

Intégration encadrée de l'IA générative dans une activité d'apprentissage par problème en école d'ingénieur

Christophe Tilmant¹ Susan Arbon-Leahy²

(1) Université Clermont Auvergne, Clermont Auvergne INP, CNRS, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

(2) Université Clermont Auvergne, Clermont Auvergne INP, ISIMA, F-63000 Clermont-Ferrand, France
christophe.tilmant@uca.fr, susan.arbon-leahy@uca.fr

RÉSUMÉ

Cet article présente une expérimentation pédagogique menée dans une école d'ingénieurs en informatique visant à encadrer l'usage de l'Intelligence Artificielle Générative (IAG) dans le cadre d'une activité d'apprentissage par problème. Intégrée à une Situation d'Apprentissage et d'Évaluation (SAÉ) de première année (niveau L3), l'activité proposée s'appuie sur l'analyse d'un brevet en anglais décrivant un algorithme de reconnaissance musicale de type Shazam. À partir de ce document, les étudiants sont amenés à produire un glossaire technique bilingue, en interaction réflexive avec une IAG. Le dispositif vise à développer conjointement des compétences disciplinaires (traitement du signal, mathématiques appliquées), linguistiques (anglais scientifique) et transversales (analyse distanciée, réflexivité sur l'usage des outils d'IAG). Les résultats observés montrent une forte implication des étudiants, une qualité linguistique et technique des productions, ainsi qu'une capacité à identifier et discuter les apports et limites de l'IAG. Cette activité constitue une première étape vers une intégration systémique et réfléchie des IAG dans les cursus d'ingénierie.

ABSTRACT

Structured Integration of Generative AI in a Problem-Based Learning Activity in Engineering Education

This paper presents a pedagogical experiment conducted in a computer engineering school to frame the use of generative artificial intelligence (GAI) in a problem-based learning activity. Embedded in a first-year project, students were asked to analyze a scientific patent written in English describing a music recognition algorithm (Shazam). Based on this reading, they produced a bilingual technical glossary, using GAI as a tool for feedback and reflection. The task was designed to foster disciplinary knowledge (signal processing, applied mathematics), linguistic skills (technical English), and critical thinking. Results indicate a strong engagement, improved quality of scientific writing, and the ability to evaluate GAI outputs. This activity serves as a foundation for future curricular integration of GAI in engineering education.

MOTS-CLÉS : IA générative, apprentissage par problème, traitement du signal, anglais scientifique, pédagogie critique, transformation curriculaire..

KEYWORDS: generative AI, problem-based learning, signal processing, scientific English, critical thinking, curriculum innovation..

ARTICLE : **Accepté à IA-ÉDU@CORIA-TALN 2025.**

1 Introduction

L'essor rapide des intelligences artificielles génératives (IAG) dans l'enseignement supérieur soulève de nouveaux enjeux pédagogiques majeurs. Comment former les étudiants à utiliser ces outils de manière éclairée et critique ? Comment éviter que leur usage ne vienne court-circuiter les apprentissages, en substituant à l'effort cognitif des réponses générées, souvent opaques ou approximatives ? Dans le cadre d'une formation d'ingénieur fondée sur une Approche Par Compétences (APC), ces interrogations prennent une dimension particulière. Les activités pédagogiques y reposent sur des situations authentiques, appelées Situations d'Apprentissage et d'Évaluation (SAÉ) (Tardif, 2006), qui placent les étudiants en position d'acteurs autonomes de leur apprentissage. Or, cette autonomie, sans cadre méthodologique explicite, peut conduire à un usage mécanique ou non critique des IAG, au détriment des objectifs d'apprentissage visés (Cao & Dede, 2023). Par « critique », nous entendons ici une capacité à interroger les outils numériques de manière argumentée, distanciée et contextualisée. Face à ces risques, nous avons conçu une activité pédagogique intégrée à une SAÉ disciplinaire, dans laquelle l'usage de l'IAG est structuré, encadré et réfléchi. L'ambition est claire : faire de l'IAG non une béquille automatisée, **mais un vecteur de réflexion, de clarification conceptuelle et de développement de la pensée critique**. Cette expérimentation vise ainsi à initier, dès la première année, une posture de dialogue raisonné avec les IAG, ancrée dans les enjeux cognitifs, techniques et linguistiques propres à une formation scientifique exigeante. Cet article rend compte d'un **retour d'expérience structuré**, visant à documenter la mise en œuvre d'un dispositif pédagogique mobilisant l'IAG, sans prétendre à une évaluation expérimentale contrôlée.

2 Contexte : une SAÉ centrée sur la reconnaissance musicale

L'activité expérimentale s'inscrit dans une SAÉ destinée à des étudiants de première année d'école d'ingénieur (niveau L3), au sein d'une formation en informatique. Cette SAÉ a pour objectif la modélisation d'un système de reconnaissance musicale automatique, fondé sur le principe du calcul d'empreintes acoustiques invariantes à des transformations sonores, et de leur recherche efficace dans une base de données. Le dispositif est directement inspiré du brevet de l'algorithme Shazam (Wang, 2003), utilisé comme support central de l'activité. L'un des principaux obstacles rencontrés par les étudiants est la lecture de ce brevet, rédigé en anglais scientifique dense et technique. Celui-ci mobilise un ensemble de concepts mathématiques et algorithmiques avancés : transformée de Fourier, spectrogrammes, corrélation d'empreintes, robustesse au bruit, etc. Cette lecture constitue un défi pédagogique significatif, sollicitant de manière transversale des compétences en mathématiques appliquées, en algorithmique et en anglais scientifique. Par son exigence conceptuelle et linguistique, cette tâche active plusieurs compétences au cœur de la formation : compréhension fine de documents techniques en langue étrangère, la mobilisation de modèles mathématiques pour le traitement du signal, ainsi que la capacité à formaliser une architecture logicielle à partir d'un document existant. Dans cette perspective, le dispositif expérimental s'inscrit dans une dynamique de montée en complexité cognitive, que l'on peut analyser au travers de la **taxonomie révisée de Bloom** (Anderson & Krathwohl, 2001). Les tâches proposées mobilisent plusieurs niveaux cognitifs : compréhension des concepts (niveau *Understand*) et leur application par la reformulation technique (niveau *Apply*).

C'est dans ce cadre que l'usage d'une IAG a été introduit, non pas comme un substitut à la compréhension, mais comme **outil d'accompagnement raisonné**. L'IAG a été pensée ici comme un **médiateur cognitif**, capable de soutenir l'explicitation des concepts clés (notamment autour des

notions de Fourier, d'invariance et de spectrogrammes), tout en facilitant une première analyse linguistique du document source. Cependant, cette activité pédagogique doit être revisitée à la lumière des propositions récentes visant à actualiser la **taxonomie de Bloom à l'ère de l'IA**¹. Ces travaux intègrent désormais des compétences supérieures telles que la régulation de la qualité des résultats produits par l'IA, ainsi que la conscience éthique liée à l'usage algorithmique. Le glossaire argumenté, proposé aux étudiants, les engage ainsi dans **un parcours d'apprentissage significatif** (*meaningful learning*), soutenu par l'IAG sans s'y substituer. Cette démarche favorise le développement d'une autonomie cognitive réflexive et informée.

Dans le cadre de votre apprentissage de l'anglais technique, vous allez réaliser deux glossaires : un pour le **Digital Signal Processing (DSP)** et un pour l'**Applied Mathematics (Mathématiques Appliquées)**. Ces glossaires en anglais vous permettront de maîtriser les termes techniques présents dans le brevet.

Consignes :

1. Choisir entre 8 et 10 termes dans chaque glossaire.
2. Pour le glossaire "Digital Signal Processing" :
 - Rédigez deux versions :
 - Une version de vulgarisation destinée à une personne n'ayant aucune connaissance en traitement du signal.
 - Une version destinée à un expert ayant de bonnes connaissances en traitement du signal.
3. À l'aide d'une IA générative (comme ChatGPT), utilisez les prompts suivants :
 - "Please make a list of any technical terms, especially those linked to digital image processing, in the following document."
 - "Please give a description of each of the terms understandable to someone who is not familiar with the scientific field."
 - Comparez les résultats fournis par l'IA avec votre propre travail. Identifiez les erreurs éventuelles de l'IA et, le cas échéant, proposez des corrections adaptées.
4. Pour le glossaire des mathématiques appliquées, vous pouvez également décrire des figures afin d'utiliser l'anglais pour détailler des concepts mathématiques.

FIGURE 1 – Consignes pédagogiques encadrant la production du glossaire argumenté

3 Dispositif pédagogique : glossaire technique bilingue et interaction avec l'IAG

Le livrable attendu (cf. Figure 1) prend la forme d'un **glossaire argumenté** portant sur 8 à 10 termes extraits du brevet Shazam, choisis pour leur pertinence dans les domaines du traitement du signal ou des mathématiques appliquées. L'activité est conçue selon une progression en trois étapes, visant à articuler production personnelle, interaction avec une IAG, et analyse distanciée.

1. **Définition initiale** : Les étudiants rédigent pour chaque terme deux définitions distinctes : une version vulgarisée (destinée à un public non spécialiste) et une version experte (destinée à un lecteur scientifique). Ces définitions s'appuient sur leurs acquis disciplinaires (mathématiques, traitement du signal) ainsi que sur les cours d'anglais technique.
2. **Interaction avec l'IAG** : Chaque paire de définitions est ensuite soumise à une IAG à l'aide d'un prompt prédéfini (Marvin *et al.*, 2024), conçu pour solliciter une correction, amélioration et justification de la part du modèle (Walter, 2024). L'IAG propose alors une reformulation accompagnée d'explications sur les modifications suggérées.

1. <https://ecampus.oregonstate.edu/faculty/artificial-intelligence-tools/blooms-taxonomy-revisited/>

3. **Analyse distanciée** : Les étudiants sont invités à comparer leurs définitions avec celles générées par l'IAG, et à en tirer une **analyse réflexive**. Quelles différences observe-t-on entre les deux versions ? Quels éléments apportés par l'IAG sont utiles ou, au contraire, discutables ? L'IAG a-t-elle commis des erreurs ou introduit des ambiguïtés ?

Cette étape engage les étudiants dans un véritable exercice de **métacognition**, les amenant à porter un regard distancié sur leurs productions et sur la pertinence des propositions générées. Ce dispositif suit une logique **tripartite** : **production** → **interaction** → **évaluation critique**, favorisant une posture active et réflexive vis-à-vis de l'outil. Il mobilise un large spectre de compétences : rédaction scientifique, maîtrise des concepts disciplinaires, expression en anglais technique et jugement réflexif face à une technologie algorithmique. L'ensemble s'inscrit dans une démarche d'apprentissage **encadrée, critique et contextualisée** de l'usage des IAG en contexte académique exigeant, en cohérence avec les recommandations récentes sur l'intégration pédagogique de ces technologies (Walter, 2024).

4 Résultats qualitatifs observés : apprentissages disciplinaires, linguistiques et réflexifs

Les productions des étudiants ont été évaluées de manière qualitative selon une méthode croisée, par deux enseignants (l'un en mathématiques appliquées, l'autre en anglais scientifique), à partir des **attendus pédagogiques définis dans la SAÉ** et donc du **référentiel de compétences** associé. Cette évaluation a porté sur la qualité technique, linguistique et réflexive des productions. Plusieurs constats significatifs se dégagent de cette analyse croisée, illustrant les effets pédagogiques du dispositif.

- **Appropriation conceptuelle** : les définitions rédigées par les étudiants révèlent une bonne compréhension des notions fondamentales, telles que spectrogram, fingerprint ou cepstral coefficient. La confrontation avec les propositions de l'IAG permet souvent d'enrichir ou de préciser ces notions, tout en identifiant d'éventuelles erreurs.
- **Progression linguistique** : les définitions en anglais gagnent en précision, en fluidité syntaxique et en cohérence lexicale, en particulier après l'étape d'interaction avec l'IAG. Les étudiants améliorent leur maîtrise des tournures spécifiques au discours scientifique.
- **Esprit critique** : les analyses produites montrent une capacité à évaluer la pertinence des réponses de l'IAG, à en identifier les limites, et à proposer des reformulations mieux adaptées au contexte.

Exemples illustratifs issus des productions étudiantes :

- **Exemple 1** - Terme "*spectrogram*" : Dans leur version initiale, les étudiants décrivent un spectrogramme comme une représentation graphique du contenu fréquentiel d'un signal audio au cours du temps. L'IAG propose une version enrichie incluant les notions de "*sliding window*" et de "*frequency bins*". Les étudiants reconnaissent la pertinence de ces ajouts, tout en soulignant leur complexité pour une définition vulgarisée. Ils proposent en réponse un exemple imagé pour renforcer la compréhension, montrant ainsi leur capacité à adapter la définition au public visé.
- **Exemple 2** - Terme "*cepstral coefficient*" : L'IAG confond ici les coefficients cepstraux avec les MFCC (*Mel Frequency Cepstral Coefficients*), utilisés principalement en reconnaissance vocale. Les étudiants identifient cette erreur conceptuelle et reformulent leur définition en

précisant que, dans le contexte musical, le cepstre résulte de l'application de la transformée de Fourier inverse sur le logarithme du spectre. Ils soulignent que cette opération permet d'identifier des motifs périodiques correspondant aux harmoniques.

- **Exemple 3** - Travail sur le terme "*pitch-corrected tempo variation*" : L'IAG a proposé une définition correcte mais trop généraliste. L'étudiant a reformulé : "*It refers to a technique allowing to change the speed of playback without altering the pitch, by adjusting the time domain while preserving frequency content*". L'enseignante d'anglais a salué l'usage approprié de la terminologie ("*playback*", "*frequency content*").
- **Exemple 4** - Terme "*fingerprint*" : La définition initiale produite est : "*A fingerprint is a condensed representation of the audio signal which preserves enough unique traits to allow identification.*" L'IAG y ajoute les notions de "*hashing techniques*" et de "*robustness to noise*". L'étudiant intègre ces éléments, tout en ajustant la formulation pour éviter la redondance. Il ajoute une clarification sur le terme "*hash*" : "*a mathematical compression function*", démontrant sa capacité à vulgariser un concept complexe sans le dénaturer.
- **Exemple 5** - Maîtrise de l'anglais scientifique : Plusieurs étudiants montrent des progrès notables dans l'utilisation de structures typiques du discours scientifique, telles que "*It is defined as...*", "*This concept allows to...*", ou "*In the context of signal processing...*". L'enseignante remarque également un meilleur usage des connecteurs logiques et des justifications de type "*because it ensures time-invariance*". Dans un cas, un étudiant corrige un emploi incorrect du mot "*mean*" (voulu au sens de "*average*"), non détecté par l'IAG, illustrant une vigilance linguistique autonome.

Ces exemples montrent que l'IAG, loin de court-circuiter l'apprentissage, joue ici un rôle de **catalyseur**. Elle permet aux étudiants d'exercer leur discernement, de formuler des choix argumentés, et de tester la robustesse d'un outil désormais omniprésent. Ce dispositif favorise ainsi un développement simultané des **compétences disciplinaires, langagières et réflexives**, dans une perspective d'usage distancié et éclairé des technologies d'IAG.

5 Discussion : originalité et transférabilité du dispositif

Les productions étudiantes ont été jugées de **très bonne qualité** par les deux enseignants évaluateurs. La structure tripartite du dispositif a **mis en lumière le raisonnement cognitif des apprenants** et leur capacité à identifier, commenter et corriger les erreurs de l'IAG. L'évaluation croisée a mis en évidence une double progression : sur le plan disciplinaire, une meilleure formalisation des concepts liés au traitement du signal ; sur le plan linguistique, une amélioration de la précision lexicale, de la structuration syntaxique et de l'adaptation du registre en fonction du destinataire. L'activité a également généré un **effet retour sur les pratiques pédagogiques** : l'enseignante d'anglais a pu repérer des erreurs récurrentes à partir des glossaires, qu'elle a réinvesties dans l'ajustement de son programme.

Le dispositif se distingue par son articulation explicite entre production humaine, intervention algorithmique et analyse distanciée ; son intégration fluide dans une SAÉ existante ; la production d'un livrable structuré et traçable ; et une initiation structurée à un usage raisonné, éthique et professionnel des IAG. Contrairement à des approches centrées sur la simple génération automatisée, l'IAG est ici interrogée, mise à l'épreuve et discutée. Elle devient un outil d'explicitation technique et un vecteur de clarification, conformément aux principes de la pédagogie critique du numérique (Walter, 2024) et

de l'AI Literacy (Ng *et al.*, 2021). Ce type d'activité illustre également une **relecture pédagogique des objectifs d'apprentissage**. La taxonomie de Bloom revisitée dans le contexte des outils d'IA² invite à considérer non seulement les niveaux cognitifs traditionnels, mais aussi la capacité à articuler savoirs et outils technologique. La capacité à interagir avec une IAG devient ainsi un marqueur de compétences.

Malgré ces résultats encourageants, nous reconnaissons que **cette première expérimentation n'a pas été instrumentée par des outils d'évaluation systématiques**, tels que des journaux de bord, des questionnaires ou des entretiens structurés. Cette limite méthodologique est assumée dans la mesure où l'objectif principal était l'exploration d'un usage encadré de l'IAG en situation authentique. Bien que cette activité repose sur une expérimentation locale, sa structure modulaire et son articulation claire entre production humaine, intervention algorithmique et analyse réflexive en font un **modèle transférable**. Elle pourrait être adaptée à d'autres domaines, notamment en formation technique, linguistique ou en sciences humaines. Il convient toutefois de signaler un **point de vigilance éthique et écologique** : si les étudiants utilisent aujourd'hui spontanément des outils d'IAG dans leurs travaux, y compris en dehors des temps d'encadrement pédagogique, l'impact environnemental de ces usages reste une question ouverte. Cet aspect, non traité dans la présente expérimentation, mérite d'être pris en compte dans une réflexion plus large. Ce type d'activité, à la fois formative, réflexive et facilement intégrable à des contextes existants, constitue une **entrée opérationnelle et évolutive** pour accompagner la transformation curriculaire de l'enseignement supérieur face aux enjeux éducatifs posés par l'essor des IAG.

6 Conclusion

L'activité présentée a permis d'atteindre plusieurs objectifs pédagogiques complémentaires. Les étudiants se sont appropriés des notions complexes liées au traitement du signal, ont enrichi leur expression scientifique en anglais, et ont développé un regard distancié sur les réponses générées par une IAG. Les retours qualitatifs recueillis, tant du point de vue des enseignants que des productions rendues, confirment la pertinence de ce format structurant. Loin d'un usage passif ou délétère de l'IAG, les étudiants sont ici engagés dans un véritable processus réflexif. Ils produisent, comparent, analysent, et justifient. La confrontation à l'IAG devient alors un levier pour penser plus précisément, formuler plus rigoureusement, et affirmer une posture d'auteur. Si des usages détournés restent théoriquement possibles, le contexte pédagogique dans lequel cette activité a été menée (promotion de taille restreinte, encadrement régulier, projet intégré) limite largement ce risque. Introduire dès la première année un usage critique et encadré des IAG constitue une première étape vers une intégration curriculaire raisonnée et progressive de ces outils. Cette expérimentation ouvre des perspectives concrètes pour la suite du parcours de formation. En deuxième année, les étudiants seront amenés à concevoir leurs propres prompts (Marvin *et al.*, 2024), favorisant une montée en autonomie dans la maîtrise des IG. À plus long terme, l'extension de ce type d'approche à d'autres SAÉ ou modules disciplinaires est envisagée, tout comme une réflexion plus large à l'échelle de la composante sur l'évolution des référentiels de formation face aux enjeux sociotechniques portés par l'intelligence artificielle.

2. <https://ecampus.oregonstate.edu/faculty/artificial-intelligence-tools/blooms-taxonomy-revisited/>

Références

- ANDERSON L. W. & KRATHWOHL D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing : A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives : complete edition*. Addison Wesley Longman, Inc.
- CAO L. & DEDE C. (2023). Navigating a world of generative ai : Suggestions for educators. *The next level lab at harvard graduate school of education*, **5**(2).
- MARVIN G., HELLEN N., JJINGO D. & NAKATUMBA-NABENDE J. (2024). Prompt engineering in large language models. In I. J. JACOB, S. PIRAMUTHU & P. FALKOWSKI-GILSKI, Édts., *Data Intelligence and Cognitive Informatics*, p. 387–402, Singapore : Springer Nature Singapore. DOI : [10.1007/978-981-99-7962-2_30](https://doi.org/10.1007/978-981-99-7962-2_30).
- NG D. T. K., LEUNG J. K. L., CHU S. K. W. & QIAO M. S. (2021). Conceptualizing ai literacy : An exploratory review. *Computers and Education : Artificial Intelligence*, **2**, 100041. DOI : [10.1016/j.caeai.2021.100041](https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041).
- TARDIF J. (2006). *L'évaluation des compétences : documenter le parcours de développement*. Chenelière éducation,.
- WALTER Y. (2024). Embracing the future of artificial intelligence in the classroom : the relevance of ai literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, **21**(1), 15. DOI : [10.1186/s41239-024-00448-3](https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3).
- WANG A. (2003). An industrial strength audio search algorithm. In *Ismir*, volume 2003, p. 7–13 : Washington, DC.