UQAM UQTR UQAC UQAR UQO UQAT INRS ENAP ÉTS TÉLUQ
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

VOLUME 15 • NUMÉRO SPÉCIAL • 2026

Le Tableau
ÉCHANGE DE BONNES PRATIQUES
ENTRE ENSEIGNANTS DE NIVEAU UNIVERSITAIRE

LUMIÈRES SUR L'INNOVATION PÉDAGOGIQUE
Les Prix du GRIIP

# Rendre visible l'invisible : l'IA générative au cœur de l'apprentissage du contrôle

Dans ce numéro, Georges Ghazi, professeur à l'École de technologie supérieure, présente son projet d'innovation pédagogique « Rendre visible l'invisible : l'IA générative au cœur du contrôle ». Il partage le contexte l'ayant mené à cette innovation, ses visées et ses retombées sur l'enseignement et les apprentissages des étudiantes et étudiants.

## CONTEXTE DU PROJET

Ce projet d'innovation pédagogique a été mis en œuvre à l'École de technologie supérieure (ÉTS), au Département de génie des systèmes, dans trois cours portant sur la modélisation et le contrôle des systèmes. Il rejoint environ 100 étudiantes et étudiants chaque année, auxquels s'ajoutent une quarantaine de participantes et de participants, lors d'une conférence annuelle sur les drones. Les apprentissages visés concernent principalement la compréhension des systèmes dynamiques, l'interprétation des équations de modélisation, l'identification de modèles et l'analyse de l'effet des paramètres d'un contrôleur sur le comportement réel d'un système. Avant le développement du projet, l'enseignement reposait surtout sur des exposés théoriques, des démonstrations classiques et quelques simulations statiques. Plusieurs personnes étudiantes éprouvaient alors des difficultés à relier les concepts mathématiques abstraits aux phénomènes physiques observables. Le principal défi pédagogique était donc de rendre ces notions plus concrètes, intuitives et accessibles, tout en favorisant l'engagement et l'apprentissage actif. Le projet a été déclenché par ce constat, combiné à l'émergence de l'intelligence artificielle générative. Cette technologie a permis de concevoir rapidement des interfaces interactives en Python, des animations et une plateforme de pilotage d'un drone Tello en temps réel.

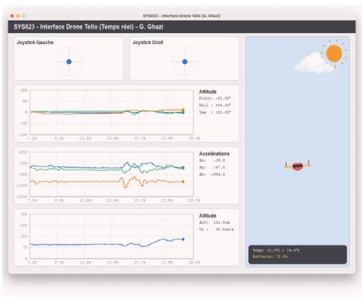
Dépôt légal : 2026
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISSN 1927-551X (version pdf)

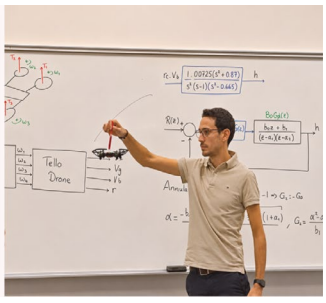
## LES INTENTIONS PÉDAGOGIQUES

Mes intentions pédagogiques étaient de faire évoluer un enseignement principalement théorique vers une approche plus interactive, visuelle et expérientielle. Je souhaitais améliorer ma capacité à illustrer les phénomènes complexes, à adapter mes explications et à proposer des démonstrations concrètes en temps réel. Pour les étudiantes et étudiants, l'objectif était de faciliter le lien entre les équations, les modèles mathématiques et le comportement réel des systèmes, tout en développant leur intuition, leur autonomie et leur esprit critique. Je visais également à renforcer leur motivation, leur participation active et leur confiance face à des notions souvent perçues comme abstraites ou difficiles.

## LES MOYENS DÉPLOYÉS

Pour concrétiser mes intentions pédagogiques, j'ai développé, avec l'appui de l'intelligence artificielle générative, plusieurs applications interactives en Python permettant de visualiser des systèmes dynamiques, de modifier des paramètres de contrôle en temps réel et d'observer immédiatement leurs effets. L'élément central du projet est une interface complète conçue autour d'un drone DJI Tello. Elle permet d'acquérir les données de ses capteurs, d'identifier un modèle mathématique, de comparer les prédictions du modèle aux mesures réelles et d'ajuster la structure du contrôleur afin de piloter l'altitude du drone.



Ces moyens répondent directement à mon objectif de rendre les notions abstraites plus concrètes : les étudiantes et étudiants ne se limitent plus à manipuler des équations, mais peuvent les relier au comportement d'un système physique. Le projet a été implanté progressivement dans trois cours rejoignant environ 100 personnes étudiantes par année, puis ajusté par itérations successives à partir des observations en classe et des rétroactions recueillies.

Les principales ressources requises ont été un environnement de développement Python, un ordinateur, le drone et ses capteurs, du temps de conception ainsi qu'un soutien du fonds PSIRE-Enseignement de l'ÉTS. Cette approche est innovante par rapport à mes pratiques antérieures, principalement fondées sur les exposés théoriques et les simulations statiques. Elle présente également un fort potentiel de transférabilité, puisque la démarche peut être adaptée à d'autres systèmes physiques, concepts complexes, cours ou disciplines nécessitant des visualisations interactives.

## LES IMPACTS SUR LES APPRENTISSAGES DES ÉTUDIANTES ET ÉTUDIANTS

Les impacts observés sur les apprentissages et sur l'expérience étudiante ont été très positifs. Les rétroactions recueillies dans les évaluations de cours, lors d'échanges en classe et au moyen de questionnaires informels indiquent que les interfaces interactives, les animations et les démonstrations avec le drone facilitent la compréhension de notions auparavant jugées abstraites. Plusieurs étudiantes et étudiants soulignent qu'ils peuvent désormais « voir » concrètement ce que représentent les équations et mieux comprendre les liens entre le modèle mathématique, les paramètres du contrôleur et le comportement réel du système.

Une amélioration des résultats aux évaluations formatives a également été observée. Les réponses portant sur l'interprétation des modèles et sur les effets d'un contrôleur sont devenues plus précises, mieux structurées et davantage appuyées sur une compréhension physique des phénomènes. La possibilité de modifier les paramètres, de formuler des hypothèses et d'observer immédiatement les résultats favorise un apprentissage plus actif ainsi que le développement de l'autonomie et de l'esprit critique.

Sur le plan de l'expérience d'apprentissage, les étudiantes et étudiants manifestent une participation, une curiosité et une motivation accrues. L'utilisation d'un système physique réel et d'outils technologiques modernes rend les séances plus dynamiques et renforce la pertinence des apprentissages au regard de leur future pratique professionnelle. Cette approche contribue également à réduire l'appréhension liée à la complexité des notions de modélisation et de contrôle. Les concepts deviennent plus accessibles, ce qui favorise la confiance, l'engagement et un apprentissage plus profond, tout en conservant une dimension concrète et ludique.

## LES IMPACTS SUR LES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT

Ce projet a profondément fait évoluer mes pratiques d'enseignement en m'amenant à dépasser les exposés théoriques et les simulations statiques pour privilégier des approches plus visuelles, interactives et expérientielles. Les rétroactions recueillies lors des évaluations de cours, des échanges en classe et des activités avec le drone ont confirmé que les étudiantes et étudiants comprenaient mieux les notions lorsque celles-ci étaient illustrées par des animations, des mesures réelles et des manipulations en temps réel. Ces commentaires m'ont permis d'ajuster progressivement les interfaces, de clarifier certaines explications et de mieux adapter mes démonstrations aux difficultés observées.

Cette démarche a également renforcé mon sentiment d'efficacité et de compétence pédagogique. Je dispose désormais de moyens plus variés pour représenter des phénomènes complexes, répondre aux questions et établir des liens concrets entre les équations, les modèles et le comportement physique des systèmes. L'utilisation de l'intelligence artificielle générative pour prototyper rapidement de nouveaux outils a stimulé ma créativité et facilité l'amélioration continue de mes supports d'enseignement.

Sur le plan de mon expérience professionnelle, ce projet a accru ma motivation, mon engagement et ma satisfaction. La participation plus active des étudiantes et étudiants, leur curiosité et leur compréhension observable donnent davantage de sens à mon enseignement. Les séances sont devenues plus dynamiques ont favorisé des échanges plus riches. Cette démarche s'inscrit également dans une reconnaissance institutionnelle de mon engagement, notamment par l'obtention du prix d'excellence en implication pédagogique de l'ÉTS en 2022 et du prix d'innovation pédagogique en 2023.

## DES CONSEILS OU DES RÉFLEXIONS À PARTAGER…

1. **Commencez modestement :** ciblez une notion difficile et développez une activité interactive simple pour la rendre plus concrète, sans chercher à transformer tout le cours dès le départ.
2. **Utilisez l'IA comme partenaire de prototypage :** elle peut accélérer la création de scripts, d'animations ou d'interfaces, mais les contenus doivent toujours être validés et adaptés aux objectifs pédagogiques.
3. **Impliquez les étudiantes et étudiants :** recueillez leurs rétroactions, observez leurs difficultés et améliorez progressivement l'outil. Les démonstrations réelles renforcent d'ailleurs leur engagement et leur compréhension.

**Références**


- Colaco, S. G., Kurian, C. P., George, V. I., & Savant, S. S. (2026). Enhancing control system education through simulation assisted teaching: Focussing on analogy and PID controller optimization. *IFAC Journal of Systems and Control, 36*, Article 100422. https://doi.org/10.1016/j.ifacsc.2026.100422
- Corter, J. E., Esche, S. K., Chassapis, C., Ma, J., & Nickerson, J. V. (2011). Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. *Computers & Education, 57*(3), 2054–2067. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.009
- Dai, Y. (2025). Why students use or not use generative AI: Student conceptions, concerns, and implications for engineering education. *Digital Engineering, 4*, Article 100019. https://doi.org/10.1016/j.dte.2024.100019
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
- Lee, D., Arnold, M., Srivastava, A., Plastow, K., Strelan, P., Ploeckl, F., Lekkas, D., & Palmer, E. (2024). The impact of generative AI on higher education learning and teaching: A study of educators' perspectives. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*, Article 100221. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100221
- Luque-Vega, L. F., Lopez-Neri, E., Arellano-Muro, C. A., González-Jiménez, L. E., Ghommam, J., Saad, M., Carrasco-Navarro, R., Ruíz-Cruz, R., & Guerrero-Osuna, H. A. (2022). UAV-based smart educational mechatronics system using a MoCap laboratory and hardware-in-the-loop. *Sensors, 22*(15), Article 5707. https://doi.org/10.3390/s22155707
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://doi.org/10.54675/EWZM9535
- Navarro-Durán, D., Félix-Herrán, L. C., Membrillo-Hernández, J., Craig, K. C., Ramírez-Cadena, M. J., & Ramírez-Mendoza, R. A. (2023). Active learning to develop disciplinary competencies related to automatic control in engineering curricula using low cost do-it-yourself didactic stations. *Frontiers in Education, 7*, Article 1022888. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1022888
- Sotelo, D., Sotelo, C., Ramirez-Mendoza, R. A., López-Guajardo, E. A., Navarro-Duran, D., Niño-Juárez, E., & Vargas-Martinez, A. (2022). Lab-Tec@Home: A cost-effective kit for online control engineering education. *Electronics, 11*(6), Article 907. https://doi.org/10.3390/electronics11060907
- Vidal Rosas, E. E., & Galván Fernández, C. (2022). Pedagogical framework to develop interactive virtual tools for the teaching and learning of dynamic systems in control engineering. *IFAC-PapersOnLine, 55*(17), 218–223. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.282



Cette capsule est une production de la Direction du soutien aux études et des bibliothèques (DSEB) en collaboration avec le Groupe d'intervention et d'innovation pédagogique (GRIIP)
Comité éditorial : Claude Boucher, Geneviève Demers, Marie-Ève Gonthier, Alain Huot et Naïma Tebourbi.
Coordination : Marie-Ève Gagnon-Paré
Rédaction : Georges Ghazi

**LE TABLEAU est disponible en format électronique à l'adresse suivante :**

**http://pedagogie.uquebec.ca/le-tableau**