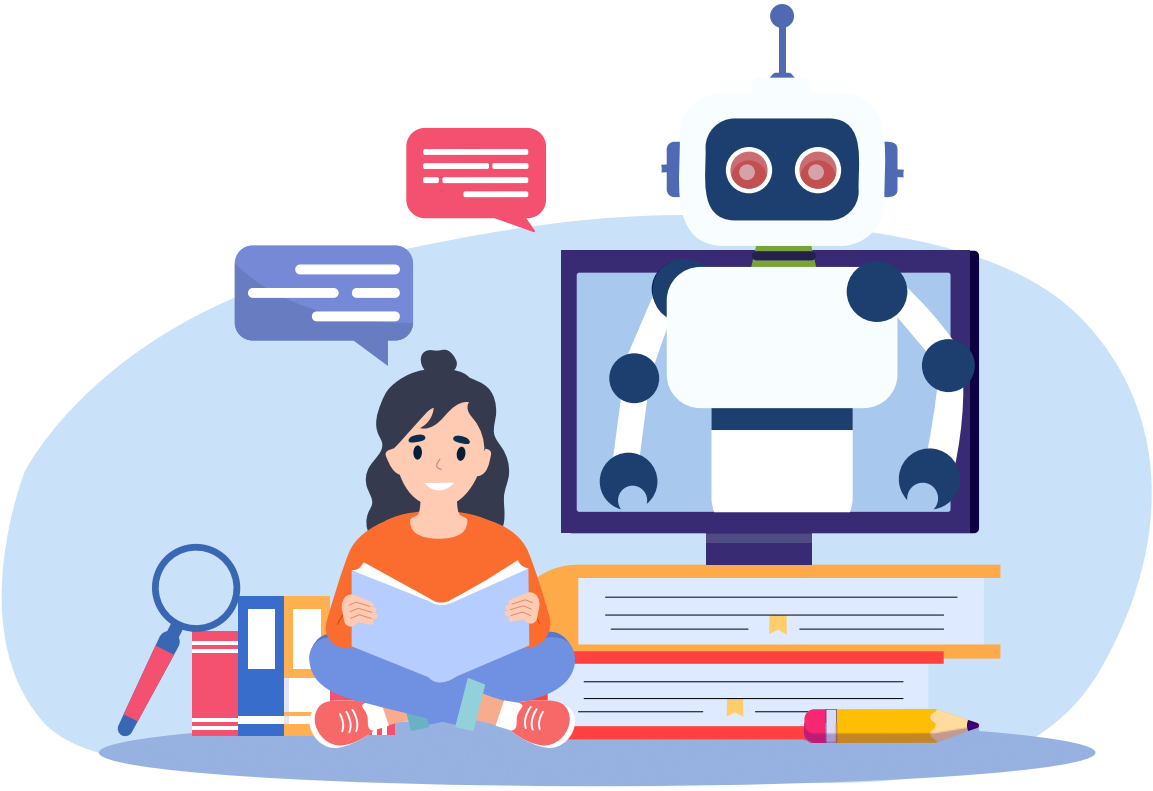
unesco

Référentiel de compétences en IA pour les apprenants



Éducation 2030

L'UNESCO : chef de file pour l'éducation

L'éducation est la priorité absolue de l'UNESCO car c'est un droit humain fondamental qui constitue la pierre angulaire de la paix et du développement durable. L'UNESCO est l'agence des Nations Unies spécialisée pour l'éducation. Elle assure un rôle moteur aux niveaux mondial et régional pour renforcer le développement, la résilience et la capacité des systèmes nationaux d'éducation au service de tous les apprenants. L'UNESCO dirige également les efforts pour répondre aux défis mondiaux actuels par le biais de l'apprentissage transformateur, en mettant particulièrement l'accent dans toutes ses actions sur l'égalité des genres et l'Afrique.

L'agenda mondial Éducation 2030

En tant qu'institution des Nations Unies spécialisée pour l'éducation, l'UNESCO est chargée de diriger et de coordonner l'agenda Éducation 2030, qui fait partie d'un mouvement mondial visant à éradiquer la pauvreté, d'ici à 2030, à travers 17 Objectifs de développement durable. Essentielle pour atteindre chacun de ces objectifs, l'éducation est au coeur de l'Objectif 4 qui vise à « ***assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité, et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie*** ». Le Cadre d'action Éducation 2030 définit des orientations pour la mise en œuvre de cet objectif et de ces engagements ambitieux.

unesco

Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Éducation 2030

Publié en 2025 par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
7 place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France

© UNESCO 2025

ISBN: 978-92-3-200332-4

DOI: https://doi.org/10.54675/NXRY6511

Œuvre publiée en libre accès sous la licence Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/). Les utilisateurs du contenu de la présente publication acceptent les termes d'utilisation de l'Archive ouverte de libre accès UNESCO (https://www.unesco.org/fr/open-access/cc-sa).

Les images marquées d'un astérisque (*) ne sont pas couvertes par la licence CC-BY-SA et ne peuvent en aucune façon être reproduites sans l'autorisation expresse des détenteurs des droits de reproduction.

Titre original : *AI competency framework for students*
Publiée en 2024 par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

Les désignations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurant n'impliquent de la part de l'UNESCO aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leur frontières ou limites.

Les idées et les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs : elles ne reflètent pas nécessairement les points de vue de l'UNESCO et n'engagent en aucune façon l'Organisation.

Traduction : Catherine Dhaussy
Relecture : Conseil supérieur de l'éducation du Québec

Crédit de la couverture : Heena Rajput/Shutterstock.com*

Mise en page et impression dans les ateliers de l'UNESCO

Imprimé en France

CLD117924

RÉSUMÉ

Préparer les apprenants à devenir des citoyens responsables et créatifs à l'ère de l'IA

L'intelligence artificielle (IA) fait tous les jours davantage partie intégrante de nos vies, ce qui implique d'avoir des systèmes éducatifs proactifs en mesure de préparer les élèves et les étudiants à être des utilisateurs responsables et des cocréateurs de l'IA. L'intégration d'objectifs d'apprentissage de l'IA dans les programmes scolaires officiels est essentielle pour que les apprenants du monde entier puissent s'intéresser en toute sécurité et de manière pertinente à l'IA.

Le *Référentiel de compétences en IA pour les apprenants* de l'UNESCO vise à aider les éducateurs dans cette démarche, en décrivant 12 compétences réparties en quatre dimensions, à savoir une perspective centrée sur l'humain, l'éthique de l'IA, les techniques et applications de l'IA, et la conception de systèmes d'IA. Ces compétences se déploient selon trois niveaux de progression : Comprendre, Appliquer et Créer. Le référentiel détaille les objectifs du programme d'études et les méthodes pédagogiques spécifiques au domaine.

En 2022, seuls 15 pays avaient intégré des objectifs d'apprentissage en IA dans leurs programmes scolaires nationaux

Fondé sur une vision des élèves et des étudiants considérés comme cocréateurs de l'IA et citoyens responsables, le référentiel met l'accent sur le jugement critique vis-à-vis des solutions d'IA, la prise de conscience des responsabilités citoyennes à l'ère de l'IA, les connaissances fondamentales en matière d'IA pour l'apprentissage tout au long de la vie, ainsi que la conception d'une IA inclusive et durable.

unesco

« Les guerres prenant naissance dans l'esprit des hommes et des femmes, c'est dans l'esprit des hommes et des femmes que doivent être élevées les défenses de la paix. »

Référentiel de compétences en IA pour les apprenants

Avant-propos

© UNESCO

Durant ces dix dernières années, l'intelligence artificielle (IA) a été largement adoptée dans tous les domaines du développement humain, et la diffusion publique d'outils d'IA générative, en novembre 2022, n'a fait qu'accélérer son omniprésence dans la vie sociale. Le secteur de l'éducation, au cœur de la transformation des sociétés humaines, n'a pas fait exception.

Ce processus d'évolution technologique rapide porte en lui de multiples opportunités, mais aussi des risques et des défis pour les apprenants, les enseignants et la société dans son ensemble. À l'ère de l'IA, les élèves et les étudiants doivent être préparés à devenir des cocréateurs actifs de l'IA, ainsi que de futurs dirigeants qui façonneront les nouvelles versions de la technologie et définiront sa relation avec la société.

C'est très exactement l'ambition du *Référentiel de compétences en IA pour les apprenants* publié par l'UNESCO, qui constitue le premier cadre mondial de ce type. Il vise à soutenir le développement de compétences fondamentales pour que les élèves et les étudiants deviennent des citoyens responsables et créatifs, prêts à s'épanouir à l'ère de l'IA. Cela les aidera à acquérir les valeurs, les connaissances et les compétences nécessaires pour examiner et comprendre l'IA de manière critique dans une perspective holistique, comprenant entre autres ses dimensions éthiques, sociales et techniques.

Ce nouveau référentiel s'inscrit dans le mandat de l'UNESCO, en ce qu'il ancre la vision de l'IA et de l'éducation dans les principes des droits humains, de l'inclusion et de l'équité. Cette approche vise à garantir que l'IA soutienne le développement des facultés humaines, protège la dignité et l'agentivité humaines, promeuve la justice et la durabilité.

Ce référentiel s'appuie sur les précédents travaux de l'UNESCO dans le domaine, tels que le *Référentiel de compétences TIC pour les enseignants*, la publication IA et éducation : guide pour les décideurs politiques, ou les plus récentes Orientations pour l'intelligence artificielle générative dans l'éducation et la recherche. Il s'appuie sur les contributions d'un large éventail de parties prenantes, en tirant parti de l'expérience des États membres de l'UNESCO en matière d'élaboration et de mise en œuvre de programmes scolaires sur l'IA, de l'expertise d'un groupe de travail international, de trois réunions de consultation internationales et sur plusieurs séries de consultations en ligne.

Ce référentiel à destination des élèves et des étudiants a été élaboré en parallèle avec un référentiel de compétences pour les enseignants. J'espère vivement que ces deux cadres permettront aux apprenants et aux enseignants de façonner l'avenir numérique que nous souhaitons.

Dans un monde caractérisé par une complexité et une incertitude croissantes, il est de notre responsabilité collective de veiller à ce que l'éducation demeure l'espace central de la transformation vers notre avenir commun.

Stefania Giannini
Sous-Directrice générale pour l'Éducation, UNESCO

Remerciements

Sous la direction de Stefania Giannini, Sous-Directrice générale pour l'Éducation, et avec l'appui de Sobhi Tawil, directeur de la division pour l'Avenir de l'apprentissage et de l'innovation à l'UNESCO, la rédaction de la publication a été dirigée par Fengchun Miao, chef de l'unité pour la Technologie et l'IA dans l'éducation.

Ce référentiel a été rédigé par Fengchun Miao, chef de l'unité pour la technologie et l'IA dans l'éducation à l'UNESCO, Kelly Shiohira, directrice du Global Science of Learning Education et Natalie Lao, directrice exécutive de la App Inventor Foundation. L'élaboration du référentiel a également bénéficié de la contribution de Lidija Kralj, analyste de l'éducation chez EduConLK.

Nous tenons également à remercier tout particulièrement les experts suivants, qui ont assuré une relecture par les pairs : Kate Arthur, cofondatrice et associée de Comz, Ke Gong, président de la Fédération mondiale des Organisations d'ingénieurs (FMOI, en anglais WFEO), Kaśka Porayska-Pomsta, professeur d'IA dans l'éducation à l'University College de Londres, Nisha Talagala, cofondatrice et PDG d'AIClub et d'AIClubPro, Monique Brodeur, Hugo Couture, Sophie Gosselin, Yves Munn et Benoit Petit, du Conseil supérieur de l'éducation du Québec, ainsi que Luc Bégin, Nicolas Bernier et Guillaume Pelletier, de la Commission de l'éthique en science et en technologie du Québec.

Nous remercions également les collègues de l'UNESCO pour leur contribution à l'évaluation par les pairs : Andrea Detmer, du bureau exécutif du secteur de la Culture, Amal Kasry, cheffe de la section des Sciences fondamentales, de la Recherche, de l'Innovation et de l'Ingénierie, Karalyn Monteil, cheffe de l'unité des Programmes et de la Liaison avec les parties prenantes au secteur de la Culture, Renato Opertti, expert principal en éducation au bureau international de l'Éducation, Arianna Valentini, consultante à l'institut international pour l'Enseignement supérieur en Amérique latine et dans les Caraïbes, Soichiro Yasukawa, chef de l'unité de Réduction des risques de catastrophes dans le secteur des Sciences exactes et naturelles, Martiale Kana Zebaze, spécialiste de programme principal pour la Science, la Technologie et l'Innovation au Bureau de l'UNESCO à Harare, ainsi que Jaco Du Toit, chef de la section pour l'Accès universel à l'information et l'inclusion numérique dans le secteur de la Communication et de l'Information, et Zeynep Varoglu, spécialiste de programme.

Nous remercions tout particulièrement Luisa Ferrara, de l'unité Technologie et IA dans l'éducation au sein de la division Avenir de l'apprentissage et de l'innovation, pour la gestion des contributions des experts, et Glen Hertelendy, de la même unité, pour avoir coordonné la réalisation de cette publication.

Nous remercions aussi Jenny Webster pour la révision et la relecture du texte.

Enfin, l'UNESCO souhaite remercier le Tomorrow Advancing Life (TAL) Education Group of China pour avoir généreusement soutenu ce projet de publication et, plus généralement, pour avoir œuvré à la promotion du potentiel de l'intelligence artificielle pour l'avenir de l'éducation.

Table des matières

Avant-propos **6**
Remerciements **7**
Liste des tableaux et des encadrés **10**
Acronymes et abréviations **11**

Chapitre 1 : Introduction **12**
1.1 Pourquoi un référentiel de compétences en IA pour les apprenants ? 12
1.2 Objectif et public cible 13

Chapitre 2 : Principes fondamentaux **14**
2.1 Favoriser une approche critique de l'IA 14
2.2 Prioriser l'interaction avec l'IA centrée sur l'humain 15
2.3 Encourager une IA respectueuse de l'environnement 15
2.4 Promouvoir l'inclusivité dans le développement des compétences en IA 16
2.5 Renforcer les compétences de base en matière d'IA pour l'apprentissage tout au long de la vie 17

Chapitre 3 : Structure du référentiel de compétences en IA pour les apprenants **18**
3.1 Le référentiel 18
3.2 Niveaux de progression 20
Niveau n° 1 : Comprendre 20
Niveau n° 2 : Appliquer 20
Niveau n° 3 : Créer 21
3.3 Aspects 21
Perspective centrée sur l'humain 22
Éthique de l'IA 23
Techniques et applications de l'IA 24
Conception de systèmes d'IA 25

Chapitre 4 : Spécifications des compétences en IA **27**
pour les apprenants **27**
4.1 Niveau 1 : Comprendre 27
4.2 Niveau 2 : Appliquer 37
4.3 Niveau 3 : Créer 45

Chapitre 5 : Application du référentiel **53**

5.1 L'alignement des compétences en IA comme fondement des stratégies nationales d'IA 53

5.2 Construire des programmes d'études de base interdisciplinaires et collectifs pour les compétences en IA 56

5.3 Encadrer les domaines d'IA durables et localement réalisables en tant que supports du programme d'études 58

5.4 Adapter les séquences curriculaires en spirale en fonction de l'âge 59

5.5 Créer des environnements d'apprentissage favorables aux programmes d'IA 61

5.6 Promouvoir la professionnalisation des enseignants d'IA et rationaliser leur soutien 62

5.7 Orienter la conception et l'organisation des activités pédagogiques en fonction des cohortes 64

5.8 Construire des évaluations basées sur les compétences concernant la progression des aspects-clefs en IA 69

Conclusion **78**

Références **79**

Notes **80**

Liste des tableaux

Tableau 1. Référentiel de compétences en IA pour les apprenants 19

Tableau 2. Blocs de compétences pour le niveau 1 : Comprendre 29

Tableau 3. Blocs de compétences pour le niveau 2: Appliquer 37

Tableau 4. Blocs de compétences pour le niveau 3 : Créer 45

Tableau 5. Exemples de tâches d'évaluation 73

Liste des encadrés

Encadré 1. Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle 53

Encadré 2. Soutenir le développement des ressources humaines : La stratégie nationale de la République de Corée pour l'intelligence artificielle 55

Encadré 3. L'approche interdisciplinaire des Émirats arabes unis pour les programmes d'enseignement de l'IA de la maternelle à la 12e année 57

Encadré 4. La séquence en spirale des cours de la « Journée de l'IA » 60

Encadré 5. Environnement d'apprentissage type mis en place par les programmes d'enseignement de l'IA des gouvernements 61

Encadré 6. Un cadre de compétences en IA pour les enseignants de l'IA en Chine 63

Encadré 7. Méthodes pédagogiques dans le programme du MIT sur l'éthique de l'IA pour les élèves du secondaire 66

Acronymes et abréviations

AIE	Agence internationale de l'Énergie (en anglais IEA)
EFTP	Enseignement et formation techniques et professionnelles
IA	Intelligence artificielle
IAG	Intelligence artificielle générale
ICCI	Informatique, conception créative et innovation (en anglais CCDI)
K-12	Scolarité de la maternelle à la 12e année (jusqu'à la fin du secondaire)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OC	Objectifs curriculaires (en anglais CG)
OIG	Organisation intergouvernementale
ONG	Organisation non-gouvernementale
RAG	Réseaux antagonistes génératifs (en anglais GAN)
RCA (sur l')IA	Référentiel de compétences en IA pour les apprenants
Stiam	Science, technologie, ingénierie, arts et mathématiques
Stim	Science, technologie, ingénierie et mathématiques
TIC	Technologies de l'information et de la communication
UIT	Union internationale des Télécommunications (en anglais ITU)
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

Chapitre 1 : Introduction

1.1 Pourquoi un référentiel de compétences en IA pour les apprenants ?

La prolifération de l'intelligence artificielle (IA) et le développement rapide de ses versions successives, dans tous les aspects de la vie et dans tous les secteurs, posent de nouveaux défis concernant la nature de l'intelligence des machines, la collecte et l'utilisation des données personnelles, le rôle des êtres humains et des machines dans la prise de décision, ou encore l'impact de l'IA sur la durabilité sociale et environnementale. Il est essentiel que les systèmes éducatifs préparent les élèves et les étudiants non seulement à acquérir les connaissances et les compétences nécessaires pour utiliser l'IA, mais aussi pour comprendre les effets potentiels de la technologie sur les sociétés et sur l'environnement dans son ensemble. Compte tenu du potentiel de transformation des sociétés humaines par l'IA, il est crucial d'inculquer aux apprenants[1] des valeurs, des connaissances et des compétences nécessaires à l'utilisation efficace de l'IA et à la cocréation active avec celle-ci.

L'éducation, en tant que secteur public, ne peut être réduite à un terrain d'essai en vue d'une adoption passive de l'IA. Le rôle du secteur de l'éducation n'est pas seulement de préparer les élèves et les étudiants à s'adapter à une société de plus en plus transformée par les technologies de l'IA ; ce secteur a également un rôle-clef à jouer, celui de donner aux jeunes les moyens de contribuer à la cocréation d'avenirs durables en rééquilibrant nos relations, non seulement avec les autres, mais aussi avec la technologie et l'environnement. En définissant les compétences de base dont les élèves et les étudiants sont susceptibles d'avoir besoin à mesure que nous avançons dans l'ère de l'IA, l'objectif ultime de ce référentiel de compétences en IA pour les apprenants (RCA IA ou RCA sur l'IA) est d'aider à former des citoyens responsables et créatifs qui peuvent cocréer ces futurs souhaitables.

Dès 2019, les gouvernements ont reconnu le besoin de développer la littératie de l'IA et des compétences plus avancées en matière d'IA, lorsqu'ils ont adopté le *Consensus de Beijing sur l'intelligence artificielle (IA) et l'éducation* de l'UNESCO. Ce document souligne en effet la nécessité de doter les individus d'une littératie de l'IA dans toutes les couches de la société. Toutefois, selon une enquête récente menée dans 190 pays, seule une quinzaine d'entre eux ont élaboré ou mis en œuvre des programmes d'enseignement de l'IA dans l'éducation scolaire (UNESCO, 2022b). L'enquête a également révélé que la définition de la littératie, des aptitudes et des compétences en matière d'IA variait considérablement d'un pays à l'autre. Les résultats de l'enquête soulignent donc l'urgence d'élaborer une approche harmonisée de l'intégration des contenus d'enseignement et d'apprentissage liés à l'IA dans les programmes scolaires.

La définition des compétences des apprenants en matière d'IA est bien trop souvent influencée par des formations conçues et/ou dispensées par des entreprises privées, qui ont tendance à se concentrer sur les compétences techniques nécessaires pour exploiter des plateformes d'IA à but lucratif. Ces approches abordent rarement les questions critiques plus larges relatives aux implications de l'IA pour l'apprentissage et la citoyenneté. Trop peu de systèmes éducatifs disposent actuellement de cadres validés par les pouvoirs publics pour l'introduction de contenus et de méthodes liés à l'IA dans les programmes d'enseignement. L'un des défis auxquels sont confrontés les systèmes d'éducation publique quand ils cherchent à combler ce vide est l'absence d'un cadre de référence international sur les compétences des apprenants en matière d'IA. Un tel cadre peut

servir de base à l'élaboration de référentiels de compétences nationaux/locaux en IA pour les élèves et les étudiants, référentiels qui favorisent une approche critique et éthique des outils d'IA et développent les connaissances fondamentales nécessaires à leur utilisation signifiante en éducation. L'objectif de ce RCA sur l'IA est de combler cette lacune.

La technologie de l'IA évolue rapidement. Il est donc essentiel de veiller à ce que tous les apprenants disposent d'un ensemble de connaissances, de compétences et de valeurs fondamentales pour interagir dans le présent avec l'IA dans un sens éthique et efficace. Cette base peut permettre aux élèves et aux étudiants d'utiliser les futures versions de la technologie de l'IA d'une manière appropriée et centrée sur l'humain.

Le RCA IA aide les autorités du champ éducatif à répondre à ces besoins en définissant un ensemble de compétences de base pour les apprenants, compétences qui s'articulent autour de quatre aspects : (i) une perspective centrée sur l'humain ; (ii) l'éthique de l'IA ; (iii) les techniques et applications de l'IA ; (iv) la conception de systèmes d'IA. Ces quatre aspects s'articulent selon trois niveaux de progression ou de maîtrise (compréhension, application et création), ce qui représente un total de douze blocs de compétences. Pour chacun de ces blocs de compétences, le RCA IA propose des spécifications détaillées relativement aux méthodes et aux stratégies pédagogiques pertinentes pour concevoir et fournir des contenus curriculaires liés à l'IA.

1.2 Objectif et public cible

Le RCA IA vise à servir de guide aux systèmes d'éducation publics pour fonder et développer les compétences requises de la part de tous les apprenants et citoyens en vue de la mise en œuvre efficace des stratégies nationales en matière d'IA et de la construction d'avenirs inclusifs, justes et durables dans le cadre de cette nouvelle ère technologique.

Plus précisément, le RCA IA : (1) fournit un cadre de référence universel concernant l'ensemble des compétences fondamentales attendues des élèves et étudiants, et ce pour éclairer la conception des référentiels de compétences nationaux ou institutionnels en matière d'IA ; (2) spécifie les performances relatives aux attitudes et aux comportements spécifiques qui sont liées aux aspects-clefs des compétences en IA à différents niveaux de maîtrise, afin d'aider à concevoir le contenu des programmes d'études liés à l'IA pour les élèves et les étudiants ; (3) préconise d'avoir une feuille de route ouverte pour aider à planifier la séquence d'apprentissage des programmes curriculaires en IA à tous les niveaux scolaires.

En tant que cadre de référence international, le RCA IA doit être adapté aux différents niveaux de préparation où se trouvent les systèmes éducatifs locaux en termes de programmes, d'environnement d'apprentissage favorable à l'enseignement de l'IA, de préparation des enseignants, mais aussi de connaissances et de capacités antérieures de groupes spécifiques d'élèves et d'étudiants.

Le RCA IA s'adresse principalement aux décideurs politiques, aux concepteurs de programmes d'études, aux prestataires de programmes éducatifs sur l'IA destinés aux élèves et étudiants, aux chefs d'établissement, aux enseignants et aux experts en éducation.

Chapitre 2 : Principes fondamentaux

2.1 Favoriser une approche critique de l'IA

La pensée critique est une compétence fondamentale dont les élèves et étudiants ont besoin pour s'intéresser de manière efficace à l'IA en tant qu'apprenants, utilisateurs et créateurs. Ils ont également la responsabilité de déterminer quels types d'IA devraient être développés et quelles devraient être leurs utilisations en vue de conduire les sociétés humaines vers des futurs partagés, inclusifs et respectueux de l'environnement. Les élèves et étudiants ont besoin d'être accompagnés afin de devenir des cocréateurs actifs de l'IA, mais aussi des leaders potentiels qui définiront les futures versions de l'IA et ses interactions avec la société humaine pour les générations actuelles et à venir. Pour encourager cette vision, le RCA est conçu pour favoriser une approche critique de l'IA qui amène les apprenants à se poser des questions fondamentales, telles que : l'IA est-elle prête à contribuer à résoudre les défis du monde réel auxquels les êtres humains sont confrontés, ou représente-t-elle un ensemble de menaces insurmontables pour eux ? Les effets négatifs sur le climat produits par l'entraînement et l'utilisation de l'IA sont-ils disproportionnés par rapport aux bénéfices escomptés ? Quels impacts sociétaux, économiques, politiques et démographiques de l'utilisation de l'IA convient-il d'examiner attentivement ?

Les transformations occasionnées par l'IA dans tous les secteurs de développement ont de profondes implications sur l'agentivité[2] humaine, les interactions humaines, l'équité sociale, l'inclusion économique et la durabilité environnementale. En premier lieu, on attend ainsi des élèves et des étudiants qu'ils soient conscients et informés des bénéfices et des limites des possibilités existantes de l'IA. La condition préalable à une utilisation responsable réside dans la capacité des apprenants à juger de la fiabilité et de la proportionnalité des outils d'IA. Le RCA sur l'IA vise à préparer les élèves et les étudiants à acquérir les valeurs, les connaissances et les compétences nécessaires pour examiner de manière critique la proportionnalité[3] de l'IA d'un point de vue éthique. Il s'agit notamment d'examiner et de comprendre son impact sur l'agentivité humaine, l'inclusion sociale et l'équité, la sécurité institutionnelle et individuelle, la diversité culturelle et linguistique, la construction et l'expression d'opinions plurielles, ainsi que sur l'environnement et les écosystèmes. Les apprenants doivent dépasser l'idée fausse selon laquelle l'IA apporte à elle seule une solution à tout. Au contraire, ils doivent devenir des décideurs conscients du moment où les systèmes et les applications d'IA devraient, ou ne devraient pas, être utilisés ; quels problèmes ils peuvent ou ne peuvent pas résoudre ; et quand et comment l'IA devrait être conçue et utilisée en tant qu'élément spécifique d'une solution plus large. Le RCA IA vise à nourrir les aspirations des élèves et des étudiants à concevoir et à mettre en application des outils d'IA au service d'objectifs spécifiques qui aient du sens ou pour relever des défis du monde réel et promouvoir le développement durable.

Les sociétés entrent dans l'ère de l'IA à des rythmes différents, mais partout dans le monde les élèves et les étudiants sont, ou seront, des citoyens dans des contextes caractérisés par une présence généralisée de l'IA. Ils devront non seulement se conformer aux réglementations légales et aux principes éthiques, mais, en tant que citoyens, ils devront également contribuer à l'évolution des normes et des réglementations en matière d'IA. Le référentiel souligne donc l'importance d'aider les apprenants à devenir des utilisateurs responsables et éthiques de l'IA, ainsi que des contributeurs à cette dernière. Il les incite à réfléchir aux principales controverses entourant l'IA, à intérioriser les principes éthiques et à se familiariser avec les réglementations en vigueur.

Le RCA IA présente une vision prospective du type de citoyenneté requis par des sociétés de plus en plus façonnées par l'IA. Il propose que les apprenants soient incités et habilités à utiliser l'IA de façon pertinente pour se réaliser, à évaluer ses impacts sociaux, économiques et environnementaux, et à participer, selon un niveau adapté à leur âge ou à leur niveau scolaire, à l'élaboration de réglementations en matière d'IA, contribuant ainsi à définir et structurer notre relation avec la technologie dans la société – entendue au sens large du terme.

2.2 Prioriser l'interaction avec l'IA centrée sur l'humain

À l'ère de l'IA, l'interaction entre les humains et les systèmes et applications d'IA deviendra un élément constitutif essentiel du service public, de la production et du commerce, des pratiques sociales, de l'apprentissage et de la vie quotidienne. Dans tous ces domaines, déterminer les compétences nécessaires pour comprendre et garantir une interaction avec l'IA centrée sur l'humain constitue une priorité pour le RCA IA.

L'approche centrée sur l'humain proposée par l'UNESCO préconise que la conception et l'utilisation de l'IA servent au développement des capacités humaines, protègent la dignité humaine et l'agentivité, mais aussi promeuvent la justice et la durabilité tout au long du cycle de vie de l'IA et de toutes les boucles d'interaction possibles entre l'humain et l'IA. Une telle approche doit être guidée par les principes des droits humains et le respect de la diversité linguistique et culturelle qui définit les biens communs (en anglais, commons) de la connaissance. Une approche centrée sur l'humain exige également que l'IA soit utilisée de manière à garantir la transparence et l'explicabilité, ainsi que le contrôle et la responsabilité des individus.

À mesure que l'IA devient de plus en plus sophistiquée et de plus en plus utilisée, un danger de taille réside dans sa capacité à réduire l'agentivité humaines et à compromettre le développement des compétences intellectuelles de l'individu. Si l'IA peut être utilisée pour défier et élargir la pensée humaine, elle ne doit cependant pas usurper ou remplacer la pensée critique. La protection et le renforcement de l'agentivité humaine devraient donc toujours exister en tant que principe fondamental dans la conception des programmes d'études et d'éducation en matière d'IA. Le RCA IA vise à aider les apprenants à comprendre les types de données que l'IA peut collecter auprès d'eux, les méthodes avec lesquelles les données peuvent être utilisées pour l'entraînement des modèles d'IA, et l'impact que le cycle des données peut avoir sur leur vie en général et plus particulièrement leur vie privée. Il cherche à stimuler la motivation intrinsèque des élèves et des étudiants pour grandir et apprendre en tant qu'individus, mais aussi pour renforcer leur autonomie dans des contextes où des systèmes d'IA sophistiqués sont de plus en plus présents. Les compétences essentielles en IA, telles que proposées dans ce référentiel, peuvent également aider les élèves et les étudiants à comprendre la valeur unique des interactions sociales et des œuvres créatives produites par les humains, qui ne devraient pas être remplacées par les résultats de l'IA. En les guidant pour acquérir et développer les compétences requises pour s'engager dans l'IA en gardant une perspective centrée sur l'humain, le référentiel vise à empêcher les apprenants de devenir dépendants de l'IA et à favoriser des comportements qui maintiennent la responsabilité humaine lors de décisions dont les enjeux sont cruciaux.

2.3 Encourager une IA respectueuse de l'environnement

En tant que cocréateurs et leaders potentiels des prochaines générations de technologies d'IA, les apprenants doivent avoir une compréhension critique des effets négatifs sur l'environnement provoqués par les approches motivées par le profit dans la conception, la formation et le déploiement des modèles d'IA. Il incombe aux systèmes éducatifs de veiller à ce que les élèves

et les étudiants comprennent ce que sont les émissions de carbone, analysent les causes fondamentales du changement climatique et agissent de manière judicieuse pour protéger le climat et l'environnement.

Dans la course à la production de modèles d'IA de plus en plus puissants, la durabilité environnementale est souvent considérée comme d'importance secondaire. Dans certains cas, elle a même été occultée à dessein par les affirmations selon lesquelles l'IA promet de résoudre le problème du changement climatique. À l'heure où les dirigeants et les décideurs politiques du monde entier s'efforcent d'envisager des réglementations relatives à la consommation d'énergie et à la protection de l'environnement, il est impératif que les élèves et les étudiants comprennent comment l'entraînement de modèles d'IA contribue à la destruction de l'environnement naturel. L'apprentissage relatif à l'IA devrait leur permettre d'envisager d'urgence des approches plus respectueuses du climat en matière de conception, d'entraînement et d'utilisation des modèles d'IA. Le RCA IA y contribue en les aidant à concevoir et à mettre en œuvre des activités d'apprentissage basées sur des projets relatifs aux impacts environnementaux de l'utilisation et de la formation des modèles d'IA et en les incitant à rechercher des solutions possibles pour limiter ces effets négatifs.

2.4 Promouvoir l'inclusivité dans le développement des compétences en IA

L'accès à l'IA et la maîtrise des compétences en matière d'IA représentent les deux aspects des droits fondamentaux des citoyens dans le monde d'aujourd'hui. Tous les apprenants devraient avoir un accès inclusif aux environnements nécessaires à l'apprentissage de base de l'IA ; ils devraient également être soutenus pour apprendre à intégrer le principe d'inclusivité dans la conception de l'IA et être préparés à contribuer à une société de l'IA qui soit pleinement inclusive.

Lorsqu'on définit les compétences en matière d'IA, il convient de garantir aux élèves et aux étudiants la possibilité de comprendre et d'appliquer le principe d'inclusivité tout au long du cycle de vie de l'IA. Cela recouvre la sélection de données représentatives, le choix d'algorithmes sans préjugés et de méthodes d'entraînement non discriminatoires, la conception de fonctionnalités accessibles, un test d'inclusivité des résultats de l'IA et l'évaluation des effets de l'utilisation de l'IA sur l'inclusion sociale. En ce qui concerne la conception de systèmes d'IA, les apprenants peuvent approfondir leur compréhension et leurs compétences appliquées pour évaluer les besoins des utilisateurs ayant des capacités différentes ainsi que de ceux issus de divers milieux linguistiques et culturels.

Lors de la sélection des modèles et des types de technologies servant de vecteurs à l'enseignement et à l'apprentissage liés à l'IA, il convient de veiller à ne pas favoriser certaines catégories démographiques par rapport à d'autres. Quand on recommande des outils d'IA spécifiques à des fins éducatives, des mécanismes rigoureux de validation publique doivent être appliqués pour éviter les algorithmes présentant des biais liés au genre, aux capacités, au statut socio-économique, à la langue, à l'appartenance ethnique et/ou à la culture. Les outils d'IA conçus pour aider les personnes en situation de handicap et promouvoir la diversité linguistique et culturelle devraient être prioritaires. Lorsque de tels mécanismes de validation ne sont pas disponibles, il convient d'éviter d'établir des préconisations relatives à des outils d'IA spécifiques pour une utilisation à grande échelle.

En ce qui concerne la mise en œuvre du programme d'études, des mesures spécifiques peuvent être définies pour créer les conditions de base nécessaires au déploiement du programme d'études en IA fondé sur le RCA. Alors que les référentiels ou les programmes d'enseignement de l'IA devraient être conçus pour être applicables à tous les apprenants, y compris ceux qui vivent dans des environnements à faible technologie, l'implication dans l'IA sans accès à l'Internet et aux

outils d'IA limite la portée et le niveau de maîtrise des compétences en IA. Les gouvernements devraient s'engager à promouvoir l'accès de tous à une connectivité Internet de base, à des équipements numériques mis à jour, à des programmes et logiciels d'IA libres ou abordables et à des équipements d'IA essentiels, avec, le cas échéant, le soutien du monde académique ou du secteur privé. Une fois de plus, ces efforts doivent accorder une attention particulière aux apprenants en situation de handicap et/ou appartenant à des groupes linguistiques ou culturels minoritaires.

2.5 Renforcer les compétences de base en matière d'IA pour l'apprentissage tout au long de la vie

L'enseignement et l'apprentissage de l'IA devraient servir à développer des compétences fondamentales qui permettent aux élèves et aux étudiants d'acquérir de nouvelles connaissances et de s'adapter à la résolution de problèmes dans de nouveaux contextes à l'aide de technologies d'IA nouvelles. Ces compétences de base doivent avant tout inclure des valeurs éthique et une approche centrée sur l'humain. Les apprenants ont besoin d'être guidés pour approfondir progressivement leur compréhension de certains droits humains – tels que les droits à l'égalité, à la non-discrimination, à la vie privée et à l'expression plurielle – ainsi que leurs implications pour les différentes formes d'interaction entre les êtres humains et l'IA. Les compétences reflètent également la nécessité non seulement de comprendre les controverses entourant l'IA et les principes-clefs en matière éthique qui guident la réglementation, mais aussi de développer des compétences pratiques pour lutter contre les préjugés, protéger la vie privée, promouvoir la transparence et la responsabilité, ou adopter une conception éthique pour la cocréation de l'IA.

Les compétences de base sont indépendantes de la marque et du produit, ce qui garantit que les apprenants peuvent s'approprier de manière opportune toute gamme d'outils et toute version future des technologies de l'IA. Cela leur permet de développer une compréhension adaptée à leur âge et peu à peu plus approfondie des données, des algorithmes, des modèles et de la conception des systèmes d'IA. Les élèves et les étudiants doivent être encouragés à construire cette compréhension en reliant les concepts de l'IA à des défis du monde réel, et ce afin de développer des compétences critiques en matière de résolution de problèmes. Les apprenants devraient aussi être incités à exploiter leur créativité dans le but d'optimiser les modèles d'IA existants ou de cocréer une IA riche de sens. Ces compétences de base constituent le fondement d'un apprentissage plus approfondi et d'une utilisation plus spécialisée de l'IA dans la formation continue, le monde professionnel et l'existence en général.

Chapitre 3 : Structure du référentiel de compétences en IA pour les apprenants

3.1 Le référentiel

Le RCA IA est composé de douze blocs de compétences basés sur une matrice à deux dimensions. La première dimension comprend quatre aspects interdépendants des compétences en IA, tandis que la seconde comprend trois niveaux de progression ou de maîtrise que les apprenants sont invités à aborder de manière itérative.

Le RCA sur l'IA ancre la définition des compétences en IA sur trois piliers qui encadrent des compétences de base plus larges pour les apprenants – à savoir les connaissances, les habiletés et les valeurs ; il vise également à encourager une compréhension éthique des méthodes utilisées par les humains qui sous-tendent les systèmes d'IA. Sur la base de cette conceptualisation, le cadre définit quatre éléments constitutifs essentiels de la compétence des étudiants en matière d'IA : (i) une perspective centrée sur l'humain ; (ii) une éthique de l'IA ; (iii) les techniques et applications de l'IA ; (iv) la conception de systèmes d'IA. L'accent est ainsi mis sur les valeurs fondamentales, les responsabilités sociétales en matière de respect des principes éthiques, les connaissances et compétences fondamentales, mais aussi les capacités de réflexion complexe pour la conception de systèmes. Bien que différents éléments puissent être développés par le biais de méthodes pédagogiques spécifiques à un domaine d'apprentissage, les compétences en IA constituent, en dernière instance, un ensemble interdisciplinaire d'aptitudes, d'orientations et de valeurs générales qui dépasse les domaines ou les outils particuliers de l'IA.

Le premier « aspect » situe les compétences des apprenants dans le cadre d'une perspective centrée sur l'humain à l'égard des bénéfices et des risques de l'IA. Il vise également à favoriser une compréhension critique du principe de proportionnalité des outils d'IA spécifiques par rapport à nos besoins humains et au développement durable de l'environnement et des écosystèmes. L'éthique de l'IA, qui constitue le deuxième « aspect », englobe les composantes sociales et éthiques des compétences à maîtriser, y compris les aptitudes sociales nécessaires pour naviguer, comprendre, pratiquer et contribuer à l'adaptation d'un ensemble croissant de principes qui régissent le comportement humain tout au long du cycle de vie de l'IA.

Le troisième « aspect », à savoir les techniques et applications de l'IA, correspond à l'interrelation des connaissances conceptuelles sur l'IA et des compétences opérationnelles associées à l'usage des outils d'IA sélectionnés et de tâches authentiques. Le quatrième et dernier « aspect » est la conception de systèmes d'IA, qui couvre des compétences techniques d'ingénierie complètes qui déterminent la définition du problème, la construction de l'architecture, la formation, les tests et l'optimisation des systèmes d'IA. Cet aspect vise à stimuler les apprenants et à leur permettre d'acquérir une compréhension plus approfondie des systèmes d'IA, mais aussi d'étayer leur apprentissage exploratoire en vue de la poursuite d'études plus poussées dans le domaine de l'IA.

La deuxième dimension du référentiel décrit trois niveaux de progression : Comprendre, Appliquer, Créer, qui sont conçus pour refléter les niveaux de maîtrise des quatre aspects décrits ci-dessus. Ils peuvent être utilisés dans les programmes d'enseignement de l'IA ou les programmes d'études avec une séquence d'apprentissage en spirale couvrant les différents niveaux scolaires, afin d'aider les apprenants à construire progressivement un schéma systématique et transférable de compétences.

La matrice du référentiel recoupe les quatre aspects des trois niveaux de progression ou de maîtrise (voir **tableau 1**). À l'intersection de ces niveaux et de ces aspects se trouvent douze blocs de compétences en IA dont les caractéristiques sous-tendent la pensée critique, l'examen éthique, l'utilisation pratique et la cocréation itérative de l'IA. Ces blocs de compétences doivent être considérés comme des unités interconnectées permettant de donner un cadre aux composants-clefs. Plutôt que d'être compris comme des rubriques fragmentées et disparates à maîtriser de manière isolée, ils peuvent être reliés et entrelacés ensemble comme des organes opérationnels des compétences en IA.

La grille matricielle fournit un plan directeur valable pour les objectifs d'apprentissage, à un niveau minimum de maîtrise, relativement à un bloc de compétences donné. Plus précisément, cette grille est conçue pour guider : (1) la définition des principaux domaines d'intérêt liés à l'IA et des niveaux de maîtrise attendus, en fonction de l'état de préparation à l'IA à l'échelle locale et du temps d'enseignement disponible ; (2) l'identification des contenus d'apprentissage relatifs à l'IA qui peuvent être intégrés dans les programmes d'études, les matières et les niveaux scolaires existants ; (3) la définition des niveaux de compétence et l'élaboration de critères d'évaluation destinés à évaluer les compétences générales et la progression des apprenants en IA ; (4) la conception et l'exploration de méthodes d'enseignement et d'apprentissage agiles adaptées à l'âge et spécifiques au domaine. Il est essentiel de prendre en compte la plupart de ces facteurs lorsqu'un pays, une juridiction ou une école adapte ce cadre au contexte local. La sélection des aspects prioritaires et la spécification des niveaux de maîtrise souhaités, par exemple, doivent dépendre des compétences existantes des apprenants en matière d'IA, de la formation et des compétences des enseignants, de la disponibilité des heures d'apprentissage et de l'état de préparation à l'IA (*AI readiness*) au niveau local, y compris en termes de ressources financières et d'infrastructure.

Tableau 1. Référentiel de compétences en IA pour les apprenants

Aspects des compétences	**Niveaux de progression**		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
• **Perspective centrée sur l'humain**	• Agentivité humaine	• Responsabilité humaine	• Citoyenneté à l'ère de l'IA
• **Éthique de l'IA**	• Intériorisation de l'éthique (« Embodied ethics »)	• Utilisation sûre et responsable	• Éthique dès la conception (« Ethics by design »)
• **Techniques et applications de l'IA**	• Fondements de l'IA	• Compétences pour l'application	• Création d'outils d'IA
• **Conception de systèmes d'IA**	• Délimitation des problèmes	• Conception de l'architecture	• Itérations et boucles de rétroaction

3.2 Niveaux de progression

Les trois niveaux reflètent une progression, dans les compétences et la conscience éthique dans l'utilisation et la cocréation de la technologie de l'IA, qui est attendue des élèves et des étudiants. Ces niveaux et les spécifications de chaque bloc de compétences peuvent aider aux évaluations formatives et sommatives des compétences des apprenants en IA, mais aussi à la conception de méthodes pédagogiques agiles et adaptées au contexte.

Niveau n° 1 : Comprendre

Ce premier niveau s'adresse à tous les apprenants. Tous les individus interagissent ou interagiront en effet avec une forme d'IA ou une autre au cours de leur vie. Il est tout aussi vrai que les fournisseurs d'IA ont exploité et manipulé les données de presque tous les utilisateurs d'Internet. C'est donc chaque élève ou étudiant qui doit acquérir et développer des valeurs centrées sur l'humain, les connaissances et les compétences nécessaires pour s'impliquer de manière sûre, informée et constructive dans ses interactions quotidiennes avec l'IA dans divers aspects de la vie.

Au niveau « Comprendre », il est attendu des apprenants qu'ils favorisent la compréhension de ce qu'est l'IA et construisent des interprétations adaptées à leur âge concernant les valeurs, les questions éthiques, les concepts, les processus et les approches techniques qui sous-tendent les outils de l'IA et leurs utilisations. Ils doivent être en mesure d'expliquer ou d'illustrer leurs connaissances par des liens avec la vie réelle ou les pratiques sociales et d'assimiler de nouvelles connaissances en les intégrant dans leurs propres schémas de connaissances.

Ce niveau de maîtrise fournit les bases attitudinales, cognitives et pratiques qui sont essentielles à la poursuite de l'apprentissage de l'IA. Il ne définit pas les compétences de fin d'études pour des domaines spécifiques de l'IA.

Niveau n° 2 : Appliquer

Étant donné que l'utilisation de l'IA concerne tous les secteurs et tous les aspects de la vie, y compris l'éducation et le travail, les élèves et étudiants devraient être préparés à devenir des utilisateurs responsables, actifs et efficaces de l'IA, à la fois dans leur propre intérêt et pour relever des défis communs en matière de durabilité. Les acquis de ce deuxième niveau, « Appliquer », sont donc pertinents pour tous les apprenants et peuvent être utilisés pour adapter la portée, l'étendue et le niveau de difficulté des modules thématiques d'un programme d'études formel sur l'IA. Pour étudier à ce niveau, les apprenants doivent maîtriser les fondamentaux de l'approche centrée sur l'humain et des principes éthiques essentiels relatifs à l'IA, en plus d'avoir acquis une connaissance de base de l'IA et des compétences en ce qui concerne l'application des savoirs.

Au niveau « Appliquer », il est attendu des apprenants qu'ils soient en mesure d'améliorer, de transférer et d'adapter les valeurs, les connaissances et les compétences préalablement acquises à de nouveaux processus d'apprentissage. Ils le font en abordant des questions théoriques et/ou des tâches pratiques dans des contextes plus complexes, ainsi qu'en examinant de manière critique les méthodes techniques avancées qui sous-tendent les outils d'IA. À ce niveau, les élèves et les étudiants auront acquis une base solide et transférable de connaissances conceptuelles et d'ensembles de compétences associées à l'IA. On attend également d'eux qu'ils adoptent une perspective centrée sur l'humain et éthique pour évaluer, analyser et se servir en pratique des outils d'IA.

Les apprenants de ce niveau peuvent progresser vers le troisième niveau, plus spécialisé, à savoir « Créer ». Toutefois, il est possible que certains ne soient pas très intéressés par l'IA ou qu'ils n'aient pas suffisamment de temps ou d'occasions pour affiner leurs compétences en IA dans l'environnement d'apprentissage formel de l'école. Pour beaucoup d'entre eux, « Appliquer »

au niveau 2 marquera la sortie du dispositif d'acquisition et de développement de leurs compétences en matière d'IA, du moins à l'école.

Niveau n° 3 : Créer

Le rythme exponentiel de l'innovation dans le secteur de l'IA signifie que les fournisseurs de technologie définissent les conditions de la transformation de nos sociétés. Acquérir et développer des compétences critiques en matière d'IA est essentiel pour garantir que la conception, le déploiement et l'utilisation de l'IA répondent aux besoins des utilisateurs et profitent au public. Les apprenants doivent être préparés à créer des outils d'IA fiables et à jouer un rôle de premier plan dans la définition et la conception de la prochaine génération de technologies d'IA. Au niveau « Créer », il est attendu des apprenants qu'ils deviennent des cocréateurs d'IA consciencieux, mettant au point des solutions centrées sur l'humain avec pour objectif d'exercer un effet positif sur la conception et l'utilisation de l'IA. Étudier à ce niveau exige l'intégration et l'application des valeurs, des connaissances et des compétences acquises en matière d'IA, afin de concevoir, mettre en œuvre et évaluer des solutions d'IA qui peuvent aider à relever les défis du monde réel.

Les apprenants tireront parti, de manière critique, de leurs connaissances et de leurs compétences en matière de données, d'algorithmes et de conception éthique, créeront des applications d'IA et réfléchiront à l'adaptation des réglementations en matière d'IA. Au niveau « Créer », il est attendu que les élèves et les étudiants renforcent leur intérêt pour l'innovation en intelligence artificielle et développent de nouveaux outils d'IA basés sur des ensembles de données, des outils de programmation ou des modèles d'IA à code source ouvert et/ou personnalisables. Tout au long du processus itératif de personnalisation et de test des technologies d'IA, chacun doit renforcer son sentiment d'être cocréateur d'IA et d'appartenir à une communauté plus large, en contribuant à la conception et à l'utilisation de l'IA centrées sur l'être humain. À ce niveau, les apprenants doivent également améliorer leur capacité à évaluer de manière critique les implications sociétales de l'IA et à assumer leurs responsabilités en tant que citoyens dans les sociétés régies par l'IA.

L'apprentissage au niveau « Créer » vise également à accompagner la créativité des apprenants en matière de résolution de problèmes et à encourager une attitude proactive dans la défense et la promotion des pratiques éthiques en IA. Pour satisfaire pleinement aux exigences de ce niveau, il faudra consacrer suffisamment de temps et d'espace d'apprentissage dans le programme d'études – un semestre entier ou plusieurs semestres. Le programme d'études doit également fournir les ressources nécessaires en matière d'IA et favoriser des méthodes pédagogiques innovantes adaptées à l'âge des apprenants. Pour ceux qui ne sont pas très intéressés par des études plus approfondies dans ce domaine, les apprentissages à ce niveau, en particulier concernant la « conception de systèmes d'IA », devraient être proposés en tant que programmes optionnels plutôt que comme faisant partie d'un tronc commun obligatoire pour tous.

3.3 Aspects

Les quatre aspects précisent les éléments constitutifs essentiels des compétences en IA que les apprenants doivent acquérir et actualiser en permanence pour devenir des utilisateurs responsables et des cocréateurs actifs de l'IA, mais aussi des leaders potentiels dans la définition et le développement des prochaines générations d'IA.

Perspective centrée sur l'humain

Aspect	Progression		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
• **Perspective centrée sur l'humain**	• Agentivité humaine	• Responsabilité humaine	• Citoyenneté à l'ère de l'IA

L'aspect « perspective centrée sur l'humain » se concentre sur les valeurs, les croyances et les capacités de pensée critique des apprenants, appliquées à l'examen de la pertinence de l'IA, de la justification de son utilisation, de la manière dont les humains devraient interagir avec elle et des responsabilités que les individus et les institutions devraient assumer pour contribuer à la construction de sociétés de l'IA sûres, inclusives et justes. Une perspective centrée sur l'humain pose les bases d'un engagement plus poussé dans tous les aspects de l'IA. La pleine expression de cet aspect englobe également les identités humaines en relation avec l'IA, la responsabilité sociale et citoyenne, ainsi que la poursuite ou l'approfondissement d'intérêts personnels à l'ère de l'IA. Les valeurs et les compétences que cet aspect vise à développer peuvent être caractérisées par trois blocs de compétences.

Agentivité humaine. Il est attendu des apprenants qu'ils soient capables de reconnaître que l'IA est dirigée par l'humain et que les décisions des créateurs de l'IA influencent la manière dont les systèmes d'IA produisent des effets sur les droits humains, l'interaction entre les êtres humains et l'IA, ainsi que sur leur propre vie et la société dans laquelle ils évoluent. Ils sont capables de comprendre ce qu'implique la protection de l'agentivité humaine tout au long de la conception, de la mise à disposition et de l'utilisation de l'IA. Les élèves et les étudiants comprennent ce que signifie le contrôle de l'IA par l'humain et les possibles conséquences lorsque ce contrôle n'existe pas.

Responsabilité humaine. Il est attendu des apprenants qu'ils reconnaissent que les responsabilités humaines représentent les obligations légales des créateurs d'IA et des fournisseurs de services d'IA, et qu'ils comprennent leurs propres responsabilités lors de la conception et de l'utilisation de l'IA. Il est également attendu d'eux qu'ils prennent conscience du fait que la responsabilité humaine est une responsabilité juridique et sociale lorsqu'on utilise l'IA pour aider à la prise de décision, et que le choix final ne devrait pas être laissé à l'IA lorsqu'il s'agit de prendre des décisions présentant un enjeu important.

Citoyenneté à l'ère de l'IA. Il est attendu des apprenants qu'ils appréhendent de manière critique l'impact de l'IA sur les sociétés humaines et promeuvent une conception et une utilisation responsables et inclusives de l'IA pour le développement durable. Ils doivent être conscients de la responsabilité citoyenne et sociale qu'ils portent en tant que citoyens à l'ère de l'IA. Les élèves et les étudiants doivent également nourrir leur volonté de continuer à apprendre sur l'IA et à l'utiliser tout au long de leur vie afin de favoriser leur développement personnel.

Éthique de l'IA

Aspect	Progression		
	Comprendre	**Appliquer**	**Comprendre**
• **Éthique de l'IA**	• Intériorisation de l'éthique (Embodied ethics)	• Usage sécuritaire et responsable	• Éthique dès la conception (Ethics by design)

L'aspect « éthique de l'IA » représente les jugements de valeur éthiques, les réflexions intériorisées et les compétences sociales et émotionnelles dont les étudiants ont besoin pour avancer, comprendre, pratiquer et contribuer à l'adaptation d'un ensemble croissant de principes et de règles de régulation relatifs à l'entièreté du cycle de vie des systèmes d'IA. Les étudiants doivent pouvoir comprendre et appliquer les connaissances sur la gouvernance de l'éthique à l'intersection des implications mondiales et des contextes locaux. Les versions successives de l'IA, qui s'enchaînent à un rythme rapide, déclenchent des controverses plus profondes, mouvement qui va de pair avec l'élargissement du champ d'application de l'éthique de l'IA et l'adoption de nouvelles réglementations, lois et règles. Les trois blocs de compétences de cet aspect décrivent les étapes-clefs qui permettent aux élèves et aux étudiants d'intérioriser progressivement les principes éthiques et de s'habituer au respect des réglementations en matière d'IA.

Intériorisation de l'éthique. Il est attendu des apprenants qu'ils comprennent les bases relatives aux questions qui sous-tendent les principaux débats éthiques autour de l'IA, y compris l'impact de l'IA sur les droits humains, la justice sociale, l'inclusion, l'équité et le changement climatique dans leur contexte local et leur vie personnelle. Ces apprenants auront compris, intégré et adopté les principes suivants dans leurs pratiques réflexives et leurs utilisations des outils d'IA dans le cadre de leur apprentissage et au-delà :

- **Ne pas nuire.** Les apprenants démontrent qu'ils comprennent que les systèmes d'IA ne devraient pas être utilisés à des fins potentiellement néfastes pour les humains (la reconnaissance faciale à des fins de surveillance ou d'attribution d'un statut social, par exemple, ou les algorithmes prédictifs pour la notation des examens). Cela inclut la capacité à évaluer si un outil d'IA donné porte atteinte aux valeurs et aux droits humains, en particulier à la confidentialité des données, et à décider si cet outil d'IA en particulier est conforme aux réglementations mondiales ou locales.
- **Proportionnalité.** Les apprenants acquièrent et développent la capacité – en fonction de leur âge et de leur niveau – d'examiner si l'utilisation d'un système d'IA spécifique est avantageuse ou non pour atteindre un objectif justifié, et si une méthode d'IA donnée est adaptée au contexte.
- **Non-discrimination.** Les apprenants sont conscients et capables de détecter les biais sexistes, ethniques, culturels et autres intégrés dans les outils d'IA ou leurs résultats. Ils sont en outre conscients des fractures en matière d'IA parmi et entre les pays et ils comprennent la nécessité de s'efforcer d'y remédier et garantir une plus grande accessibilité et une plus grande inclusivité.
- **Durabilité.** Les apprenants sont capables d'expliquer et d'illustrer les implications des systèmes d'IA au regard de la durabilité environnementale.

- **Volonté humaine dans la collaboration entre les êtres humains et l'IA.** Les apprenants sont capables de démontrer pourquoi les humains devraient assumer les responsabilités éthiques et juridiques dans l'utilisation de l'IA ; ils sont capables d'illustrer comment les humains peuvent rester responsables dans les boucles décisionnelles assistées par l'IA, plutôt que d'abdiquer en faveur des machines.

- **Transparence et explicabilité.** Les apprenants savent que les utilisateurs sont en droit de demander aux concepteurs et aux fournisseurs des informations et des explications sur le fonctionnement des outils d'IA, sur la manière dont leurs résultats sont produits sur la base d'algorithmes et de modèles, ou sur la mesure dans laquelle le déploiement et l'application de certains outils d'IA sont adaptés aux utilisateurs d'un certain âge ou présentant un niveau d'aptitude donné.

- **Usage sûr et responsable.** Il est attendu des apprenants qu'ils soient capables d'utiliser l'IA de manière responsable, dans le respect des principes éthiques et des réglementations locales en vigueur. Ils doivent être conscients des risques liés à la divulgation de la confidentialité des données et prennent des mesures pour s'assurer que leurs données ne sont collectées, utilisées, partagées, archivées et supprimées qu'avec leur consentement explicite et éclairé. Ils sont également conscients des risques spécifiques de certains systèmes d'IA et sont en mesure d'assurer leur propre sécurité, ainsi que celle de leurs pairs, lorsqu'ils utilisent l'IA.

- **Éthique dès la conception.** Il est attendu des apprenants qu'ils adoptent une approche éthique lors de la conception, de l'évaluation et de l'utilisation des outils d'IA, ainsi que lors de l'examen et de l'adaptation des réglementations en matière d'IA. Les élèves et les étudiants sont conscients que l'évaluation de l'intention qui sous-tend la conception de l'IA implique l'examen de toutes les étapes du cycle de vie de l'IA, à commencer par le stade de la conceptualisation. Les apprenants sont capables d'évaluer la conformité d'un outil d'IA avec les règles éthiques, ou encore d'examiner les réglementations en matière d'IA et de donner forme à son adaptation.

Techniques et applications de l'IA

Aspect	**Progression**		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
• **Techniques et applications de l'IA**	• Fondements de l'IA	• Compétences pour l'application	• Création d'outils d'IA

L'aspect « techniques et applications de l'IA » représente les connaissances conceptuelles intrinsèquement liées à l'IA et aux compétences opérationnelles associées, en relation avec des outils d'IA concrets ou de véritables tâches. Cet aspect constitue la base technique la plus importante et la plus transférable pour une compréhension et une application concrètes d'une perspective centrée sur l'humain et des principes éthiques qui y sont associés. La structure des connaissances de base et les compétences pratiques en matière de traitement des données et de programmation constitue le fondement de la capacité à concevoir et à

construire des systèmes d'IA, en particulier pour les apprenants qui démontrent des intérêts et des aptitudes marqués dans ce domaine. Cet aspect, de « techniques et applications de l'IA », implique que les apprenants analysent des outils d'IA qui peuvent leur servir de modèles pour se faire une idée de la manière dont l'IA est développée, sur la base de données et d'algorithmes. Dans le même temps, ces apprenants acquerront des compétences en programmation de l'IA et renforceront la transférabilité de leurs connaissances et compétences en les appliquant dans le développement d'outils d'IA. Tout au long des trois niveaux de progression, les élèves et les étudiants doivent également intégrer des paramètres éthiques, culturels et sociaux et consolider leurs connaissances et compétences fondamentales interdisciplinaires en sciences, technologie, ingénierie, mathématiques, arts, langues et études sociales.

Fondements de l'IA. Les apprenants doivent être capables d'acquérir des connaissances et des compétences de base sur l'IA, notamment en ce qui concerne les données et les algorithmes, et comprendre l'importance des connaissances fondamentales interdisciplinaires qui sont nécessaires pour approfondir progressivement leur compréhension des données et des algorithmes. Il est également attendu d'eux qu'ils soient en mesure d'établir des liens entre d'une part leurs connaissances conceptuelles sur l'IA et d'autre part leurs activités dans la société et dans la vie quotidienne, et ce en concrétisant la perspective centrée sur l'humain et leurs principes éthiques, en comprenant comment fonctionne l'IA et comment elle interagit avec les humains.

Compétences pour l'application. Les apprenants doivent être capables d'acquérir , en adéquation avec leur âge, une compréhension des données, des algorithmes d'IA et de la programmation, mais aussi d'acquérir des compétences d'application transférables. Les élèves et les étudiants doivent être capables d'évaluer de manière critique et d'exploiter des outils d'IA, des bibliothèques de programmation et des ensembles de données gratuits et/ou libres.

Création d'outils d'IA. Les apprenants doivent être capables d'approfondir et de mettre en application leurs connaissances et compétences en matière de données et d'algorithmes, afin de personnaliser les outils d'IA existants et de créer des outils d'IA basés sur des tâches. On attend d'eux que, dans l'évaluation des ressources d'IA existantes, ils intègrent leur perspective centrée sur l'humain, ainsi que les considérations éthiques existantes. Ils doivent également acquérir et développer les compétences sociales et émotionnelles nécessaires pour s'engager dans la création avec l'IA, notamment l'adaptabilité, la communication complexe et le travail d'équipe.

Conception de systèmes d'IA

Aspect	**Progression**		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
• **Conception de systèmes d'IA**	• Délimitation des problèmes	• Conception de l'architecture	• Itérations et boucles de rétroaction

L'aspect « conception de systèmes d'IA » est centré sur la pensée systémique et les compétences d'ingénierie globale nécessaires à la définition des problèmes, à la conception, à la construction d'architectures, à la formation, aux tests et à l'optimisation des systèmes d'IA. Cet aspect vise à interroger l'explicabilité des systèmes d'IA et à permettre un apprentissage

exploratoire pour les apprenants destinés à poursuivre d'autres programmes d'études dans ce domaine. Les élèves et les étudiants doivent également approfondir et pratiquer « l'éthique dès la conception ». Bien que la méthodologie relative à la pensée systémique, aux valeurs et aux principes éthiques centrés sur l'être humain qui y sont associés et que les connaissances et les compétences requises en matière d'IA puissent être intégrés dans chacun des autres aspects des compétences des apprenants en matière d'IA, cet aspect s'adresse cependant en priorité aux élèves et aux étudiants ayant un intérêt particulier et la volonté d'approfondir leurs connaissances et leurs compétences dans ce domaine.

Délimiter les problèmes. Les apprenants doivent être en mesure de comprendre l'importance de la « définition du problème d'IA », ou délimitation, comme point de départ de l'innovation en matière d'IA. Ils doivent savoir déterminer si l'IA doit être utilisée dans une situation particulière donnée, d'un point de vue juridique, éthique et logique, mais aussi définir les limites, les objectifs et les contraintes d'un problème avant d'essayer d'entraîner un modèle d'IA pour le résoudre. On attend aussi des apprenants qu'ils acquièrent les connaissances et les compétences en matière de planification de projet qui sont nécessaires pour conceptualiser et construire un système d'IA, et notamment la capacité d'évaluer la pertinence des différentes techniques d'IA, de définir le besoin de données et de concevoir des critères d'évaluation et de rétroaction.

Conception de l'architecture. Les élèves et les étudiants doivent être capables de garder à jour les connaissances méthodologiques et les compétences techniques de base nécessaires à la configuration d'une architecture évolutive, résistante et réutilisable destinée à un système d'IA couvrant des couches de données, d'algorithmes, de modèles et d'interfaces d'application. Il est attendu d'eux qu'ils acquièrent et développent les compétences interdisciplinaires nécessaires pour exploiter les ensembles de données, les outils de programmation et les ressources informatiques afin de construire un prototype de système d'IA. Et notamment, il est attendu d'eux qu'ils appliquent de manière approfondie des valeurs humaines et des principes éthiques dans leur configuration, leur construction et leur optimisation.

Itération et retour d'information. Il est attendu des apprenants qu'ils améliorent et appliquent leurs connaissances interdisciplinaires et les méthodes pratiques qu'ils possèdent pour évaluer la pertinence et la robustesse méthodologique d'un modèle d'IA et son impact sur les utilisateurs individuels, les sociétés et l'environnement. Ils doivent être en mesure d'acquérir des compétences techniques adaptées à leur âge pour améliorer la qualité des ensembles de données, reconfigurer les algorithmes et améliorer les architectures en fonction des résultats des tests et de la rétroaction. . Ils doivent être capables de mettre en application une perspective centrée sur l'humain et des principes éthiques, quand ils simulent une prise de décision quant au moment opportun pour arrêter un système d'IA et à la manière dont son impact négatif peut être atténué. On attend d'eux, enfin, qu'ils cultivent leur identité de cocréateurs au sein de la communauté de l'IA au sens large du terme.

Chapitre 4 : Spécifications des compétences en IA pour les apprenants

Les spécifications suivantes du RCA IA précisent ce que chaque bloc de compétences implique en termes d'objectifs curriculaires, de méthodes pédagogiques et d'environnements d'apprentissage, en tenant compte de l'inclusivité ainsi que de l'hétérogénéité des niveaux de préparation à l'IA.

Les spécifications décrites ci-dessous reposent sur l'hypothèse selon laquelle les compétences des apprenants en IA résultent des interventions intégrées des programmes nationaux d'enseignement de l'IA, des programmes extrascolaires, de l'apprentissage informel par le biais de divers médias, y compris l'Internet, et de l'engagement auprès des familles et des communautés locales. Pour aider à l'élaboration d'un programme d'enseignement de l'IA, le RCA précise les résultats attendus en matière d'apprentissage et de comportement dans le cadre d'un programme d'enseignement formel de l'IA, tout en tenant compte des effets de l'apprentissage informel dans les contextes sociaux. L'apprentissage lié à l'intelligence artificielle, soit l'IA introduite dans les programmes en tant que matière spécifique ou en tant que module dans des disciplines connexes, comme l'informatique ou les technologies de l'information et de la communication (TIC), devrait bénéficier d'un temps d'enseignement suffisant au cours d'un semestre ou, de préférence, sur plusieurs semestres.

Les objectifs curriculaires décrivent les valeurs, les connaissances et les compétences spécifiques à un domaine qui peuvent être définis pour divers apprenants, d'âges et de niveaux d'aptitude différents, qui sont exposés pour la première fois à l'apprentissage lié à l'IA. Il appartient aux agences nationales ou institutionnelles chargées des programmes d'études de définir des objectifs d'apprentissage concrets pour des cohortes d'élèves ou d'étudiants spécifiques, en fonction de leur niveau de préparation à l'IA et de celui de leurs enseignants, du temps d'enseignement disponible et des environnements d'apprentissage locaux. Les spécifications incluent des recommandations pour configurer ces environnements conformément aux objectifs du programme d'études, en ce qui concerne l'inclusivité, le potentiel des options de source ouverte et le partage des ressources d'IA avec les établissements d'enseignement et le secteur privé.

Enfin, les spécifications proposent également des méthodes pédagogiques pour des domaines spécifiques de l'IA à un certain niveau de progression. Celles-ci peuvent inciter les enseignants et les apprenants à explorer des méthodes agiles d'enseignement adaptées à des contextes et à des besoins spécifiques.

4.1 Niveau 1 : Comprendre

L'objectif principal de ce niveau est d'aider tous les apprenants à comprendre ce qu'est l'IA et à construire des interprétations, en fonction de leur âge, qui concernent les valeurs, les questions éthiques, les concepts, les processus et les méthodes et techniques qui sous-tendent les outils de l'IA et leurs utilisations. Les élèves et les étudiants devraient également être encouragés à établir des liens entre leurs connaissances de l'IA et les expériences de la vie réelle, ainsi qu'entre les connaissances spécifiques de l'IA et les connaissances relatives aux domaines d'apprentissage connexes.

Les objectifs du programme qui sont présentés dans le **tableau 2** aident à cartographier l'ensemble des valeurs fondamentales, des principes éthiques, des connaissances et de la compréhension qui sont à même de garantir l'utilisation pertinente et efficace de l'IA par les élèves et les étudiants – ce qu'on appelle parfois « la littératie de l'IA ». Les méthodes pédagogiques proposées sont conçues pour faciliter les pratiques d'enseignement et d'apprentissage adaptées à l'âge des participants et aux domaines qui peuvent potentiellement stimuler leur intérêt et accompagner leur trajectoire d'apprentissage sur la base d'outils concrets, d'expériences personnelles et de scénarios d'utilisation dans le monde réel. Les spécifications recommandent également d'utiliser des paramètres d'apprentissage de base, qui incluent la pratique avec des options hors connexion et à faible contenu technologique.

Tableau 2. Blocs de compétences pour le niveau 1 : Comprendre

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain	**4.1.1 Pouvoir d'action humain** • Il est attendu des apprenants qu'ils soient capables de reconnaître que l'IA est dirigée par les êtres humains et que les décisions des créateurs de l'IA influencent l'impact des systèmes d'IA sur les droits humains, l'interaction entre l'humain et l'IA, ainsi que leur propre existence et la société dans laquelle ils vivent. Ils peuvent comprendre les implications de la protection de l'agentivité humaine tout au long de la conception, de la mise à disposition et de l'utilisation de l'IA. Les élèves et les étudiants comprennent ce que signifie le fait que l'IA est contrôlée par les êtres humains et quelles pourraient être les conséquences si tel n'était pas le cas.	• **CG4.1.1.1 Faire comprendre que l'IA est pilotée par l'humain.** Sur la base d'outils d'IA sélectionnés, expliquer aux apprenants que l'IA est dirigée par les humains ; aider les élèves et les étudiants à développer une compréhension progressive et intégrale de l'agentivité humaine, qui peut couvrir des principes sur la propriété et la confidentialité des données, la protection des droits humains dans la collecte et le traitement des données, l'explicabilité des méthodes d'IA, le contrôle humain dans le déploiement, ou encore la détermination humaine dans l'utilisation de l'IA pour la prise de décision. Guider les apprenants pour qu'ils comprennent que l'IA ne peut pas remplacer la pensée humaine ou le développement intellectuel. • **CG4.1.1.2 Faciliter la compréhension de la nécessité d'exercer un contrôle humain approprié sur l'IA.** Exposer les apprenants à des scénarios du monde réel et les guider pour qu'ils fassent l'expérience des conséquences de la négligence humaine dans le contrôle de l'IA (par exemple, des réglementations faibles qui n'empêchent pas la conception et la production d'outils d'IA nuisibles, l'utilisation institutionnelle de l'IA pour remplacer les humains lors de la prise de décisions quant aux enjeux cruciaux, ou l'absence de validation humaine de l'exactitude des résultats de l'IA). Aider les apprenants à comprendre la nécessité d'exercer un contrôle humain sur les systèmes d'IA à l'échelle réglementaire, institutionnelle et individuelle afin de protéger la sécurité, la moralité et la dignité des êtres humains.	• **Visualiser le concept abstrait de pouvoir d'agentivité humaine tout au long du cycle de vie de l'IA.** Demander aux apprenants de dessiner des cartes conceptuelles de l'agentivité humaine à des étapes-clefs du cycle de vie des outils d'IA sélectionnés, dont la propriété des données, le respect de la vie privée lors de la collecte et du traitement des données, l'explicabilité des algorithmes et des modèles d'IA, l'évaluation des résultats de l'IA contrôlée par l'humain et la détermination humaine dans la prise de décision assistée par l'IA. Les cartes conceptuelles devraient également permettre de réfléchir aux conséquences potentielles d'une perte d'autonomie humaine à chaque étape, pour l'individu comme pour la société. • **Simuler un procès sur la loi sur l'IA afin d'évaluer les intentions des créateurs qui sous-tendent les systèmes d'IA interdits.** Sur la base d'une interprétation adaptée à l'âge des apprenants de la définition des systèmes d'IA interdits par les lois de l'Union européenne, organiser un débat pour qu'ils jouent le rôle de membres du jury, afin d'évaluer des exemples sélectionnés de systèmes d'IA qui devraient être interdits par la loi sur l'IA, en délibérant sur les intentions et les motivations de leurs créateurs. Aider les apprenants à comprendre comment ces systèmes peuvent nuire aux êtres humains, notamment en sapant leur capacité d'action : par exemple, un système d'IA peut déployer des techniques visant à affaiblir la conscience d'une personne ou à compromettre délibérément sa capacité à prendre une décision en connaissance de cause.	• Les environnements d'apprentissage non connectés, comme les articles sur papier, les documents de lecture imprimés et les supports de travail sur papier. • Outils d'IA disponibles localement, y compris les téléphones portables dotés d'applications d'IA. • Vidéos préchargées ou enregistrées et autres ressources liées à des études de cas spécifiques ou à des scénarios présentant un dilemme. • Moteurs de recherche, vidéos en ligne et cours complémentaires d'apprentissage en ligne.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain		• **CG4.1.1.3 Favoriser la réflexion critique sur la relation dynamique entre l'action des êtres humains et celle de la machine.** Exposer les apprenants à des cas réels dans lesquels l'IA peut soutenir l'agentivité humaine et les boucles de décision humaines, aider les élèves et les étudiants à comprendre comment les humains peuvent interagir correctement avec l'IA pour améliorer les capacités humaines. Guider les apprenants dans des débats conflictuels sur les limites dynamiques entre l'action humaine et l'action de l'IA, en exposant des situations dans lesquelles une certaine part d'action de la machine peut être nécessaire (par exemple, la détection de caractéristiques médicales indétectables par les médecins humains dans le diagnostic de maladies rares, la vérification automatique de l'orthographe et l'autocorrection lorsque des humains rédigent des rapports, le sous-titrage automatique ou l'automatisation de la production vidéo dans l'élaboration de supports de cours, la traduction automatique des langues, etc.). Favoriser un point de vue critique selon lequel, bien que l'agentivité humaine doive être maintenue lors de l'utilisation de l'IA pour prendre des décisions porteuses d'enjeux cruciaux, la relation entre la part humaine et la part de la machine dans des situations réelles devrait être examinée sur la base des besoins spécifiques et des facteurs contextuels impliqués.	• **Compréhension de l'interaction entre l'humain et l'IA basée sur des scénarios.** Sélectionner des exemples ou des scénarios dans lesquels des outils d'IA sont utilisés sur le lieu de travail ou dans la vie quotidienne, en indiquant la contribution de ces outils et de leurs utilisateurs humains aux unités de tâches concernées. Encourager les apprenants à reconnaître la contribution que l'IA peut apporter dans des scénarios où les capacités et l'intelligence humaines peuvent être limitées, en soulignant l'importance d'utiliser l'IA pour améliorer les capacités humaines tout en assurant le contrôle humain. • **Débattre de la frontière dynamique entre la part de l'humain et celle de la machine.** Sur la base de cas concrets de dilemmes concernant la dépendance des êtres humains à l'égard de la machine, encourager les apprenants à mener un débat sur l'évolution des rôles que les êtres humains et l'IA peuvent jouer dans les processus de résolution de problèmes et de prise de décision assistés par l'IA. Guider les apprenants pour qu'ils visualisent les limites abstraites entre l'agentivité humaine et l'action de la machine dans différents contextes.	

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Éthique de l'IA	**4.1.2 Intériorisation de l'éthique (« embodied ethics »)** • Il est attendu des apprenants qu'ils aient une compréhension de base des questions éthiques liées à l'IA et de l'impact potentiel de l'IA sur les droits humains, la justice sociale, l'inclusion, l'équité et le changement climatique dans leur contexte local et par rapport à leur vie personnelle. Ils comprendront et intérioriseront les principes éthiques-clefs suivants, et les traduiront dans leurs pratiques de réflexion et leurs utilisations des outils d'IA dans leur vie et leur apprentissage : • Ne pas nuire : évaluer la conformité de l'IA au regard de la réglementation et son potentiel à porter atteinte aux droits humains • Proportionnalité : évaluer les bénéfices de l'IA par rapport aux risques et aux coûts ; évaluer l'adéquation au contexte • Non-discrimination : détecter les préjugés et promouvoir l'inclusivité et la durabilité (comprendre les impacts environnementaux et sociétaux de l'IA)	• **CG4.1.2.1 Illustrer les dilemmes liés à l'IA et identifier les principales raisons des conflits éthiques.** En s'appuyant sur des outils d'IA concrets, guider les apprenants pour qu'ils fassent apparaître les décisions sujettes à dilemmes que les créateurs, particuliers ou entreprises, doivent prendre lors de la conception et du développement de l'IA (par exemple, maximiser l'ampleur de la collecte de données ou protéger la propriété des données, enregistrer les données privées des utilisateurs pour l'entraînement des modèles d'IA ou protéger leur vie privée, promouvoir le contrôle de la machine pour générer des profits ou garantir la primauté de l'agentivité humaine, et donner la priorité à la sécurité de l'IA ou accélérer l'itération de l'IA). Aider les apprenants à associer les perspectives sur ces dilemmes aux raisons qui sous-tendent les conflits éthiques autour de l'IA. • **CG4.1.2.2 Faciliter la compréhension, sur la base de scénarios, des principes éthiques de l'IA et de leurs implications personnelles**. Offrir aux apprenants la possibilité de discuter de cas réels adaptés à leur âge autour des six principes éthiques fondamentaux de l'IA : (1) « ne pas nuire » ; (2) proportionnalité ; (3) non-discrimination ; (4) durabilité ; (5) détermination humaine ; (6) transparence et explicabilité. Guider les apprenants pour qu'ils construisent un cadre de connaissances sur l'éthique de l'IA et pratiquer l'évaluation des outils d'IA utilisés dans leur vie courante et leur scolarité.	• **Études de cas sur des scénarios contenant des controverses autour de l'IA.** Présenter des scénarios réels ou simulés adaptés à l'âge des apprenants et les guider pour qu'ils fassent ressortir les controverses entourant les outils d'IA et leur utilisation. Discuter des principales raisons de ces conflits éthiques et aider les apprenants à dessiner des infographies ou des cartes conceptuelles illustrant les principes éthiques fondamentaux de l'IA. • **Réflexion individuelle ou collective sur les implications personnelles des dilemmes éthiques.** Engager les apprenants dans une discussion de groupe et une prise de position sur les dilemmes éthiques qui peuvent découler de l'utilisation de l'IA dans la vie quotidienne et l'apprentissage dans des contextes locaux (par exemple, si les grands modèles de langage doivent utiliser ou non les données des communautés locales dans leur formation ; dans quelle mesure l'IA a un impact négatif sur l'environnement ou atténue le changement climatique ; à quelle part de leur vie privée les utilisateurs doivent renoncer pour échanger les avantages des services de l'IA). Guider les apprenants pour qu'ils présentent leurs opinions sous des formes adaptées à leur âge, telles que des essais, des affiches, des dessins ou des story-boards. • **Recherche et validation d'exemples d'« IA pour le bien public ».** Organiser une recherche individuelle ou collective d'exemples d'outils d'IA ou d'approches de l'utilisation de l'IA qui soutiennent le bien public, y compris la promotion de l'équité et de l'inclusion des personnes en situation de	• Des cadres et du matériel d'apprentissage non connecté, notamment des histoires imprimées ou des études de cas, des feuilles de travail sur papier et des affiches. • Outils d'IA disponibles localement, y compris via des applications de téléphonie mobile • Vidéos préchargées ou enregistrées et autres ressources relatives à des cas spécifiques ou à des scénarios présentant un dilemme. • Moteurs de recherche, vidéos en ligne ou ressources liées aux études de cas.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Éthique de l'IA	• Détermination humaine : mettre l'accent sur l'agentivité et la responsabilité humaines dans l'utilisation de l'IA • Transparence : défendre le droit des utilisateurs à comprendre les opérations et les décisions de l'IA	• **CG4.1.2.3 Guider la réflexion et l'intériorisation quant aux principes éthiques sur l'IA.** Aider les apprenants à comprendre les implications des principes éthiques sur l'IA pour leurs droits, la confidentialité des données, la sécurité, l'agentivité humaine, ainsi que pour l'équité, l'inclusion, la justice sociale et la durabilité de l'environnement. Guider les apprenants pour qu'ils acquièrent et développent une compréhension intime des principes éthiques et leur offrir des occasions de réfléchir à des attitudes personnelles qui peuvent les aider à relever les défis éthiques (par exemple, en plaidant pour des interfaces inclusives pour les outils d'IA, en promouvant l'inclusion dans l'IA ou en signalant les préjugés discriminatoires trouvés dans les outils d'IA).	handicap, la préservation de la diversité linguistique et culturelle, ou l'amélioration de la justice sociale et de la durabilité de l'environnement. Guider les apprenants pour qu'ils recueillent des preuves et discutent d'exemples qui servent véritablement le bien public ; valider et catégoriser ces exemples.	
Techniques et applications de l'IA	**4.1.3 Fondations de l'IA** • Il est attendu des apprenants qu'ils acquièrent des connaissances, une compréhension et des compétences de base en matière d'IA, notamment en ce qui concerne les données et les algorithmes, et comprennent l'importance des connaissances fondamentales interdisciplinaires nécessaires pour approfondir progressivement la compréhension des données et des	• **CG4.1.3.1 Expliquer la définition et la portée de l'IA. Sur la base d'exemples d'outils d'IA** (par exemple pour la reconnaissance faciale, les recommandations sur les médias sociaux, l'analyse de modèles sous-jacents aux données scientifiques, les diagnostics médicaux, les voitures autonomes ou la prévision du risque de défaut de paiement), aider les apprenants à comprendre ce qu'est l'IA et ce qu'elle n'est pas ; les guider pour qu'ils trouvent et partagent des outils ayant valeur d'exemples dans les principales catégories de technologies d'IA ; expliquer les principales fonctions et techniques d'une manière adaptée à l'âge des apprenants.	• **Définition et portée de l'IA sur la base d'exemples.** Étudier et expérimenter des exemples d'outils d'IA (par exemple, dans le domaine médical, en utilisant l'apprentissage supervisé et la classification d'images pour le diagnostic du cancer, ou dans des contextes commerciaux, en utilisant le traitement du langage naturel et l'IA générative pour la prise de notes automatisée et la rédaction d'analyses documentaires). Sur la base d'exemples choisis, aider les apprenants à comprendre ce qu'est l'IA et ce qu'elle n'est pas, ainsi que les principales catégories de technologies d'IA adoptées dans la vie quotidienne et dans les activités économiques et sociales.	• Des environnements et des ressources d'apprentissage non connectés, dont des manuels, des essais, des feuilles de travail sur papier et du matériel imprimé. • Vidéos en ligne ou téléchargées et autres médias présentant des innovations ou des outils d'IA • Outils d'IA disponibles localement, y compris les applications de base assistées par l'IA installées sur les smartphones

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Techniques et applications de l'IA	algorithmes. Les apprenants devraient également être en mesure de relier les connaissances conceptuelles sur l'IA à leurs activités dans la société et dans la vie quotidienne, en concrétisant une perspective centrée sur l'humain et des principes éthiques via une compréhension du fonctionnement de l'IA et de son interaction avec les êtres humains.	• **CG4.1.3.2 Acquérir et développer des connaissances conceptuelles sur la manière dont l'IA est entraînée à partir de données et d'algorithmes.** Favoriser l'abstraction par les apprenants, sur la base d'exemples, de connaissances conceptuelles sur la manière dont les modèles d'apprentissage automatique sont formés à l'aide de données et d'algorithmes ; aider les apprenants à acquérir une compréhension adaptée à leur âge des trois types d'algorithmes d'IA, à savoir l'apprentissage supervisé, l'apprentissage non supervisé et l'apprentissage par renforcement. Cela devrait inclure la manière dont les données utilisées pour les trois types d'algorithmes d'IA sont acquises et étiquetées. Réfuter les affirmations selon lesquelles l'IA automatisera la programmation des algorithmes et les humains n'ont pas besoin d'apprendre les algorithmes. • **CG4.1.3.3 Favoriser une réflexion ouverte sur l'IA et une base interdisciplinaire pour l'IA.** Permettre aux apprenants d'acquérir des connaissances appropriées sur les méthodes d'IA et les sujets de recherche tels que l'utilisation des réseaux de neurones artificiels et la différence entre l'IA forte et l'IA faible. Offrir des possibilités d'apprentissage approfondi sur les données et les algorithmes aux apprenants qui ont un intérêt et des capacités marqués pour l'IA. Guider les élèves et les étudiants pour qu'ils comprennent l'interaction entre les connaissances sur l'IA et les connaissances en Stim, en langues et en sciences sociales, et les inviter à consolider les connaissances interdisciplinaires connexes et les réflexions sur l'impact réciproque de l'IA sur les sujets connexes.	Guider les apprenants pour qu'ils explorent les étapes-clefs du cycle de vie de l'IA ; le cas échéant, dessiner un diagramme du cycle pour des systèmes d'IA particuliers et indiquer les principales techniques d'IA utilisées. • **Apprentissage en spirale, des exemples aux concepts abstraits et des concepts aux techniques spécifiques.** Utiliser des exemples sélectionnés pour guider les apprenants dans l'abstraction de la formation d'un modèle d'apprentissage automatique, y compris les étapes de la définition du problème, de la collecte et du traitement des données, de la formation, de l'évaluation, du déploiement et de l'itération sur la base des tests et du retour d'information. Encourager le développement par les apprenants de connaissances adaptées à leur âge (et, si possible, de compétences opérationnelles de base) sur l'utilisation des techniques d'IA impliquant des ensembles de données, des algorithmes, des architectures d'IA, la mise en place d'environnements informatiques, la conception de fonctionnalités et d'interfaces, ou la planification de scénarios de déploiement. • **Analyse de cas d'outils d'IA innovants et d'utilisations innovantes de l'IA.** Organiser l'activité des apprenants pour qu'ils recherchent des outils d'IA potentiellement innovants et/ou des utilisations innovantes de l'IA ; les guider pour qu'ils identifient les techniques-clefs et les principales catégories d'IA utilisées dans ces applications. Aider les élèves et les étudiants à rédiger un essai argumenté ou à présenter une soutenance orale sur la mesure dans laquelle ces technologies d'IA peuvent aider les humains à innover dans	• Outils d'IA en ligne, par exemple créateurs d'images et/ou de vidéos, modèle d'IA générative et recommandations de vidéos sur les médias sociaux

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Techniques et applications de l'IA		• **CG4.1.3.4 Concrétiser les considérations centrées sur l'humain dans la conception et l'utilisation de l'IA.** Organiser des réflexions sur l'IA à l'aide d'outils pour donner forme à la compréhension qu'ont les apprenants de son impact sur la vie quotidienne, le travail et les relations sociétales. Souligner le rôle des humains dans les étapes-clefs du cycle de vie de l'IA (par exemple, les chercheurs, les architectes, les ingénieurs des données, les travailleurs du secteur des données, les bêta-testeurs, les régulateurs de l'éthique et de la sécurité, les spécialistes des interfaces humain-IA et les vérificateurs de la conformité des systèmes). Guider les apprenants vers une connaissance approfondie des principales questions éthiques liées à l'utilisation des données pour l'entraînement des systèmes d'IA.	leurs pratiques personnelles, leurs modèles économiques ou commerciaux, ou leurs services sociaux, et/ou sur les risques que des technologies d'IA spécifiques peuvent poser pour les principes éthiques et l'agentivité humaine. • **Consolider les bases multidisciplinaires de l'IA en mettant l'accent sur les mathématiques.** Sur la base de cours magistraux et de recherches basées sur des problèmes, aider les élèves et les étudiants à comprendre que les systèmes d'IA modernes sont enracinés dans les mathématiques, et que l'apprentissage des données et des algorithmes nécessite une solide maîtrise de cette discipline et un ensemble de connaissances pluridisciplinaires. Cultiver les compétences mathématiques et interdisciplinaires essentielles des apprenants pour le développement de l'IA, y compris le matériel pertinent sur l'algèbre, les probabilités et les statistiques, les structures de données et les algorithmes tels que les K « plus proches voisins », le regroupement K-moyens, la régression linéaire et les CART/arbres de décision. Cultiver les connaissances de haut niveau des élèves et des étudiants en algèbre linéaire pour la représentation de données complexes et les mathématiques matricielles, le calcul pour la rétropropagation et la descente de gradient pour la compréhension de l'apprentissage automatique et des réseaux neuronaux. Aider les apprenants à consolider et à étendre leurs autres connaissances fondamentales pluridisciplinaires, en particulier dans les domaines des sciences, de la technologie et de l'ingénierie.	

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Conception de systèmes d'IA	**4.1.4 Détermination du champ d'application du problème** • Les apprenants doivent être capables de comprendre l'importance de la « définition du problème d'IA » comme point de départ de l'innovation en matière d'IA. Il est attendu d'eux qu'ils sachent examiner si l'IA devrait être utilisée dans certaines situations d'un point de vue juridique, éthique et logique ; les apprenants sont par ailleurs capables de définir les limites, les objectifs et les contraintes d'un problème avant de tenter d'entraîner un modèle d'IA pour le résoudre ; les apprenants sont également censés acquérir les connaissances et les compétences de planification de projet nécessaires pour conceptualiser et construire un système d'IA, notamment en évaluant l'adéquation des différentes techniques d'IA, en définissant le besoin de données et en concevant des indicateurs de test et de rétroaction..	• **CG4.1.4.1 Développer la pensée critique quant aux cas où l'IA ne devrait pas être utilisée.** En s'appuyant sur des exemples, aider les apprenants à développer des compétences d'analyse critique pour examiner les raisons pour lesquelles l'IA devrait ou ne devrait pas être utilisée pour relever certains défis du monde réel (par exemple, l'amélioration de la productivité institutionnelle, le développement durable des communautés, ou la précision et l'efficacité de la prise de décision humaine) en se référant aux implications humaines et environnementales. Préciser quand et dans quelles conditions l'IA ne peut pas et/ou ne doit pas être appliquée à des problèmes (par exemple, lorsque des solutions autres que l'IA offriraient les mêmes performances avec un risque éthique et un impact environnemental moindres, ou lorsque l'utilisation de l'IA affaiblirait la conscience humaine ou manipulerait les actions humaines). • **CG4.1.4.2 Favoriser l'acquisition et le renforcement des compétences en matière de définition d'un problème à résoudre par un système d'IA.** Sur la base d'un projet de simulation, soutenir l'apprentissage et la pratique de compétences permettant d'identifier et de définir un problème qui devrait et pourrait éventuellement être résolu par la construction d'un nouveau modèle d'IA (par exemple, former un modèle d'IA à une langue minoritaire afin de mieux servir sa communauté, ou construire un modèle pour le suivi automatisé des migrations dans des régions cibles). Les apprenants peuvent affiner	• **Simulation de l'examen des propositions de projet.** Aider l'organisation des apprenants en vue de simuler l'examen d'une proposition de projet et le processus de justification. Les propositions pourraient, par exemple, porter sur la construction ou la sélection d'un système d'IA. Mener un débat sur la question de savoir si l'IA devrait ou non être utilisée dans le projet pour résoudre le problème, en tenant compte de facteurs tels que la disponibilité de données de formation suffisantes, les implications éthiques, l'impact environnemental et la possibilité que des solutions autres que l'IA permettent d'obtenir des résultats similaires avec moins de risques. Guider les apprenants pour qu'ils prévoient une case à cocher dans cet examen. • **Simuler la définition du problème et la justification de la conception d'un nouveau système d'IA.** Aider les apprenants à rechercher des problèmes dans leur vie quotidienne ou dans leur communauté (par exemple, à l'école ou dans le cadre d'un travail bénévole) et à identifier un problème qui pourrait être résolu par l'IA (par exemple, l'arrosage automatique du jardin de l'école ou l'aide apportée à un grand-parent malentendant pour qu'il détecte les alarmes). Aider les apprenants à cerner et à définir le problème en anticipant les principales caractéristiques, notamment les algorithmes d'IA et les ensembles de données, et produire un énoncé de problème correspondant. • **Laboratoire de prétraitement des données.** En utilisant un ensemble de données de base et l'architecture d'un modèle d'IA existant, organiser des expériences sur l'entraînement	• Des environnements d'apprentissage non connectés comprenant des feuilles de travail et des études de cas sur papier, ou encore des impressions de prototypes ou de plans pour la conception de systèmes d'intelligence artificielle. • Appareils numériques avec connexion à l'internet. • Systèmes d'IA en ligne dûment sélectionnés.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Conception de systèmes d'IA		leurs compétences analytiques en formulant des énoncés de problèmes qui peuvent aider à éviter la perte de temps et d'efforts sur des problèmes mal définis. • **CG4.1.4.3 Développer des compétences pour évaluer les besoins des systèmes d'IA en matière de données, d'algorithmes et de ressources informatiques.** Offrir aux apprenants la possibilité de développer des compétences de planification en évaluant les besoins en données, algorithmes et langages de programmation, logiciels, capacités informatiques et matériel ; étudier la faisabilité d'un projet d'IA en termes de données disponibles compte tenu des restrictions réglementaires et éthiques et des coûts totaux du traitement et de l'ingénierie des données, des capacités informatiques et du matériel nécessaires.	du modèle basé sur des variations de l'ensemble de données (par exemple, un défi de classification d'images mystérieuses). Aider les apprenants à appliquer diverses techniques de prétraitement des données, telles que l'ajustement du codage (par exemple, l'augmentation des données, le traitement des valeurs aberrantes et l'analyse de l'asymétrie/du déséquilibre de l'ensemble de données). Les aider à entraîner le modèle sur la base des ensembles de données modifiés et observer comment le prétraitement des données affecte les performances du modèle.	

4.2 Niveau 2 : Appliquer

L'objectif principal du niveau « Appliquer » est que les apprenants élaborent une structure de connaissances conceptuelles solide et transférable et des ensembles de compétences associées sur l'IA, et qu'ils s'habituent à appliquer une perspective centrée sur l'humain et des principes éthiques en vue de guider l'évaluation, l'apprentissage et la pratique des outils d'IA. Les objectifs curriculaires du tableau 3 visent à guider la cartographie d'un ensemble d'orientations de valeurs, de principes éthiques pratiques et de connaissances méthodologiques qui peuvent être utilisés pour adapter les modules curriculaires et spécifier les compétences de fin d'études pour tous les apprenants. Les méthodes pédagogiques suggérées sont destinées à promouvoir la recherche de connaissances conceptuelles fondée sur les problèmes et l'appréciation des compétences opérationnelles fondée sur les tâches, tout en intégrant des stratégies visant à maintenir la curiosité des élèves et des étudiants pour des études plus poussées. La création d'environnements d'apprentissage pertinents au niveau « Appliquer » implique la mise en place de matériel, de logiciels et d'applications pour soutenir les pratiques d'exploitation et de cocréation de l'IA, en tenant compte des options de source ouverte.

Tableau 3. Blocs de compétences pour le niveau 2: Appliquer

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain	**4.2.1 Responsabilité humaine** • Il est attendu des apprenants qu'ils soient capables de reconnaître que les responsabilités humaines constituent des obligations légales des créateurs d'IA et des fournisseurs de services d'IA, et de comprendre quelles responsabilités humaines ceux-ci devraient assumer lors de la conception et de l'utilisation de l'IA. Les apprenants devraient également prendre conscience que la responsabilité humaine est une responsabilité juridique et sociale quand on utilise l'IA pour aider à prendre des décisions qui affectent l'humanité	• **CG4.2.1.1 Adopter un point de vue selon lequel la responsabilité humaine constitue une obligation légale pour les créateurs d'IA et les fournisseurs de services d'IA.** En s'appuyant sur les connaissances antérieures relatives au cycle de vie de l'IA piloté par les êtres humains et aux possibles poursuites judiciaires dans le monde réel, aider les apprenants à comprendre que les créateurs d'IA et les prestataires de services humains, ainsi que les institutions qui déploient des outils d'IA, sont responsables des problèmes juridiques, des violations et des infractions que le système ou le service d'IA peut causer. Expliquer comment faire en sorte que les créateurs, les fournisseurs et les utilisateurs institutionnels de l'IA assument la responsabilité des problèmes de sécurité, des risques éthiques liés à la conception et à la formation de l'IA, ainsi que des utilisations abusives du service d'IA pour	• **Rédiger des lignes directrices sur la responsabilité humaine pour les créateurs d'IA et les fournisseurs de services.** Amener les apprenants à jouer le rôle de créateurs d'IA et de propriétaires de données, et ainsi à discuter de leurs principales responsabilités juridiques et éthiques en termes de maintien du contrôle humain sur la collecte et le traitement des données, d'entraînement des modèles d'IA, de conception des fonctionnalités et des interfaces, de déploiement des systèmes d'IA ou de boucles de rétroaction et de retour d'information. Guider ces apprenants pour qu'ils rédigent des lignes directrices d'autodiscipline pour leurs analyses sur la conception, la formation et l'itération des systèmes d'IA, en demandant aux créateurs d'IA de rendre compte de la protection des droits des propriétaires de données et des utilisateurs de l'IA.	• Des paramètres et des ressources d'apprentissage non connectés et/ou hors ligne, y compris des études de cas imprimées, des scénarios de jeux de rôle, des vidéos, des feuilles de travail et des tableaux sur papier. • Outils d'IA en ligne, par exemple systèmes de gestion de l'apprentissage, plateformes de médias sociaux et plateformes d'IA générative.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain	et défendre le principe selon lequel les êtres humains ne devraient pas céder leur pouvoir de décision à l'IA dès lors qu'il s'agit de prendre des décisions relatives à des enjeux cruciaux. On attend également des élèves et des étudiants qu'ils améliorent leur jugement et leur esprit critique en matière d'attitude face aux affirmations trompeuses sur l'utilisation des résultats, ainsi qu'aux prédictions selon lesquelles l'IA peut se substituer à la pensée et à la prise de décision humaines.	contrôler les utilisateurs. Aider les apprenants à comprendre quelles sont les responsabilités humaines qu'ils doivent assumer lorsqu'ils apprennent à créer des outils d'IA ou à concevoir des systèmes d'IA. • **CG4.2.1.2 Faire comprendre que la responsabilité humaine est une responsabilité juridique et sociale lorsqu'on utilise l'IA pour prendre des décisions concernant l'humanité.** Guider les élèves et les étudiants dans l'analyse des capacités des outils d'IA utilisés pour aider à la prise de décision. Poser des questions critiques sur les capacités réelles de certains outils d'IA et démystifier le battage médiatique autour de la capacité supposée de l'IA à prendre des décisions. Aider les apprenants à évaluer les conséquences de l'utilisation institutionnelle de l'IA pour prendre des décisions relatives aux êtres humains dans des situations complexes telles que le profilage de l'aptitude des élèves et des étudiants à saisir des occasions supplémentaires d'apprentissage ou le fait de déterminer l'employabilité des candidats à un poste. Mener des discussions sur les raisons pour lesquelles la responsabilité humaine dans l'utilisation de l'IA est essentielle pour sauvegarder les droits humains et la dignité humaine. Aider les apprenants à comprendre pourquoi nous ne devrions pas utiliser l'IA pour remplacer les êtres humains lors de la prise de décisions à fort enjeu, par exemple pour évaluer les valeurs, déduire les émotions ou prédire les aptitudes d'une personne. Les algorithmes d'IA ne devraient pas être utilisés pour attribuer des notes aux élèves et aux étudiants (comme	• **Étudier l'impact des décisions prises par l'IA sur les êtres humains et les voies de recours prévues par les réglementations en matière d'IA.** Demander aux élèves et aux étudiants de trouver des exemples dans lesquels les décisions concernant les êtres humains sont déterminées ou fortement influencées par l'IA (par exemple, un système d'évaluation assisté par l'IA utilisé par une banque pour approuver ou refuser une demande de prêt étudiant, ou un système de profilage utilisé par un hôtel pour prédire le milieu socio-économique d'une personne en fonction de sa localisation et de l'appareil qu'elle a utilisé pour faire sa réservation). Aider les apprenants à révéler le rôle des humains et de l'IA dans les étapes-clefs des boucles de décision, et vérifier si la responsabilité humaine des décisions est conforme aux réglementations locales ou internationales (par exemple, le Règlement européen sur l'IA). • **Pratiques basées sur des scénarios d'utilisation de l'IA dans un but précis.** Engager les apprenants dans des activités où ils utilisent des outils d'IA pour exercer volontairement leurs compétences rédactionnelles et favoriser leur apprentissage étayé par la recherche, leur réflexion de haut niveau et leur créativité. Amener les élèves et les étudiants à discuter de la manière dont l'utilisation de l'IA en l'absence de responsabilité humaine (par exemple, remettre une dissertation produite par l'IA) peut réduire le développement intellectuel humain. Inviter ces apprenants à définir des actions concrètes pour se protéger et protéger leurs pairs contre l'utilisation des résultats ou des prédictions de	

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain		cela s'est produit lors du Covid 19) ou pour décider des admissions à l'université. • **CG4.2.1.3 Cultiver une posture réflexive selon laquelle la responsabilité humaine exige des compétences personnelles pour orienter l'utilisation intentionnelle de l'IA.** Guider les élèves et les étudiants pour qu'ils s'interrogent sur la manière dont l'automatisation des analyses documentaires, de la rédaction et de la création artistique peut nuire aux processus de réflexion et au développement intellectuel de l'être humain. Guider les apprenants pour qu'ils discutent des actions concrètes qu'ils peuvent entreprendre pour se protéger et protéger leurs pairs contre l'utilisation des résultats ou des prédictions de l'IA pour usurper la pensée humaine, les pratiques intellectuelles et l'amélioration continue des capacités.	l'IA pour fausser en les usurpant les processus de réflexion, leur présenter un aperçu des compétences dont les élèves et les étudiants ont besoin pour orienter l'utilisation de l'IA au service du développement des capacités humaines.	
Éthique de l'IA	**4.2.2 Usage sécuritaire et responsable** • Il est attendu des apprenants qu'ils soient en mesure de mettre en œuvre des pratiques d'IA responsables dans le respect des principes éthiques et des réglementations locales en vigueur. Ils doivent être conscients des risques liés à la divulgation de la confidentialité des données et prendre des mesures pour s'assurer que leurs données ne sont collectées, utilisées, partagées, archivées et supprimées qu'avec leur consentement	• **CG4.2.2.1 Favoriser la conscience de soi et le respect usuel des principes éthiques pour l'utilisation responsable de l'IA.** Expliquer les principes éthiques ou les articles réglementaires concernant l'utilisation responsable de l'IA en s'appuyant sur des outils d'IA concrets et des scénarios d'utilisation dans le monde réel. Aider les apprenants à construire et à mettre à jour de manière itérative une case à cocher concernant les principes éthiques pour garantir leurs propres pratiques légales et responsables lorsqu'ils utilisent des systèmes d'IA. Guider les apprenants pour qu'ils s'exercent et s'habituent à respecter ces principes, tels que la protection des données personnelles et de la vie privée, le respect des droits d'auteur,	• **Concevoir un « kit éthique » pour une utilisation autodisciplinée et responsable de l'IA.** Concevoir des scénarios simulés contenant des conflits éthiques potentiels (par exemple, partager des données privées ou des contenus protégés lors de discussions avec des systèmes d'IA, insérer des contenus générés par l'IA dans un travail scolaire, créer une vidéo en utilisant des images d'autres personnes, ou encore diffuser des informations erronées, de la désinformation ou des discours haineux). Organiser la rédaction d'un « kit d'éthique » que les utilisateurs doivent vérifier régulièrement lorsqu'ils utilisent l'IA, comprenant des articles tirés des réglementations locales applicables et des responsabilités personnelles	• Des paramètres et des ressources d'apprentissage non connectés, dont des feuilles de travail sur papier, des affiches et des listes de contrôle des principes éthiques. • Les politiques de protection de la vie privée et les réglementations en matière d'IA préalablement téléchargées, ainsi que des exemples de cas juridiques ou éthiques concernant la sécurité de l'IA, la confidentialité des données et les formes de consentement.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Éthique de l'IA	délibéré et éclairé. Ils doivent également être conscients des incidents typiques de l'IA et des risques spécifiques de certains systèmes d'IA, et être capables de protéger leur propre sécurité et celle de leurs pairs lorsqu'ils utilisent l'IA.	l'indication claire de l'endroit où apparaît le contenu généré par l'IA, ou encore le fait d'éviter les entrées ou les interactions dans les systèmes d'IA qui impliquent de la désinformation, des informations erronées, des discours haineux ou des détails sensibles sur des personnes identifiables. • **CG4.2.2.2 Offrir des possibilités de renforcer l'autodiscipline dans l'utilisation responsable de l'IA.** Donner aux apprenants des possibilités d'acquérir une compréhension, adaptée à leur âge, de leurs responsabilités personnelles, juridiques et éthiques lorsqu'ils utilisent l'IA ; souligner les conséquences de la violation des réglementations ; développer et renforcer des comportements d'autodiscipline, en particulier en ce qui concerne les données personnelles sensibles, les documents protégés par le droit d'auteur, les images représentant des personnes identifiables, le contenu généré par l'IA ou synthétisé numériquement, ou encore la diffusion de fausses informations, de désinformations et de discours haineux. • **CG4.2.2.3 Approfondir les connaissances pratiques sur l'utilisation sécuritaire de l'IA et la sensibilisation aux réglementations locales en vigueur.** Aider les apprenants à catégoriser les risques de sécurité généraux de l'IA, les risques de sécurité potentiels d'outils d'IA spécifiques et les incidents typiques de l'IA. Guider les élèves et les étudiants pour qu'ils approfondissent leurs connaissances sur les droits humains en matière de protection des données et de la vie privée et sur les	dans l'utilisation légale et éthique des outils d'IA. Guider les apprenants pour qu'ils s'exercent à respecter les principes lorsqu'ils utilisent l'IA sans supervision. • **Simulation d'incidents typiques liés à l'IA et gestion des risques.** Exposer les élèves et les étudiants à des simulations d'incidents d'IA qui nuisent directement aux êtres humains ou à des risques d'IA qui menacent de nuire. Familiariser les apprenants avec les stratégies préventives et interactives permettant de s'assurer que leurs données personnelles ne sont collectées, utilisées, partagées, archivées et supprimées qu'avec leur consentement éclairé. Suggérer des conseils pour une utilisation sécuritaire de l'IA et promouvoir la sensibilisation aux réglementations qui peuvent protéger leur vie privée et leur bien-être et/ou atténuer les impacts négatifs en cas d'incidents liés à l'IA. • **Commentaires des utilisateurs sur les politiques des créateurs d'IA en matière de confidentialité des données.** Encourager les élèves et les étudiants à rechercher et à télécharger des exemples de politiques des créateurs d'IA en matière de confidentialité des données ; les aider à mettre à profit leurs connaissances sur les droits des propriétaires de données et les responsabilités juridiques des créateurs d'IA, pour vérifier si les politiques sont conformes aux réglementations en vigueur. S'ils découvrent une violation, leur demander de rédiger une plainte auprès des organismes de régulation et/ou une recommandation pour que le créateur d'IA améliore la conformité de ses politiques et de ses pratiques.	• Outils d'IA disponibles localement, y compris des applications pour smartphones. • Outils d'IA en ligne, en particulier les plateformes contenant des algorithmes de recommandation et des générateurs de contenu.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Éthique de l'IA		responsabilités légales des créateurs d'IA en matière de collecte de données avec consentement, et les accompagner pour qu'ils mettent en pratique des stratégies visant à garantir que leurs données personnelles ne sont collectées, utilisées, partagées, archivées et supprimées qu'avec leur consentement éclairé. Proposer aux apprenants des scénarios simulés contenant des incidents typiques de l'IA, afin qu'ils puissent déployer des stratégies interactives de précaution, en vue d'une utilisation sûre de l'IA, et se familiariser avec les réglementations susceptibles de protéger leur sécurité ou d'atténuer les effets négatifs des incidents de l'IA.	• **Débattre des questions liées à la propriété des contenus générés par l'IA et des résultats des interactions entre les humains et l'IA.** Organiser un débat pour susciter la réflexion des apprenants sur la propriété des contenus créés à l'aide de l'IA. Examiner la disponibilité et l'applicabilité des réglementations sur la reconnaissance des droits d'auteur pour le contenu et les ressources générés par l'IA, et la manière dont les réglementations pertinentes reconnaissent le travail intellectuel qui intègre différents niveaux de contenu généré par l'IA.	
Techniques et applications de l'IA	**4.2.3 Compétences d'application** • Il est attendu des apprenants qu'ils soient capables de construire une structure de connaissances, adaptée à leur âge, sur les données, les algorithmes d'IA et la programmation, et d'acquérir des compétences d'application transférables. Les apprenants doivent être capables d'évaluer de manière critique et d'exploiter des outils d'IA, des bibliothèques de programmation et des ensembles de données gratuits et/ou libres.	• **CG4.2.3.1 Offrir des possibilités de renforcer les connaissances et les compétences en matière de modélisation, d'ingénierie et d'analyse des données.** Offrir aux apprenants des possibilités d'apprentissage basées sur des tâches concrètes pour acquérir des connaissances et des compétences adaptées à leur âge sur les ensembles de données, notamment en appliquant des outils ou des langages de programmation, toujours adaptés à leur âge, pour acquérir, nettoyer et transformer les données dans un format approprié pour le stockage, le traitement et l'analyse des bases de données (par exemple SQL, NoSQL, SparkSQL ou Apache Flink). • **CG4.2.3.2 Offrir des possibilités d'acquérir des compétences techniques adaptées à l'âge en matière de programmation de l'IA.** Expliquer des exemples de systèmes d'IA qui utilisent	• **Laboratoire sur les biais des données.** Fournir aux apprenants des échantillons de données avec et sans valeurs aberrantes, les guider pour qu'ils réalisent des expériences pratiques sur l'impact des valeurs aberrantes sur le modèle (comme dans les exemples de régression ou de regroupement). Pour la classification d'images, demander aux élèves et aux étudiants de mener une expérience sur la façon dont le déséquilibre des classes (par exemple, beaucoup plus de données dans une classe que dans l'autre) affecte les performances du modèle par classe. Accompagner les apprenants pour qu'ils acquièrent des compétences adaptées à leur âge en matière d'ingénierie des données afin d'éliminer les biais identifiables et de comparer les résultats. • **Cours modulaires optionnels sur mesure portant sur divers algorithmes d'IA pour soutenir l'apprentissage par cohortes.** Adapter les ensembles de données d'IA et les bibliothèques	• Ordinateurs avec connexion internet • Échantillons informatisés d'ensembles de données ou ensembles de données publiques accessibles localement • Applications informatiques pour la programmation de l'IA ou bibliothèques de programmation de l'IA à source ouverte accessibles localement en ligne • Outils d'IA informatisés ou accessibles localement en ligne.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Conception de systèmes d'IA		différentes catégories d'algorithmes d'IA afin d'aider les apprenants à comprendre, en fonction de leur âge, les algorithmes d'IA, y compris l'apprentissage supervisé, l'apprentissage non supervisé et l'apprentissage par renforcement. Cela devrait inclure la manière dont ils recueillent et traitent les données, comment ils sont entraînés, comment ils fonctionnent et les types concrets d'algorithmes qui sous-tendent ces catégories. Le cas échéant, offrir aux élèves et aux étudiants des possibilités d'apprentissage basées sur des tâches afin de cultiver les connaissances méthodologiques sur les algorithmes d'IA sélectionnés. • **CG4.2.3.3 Encourager les apprenants à développer des compétences d'analyse et de synthèse pour exploiter des ensembles de données et des outils d'IA libres (open source)**. Organiser l'apprentissage par problèmes pour faciliter l'acquisition par les élèves et les étudiants de compétences leur permettant d'évaluer de manière critique et d'exploiter des ensembles de données d'IA libres (par exemple MNIST[4], CIFAR[5] ou ImageNet[6]) et des outils provenant de bibliothèques d'algorithmes d'IA gratuites et/ou libres (par exemple Teachable Machine[7], PyTorch[8] ou Keras[9]) afin de résoudre des tâches réelles. En s'appuyant sur des variations de problèmes, guider les apprenants pour qu'ils pratiquent et améliorent la transférabilité de leurs connaissances et compétences sur les données et les algorithmes dans des contextes complexes.	d'algorithmes d'IA gratuits et/ou à source ouverte en fonction de l'âge et des connaissances antérieures des apprenants concernés. Développer des cours modulaires optionnels sur divers algorithmes d'IA et aider les cohortes à choisir les cours qui correspondent à leurs intérêts, afin d'acquérir des connaissances méthodologiques et des compétences dans l'application des algorithmes d'IA. • **Hackathons sur l'IA basés sur des variantes de tâches authentiques.** Prévoir un nombre important d'heures d'apprentissage continu pour inciter les élèves et étudiants intéressés à organiser des hackathons basés sur des tâches. Concevoir une série de tâches avec des variantes pour permettre aux participants de mettre en pratique leurs compétences transférables en matière de programmation de l'IA. • **Démentir les affirmations selon lesquelles l'IA automatisera le codage ou que les apprenants humains n'ont pas besoin d'apprendre la programmation de l'IA**. Faciliter la recherche des apprenants sur les connaissances et les compétences professionnelles requises par la création et l'itération des systèmes d'IA, en particulier les connaissances méthodologiques de base nécessaires pour explorer des algorithmes et des méthodes d'IA plus centrés sur l'humain et plus innovants. Inciter les élèves et les étudiants à réfléchir à la manière dont l'utilisation de l'IA pour remplacer les compétences de programmation des humains conduira à une diminution du nombre de personnes acquérant ces compétences fondamentales et à une aggravation des inégalités entre ceux qui possèdent des connaissances liées à l'IA et ceux qui en sont dépourvus.	

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Conception de systèmes d'IA	**4.2.4 Conception de l'architecture** • Les élèves et étudiants doivent être capables de cultiver des connaissances méthodologiques et des compétences techniques de base pour configurer une architecture évolutive, maintenable et réutilisable pour un système d'IA couvrant des couches de données, d'algorithmes, de modèles et d'interfaces d'application. Il est attendu des apprenants qu'ils développent les compétences interdisciplinaires nécessaires pour exploiter les ensembles de données, les outils de programmation et les ressources informatiques afin de construire un prototype de système d'IA. Il est notamment attendu d'eux qu'ils appliquent des valeurs humanistes et des principes éthiques approfondis dans leur configuration, leur construction et leur optimisation.	• **CG4.2.4.1 Étayer l'acquisition de connaissances méthodologiques et de compétences techniques sur l'architecture de l'IA.** Permettre aux apprenants d'acquérir et de mettre en pratique les compétences techniques et opérationnelles nécessaires pour évaluer une variété d'architectures d'IA dans le but de choisir une solution appropriée sur la base d'un énoncé de problème défini, tout en prenant en compte les options à sources ouvertes (open source). Fournir des opportunités d'apprentissage fondées sur des projets pour soutenir leur acquisition de connaissances méthodologiques sur la configuration d'un prototype d'architecture d'IA comprenant une structure de données anti-biaisée, un modèle d'IA économe en énergie pour minimiser l'impact négatif sur l'environnement, la conception centrée sur l'humain pour la performance et les services, et des mesures pour tester et améliorer la maturité de la configuration. • **CG4.2.4.2 Soutenir l'élaboration des compétences techniques avancées et des compétences en gestion de projet nécessaires à la construction d'un système d'IA.** Offrir des possibilités d'apprentissage par projet pour aider les apprenants à acquérir et à appliquer les compétences techniques interdisciplinaires requises par la construction d'un prototype de système d'IA conçu pour une tâche spécifique simple (par exemple, un chatbot imitant les réponses d'un enseignant expérimenté). Explorer l'exploitation et la normalisation des ensembles de données, l'assemblage des ressources informatiques	• **Simuler l'évaluation de cadres et de composants pour la configuration architecturale de l'IA.** Sur la base de l'énoncé du problème et de l'étude de faisabilité, aider les apprenants à évaluer une variété de cadres pour les architectures d'IA (par exemple TensorFlow, PyTorch ou Scikit-learn). Simuler l'évaluation et la sélection de solutions pour les composants de l'architecture (par exemple, la couche de données, la couche d'algorithmes, la couche de modèles d'IA et la couche d'interface) sur la base du cadre sélectionné. Configurer un prototype d'architecture comprenant les ensembles de données, les outils algorithmiques, le modèle d'IA et les ressources informatiques nécessaires, la conception des principales fonctionnalités et de l'interface, ainsi que les plans de déploiement. Guider les apprenants pour qu'ils partagent la configuration au moyen d'abstractions telles que des organigrammes, des diagrammes ou du pseudo-code. • **Simuler l'exploitation des ressources pour construire un système d'IA.** Aider les apprenants à construire un système d'IA simulé sur la base de dispositifs informatiques hébergés localement ou de plateformes d'informatique en nuage (cloud) accessibles localement (par exemple Hadoop ou Spark), ainsi que de systèmes d'exploitation (par exemple GNU) et de logiciels nécessaires à l'entraînement des modèles d'apprentissage automatique. Guider les étudiants dans la recherche de compromis entre les coûts et les besoins en capacité de calcul, et entre la robustesse des modèles d'IA et leur impact sur l'environnement, dans le but d'optimiser l'efficacité et de minimiser le gaspillage des	• Vidéos et indicateurs montrant comment mener des évaluations éthiques et techniques des modèles d'IA. • Exemples de systèmes d'intelligence artificielle sur ordinateur ou accessibles localement en ligne. • Échantillons informatisés d'ensembles de données ou ensembles de données publiques accessibles localement. • Applications informatiques pour la programmation de l'IA ou bibliothèques de programmation de l'IA à source ouverte accessibles localement en ligne. • Ressources informatiques en nuage (cloud) hébergées localement ou à source ouverte et autres ressources partagées par les institutions par l'intermédiaire de plateformes en nuage.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Conception de systèmes d'IA		virtuelles, ainsi que la sélection et l'amélioration des modèles d'IA (par exemple, l'optimisation des hyper-paramètres). Guider les élèves et les étudiants pour simuler la formation d'un modèle d'apprentissage automatique, y compris l'utilisation pratique des ressources informatiques et l'appel de données pour former les modèles sur la base des ensembles de données sélectionnés et prétraités. Concevoir et organiser des opportunités pour que les apprenants acquièrent des compétences en gestion de projet, notamment en équilibrant la portée des systèmes d'IA avec les ressources disponibles, en coordonnant la division et le partage des responsabilités, enfin en évaluant de manière critique et en exploitant les ressources d'IA.	ressources de calcul. Simuler l'amélioration de l'architecture, y compris l'optimisation des hyper-paramètres et/ou le réglage fin des modèles d'IA existants pour résoudre des problèmes simples (par exemple, l'apprentissage par transfert au-dessus d'un modèle préexistant, ou l'application de nouveaux réseaux neuronaux ou de modifications non triviales à des modèles de base). S'entraîner à utiliser les ressources informatiques et les données d'appel pour former des modèles d'apprentissage automatique basés sur les ensembles de données sélectionnées et prétraitées.	

4.3 Niveau 3 : Créer

L'objectif global du niveau « Créer » est de mettre les apprenants face à des défis et de leur permettre de développer des compétences avancées pour configurer des solutions d'IA ou créer de nouveaux outils d'IA basés sur des ensembles de données, des outils de programmation ou des modèles d'IA personnalisables, en tenant compte des options à code source ouvert (open-source). Les élèves et les étudiants seront également aidés dans le renforcement de leur sentiment d'appartenance à une communauté plus large de cocréateurs d'IA et dans l'amélioration de leur engagement intellectuel vis-à-vis des responsabilités citoyennes dans les sociétés d'IA. Les objectifs du programme d'études présentés dans le **tableau 4** visent à inspirer la définition d'un ensemble de compétences de haut niveau composées de connaissances méthodologiques avancées sur l'IA, de compétences d'ingénierie pour la conception de systèmes d'IA et d'une capacité d'adaptation conforme aux responsabilités sociales des individus et des entreprises lors de la création et de l'évaluation de systèmes d'IA. Les méthodes et les approches pédagogiques proposées sont conçues pour aider à la résolution de problèmes mal structurés et à développer une pensée de haut niveau, notamment via l'apprentissage par projet, l'exploration des connaissances méthodologiques par le biais de problèmes et d'évaluations éthiques variées. Les environnements d'apprentissage suggérés présentent des recommandations sur la configuration des ensembles de données, des outils de programmation de l'IA et des dispositifs informatiques nécessaires pour soutenir l'apprentissage complexe, en tenant compte du partage des ressources d'IA et de l'exploitation critique des options de ressources ouvertes et libres.

Tableau 4. Blocs de compétences pour le niveau 3 : Créer

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain	**4.3.1 La citoyenneté dans la société de l'IA** • Les élèves et les étudiants devraient être en mesure de développer une pensée critique quant aux conséquences de l'IA sur les sociétés humaines et d'élargir leurs valeurs centrées sur l'individu pour promouvoir la conception et l'utilisation de l'IA en vue d'un développement inclusif et écoresponsable. Ils devraient aussi être en mesure de renforcer leurs valeurs civiques et leur sens de la responsabilité	• **CG4.3.1.1 Être un citoyen critique en matière d'IA : favoriser cette prise de conscience.** Permettre aux élèves et aux étudiants d'acquérir des connaissances factuelles sur l'adoption généralisée de l'IA en tant qu'infrastructure de soutien des activités sociales dans les sociétés humaines. Favoriser leur prise de conscience et leurs points de vue critiques sur les défis auxquels les sociétés humaines sont confrontées, par exemple donner la priorité à l'accélération de l'innovation en matière d'IA tout en sacrifiant la sécurité et l'inclusion ou donner la priorité à la sécurité et à l'accès inclusif à l'IA. Développer les compétences des apprenants en matière de critique des préjugés amplifiés par l'IA à l'encontre des femmes, des groupes ethniques marginalisés et des personnes	• **Études de cas sur les conflits entre une société de l'IA juste et inclusive et les menaces que l'IA fait peser sur l'inclusion, la justice et la durabilité.** Organiser des études de cas ou un apprentissage par projet sur les conflits typiques entre une société de l'IA inclusive et juste et les risques que l'IA fait peser sur les valeurs centrées sur l'humain. Organiser une discussion sur ce que l'on entend par sociétés écoresponsables, inclusives et justes. Demander aux apprenants d'analyser des cas où l'IA a été omniprésente dans l'infrastructure des sociétés, et de s'interroger sur la manière dont l'IA peut amplifier les préjugés, creuser les inégalités économiques et sociales, affaiblir l'agentivité humaine et aggraver le changement climatique. Inviter les apprenants	• Des paramètres et des ressources d'apprentissage non connectés, notamment des feuilles de travail et des tableaux sur papier, des rapports ou des vidéos sur l'emploi et l'évolution de carrière dans les sociétés d'IA, et des études de cas analytiques imprimées sur les implications sociétales et l'impact environnemental de l'IA. • Systèmes d'IA en ligne ou outils d'IA disponibles localement pour les tests expérimentaux et analytiques, y compris

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain	sociale en tant que citoyens dans une société de l'IA. Les apprenants, enfin, devraient être en mesure d'accroître leur ouverture d'esprit et leur curiosité permanente à l'égard de l'apprentissage et de l'utilisation de l'IA pour favoriser l'épanouissement personnel à l'ère de l'IA.	défavorisées sur le plan socio-économique, ainsi que des effets de l'IA sur les relations, les normes et les structures sociales. Aider à révéler les raisons de l'impact profond de l'IA sur les sociétés et évaluer comment les règles juridiques, éthiques et sociales devraient être adaptées pour permettre de répondre aux défis. • **CG4.3.1.2 Favoriser les responsabilités personnelles et sociales dans les sociétés d'IA.** Encourager les apprenants à partager leurs points de vue sur ce à quoi ressembleraient des sociétés d'IA souhaitables et à définir les principales responsabilités et obligations que les citoyens doivent assumer afin de construire une société d'IA inclusive, écoresponsable et juste, du point de vue des utilisateurs et des concepteurs de l'IA. Aider les apprenants à affiner en permanence leurs responsabilités personnelles en tant que citoyens d'une société de l'IA. Les inciter à examiner les défis liés au respect des principes éthiques pour la conception et l'utilisation de l'IA dans des situations authentiques complexes, dans le but de renforcer la persévérance de leur perspective centrée sur l'humain. • **CG4.3.1.3 Nourrir le sentiment d'accomplissement personnel en tant que citoyen de l'IA et l'attitude d'apprentissage tout au long de la vie à l'égard de l'IA.** Guider les élèves et les étudiants pour qu'ils examinent de manière dynamique l'impact de l'adoption de l'IA dans tous les secteurs et les ensembles de compétences que la vie et le travail dans une société de l'IA peuvent exiger. Réfléchir aux objectifs personnels dans une	à prendre et à défendre des positions sur la manière dont la technologie de l'IA existante peut être réglementée et dont la conception des prochaines générations d'IA pourrait être orientée de manière à contribuer de manière positive à l'édification de sociétés justes et inclusives. • **Étude sur les responsabilités sociales personnelles des citoyens de la société de l'IA.** Organiser des discussions de groupe entre les apprenants sur les droits des citoyens dans une société d'IA et définir ensemble les principales obligations et responsabilités que les citoyens devraient assumer, en tenant compte du contexte mondial comme local, ainsi que des perspectives d'inclusion, d'équité, de justice sociale, des objectifs centrés sur l'humain et des incidences sur l'environnement et les écosystèmes. Il s'agit notamment de veiller à ce que les êtres humains aient le contrôle et la responsabilité de toutes les étapes-clefs du cycle de vie de l'IA. Permettre aux apprenants de mener et de partager leur réflexion sur les responsabilités sociales personnelles dans une société de l'IA. • **Études de cas sur l'accomplissement personnel dans les sociétés d'IA et leurs implications pour l'apprentissage tout au long de la vie.** Organiser des études de cas pour les apprenants sur l'adoption de l'IA dans le travail, la vie et les pratiques sociales, et les inciter à examiner les implications de l'adoption de l'IA pour leurs objectifs personnels, leur développement de carrière et leur épanouissement personnel. Guider les élèves et les étudiants pour qu'ils adoptent une attitude souple et curieuse à l'égard de l'analyse	les applications sur smartphones qui fournissent des assistants personnels, des chatbots et des systèmes de tutorat intelligents.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Perspective centrée sur l'humain		société où l'IA est omniprésente et évaluer le rôle de l'IA en relation avec la réalisation de soi. Aider les apprenants à adopter une attitude adaptative et persistante à l'égard de l'étude de l'IA tout au long de leur vie afin de favoriser leur épanouissement personnel et leur contribution personnelle au développement durable des sociétés.	et de l'utilisation de l'IA tout au long de la vie, afin de favoriser leur épanouissement personnel et leur contribution personnelle au développement durable des sociétés.	
Éthique de l'IA	**4.3.2 Éthique dès la conception (ethics by design)** • Il est attendu des apprenants qu'ils soient capables d'adopter une approche éthique pour la conception, l'évaluation et l'utilisation des outils d'IA, ainsi que pour l'examen et l'adaptation des réglementations en matière d'IA. Ils doivent être conscients que l'évaluation et la ratification de l'intention de la conception de l'IA doivent commencer dès le stade de la conceptualisation et couvrir toutes les étapes du cycle de vie de l'IA. Ils devraient en outre être capables d'appliquer certains paramètres pour évaluer la conformité d'un outil d'IA avec les règles éthiques et d'utiliser une matrice éthique prenant en	• **CG4.3.2.1 Sensibiliser à l'« éthique dès la conception » et la faire comprendre.** Fournir des opportunités d'apprentissage à base de conflits afin que les élèves et les étudiants puissent appliquer un ensemble complet de principes éthiques tout au long du cycle de vie de la conception et de la création de l'IA. Guider les apprenants pour qu'ils évaluent la pertinence éthique des outils d'IA lorsqu'ils sont en cours de conceptualisation, les mesures de lutte contre les préjugés dans la collecte et l'ingénierie des données, les méthodes exemptes de discrimination pour l'entraînement à l'apprentissage automatique, les « garde-fous » centrés sur l'humain pour générer des résultats d'IA, ainsi que le test et l'audit inclusifs des outils d'IA. • **CG4.3.2.2 Développer une attitude critique à l'égard des principes d'éthique dès la conception qui sous-tendent les systèmes et algorithmes d'IA existants.** Donner aux apprenants la possibilité d'adopter une approche holistique de l'application des principes et des réglementations à	• **Simuler le devoir de diligence d'un « responsable de l'éthique » dans une équipe de développement de l'IA.** Concevoir des pratiques d'apprentissage basées sur des projets, demander aux apprenants de simuler le rôle d'un responsable de l'éthique d'une entreprise d'IA, y compris la rédaction d'une liste de critères éthiques pour l'audit des étapes-clefs de la conception d'un système d'IA, et la définition des principales procédures de diligence raisonnable à suivre lors de la supervision de la sécurité et de l'éthique du système d'IA en cours de conception par une équipe ou une entreprise. • **Simuler l'utilisation d'un « label éthique » pour auditer des outils ou des algorithmes d'IA donnés.** Coordonner les apprenants pour qu'ils entreprennent un audit fictif de l'« éthique dès la conception » d'outils ou de systèmes d'IA sélectionnés. Donner des cours sur ce sujet et aider les élèves et les étudiants à rechercher des labels éthiques pour les systèmes d'IA (un label éthique pour les systèmes d'IA est analogue à un label nutritionnel	• Paramètres et ressources d'apprentissage non connectés, y compris des feuilles de travail des tableaux sur papier ou des exemples imprimés de contrôles et de rapports de diligence raisonnable, de labels éthiques, de matrices, de politiques de confidentialité des créateurs d'IA et de réglementations sur l'IA. • Outils d'IA disponibles localement, y compris des applications pour smartphones. • Systèmes d'IA en ligne pour l'analyse éthique. • Sites web partageant des réglementations sur l'IA ainsi que sur des procès ou des affaires judiciaires.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Éthique de l'IA	compte toutes les parties prenantes pour réviser les règles d'IA et en informer l'adaptation.	l'évaluation de l'« éthique dès la conception » de systèmes ou d'outils d'IA spécifiques. Développer leur esprit critique en leur demandant de proposer des recommandations aux créateurs de systèmes d'IA pour remédier à toute violation identifiée des principes éthiques ou des réglementations, et atténuer tout préjudice causé par leurs outils d'IA. • **CG4.3.2.3 Cultiver les responsabilités sociales pour défendre l'« éthique dès la conception » dans les réglementations sur l'IA.** En s'appuyant sur une sélection de réglementations sur l'IA, guider les élèves et les étudiants pour qu'ils évaluent comment ces réglementations s'alignent sur l'approche de l'éthique dès la conception et dans quelle mesure les mesures correspondantes sont suffisantes pour surveiller et réglementer les risques éthiques typiques intégrés dans les algorithmes et les systèmes d'IA. Renforcer la sensibilisation des apprenants à leurs responsabilités sociales et leur aptitude à les assumer en les aidant à recommander des modifications dans les réglementations locales existantes ou à rédiger des propositions sur l'élaboration de réglementations visant à régir l'éthique dès la conception parmi leurs communautés.	pour les produits alimentaires). Guider les apprenants pour qu'ils construisent ou adaptent un label éthique afin de vérifier l'intention des concepteurs des systèmes et services d'IA sélectionnés, y compris la collecte d'informations au-delà de leurs déclarations publiques (par exemple, les créateurs d'une plateforme de recommandation d'achats déclarent que leur intention est d'aider les clients à trouver les produits les plus appropriés, alors que l'objectif caché peut être de rendre les utilisateurs dépendants à l'utilisation de la plateforme). Rédiger des rapports sur les résultats de l'audit. • **Simuler l'utilisation d'une matrice éthique pour examiner les réglementations sur l'IA et suggérer des adaptations.** Inviter les élèves et les étudiants à rechercher une matrice éthique permettant d'impliquer les parties prenantes concernées dans les réglementations sur l'IA. Les aider à élaborer une matrice éthique adaptative dont les colonnes sont constituées de principes éthiques fondamentaux et les lignes des parties prenantes concernées (par exemple, les créateurs de l'IA, les régulateurs, les déploiements institutionnels et les utilisateurs individuels). Les apprenants peuvent utiliser leur matrice pour analyser les articles pertinents d'une réglementation sélectionnée et rédiger des rapports ou des analyses comprenant des recommandations en vue d'une adaptation ou d'une itération de la réglementation. En l'absence de réglementation locale, les apprenants peuvent rédiger une proposition de création d'une nouvelle réglementation en matière d'IA, accompagnée d'un résumé des articles destinés aux parties prenantes concernées.	

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Techniques et applications de l'IA	**4.3.3 Création d'outils d'IA** • Les élèves et les étudiants doivent être capables d'approfondir et d'appliquer leurs connaissances et compétences en matière de données et d'algorithmes afin de personnaliser les outils d'IA existants et de créer des outils d'IA basés sur des tâches. Il est attendu des apprenants qu'ils intègrent dans l'évaluation des ressources d'IA existantes et dans le test des outils d'IA créés par eux-mêmes les principes d'une perspective centrée sur l'humain, ainsi que leurs considérations éthiques. Ils doivent également acquérir et développer les compétences sociales et émotionnelles nécessaires pour s'engager dans la création avec l'IA, y compris l'adaptabilité et les compétences complexes en matière de communication et de travail d'équipe.	• **CG4.3.3.1 Mettre au défi et activer des compétences avancées pour développer des outils d'IA basés sur des tâches.** Fournir des opportunités d'apprentissage basées sur des tâches afin que les élèves et les étudiants puissent transférer leurs valeurs, leurs connaissances et leurs compétences pour créer un outil d'IA basé sur des modèles d'IA existants ou des boîtes à outils. Soutenir leur maîtrise de compétences avancées dans l'analyse critique de la pertinence des outils d'IA existants pour des tâches spécifiques, l'évaluation de leurs besoins en matière de collecte et de traitement des données, la décision d'adopter une approche de programmation schématique (ou code bas, en anglais *low code*) ou de recourir à des algorithmes d'IA et à un langage de programmation, et l'exécution de la personnalisation opérationnelle et/ou de la programmation. • **CG4.3.3.2 Renforcer la créativité des apprenants en appliquant les connaissances et les compétences en IA pour personnaliser les outils d'IA et le codage.** Concevoir des tâches en rapport avec la personnalisation des outils d'IA pour résoudre des tâches authentiques. Guider les apprenants pour qu'ils acquièrent des compétences dans l'utilisation de plateformes ou de boîtes à outils de développement de l'IA, l'amélioration des ensembles de données et la modification des codes de programmation, y compris ceux basés sur des options de source ouverte ; inciter et aider les élèves et les étudiants à explorer et à tester des idées créatives sur	• **Amélioration des ensembles de données et des codes de programmation pour la création d'un outil d'IA en fonction des tâches à accomplir.** Accompagner les élèves et les étudiants en vue de modifier un ensemble de données ou en créer un nouveau pour des contextes réels, en s'inspirant d'une tâche authentique telle que le suivi de la consommation d'énergie des écoles ou des ménages locaux, les prévisions météorologiques pour un lieu ou un itinéraire donné, ou le suivi d'une maladie épidémique. Enseigner et aider les apprenants à utiliser des outils de collecte automatique de données (par exemple BeautifulSoup[10] pour récupérer des informations sur des pages web) ; appliquer des compétences en programmation d'IA pour nettoyer, encoder et prétraiter les données ; enfin, utiliser les données pour personnaliser des modèles d'IA ou créer des outils d'IA. • **Laboratoire de test des performances des applications d'IA.** Guider les apprenants dans la recherche et l'adaptation d'une matrice de performance gratuite et/ou libre (*open source*) pour le test des applications d'IA (par exemple, l'exactitude, la précision, le score F-1, les matrices de confusion et les courbes ROC). Laisser les élèves et les étudiants expérimenter l'utilisation d'outils adaptés pour tester la performance et la robustesse technologique de l'application d'IA élaborée, et simuler le retour d'information des utilisateurs quant au respect de l'éthique. Utiliser des outils automatisés pour générer des rapports de visualisation et résumer les recommandations sur l'optimisation de l'application d'IA.	• Ensembles de données en ligne, outils d'intelligence artificielle et bibliothèques de programmation gratuits et/ou libres d'accès au niveau local. • Outils d'analyse de données gratuits et/ou à source ouverte accessibles localement • Ressources informatiques en nuage (*cloud*) accessibles localement, ressources informatiques hébergées localement (par exemple, le serveur d'une école) ou ressources informatiques partagées par des institutions ou des industries dignes de confiance.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Techniques et applications de l'IA		la conception d'outils d'IA pour résoudre des variantes de problèmes. • **CG4.3.3.3 Donner aux apprenants les compétences nécessaires pour tester et optimiser les outils d'IA qu'ils ont eux-mêmes créés.** Aider les apprenants à personnaliser les méthodes et les instruments d'évaluation pour tester la robustesse et la facilité d'utilisation des outils d'IA qu'ils ont eux-mêmes créés, à apprendre à organiser des évaluations par les pairs et à partager le retour d'information, ainsi qu'à développer des compétences de collaboration en tant que cocréateurs.	• **Comparer la création d'outils d'IA par la personnalisation d'ensembles de données et de codes de programmation avec la création d'applications d'IA basées sur des plateformes de développement de programmation schématisée.** Coordonner les élèves et les étudiants pour qu'ils recherchent des informations sur les étapes et les compétences requises pour créer des outils d'IA en personnalisant les ensembles de données en libre accès et les codes de programmation des boîtes à outils d'IA. Les guider pour qu'ils étudient les compétences nécessaires à la création d'applications d'IA basées sur des plateformes de développement de programmation schématisée. Organiser une discussion sur les différences entre les deux approches en termes d'agentivité humaine et de détermination humaine, d'inclusion de données provenant de communautés locales et de reflet de la diversité culturelle locale, ainsi que d'évolutivité et de réutilisation des outils résultants. Discuter de la manière de choisir entre les deux approches en fonction des besoins et des situations spécifiques.	
Conception de systèmes d'IA	**4.3.4 Itération et retour d'information** • Les élèves et les étudiants doivent améliorer et appliquer leurs connaissances interdisciplinaires et leur maîtrise des méthodes pratiques pour évaluer l'adéquation sur le plan humaniste et la robustesse sur le plan méthodologique d'un modèle d'IA et son impact sur les utilisateurs individuels,	• **CG4.3.4.1 Développer les compétences pour faire la critique des systèmes d'IA.** Offrir aux élèves et aux étudiants des possibilités d'apprentissage par projet afin qu'ils mettent en pratique leurs compétences pour tester de manière critique la robustesse technologique et critiquer la pertinence éthique d'un système d'IA en vérifiant si le modèle renforce les capacités, l'action et la conscience humaines ou au contraire les affaiblit – en vérifiant le degré d'explicabilité et de protection de la confidentialité	• **Simuler le test de performance d'un système d'IA**. Accompagner les élèves et les étudiants pour qu'ils utilisent des mesures adaptées afin de déterminer si un modèle d'IA renforce ou affaiblit les capacités, l'agentivité et la conscience humaines, et évaluer le degré d'explicabilité de sa méthode. Adapter les mesures de performance de l'apprentissage automatique et les outils de visualisation associés, y compris les options libres (par exemple, le score F1 (indicateurs d'évaluation) dans l'apprentissage automatique,	• Outils d'IA en ligne accessibles localement, gratuits et/ou libres, y compris des outils d'analyse de données et des bibliothèques de programmation. • Ressources informatiques en nuage hébergées ou accessibles localement.

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Conception de systèmes d'IA	les sociétés et l'environnement. Ils devraient être capables d'acquérir des compétences techniques adaptées à leur âge pour améliorer la qualité des ensembles de données, reconfigurer les algorithmes et améliorer les architectures en fonction des résultats des tests et de la rétroaction. Ils devraient être capables d'appliquer une perspective centrée sur l'humain et des principes éthiques dans la simulation de la prise de décision sur le moment où un système d'IA devrait être arrêté et sur la manière dont son impact négatif peut être atténué. On attend également d'eux qu'ils cultivent leur identité de cocréateurs au sein de la grande communauté de l'IA.	des données, en mesurant les performances du système d'IA, et en étudiant les réactions des utilisateurs pour évaluer son impact sociétal et environnemental au sens large du terme. • **CG4.3.4.2 Soutenir l'acquisition de compétences techniques et de responsabilités sociales dans l'optimisation, la reconfiguration ou l'arrêt d'un système d'IA.** Proposer des activités de simulation aux apprenants pour qu'ils comprennent la responsabilité sociale de l'entreprise et acquièrent des compétences interdisciplinaires pour prendre des décisions sur l'itération d'un système d'IA sur la base des résultats des tests et du retour d'information des utilisateurs. Les activités devraient impliquer le développement des compétences techniques des apprenants pour trois scénarios possibles : (1) optimisation : optimisation des ensembles de données, des algorithmes, du modèle, des fonctionnalités de conception et/ou de l'interface ; (2) reconfiguration : réexamen de la définition du problème et reconfiguration du système d'IA ; (3) arrêt : lorsqu'il est prouvé que le système d'IA viole les droits humains ou nuit aux groupes vulnérables, les élèves et les étudiants devraient apprendre à prendre la décision d'arrêter le modèle d'IA et de mettre rapidement en place des stratégies de remédiation. • **CG4.3.4.3 Favoriser l'identité des apprenants en tant que cocréateurs à l'ère de l'IA.** Guider les élèves et les étudiants pour qu'ils assument pleinement leurs responsabilités en tant que cocréateurs d'outils d'IA et « pilotes » de la conception de	les matrices de confusion et les courbes ROC) pour mesurer la performance du système d'IA. Concevoir et appliquer des méthodes de recherche (par exemple, collecte de données de marché qualitatives et quantitatives adaptées à l'âge), y compris le retour d'information des utilisateurs finaux (par simulation), afin d'étudier les implications sociétales et l'impact sur l'environnement de l'adoption du modèle d'IA. Synthétiser les résultats et les présenter sous forme visuelle. • **Simuler la prise de décision professionnelle des ingénieurs en IA sur l'itération d'un modèle d'IA.** Coordonner les élèves et les étudiants pour qu'ils jouent le rôle d'ingénieurs en IA afin d'intégrer et d'interpréter les résultats du retour d'information, en tenant compte à la fois de la conception du système d'IA et de la responsabilité sociale de l'entreprise. Prendre une décision appropriée parmi plusieurs choix concernant l'itération du modèle d'IA : (1) optimisation, lorsque la définition du problème est validée et que les ensembles de données, les algorithmes, le modèle d'IA ou les interfaces doivent être optimisés ; (2) reconfiguration, lorsque des défauts fondamentaux sont découverts via des tests et/ou un retour d'information des utilisateurs concernant la définition du problème et/ou la configuration de l'architecture ; ou (3) arrêt, lorsqu'il est prouvé qu'un modèle d'IA viole les droits humains ou porte préjudice à des groupes vulnérables. Aider les apprenants à acquérir des compétences techniques pour l'optimisation et la reconfiguration, et apprendre à négocier et à prendre des décisions sur l'arrêt du modèle d'IA et sur les stratégies de réparation possibles.	• Outils téléchargés et adaptés pour l'audit éthique et le test de performance des modèles d'IA. • Accès aux réglementations applicables en matière d'IA ou aux cadres de gouvernance. • Plateformes de collaboration en ligne accessibles localement pour favoriser le partage des ressources, l'apprentissage par les pairs et la conception ou la création collaboratives d'outils d'IA (par exemple, GitHub, arXiV ou des forums de discussion).

	COMPÉTENCES DES APPRENANTS	**OBJECTIFS DU PROGRAMME** (Les programmes d'étude de l'IA devraient…)	**MÉTHODES PÉDAGOGIQUES RECOMMANDÉES** (Les établissements et les enseignants peuvent analyser et adapter les méthodes d'apprentissage suivantes)	**ENVIRONEMENTS D'APPRENTISSAGE** (Les paramètres d'apprentissage suivants peuvent être proposés et adaptés)
Conception de systèmes d'IA		la prochaine génération de technologies d'IA. Développer leur sentiment d'appartenance à la grande communauté de l'IA et les encourager à analyser de manière critique les impacts à long terme des systèmes d'IA sur les relations sociales et les comportements individuels, en s'appuyant sur des expériences réelles de conception et de construction de systèmes d'IA. Discuter de la manière dont les réglementations ou les politiques devraient être adaptées ou créées pour améliorer la gouvernance de l'IA.	• **Engagement avec les communautés de créateurs d'IA.** Faciliter l'adhésion des apprenants motivés à des communautés locales ou en ligne de cocréateurs d'IA. Les encourager à participer à des discussions en ligne ou au développement collaboratif d'outils d'IA, et à partager des ensembles de données en libre accès et des exemples d'algorithmes ou d'outils d'IA.	

Chapitre 5 : Application du référentiel

Ce chapitre fournit des indications complémentaires sur les types de considérations qui peuvent contribuer à l'élaboration et à la mise en œuvre réussie des programmes d'études.

5.1 L'alignement des compétences en IA comme fondement des stratégies nationales d'IA

L'élaboration et la mise en œuvre des stratégies nationales en matière d'IA varient d'un pays à l'autre. Environ 70 pays ont publié des documents stratégiques sur l'intelligence artificielle, qui placent souvent l'éducation comme le secteur permettant de développer les ressources humaines et les talents locaux dans le domaine de l'IA. Dans les pays dotés de stratégies nationales bien ancrées, le RCA IA peut être aligné sur les cadres politiques existants et servir de base pour favoriser la perspective et les valeurs centrées sur l'humain nécessaires pour mettre en œuvre des réglementations sur l'éthique de l'IA, préparer les individus à être des utilisateurs et des citoyens responsables de l'IA et développer des communautés locales de cocréateurs d'IA à l'échelle nationale.

Encadré 1. Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle

Les États membres devraient encourager l'acquisition de « compétences préalables » à l'éducation à l'IA, telles que les compétences de base en littératie et en numératie en programmation et en technologie numérique, l'éducation aux médias et à l'information, ainsi que les compétences relatives à la pensée critique et créative, au travail en équipe et à la communication, les compétences socioémotionnelles et les compétences en matière d'éthique de l'IA, en particulier dans les pays et dans les régions ou zones de pays qui présentent des lacunes notables dans l'enseignement de toutes ces compétences.

Les États membres devraient promouvoir des programmes généraux de sensibilisation aux avancées de l'IA, notamment concernant les données ainsi que sur les possibilités et les défis découlant des technologies de l'IA, les répercussions des systèmes d'IA sur les droits humains, y compris les droits de l'enfant, et leurs implications. Ces programmes devraient être accessibles aux spécialistes comme aux non-spécialistes.

Source : UNESCO, 2022*a*, pp. 33–34

Si une stratégie nationale pour l'IA est rendue publique et déployée de manière adéquate, il convient que la mise en œuvre du RCA et des programmes d'enseignement de l'IA pour les apprenants soit planifiée et soutenue, sur le double plan administratif et financier, dans le cadre général de la stratégie d'IA. Ces stratégies nationales sont généralement déclenchées par une réponse politique à l'impact profond et perturbateur de l'IA sur le travail, en termes de déplacements d'emplois induits par l'IA et de créations d'emplois soutenues par l'IA, ainsi que par la perspective de nouvelles compétences professionnelles que l'adoption de l'IA pourrait

nécessiter. La principale réponse politique à cette rupture réside dans des stratégies systémiques de développement des compétences en matière d'IA qui comprennent des mécanismes de financement et d'incitation, mais aussi des cours spécifiques d'IA qui rationalisent différentes trajectoires en fonction de chaque secteur, qu'il s'agisse de l'enseignement obligatoire, de l'enseignement et de la formation techniques et professionnels (EFTP), de l'enseignement supérieur, de l'amélioration et de la reconversion des compétences des employés ou des programmes d'apprentissage tout au long de la vie pour les citoyens. Pour les pays qui n'ont pas adopté de stratégie, le RCA sur l'IA peut servir de déclencheur pour sensibiliser à l'importance des politiques nationales sur l'IA en général et sur le développement des compétences en IA en particulier.

La mise en œuvre de ces stratégies et de ces politiques devrait commencer par l'évaluation de l'état de préparation et des lacunes du programme. Les processus et les résultats de la mise en œuvre font généralement l'objet d'un suivi et d'une évaluation, et les décideurs politiques devraient mettre en place un suivi en amont puis régulier des programmes de développement des compétences en IA lorsqu'ils établissent des mécanismes et des méthodes d'ensemble pour en suivre le déploiement. Pour évaluer les programmes d'enseignement de l'IA ou les programmes d'éducation agile, il est particulièrement important de formuler des critères qui couvrent : (i) l'état de préparation des apprenants et des enseignants ; (ii) les carences dans la formation et le soutien au développement professionnel des enseignants ; (iii) les lacunes dans les objectifs et le contenu des programmes qui doivent être comblées pour soutenir la vision nationale de l'IA ; (iv) les ajouts nécessaires au contenu des programmes pour répondre aux besoins immédiats et futurs des marchés ; (v) les mécanismes de mobilisation et de validation du soutien intersectoriel ; (vi) le degré d'intégration des programmes ; (vii) l'état de préparation des environnements d'apprentissage ; (viii) la qualité de la mise en œuvre des programmes d'enseignement.

Encadré 2. Soutenir le développement des ressources humaines : *La stratégie nationale de la République de Corée pour l'intelligence artificielle*

La stratégie nationale de la République de Corée en matière d'intelligence artificielle s'articule autour de trois axes principaux : (1) mettre en place une infrastructure d'IA fiable, notamment pour soutenir les talents humains et améliorer la technologie ; (2) étendre l'utilisation de l'IA à l'ensemble des secteurs industriels et sociaux ; (3) répondre de manière proactive aux changements sociétaux, notamment aux besoins du marché de l'emploi. La stratégie vise à instaurer et à développer un écosystème de l'IA qui permette l'utilisation à grande échelle de l'IA, et à faire de la République de Corée un leader mondial de l'intelligence artificielle centrée sur l'humain.

Pour soutenir la réalisation de cet objectif, la République de Corée s'est concentrée sur la révision des réglementations et des systèmes de régulation afin de créer un environnement plus favorable à l'industrie et de favoriser l'utilisation productive des données et des innovations en matière d'IA, l'utilisation de l'IA pour rationaliser la gouvernance, l'établissement de réglementations sur l'éthique de l'IA et la constitution d'un capital humain relatif à l'IA dès l'école primaire. La stratégie propose un programme d'études interdisciplinaire sur l'IA et la définition de compétences en IA fondées sur les besoins de quatre catégories de populations : (1) le grand public, qui doit être capable d'utiliser l'IA et d'acquérir une culture de base en matière d'IA et de données, y compris une connaissance de l'éthique de l'IA ; (2) les professionnels de l'IA, qui appliquent l'IA et les outils logiciels dans des environnements « IA + x » sur le marché du travail ; (3) les spécialistes de l'IA, qui développent des plateformes et des systèmes d'IA ; (4) les talents de l'IA, à même de résoudre les problèmes liés à l'IA et de développer de nouveaux modèles et algorithmes d'IA.

Dans le cadre du développement des compétences pour ces quatre catégories de personnes, la stratégie nationale propose des réglementations visant à améliorer les compétences des professionnels de l'industrie et à leur permettre d'accéder à des postes de professeurs en IA, à soutenir l'expansion des départements d'IA existants et à inciter davantage de départements à proposer des programmes liés à l'IA, notamment en augmentant l'ampleur et la diversité des programmes d'éducation et de recherche en IA au niveau du master et du doctorat et en créant des filières d'IA interdisciplinaires.

Au niveau de l'école, la stratégie vise à élargir les possibilités d'apprentissage de l'IA en mettant l'accent sur la pensée informatique. Dans les premières classes de l'école primaire, les élèves se voient proposer des expériences avec l'IA pour stimuler leur intérêt et leur curiosité ; dans les classes plus avancées, les élèves sont encouragés à étendre leurs connaissances et leurs compétences en appliquant l'IA à l'apprentissage des matières principales. Les élèves du secondaire ont la possibilité de fréquenter des écoles centrées sur l'IA pour suivre un programme d'études plus poussé en IA. Les enseignants sont également soutenus dans l'amélioration de leurs connaissances et de leurs compétences en matière d'IA, par l'intégration de celle-ci dans leurs programmes de formation initiale et de nouveaux diplômes sur l'intégration pédagogique de l'IA.

Source : Ministère de la Science et des TIC, République de Corée, 2019

5.2 Construire des programmes d'études de base interdisciplinaires et collectifs pour les compétences en IA

Le développement des compétences en IA des élèves et des étudiants doit intégrer divers canaux pour l'apprentissage et la pratique, y compris des cours formels dans le cadre du programme national, des programmes extrascolaires et un apprentissage informel via un engagement avec les familles et les communautés locales. Alors qu'il faut encourager l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme national d'enseignement de l'IA comme principal moyen de mise en œuvre du RCA, il est également important de déterminer si les programmes d'études proposés par le secteur privé ou les organisations non gouvernementales sont conformes à une perspective centrée sur l'être humain et aux principes éthiques en vigueur. Il est tout autant essentiel d'examiner et de piloter l'influence des canaux d'apprentissage informels, y compris les plateformes numériques, et cela peut se faire en obligeant les fournisseurs à rendre des comptes en matière de sécurité et d'éthique si leurs programmes s'adressent à des apprenants, en particulier à des enfants.

L'IA est de nature interdisciplinaire et présente des liens conceptuels et pratiques intrinsèques complexes avec les mathématiques, les sciences appliquées, l'ingénierie, les langues, les sciences sociales, l'art, l'éducation citoyenne et citoyenne et l'histoire, ainsi qu'avec diverses combinaisons de ces matières. L'IA représente également, dans le même temps, une étape itérative et un saut technologique dans le continuum des technologies numériques. Dans ce contexte, le RCA IA repose sur des connaissances et des compétences multidisciplinaires en matière de données, de programmation, de structures informatiques et d'Internet, ainsi que sur un ensemble intégré de connaissances et de compétences conceptuelles fondées sur la pensée informatique et technique, tout comme sur le raisonnement scientifique. Parallèlement, la promotion d'une perspective centrée sur l'humain et l'éthique de l'IA sont profondément ancrées dans les compétences sociales et émotionnelles générales des élèves et des étudiants.

Il est donc nécessaire d'aligner le RCA IA sur les référentiels de compétences généraux pour les apprenants des différents pays, et d'examiner si ces référentiels doivent être adaptés ou réformés pour répondre aux nouvelles exigences existant à l'ère de l'IA. Dans les pays où des cadres nationaux de compétences numériques ou TIC pour les élèves et les étudiants ont été adoptés et mis en œuvre, une approche adaptative peut être envisagée pour y intégrer les aspects liés à l'IA. Cela nécessite une redéfinition des compétences numériques afin de couvrir les valeurs, les connaissances et les aptitudes encore inédites requises pour les nouvelles itérations ou les nouveaux domaines de l'IA, ainsi que leurs liens avec les générations précédentes de technologies numériques.

Un curriculum d'enseignement de base de l'IA dans les programmes d'éducation formelle est généralement considéré comme le principal moyen d'offrir des opportunités pour tous les élèves et les étudiants, en particulier à ceux qui n'ont pas accès à l'IA ailleurs qu'à l'école. Cela nécessite la reconfiguration des programmes nationaux, en tenant compte du temps à consacrer aux cours d'IA. Les modules du curriculum d'IA devraient être adaptés ou réformés pour renforcer leurs liens avec les compétences en IA, sans perdre de vue les autres compétences fondamentales des élèves. Ces corpus interdisciplinaires et ces modules du curriculum d'IA peuvent être intégrés dans des structures agiles adaptées aux contextes éducatifs nationaux ou locaux.

Le rapport de l'UNESCO intitulé *Enseigner l'intelligence artificielle au primaire et au secondaire : une cartographie des programmes validés par les gouvernements* (2022b) identifie quatre stratégies principales pour l'intégration du curriculum d'enseignement de l'IA dans les systèmes éducatifs de la maternelle à la 12e année. Il s'agit de la mise

en œuvre de l'IA en tant que matière distincte, de l'intégration de l'IA dans d'autres matières existantes (généralement les TIC), des approches transversales dans lesquelles les résultats de l'IA sont intégrés dans plusieurs matières groupées, et de l'IA en tant qu'activité facultative, extrascolaire ou co-curriculaire (par exemple, pour un club extrascolaire). L'IA en tant que matière distincte peut être obligatoire pour tous les apprenants et peut être soutenue par une série de cours complémentaires en sciences, technologie, mathématiques, ingénierie et conception, afin de répondre à la diversité des aptitudes, des origines et des besoins d'apprentissage des élèves et des étudiants. Dans le cadre de l'une ou l'autre de ces approches ou d'une combinaison de celles-ci, l'interdisciplinarité a une double incidence : d'une part, le tronc commun d'enseignement de l'IA devrait mobiliser les valeurs, les connaissances et les compétences multidisciplinaires des apprenants dans les matières pertinentes, en particulier les sciences, les technologies, l'ingénierie, les arts et les mathématiques (Stiam), pour servir de fondement au programme d'enseignement de l'IA, comme l'illustre le programme d'enseignement de l'informatique, de la conception créative et de l'innovation des Émirats arabes unis (UNESCO, 2024) ; d'autre part, le tronc commun d'enseignement de l'IA devrait promouvoir l'intégration intrinsèque des aspects-clefs des compétences en IA dans les objectifs d'apprentissage et les situer à des niveaux de progression correspondants.

Encadré 3. L'approche interdisciplinaire des Émirats arabes unis pour les programmes d'enseignement de l'IA de la maternelle à la 12e année

« En couvrant l'informatique, l'ingénierie, le design, le développement durable et la communication visuelle, le programme d'études du ministère de l'Éducation sur l'Informatique, la Conception créative et l'Innovation offre un cadre éducatif complet et concis. Il prépare les élèves à s'épanouir dans un monde dynamique et interconnecté en encourageant la pensée critique, la capacité à résoudre des problèmes et l'innovation ».

Les Émirats arabes unis adoptent une approche interdisciplinaire pour leur programme d'études sur l'IA destiné aux écoles primaires et secondaires, en l'intégrant dans un programme appelé Informatique, Conception créative et Innovation (ICCI, en anglais *Computing, Creative Design and Innovation, CCDI*). En mettant l'accent sur l'IA, le programme CCDI encourage les élèves à développer leur créativité et leurs compétences en matière de résolution de problèmes, à prendre conscience de l'éthique et de ses répercussions, à apprendre et à répéter les principes et les concepts fondamentaux de l'IA et à conjuguer leurs connaissances dans différents domaines. Le programme d'études a été créé en 2016 en tant que matière axée sur la technologie, en plus du programme d'études en informatique déjà existant.

Depuis lors, et avec les récents développements dans le domaine de l'IA, le programme CCDI a progressivement intégré la robotique, la programmation, la modélisation 3D et l'électronique. En 2020, ce programme d'études a été révisé pour couvrir cinq domaines : (1) l'informatique, avec un accent sur les systèmes informatiques, les réseaux et l'Internet, les données et l'analyse, les algorithmes et la programmation, ainsi que les impacts de l'informatique ; (2) les principes et systèmes d'ingénierie, avec un accent sur l'électricité et les électrons, la robotique et les systèmes, ainsi que les systèmes embarqués ; (3) la conception et l'innovation, y compris l'esprit d'entreprise et le processus de conception technique ; (4) le développement durable, avec un accent sur la société durable ; (5) la communication visuelle, avec un accent sur le graphisme pour la conception, la conception assistée par ordinateur et la réalisation de la conception.

Source : UNESCO, 2024

5.3 Encadrer les domaines d'IA durables et localement réalisables en tant que supports du programme d'études

Après avoir déterminé l'ajustement interdisciplinaire du corpus et des modules de formations curriculaires en matière d'IA, les concepteurs de programmes curriculaires devront intégrer le RCA sur l'IA dans les programmes de base d'IA à l'échelle nationale ou institutionnelle. L'encadrement du corpus curriculaire de base en IA repose sur des aspects-clefs interconnectés des compétences en IA, des sous-domaines de l'IA pour chaque aspect et des systèmes d'IA spécifiques qui serviront de supports au programme d'études. La décision de rendre le programme obligatoire ou facultatif est prise en fonction d'au moins trois facteurs : la valeur fondamentale des différents aspects, le potentiel d'anticipation des connaissances et des compétences en matière d'IA et la faisabilité de la mise en œuvre dans les écoles. La faisabilité des domaines et des systèmes d'IA est déterminée par le degré de préparation à l'IA des enseignants et des apprenants, ainsi que par la disponibilité locale et le coût des systèmes génériques d'IA et du matériel spécifique, des logiciels, des langages de programmation et des applications essentielles pour la majorité des établissements scolaires.

Comme expliqué au chapitre 4, la perspective centrée sur l'humain, l'éthique de l'IA, ainsi que les techniques et les applications de l'IA sont essentielles à la vie et au travail de tous les apprenants à l'ère de l'IA, et devraient donc être inclus dans tous les programmes d'enseignement de l'IA. Certains domaines, tels que la conception de systèmes d'IA, peuvent être plus appropriés pour les apprenants qui ont un intérêt et des capacités marqués pour l'IA. L'évaluation du degré de préparation à l'IA à l'échelle locale peut permettre de décider si la conception de systèmes d'IA doit être définie comme un ensemble de capacités de raisonnement pouvant être fusionnées avec d'autres aspects ou si elle doit être enseignée en tant que matière distincte, dans le cas où les bases de données, les ressources informatiques et les modèles d'IA nécessaires sont disponibles.

Dans le cadre d'un aspect ou d'un domaine donné de l'IA, l'étape suivante consiste à définir les sous-domaines des techniques et des technologies de l'IA à couvrir, ainsi que les systèmes d'IA spécifiques à recommander comme supports du programme d'études ou des pratiques d'apprentissage. Cela est plus prononcé pour l'aspect des techniques et des applications de l'IA. L'éventail des techniques est vaste, y compris les systèmes logiques ou les algorithmes élaborés à partir de principes déductifs généraux pour résoudre des problèmes spécifiques (par exemple, les arbres de décision codés par l'humain, l'élagage alpha-bêta et le minimax), ainsi que les modèles entraînés à partir de grandes quantités de données (par exemple, l'apprentissage profond (*deep learning*) et l'IA générative). Les concepteurs de programmes doivent choisir des sous-domaines parmi une longue liste de techniques d'IA qui peuvent servir d'exemples et spécifier leurs relations, telles que l'IA classique ou l'« IA basée sur les règles », l'apprentissage automatique, l'apprentissage profond et les modèles d'IA générative. La gamme des technologies d'IA et des produits et services destinés aux individus s'élargit rapidement, et il est plus difficile de choisir parmi les technologies d'IA développées dans différents secteurs, notamment dans les catégories de la vision par ordinateur, du traitement du langage naturel, de la reconnaissance automatique de la parole ou de la planification et de l'ordonnancement automatisés (planification de l'IA). Après avoir sélectionné et délimité les sous-domaines des techniques et technologies d'IA, il convient d'examiner des exemples de systèmes et d'outils d'IA, en veillant autant que possible à faire preuve d'impartialité quant aux marques ou aux produits commerciaux. Comme indiqué au principe 5 du chapitre 2, des mécanismes rigoureux de validation publique devraient être appliqués pour empêcher l'utilisation de systèmes d'IA discriminatoires à l'égard des groupes marginalisés ou susceptibles

de produire des biais liés au genre, aux capacités, au statut socio-économique, à la langue et/ou à la culture. Le principe d'inclusivité doit être respecté lors du choix des outils d'IA.

En outre, les domaines de l'IA qui devraient être définis comme obligatoires et ceux qui peuvent rester facultatifs seront déterminés selon le contexte national, y compris les objectifs et les ambitions des politiques jugées pertinentes et l'état de préparation comme indiqué ci-dessus. L'étendue et la profondeur des connaissances et des compétences en matière d'IA qui sont spécifiques à un domaine doivent être définies en fonction de l'état de préparation et des capacités des cohortes d'élèves et d'étudiants concernés. S'il est impératif que tous les apprenants atteignent les deux premiers niveaux de la perspective centrée sur l'humain, de l'éthique de l'IA et des techniques et applications de l'IA, il est cependant moins nécessaire qu'ils atteignent le troisième niveau, « Créer », en particulier pour la conception de systèmes d'IA. Par conséquent, il pourrait être utile d'envisager une stratégie de mise en œuvre agile ou contextualisée, dans laquelle des matières ou des cours obligatoires et facultatifs seront conçus et proposés aux apprenants pour différentes techniques d'IA et domaines-clefs de la connaissance de l'IA.

En ancrant les compétences en IA à la fois dans une perspective centrée sur l'humain et dans des connaissances et des compétences incarnées et sociales en matière d'éthique, le RCA IA vise à préparer les élèves et les étudiants à collaborer avec des IA tournées vers l'avenir dans toute une série de contextes. La pensée, les connaissances et les compétences systémiques en matière de conception de l'IA visent à favoriser un schéma de connaissances ouvert qui peut aider les apprenants à comprendre, à utiliser et à créer les futures générations de systèmes d'IA. Le RCA IA souligne l'importance des connaissances et des compétences transférables sous l'aspect des techniques et des applications de l'IA qui peuvent aider la majorité des apprenants à être prêts pour les versions futures des outils de l'IA. Bien que des efforts aient été faits pour garantir que ce référentiel curriculaire réponde aux technologies émergentes, de nouveaux outils et de nouvelles innovations apparaîtront après sa publication, et les exemples d'outils et d'activités pourraient alors devenir obsolètes ou dépassés. Le programme d'études lui-même devra inclure un contenu qui pourra être adapté à l'avenir, afin de demeurer pertinent et de résister « à l'épreuve du temps ». D'où la suggestion de concevoir un programme modulaire, dans lequel plusieurs modules basés sur des domaines de l'IA ou sur différents systèmes ou outils d'IA peuvent être développés et recommandés aux établissements d'enseignement locaux.

Une structure modulaire permet de revoir et de mettre à jour le programme de manière plus dynamique, car il n'est pas nécessaire de modifier l'ensemble de ce programme pour ajouter ou supprimer un outil, un concept de domaine ou un autre contenu spécifique. À l'autre extrémité du spectre, la protection de l'avenir peut impliquer que les établissements et les apprenants coconçoivent les programmes d'enseignement de l'IA. Cela signifie qu'il faut encourager l'élaboration de ces programmes au niveau de l'institution et les adaptations contextuelles, réalisées par les enseignants, de domaines ou d'outils spécifiques sélectionnés pour le développement de compétences générales. Pour mettre en œuvre ce référentiel, les concepteurs de programmes doivent tenir compte du dynamisme d'un programme d'enseignement de l'IA et s'efforcer d'adapter le processus d'apprentissage à l'avenir.

5.4 Adapter les séquences curriculaires en spirale en fonction de l'âge

Le RCA sur l'IA implique naturellement un changement de paradigme vers une éducation basée sur les compétences. L'éducation basée sur les compétences vise à passer de modèles de temps fixe et d'apprentissage flexible (impliquant que l'instruction soit achevée dans le cadre d'un programme scolaire fixe, que tous les élèves aient ou non atteint le niveau de maîtrise attendu) à des modèles où le temps est plus flexible et

l'apprentissage fixe (impliquant que des horaires d'apprentissage flexibles sont autorisés afin que tous les apprenants, quelles que soient leurs aptitudes de base, puissent atteindre le niveau de maîtrise attendu). Dans le cadre de l'éducation basée sur les compétences, il est attendu des élèves et des étudiants qu'ils démontrent des connaissances, des aptitudes et des valeurs fondées sur les performances qui constituent les compétences, et ceux qui ne satisfont pas à ces normes minimales bénéficient d'un soutien supplémentaire jusqu'à ce qu'ils y parviennent (Patrick et Sturgis, 2017).

Ce référentiel ne décompose pas la progression de l'apprentissage ou des activités par niveau scolaire, mais se concentre plutôt sur les profils de sortie que, via les systèmes en place, on devrait s'efforcer d'atteindre pour tous les apprenants. Les concepteurs de programmes devront donc s'appuyer sur le référentiel et ses composantes pour créer un modèle d'apprentissage en spirale sur les quatre aspects, permettant aux élèves ou aux étudiants de commencer l'apprentissage de l'IA avec les domaines et le niveau de difficulté qui correspondent à leurs capacités et à l'état de préparation de leurs établissements. Le modèle d'apprentissage en spirale (voir l'exemple de l'encadré 4) devrait permettre un engagement espacé et itératif avec un ensemble de connaissances fondamentales sur l'IA qui encouragera à la fois la récupération de la mémoire et les pratiques mises à jour cycliquement pour approfondir leur compréhension et leurs associations avec des contextes de résolution de problèmes. Cette conception permet de garantir le transfert des informations de la mémoire de travail à la mémoire à long terme, afin de soutenir des gains d'apprentissage durables, mais aussi de permettre aux élèves et aux étudiants d'exploiter les schémas existants pour apprendre de nouvelles connaissances en IA ou d'adapter les compétences d'application afin de résoudre des problèmes dans des contextes variés. À l'inverse, un programme d'études élaboré et dispensé de manière ponctuelle sur une courte période (par exemple des hackathons ou des camps d'entraînement) peut susciter de l'intérêt, mais il est moins susceptible de conduire à une compétence durable en IA.

Le travail des concepteurs de programmes d'études consistera à définir les principaux éléments de l'éthique de l'IA, les connaissances et les compétences fondamentales ainsi que la réflexion sur la conception de systèmes, puis à déterminer les niveaux de difficulté, d'étendue et d'approfondissement appropriés de ces éléments.

Encadré 4. La séquence en spirale des cours de la « Journée de l'IA »

Le programme d'études sur l'IA développé par l'initiative RAISE[11] du MIT, la Journée de l'IA (*Day of AI*), a adopté l'approche de la conception en spirale en regroupant le contenu du programme autour de sujets-clefs tels que « Ce qu'est l'IA, ce que l'IA fait bien et ce qu'elle fait moins bien », « Comment fonctionne l'IA », « Comment une machine apprend » et « Comment une machine crée ». Les élèves et les étudiants de tous âges ont eu l'occasion d'aborder durant tout ce temps des sujets tels que « Qu'est-ce que l'IA ? », tout en étant progressivement exposés à des connaissances et des compétences nouvelles ou améliorées, telles que les algorithmes et la programmation de l'IA, les machines enseignables et l'IA générative. Des sujets transversaux autour de l'éthique, y compris les biais de l'IA, les droits humains, l'interaction entre l'humain et l'IA et les conséquences sociales de l'IA ont été adaptés aux participants de différents âges.

Plus d'information : https://dayofai.org

5.5 Créer des environnements d'apprentissage favorables aux programmes d'IA

Bien que les ressources nécessaires à la mise en œuvre des programmes d'enseignement de l'IA puissent varier en fonction de l'ampleur et de la profondeur des objectifs attendus du programme et de la préparation numérique globale des établissements locaux, un environnement d'apprentissage de base est nécessaire pour répondre aux normes minimales des aspects et des domaines essentiels de l'IA jusqu'au niveau de la maîtrise de base. Selon le rapport de l'UNESCO intitulé *Enseigner l'intelligence artificielle au primaire et au secondaire : une cartographie des programmes validés par les gouvernements* (2022b), la mise en œuvre pour les élèves et les étudiants nécessite les conditions essentielles suivantes, classées par ordre d'importance : formation et soutien des enseignants, ressources pédagogiques sur l'IA, analyse des besoins et recherche en milieu scolaire, infrastructure numérique actualisée dans les écoles et mise à disposition de ressources d'IA, notamment par l'acquisition de matériel et de logiciels mais aussi par l'engagement avec le secteur privé ou le secteur tertiaire pour partager des dispositifs et des systèmes d'IA. Si ces conditions ne sont pas réunies, il est peu probable que le programme d'études soit mis en œuvre comme prévu ou qu'il atteigne les objectifs d'apprentissage et de compétences escomptés. Le rapport mentionne particulièrement des environnements d'apprentissage typiques déployés dans les 11 pays qui en 2022 mettaient en œuvre leurs propres programmes d'enseignement de l'IA de la maternelle à la 12e année.

Encadré 5. Environnement d'apprentissage type mis en place par les programmes d'enseignement de l'IA des gouvernements

- **Matériel et robotique.** Le matériel nécessaire aux programmes d'enseignement de l'IA peut comprendre des ordinateurs, des tablettes, des ordinateurs portables et un accès à l'Internet. Ce ne sont pas tous les programmes d'enseignement de l'IA qui comportent de contenu sur les robots ou la robotique. Lorsque l'apprentissage des robots est nécessaire, les programmes peuvent s'appuyer sur des applications virtuelles gratuites en ligne ou sur des kits abordables localement. Des appareils comme le Raspberry Pi sont utilisés par certains programmes qui demandent aux apprenants de créer des programmes et de les tester à l'aide d'appareils bon marché.

- **Software.** Les systèmes d'exploitation libres Ubuntu[12] sont utilisés par certains programmes d'études comme alternatives moins coûteuses à d'autres systèmes d'exploitation.

- **Langages de programmation.** Les programmes nationaux d'enseignement de l'IA se sont souvent appuyés sur des langages de programmation gratuits tels que HTML, Javascript, Python, Micropython, NumPy, R et Scratch.

- **Outils pour l'apprentissage des techniques d'IA.** Un certain nombre d'outils ont été développés ou rendus accessibles gratuitement pour faciliter la compréhension et permettre l'exploration de concepts complexes et de techniques d'IA : MachineLearningForKids (outil éducatif pour enseigner aux enfants l'apprentissage automatique en leur permettant d'entraîner un ordinateur à reconnaître du texte, des images, des chiffres, des sons ou d'autres données)[13], Teachable Machine (plateforme développée par Google pour entraîner un ordinateur à reconnaître les images, les sons et les poses de l'utilisateur)[14], TensorFlow (plateforme de bout en bout pour l'apprentissage automatique)[15] et Keras (apprentissage profond pour les humains)[16].

Source : UNESCO, 2022*b*

Pour créer des environnements d'apprentissage propices au développement des compétences en IA et à la mise en œuvre d'un programme d'enseignement de l'IA en particulier, les gouvernements devraient s'engager à assurer un accès universel à la connectivité Internet pour tous les établissements et tous les apprenants, y compris au moyen de solutions agiles « en ligne + hors ligne », afin qu'ils puissent compter sur des systèmes d'IA en ligne ou mobiles, des applications personnalisables, des ressources d'apprentissage de base et extensibles, ainsi que des apprenants pairs ou des cocréateurs. L'infrastructure numérique minimale comprend également un nombre assez restreint d'appareils numériques fonctionnant correctement et dotés d'une connectivité de base, ainsi qu'une quantité limitée de logiciels ou d'applications permettant aux apprenants d'acquérir des compétences opérationnelles, de s'exercer à la programmation et d'entraîner des machines virtuelles ou des modèles d'IA.

Lorsque ces conditions essentielles ne sont pas encore réunies, mais que le gouvernement est déterminé à lancer un programme d'études en IA le plus tôt possible, il convient d'envisager d'autres options pour la mise en place d'environnements d'apprentissage propices. En ce qui concerne le RCA IA, la plupart des objectifs des deux premiers aspects, c'est-à-dire la perspective centrée sur l'humain et l'éthique de l'IA, peuvent être abordés, au moins partiellement, au moyen de solutions en ligne et hors ligne, qui sont également définies comme des solutions non connectées. En ce qui concerne les techniques et les applications de l'IA, certaines activités non connectées bien conçues ont été mises à disposition par des établissements d'enseignement supérieur ou à but non lucratif, qui démontrent la connaissance conceptuelle des outils d'IA et la compréhension des techniques d'IA (par exemple, les activités non connectées à l'IA conçues par Everyday AI[17], AI Unplugged[18], ou encore la Société internationale pour la Technologie dans l'éducation[19]). Même dans des contextes d'apprentissage entièrement connectés, les solutions non connectées sont utiles car elles offrent aux apprenants la possibilité de prendre du recul par rapport aux cocons d'information contrôlés par des algorithmes et aux interactions avec des plateformes numériques et de pratiquer une réflexion indépendante et autonome, ce qui est essentiel pour la construction et l'approfondissement progressifs des connaissances conceptuelles sur l'IA.

5.6 Promouvoir la professionnalisation des enseignants d'IA et rationaliser leur soutien

Comme indiqué ci-dessus, les conditions préalables les plus importantes pour la mise en œuvre de programmes d'enseignement de l'IA pour les apprenants sont la formation et le soutien des enseignants, ainsi que la mise à disposition de ressources pédagogiques sur l'IA. Pour atteindre les objectifs définis par le RCA sur l'IA, les enseignants, en particulier ceux qui travaillent dans le domaine des TIC ou de l'IA, devront développer et mettre à jour en permanence leurs connaissances et leurs capacités pédagogiques pour concevoir et animer des activités d'apprentissage sur l'IA adaptées à l'âge des élèves et des étudiants. Les analystes et les stratèges nationaux et institutionnels doivent planifier et déployer une approche intégrée de la réforme des programmes de formation initiale pour préparer des enseignants qualifiés en IA, concevoir et fournir une formation axée sur les compétences et un soutien à long terme aux enseignants en poste dans le domaine des TIC ou de l'IA, ou encore améliorer les compétences des enseignants dans d'autres matières fondamentales, ce afin de favoriser une compétence interdisciplinaire en matière d'IA. L'ensemble de ces programmes de formation et de soutien visent à renforcer les compétences des enseignants chargés d'enseigner l'IA ou de mettre en œuvre le programme national d'enseignement de l'IA, ce qui implique une tendance à la professionnalisation des enseignants en IA. Cette professionnalisation passe par la mise en place de référentiels spécifiques en IA pour les enseignants, ou de mécanismes alternatifs

et plus souples, qui définissent et développent un ensemble de compétences professionnelles permettant d'atteindre pleinement les objectifs du programme d'enseignement de l'IA pour les élèves. Or, les TIC et l'IA étant souvent considérées comme des matières marginales dans les programmes, le statut professionnel des enseignants des TIC et de l'IA n'a jamais été pleinement reconnu. La professionnalisation des enseignants d'IA implique également que l'IA soit classée parmi les matières principales et que les enseignants d'IA bénéficient du même statut professionnel que les enseignants des autres matières principales, leurs heures d'enseignement et leurs performances étant reconnues de la même manière dans les systèmes de gestion du personnel.

Encadré 6. Un cadre de compétences en IA pour les enseignants de l'IA en Chine

En Chine, l'Institut national de l'éducation, l'Université normale de Chine orientale et Tencent ont élaboré un référentiel de compétences pour les enseignants d'IA. Même s'il ne s'agit pas d'un référentiel national de compétences en matière d'IA piloté par le gouvernement, il constitue une indication claire de la professionnalisation des enseignants d'IA. Il définit un ensemble complet de compétences pour les enseignants d'IA, qui englobe six dimensions : la compréhension et la sensibilisation, les connaissances de base, les compétences de base, la capacité à résoudre des problèmes, les pratiques d'enseignement et, pour finir, l'éthique et la sécurité. En conséquence, les enseignants doivent saisir la logique conceptuelle fondamentale de l'IA et son impact sociétal, en appréciant les distinctions entre l'intelligence humaine et l'intelligence de la machine, ainsi que l'importance de la collaboration entre les êtres humains et la machine, dans la perspective des rôles éducatifs de l'IA. Contrairement au référentiel de compétences de l'UNESCO en matière d'IA pour les enseignants, ce référentiel est destiné aux enseignants en IA ; les aspects de la perspective centrée sur l'humain et du développement professionnel ne sont pas abordés, et aucun niveau de progression n'est prévu.

Plus d'information : http://www.jyb.cn/rmtzcg/xwy/wzxw/202203/t20220325_686401.html

Dans les pays où les établissements publics de formation des enseignants n'ont pas les capacités suffisantes pour former les enseignants à l'évolution rapide des technologies de l'IA, les partenariats public-privé pour l'élaboration et la fourniture de programmes d'enseignement de l'IA sont souvent mobilisés : cela permet de tirer parti des ressources humaines et matérielles de l'industrie privée de l'IA ou des ONG, afin de remplacer partiellement ou totalement les programmes d'enseignement de l'IA et les enseignants en TIC ou en IA. Étant donné que ces entreprises et ONG spécialisées dans l'IA ont tout intérêt à renforcer leur présence et leur position dominante dans l'enseignement de l'IA en s'appuyant sur leurs propres marques, cette approche risque d'entraîner la déprofessionnalisation des enseignants en IA du secteur public. Il est recommandé de mobiliser des partenariats public-privé dans le but précis de contribuer à la préparation des enseignants en IA du secteur public et de soutenir leur développement professionnel continu. En outre, les cadres de compétences complets pour les enseignants de l'IA visant à répondre aux besoins de la mise en œuvre du RCA et du programme national d'enseignement de l'IA devraient être utilisés pour définir un ensemble rigoureux de critères permettant de valider si les cours d'IA conçus par l'industrie de l'IA sont dignes de confiance, exempts de préjugés, pertinents pour le développement des compétences en IA et suffisamment indépendants des marques, et si les formateurs suivent le même esprit. Ces référentiels devraient également permettre de vérifier comment les cours d'IA peuvent être intégrés de façon pertinente dans les systèmes de programmes éducatifs afin de compléter et non de remplacer les programmes publics. La responsabilité des établissements publics en matière d'amélioration continue des capacités des enseignants pour l'implémentation de l'IA constitue un élément essentiel de la politique de l'UE.

Pour promouvoir la professionnalisation des enseignants en IA du secteur public, il est également important de respecter l'exigence de mise en œuvre du RCA en tant que référence en vue de rationaliser la formation initiale et continue et le soutien permanent au développement professionnel des enseignants, afin de s'assurer que ces dispositifs sont alignés sur un ensemble de compétences clairement définies et qu'ils se complètent pour soutenir la progression des enseignants tout au long de leur carrière. Une attention particulière devrait être accordée à l'implication, à l'étude et à l'adaptation des initiatives de formation continue pour les enseignants, ainsi qu'au soutien au développement professionnel dans les écoles, en fonction des orientation, des valeurs, des connaissances et des compétences pratiques requises pour déployer le programme national d'enseignement de l'IA.

5.7 Orienter la conception et l'organisation des activités pédagogiques en fonction des cohortes

Le développement des compétences en IA est un ensemble en triple hélice couvrant l'apprentissage social et émotionnel des valeurs et des principes éthiques, la construction autodirigée et collaborative des connaissances conceptuelles sur l'IA, et les compétences pratiques pour appliquer et cocréer des outils d'IA. Une combinaison de méthodes pédagogiques innovantes est nécessaire pour aider les élèves et les étudiants à progresser à travers ces trois hélices relatives aux compétences, à faire le lien entre ce qu'ils savent et ce qu'ils peuvent faire, mais aussi à transférer leurs connaissances et leurs compétences antérieures vers de nouveaux concepts et de nouveaux contextes de résolution de problèmes dans les lieux de travail et les espaces sociaux de l'avenir, riches en IA.

Les innovations pédagogiques adaptées aux particularités des domaines de l'IA et aux capacités diverses des apprenants peuvent être mises en œuvre via la conception et l'organisation d'activités basées sur une cohorte d'élèves ou d'étudiants inscrits à un certain cours d'IA ou partageant un intérêt pour le même domaine de l'IA. Dans cette approche de la conception et de l'organisation de scénarios ou de projets d'apprentissage prenant pour unité la cohorte, une cohorte donnée peut être regroupée à partir de différentes classes et de différents niveaux scolaires. Cette approche ne représente aucune théorie d'apprentissage particulière et implique généralement un large éventail de méthodes pédagogiques et de scénarios d'apprentissage axés sur la pratique, dont des activités interactives, des projets collaboratifs et un soutien par les pairs. Les apprenants créent une communauté de pratique et leur apprentissage suit souvent un programme dans lequel ils partagent les responsabilités, se motivent et s'encadrent mutuellement, tout en travaillant avec leurs enseignants pour obtenir une rétroaction. De cette manière, ils approfondissent leur compréhension et s'attaquent ensemble à des questions difficiles ; ils collaborent à des projets pratiques pour appliquer leurs connaissances et leurs compétences de manière concrète ; ils échangent des points de vue et participent à des débats sur l'impact sociétal et les questions éthiques de l'IA afin de contribuer à la construction sociale.

Lors du choix ou de la conception de méthodes pédagogiques pour la compréhension, l'application et la création de différents aspects du RCA IA, il ne faut pas négliger de prendre en compte les besoins spécifiques au domaine, en matière de pratiques pédagogiques.

- Le développement de valeurs et d'une perspective centrées sur l'être humain repose, par nature, sur des processus d'apprentissage sociaux et émotionnels, et nécessite des prises de position conflictuelles, une construction sociale et des interactions sociales.
- L'apprentissage de l'éthique est un processus de compréhension de principes abstraits et de règles normatives par le biais d'études de cas pratiques, d'évaluations critiques basées sur des scénarios, d'applications contextuelles et d'élaboration collective de règles communes.

- Les techniques et les applications de l'IA représentent un domaine qui allie de manière fluide la construction orientée vers la pratique de connaissances conceptuelles sur l'IA avec une application authentique fondée sur des tâches ; cela nécessite des outils d'IA réels comme base pour la construction de schémas de connaissances sur les techniques et la technologie de l'IA, l'apprentissage par problèmes et des pratiques d'application transférable et de recherche fondée sur des scénarios, ainsi qu'une compréhension approfondie des valeurs et de l'éthique qui sous-tendent les outils d'IA et leurs utilisations.

- La conception de systèmes d'IA simule des projets d'ingénierie réels, impliquant le cycle de vie de la création, de la réalisation et de l'itération de systèmes d'IA afin de mettre en pratique les processus de réflexion de l'ingénierie et de favoriser les compétences intégrées de résolution de problèmes. Elle exige des enseignants qu'ils conçoivent et organisent l'apprentissage par projet pour permettre aux apprenants d'identifier et de délimiter les problèmes qui peuvent et doivent être résolus par l'IA, d'évaluer les besoins en données et de planifier les méthodes de collecte de données, de configurer l'architecture des modèles d'IA et de former les modèles d'IA ou de créer des prototypes, des tests et des itérations de ces modèles.

La compétence en IA étant une structure à triple hélice, des pratiques pédagogiques spécifiques peuvent potentiellement couvrir plusieurs aspects de la compétence en IA au cours d'une leçon ou d'une unité. Les planificateurs de l'enseignement ou les enseignants doivent donc intégrer et utiliser diverses méthodes pédagogiques afin que les apprenants puissent s'intéresser à de multiples aspects de l'apprentissage et de la pratique de l'IA. La recherche et le développement de la technologie et des applications de l'IA dans le monde réel s'appuient souvent sur une conceptualisation intensive et continue des méthodes d'IA et sur une programmation, une configuration et une optimisation itératives. Cette condition préalable au développement de compétences pratiques en IA est validée par l'efficacité des méthodes pédagogiques pratiquées lors des hackathons et des bootcamps utilisant des applications d'IA. Pour améliorer l'efficacité de la pédagogie dans les écoles, il convient ainsi de prévoir des possibilités pour les apprenants de s'impliquer dans des unités de cours ou des activités plus intensives qui s'alignent sur le programme d'études officiel en matière d'IA.

Tout programme national ou institutionnel d'enseignement de l'IA devrait formuler des recommandations ou des orientations sur les méthodes pédagogiques relatives aux principes de la responsabilité partagée et de l'apprentissage par les pairs dans la cohorte cible d'apprenants ainsi que de la spécificité du domaine de l'IA et des résultats d'apprentissage escomptés. Lorsque des méthodes pédagogiques actualisées ou nouvelles sont introduites dans les programmes d'enseignement de l'IA, il convient de mettre à la disposition des enseignants une formation pertinente, des conseils pratiques et des services instantanément réactifs (par exemple, des chatbots en ligne). Des mécanismes d'incitation adaptés au contexte local devraient être prévus et mis en œuvre afin d'examiner, de valider et de reconnaître les pratiques en matière d'essais pilotes et de mise à l'échelle des innovations pédagogiques.

Encadré 7. Méthodes pédagogiques dans le programme du MIT sur l'éthique de l'IA pour les élèves du secondaire

En 2019, Blakeley H. Payne a créé, avec le soutien du MIT Media Lab Personal Robots Group, dirigé par Cynthia Breazea, un programme d'études sur l'éthique de l'IA à l'intention des élèves du secondaire (*An ethics of artificial intelligence curriculum for middle school students*, Payne, 2019). Le programme est conçu pour être exécuté en ligne et/ou hors ligne avec des élèves âgés de 12 à 14 ans qui sont au début de leur parcours d'apprentissage de l'IA. Il vise à améliorer la compréhension que ces élèves ont de l'IA et des relations entre les humains, la technologie et la société. Certaines parties de ce programme ont également été intégrées dans le programme DAILy Curriculum[20] du MIT et dans *How to Train Your Robot : A Middle School AI and Ethics Curriculum*. Les recherches menées sur ce dernier ont démontré qu'un tel programme pouvait être dispensé même par des enseignants possédant une formation limitée en informatique (Williams et al., 2021).

Ce programme d'études illustre une approche centrée sur l'apprenant et fondée sur l'investigation, avec des résultats d'apprentissage qui sont alignés pour permettre un cycle comprenant : l'orientation initiale ou collecte d'informations qui aide les élèves à construire des schémas de connaissances sur un nouveau sujet ; la conceptualisation, où les apprenants commencent à former une hypothèse sur le(s) but(s) de l'IA ; puis l'investigation, dans laquelle ils approfondissent les différentes perspectives, les bénéfices, les valeurs et les risques de l'IA pour différentes populations, en plus de concevoir des solutions potentielles pour les problèmes qui émergent ; enfin, le développement d'un prototype de solution potentielle à l'aide d'une approche basée sur un projet. Tout au long du cours, la discussion et la réflexion sont mises à profit pour approfondir la compréhension et la réflexion sur le problème.

Le programme comprend six objectifs principaux, qui sont poursuivis via différentes activités en ligne ou hors ligne, en fonction du contexte. Le tableau ci-dessous présente les objectifs ainsi que des exemples d'activités pour les enseignants ou d'autres facilitateurs qui peuvent aider à les atteindre.

Résultats de l'apprentissage	Exemples d'activités et bénéfices pédagogiques
Comprendre les mécanismes de base des systèmes d'intelligence artificielle. Ce résultat d'apprentissage comprend des sous-résultats tels que reconnaître les utilisations de l'IA dans la vie quotidienne, comprendre les algorithmes en tant que processus d'entrée, de modification de l'entrée et de sortie, ou encore comprendre l'IA en tant que type spécifique d'algorithme avec un ensemble de données, l'apprentissage et la prédiction.	**Jouer au « Bingo de l'IA » avec les systèmes d'IA.** À l'aide d'une feuille de travail, chaque élève essaie de trouver un autre camarade de classe qui a utilisé ou expérimenté diverses applications d'IA (par exemple, un outil qui suggère des emojis pour remplacer des mots ou une application qui trace un itinéraire pour se rendre à une destination). Ensemble, les deux élèves doivent déterminer l'ensemble de données utilisé et la prédiction faite par chaque type de système d'IA jusqu'à ce que l'un d'entre eux en ait réalisé cinq d'affilée. Il s'agit d'un exemple de gamification, qui peut accroître l'intérêt et la motivation des élèves, et qui est conçu pour favoriser la mémorisation afin de commencer à construire des schémas de connaissances autour des concepts fondamentaux de l'IA.

Résultats de l'apprentissage	Exemples d'activités et bénéfices pédagogiques
	Rédiger un algorithme pour préparer le « meilleur » sandwich au beurre de cacahuète et à la confiture (ou un plat de pâtes, de riz ou de poulet, ou un autre aliment local que les enfants connaissent bien). Cet exercice peut être réalisé individuellement ou en groupe. Le point central de l'activité demande aux élèves de pratiquer la mémorisation en accédant à des connaissances sur ce qu'est un algorithme et comment il est structuré, et d'appliquer ces connaissances à un problème spécifique posé dans un contexte familier. **Identifier en groupe les systèmes d'IA sur la plateforme YouTube.** Dans cette activité de rappel et d'identification, les apprenants se rappellent, réfléchissent et construisent des schémas de connaissances. Dans le cadre de ce programme, cette activité forme des schémas fondamentaux pour la résolution de problèmes en collaboration plus réfléchie et plus créative lors des étapes ultérieures du programme. **Construire un classificateur dans Google Teachable Machine.** Dans cette activité, les apprenants sont invités à construire une IA dans Teachable Machine qui triera des images de chats et de chiens, mais ils disposent d'un ensemble de données biaisé qui ne donne pas de résultats cohérents. Il s'agit d'un exemple d'apprentissage expérientiel facilité, dans lequel les apprenants exploitent une base de connaissances sur l'IA et développent des compétences pratiques par le biais d'une exploration pratique et guidée. Ils doivent réfléchir au résultat de leur travail et déterminer les causes des incohérences (les biais). La conception de confirmation, dans laquelle les apprenants reçoivent une question et une méthodologie pour confirmer un résultat connu, peut être utilisée. À un niveau plus avancé, les élèves sont capables de produire des explications sur leurs résultats.
Comprendre que tous les systèmes techniques sont des systèmes sociotechniques et que les systèmes sociotechniques servent des objectifs politiques et ne sont pas des sources d'information neutres. Les apprenants abordent des concepts tels que les objectifs déclarés et cachés des algorithmes, la partialité algorithmique et agentivité humaine.	**Créer une matrice éthique des parties prenantes et de leurs valeurs investies dans le sandwich au beurre de cacahuète et à la confiture de l'élève (ou d'un autre aliment familier).** Réalisée en groupe ou individuellement, cette activité s'appuie sur des tâches antérieures de rappel/identification en demandant aux élèves de s'engager en amont dans une réflexion et une analyse critique lorsqu'ils identifient les différentes parties prenantes et leurs intérêts et valeurs potentiellement conflictuels. Cela permet aux élèves de développer des connaissances procédurales qui peuvent ensuite être appliquées à des défis plus complexes et même à des problèmes mal définis.

Résultats de l'apprentissage	Exemples d'activités et bénéfices pédagogiques
	En utilisant YouTube comme exemple, les apprenants construisent une matrice éthique autour de l'algorithme de recommandation de YouTube. Cette activité est un exemple d'exercice de pensée critique centré sur les apprenants, qui les pousse à relier l'apprentissage en classe (à la fois la procédure et le contenu) à leurs réalités vécues.
Reconnaître qu'il existe de nombreuses parties prenantes dans un système socio-technique donné et que le système peut affecter ces parties prenantes de différentes manières. Les apprenants identifient les parties prenantes de l'IA et leurs valeurs, ainsi que les objectifs que les systèmes devraient poursuivre pour répondre aux besoins de ces parties prenantes.	**Les apprenants réfléchissent aux parties prenantes d'une série de technologies telles que les réseaux antagonistes génératifs (RAG, GAN en anglais), la reconnaissance émotionnelle et les logiciels de conversion de la parole en texte.** Dans cet exercice, les élèves attestent leur capacité à transposer les connaissances procédurales acquises à partir de l'exemple de la matrice des parties prenantes éthiques pour l'article alimentaire et YouTube à d'autres technologies, ce qui constitue une étape importante dans le développement des compétences de traduction.
Appliquer à la fois la compréhension technique de l'IA et la connaissance des parties prenantes afin de déterminer un objectif juste pour un système sociotechnique.	**Les élèves réfléchissent ensemble et redéfinissent l'algorithme de YouTube pour atteindre de nouveaux objectifs. Ils identifient les ensembles de données et les caractéristiques de conception nécessaires pour refléter les nouveaux objectifs qu'ils ont fixés.** Cette approche d'apprentissage en groupe fondée sur un projet s'appuie sur les principes constructivistes ainsi que sur les connaissances techniques acquises jusqu'alors dans le cadre du cours, afin de travailler sur les premières étapes d'un processus de réflexion sur la conception (jusqu'au stade du prototype) et de cocréer une solution à, dans ce cas, un problème donné de création d'un profil éthique différent pour les parties prenantes de YouTube. Le partage des conceptions facilite le coapprentissage et la réflexion parmi les groupes, et un deuxième cycle d'itération peut être utilisé pour donner aux apprenants l'occasion d'exploiter le retour d'information (feedback) ou les connaissances acquises par leurs pairs.
Considérer l'impact de la technologie sur le monde.	**Les élèves interagissent avec différentes technologies et répondent à des demandes de rédaction créative et/ou de discussion, en réfléchissant à leurs conséquences directes et à plus large échelle.** En plus de suivre une approche d'enquête et de tirer parti de la pensée conceptuelle pour un apprentissage fondé sur des projets, le programme cherche à impliquer les apprenants de manière expérimentale dans une gamme de technologies de l'IA, et à encourager le débat, la discussion et la réflexion sur les interactions entre la technologie, les personnes qui l'utilisent, la société au sens large du terme et l'environnement.

Source : Adapté de Payne, B. H. 2019. Disponible sous CC BY-NC 4.0

5.8 Construire des évaluations basées sur les compétences concernant la progression des aspects-clefs en IA

L'évaluation des compétences des apprenants en IA nécessite naturellement d'utiliser des évaluations basées sur les compétences, qui doivent être adaptées à la spécificité et à l'intégration des multiples aspects de l'IA. Des méthodes et des instruments conçus pour soutenir ces évaluations sont essentiels pour identifier le point de départ des apprenants, mesurer leur niveau de maîtrise des aspects-clefs de l'IA et fournir des références pour évaluer l'efficacité des pratiques d'enseignement et la mise en œuvre globale du programme d'études en IA. Toutefois, peu de tentatives ont été faites pour créer ou développer ce type d'instruments permettant d'évaluer les compétences globales en IA à plusieurs niveaux de progression. Par conséquent, la mise en œuvre du RCA ou du programme local d'enseignement de l'IA doit inclure l'élaboration d'un système d'évaluation basé sur les compétences qui englobe le but et les objectifs, des tâches réelles et des méthodes, des normes ou des indicateurs de référence, ainsi que des critères pertinents dans le domaine, associés à une échelle de notation correspondante.

Élaborer des évaluations critériées pour mesurer la maîtrise des compétences en IA

L'objectif premier des évaluations fondées sur les compétences est de mesurer le niveau de maîtrise des apprenants par rapport à des normes prédéfinies ou à des cadres de référence, ce qui implique l'utilisation d'évaluations basées sur des critères. Comme indiqué ci-dessus, l'éducation basée sur les compétences vise à aider tous les apprenants à atteindre le niveau minimum de maîtrise des compétences, c'est-à-dire les résultats d'apprentissage fixés mais avec des calendriers plus souples. Dans le cadre de ces modèles, les élèves et étudiants qui ne satisfont pas aux normes minimales dans un certain délai devraient bénéficier d'un soutien supplémentaire jusqu'à ce qu'ils puissent atteindre ces normes. Pour soutenir cet objectif, un ensemble de critères de référence devrait être défini, afin de diagnostiquer les niveaux de maîtrise des apprenants par rapport aux normes prédéfinies, et pour recommander des expériences d'apprentissage supplémentaires. Dans le contexte de la conception et de l'organisation d'activités pédagogiques prenant pour unité la cohorte, l'évaluation ipsative critériée d'un seul apprenant ou d'une cohorte-cible devrait être mise en œuvre pour diagnostiquer les écarts entre le niveau de maîtrise et la norme minimale, ainsi que les performances progressives dans le temps. Si l'évaluation ipsative de l'apprentissage peut aider à adapter les expériences personnalisées des apprenants, l'accent mis sur le critère de référence peut empêcher la perte de la réalisation ciblée des compétences en IA. Cette approche peut être étendue à l'auto-évaluation des apprenants et à la définition d'objectifs personnels dans le cadre du programme curriculaire.

Le RCA interprète les compétences en IA en résultats d'apprentissage mesurables et décrit les performances comportementales attendues à la sortie pour chaque bloc de compétences. Ces résultats peuvent servir de base à l'élaboration de normes de référence prédéfinies, par rapport auxquelles un référentiel d'éléments d'évaluation critériés peut être créé pour mesurer le niveau de maîtrise de la cohorte d'apprenants, y compris, plus spécifiquement, les aspects, domaines ou sujets spécifiques qu'ils ont maîtrisés et tous les domaines nécessitant une amélioration.

Les évaluations référencées par des normes, qui comparent chaque apprenant individuel au reste de la cohorte dans le même cours, ne constituent pas l'objectif principal des évaluations basées sur les compétences dans le programme d'enseignement d'IA. Toutefois, les agences nationales ou institutionnelles chargées des programmes d'enseignement en IA peuvent envisager d'établir un ensemble de normes ajustées de manière dynamique pour le développement des compétences des

apprenants dans certains aspects ou domaines-clefs de l'IA, grâce à un suivi à long terme de leurs performances. Les évaluations référencées par des normes peuvent également fournir une vue d'ensemble des capacités d'un apprenant par rapport à ses pairs, ainsi qu'une analyse comparative des compétences des apprenants locaux par rapport aux apprenants du même âge dans d'autres pays. La moyenne de la norme devrait être mesurée par rapport aux normes prédéfinies des compétences en IA afin de vérifier si les résultats d'apprentissage de la majorité des apprenants dépassent, atteignent ou sont inférieurs aux normes minimales. Enfin, les performances des différents groupes d'apprenants par rapport aux normes devraient être ventilées et analysées en fonction de l'âge, du genre ou de l'origine démographique, afin d'aider à fournir des indications pour les politiques ou les stratégies qui permettent un soutien correctif ou supplémentaire pour les apprenants qui sont désavantagés dans l'apprentissage de l'IA.

Adapter les scénarios de performance pour évaluer les performances manifestes et les compétences latentes

La technologie de l'IA est conçue pour résoudre des problèmes du monde réel, et sa nature axée sur la pratique nécessite l'utilisation de scénarios du monde réel et de tâches authentiques pour mesurer la performance des apprenants dans le développement de leur perspective centrée sur l'humain, de leurs principes éthiques, de leurs compétences et de leurs connaissances, et pour valider au point de vue psychométrique le développement par les apprenants de multiples aspects de l'IA. L'évaluation basée sur les compétences devrait exploiter pleinement les tâches montrant les performances comportementales mesurables ou manifestes des apprenants (ce qu'ils sont capables de faire), c'est-à-dire ce qui est souvent appelé « évaluation basée sur les performances ». Toutefois, pour répondre pleinement aux besoins d'évaluation des comportements observables et des compétences latentes impliquant l'approche centrée sur l'humain et l'éthique, garantissant aussi la transférabilité des connaissances conceptuelles, l'adaptabilité des compétences pratiques ainsi que la créativité dans la conception de systèmes d'IA, les objectifs et les méthodes d'évaluation des performances devraient être adaptés comme indiqué ci-dessous.

- **Évaluer à la fois les performances observables et les compétences latentes.** Passer de la pure évaluation des comportements observables (ce que les apprenants font déjà) aux tests psychométriques ou à la validation du schéma de connaissances latentes des apprenants sur les techniques d'IA et les capacités d'application (ce qu'ils peuvent potentiellement faire), la pensée critique centrée sur l'humain et l'évaluation éthique, ainsi que la sélection des outils d'IA pour servir des objectifs spécifiques (comment ils appliquent l'éthique à leur utilisation de l'IA).

- **Passer de l'évaluation de l'apprentissage par cœur à l'évaluation de la transférabilité, de l'adaptabilité et de la créativité.** Les méthodes d'évaluation devraient passer de la mesure d'opérations fixes et répétitives à la conception et à l'utilisation de tâches variées pour évaluer la manière dont les apprenants peuvent transférer des connaissances et des compétences d'un contexte à l'autre (comment les apprenants peuvent transférer des connaissances et des compétences) et s'adapter à des situations inédites. Les méthodes devraient également évoluer (comment les apprenants peuvent s'adapter) ; passer d'une focalisation limitée sur la maîtrise d'utilisation des outils d'IA existants à la manière dont les apprenants peuvent évaluer de manière critique les outils existants et concevoir en collaboration ou cocréer de nouveaux outils d'IA (ce que les apprenants peuvent cocréer).

- **Équilibrer entre évaluations des compétences en IA spécifiques à un domaine et intégratives.** En s'appuyant sur les évaluations de la représentation mentale, de la compréhension et des pratiques de l'éthique, des connaissances et des compétences spécifiques à un domaine, concevoir et utiliser des tests authentiques basés sur des projets pour évaluer les compétences complètes des apprenants à mélanger et intégrer les principes éthiques, les connaissances et les compétences en IA, ainsi que la pensée computationnelle et technique dans le but d'évaluer de manière critique les outils d'IA, reconcevoir des algorithmes ou cocréer des systèmes d'IA. Ces évaluations par projet de la manière dont les apprenants peuvent intégrer les compétences en IA pour résoudre des problèmes exigent de la part des concepteurs de programmes ou des enseignants qu'ils conçoivent des tâches ouvertes et authentiques ; l'étendue des compétences requises doit être adaptée aux différents niveaux de progression, et des échelles de notation appropriées doivent être conçues pour refléter la mesure des compétences ouvertes et multicouches.

- **Configurer des tâches d'évaluation authentiques et des barèmes de notation pour les compétences en IA.** La conception des éléments d'évaluation peut être encadrée par les spécifications détaillées pour chaque bloc de compétences (voir chapitre 4). La configuration des tâches d'évaluation, les méthodes d'administration de l'évaluation et les formats des réponses doivent être alignés sur les exigences de chaque domaine (perspective centrée sur l'humain, éthique, connaissance conceptuelle de l'IA, compétences opérationnelles en matière d'IA et conception globale de systèmes d'IA). Cela signifie que les tâches d'évaluation spécifiques doivent être adaptées en fonction des performances cognitives et comportementales susceptibles de valider, d'un point de vue psychométrique, la maîtrise des compétences des niveaux « Comprendre », « Appliquer » et « Créer ». Pour le niveau « Comprendre », les tâches peuvent se concentrer plutôt sur la compréhension des concepts et des principes éthiques qui sous-tendent la performance, et moins sur les compétences pratiques concrètes, tandis que les tâches au niveau« Appliquer » peuvent se concentrer sur les compétences pratiques fondées sur les problèmes et la capacité d'adaptation à la variation des tâches. Quant au niveau « Créer », les tâches de mesure peuvent être notamment axées sur la synthèse et la programmation algorithmique dans la conceptualisation de nouvelles idées, la conception de prototypes virtuels ou physiques de nouveaux outils ou systèmes d'IA, les connaissances et les compétences pour tester et optimiser les modèles d'IA, les compétences informatiques globales et l'ingénierie démontrées dans la cocréation de l'IA, ainsi que la perspective centrée sur l'humain et les principes éthiques sous-jacents à la conception et aux tests.

Une liste non exhaustive d'exemples d'éléments d'évaluation est fournie dans le **tableau 5** afin de suggérer des configurations d'instruments d'évaluation qui couvrent tous les sujets et niveaux de progression du programme local.

1. Une perspective centrée sur l'humain
1.1 Prise de position basée sur les conflits
1.2 Évaluation critique basée sur les conflits
1.3 Actions sociales basées sur les conflits

2. L'éthique de l'IA
2.1 Orientation des valeurs éthiques sur la base de scénarios
2.2 Comportements éthiques basés sur des scénarios
2.3 Élaboration de règles sur la base de scénarios

3. Les techniques et applications de l'IA
3.1 Connaissances et compréhension de l'IA basées sur des problèmes
3.2 Connaissances conceptuelles basées sur les outils et opérations transférables
3.3 Conception d'outils basée sur les tâches

4. La conception de systèmes d'IA
4.1 Réflexion conceptuelle dans le cadre d'un projet
4.2 Configuration d'un système dans le cadre d'un projet
4.3 Itération dans le cadre d'un projet

Les trois formes d'évaluation dans le cadre de la conception de systèmes d'IA sont basées sur l'environnement virtuel de Teachable Machine et un projet de simulation sur la conception, l'entraînement, les tests et l'optimisation d'un système d'IA. Le projet devrait être défini autour de thèmes liés aux besoins réels de promotion de l'inclusion sociale et d'utilisation de données sur les langues locales ou les caractéristiques culturelles lors de l'entraînement des modèles d'IA. L'un des aspects essentiels de la compétence intégrée en matière d'IA est la capacité globale d'itérer les systèmes d'IA sur la base du retour d'information ou de la rétroaction ; par conséquent, les méthodes traditionnelles, par exemple les tests sur papier, devraient être élargies pour inclure des mesures permettant d'évaluer la capacité d'un apprenant à mener une conceptualisation technologique et à créer des prototypes et des processus d'amélioration, ainsi que l'expertise technique dont il fait preuve dans les projets.

Tableau 5. Exemples de tâches d'évaluation

ASPECTS LIÉS AUX COMPÉTENCES	NIVEAUX DE PROGRESSION		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
Perspective centrée sur l'humain	**1.1 Prise de position basée sur les conflits** **1.1** Prise de position basée sur les conflits **1.1.0** Un test intégral sur papier et/ou sur ordinateur portant sur les principaux points de l'« agentivité humaine » **1.1.1** L'IA peut-elle être utilisée pour soutenir les décisions humaines sur les valeurs et les questions sociales ? Citez une faiblesse des technologies actuelles de l'IA dans l'aide à la prise de décision en matière de valeurs, de questions sociales et de réactions émotionnelles personnelles. **1.1.2** Que se passera-t-il si les êtres humains ne prennent pas leurs responsabilités dans la conceptualisation et la conception des systèmes d'IA ? **1.1.3** L'action de la machine deviendra-t-elle plus forte que celle de l'humanité et prendra-t-elle de plus en plus d'importance ? Justifiez votre opinion.	**1.2 Évaluation critique basée sur les conflits** **1.2.0** Un test intégral sur papier et/ou sur ordinateur portant sur les principaux points de la « responsabilité humaine ». **1.2.1** Les médias ont annoncé que l'intelligence artificielle générale arriverait d'ici 2030 et surpasserait les humains dans presque tous les domaines, tandis que certains experts en IA ont déclaré que l'intelligence artificielle générale (IAG) ne verrait peut-être jamais le jour. Qui a raison ? Évaluez si certains reportages des médias sur l'IA vont au-delà des capacités réelles des technologies de l'IA. **1.2.2** À l'avenir, tous les comptes rendus de réunions quotidiennes et les rapports administratifs seront-ils rédigés par l'IA ? La prochaine génération d'élèves et d'étudiants devra-t-elle encore apprendre à synthétiser des documents et à rédiger des rapports ? Évaluez si un problème particulier de la vie ou de l'apprentissage d'une matière peut et/ou doit être résolu à l'aide de méthodes d'IA.	**1.3 Interactions sociales basées sur les conflits** **1.3.0** Test intégral sur papier et/ou sur ordinateur portant sur les principaux points de la « responsabilité sociale » **1.3.1** L'IA aidera-t-elle un jour les êtres humains à éliminer les facteurs du changement climatique et à protéger le bien-être de la planète ? Les sociétés humaines doivent-elles mobiliser toutes les ressources pour former de manière illimitée des modèles d'IA ? Ou bien la formation de modèles d'IA a-t-elle eu des effets irréversibles sur le changement climatique ? Analysez comment certains systèmes d'IA peuvent affecter les environnements et le changement climatique, et comment leurs méthodes pourraient être optimisées. **1.3.2** L'IA deviendra-t-elle un collaborateur indispensable et digne de confiance des êtres humains ou menacera-t-elle la sécurité, l'inclusion, l'équité, la justice et d'autres normes sociales des sociétés humaines ? Réfléchissez de manière critique à l'impact potentiel de l'IA sur les sociétés humaines. **1.3.3** L'IA créera-t-elle des emplois pour tous les groupes de personnes de manière égale ou le déploiement de l'IA entraînera-t-il davantage d'inégalités dans le développement économique en relation avec les marchés mondiaux et votre contexte local ? Évaluez de manière critique les raisons pour lesquelles l'IA est devenue de plus en plus importante et comment elle peut affecter votre économie locale et votre marché de l'emploi. **1.3.4** Les entreprises spécialisées dans l'IA ont affirmé qu'elles développaient des outils d'IA pour tous. L'IA renforcera-t-elle ou menacera-t-elle l'inclusion et l'équité ? Évaluez de manière critique les implications de l'adoption à grande échelle de l'IA pour l'inclusion et l'équité dans votre contexte local.

ASPECTS LIÉS AUX COMPÉTENCES	NIVEAUX DE PROGRESSION		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
Éthique de l'IA	**2.1 Orientation des valeurs éthiques sur la base de scénarios** **2.1.0** Un test intégral sur papier et/ou sur ordinateur portant sur les principaux points des « principes éthiques ». **2.1.1** Vous n'avez jamais donné votre consentement à l'utilisation de vos données personnelles pour former des modèles d'IA. Vos données personnelles sont-elles protégées et en sécurité ? Décrivez comment des données personnelles en ligne ont été collectées et utilisées sans consentement. **2.1.2** Vous n'avez saisi vos données personnelles que pour demander à un système d'IA générative « digne de confiance » de vous aider à rédiger une lettre de recommandation. Pouvez-vous être sûr que vos données privées ne seront pas divulguées ? Décrivez comment des données personnelles sensibles peuvent être collectées par le biais d'invites ou d'interactions avec des systèmes d'IA. **2.1.3** Les plateformes de partage de vidéos telles que YouTube et TikTok semblent capables de comprendre le type de vidéos que les utilisateurs peuvent aimer et de recommander des vidéos qui les intéresseront. Identifiez les problèmes éthiques liés aux algorithmes de recommandation de vidéos utilisés par les plateformes vidéo.	**2.2 Comportements éthiques basés sur des scénarios** **2.2.0** Un test intégral sur papier et/ou sur ordinateur portant sur les principaux points de « l'utilisation sûre et responsable ». **2.2.1** Expliquez pourquoi la sécurité des données doit être prise en compte lors du développement et de l'utilisation d'applications d'IA. **2.2.2** Si nous voulons bénéficier des services utiles offerts par un système d'IA, est-il nécessaire de renoncer à une partie de notre vie privée pour en profiter ? Expliquez pourquoi la confidentialité des données doit être prise en compte lors du développement et de l'utilisation d'applications d'IA. **2.2.3** « J'ai essayé de nombreuses plateformes d'IA et elles m'ont toujours fourni des services dépassant mes attentes ; je n'ai donc pas besoin qu'on m'explique comment fonctionnent ces modèles d'IA ». Évaluez cette affirmation et décrivez le concept d'IA explicable. **2.2.4** « J'ai utilisé la photo d'un de mes amis pour générer une vidéo à l'aide d'un outil d'IA générative et elle semble très réelle, et je l'ai mise en ligne pour m'amuser ; j'ai utilisé un système d'IA générative pour rédiger des essais basés sur mes générateurs d'invites et je les ai publiés en mon nom ». Évaluez l'une de ces déclarations ou les deux et décrivez les problèmes juridiques potentiels qui peuvent survenir lorsque vous utilisez du contenu généré par l'IA ou que vous le revendiquez comme « votre » travail.	**2.3 Élaboration de règles sur la base de scénarios** **2.3.0** Un test intégral sur papier et/ou sur ordinateur portant sur les principaux points de la « cocréation de règles éthiques » **2.3.1** Votre pays ou votre école (district) a-t-il élaboré des réglementations sur l'utilisation de l'IA (ou de l'IA générative) ? Dans l'affirmative, procédez à une évaluation critique des réglementations au regard des principes fondamentaux de la recommandation de l'UNESCO sur l'éthique de l'IA et/ou de la loi européenne sur l'IA. Dans la négative, élaborez une proposition visant à justifier la nécessité d'une réglementation et soulignez les principaux points qu'elle devrait couvrir. **2.3.2** Cocréez des conseils éthiques pour vous-même et vos pairs sur l'utilisation de plateformes de recommandation vidéo ou de systèmes d'IA génératifs. **2.3.3** Cocréez un ensemble de règles éthiques pour l'utilisation sécuritaire et responsable de l'IA dans vos écoles et votre foyer de vie. **2.3.4** Cocréez des règles de régulation pour la technologie de l'interface cerveau-ordinateur (en anglais *brain computer interface, BCI*).

ASPECTS LIÉS AUX COMPÉTENCES	NIVEAUX DE PROGRESSION		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
Techniques et applications de l'IA	**3.1 Connaissances et compréhension de l'IA basée sur des problèmes** **3.1.0** Examen basé sur les compétences ou sur des critères concernant les connaissances conceptuelles-clefs sur l'IA. **3.1.1** Décrivez ou illustrez (à l'aide d'outils) ce qu'est l'IA et ce qu'elle n'est pas ; ou illustrez avec des outils personnels, scolaires ou publics qui s'appuient sur l'IA. **3.1.2** Expliquez la différence entre l'IA forte et l'IA faible (strong AI et weak AI) **3.1.3** Décrivez le concept de base des mégadonnées (big data) ; donnez quelques exemples d'utilisation abusive de ces données massives. **3.1.4** Expliquez comment les modèles d'apprentissage automatique sont entraînés, testés et optimisés ; expliquez pourquoi les données jouent un rôle important dans l'entraînement, le développement et les itérations ultérieures d'un modèle d'IA. **3.1.5** Expliquez le lien entre l'apprentissage profond et l'apprentissage automatique. **3.1.6** Définir le terme « réseau neuronal artificiel » (ou d'autres concepts-clefs applicables au niveau « Comprendre »)	**3.2 Connaissances conceptuelles basées sur les outils et opérations transférables** **3.2.0** Examen informatisé, basé sur des critères, portant sur la fluidité, la transférabilité et l'adaptabilité des compétences opérationnelles en matière de données, d'algorithmes et de programmation. **3.2.1** Exemples d'applications utilisant l'un des éléments suivants : traitement du langage naturel, vision par ordinateur, reconnaissance vocale, reconnaissance d'images, systèmes d'agents autonomes, détection des émotions, prédiction basée sur des données ou IA générative. **3.2.2** Expliquez le fonctionnement de base de l'apprentissage supervisé, de l'apprentissage non supervisé et de l'apprentissage par renforcement. **3.2.3** Donnez des exemples d'algorithmes d'IA typiques dans les catégories de l'apprentissage supervisé, de l'apprentissage non supervisé et de l'apprentissage par renforcement ; donnez des exemples d'outils qui utilisent certains de ces algorithmes typiques. **3.2.4** Expliquez quels algorithmes d'IA sont utilisés et intégrés par un système d'IA génératif donné. **3.2.5** Donnez un exemple de deux ou trois ensembles de données et bibliothèques d'algorithmes d'IA à source ouverte ; expliquez les bénéfices et les limites des jeux de données libres et des bibliothèques d'algorithmes en libre accès.	**3.3 Conception d'outils basés sur des tâches** **3.3.0** Travail individuel ou en groupe sur ordinateur pour adapter une ou plusieurs boîtes à outils d'IA existantes afin de créer un outil d'IA basé sur des tâches. **3.3.1** Expliquer comment les capteurs, les logiciels d'exploration et d'autres outils sont utilisés par les chercheurs et les concepteurs en IA pour collecter des données qui peuvent être utilisées pour former des modèles d'IA. **3.3.2** Expliquer et/ou démontrer par la pratique comment trouver et réutiliser des ensembles de données et des bibliothèques d'algorithmes d'IA en libre accès ; évaluer les bénéfices et les risques par rapport aux options d'IA des entreprises propriétaires. **3.3.3** Élaborez un plan de conception et de développement d'un outil d'IA basé sur des tâches afin de répondre à des besoins réels dans le contexte local et au-delà. Le plan doit couvrir les critères suivants à un niveau adapté à l'âge des participants : analyse critique des outils d'IA existants, évaluation du besoin de données, méthodes de collecte et de traitement des données, algorithmes d'IA et langages de programmation appropriés, outils ou systèmes d'IA en libre accès pouvant être personnalisés ou affinés, et paramètres pour le test des outils d'IA.

ASPECTS LIÉS AUX COMPÉTENCES	NIVEAUX DE PROGRESSION		
	Comprendre	**Appliquer**	**Créer**
Conception des systèmes d'IA	**4.1 Réflexion conceptuelle dans le cadre d'un projet** **4.1.0** Tests simulés sur la définition des problèmes pour la conception de systèmes d'IA. Demander aux élèves et aux étudiants de produire un rapport et/ou un exposé oral sur la définition du problème ou sur une proposition de projet. Le rapport peut être évalué en fonction des critères suivants : les raisons pour lesquelles l'IA devrait être utilisée pour le problème, sur la base d'une liste de contrôle ; ou l'énoncé du problème, y compris les principales exigences ou caractéristiques des systèmes d'IA, telles que les algorithmes, les jeux de données et les fonctionnalités. **4.1.1** Expliquez pourquoi un défi spécifique du monde réel (donné par les enseignants) ne devrait pas être résolu par un outil d'IA. **4.1.2** Test informatisé sur les techniques de prétraitement des données, à partir de jeux de données libres, y compris l'ajustement de l'augmentation des données, le traitement des valeurs aberrantes, l'analyse de l'asymétrie ou du déséquilibre des jeux de données, l'entraînement du modèle sur la base de jeux de données modifiés et l'observation de la manière dont le prétraitement des données affecte les performances du modèle par rapport à l'ensemble de données en question.	**4.2 Configuration d'un système dans le cadre d'un projet** **4.2.0** Tests informatisés sur la configuration architecturale de l'IA. L'opération simulée peut être évaluée à l'aide des critères suivants : évaluation et sélection des cadres pour les architectures d'IA ; évaluation et choix des solutions pour les couches et les composants de l'architecture d'IA ; configuration d'un prototype d'architecture ; présentation de la configuration. **4.2.1** Expliquez comment les jeux de données et les bibliothèques de programmation d'IA en libre accès peuvent être exploités pour construire un système d'IA, y compris les plateformes informatiques en nuage ou les systèmes d'exploitation accessibles localement, ainsi que les logiciels nécessaires à l'apprentissage des modèles d'apprentissage automatique. **4.2.2** Expliquez quels critères doivent être pris en compte pour optimiser l'efficacité et minimiser le gaspillage des ressources informatiques lors de la configuration de l'architecture de l'IA. **4.2.3** Calculez la consommation de ressources informatiques du modèle d'IA sélectionné et concevez des stratégies pour améliorer l'efficacité des méthodes d'IA afin de réduire son impact sur l'environnement.	**4.3 Itération dans le cadre d'un projet** **4.3.0** Optimisation simulée par ordinateur d'un modèle d'IA simple, y compris l'optimisation opérationnelle des jeux de données, des algorithmes et de l'ajustement des paramètres, et la conception de fonctionnalités et d'interfaces ; et/ou reconfiguration des architectures, y compris la modification de la définition du problème. **4.3.1** Concevez un ensemble de mesures pour le test de performance d'un système d'IA exemplaire. Expliquez quelles mesures peuvent être conçues ou adaptées pour soutenir la mesure des performances du système et pour recueillir les commentaires des utilisateurs finaux sur les implications sociétales et l'impact environnemental. Fournissez un exemple d'outils à code source ouvert permettant de réaliser des tests de performance d'un système d'IA et d'en rendre compte. **4.3.2** Rédigez un rapport expliquant quelle décision doit être prise concernant un système d'IA et pourquoi, sur la base des résultats des tests de performance simulés et du retour d'information des utilisateurs. Incluez des explications sur les décisions d'optimisation, de reconfiguration et d'arrêt du système ; présentez le plan d'optimisation ou de reconfiguration, ou les stratégies d'atténuation si le système d'IA est susceptible de causer des dommages. **4.3.3** Donnez un exemple de communautés en ligne de cocréateurs d'IA accessibles localement ; expliquez ce qu'un élève ou un étudiant peut faire dans ces communautés.

Il convient de concevoir, de tester et d'optimiser des formats souples d'évaluations concrètes et les échelles de notation correspondantes qui s'adaptent avec justesse aux différents éléments et objectifs de l'évaluation. Il peut s'agir d'évaluations formatives et d'évaluations par les pairs sous la forme d'essais requérant une réflexion, de présentations orales ou de rapports sur les tests d'outils d'IA effectués par les utilisateurs ; il peut aussi s'agir d'examens sommatifs sur papier et/ou par le biais d'une conception informatisée ou non connectée, y compris des prototypes d'outils d'IA ou des dessins d'algorithmes, des essais sur des études de cas concernant les questions éthiques de l'IA, des rapports techniques sur la conception et le développement d'outils ou de systèmes d'IA, la mise au point ou l'entraînement simulé de modèles d'IA, mais aussi l'assemblage ou la création de matériel informatique.

Ce large éventail de méthodes concrètes devrait être examiné de manière nuancée en fonction des besoins spécifiques des différents aspects et être intégré avec souplesse dans la mise en œuvre du RCA sur l'IA. L'utilisation d'outils d'IA pour les évaluations apparaît également comme une nouvelle méthode d'évaluation supplémentaire, par exemple l'automatisation de la collecte de données sur les processus d'apprentissage et la maîtrise formative directement auprès des apprenants ou des systèmes de gestion de l'apprentissage, la personnalisation des évaluations pour les apprenants en fonction de leurs capacités ou de leur contexte linguistique et culturel, ou la facilitation de la prise de décision des enseignants en matière de stratégies d'enseignement. Les possibilités offertes par l'IA pour améliorer les évaluations doivent être examinées de manière dynamique et exploitées correctement ; il est également essentiel d'examiner et de réglementer (i) les questions éthiques concernant la collecte et l'utilisation des données des apprenants ; (ii) les risques liés à l'utilisation des recommandations et des prédictions de l'IA dans les évaluations, en particulier celles dont les enjeux sont élevés ; (iii) la réduction de l'influence des enseignants dans les évaluations, en particulier les possibilités pour les enseignants d'obtenir des informations à partir de l'analyse des processus d'apprentissage.

Conclusion

Le *Référentiel de compétences en IA pour les apprenants* présente un programme orienté vers l'action qui repose sur trois hypothèses fondamentales concernant le rôle de l'éducation face à l'adoption généralisée de l'IA dans le monde d'aujourd'hui. La première est que le secteur de l'éducation, plutôt que de se contenter de s'adapter aux systèmes et outils d'IA, doit être proactif et développer les compétences requises pour façonner une IA éthique et respectueuse de l'environnement. La deuxième hypothèse est que les élèves et les étudiants doivent être dotés des compétences nécessaires pour agir en tant qu'utilisateurs critiques et responsables et cocréateurs de l'IA, mais aussi en tant que leaders dans la définition et la conception de la prochaine génération de technologies d'IA. La troisième hypothèse est que les compétences des apprenants en matière d'IA doivent être construites autour de la convergence d'une perspective et d'attitudes centrées sur l'humain, d'une éthique intériorisée de l'IA, de connaissances et de compétences conceptuelles transférables en matière d'IA, ainsi que d'une réflexion prospective relative à la conception de systèmes d'IA. Dans la mesure où le développement des compétences en IA va bien au-delà des simples compétences techniques associées à l'apprentissage de la programmation informatique ou à l'utilisation d'outils d'IA, l'intégration de l'apprentissage lié à l'IA requiert une approche interdisciplinaire des programmes d'études couvrant les matières liées aux sciences, à la technologie, à l'ingénierie, à l'art et aux mathématiques, ainsi qu'aux sciences sociales et à l'éducation à la citoyenneté.

Ce référentiel de compétences en IA pour les apprenants est la première tentative ayant pour objectif de fournir un plan d'ensemble en vue de piloter une intégration de l'apprentissage lié à l'IA dans les programmes curriculaires qui soit centrée sur l'humain. S'appuyant sur une expertise et des consultations au niveau international, le document sert de référence globale à décliner dans divers contextes éducatifs locaux. Ce n'est qu'en adaptant et en testant le référentiel parmi les enseignants et les formateurs d'enseignants dans divers contextes, et en mettant en évidence les enseignements tirés de leur pratique contextualisée, que le cadre global peut être affiné. En tant que tel, le référentiel est un document évolutif qui devra être revu en permanence sur la base de l'analyse des pratiques dans des contextes très divers, ainsi qu'en réponse aux nouvelles itérations des technologies de l'IA qui vont émerger.

Références

IEA. 2022. *World Energy Statistics and Balances*. Paris, International Energy Agency (IEA). Disponible à : https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-statistics-and-balances (dernière consultation le 26 juillet 2024)

—. 2024. *Electricity 2024*. Paris, International Energy Agency (IEA). Disponible à : https://www.iea.org/reports/electricity-2024 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

Ministère de la Science et des TIC, République de Corée. 2019. "IT 강국을 넘어 AI 강국으로!" 범정부 역량을 결집하여 AI 시대 미래 비전과 전략을 담은 'AI 국가전략 발표 [*"Beyond an IT powerhouse, to an AI powerhouse!" Announcement of the 'AI National Strategy' containing the vision and strategy for the future of the AI era by consolidating the capabilities of the entire government*]. Sejong-si, Ministère de la Science et des TIC, République de Corée (en coréen). Disponible à : https://doc.msit.go.kr/SynapDocViewServer/viewer/doc.html?key=3035e1e0a5df4f1a9395b5284512a908 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

Patrick, S. et Sturgis, C. 2017. *An Introduction to the National Summit on K-12 Competency-Based Education*. 2017. Arlington, Aurora Institute. Disponible à : https://aurora-institute.org/wp-content/uploads/CompetencyWorks-AnIntroductionToTheNationalSummitOnK12CompetencyBasedEducation.pdf (dernière consultation le 26 juillet 2024)

Payne, B. H. 2019. *An Ethics of Artificial Intelligence Curriculum for Middle School Students*. Cambridge, MIT Media Lab. Disponible à : https://thecenter.mit.edu/wp-content/uploads/2020/07/MIT-AI-Ethics-Education-Curriculum.pdf (dernière consultation le 26 juillet 2024)

UNESCO. 2019. *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*. Paris, UNESCO. Disponible à : https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

—. 2021. *Reimagining our futures together: a new social contract for education*. Paris, UNESCO. Disponible à : https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707 (dernière consultation le 16 juillet 2024)

—. 2022a. *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. Paris, UNESCO. Disponible à : https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137 (dernière consultation le 16 juillet 2024)

—. 2022b. *K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula*. Paris, UNESCO. Disponible à : https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

—. 2024. *AI in the United Arab Emirates' computing, creative design and innovation K-12 curriculum: a case study*. Paris, UNESCO. Disponible à : https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388652 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

Williams, R., Kaputsos, S. P. and Breazeal, C. 2021. Teacher Perspectives on How To Train Your Robot: A Middle School AI and Ethics Curriculum. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, Vol. 35, No. 17. Washington, DC, Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), pp. 15678–15686. Disponible à : https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17847 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

Banque mondiale. 2023. *Green Digital Transformation: How to Sustainably Close the Digital Divide and Harness Digital Tools for Climate Action. Climate Change and Development Series*. Washington, DC, World Bank. Disponible à : http://hdl.handle.net/10986/40653 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

Banque mondiale et UIT. 2024. *Measuring the Emissions & Energy Footprint of the ICT Sector: Implications for Climate Action*. Washington, DC, World Bank and Geneva, International Telecommunication Union (ITU). Disponible à : https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-clim-2023-01 (dernière consultation le 26 juillet 2024)

NOTES

1. De manière générique, on emploie ici le terme d'apprenant, qui désigne à la fois les étudiants, les élèves et les apprenants proprement dits, le propos de ce référentiel concernant toutes les catégories de personnes en situation d'apprentissage.
2. Agentivité : capacité à avoir le contrôle de ses propres actes et de leurs effets, et ainsi d'influencer les choses, les êtres et les évènements (dictionnaire Antidote, dernière consultation le 14 novembre 2024).
3. Le principe de proportionnalité dans l'IA met en avant l'idée que les systèmes d'IA doivent être conçus et déployés de manière à équilibrer correctement les risques et les avantages, à respecter les droits de la personne, et s'aligne sur les valeurs et les intérêts de la société. Voir la Recommandation sur l'éthique de l'IA (UNESCO, 2022).
4. Voir http://yann.lecun.com/exdb/mnist
5. Voir https://www.cs.toronto.edu/%7Ekriz/cifar.html
6. Voir https://www.image-net.org/index.php
7. Voir https://teachablemachine.withgoogle.com
8. Voir https://pytorch.org
9. Voir https://keras.io
10. Voir https://pypi.org/project/beautifulsoup4
11. RAISE est l'acronyme de « Responsible AI for Social Empowerment and Education »
12. Voir https://ubuntu.com
13. Voir https://machinelearningforkids.co.uk
14. Voir https://teachablemachine.withgoogle.com
15. Voir https://www.tensorflow.org
16. Voir https://keras.io
17. Voir https://everyday-ai.org/resources/search?f%5B0%5D=tools%3A201
18. Voir https://www.aiunplugged.org
19. Voir https://iste.org/blog/3-unplugged-activities-for-teaching-about-ai
20. Voir https://raise.mit.edu/daily

unesco

Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Référentiel de compétences en IA pour les apprenants

Le *Référentiel de compétences en IA pour les apprenants* présenté ici est basé sur une vision ambitieuse qui va bien au-delà des notions communes de littératie en intelligence artificielle. Il vise à aider les élèves et les étudiants à devenir non seulement des utilisateurs efficaces et éthiques des outils d'IA, mais aussi des cocréateurs dans la conception d'une IA plus inclusive et écologiquement durable. Ce document définit les valeurs, les connaissances fondamentales et les compétences transférables requises pour comprendre de manière critique et utiliser les systèmes d'IA d'une manière sécuritaire, efficace et significative à différents niveaux de maîtrise. Le référentiel propose également des spécifications détaillées sur les domaines de l'IA qui peuvent être abordés et les méthodes pédagogiques qui peuvent être déployées pour faciliter la compréhension, l'application et la création de l'IA par tous les apprenants. Il fournit en outre des orientations pour l'intégration de l'apprentissage lié à l'IA dans les programmes d'études, l'organisation des séquences d'apprentissage et la conception d'évaluations basées sur les compétences. Considérées comme un ensemble complet de capacités requises pour une citoyenneté responsable à l'ère de l'IA, les compétences décrites dans ce référentiel sont fondées sur les principes d'inclusivité, de prépondérance de l'agentivité humaine, de non-discrimination et de respect de la diversité linguistique et culturelle.

9 789232 003324

4 ÉDUCATION DE QUALITÉ

Objectifs de développement durable