

## L'IA générative, un outil pour apprendre à mieux apprendre

Il est désormais une réalité que non seulement les étudiants, mais aussi les plus jeunes, utilisent de plus en plus des outils d'Intelligence artificielle générative (IA Gen) dans leurs tâches quotidiennes d'apprentissage, notamment des *chatbots* (ou agents conversationnels) basés sur des grands modèles de langage. Parmi les plus connus, on citera par exemple Mistral AI, ChatGPT (OpenAI), Google Gemini, Claude (Anthropic). Actuellement, les recherches sur l'IA pour l'apprentissage ne cessent de croître, car les perspectives offertes et les nouveaux modes d'interactions entre apprenants et systèmes automatiques ouvrent de nouvelles questions de recherche.

L'intérêt des systèmes adaptatifs ou « tuteurs intelligents » a déjà été questionné par le passé. Cependant, l'avènement des *chatbots* basés sur l'IA Gen ouvre de nouvelles perspectives en proposant deux axes d'amélioration inédits en comparaison aux systèmes plus classiques d'IA symbolique. Dans cet article, le terme de *chatbot* fait référence à des *chatbots* basés sur l'IA Gen.

D'une part, ces systèmes offrent une forte adaptabilité contextuelle. Ils sont en mesure de s'adapter à une grande diversité de situations d'apprentissage (variabilité des contenus, des tâches et des contextes). Un apprenant pourra par exemple interroger une IA Gen pour à peu près n'importe quelle matière ou exercice réalisé dans le cadre scolaire, alors que les systèmes plus classiques d'IA symbolique sont davantage circonscrits à un domaine, voire à une tâche précise.

D'autre part, l'IA Gen permet un enrichissement des modes d'interaction apprenant-IA. Les apprenants peuvent désormais interagir en langage naturel (c'est-à-dire de manière similaire aux interactions avec une personne). L'IA Gen peut également soutenir l'apprentissage non seulement en répondant aux questions de l'apprenant, mais aussi en lui faisant des retours sur ses productions tout en tenant compte de son avancée dans une tâche d'apprentissage. Elle peut aussi proposer des modifications des contenus et des tâches pour répondre aux besoins de l'apprenant ainsi que des recommandations afin de permettre une adaptation à son niveau.

Les opportunités qu'offrent l'IA Gen sont nombreuses mais la recherche sur les interactions apprenant-IA, et les effets de ces interactions sur les apprentissages est bien sûr essentielle pour pouvoir concevoir des systèmes pertinents pour l'apprentissage et comprendre comment accompagner les apprenants avec ces nouveaux systèmes.

### Objectifs du projet AIRe

Initié en octobre 2025 avec la thèse de Clara Siracuse, le projet AIRe - *Adaptive AI-Based Tools for Regulation of Learning and Cognitive Load*, qui devrait s'achever en 2028, se centre sur la question de l'IA Gen pour l'aide à l'autonomie de l'apprenant. De nombreuses situations d'apprentissage exigent de l'autonomie. Autrement dit, l'apprenant doit être capable d'évaluer la pertinence de sa façon d'apprendre, de sa progression et de ses difficultés. À partir de cette évaluation, l'apprenant va pouvoir ajuster ou modifier radicalement sa façon d'apprendre

et gérer son effort (charge cognitive) pour atteindre ses objectifs d'apprentissage. On parle alors d'apprentissage auto-régulé.

Le projet AIRe vise à comprendre comment les IA Gen *chatbots* peuvent accompagner l'apprenant en analysant ses comportements, ses performances et son effort mental, afin d'accompagner son autorégulation. Pour atteindre ces objectifs, il se focalise sur deux axes :

1. Étudier les effets d'un *chatbot* adaptatif visant à réguler, au moyen de *feedbacks* (retours d'information) personnalisés, la charge cognitive pendant une tâche d'apprentissage.
2. Analyser les interrelations entre charge cognitive et apprentissage autorégulé, deux dimensions clés de l'autonomie de l'apprenant, dans les apprentissages soutenus par des *chatbots*.

### Le paradoxe de l'apprentissage auto-régulé et de la charge cognitive

Un apprenant auto-régulé est amené à planifier, superviser (c'est-à-dire contrôler et évaluer son apprentissage) et réguler son apprentissage (c'est-à-dire modifier ses stratégies et activités d'apprentissage en fonction de l'autoévaluation). La question de la régulation de la charge cognitive est essentielle pour accompagner efficacement la progression de chaque apprenant dans son apprentissage. En effet, une charge cognitive trop importante détournera l'apprenant des processus cognitifs utiles pour l'apprentissage (par exemple, comprendre, mémoriser, raisonner) et risque de réduire sa motivation et son engagement. On peut distinguer trois formes de charge cognitive dans les apprentissages :

1. la charge intrinsèque, liée à la complexité de la tâche et à l'expertise de l'apprenant ;
2. la charge extrinsèque, ou inutile, liée à des traitements imposés par la ressource pédagogique et qui détournent du traitement essentiel ;
3. la charge pertinente, liée aux traitements profonds des contenus à apprendre pour une intégration en mémoire des connaissances.

Des études récentes montrent le lien étroit entre la charge cognitive et l'autorégulation tout au long du processus d'apprentissage. Les apprenants présentant une charge cognitive relativement élevée durant leur apprentissage évaluent et régulent difficilement leur apprentissage, comparativement à ceux ayant une charge cognitive modérée. En effet, une charge cognitive trop importante réduit les ressources cognitives disponibles pour l'autorégulation, et ainsi la qualité de l'évaluation de ses propres performances à une tâche. La tâche doit donc être d'un niveau de complexité modéré afin de permettre une autorégulation efficace et un investissement efficace (charge pertinente) dans le traitement de la tâche. À l'inverse, l'utilisation efficace de stratégies d'apprentissage autorégulé peut réduire la charge cognitive en optimisant la manière dont l'information est traitée et stockée en mémoire. Très peu d'études ont examiné les relations entre les types de charge cognitive et l'apprentissage autorégulé, et encore moins dans un contexte de collaboration entre l'étudiant et l'IA Gen. Le projet AIRe entend ainsi combler ce manque.

Un dispositif d'IA Gen a aujourd'hui le potentiel de réguler la charge cognitive dans l'apprentissage autorégulé en fournissant un soutien personnalisé et des mécanismes de *feedback*. En l'absence de *feedback* et de recommandations adaptées externes pour l'apprenant, il peut lui être difficile de s'autoréguler, en particulier pour les apprenants ayant un faible niveau de connaissances initiales dans le domaine étudié, de faibles motivations et de faibles compétences métacognitives, autrement dit des compétences d'autonomie. Les applications basées sur de l'IA Gen peuvent analyser les productions ou interrogations des apprenants et fournir des *feedbacks* et des recommandations personnalisées qui aident les étudiants à identifier les points à améliorer et à ajuster leurs stratégies d'apprentissage en conséquence.

## Rencontre entre psychologie et informatique

Pour atteindre les objectifs pédagogiques et scientifiques du projet, une méthodologie mixte est proposée, combinant l'utilisation de données quantitatives et qualitatives recueillies à partir d'expériences contrôlées en laboratoire et d'observations en contextes réels d'apprentissage dans l'enseignement supérieur.

Les études sont conduites par Clara Siracuse sous la direction de Franck Amadieu, professeur à l'université Toulouse Jean Jaurès et membre du laboratoire *Cognition, Langues, Langage, Ergonomie* (CLLE, UMR5263, CNRS / Université Bordeaux Montaigne / Université Toulouse Jean Jaurès) et Mar Pérez-Sanagustín, maîtresse de conférences et membre de l'*Institut de recherche en informatique de Toulouse* (IRIT, UMR5505, CNRS / Université de Toulouse / Toulouse INP). Le CLLE apporte une expertise dans l'étude de la charge cognitive et l'autorégulation tandis que l'IRIT apporte une expertise complémentaire en environnement informatisé pour l'apprentissage humain (EIAH), sur l'autorégulation et l'analyse des traces d'apprentissage qui permettront d'enrichir les techniques d'analyse et, par conséquent, l'interprétation des résultats. C'est dans ce contexte que l'IRIT fournit SIMBA<sup>1</sup>, un agent conversationnel conçu pour fonctionner comme un

tuteur socratique<sup>2</sup> qui guide l'apprenant vers la découverte de la connaissance et le raisonnement critique en posant des questions ciblées plutôt qu'en fournissant des réponses directes. Une fois finalisé, cet outil servira de support aux activités d'apprentissage tout en étant le terrain d'étude privilégié pour analyser la manière dont les apprenants régulent leur apprentissage avec ce type d'outil (Figure 1).

Pour l'objectif 1 du projet, il est proposé d'adapter et de personnaliser les prompts pour guider la tâche entre l'apprenant et SIMBA tout en capturant les traces des interactions. L'idée est de proposer des prompts qui prennent en compte les réponses des apprenants et les scores de charge cognitive qui sont rapportés régulièrement au cours de la tâche (de forme auto-reporté), tout en promouvant les interactions les plus efficaces, par exemple en modifiant l'exigence cognitive de la tâche pour l'apprenant afin de l'adapter à ses besoins.

Pour l'objectif 2, il est proposé d'analyser les interactions apprenant-IA afin de faire émerger les stratégies de régulation et de gestion de la charge cognitive les plus efficaces. Pour cela, une analyse de traces d'apprentissage (*Learning Analytics - LA*) sera conduite. Les *Learning Analytics* sont un domaine de recherche axé sur la mesure, la collecte, l'analyse et le rapport de données sur les apprenants et leurs contextes afin d'optimiser les processus d'apprentissage. Ces méthodes sont particulièrement précieuses pour comprendre les processus d'apprentissage complexes, car elles associent des techniques analytiques intensives en données à des connaissances qui contribuent aux théories de l'apprentissage, telles que la régulation de l'apprentissage et la charge cognitive.

Clara Siracuse, Mar Pérez-Sanagustín, Franck Amadieu

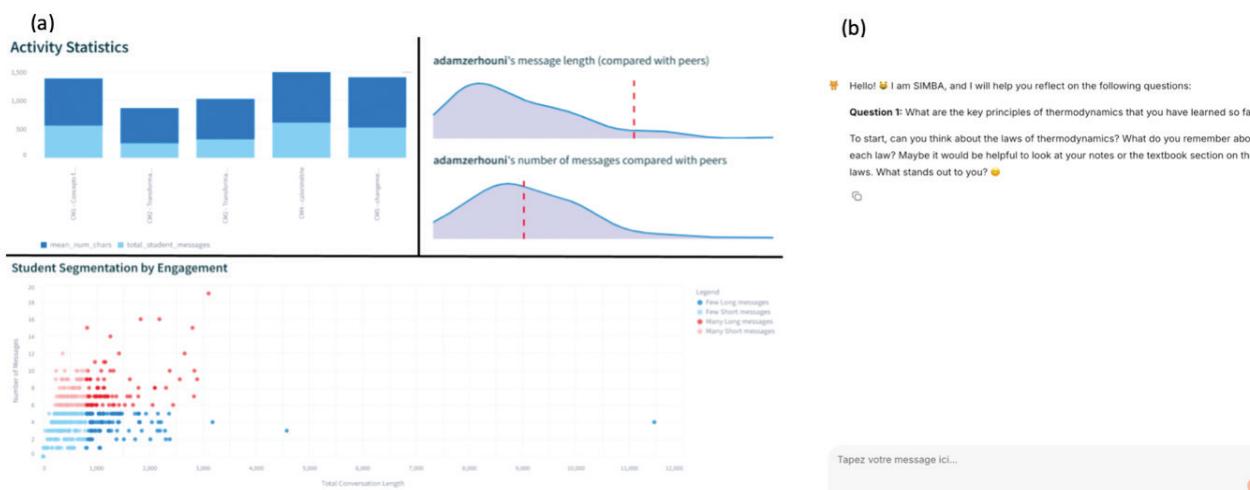


Figure 1(a) Vue du tableau de bord de SIMBA par le professeur et (b) vue du chatbot par l'apprenant

1. Ferrettini G., Nascimento A. C., Pérez-Sanagustín M., Hilliger I. 2025, SIMBA: A Tool for Designing Generative AI Agents for Reflective Learning and Critical Thinking, *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 313–318), Springer Nature Switzerland.  
 2. Tuteur capable de générer des questions à destination de l'apprenant sur le matériel à apprendre. Le but de ces questions est de contraindre l'apprenant à réfléchir sur le contenu, à approfondir ses connaissances, sans lui donner accès à la réponse directement.