

IA générative : Guide pour les enseignants de l'école

L'Ecole des Ponts propose un accompagnement aux enseignant.es de l'école qui souhaitent adopter des outils d'intelligence artificielle générative (IAg) dans leur enseignement, au travers d'une démarche responsable.

Ce guide complète la « Charte sur l'usage de l'Intelligence Artificielle » à l'école, afin d'en faciliter l'appropriation par les enseignant.es, et il ne peut être dissocié d'autres textes plus formels (règlement de scolarité, charte informatique). Il est appelé à évoluer avec le développement d'une réflexion collective au sein de l'école en lien avec l'évolution des outils eux-mêmes et l'évolution des compétences attendues pour les jeunes ingénieur.es et les jeunes chercheur.se.s sur le marché du travail.

1. Vision générale du rôle de l'IAg à l'école

Aujourd'hui, les outils d'IAg ne peuvent (pas encore) entièrement et parfaitement se substituer au travail d'humains, ingénieur.e.s ou chercheur.se.s, qui demande de comprendre le monde, de modéliser et d'innover. Les limites sont mouvantes, le rôle de l'ingénieur.e, du chercheur ou de la chercheuse sont en pleine redéfinition, mais ils ne semblent pas sur le point de disparaître. De plus, plusieurs tâches demandent la modification et l'adaptation d'outils d'IAg à un contexte particulier et requièrent donc non seulement les compétences de l'ingénieur.e et ses connaissances sur le sujet, mais également la compréhension profonde et la maîtrise des outils d'IAg.¹ La formation dispensée par l'Ecole garde donc toute sa pertinence et sa valeur sur le marché du travail.

Pour autant, l'essor de l'IAg dans les métiers d'ingénieur.e ouvre la possibilité d'adapter le contenu de la formation proposée à l'école ainsi que la manière de travailler et d'enseigner.

Sur le contenu de la formation, les responsables de module doivent maintenir à jour leur enseignement afin de prendre en compte les évolutions induites par l'IAg dans leur domaine et les départements d'enseignement veillent à cette actualisation constante des contenus. Celle-ci se traduit par une évolution des programmes de nombreux modules, à l'initiative des responsables de modules, mais également par une intégration de nouveaux enseignements portant sur les maths appliquées, les statistiques, le *machine learning* et l'intelligence artificielle,² ainsi que des compétences en matière d'utilisation, de modification et d'amélioration des modèles d'IA en général. L'école est particulièrement bien pourvue en chercheur.euse.s et spécialistes du domaine, et bien armée avec le département IMI, pour assurer un leadership parmi les grandes écoles sur ce plan.

Les modalités d'enseignement et la pédagogie peuvent aussi évoluer, en utilisant l'IAg comme outil d'apprentissage et non comme objet d'étude. Dans cette perspective, l'Ecole des Ponts

¹ Ce qui est appelé des compétences X + IA.

² Par exemple le module « Statistique numérique et analyse des données ».

réaffirme en premier lieu l'importance des relations humaines dans l'enseignement et la responsabilité des enseignants et des enseignantes dans la transmission des savoirs : aucun outil ne saurait remplacer aujourd'hui la relation enseignant.es – élèves et aucun système informatique n'est envisagé pour se substituer à cette relation fondamentale à l'Ecole.

Pour autant, l'Ecole considère que l'IAg propose des outils susceptibles de faciliter l'apprentissage et la réalisation de travaux d'étude et de recherche dans certains cas, pourvu qu'ils interviennent comme une aide et non en substitution au travail des élèves et des enseignants, et qu'ils soient utilisés de manière responsable.

Il appartient donc aux enseignants et aux enseignantes d'apprécier l'opportunité d'adopter certains outils d'IAg, sur la base de leur connaissance du domaine et des connaissances ou compétences à transmettre. Cette adoption relève de leur liberté académique.

Pour s'exercer opportunément, cette liberté requiert des informations sur ces outils d'IAg et sur le cadre dans lequel ils peuvent être utilisés à l'école. L'Ecole fournit deux types de réponses à ce besoin. D'une part, ce guide constitue un premier pas vers la sensibilisation et l'accompagnement des enseignant.es, en leur suggérant les bénéfices qui peuvent être retirés d'une IAg comme aide dans la structuration, la nature et la forme des enseignements et en expliquant la vision responsable qu'encourage l'Ecole. D'autre part, par l'intermédiaire du service d'ingénierie pédagogique (SEMAFOR), des formations pratiques sont proposées, et une aide personnalisée peut être fournie pour l'introduction d'outils d'IAg dans un module particulier.

2. Enseigner dans un monde avec l'IAg

L'enseignement, en particulier l'enseignement supérieur, constitue l'un des domaines d'activité humaine les plus profondément impactés par l'irruption de l'IAg.³ Les études se multiplient, montrant un très fort taux d'adoption de ces outils par les étudiant.e.s, et à un degré moindre par les enseignant.e.s.⁴

C'est un fait que les élèves utilisent très largement des outils d'IAg dans leur scolarité à l'école et il convient de s'interroger sur ce qu'enseigner veut dire à l'heure de l'IAg, sachant que celle-ci s'est installée de manière probablement durable et irréversible. Comment motiver les élèves à ingérer laborieusement des connaissances qu'ils peuvent retrouver facilement, et avec des explications très pédagogiques, sur des outils d'IAg ? Comment maintenir des programmes

³ Voir par exemple https://edu.google.com/intl/ALL_fr/ai/education/, <https://academy.openai.com/public/clubs/higher-education-05x4z/overview?linkMenu=Higher%2520Education>, <https://www.claude.com/solutions/education>. Pour une vision plus globale, voir le rapport pour le Ministère de l'ESR : <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/sites/default/files/2025-07/rapport-intelligence-artificielle-et-enseignement-sup-rieur-formation-structuration-et-appropriation-par-la-soci-t-37540.pdf>. Voir enfin des articles comme Francis-Jones-Smith (BJBS 2025), Prater et al. (arXiv :2412.14732v1, 2024), Molina et al. (arXiv :2409.05176, 2024).

⁴ Voir le rapport pour le Ministère de l'ESR susmentionné, l'enquête de la Conférence des Grandes Ecoles (<https://www.cge.asso.fr/liste-actualites/enquete-ia-de-la-commission-numerique/>) et celle de l'Unesco (<https://doi.org/10.54675/KECK1261>), parmi les références les plus récentes. Voir aussi : <https://www.hepi.ac.uk/2025/02/26/student-generative-ai-survey-2025/>

d'acquisition de compétences rédactionnelles, linguistiques, ou de calcul alors que des outils d'IAg pourront effectuer ces tâches lorsqu'elles se présenteront dans leur vie professionnelle ? Comment même maintenir leur assiduité aux cours et conférences quand un agent d'IAg peut leur proposer le même matériau avec un rythme, une forme, des explications, des exemples, des applications adaptés à leur propre niveau ou progression ?

Chaque enseignant est invité à se poser ces questions. Les réponses sont à trouver collectivement, peut-être par des essais, des échecs et des succès, et en analysant ces expérimentations et en capitalisant dessus.

Il y a probablement un certain accord parmi les enseignants sur le fait que la transmission des connaissances dans les cours reste incontournable. Même si l'IAg peut délivrer des connaissances, des théories, des données, des faits, l'ingénieur.e, le chercheur et la chercheuse qui l'utilisent ne peuvent simplement se reposer sur les sorties d'un programme pour fonder leurs actions. Ces sorties doivent être scrutées, vérifiées, corrigées car elles peuvent être incomplètes, erronées, voire inventées ; sans les connaissances sous-jacentes, ces vérifications sont impossibles. Plus encore, connaître les théories et les méthodes est la condition nécessaire pour pouvoir étendre ces outils d'IAg et les adapter à des situations nouvelles, à des problèmes spécifiques nouveaux, ce qui constitue l'essence même des futurs métiers de nos élèves. Innover, inventer, ou découvrir consistent souvent à bâtir sur les connaissances passées et à trouver des liens, adopter des changements d'angles, et c'est ce qui est attendu des ingénieur.es.

La formation vise aussi l'acquisition de compétences. A l'école, les compétences centrales sont: modéliser des situations, des questions, des problèmes, et les résoudre en développant une stratégie de résolution, une méthode, et éventuellement en innovant, en prolongeant, étendant, généralisant les outils existants. Ces compétences ne peuvent être assurées uniquement et parfaitement par des IAg, du fait des limites actuelles de ces outils mais surtout du fait de la responsabilité de l'ingénieur.e et le nécessaire contrôle humain sur la décision. Il existe aussi des compétences nouvelles qu'il est opportun de prendre en compte en lien avec la généralisation des outils d'IA : d'une part, les compétences nécessaires pour modifier ou adapter ces outils, et d'autre part l'exercice d'un esprit critique renforcé pour questionner les sorties des IAg.

Transmettre des savoirs et des savoir-faire, sans être nécessairement « augmenté » par un programme, demeure donc un objectif légitime de la formation. En convaincre les élèves peut requérir précisément de montrer en quoi l'IAg ne remet pas en cause cet objectif, ou simplement le transforme et l'étend. Il peut être utile de confronter les élèves à des sorties d'une IAg sur des notions du cours, qui demandent des vérifications profondes, pour lesquelles sont indispensables des connaissances profondes ainsi qu'un esprit critique exercé ; ou encore de les confronter à des questions nouvelles, sans solution connue, sans solution unique, sans solution consensuelle, pour montrer le rôle incontournable des connaissances et des compétences d'innovation et de modélisation.

3. Pourquoi utiliser l'IAg dans l'enseignement

A côté de la nécessité de repenser l'acte d'enseigner lui-même à l'ère de l'IAg, on peut aussi examiner pourquoi l'IAg peut permettre de mieux enseigner, ou au moins de faciliter le travail de transmission.

Les sciences de l'éducation ont mis en évidence d'importants facteurs qui conduisent à un apprentissage plus efficace de la part des apprenants :⁵

- *L'apprentissage actif* : plutôt que d'assister passivement (même si on note) à un cours, l'appropriation des concepts et des méthodes enseignés est renforcée et approfondie par la mise en pratique, par l'application, voire par l'adoption de rôles plus actifs comme celui même d'enseigner ou d'expliquer à autrui ;
- *Des retours sur la progression* : passer un examen et attendre plusieurs semaines pour avoir une note, et souvent très peu d'autres informations quant à sa propre performance, est éminemment frustrant ; sont négligées, voire omises, la possibilité d'identifier précisément les acquis et les lacunes et la possibilité de combler ces dernières rapidement afin de ne pas augmenter encore le décalage avec les attendus d'un cours ; des retours en temps réel, fréquents, sur chaque travail, chaque production de l'élève, augmentent l'efficacité de son travail et contribuent à soutenir son investissement et sa motivation à faire des efforts ;
- *L'adaptation au cas individuel* : tous les apprenants n'ont pas le même bagage, n'avancent pas au même rythme et ne rencontrent pas les mêmes difficultés. Passer plus de temps sur les points qui semblent difficiles ou nouveaux, avancer plus vite sur les points solidement acquis, autorisent une adaptation de la progression dans le cours, garante d'une meilleure efficacité ; le sur-mesure sied mieux que le prêt-à-porter. Mais l'adaptation individuelle peut aussi se décliner dans le choix d'exemples, illustrations ou applications qui parleront plus spécifiquement à l'apprenant, contribuant à soutenir son intérêt et sa motivation, son engagement dans l'enseignement dispensé.
- *Le renforcement de long terme* : la stratégie de court terme consistant à travailler pour l'examen, qui s'accompagne souvent d'un oubli une fois celui-ci passé, ne contribue pas à l'ancrage profond des acquis dans la mémoire longue. Faire des retours sur des acquis anciens, établir des liens entre ceux-ci et des notions plus récemment présentées, revenir sur des acquis à la lumière de nouvelles connaissances, ces types de renforcement sur le long terme contribuent à la solidité de la formation.

Confronté.es à ces recommandations, les enseignant.e.s font tou.te.s l'expérience de l'insuffisance d'une ressource centrale pour les mettre en application : le temps ! Or, les outils d'IAg font indéniablement gagner du temps sur de nombreuses tâches. Ils peuvent donc permettre de donner corps à certaines des recommandations esquissées plus haut.

Il peut être prudent de regarder le gain de temps avec un certain recul. Cet avantage, largement mis en avant par les acteurs de la BigTech, n'est pas toujours si évident. Une tâche accélérée peut donner naissance à une nouvelle tâche presque autant chronophage. Chacun et chacune pourra aussi relativiser le gain de temps par rapport même au plaisir à accomplir certaines tâches.

⁵ Voir par exemple Wisniewski-Zierer-Hattie (2020, *Front. Psychol.* 10:3087, doi: 10.3389/fpsyg.2019.03087), Pardos-Bhandari (2024, *PLoS ONE* 19(5): e0304013, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304013>), Freeman et al. (2014, *PNAS* 111 :23, <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1319030111>).

De plus, la possibilité d'utiliser un outil d'IAg pour gagner du temps ne saurait suffire à décider de son utilisation effective. Cette décision doit reposer sur une véritable évaluation de la pertinence de cette utilisation par rapport à un geste humain d'enseignement. Quelle valeur ajoutée réelle l'IAg apporte-t-elle pour rendre la transmission plus efficace ? La réponse peut dépendre de chacun et chacune d'entre nous, selon notre appétence ou notre propre aisance pour tel ou tel geste d'enseignement. Et la valeur ajoutée doit être évaluée au regard des risques inhérents à ces outils et des précautions que leur utilisation requiert, ce que les sections suivantes discutent.

4. Comment utiliser l'IAg dans l'enseignement

4.a. Précautions générales

Aucune recette miracle n'est proposée, mais chacun, chacune, est encouragé.e à essayer différentes utilisations des outils d'IAg, telles que suggérées plus loin, à faire des expériences afin de participer à l'élaboration d'une pratique collective efficace. Innover en utilisant l'IAg pourra donc être envisagé en définissant des objectifs et des indicateurs, en identifiant des manières de mesurer l'issue de l'expérimentation, d'évaluer les forces et faiblesses, et de dresser un diagnostic qui puisse servir à rectifier ultérieurement la pratique et, après partage au sein de l'école, la faire adopter par d'autres.

Mais faire des expériences pédagogiques dont les élèves sont, d'une certaine manière, partie prenante nous oblige à une certaine déontologie. Au premier chef, **l'honnêteté et la transparence sont requises vis-à-vis des élèves quant à la manière dont l'IAg a été utilisée** dans l'élaboration, le déroulé et l'évaluation du module. Le contrat entre l'enseignant et les élèves se doit d'être suffisamment symétrique en ce qui concerne l'utilisation de l'IAg, d'autant que les élèves sont en général très en avance sur les enseignants dans la pratique de ces outils. La confiance semble être la garantie d'une adoption maîtrisée de part et d'autre de la relation, qui évite de verser dans une course à l'utilisation cachée, et parfois frauduleuse, des outils d'IAg, et au contournement des règles.⁶ Les avis des élèves, leurs retours sur les utilisations faites par l'enseignant et sur les règles édictées, et leurs suggestions ne sauraient non plus être négligés. Encore une fois, concernant l'IAg, il ne paraît pas opportun d'adopter une vue asymétrique de la relation, du type sachant – apprenant : l'enseignant comme l'élève peut apprendre des pratiques de l'autre.

A cette transparence dans l'utilisation par l'enseignant.e peut répondre la clarté des règles d'usage proposées aux élèves dans le cadre du module. **Le descriptif du cours et son introduction doivent donc indiquer les usages encouragés, admis, interdits de l'IAg dans le cadre du module.**

⁶ Aux Etats-Unis, la découverte d'un usage caché de l'IAg par des enseignants qui eux-mêmes en interdisaient l'usage à des étudiants a ainsi remis en cause la légitimité même des enseignants, et les frais de scolarité supposés rémunérer le travail de ces enseignants (https://www.lemonde.fr/campus/article/2025/09/04/il-nous-interdit-d-utiliser-chatgpt-puis-il-s-en-sert-lui-meme-lorsque-les-etudiants-n-acceptent-pas-que-leur-prof-prepare-ses-cours-avec-des-ia_6638854_4401467.html).

Il faut insister ici sur la nécessaire clarté des règles s'appliquant aux évaluations et à toute activité notée. Nombre d'activités qui participaient souvent au contrôle continu, assuraient un lissage des notes et une acquisition progressive des compétences, comme les devoirs maison, les rapports de lecture, les QCM en ligne..., doivent être reconsidérées. Elles conservent certes des vertus pédagogiques et favorisent l'entraînement, et l'utilisation de l'IAg peut dans ce cadre permettre aux élèves de s'auto-corriger et de recevoir des conseils d'approfondissement. Mais elles ne peuvent plus constituer une base significative pour la notation dans la mesure où elles risquent de n'évaluer que le niveau de connaissances des IAg et non de l'élève, et où elles ne permettent pas d'assurer l'équité. **L'essentiel de la notation ne peut donc reposer que sur des évaluations écrites en présentiel, avec interdiction des moyens digitaux (ordinateurs, tablettes, portables, montres connectées, lunettes connectées, ... !), des examens oraux ou soutenances, là encore sans intermédiation digitale (avatar pour un oral en ligne... !), ou enfin des suivis individualisés attentifs et réguliers contrôlant le processus de production de l'élève.** Pour chaque activité, notée ou non, **les règles d'utilisation de l'IAg doivent être explicitement énoncées dans les documents descriptifs de cours ainsi que dans les consignes de l'activité.**

Rappelons ici que la modification du règlement de scolarité introduit tout d'abord la demande que **l'utilisation d'outils d'IAg soit déclarée dans les productions de l'élève préparées hors classe**, telles que les rapports, mémoires, devoirs maison, résumés, ... La déclaration peut être succincte concernant l'usage d'une IAg pour simplement améliorer l'expression écrite ou pour traduire. La déclaration doit par contre être précise et détaillée concernant les autres usages possibles, mentionnant la version du modèle utilisé et les objets précis des requêtes soumises.⁷ **Concernant les évaluations, examens ou TP/TD notés, effectués en classe, la modification du règlement de scolarité interdit tout usage de l'IAg pour des activités en l'absence de mention explicite du contraire dans les consignes écrites de l'évaluation.**

Utiliser l'IAg pour enseigner, donc à destination des élèves, entraîne également un surcroît de responsabilité dans le devoir de vigilance à l'égard de ces outils. Encore plus que pour un usage isolé, il est indispensable d'exercer un **esprit critique sur les sorties d'IAg** utilisées, d'en effectuer une vérification systématique et approfondie, afin d'éviter les conséquences graves qui accompagneraient la transmission aux élèves d'hallucinations, de biais, de confusions, ou d'approximations. Attirons tout particulièrement l'attention sur les biais qui pourraient colorer certains exemples, certaines applications, et qui seraient différemment reçus selon les cultures, les valeurs et les orientations de chacun.

On peut aussi insister sur les aspects d'inclusivité. Tout d'abord, **l'utilisation des outils d'IAg ne doit pas créer de nouvelles inégalités entre les élèves**, entre ceux qui pourraient avoir accès à des versions élaborées et payantes de modèles et ceux qui ne pourraient qu'utiliser des versions grand public gratuites. Si des versions payantes sont nécessaires pour l'objectif pédagogique, leur accès gratuit doit être assuré dans le cadre du module.

⁷ Pour un travail important où l'usage d'un outil d'IAg est significatif, il peut être demandé d'inclure une annexe rassemblant l'historique des requêtes et leurs dates. Et pour sensibiliser les élèves aux impacts de leur utilisation, il est également possible de demander un chiffrage de l'empreinte environnementale correspondant à l'utilisation faite dans le cadre du travail, chiffrage qui peut être obtenu par différents outils en ligne (comme Ecogits calculator).

De plus, on peut rappeler que les outils d'IAg peuvent précisément servir à assurer une plus grande inclusivité en proposant des solutions individualisées d'apprentissage pour les élèves requérant des conditions particulières, par exemple du fait d'un handicap reconnu. C'est d'ailleurs un des points positifs de l'IAg unanimement souligné.

Un enseignement inclusif repose également sur une attention accrue quant à l'exclusion qui pourrait survenir du fait des effets de l'utilisation d'outils d'IAg sur la santé mentale des apprenants, en particulier sur le risque d'atrophie cognitive. Des recours continuels et répétés à l'IAg dans la scolarité peuvent conduire les élèves à des difficultés de concentration, à un éparpillement et à une certaine superficialité dans l'apprentissage, autant d'éléments qui viennent obérer les facultés cognitives et les conditions psychologiques de l'apprentissage, et finalement en dégradent la qualité. **Les enseignant.es doivent donc être collectivement attentif.ve.s aux premiers signaux d'une dépendance à l'IAg chez l'élève**, et calibrer leur propre utilisation de l'IAg dans leur enseignement en fonction de ces effets psychologiques sur les élèves.

4.b. Exemples d'utilisation à diverses étapes :

La liste qui suit répertorie un certain nombre d'utilisations dans le cadre d'enseignements, bien évidemment en sus des usages bureautiques standard : elle est indicative et suggère des pistes qui requièrent d'être mûrement approfondies à la lumière de la nature précise du module. Pour chaque utilisation, il semble important d'essayer d'anticiper la réaction des élèves. Avancer dans la voie d'expérimentation de certaines de ces actions peut se faire avec les conseils et l'appui formel de la « Pédagothèque » mise à disposition des enseignants de l'école.⁸

Comme ultime avertissement, soulignons que tous ces exemples d'utilisation doivent être compris comme des compléments, des aides, dans le travail de l'enseignant et de l'enseignante. La responsabilité d'un enseignement reste humaine.

- *Préparation du cours :*
 - Pour l'analyse de la littérature sur le sujet, la collection des références pertinentes, avec les précautions d'usage pour vérifier ;
 - Egalement pour produire des idées nouvelles à développer dans le cours, pour enrichir le contenu dans des directions originales, ce qui demande d'utiliser l'IAg de manière plus libre (en réglant la « température » du LLM, quand on sait comment faire) et de trier parmi les idées produites celles qui ont véritablement un sens ;
 - Pour la construction, la structuration du cours, l'élaboration d'un plan ou d'un découpage en séquences, pour la rédaction d'un syllabus et la mise au point d'une liste de lecture pour les élèves ;
 - Pour la préparation et la mise en forme des supports d'enseignement : diapos ou visuels ou vidéos ou podcasts, manuel / photocopié (éventuellement par la transformation de la conférence / de la présentation enregistrée en un texte écrit), compilation des annales et propositions d'exercices d'entraînement.

⁸ Pour contacter cette cellule : contact-s2ip@enpc.fr

- *Présentation et déroulé du cours :*
 - Pour mettre en place une scénarisation, des jeux de rôle pour illustrer certaines notions, des mises en situation, des animations ;
 - Pour multiplier les manières d'expliquer une même notion, pour multiplier les exemples différents, les applications, les illustrations ;
 - Pour élaborer des quizz ou tests rapides, à faible poids voire non notés, afin de maintenir l'attention et l'engagement des élèves, et afin de renforcer les acquis de long terme ;
 - Pour élaborer des questionnaires rapides afin de suivre la progression du cours telle qu'elle est perçue par les élèves, et l'adapter en conséquence ; c'est une sorte de mini-commission pédagogique en continu, l'IA pouvant faire des synthèses des questionnaires très rapidement.
- *Confrontation du cours à l'IA :* il s'agit ici de reprendre l'idée de développer l'esprit critique vis-à-vis des IAg sur le matériau propre du cours, en analysant des sorties d'IA incorrectes ou approximatives ou incomplètes.
- *Evaluations dans le cadre du cours :*
 - Pour élaborer toutes sortes de devoirs, tests, évaluations, examens, sur la base des matériaux de cours ;
 - Pour élaborer également des exercices d'entraînement, des questions pour se tester et s'auto-évaluer ;
 - Pour trouver de nouvelles idées de projets à proposer aux élèves, répondant à leurs centres d'intérêt, afin de renouveler leur motivation ;
 - Pour proposer un retour spécifique à chaque élève accompagnant sa note, sur la base de l'analyse de son travail par une IAg ; cet usage ne semble admis dans l'ESR en France que si le retour est explicitement fait par l'enseignant, après due vérification de la sortie d'IA ;
 - Pour corriger des tests ou évaluations : cet usage pose question et, au stade actuel, il ne semble pas admissible dans la mesure où la notation relève d'une prérogative fondamentale de l'enseignant, entre autres d'un point de vue juridique ;
 - Pour extraire des rendus des élèves les points du cours qui sont mal passés et demandent un retour, une nouvelle explication, afin d'adapter la progression au rythme d'apprentissage
- *Complément à un assistant d'enseignement :* la pratique des « heures de bureau ouvert » n'épuise en général pas la demande de contact des élèves, ni ne correspond parfaitement au meilleur moment pour eux ; une IAg peut être structurée pour répondre 7/7-24/24 aux questions des élèves, permettant d'éviter les blocages et les frustrations. Dans cette perspective, on peut construire un assistant IA d'enseignement, c'est-à-dire un modèle d'IA (éventuellement local) entraîné sur les données propres du cours (pratique du *Retrieval Augmented Generation* - RAG) et capable de répondre à des questions standard, de proposer des exercices et des résolutions accompagnées, ... Il est toutefois impératif de superviser les retours vers les élèves et de les vérifier attentivement afin d'éviter encore une fois les hallucinations et imprécisions de cet agent d'IA : le rôle d'un assistant d'enseignement humain, comme d'un chargé de TD, demeure central.

5. Utilisation responsable et impacts de l'IA

Le choix d'utiliser l'IAg peut avoir des conséquences sur la communauté de l'école, sur l'environnement et sur la société. Une utilisation responsable de l'IAg consiste donc à prendre en considération ces impacts et à adapter son usage en conséquence.

5.a. Impacts environnementaux

Le premier impact est l'impact énergétique, et corrélativement l'impact sur le réchauffement climatique, selon le mix énergétique du lieu de consommation.⁹ Si l'entraînement des LLM d'IAg (surtout en Amérique du Nord) a été montré du doigt pour sa consommation énergétique, l'essentiel de l'impact énergétique réside dans l'inférence, c'est-à-dire l'utilisation faite pour répondre à des requêtes, partout dans le monde. Entre 2022 et 2025, la croissance de la consommation énergétique mondiale des *data centers*, essentiellement tirée par le développement de l'IAg, équivaut à la consommation énergétique de l'Allemagne. Ce chiffre est éloquent et interpelle, surtout dans une école où l'environnement est un sujet majeur d'enseignement et de recherche : notre utilisation d'outils d'IAg participe de manière non négligeable au réchauffement climatique. Un autre impact environnemental de l'utilisation des IAg est la consommation induite en ressources rares : eau pour le refroidissement adiabatique des *data centers*, métaux et terres rares pour les matériaux constitutifs des serveurs et autres terminaux.¹⁰

Les raisons de ces impacts environnementaux considérables résident dans un développement peu raisonné de modèles ultra-généralistes, aux dépens de modèles spécialistes souvent plus performants et moins gourmands ; dans une course au nombre de paramètres et d'incessantes modifications des modèles, en grande parties motivées par des considérations commerciales ; et, très souvent, dans une utilisation continue par des requêtes longues et inutiles, mal formulées et mal ciblées, et pour lesquelles il existe très souvent une alternative beaucoup plus frugale, l'alternative pouvant être parfois simplement de s'abstenir.

Une utilisation responsable de l'IAg à l'école repose donc sur la prise en compte de ces impacts pour choisir la solution la mieux adaptée.

- **Il n'est pas nécessaire d'utiliser des modèles généralistes ultra-performants pour réaliser des tâches élémentaires** et souvent un modèle spécifique, ou un modèle local peut fournir une réponse tout aussi utile.
- La recherche d'information est souvent aussi bien assurée et de manière plus frugale avec un moteur de recherche classique.

⁹ Pour des analyses de cet aspect de l'IA, voir E.Olivetti et al. (2024) : <https://mit-genai.pubpub.org/pub/8ulgrckc>, le rapport de l'IEA (2024) : <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>, A.De Vries (2024) : <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>, F. Tatot & G. Vermot Desroches (2024) : https://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2024/2024_14_IA_Environnement.pdf, Z.Vasselin et al. (2025) : <https://www.carbone4.com/ia-generative-du-changement-climatique>.

¹⁰ Voir l'excellente vidéo pédagogique « *Comment ChatGPT assoiffe cette population* », (2025), de L.Duff : <https://www.youtube.com/watch?v=LNoklkQNRmQ> ou par exemple Pengfei Li et al., *Sustainability*, 68(7), doi:10,1145/3724499.

- On peut utiliser des sites comparatifs comme *EcoLogits* pour **identifier les meilleures alternatives en termes d'impacts**.¹¹
- **Améliorer l'efficacité des requêtes** est également fortement encouragé, par des formations proposées à l'école par la cellule d'ingénierie pédagogique (ou par des formations en ligne facilement accessibles), et par le partage des bonnes pratiques.

5.b. Impacts sur la propriété intellectuelle et la sécurité des données

Un second ensemble d'impacts concerne la propriété intellectuelle et la sécurité des données. Il faut d'abord rappeler ici que les outils d'IAg ne sont pas parfaitement fiables en ce qui concerne les citations de sources, le référencement, l'attribution d'idées et des travaux. L'utilisation d'une sortie d'IAg sans une vérification scrupuleuse peut impliquer une violation du cadre de la protection de la propriété intellectuelle, des droits d'auteur, du droit à l'image, du droit des marques, du droit des brevets, ... et entraîner des risques de plagiat.

Mais des risques importants existent également en ce qui concerne les données *entrées* dans une IAg. Celles-ci peuvent en effet être utilisées comme données d'entraînement ultérieur et perdre leur caractère privé ou propriétaire. Il s'ensuit des risques qui sont encore difficiles à appréhender précisément et dans la jurisprudence :

- Risques généraux de violation de la vie privée, du secret des affaires, du règlement général sur la protection des données (RGPD – réglementation européenne) ;
- Risque spécifique sur la divulgation de documents de cours, de versions de travail de documents, sans le consentement de leurs auteurs ou autrices.
- Risque sur l'évaluation de l'antériorité d'un résultat ou la paternité d'une innovation, ce qui peut affecter les possibilités de la publication ou la brevetabilité.

Il convient de garder en tête que l'utilisation des données fournies par chaque utilisateur d'une IAg accroît aussi considérablement les possibilités de profilage, de ciblage dans la société, à des fins commerciales ou sécuritaires, de même que, paradoxalement, le développement de ces IAg entraîne une explosion de nombre de failles de sécurité des systèmes.¹²

Une utilisation responsable des outils d'IAg à l'école repose donc naturellement sur une démarche, en partie validée par la DSI, attentive :

- **à l'utilisation, quand cela est possible, d'une solution institutionnelle, c'est-à-dire de modèles d'IAg sécurisés ou locaux, proposés par l'école ;**
- aux aspects de souveraineté, quand une solution institutionnelle n'est pas disponible, et il est fortement encouragé de **privilégier des solutions hébergées sur des serveurs nationaux ou à défaut européens ;**
- **à la non-divulgence de données personnelles, sensibles ou confidentielles**, dans des outils non-sécurisés, et à l'anonymisation des documents fournis à une IAg propriétaire et externe ;

¹¹ On peut citer de plus la possibilité de demander aux élèves de chiffrer l'empreinte carbone de leur utilisation d'IAg dans un devoir, un rapport, un mémoire, et de consigner cette estimation sur le rendu.

¹² Les activités de phishing ont ainsi explosé de +1265% dans l'année qui a suivi la sortie grand public de Chat GPT (*The Phishing Intelligence Report*, (2024), Slashnext, <https://slashnext.com/2024-phishing-intelligence-report/>).

- à l'effacement des historiques d'usage d'outils d'IAg ou la demande exprès de non-réutilisation à des fins d'entraînement ;
- à la **non-divulcation de documents de cours ou de recherche sans le consentement explicite de leurs auteurs ou autrices** ;

5.c. Impacts sur la société

L'enseignement supérieur et la recherche ont un temps spécifique et un fonctionnement qui risquent d'être profondément affectés par l'irruption des outils d'IAg. La recherche prioritaire de la productivité et la course aux gains de temps s'inscrivent-elles parfaitement dans les objectifs de l'enseignement supérieur et de la recherche ? Quels sont les promoteurs d'une adoption systématique de l'IAg dans l'ESR, et quels en sont les principaux gagnants, les grandes entreprises qui les commercialisent, ou la communauté des enseignant.es ou encore la population des étudiants et des étudiantes ?

L'IAg fait aussi apparaître tout un ensemble de situations où le droit est encore balbutiant. Comment ne pas s'interroger dans une école d'ingénieur.es sur la responsabilité légale en matière de robotique par exemple ?

En élargissant la focale, la diffusion des outils d'IAg dans la société soulève des questions sur le statut de l'information, et par là même, sur le fonctionnement de nos institutions, sur la gouvernance de nos sociétés et sur nos démocraties.

Une utilisation responsable des outils d'IAg repose donc sur la prise en compte de ces effets d'ordre sociétal, même s'ils sont vagues et simplement suggérés ici. Cette prise en compte, ce maintien d'une conscience et d'une éthique dans l'utilisation de l'IAg s'opèrent au travers d'interrogations et de prises de recul en cours, de postures appropriées de l'enseignant.e, même si il ou elle utilise l'IAg dans son cours, d'étapes critiques dans l'apprentissage. Elles peuvent être également soutenues par des formations, cours ou conférences de type « *IA et Société* » ou « *Ethique de l'ingénieur.e* » à destination des élèves.