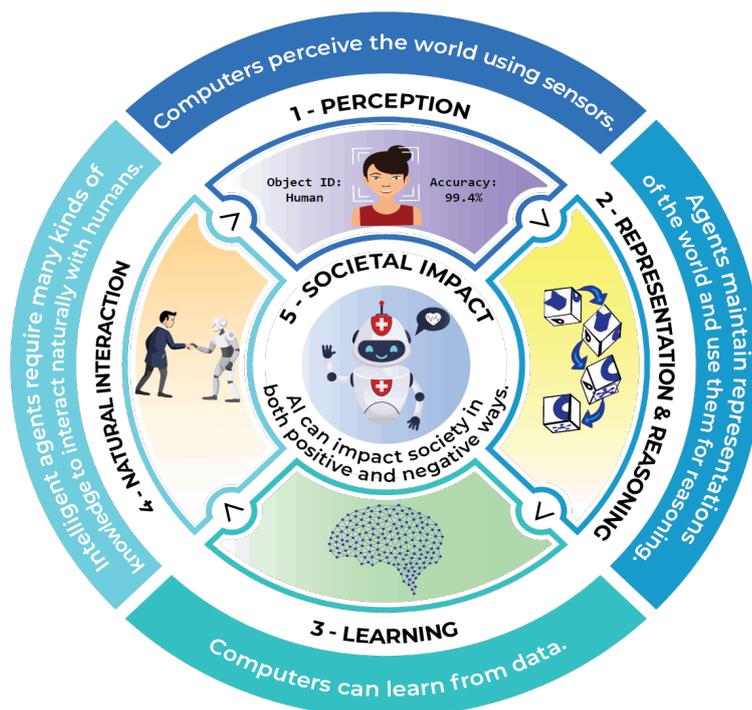


Figure 3. How to Teach Artificial Intelligence (Vander Ark, 2020)

Pour aller plus loin sur la réflexion au MIT sur l'éducation à l'IA, l'échange entre Cynthia Breazeal et Eric Klopfer¹⁵ apporte des éclairages sur la manière dont l'IA doit être abordée avec les apprenants les plus jeunes.

Les rapports et livres blancs sur l'IA en éducation

L'usage de l'IA en éducation est tout récent. Cependant, il existe déjà plusieurs rapports qui ont permis d'aborder l'IA en éducation. Ci-dessous nous pouvons retrouver une liste non-exhaustive de différents documents de référence et rapports en lien à l'intelligence artificielle en éducation :

Consensus sur l'intelligence artificielle en éducation.

L'UNESCO a développé un premier consensus sur [l'intelligence artificielle et l'éducation](#) (UNESCO, 2019)¹⁶, dit Consensus de Beijing¹⁷. Ce consensus a été publié à la suite de la Conférence internationale sur l'intelligence artificielle et l'éducation qui s'est tenu à Beijing en mai 2019¹⁸.

¹⁵ <https://news.mit.edu/2021/learning-and-about-ai-technology-0125>

¹⁶ Document complet en 6 langues disponible sur <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>

¹⁷ <https://fr.unesco.org/news/premier-consensus-lintelligence-artificielle-leducation-publie-lunesco>

¹⁸ <https://en.unesco.org/sites/default/files/ai-conference-beijing-programme-fr.pdf>

Le Consensus de Beijing recommande aux acteurs éducatifs des États membres de l'UNESCO de :

- "Planifier l'IA dans les politiques de l'éducation pour tirer parti des possibilités et relever les défis qu'apportent les technologies d'IA, adopter des approches engageant le gouvernement tout entier, intersectorielles et multipartites qui permettent aussi de mettre en place des priorités stratégiques locales pour atteindre les objectifs de l'ODD 4;
- Soutenir le développement de nouveaux modèles rendus possibles par les technologies d'IA pour la fourniture de services d'éducation et de formation là où les avantages [de l'IA] l'emportent clairement sur les risques, et utiliser des outils d'IA pour proposer des systèmes d'apprentissage tout au long de la vie qui permettent un apprentissage personnalisé à tout moment, en tout lieu, pour tous
- Envisager l'utilisation de données pertinentes, le cas échéant, afin d'encourager la planification de politiques fondées sur des données probantes
- Veiller à ce que les technologies d'IA servent à autonomiser les enseignants au lieu de les remplacer et développer des programmes appropriés pour le renforcement des capacités afin que les enseignants travaillent aux côtés des systèmes d'IA.
- Préparer la prochaine génération de travailleurs en l'équipant des valeurs et des compétences nécessaires pour la vie et au travail, les plus pertinentes à l'ère de l'IA
- Promouvoir une utilisation équitable et inclusive de l'IA, indépendamment du handicap, du statut social ou économique, de l'origine ethnique ou culturelle ou de la situation géographique, en insistant sur l'égalité des sexes, tout en assurant des usages éthiques, transparents et vérifiables des données éducatives"¹⁹

Rapport de l'UNESCO sur l'IA en éducation

En 2019 également, dans le cadre de la Mobile Learning Week, l'UNESCO a publié un deuxième rapport intitulé "Artificial intelligence in education, compendium of promising initiatives: 2019"²⁰.

Parmi les éléments qui sont mis en valeur dans le rapport il y a les aspects liés à l'inclusivité et équité de l'IA en éducation comme présenté dans l'infographie ci-dessous.

¹⁹ <https://fr.unesco.org/news/premier-consensus-lintelligence-artificielle-leducation-publie-lunesco>

²⁰ <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370307.locale=en>

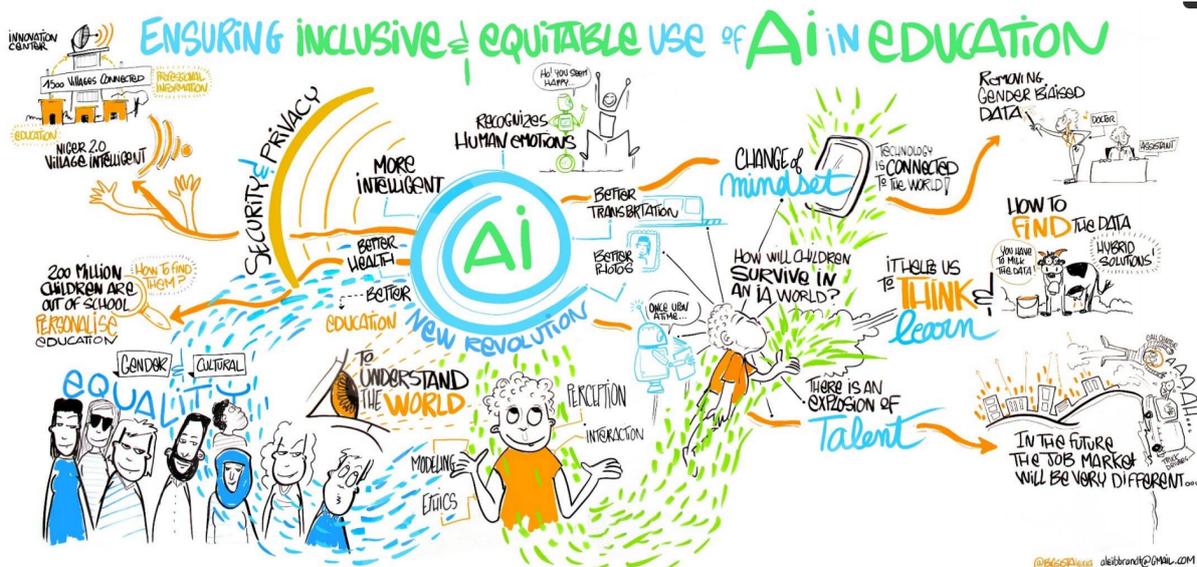


Figure 4. Inclusivité et équité dans l'IA en éducation (par Alexia Leibbrandt, UNESCO, 2019)

Rapport sur l'IA en Éducation de la Commission Européenne

Le rapport "The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education"²¹ de la Commission Européenne (Tuomi et al, 2018). Dans le rapport sont présentés

Dossier IA et éducation de l'école branchée

Le dossier IA et éducation²² sur l'École Branchée est spécialement adressé à un public enseignant.e.s par Adam L.-Desjardins et Amy Tran, enseignants au Collège Beaubois (Montréal). Dans ce dossier est abordé notamment les impacts sur l'éducation de l'IA, notamment du point de vue de l'enseignant, de l'élève, de l'impact didactique, pédagogique et sur l'apprentissage.

Veille sur l'IA de l'Agence des Usages (Canopé)

L'agence des usages de Canopé a publié une série de bulletins de veille sur l'IA en éducation abordant tant la définition de l'IA, que la relation entre l'IA et les humains, l'éthique et l'impact sociétal, l'IA en éducation et les aspects liés aux données à caractère personnel²³.

- Bulletin de veille n°1 : ["Comment définir l'intelligence artificielle \(IA\) ?"](#)
- Bulletin de veille n°2 : ["Qu'est-ce que le Machine Learning ?"](#)
- Bulletin de veille n°3 : ["La relation entre l'IA et les humains"](#)
- Bulletin de veille n°4 : ["Éthique et impact sociétal"](#)
- Bulletin de veille n°5 : ["L'IA et l'éducation"](#)
- Bulletin de veille n°6 : ["L'intelligence artificielle et les données à caractère personnel"](#)

²¹ <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/impact-artificial-intelligence-learning-teaching-and-education>

²² <https://ecolebranchee.com/dossier-intelligence-artificielle-education/>

²³ https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/dossiers-thematiques_intelligence-artificielle.html#anchor-content

Les thématiques sur l'IA en éducation

Dans le cadre de la structuration d'Otesia²⁴, nous avons identifié plusieurs thématiques sur l'IA en éducation concernant l'apprentissage au long de la vie, de participation citoyenne et d'intégration socio-économique mais également sur les enjeux transversaux (données, outillage et contenus, etc.). Les thématiques qui ont été envisagées en lien à l'IA en éducation sont les suivantes :

- 1) IA et enseignement primaire et secondaire : école, collège, lycée, enseignant.e.s et familles ;
- 2) IA et enseignement supérieur : étudiants, professeurs, association d'étudiants ;
- 3) Médiation scientifique et numérique : établissement ESR, milieux associatifs ;
- 4) IA et apprentissage et formation tout au long de la vie ;
- 5) IA et compétences professionnelles ;
- 6) Principe pour la portabilité des données scolaires ;
- 7) Principe pour l'interopérabilité des données scolaires ;
- 8) Outillage de cartographie automatique des acteurs du département et catégorisation de leurs ressources ;
- 9) Enjeux de formation des formateurs et des (futurs) enseignants ;
- 10) Organiser les processus d'évaluation de mesure d'impact ;
- 11) Baromètre de l'IA en l'éducation ;
- 12) Construction de matériel pédagogique pour comprendre l'IA (en mode débranché) et mise à disposition (voir sur le site pixees des exemples) ;
- 13) Organisation de la mutualisation de principes et d'outils de fabrication de contenus

Ressources pour mieux comprendre l'IA

Dans cette section nous abordons les outils éducatifs pour appréhender et se former à l'IA d'une part, où l'IA est l'objet d'apprentissage, et d'autre part les outils éducatifs qui se présentent comme reposant sur l'IA.

Ressources et formations sur l'IA

Les ressources et formations sur l'IA se sont développées au cours de ces dernières années. Nous en présentons ici quelques-unes d'entre elles.

- **MOOC IA. "L'Intelligence Artificielle... avec intelligence !"**. Formation gratuite en ligne pour permettre à toutes et tous de comprendre les enjeux de l'intelligence artificielle en fournissant aux apprenants des repères simples et actuels, sous la forme de parcours élaborés par des experts en sciences informatiques. Grâce à des contenus

²⁴ Romero, Sgro (septembre 2019).

ludiques et variés, le MOOC permet à chacun-e de décrypter les discours sur l'intelligence artificielle, d'expérimenter, de comprendre comment cette avancée technologique s'inscrit dans l'histoire des humains et de leurs idées, et offre plus largement les moyens de s'approprier le sujet. <https://www.fun-mooc.fr/courses/course-v1:inria+41021+session01/about>

- “**Elements of AI**” est une série de cours pour mieux comprendre l'IA, démystification de l'IA <https://www.elementsofai.be/fr>. Créé par Reaktor et l'Université d'Helsinki, “element of AI” est une série de cours en ligne gratuits, à travers lesquels on souhaite présenter l'IA aux apprenants et les faire créer des méthodes d'intelligence artificielle.
- Le projet **Craft2Learn** développe un ensemble d'extension pour le **Snap! programming language** afin d'aider les enfants à réaliser des méthodes IA. Sur ce site, vous pouvez en savoir plus sur Craft2Learn, en choisissant la langue que vous souhaitez : <https://ecraft2learn.github.io/ai/?translate=1>
- L'Université de Nantes et Class'Code organisent une série de conférences permettant de découvrir les 7 axes thématiques abordés dans le programme scolaire SNT : les réseaux sociaux, la photographie numérique, Internet, la localisation, cartographie et mobilité, l'Informatique embarquée et objets connectés, le Web et les données structurées et leur traitement²⁵.
- Au niveau de l'enseignement et l'apprentissage de l'informatique, la **communauté d'apprentissage de l'informatique** a pour but de créer une communauté de pratiques pour les enseignants du primaire et du secondaire pour le partage de ressources et de pratiques. Des collaborateurs de l'équipe CAI sont actuellement en cours de travail sur les ressources pour l'apprentissage de l'AI. Vous trouvez plus d'information sur le site: <https://cai.community>
- Au Canada, *Kids Code Jeunesse* a réalisé différentes ressources pour l'apprentissage de l'IA en éducation <https://kidscodejeunesse.org/fr/intelligence-artificielle>

Outils pour apprendre l'IA

Dans l'article de Touretzky et al (2019) adapté au français par François Bocquet²⁶ sont présentés des outils pour apprendre l'IA comme Cognimates, eCraft2Learn ou encore Machine Learning for Kids.

- *“Cognimates (Druga, Vu, Likhith, Oh, Ocejó, Qui, & Breazeal, 2018) propose un ensemble d'extensions Scratch qui donnent accès à des API de génération de la parole, de reconnaissance vocale, de catégorisation de texte, de reconnaissance*

²⁵ <https://pixees.fr/les-7-thematiques-de-lenseignement-snt-decortiquees/>

²⁶ <https://edunumrech.hypotheses.org/1970>

d'objets et de contrôle de robots.
<https://cognimates.me>

- *eCraft2Learn (Kahn et Winters, 2017) propose des extensions similaires pour le langage Snap !, une variante de Scratch.*
<https://ecraft2learn.github.io/ai/>
- *Machine Learning for Kids est un autre site qui propose des démonstrations en ligne où les élèves forment des classificateurs à l'aide d'applications web ou d'extensions Scratch.*
<https://machinelearningforkids.co.uk/>
- *Le robot Cozmo d'Anki est une plateforme mobile peu coûteuse avec vision informatique intégrée comprenant la détection d'objets et de marqueurs personnalisés, la reconnaissance des visages, la manipulation d'objets, la planification de parcours et la génération de la parole.*
<https://anki.com/fr-fr/cozmo.html>
- *Calypso for Cozmo (Touretzky, 2017) est un langage de programmation visuel basé sur des règles pour Cozmo qui ajoute la reconnaissance vocale (en utilisant l'API Google Speech), la navigation basée sur des points de repère, une carte du monde visible et la prise en charge de la programmation des machines d'État.*
<https://Calypso.software>
- *Google a mis en ligne une série d'expériences d'IA telles que « Teachable Machine » (formation d'un classificateur visuel) et « QuickDraw » (un réseau neuronal essaie de deviner ce que vous dessinez).*
<https://experiments.withgoogle.com/collection/ai>
- *Les kits de vision et de voix AIY (« AI and You ») de Google offrent une reconnaissance vocale et visuelle basée sur Raspberry Pi Zero à des prix abordables. Le kit de vision utilise un classificateur de réseau neuronal, tandis que le kit vocal se connecte à l'assistant Google situé dans les nuages”.*
- *TensorFlow Playground est un outil graphique interactif qui permet aux lycéens et aux élèves d'explorer les réseaux de neurones et l'apprentissage de la rétropropagation (Thomas, 2018).* <https://playground.tensorflow.org> “

Au delà des outils présentés par Touretzky et al (2019) il y a également les outils suivant qui peuvent être considérés de manière complémentaire pour apprendre l'IA :

- Au niveau français il faut souligner des outils pour apprendre l'IA comme le robot AlphaI²⁷ de Thomas Deneux . Ce robot sert à sensibiliser le public à l'intelligence artificielle et à faire apprendre ses grands principes. Il apprend seul de nouveaux comportements et ce grâce à un réseau de neurones. L'interface graphique de cet outil donne à voir en temps réel l'activité de son réseau de neurones et permet d'agir dessus .

Cette solution est issue d'un projet du CNRS pour enseigner l'Intelligence Artificielle de façon concrète et visuelle.

Le coût d'AlphaI est de 300€ le robot et 100€ le logiciel acheté 1 seule fois.

- Série de **démonstrations de Nvidia**²⁸ dans laquelle sont abordés les approches machine learning d'une manière amusante et moins technique en proposant des projets tels que : NVIDIA GAMEGAN , NVIDIA GANIMAL , NVIDIA GAUGAN et NVIDIA IMAGE INPAINTING.
- **Adacraft**²⁹ est un outil pour créer des programmes. Il permet à n'importe qui de créer des projets en utilisant la programmation visuelle. C'est une branche de Scratch du MIT. L'intention est de fournir une expérience très proche de Scratch et d'ajouter des fonctionnalités qui ouvrent la créativité et la rendent utile à un public beaucoup plus large (alors que Scratch cible explicitement les jeunes).

Outils éducatifs qui se présentent comme étant basés sur l'IA

Des entreprises comme les suivantes font usage des systèmes de machine learning pour innover dans la manière dont les gens sont éduqués.

(<https://builtin.com/artificial-intelligence/ai-in-education>) → 12 entreprises travaillant sur des technologies d'ia pour l'éducation, on en cite:

- **Nuance** : propose un logiciel de reconnaissance de la parole qui peut écrire jusqu'à 160 mots par minute. Les instructeurs peuvent utiliser le logiciel pour dicter des conférences pour une utilisation ultérieure ou pour catalyser des tâches fastidieuses comme la création de documents et d'e-mails.
- **Knewton** : aide , grâce à son programme "alta" , à identifier les lacunes dans les connaissances d'un étudiant, fournit des cours pertinents et remet les étudiants sur la bonne voie
- **COGNII** : Son assistant d'apprentissage virtuel utilise la technologie conversationnelle pour guider les étudiants dans des réponses en format ouvert qui améliorent leurs capacités de réflexion critique. L'assistant fournit également des commentaires en

²⁷ <https://learningrobots.co>

²⁸ <https://www.nvidia.com/en-us/research/ai-playground/>

²⁹ <https://adacraft.org/docs/vision>

temps réel, un tutorat individuel et est personnalisé en fonction des besoins de chaque élève.

- **Century tech** : La plate-forme de Century Tech utilise la neuroscience cognitive et l'analyse de données pour créer des plans d'apprentissage personnalisés et réduire la charge de travail des instructeurs. La plate-forme d'IA suit les progrès des étudiants, identifie les lacunes dans les connaissances et propose des recommandations d'étude et des commentaires personnels. Century donne également aux enseignants un accès aux ressources et réduit le temps consacré à la planification, à la notation et à la gestion des devoirs.
- **Kidsense** : KidSense développe des outils d'IA éducatifs spécialement conçus pour les enfants. L'outil de synthèse vocale de l'entreprise utilise l'intelligence artificielle pour transférer le discours d'un enfant en texte afin de prendre des notes, de pratiquer le vocabulaire ou même de passer des tests.

Les lauréats P2IA <https://eduscol.education.fr/1911/partenerariat-d-innovation-et-intelligence-artificielle-p2ia>

Français

- Solution KALIGO réalisée par LEARN&GO - INSA-IRISA - Université de Rennes 2 - LP3C - UR1-IRISA. C'est une application pédagogique qui assure l'apprentissage de l'écriture manuscrite pour les enfants de 3 à 8 ans. Elle fournit un apprentissage adaptatif selon le niveau de progression de chaque enfant.
Plus de détails sur le dossier de presse: <https://www.kaligo-apps.com/app/uploads/2020/03/DP-LearnGo-Application-Kaligo-sept-2019.pdf>
- Solution LALILO: Une application destinée aux professeurs de cycle 2 ainsi qu'aux élèves. Elle propose des exercices qui correspondent au niveau de chaque élève et elle permet un suivi en classe et à la maison.
<https://lalilo.com/?language=fr>
- Solution NAVI réalisée par DOMOSCIO - BENEYLU - HACHETTE - DXC - AIDODYS - laboratoire CHArt - laboratoire KDIS - MOBIDYS - STORYPLAYR
Navi vous recommande des activités de lecture et d'écriture adaptées aux besoins de vos élèves de cycle 2 en se basant sur les traces d'apprentissage que vous lui transmettez.
<https://navi.education>

Outils en mathématiques :

- Solution ADAPTIV'MATHS³⁰ réalisée par EVIDENCEB - APMEP - BLUE FROG ROBOTICS - DAESIGN - INRIA (EPC FLOWERS) - ISOGRAD - LIP 6 - SCHOOLBA - SEJER - NATHAN
- Solution MATHIA réalisée par VMPS/PROF EN POCHE - LUMENAI/ARTFACT - TRALALERE - CABRILOG
- Solution SMART ENSEIGNO réalisée par EDUCLEVER - CABRILOG - INRIA (EPC WIMMICS) - LUDOTIC

Outils IA et arts

L'IA est utilisée dans le domaine artistique afin de fournir des moteurs de recherche très performants tant pour trouver des œuvres que pour les explorer en plein texte. Grâce aux réseaux de neurones, venus remplacer la technique des arbres de décision, des couches de neurones vont permettre d'identifier des objets et des images, comme le propose la National Gallery of Denmark SMK et qui permet d'accéder à une base de données riches en œuvres numérisées (consulter <https://open.smk.dk>). De même, le traitement des données à grande échelle permet au projet HIMANIS, l'exploration de manuscrits en plein texte (consulter https://www.archives-nationales.culture.gouv.fr/fr_FR/web/guest/himanis). Il est possible d'en faire une expérimentation en visitant : <http://himanis.huma-num.fr/himanis/>

Ces techniques sont d'un grand intérêt dans le domaine de la création artistique. Il ne s'agit pas d'une nouveauté, cependant, car la créativité assistée par ordinateur existe depuis l'avènement de la cybernétique. Mais elle se voit dynamisée par de nouvelles techniques d'exploration des données, comme l'a prouvé l'expérimentation de production d'images automatisées de Deep Dream en 2015. La puissance des algorithmes a été poussée jusqu'à la création d'œuvres complètes par des réseaux de neurones génératifs. L'Art génératif renforce le questionnement de la place des technologies dans le domaine artistique, d'un point de vue critique, tout en offrant de nouvelles perspectives dans le domaine du design et de l'architecture en général³¹. Béatrice Joyeux Prunel développe, pour cette raison, le concept d'imagination artificielle (<https://arts.ens.psl.eu/imagination-1.html>). Plusieurs exemples provenant de l'art génératif, comme l'œuvre de Ross Goodwin (The Road, 2019), ou encore un certain nombre d'albums musicaux, ont été répertoriés par la Lettre EduNum 1^{er} Degré, N°14 (mars 2021). Certaines expositions, comme celle du Centre Pompidou, donnent une place importante aux visiteurs pour faire l'expérience de la conception artistique notamment pour générer des formes (<https://www.youtube.com/watch?v=GyY5APNyaal>). C'est une immersion que propose aussi l'exposition Artistes et Robots du Grand Palais³². Certains spectacles mettent en scène des corps décrits comme augmentés (comme, par exemple, dans

³⁰ <https://www.adaptivmath.fr/>

³¹ <https://www.pavillon-arsenal.com/fr/expositions/11466-intelligence-artificielle-architecture.html>

³² <https://www.grandpalais.fr/fr/article/artistes-robots-le-dossier-pedagogique>

Mysleves³³). Grâce à une approche participative, le spectacle invite le public à démystifier l'IA et à penser sa place dans nos vies.

La liste suivante présente des outils qui ont permis autant de créer des œuvres artistiques à partir de réseaux de neurones que de générer de la musique automatiquement

- **AI Art generator**³⁴. NightCafe Creator est une application génératrice de l'art grâce à l'IA. Elle utilise une technique appelée transfert de style neuronal pour ré-imaginer vos images dans le style de votre choix. L'application fournit des outils d'édition simples - non proposés par d'autres générateurs d'art AI ou des applications de transfert de style - pour aider l'utilisateur à transformer ses photos en chefs-d'œuvre.
- **The next Rembrandt**³⁵. On peut mieux observer l'utilisation de la technologie dans l'art, grâce à "The next Rembrandt", un chef-d'œuvre réalisée uniquement à partir des données de l'œuvre de Rembrandt. Il a été créé à l'aide d'algorithmes d'apprentissage en profondeur et de techniques de reconnaissance faciale.
- **Flow Machines: AI Assisted Music**³⁶. C'est un projet de recherche et développement et de mise en œuvre sociale qui vise à développer la créativité des créateurs en musique. Il s'engage, et ce grâce au machine learning, à créer de nouveaux titres de musique. Vous trouverez ici un exemple de musique créée par l'IA : "Daddy's car (a song composed with AI)" https://www.youtube.com/watch?v=LSHZ_b05W7o
- **Le rappeur EMO-FUTURISTE LAYLOW**³⁷ avait réalisé son album Trinity en 2020 et qui se composait de 22 titres, en utilisant les techniques de l'intelligence artificielle. Ci dessous son interview avec le magazine "antidote"
- **Jukebox**³⁸ est une nouvelle intelligence artificielle créée par OpenAI. Elle est capable de générer de la musique, mais aussi des paroles pour créer une chanson pop.

Un an avant, Open AI avait réalisé une intelligence artificielle qui permet de créer des musiques de 15 différents styles.

Voici deux exemples de musiques réalisées grâce à Open AI Jukebox:

<https://www.youtube.com/watch?v=3UwLhqcZqxc>

Jukebox Sinatra

<https://www.youtube.com/watch?v=uR7BnbH18RI>

³³ <https://www.numeridanse.tv/themas/expositions/danse-et-arts-numeriques>

³⁴ <https://creator.nightcafe.studio>

³⁵ <https://www.nextrembrandt.com>

³⁶ <https://www.flow-machines.com>

³⁷ <https://magazineantidote.com/musique/interview-laylow/>

³⁸ <https://www.lebigdata.fr/jukebox-openai>

Les chercheur.e.s équipes de recherche qui développent des travaux sur l'IA en éducation

Dans cette section nous présentons les équipes de recherche et chercheur.e.s qui travaillent en lien à des thématiques sur l'intelligence artificielle en éducation.

En France

Sur le bulletin No 108 de l'AFIA (Association française pour l'Intelligence Artificielle)

https://afia.asso.fr/wp-content/uploads/2020/05/108_avr20.pdf on retrouve :

- Équipe CAPE - Lab-STICC : Expliquer pour favoriser l'autonomie dans les apprentissages
- Équipe IEIAH - LIUM : IA pour l'instrumentation et l'analyse d'activités pédagogiques
- Équipe KIWI - LORIA : Analyse automatique de traces d'apprentissage
- Équipe MIND - LITIS : Multi-Agent, Interaction, Décision
- Équipe MOCAH - LIP6 : Modèles et Outils en ingénierie des Connaissances pour l'Apprentissage Humain
- Équipe Mnémosyne - LINE : Des neurosciences computationnelles aux sciences de l'éducation computationnelles pour la modélisation du cerveau de l'apprenant et du contexte de l'activité d'apprentissage
- Equipe MS AIMove : Intelligence Artificielle et Mouvement Humain dans l'Industrie et la Création
- Équipe SCOOOL (<https://team.inria.fr/scool/>)
- Équipe SICAL - LIRIS : Adaptation des systèmes interactifs aux comportements utilisateurs et au contexte
- Équipe SIERA-education - IRIT : Les learning analytics au soutien de l'apprentissage humain dans les environnements numériques
- Équipe TWEAK - LIRIS : Co-construction de systèmes pour soutenir les différents acteurs des situations d'apprentissage/enseignement
- Laboratoire TECFA : Des tuteurs intelligents à l'intelligence narrative
- Chaire de recherche Educ0Num : Approche interdisciplinaire de l'éducation à l'intelligence artificielle
- Equipe Flowers - INRIA : personnalisation des parcours d'apprentissage. Dans le cadre de Flowers, le projet KidLearn vise une personnalisation motivante des parcours d'apprentissage
- Projet MEMORAe : Plateforme de collaboration support à un écosystème apprenant
- Projet SIDES 3.0 : Vers une plateforme d'apprentissage personnalisé en médecine fondée sur l'intelligence artificielle

Ce numéro spécial a été développé en lien aux journées thématiques PFIA 2020 :
<http://pfia2020.fr/journeesthematiques/education-et-i-a/>

Ci-dessous quelques chercheur.e.s en lien à la thématique IA et éducation :

- Marie LEFEVRE (Université Claude Bernard Lyon 1, LIRIS)
https://www.researchgate.net/profile/Marie_Lefevre2
- Vanda Luengo
- Frédéric Alexandre, Thierry Viéville (équipe Mnemosyne)
- Luis Galindo (France)
- Colin de la Higuera (France)
- Samy Ben Amor (IMSIC-Toulon) (Traitement de l'éducation numérisée)
- Julie Henri (Belgique)

Les institutions et organismes qui développent des travaux sur l'IA en éducation

Organismes de référence et rapports en lien à l'intelligence artificielle en éducation en France, dans la Francophonie et à l'internationale.

En France

L'Association Française en Intelligence Artificielle (AFIA)

L'AFIA s'intéresse aux différents domaines de l'IA, dont celui de l'éducation. L'AFIA a organisé en 2018 des journées IA et éducation

Voici le compte-rendu de la journée « I.A. pour l'éducation » du 4 juillet 2018 à Nancy :
<https://afia.asso.fr/wp-content/uploads/2018/08/CR-EduIA-2018-AFIA.pdf>

mais a également consacré un numéro spécial de son bulletin à cette thématique :
https://afia.asso.fr/wp-content/uploads/2020/05/108_avr20.pdf

IA pour l'école

L'IA pour l'école est une initiative de l'Institut de France <https://iapourlecole.fr/>

Twitter : https://twitter.com/iapourlecole_fr

CERI

Le CERIS est un observatoire francophone <http://observatoire.rifeff.org/> visant l'identification des acteurs par le biais d'un annuaire³⁹.

³⁹ <https://www.oecd.org/fr/education/centrepourlarechercheetlinnovationdanslenseignement-ceri/38446921.pdf>

ANITI

Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute (@ANITI_Toulouse)

AFCIA, Association Française Contre l'Intelligence Artificielle

Au delà, des organismes visant le développement de l'IA en éducation, ou dans d'autres domaines, il y a également des personnes et des organismes contraires comme <http://afcia-association.fr/>

Dans la francophonie et à l'international

- Observatoire de l'impact de l'IA (OBVIA) au Québec porté par l'Université Laval avec un focus sur l'éthique, mais pas sur l'éducation <https://patwhite.com/observatoire-international-sur-les-impacts-societaux-de-lintelligence-artificielle-et-du-numerique-voit-le-jour>
- The Institute for Ethical AI in Education. L'Institut existe pour garantir que tous les apprenants tirent le meilleur parti possible de l'IA dans l'éducation et soient protégés contre les préjudices.
- Le Conseil Supérieur de l'Éducation (CSE) au Québec a développé un aperçu des possibilités et enjeux de l'IA en éducation (Gaudreau & Lemieux, 2020⁴⁰)
- Equipe IA et éducation de Microsoft : <https://experiences.microsoft.fr/technique/intelligence-artificielle-ia-technique/ia-et-education/>

⁴⁰ <https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2020/11/50-2113-ER-intelligence-artificielle-en-education-2.pdf>

Références

- Artik-consulting. (2018). Panorama des domaines de l'IA. Récupéré sur Artik-consulting.com: <https://artik-consulting.com/blog/2018/06/20/intelligence-artificielle-construire-ia-use-case/>
- Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G. J. (2020). Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100002.
- Crescenzo, P. (2020). Psychologie des êtres artificiels #PsyArt. ([hal-01581140v3](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01581140v3))
- Fox, M. S. (1990). AI and expert system myths, legends, and facts. *IEEE expert*, 5(1), 8-20.
- Holmes, W., Bidlik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education. *Boston: Center for Curriculum Redesign*.
- Gaudreau, H., & Lemieux, M.-M. (2020). *L'intelligence artificielle en éducation : Un aperçu des possibilités et des enjeux* [Document préparatoire pour le rapport sur l'état et les besoins de l'éducation 2018-2020]. Conseil supérieur de l'éducation. <https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2020/11/50-2113-ER-intelligence-artificielle-en-education-2.pdf>
- Hours, H. (2019). L'intelligence artificielle, principes et limites. *Revue Défense Nationale*, 820, pp. 49-54.
- Karsenti, T., Parent, S., Cuerrier, M., Kagorora, F. et Kerbrat, N. (2020). Développement d'une cartographie dynamique de l'intelligence artificielle (IA) en éducation. *Formation et profession*, 28(2), 124-126. <http://dx.doi.org/10.18162/fp.2020.a207>
- Kusunose, K., Haga, A., Abe, T., & Sata, M. (2019). Utilization of artificial intelligence in echocardiography.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education, London.
- Natale, S., & Ballatore, A. (2020). Imagining the thinking machine: Technological myths and the rise of artificial intelligence. *Convergence*, 26(1), 3-18.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. *AI Magazine*, 27(4), 12-14.
- Minsky, M. (1956). Some universal elements for finite automata. *Automata Studies*, 34, 117-128.
- Popenici, S. A., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 22.
- Rienties, B., Simonsen, H. K., & Herodotou, C. (2020). Defining the Boundaries Between Artificial Intelligence in Education, Computer-Supported Collaborative Learning, Educational Data Mining, and Learning Analytics : A Need for Coherence. *Frontiers in Education*, 5, 128. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00128>
- Romero, M., Alexandre, F., Viéville, T., & Giraudon, G. (2020). [LINE-Mnémosyne: Des neurosciences computationnelles aux sciences de l'éducation computationnelles pour la modélisation du cerveau de l'apprenant et du contexte de l'activité d'apprentissage](https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00128). Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, (108).
- Romero, M., Laferrière, T., & Power, T. M. (2016). The move is on! From the passive multimedia learner to the engaged co-creator. *ELearn*, 2016(3).
- Romero, M., Lepage, A., & Lille, B. (2017). Computational thinking development through creative programming in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 42.
- Romero, M., Viéville, T., & Heiser, L. (2021). Analyse d'activités d'apprentissage médiatisées en robotique pédagogique.
- Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12 : What Should Every Child Know about AI ? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33, 9795-9799.
- Tuomi, I. (2020). *The impact of Artificial Intelligence on learning, teaching, and education. Policies for the future*, Eds. Cabrera, M., Vuorikari, R & Punie, Y., EUR 29442 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97257-7, doi:10.2760/12297, JRC113226.
- UNESCO (2019). Consensus de Beijing sur l'intelligence artificielle et l'éducation, Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación, Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education (ara), 北京共识——人工智能与教育, ПЕКИНСКИЙ КОНСЕНСУС ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ И ОБРАЗОВАНИЮ. Viéville,

T., & Guitton, P. (2020). Quels sont les liens entre IA et Éducation?. Binaire.

Young, M. M., Bullock, J. B., & Lecy, J. D. (2019). Artificial discretion as a tool of governance: a framework for understanding the impact of artificial intelligence on public administration. *Perspectives on Public Management and Governance*, 2(4), 301-313.