

# Intelligence artificielle et apprentissage

Fondements, concepts et applications

PÉDAGOGIES EN DÉVELOPPEMENT



Sarah Chardonnens

**+ EN LIGNE**



15 ressources pour intégrer l'IA  
dans les pratiques pédagogiques

Avant-propos de  
Erika Beaumier  
Préface de  
Pierre-François Coen  
Postface de  
Christophe Denis

deboeck **B**  
SUPÉRIEUR



# **Intelligence artificielle et apprentissage**

Collection dirigée par  
Jean-Marie De Ketele

# Intelligence artificielle et apprentissage

Fondements, concepts  
et applications

PÉDAGOGIES EN DÉVELOPPEMENT

Sarah Chardonnes

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web : [www.deboecksuperieur.com](http://www.deboecksuperieur.com)

© De Boeck Supérieur s.a., 2026  
Rue du Bosquet, 7 – B-1348 Louvain-la-Neuve

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

**Ce livre ne peut être reproduit ni utilisé à des fins d'entraînement de systèmes d'intelligence artificielle.** La fouille de textes et de données est interdite conformément à l'article 4(3) de la Directive (UE) 2019/790.

**Dans le cas où le livre comporte des ressources numériques en ligne, ces dernières sont des compléments offerts à l'achat du livre.** Par respect du droit d'auteurs, ces ressources sont inaccessibles, interdites de reproduction et réservées à un usage strictement personnel. Elles sont soumises aux conditions d'utilisation en vigueur (CGU) accessibles sur notre site et peuvent, pour des raisons commerciales, légales, d'évolution technique ou de contenu, être supprimées ou interrompues à tout moment, sans garantie de maintien ou de compensation. Dans le cas où les QR codes et liens hypertextes permettent d'accéder à des sites internet tiers, la responsabilité de l'éditeur n'est pas engagée, notamment quant à leur éventuel dysfonctionnement ou à leur indisponibilité d'accès.

Dépôt légal :  
Bibliothèque nationale, Paris : mai 2026  
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles : 2026/13647/025

ISSN : 0777-5245  
ISBN : 978-2-8073-7188-0

## S O M M A I R E

|                              |    |
|------------------------------|----|
| COMPLÉMENTS NUMÉRIQUES ..... | 8  |
| REMERCIEMENTS .....          | 9  |
| AVANT-PROPOS .....           | 11 |
| PRÉFACE .....                | 15 |
| INTRODUCTION .....           | 17 |

### **PARTIE 1** **FONDEMENTS THÉORIQUES :** **APPRENDRE ET ENSEIGNER AUJOURD'HUI**

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CHAPITRE 1                                                                                 |           |
| <b>Deux intelligences : humaine et artificielle .....</b>                                  | <b>51</b> |
| CHAPITRE 2                                                                                 |           |
| <b>Comment apprend l'individu .....</b>                                                    | <b>71</b> |
| CHAPITRE 3                                                                                 |           |
| <b>L'intelligence artificielle en éducation : potentialités</b><br><b>et risques .....</b> | <b>91</b> |

## CHAPITRE 4

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Motivation et apprentissage à l'ère de l'intelligence artificielle.....</b> | <b>123</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|

## PARTIE 2 LE MODÈLE SYNAPSE

## CHAPITRE 5

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| <b>Genèse et fondements du modèle SYNAPSE.....</b> | <b>137</b> |
|----------------------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 6

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>Réception et activation.....</b> | <b>151</b> |
|-------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 7

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <b>Adaptation et ajustement .....</b> | <b>167</b> |
|---------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 8

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| <b>Observation et autorégulation .....</b> | <b>185</b> |
|--------------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 9

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| <b>Consolidation et stockage .....</b> | <b>203</b> |
|----------------------------------------|------------|

## PARTIE 3 DE LA THÉORIE À L'ACTION

## CHAPITRE 10

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Scénariser l'enseignement à l'ère de l'IA : traduire SYNAPSE dans la pratique.....</b> | <b>235</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 11

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b><i>AI literacy</i> : professionnalité enseignante, gouvernance et conformité (2025).....</b> | <b>253</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 12

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>Former des citoyens critiques à l'ère de l'IA.....</b> | <b>263</b> |
|-----------------------------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 13

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>Mise en œuvre pratique .....</b> | <b>271</b> |
|-------------------------------------|------------|

## CHAPITRE 14

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Former les enseignants à l'usage raisonné de l'IA .....</b> | <b>289</b> |
|----------------------------------------------------------------|------------|



---

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| CONCLUSION                                                |     |
| <b>Éduquer pour tenir debout dans l'incertitude</b> ..... | 303 |
| POST SCRIPTUM.....                                        | 307 |
| POSTFACE.....                                             | 309 |
| GLOSSAIRE .....                                           | 313 |
| À PROPOS DES AUTEURS .....                                | 325 |

## COMPLÉMENTS NUMÉRIQUES

Cet ouvrage comprend de nombreuses ressources complémentaires téléchargeables. Elles sont signalées au fil du texte par le pictogramme suivant :



Pour y accéder, rendez-vous sur le site de De Boeck Supérieur à l'adresse suivante :

**[www.deboecksuperieur.com/site/371880](http://www.deboecksuperieur.com/site/371880)**

Vous y trouverez les documents suivants :

- Des liens vers des sites utiles
- Annexe 2A. Impact neurobiologique sur la mémorisation
- Annexe 7A. Adaptation et ajustement : proposition d'activités
- Annexe 10A. ICAP : mesurer et augmenter l'engagement cognitif
- Annexe 10B. Cadre ICAP
- Annexe 11A. *AI Literacy* : minimum standard institutionnel
- Annexe 11B. Charte institutionnelle IA et déclaration d'usage
- Annexe 11C. Lettre type
- Annexe 11D. Protocole «*Trust but verify*» (classe et évaluation)
- Annexe 11E. Protocole «*Bias-Resilience by Design*» anti-biais et anti-automatisation
- Annexe 13A. Check-lists SYNAPSE
- Annexe 13B. Trames prêtes à l'emploi
- Tableau des outils d'IA d'évaluation formative et de feedback adaptatif
- Tableaux de bord et visualisation des apprentissages
- Tableau des IA pour la métacognition et la réflexion personnelle
- Bibliographie complète

# Remerciements

Je souhaite adresser ma profonde gratitude aux Éditions De Boeck Supérieur pour avoir accueilli cet ouvrage et lui avoir offert un espace d'existence, de maturation et de diffusion. Mes remerciements vont tout particulièrement à Madame Auréline Mossoux, à Madame Anouk Verlaine et à Monsieur Jean-Marie De Ketele. Par leur lecture attentive, leurs retours constructifs, leur exigence bienveillante et la finesse de leurs remarques, ils ont contribué de manière précieuse à faire émerger la clarté de ce livre. Sans leur accompagnement, cet ouvrage n'aurait sans doute pas trouvé cette forme, cette cohérence et cette justesse.

Je tiens également à remercier chaleureusement Madame Erika Beaumier et Messieurs Pierre-François Coen et Christophe Denis, dont les regards, les éclairages et les textes qui accompagnent cet ouvrage en prolongent la portée et en enrichissent la résonance. Leur contribution lui donne une profondeur supplémentaire, comme un écho qui l'entoure, l'ouvre et l'inscrit dans un dialogue plus vaste.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à mes collègues de l'American Society for AI, ainsi qu'à celles et ceux de l'Université de Fribourg et du MIT, pour la richesse de nos échanges, leurs questionnements féconds et les interrogations pédagogiques qu'ils ont contribué à faire émerger au fil de nos discussions. Ces dialogues ont nourri ma réflexion et ont participé, eux aussi, à la maturation de cet ouvrage.

Enfin, je dédie ce livre à mes fils, Nicolas et Raphaël, qui sont une source profonde et une présence essentielle dans mon parcours, ainsi qu'à l'individu curieux, à celle ou celui qui ose prendre le temps de lire, de réfléchir, de questionner et d'apprendre. À celles et ceux qui ont le courage de se laisser déplacer par les idées pour mieux former, guider et accompagner les élèves et les apprenants dans l'éducation de demain. Ce livre est pour vous : pour votre engagement, votre lucidité, et votre volonté de construire une éducation plus consciente, plus humaine et plus éclairée.

**Sarah CHARDONNENS**



# Avant-propos

La salle de classe est le lieu où s'écrit l'avenir, jour après jour. Dans un monde déjà remodelé par l'intelligence artificielle (IA), la manière dont les enseignants façonnent l'apprentissage définira davantage la société de demain que n'importe quelle nouvelle technologie.

De par mon travail à l'intersection de la gouvernance de l'IA, de l'éthique, de la gestion des risques, de la conformité et de l'innovation responsable, j'observe la vitesse fulgurante à laquelle cette technologie se déploie et devient accessible dans les entreprises, l'éducation et la vie quotidienne, à l'échelle mondiale, générant débats et questionnements à tous les niveaux – entrepreneurial, scientifique, expert, politique et éducatif. Ce qui me frappe le plus n'est pas la rapidité avec laquelle l'IA s'est imposée dans le monde de l'éducation, que son arrivée ait été planifiée ou non, mais le fossé profond entre son utilisation et notre capacité à l'encadrer. Que cela plaise ou non, la réalité est telle que l'IA est déjà intégrée dans la manière dont les étudiants effectuent leurs recherches, rédigent, résolvent des problèmes et structurent leurs idées. La question n'est plus de savoir si l'IA a sa place dans l'éducation, mais comment régir son utilisation, par qui et dans quel but.

Aujourd'hui, l'IA représente l'un des bouleversements les plus profonds de l'histoire de l'éducation – non pas parce qu'elle remplace l'apprentissage, mais parce qu'elle remet fondamentalement en question la manière dont celui-ci est conçu, rendu accessible, évalué et valorisé. Après son premier ouvrage, *AI Learning Revolution*, Sarah Chardonnens approfondit sa réflexion en s'adressant directement à ceux qui incarnent cette transformation au quotidien : les enseignants.

Ce livre, *AI et apprentissage*, nous invite à dépasser les faux dilemmes – intégration passionnée et proactive de l'IA ou interdiction pure et simple. Tenter de bannir l'IA de l'éducation risque de pousser son utilisation dans l'ombre et d'éroder la confiance entre les étudiants et les enseignants. Une utilisation sans recul expose les étudiants à un danger différent : la dépendance excessive envers des systèmes générant des réponses fluides et rapides sans garantir exactitude ni vérité. Les étudiants peuvent confondre le ton assuré de l'IA avec sa fiabilité, prenant une certitude apparente pour une justesse réelle. L'IA génère des résultats en calculant des probabilités,

en prédisant le prochain mot le plus plausible, offrant des réponses qui, certes, semblent cohérentes en apparence, mais sans jamais saisir le sens profond ni générer une réelle compréhension humaine. Sans accompagnement ni balises claires, ces distinctions s'effondrent – et avec elles, la rigueur intellectuelle ainsi que la capacité d'apprendre.

Au cœur de l'approche de Sarah se trouve le modèle SYNAPSE<sup>1</sup>, un cadre structuré qui relie la manière dont les humains apprennent avec les possibilités inouïes qu'offre l'IA, tout en reconnaissant ses limites. SYNAPSE explique l'apprentissage comme un processus dynamique – entrée et activation sensorielles, adaptation du réseau, participation active, stockage et consolidation\* des connaissances. Cela offre aux enseignants un moyen concret de concevoir des environnements d'apprentissage soutenus par l'IA qui respectent les processus cognitifs et motivationnels. Par exemple, lorsqu'un étudiant utilise l'IA pour générer le plan d'une dissertation, SYNAPSE rappelle que l'activation cognitive réelle ne survient qu'au moment où l'étudiant critique, réorganise et s'approprie ces propositions. L'IA n'est jamais une fin en soi; elle doit s'aligner sur l'attention, la rétroaction, la métacognition\* et la consolidation pour véritablement servir un apprentissage profond\*.

Ce qui rend ce livre précieux, c'est aussi son caractère pragmatique et concret. Sarah traduit la théorie en stratégies pratiques et en exercices où l'IA devient un partenaire plutôt qu'un raccourci. Elle montre comment l'IA peut soutenir la pratique, la différenciation et la rétroaction – et comment elle peut ouvrir de nouveaux espaces de créativité – sans remplacer l'effort et la lutte qui définissent le véritable apprentissage. S'appuyant sur son expertise en recherche sur l'apprentissage et en sciences cognitives, elle propose une voie réfléchie : celle où les enseignants encadrent de manière proactive l'utilisation de l'IA dans des limites pédagogiques claires, tant pour eux que pour les étudiants.

Cela suppose de définir des frontières claires entre usages légitimes et dérives – exercice délicat mais essentiel. Quand l'IA peut soutenir l'exploration, et quand l'effort intellectuel personnel doit rester central. Tout aussi important, cela signifie enseigner aux étudiants à remettre en question l'IA – à évaluer la fiabilité, reconnaître les biais\*, vérifier les sources et rester conscients de l'incertitude en tout temps. Les enseignants aident ainsi les étudiants à développer non seulement des compétences numériques, mais aussi le jugement critique, la rigueur et l'intégrité intellectuelle.

Cette intégration soulève toutefois des questions réglementaires et éthiques fondamentales. Au niveau mondial, les débats autour de la sécurité, de la protection des données\*, de la transparence algorithmique,

---

1. Les termes marqués d'un astérisque (\*) sont définis dans le glossaire en fin d'ouvrage.

de l'éthique et de la responsabilité redéfinissent le paysage de l'IA. Nous assistons actuellement à une évolution réglementaire – d'une gouvernance extensive vers une simplification, voire une dérégulation partielle dans certaines juridictions, au nom de « l'innovation et de la croissance ». L'appel à l'autorégulation\* de tous les acteurs demeure primordial. Dans ce contexte mouvant, les établissements d'enseignement et les enseignants naviguent entre responsabilité éthique, innovation pédagogique et cadres légaux fragmentés et évolutifs. Ce livre leur offre non seulement des outils pour la salle de classe, mais aussi un cadre conceptuel pour aborder ce contexte plus large avec confiance.

Mes interactions avec Sarah au sein de l'American Society for AI (ASFAD), une organisation à but non lucratif qui rassemble des leaders issus de la technologie, des politiques publiques, du droit, du monde académique et de la philanthropie afin de faire progresser le dialogue sur les enjeux les plus pressants de l'intelligence artificielle et de contribuer à forger l'avenir d'une IA responsable et éthique, n'ont fait que renforcer ma conviction de la pertinence de ses recherches et de cet ouvrage. Dans cette communauté rassemblée autour d'une mission d'IA responsable et éthique, nous partageons une conviction : l'IA doit reposer sur des fondements scientifiques rigoureux, une gouvernance claire, des principes éthiques solides et une véritable responsabilité envers les utilisateurs. Ce livre s'inscrit pleinement dans cette mission au niveau éducatif.

Finalement, ce livre soulève une question plus profonde : si les machines peuvent générer du contenu dérivé de la somme de tout l'internet, que devrait véritablement développer l'éducation ? La réponse réside dans le développement de l'humain – la pensée critique, le raisonnement éthique, le discernement, la créativité, la collaboration, les relations humaines significatives et l'intelligence émotionnelle. L'IA devrait au mieux augmenter l'intelligence humaine, enrichir les connaissances et le savoir, non les remplacer – à condition que nous établissions des repères, des garde-fous\*, la responsabilité, les valeurs, l'éthique, l'expérience et la sagacité au cœur de l'éducation et de l'apprentissage.

Pour les enseignants qui ouvrent ce livre, sachez ceci : votre rôle n'a jamais été aussi crucial, et le chemin à suivre n'a jamais été aussi difficile à parcourir seul dans une réalité où les étudiants utilisent massivement les réseaux sociaux et maintenant l'IA en sus. Vous accompagnez des étudiants qui évolueront dans un monde où l'IA est omniprésente mais où le jugement humain demeure indispensable, plus que jamais. Sarah vous propose une approche actuelle et nécessaire dans la réalité éducative d'aujourd'hui. Il ne s'agit pas d'un manuel d'utilisation de la technologie, mais d'un cadre pour développer les esprits à l'ère des machines dites « intelligentes ».

Ceci est une invitation à endosser le rôle de l'enseignant dans l'intégration de l'IA en salle de classe avec clarté, courage et détermination renouvelée. Les technologies et les outils que l'humain crée n'ont de sens que si, collectivement, nous nous assurons qu'ils servent *in fine* l'épanouissement humain et non sa réduction. Étant en première ligne avec les étudiants quotidiennement, votre travail donne un sens à cette transformation émergente, la nouvelle normalité. Ce livre est une boussole pour tracer le long chemin de l'apprentissage continu. Sarah vous offre bien plus qu'un guide : une démarche structurée et rigoureuse pour que vos élèves, la prochaine génération, deviennent les architectes avisés de leur apprentissage et de leur vie, capables d'utiliser l'IA avec discernement et mesure.

**Erika BEAUMIER**

*Avocate, conseillère stratégique, éthicienne en IA  
et administratrice indépendante*



# Préface

Comme le rappelle Sarah Chardonnnens en ouverture de son ouvrage : l'intelligence artificielle «grand public» est un vrai bouleversement. Le 30 novembre 2022, OpenAI donnait un accès généralisé à ChatGPT. Trois ans plus tard, la plateforme compte près de 800 millions d'utilisateurs. Les grandes firmes informatiques (principalement américaines, mais aussi chinoises et européennes) ont suivi en proposant à leur tour Gemini, Copilot, Claude, DeepSeek, Mistral... Ces premiers modèles de langage ont à leur tour produit une multitude de sous-produits dans de nombreux domaines (images, vidéo, graphismes, musiques, économies...).

Ces développements technologiques entraînent avec eux des conséquences multiples : un poids économique gigantesque avec 26 000 milliards de dollars, ce secteur économique représente la plus grande capitalisation boursière mondiale jamais atteinte avant 2025 ; une large étendue de domaines professionnels touchés comme la médecine, la logistique, le droit, la production industrielle, l'information, le divertissement, la création artistique, la surveillance de masse... ; un impact écologique considérable avec 4 % de l'énergie mondiale consommée et une extraction effrénée de métaux précieux en tout genre. Et bien évidemment, on ne saurait omettre les impacts énormes sur l'éducation et l'apprentissage (au cœur de cet ouvrage), domaines dans lesquels on ne compte plus le nombre de nouveaux outils pour aider les élèves à réaliser leurs tâches ou pour soutenir les enseignants dans la médiation (médiatisation) des savoirs, l'évaluation, la gestion de la progression des élèves ou encore l'analyse fine de leurs erreurs.

Tout cela donne un sentiment de vertige et de dépassement et nous plonge dans une accélération qui nous empêche de penser et de réfléchir, qui nous essouffle et nous contraint à avoir à chaque fois un train de retard. Certes, on peut aussi développer une certaine curiosité, un intérêt qui pousse à en savoir davantage, à chercher, à comprendre comment ça marche ou comment il est possible d'apprivoiser cette technologie dans une perspective positive. C'est là, me semble-t-il, l'enjeu de l'ouvrage présenté ici. Au fil des pages, en abordant moult aspects de l'apprentissage humain, Sarah Chardonnnens ouvre des espaces de réflexion multiples et nous permet d'avoir une vision kaléidoscopique d'un compagnonnage possible – ou souhaité – avec l'intelligence artificielle.

Le texte est foisonnant et explore de nombreux sujets si bien qu'il s'avère difficile de savoir si l'ouvrage est un livre de psychologie, de pédagogie, de formation à l'enseignement ou encore une méthode pour utiliser les technologies en éducation... Cette ambition de vouloir le classer dans une de ces catégories n'est pas opérante. Il nous semble plus fécond de voir les différents apports proposés par l'autrice comme des contributions de différents ordres et de différents niveaux susceptibles de nourrir une réflexion générale sur le rapport entre l'IA et l'apprentissage.

Il nous semble clair que ces chapitres s'adressent prioritairement à des enseignants (ou des formateurs d'enseignants) qui trouveront, au fil des pages, des apports théoriques divers, des pistes de questionnement enrichissantes ou encore des suggestions pédagogiques intéressantes. Traversant des notions comme le fonctionnement de l'intelligence, la mémoire, l'autorégulation, la motivation... ils arriveront à la découverte du modèle SYNAPSE qui propose un cadre où ces différents éléments vont s'articuler les uns avec les autres de façon non linéaire, au sein de la dynamique motivationnelle de l'apprenant. Chaque phase du modèle fait l'objet d'un développement spécifique qui permet au lecteur d'explorer des concepts comme l'attention, les émotions, l'adaptation et la plasticité cognitive, la créativité, les environnements numériques d'apprentissage, la réflexivité, l'autorégulation, la métacognition, la mémoire, l'apprentissage incarné... le tout étant parsemé d'exemples pratiques. L'IA apparaît tout au long de cet itinéraire et trouve à chaque fois sa place dans les interactions qu'elle peut avoir avec le sujet, par exemple, pour encourager sa curiosité, soutenir son autorégulation ou encore ouvrir des espaces de collaboration.

Le livre de Sarah Chardonnnens nous montre qu'il n'est plus possible, aujourd'hui, de penser l'apprentissage sans prendre en compte l'IA. Comme l'a écrit récemment Philippe Meirieu, l'IA comble de désir de savoir, mais éteint le désir d'apprendre. Aujourd'hui, les enseignants se trouvent placés face à des élèves qui ont compris qu'à l'école, il est plus important de réussir les tâches demandées que de réaliser un apprentissage en profondeur en intégrant des savoirs, des savoir-faire et des savoirs. Dans ce sens, les enseignants seront bien inspirés d'emmener leurs élèves sur ce terrain qui nécessite du temps, des efforts et de l'engagement... et qui suppose une autre relation avec l'IA. Une relation de complémentarité qui éloigne la dépendance et l'avilissement, une relation de méfiance qui garantit un indispensable recul critique, et enfin, une relation éthique qui place l'humain au centre de ce vaste ensemble en constant mouvement.

L'ouvrage de Sarah Chardonnnens apparaît dans ce contexte comme un précieux moyen de déchiffrer ces nouveaux enjeux pédagogiques et d'agir concrètement de manière pertinente et réfléchie.

**Pierre-François COEN**

# Introduction

## 1. L'IA AU CŒUR DES APPRENTISSAGES

Chaque jour, des enseignants du monde entier allument leur ordinateur avec la même question silencieuse : que faire, concrètement, de cette intelligence artificielle qui bouleverse déjà leurs classes, leurs étudiants, leurs propres repères professionnels ? Entre injonctions à « innover », inquiétudes éthiques et sentiment de courir derrière des outils qui se renouvellent plus vite que les programmes, beaucoup oscillent entre fascination, fatigue et peur de « mal faire ». Ce livre naît de cette tension très humaine : le désir d'aider les apprenants à mieux apprendre, sans se faire déposséder de son métier par des technologies aussi puissantes que mal comprises.

En janvier 2023, l'apparition publique des systèmes d'IA générative\* a bouleversé en quelques semaines l'ensemble des sphères médiatiques... et éducatives. Je me souviens très bien de cette première discussion à la cafétéria de l'université : fascination, vertige, inquiétude – le sentiment net que quelque chose venait de changer d'échelle, et que nos repères pédagogiques allaient être mis à l'épreuve. Les premiers réflexes étaient d'interdire, d'éviter, puis on réalise qu'on ne peut pas se battre contre cette vague, autant apprendre à surfer... Depuis, l'offre s'est emballée : assistants conversationnels, plateformes d'écriture, analyse automatique de productions, tableaux de bord, correction, traduction, synthèse, génération d'exercices, agents « coachs », etc. Il y a trop d'outils, la progression est trop vite, les possibilités trop variables, et le paysage change presque chaque mois. Ce livre ne cherche donc pas à vous donner une liste d'applications à adopter – elle serait obsolète avant même l'impression.

### 1.1. Le problème : trop d'outils, pas assez de repères

Les environnements éducatifs sont désormais saturés d'outils IA : plateformes adaptatives, assistants génératifs, tuteurs « intelligents », tableaux de bord, systèmes de correction automatisée, applications de révision, etc. Cette profusion crée une illusion de solution permanente – « il y a forcément un outil pour ça » – mais laisse les enseignants seuls face à des choix complexes, souvent guidés par l'urgence plus que par la compréhension

des mécanismes d'apprentissage. Dans ce contexte, le risque majeur est de confondre assistance-production-automatisation avec les fondamentaux : apprentissage, compréhension et autonomie.

Ce livre prend donc une position claire : son objectif n'est pas d'offrir une liste d'outils recommandés pour enseigner avec l'IA. Les technologies évoluent trop vite pour que toute compilation reste pertinente, et, surtout, aucun outil n'est « bon » ou « mauvais » en soi. Ce qui compte, ce sont les conditions dans lesquelles il est utilisé, le moment du processus d'apprentissage où il intervient, la manière dont il soutient – ou court-circuite – l'attention, la compréhension, la métacognition et la motivation des apprenants. Autrement dit, la question centrale n'est pas « quel outil choisir? », mais « que veut-on faire apprendre, à qui, et à quel prix cognitif et motivationnel? ». À partir de là, il devient possible de chercher et d'évaluer les outils avec méthode – au service d'un projet pédagogique, et non en réaction aux effets de mode.

## **1.2. La promesse : des principes, pas des prescriptions**

Plutôt que de dire « comment faire » ou « quels outils adopter », ce livre propose des principes et des cadres d'analyse pour aider les enseignants à chercher et choisir intelligemment. Il invite chacun à mettre en dialogue trois dimensions : ce qu'il veut réellement faire apprendre, les besoins et caractéristiques de ses élèves ou étudiants, et les affordances réelles (et limites) des outils numériques et de l'IA.

L'ouvrage ne se veut pas prescriptif. Il assume une posture de boussole, tout en nuances : relier les fondements de l'apprentissage humain aux nouveaux outils informatiques, pour permettre à chaque lecteur de construire ses propres décisions pédagogiques, situées, argumentées et révisables. Une posture d'abord éthique : dans un monde saturé de recommandations algorithmiques, l'enseignant reste responsable de préserver l'agentivité cognitive et motivationnelle de ses apprenants.

Vous ne trouverez pas ici une injonction à tout adopter ni un appel à tout interdire. Le positionnement de ce livre est volontairement exigeant : tenir une ligne humaniste et cognitive, qui refuse de confondre production et apprentissage, vitesse et compréhension, assistance et autonomie. Il s'agit de construire une troisième voie : une intégration encadrée, proportionnée au risque, orientée vers l'autonomie – avec une culture de la vérification\*, des règles minimales, et des routines qui protègent la relation éducative.

## **1.3. Le modèle SYNAPSE : une grille de lecture systémique**

Au cœur du livre se trouve le modèle SYNAPSE, fruit d'un développement au long cours adossé à un travail doctoral et à une vaste revue

systématique de la littérature. Ce modèle ne décrit pas l'IA, mais l'apprentissage humain, dans toute sa complexité cognitive, motivationnelle, sociale et environnementale. Il articule quatre phases interdépendantes – réception et activation\* (*Sensory Input*), adaptation et ajustement\* (*Network Adaptation*), observation et autorégulation\* (*Participation*), consolidation et stockage\* (*Storage & Embodiment*) – traversées par une dynamique motivationnelle centrale.

SYNAPSE est un modèle systémique, complexe et simple à la fois. Complexe dans les interactions possibles entre les apports des sciences cognitives (attention, mémoire, conflit cognitif, espacement), de la psychologie motivationnelle (autonomie, compétence, lien social, valeur des tâches), de la métacognition (planification, monitoring, évaluation) et des sciences de l'éducation (situations d'apprentissage, environnements, interactions sociales). Et simple car il permet d'isoler quatre phases spécifiques de l'apprentissage, qui offrent à la fois une logique de progression et une grille de diagnostic. SYNAPSE découpe l'apprentissage en quatre moments clés – entrer dans la tâche, transformer sa compréhension, se réguler, puis consolider – pour rendre visible *où* ça avance... et *où* ça se fragilise. À chaque phase, l'IA peut devenir un levier d'étayage (amorce, feedback, miroir, révision) ou au contraire un raccourci qui donne l'illusion d'apprendre. Le modèle offre ainsi une question directrice, simple mais décisive : qu'est-ce qui se passe réellement chez l'apprenant, ici et maintenant – et comment le soutenir sans faire à sa place ? Il ne cherche pas à réduire l'acte d'apprendre à quelques cases ni à imposer un design pédagogique\* unique : il offre un langage commun pour analyser ce qui se joue réellement dans une séquence d'enseignement, avec ou sans IA.

L'originalité du modèle tient à un choix fort : commencer par la trajectoire interne de l'apprenant, et non par la technologie. Une même fonctionnalité technologique – feedback automatisé, recommandation de ressources, génération d'exemples, tableau de bord, agent conversationnel – peut renforcer ou fragiliser l'apprentissage selon la phase du processus dans laquelle elle intervient et la manière dont elle est scénarisée.

Enfin, tout le livre – et le modèle lui-même – s'appuie sur un socle empirique solide : des études menées sur le terrain, dans des contextes variés et sur divers continents, qui ont nourri des publications scientifiques. Cette assise est essentielle : elle permet de dépasser les opinions et les peurs, pour revenir à des faits, des mécanismes et des conditions d'efficacité (ou de dérive) observables.

## 1.4. Ce que le lecteur trouvera (et ne trouvera pas)

Ce livre s'adresse aux enseignants du secondaire et du supérieur, aux formateurs d'adultes, aux concepteurs pédagogiques et, plus largement, à

tous ceux qui veulent comprendre comment articuler de manière critique l'intelligence humaine et l'intelligence artificielle. Le lecteur y trouvera :

- **Une mise en perspective claire des deux intelligences** – humaine et artificielle – en distinguant ce que l'IA simule (reconnaissance de patterns, génération de réponses plausibles, adaptation statistique) de ce qu'elle ne reproduit pas (expérience subjective, jugement, construction de sens).
- **Une synthèse accessible** (simplifiée, donc indubitablement incomplète) des connaissances sur l'attention, la mémoire, la motivation, l'autorégulation et la métacognition, en lien avec les situations d'apprentissage réelles.
- **Une présentation structurée du modèle SYNAPSE**, nourrie par une méthodologie rigoureuse (revue systématique, codage thématique, analyses croisées) et par des investigations empiriques.
- **Des exemples concrets d'usages de l'IA en éducation**, discutés à la lumière de SYNAPSE : là où les outils soutiennent la compréhension, l'effort productif et la consolidation durable, et là où ils risquent d'installer la dépendance, l'illusion de savoir ou la sur-automatisation.
- **Des pistes pratiques** pour la scénarisation pédagogique, l'évaluation au service des progrès, la formation des enseignants, la construction d'une *AI literacy* professionnelle et citoyenne, et la gouvernance institutionnelle de l'IA éducative.

En revanche, le lecteur ne trouvera pas :

- Un catalogue d'applications, classées par matière ou par niveau, promis à l'obsolescence rapide.
- Des prescriptions impératives du type «il faut» ou «il ne faut pas» détachées des contextes.
- Une vision technocentrée de l'éducation où l'IA serait la solution à tous les problèmes de la classe.

Chaque chapitre cherche au contraire à armer le jugement professionnel : comprendre les mécanismes fondamentaux de l'apprentissage permet de résister aux effets de mode, de questionner les promesses technologiques, et de choisir, adapter ou refuser un outil en connaissance de cause.

## 1.5. Comment lire ce livre et comment s'y situer

Vous pouvez le lire de manière linéaire – c'est l'itinéraire le plus solide – mais il est aussi conçu pour être praticable, selon vos besoins.

- **Si vous voulez d'abord comprendre** : commencez par la Partie I, puis plongez dans la Partie II (les quatre phases). Vous gagnerez une

vision stable, qui vous permettra d'évaluer n'importe quel outil futur sans dépendre d'une mode.

- **Si vous avez besoin d'agir vite** : allez directement à la Partie III (chapitres 10 à 14) : scénariser, évaluer pour faire progresser, *AI literacy*, citoyenneté critique, puis boîte à outils.
- **Si vous occupez un poste de responsable** (direction, coordination, IT, juridique) : lisez le chapitre 11 et appuyez-vous sur les annexes 11A à 11E disponibles dans les compléments numériques (charte, déclaration d'usage, check-lists, protocole «trust but verify», cadre AI Act\* & RGPD\*).
- **Si vous travaillez en formation continue** : partez de cas concrets (une consigne, une production d'élève, un usage d'IA) et servez-vous du modèle SYNAPSE pour diagnostiquer, débattre, puis co-construire des ajustements pédagogiques.



Enfin, gardez ceci comme fil rouge : l'IA n'est pas le sujet central – l'apprentissage l'est. L'IA accélère, simplifie, suggère, persuade ; mais elle ne garantit ni la compréhension, ni la mémoire, ni le jugement. La question éducative devient alors : comment former des êtres humains capables d'apprendre, de s'adapter et de coopérer dans un monde où l'incertitude devient la norme ? – et comment faire de la technologie un instrument au service d'une autonomie intellectuelle, plutôt qu'un substitut à la pensée ?

Le pari de l'ouvrage est que les enseignants, formateurs et institutions disposent déjà d'une riche expérience du métier ; en articulant cette expérience avec un socle empirique solide et un modèle systémique comme SYNAPSE, ils peuvent transformer une période d'incertitude en opportunité : non pas « survivre » à la vague de l'IA, mais s'en servir pour réaffirmer, avec encore plus de lucidité, ce que signifie apprendre et enseigner aujourd'hui.

Au fil de votre lecture, vous découvrirez des encadrés de différents types :

-  **À RETENIR** : ils synthétisent l'essentiel et stabilisent les repères conceptuels.
-  **CÔTÉ TERRAIN** : ils proposent des protocoles, des routines et des outils prêts à l'emploi (fiches disciplinaires, scénarios courts, check-lists, *prompts*\*).
-  **POINTS DE VIGILANCE** : ils signalent, pour chaque situation, les dérives probables et les garde-fous à maintenir (délégation cognitive, illusion de maîtrise, biais, données, équité) afin que la prudence devienne une compétence pédagogique, non une crainte paralysante.

Cette structure vise un objectif unique : rendre l'implémentation rigoureuse et réaliste, en protégeant l'agentivité de l'apprenant\* et la responsabilité pédagogique de l'enseignant.

## 2. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

La révolution éducative actuelle ne peut se comprendre qu'à l'intersection de deux dynamiques majeures : la révolution numérique et l'essor des sciences cognitives. Ensemble, elles transforment les pratiques éducatives, les conditions d'accès au savoir et les formes de validation des acquis. L'école et l'université se trouvent dès lors confrontées à un double défi : intégrer les potentialités offertes par l'intelligence artificielle et les technologies numériques tout en préservant les principes fondamentaux de l'apprentissage humain et de son évaluation.

### 2.1. La révolution numérique : transformations des pratiques éducatives et professionnelles

Les dernières décennies ont vu l'essor d'environnements numériques d'apprentissage, de systèmes de gestion de l'enseignement (LMS<sup>2</sup>), et, plus récemment, d'outils d'intelligence artificielle capables de générer, analyser et adapter des contenus pédagogiques. Ces dispositifs ne se limitent pas à des supports techniques : ils transforment les rôles et redéfinissent les interactions pédagogiques entre enseignants, étudiants et savoirs (Laurillard, 2012; Luckin, 2018; Mwangi et Al-Fadhli, 2025).

Un domaine particulièrement bousculé par l'IA est celui de l'évaluation. Longtemps associée à une mesure ponctuelle et terminale, elle est aujourd'hui redéfinie comme un levier de régulation du processus d'apprentissage : l'enjeu n'est plus seulement de constater un niveau, mais d'orienter les prochaines étapes. Les fondations de cette bascule sont bien établies (Black & Wiliam, 1998; Nicol & Macfarlane-Dick, 2006) et les synthèses récentes la confirment : une *umbrella review*<sup>3</sup> montre des effets globalement positifs de l'évaluation formative\* sur les apprentissages, tout en soulignant que ces effets varient fortement selon le design pédagogique et la qualité du feedback (Sortwell *et al.*, 2024). Une méta-analyse de grande ampleur (258 tailles d'effet; 118 études primaires) observe également un

- 
2. LMS : Learning Management System, plateforme numérique permettant de créer, gérer et suivre des activités d'apprentissage en ligne.
  3. Une *umbrella review* (ou revue de synthèse de revues) est une méthode de recherche qui regroupe et analyse plusieurs revues systématiques et/ou méta-analyses sur un même sujet, afin d'offrir une vision d'ensemble des preuves disponibles et d'identifier les convergences ou divergences des résultats (Aromataris & Fernandez, 2021).



effet positif robuste sur la réussite, particulièrement lorsque le feedback est spécifique et actionnable (Yao *et al.*, 2024). Dans la même ligne, une revue systématique centrée sur l'enseignement supérieur rappelle que l'évaluation formative « ne vise pas seulement à mesurer la performance, mais à analyser les stratégies et actions nécessaires » pour réorienter et optimiser l'apprentissage (Solís Trujillo *et al.*, 2025).

C'est précisément dans ce cadre que l'introduction de l'IA change la donne : elle accélère et industrialise certaines fonctions de l'évaluation (génération de tâches, feedback immédiat, analyse de traces), tout en rendant plus fragile la frontière entre preuve d'apprentissage et preuve de production. Les outils d'*analytics* et de suivi peuvent soutenir une régulation plus fine et plus continue (Ifenthaler & Yau, 2020), mais l'IA générative impose en parallèle de repenser la validité\* des tâches, l'attribution de l'auteur, et la place du processus (brouillons, raisonnement, justification) dans ce que l'on évalue. Une revue systématique consacrée à l'IA générative et aux pratiques d'évaluation montre ainsi que le champ se reconfigure autour de nouveaux arbitrages : opportunités de personnalisation et de rapidité, mais aussi risques de contournement, de biais et de dilution des exigences, ce qui oblige à re-designer l'évaluation plutôt qu'à simplement la numériser (Zhao *et al.*, 2024).

Ce déplacement met au premier plan une compétence devenue centrale : la *feedback literacy*<sup>4</sup>, c'est-à-dire la capacité à donner, interpréter, discuter et utiliser le feedback pour progresser – côté étudiants comme côté enseignants. La littérature récente insiste sur cette articulation : il ne suffit pas que le feedback existe (même s'il est instantané et personnalisé), il faut qu'il soit approprié, critiqué, puis transformé en action d'apprentissage (Carless & Winstone, 2023). Or l'IA rend cette exigence plus aiguë encore : elle peut produire du feedback à grande échelle, mais la valeur pédagogique dépend de la qualité des critères, de la transparence et du guidage de l'enseignant (Lee & Moore, 2024), ainsi que de la manière dont les apprenants apprennent à dialoguer avec ces retours sans tomber dans l'illusion de maîtrise (Urzúa *et al.*, 2025). Autrement dit, l'IA ne résout pas l'évaluation : elle oblige à la rendre plus formative, plus processuelle, et plus explicitement orientée vers l'autonomie.

Dans le même mouvement, ces innovations soulèvent des enjeux critiques. Si l'automatisation de l'évaluation peut renforcer l'apprentissage

---

4. La *feedback literacy* désigne l'ensemble des connaissances, des capacités et des dispositions qui permettent aux apprenants (et aux enseignants) de comprendre, d'interpréter et d'utiliser efficacement le feedback afin d'améliorer leur apprentissage. Elle implique non seulement de savoir recevoir une rétroaction, mais aussi de développer la capacité à la chercher, l'évaluer, y répondre et l'intégrer dans des actions d'autorégulation (Carless & Boud, 2018).

autorégulé en donnant aux étudiants des informations rapides et précises sur leurs progrès (Shute, 2008), elle risque aussi de réduire l'expérience éducative à une série d'indicateurs\* quantitatifs, au détriment de dimensions qualitatives essentielles (compréhension, argumentation, jugement). Cette tension renforce l'exigence d'évaluations inclusives, capables de prendre en compte la diversité des profils d'apprenants et d'éviter que des formats standardisés ne deviennent des barrières pour certains publics (Nieminen *et al.*, 2024).

Enfin, l'irruption de l'IA générative reconfigure en profondeur la manière d'évaluer : plutôt que de tenter de l'exclure, nombre d'enseignants expérimentent des dispositifs qui supposent son usage, en évaluant la capacité des étudiants à analyser, critiquer et justifier les productions générées (Kizilcec *et al.*, 2024 ; Weng *et al.*, 2024). L'évaluation illustre ainsi l'ambivalence de la révolution numérique et cognitive : elle peut devenir un levier puissant de différenciation, de responsabilisation et d'inclusion, mais elle peut aussi renforcer une dépendance aux algorithmes\*, au détriment d'une compréhension réflexive et critique des apprentissages.

## **2.2. L'importance de comprendre les fondements de l'apprentissage et du fonctionnement de l'IA**

La gestion de ces nouveaux environnements suppose non seulement de connaître les processus d'apprentissage humain<sup>5</sup> – attention, mémoire, motivation, communication – mais tout autant de comprendre les principes de bases du fonctionnement de l'intelligence artificielle. Il ne s'agit pas pour les enseignants de maîtriser toute la complexité technique des algorithmes d'intelligence artificielle – tâche réservée aux spécialistes du domaine, qui avouent eux-mêmes que certaines zones restent obscures à leur expertise –, mais de comprendre les principes essentiels de leur fonctionnement. Cette compréhension, même à un niveau général, est suffisante pour tirer parti des potentialités éducatives de l'IA tout en évitant ses biais et dérives les plus fréquents (Luckin *et al.*, 2016 ; Holmes *et al.*, 2019). Comme le rappelle Dehaene (2018), enseigner suppose d'orchestrer des mécanismes cognitifs complexes ; comme l'illustrent Russell et Norvig (2021), utiliser l'IA suppose de saisir les principes de l'apprentissage automatique, de l'optimisation et de la prédiction statistique.

---

5. Les *processus d'apprentissage humain* désignent l'ensemble des mécanismes cognitifs, métacognitifs, motivationnels, affectifs et sociaux qui permettent à un individu de percevoir, encoder et mémoriser des informations, de réguler ses stratégies, de mobiliser ses ressources émotionnelles et motivationnelles, et de construire des connaissances en interaction avec autrui. Ils incluent également des processus adaptatifs et créatifs tels que le transfert, la résolution de problèmes et la plasticité cérébrale (Zimmerman, 2002 ; Pekrun, 2006 ; Sawyer, 2012).

En somme, l'enjeu pour les enseignants ne serait plus uniquement de développer une pédagogie fondée sur les sciences cognitives, mais de devenir capables d'identifier ce que l'IA peut et ne peut pas faire, afin d'intégrer ses apports de manière critique et raisonnée (Holmes *et al.*, 2023). Sans cette double compétence – didactique et numérique – il devient difficile d'accompagner les apprenants dans des environnements où les frontières entre effort humain et automatisation algorithmique s'estompent.

Ce savoir réflexif est d'autant plus important que les apprenants eux-mêmes, souvent décrits comme des «*digital natives*»<sup>6</sup>, ne disposent pas nécessairement des compétences métacognitives et critiques nécessaires pour comprendre et réguler leurs interactions avec les technologies (Chardonens, 2025; Kirschner & De Bruyckere, 2017). La responsabilité éducative est donc de doter enseignants et étudiants d'une compréhension partagée, à la fois des mécanismes d'apprentissage humain et des logiques techniques de l'intelligence artificielle, afin d'éviter une délégation aveugle de la motivation, de l'attention et de l'évaluation aux systèmes automatisés.

### 2.3. Limites des approches existantes : fragmentation des modèles

De nombreux modèles théoriques ont tenté de conceptualiser l'apprentissage à l'ère numérique, mais chacun présente des limites lorsqu'il s'agit d'intégrer simultanément la dimension cognitive, motivationnelle et technologique. En voici quelques-uns :

Le connectivisme\* (Siemens, 2005) a souligné l'importance des réseaux numériques dans l'accès au savoir, mais il a souvent été critiqué pour son manque d'assise empirique et sa faible prise en compte des mécanismes cognitifs internes (Clarà & Barberà, 2013). Le connectivisme considère que le savoir n'est pas uniquement situé dans l'individu, mais réparti au sein de réseaux numériques, humains et non-humains, et que l'apprentissage correspond à la capacité de créer, entretenir et parcourir ces réseaux. Cette approche met l'accent sur la diversité, la connectivité et les processus d'auto-organisation plutôt que sur des mécanismes strictement internes de la cognition (Glassner & Back, 2020; Downes, 2020). Depuis 2017, plusieurs études ont testé des dispositifs connectivistes<sup>7</sup>, notamment des cours en ligne massifs (cMOOC, pour *connectivist MOOC*\*, centrés sur l'apprentissage en

---

6. Notamment la génération Z, née entre 1997 et 2020. Chardonens, S. (2025). Adapting educational practices for Generation Z: Integrating metacognitive strategies and artificial intelligence. *Frontiers in Education*, 10, 1504726. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1504726>

7. *Connectivism and Connective Knowledge (CCK08)* de Siemens, Downes, & Cormier (2008), souvent cité comme le premier cMOOC.

réseau et la co-construction de ressources), des algorithmes de mise en relation entre pairs ou des environnements numériques d'apprentissage. Les résultats suggèrent que ces designs favorisent l'engagement, la persistance et la mise en pratique des connaissances, même si les effets restent très dépendants des contextes (Bleojua *et al.*, 2020; Kim, 2022; Waßmann *et al.*, 2017). Des analyses reposant sur le *machine learning*\* confirment également que les forums\* ou les systèmes de jumelage peuvent prédire certaines formes d'engagement (Sánchez Sordo, 2019). Toutefois, les critiques récurrentes demeurent : le connectivisme dispose encore d'une base empirique limitée et n'explique pas de manière fine les mécanismes cognitifs internes impliqués dans l'apprentissage (Glassner & Back, 2020; Downes, 2020).

Les domaines du *Learning Analytics*\* (LA) et de l'*Educational Data Mining* (EDM)\* se sont imposés comme des approches majeures pour exploiter les données issues des environnements numériques d'apprentissage. Tandis que le LA vise à mesurer, collecter et analyser des traces afin d'optimiser les parcours en temps réel (Long & Siemens, 2011), l'EDM met davantage l'accent sur l'extraction automatique de motifs et la construction de modèles prédictifs à grande échelle (Romero & Ventura, 2010). Historiquement, ces champs ont été critiqués pour leur vision instrumentale, centrée sur la performance mesurable et les indicateurs quantitatifs (Gašević, Dawson, & Siemens, 2015; Viberg *et al.*, 2018), parfois au détriment d'une compréhension qualitative des dynamiques humaines d'apprentissage. Cette orientation a soulevé des enjeux éthiques, liés notamment à la surveillance des étudiants et au manque de transparence des modèles (Prinsloo & Slade, 2017). Des travaux intègrent désormais les dimensions motivationnelles et socio-émotionnelles (Schumacher & Ifenthaler, 2018; Rienties & Rivers, 2014), développent des approches multimodales permettant d'analyser émotions et régulations sociales (Nguyen, Järvelä, & Rosé, 2021), et proposent des modèles plus explicables et éthiques. Ainsi, l'avenir du domaine semble résider dans une approche hybride, combinant la puissance prédictive des données massives et la richesse interprétative des analyses qualitatives, afin de mieux comprendre et soutenir les processus complexes de l'apprentissage humain (Siemens & Baker, 2012).

La *Self-Determination Theory* (SDT) (Deci & Ryan, 2000) a fourni un cadre robuste pour comprendre l'importance des besoins psychologiques fondamentaux (autonomie, compétence, affiliation), mais elle s'avère difficile à transposer dans des environnements numériques dominés par la logique algorithmique. La transposition de la SDT dans des environnements numériques pilotés par algorithmes produit des résultats contrastés. D'un côté, plusieurs études soulignent que la gestion algorithmique peut réduire l'autonomie, la compétence et la qualité des relations sociales, en accroissant par exemple le burnout des travailleurs de plateformes numériques soumis à des

évaluations automatisées et opaques (Peng, Wei, Loi, & Li, 2024), ou encore en limitant la marge de décision des individus dans des environnements professionnels ou cliniques fortement standardisés (Gagné *et al.*, 2022; Bunce *et al.*, 2025). Les usages intensifs des médias sociaux illustrent aussi ces tensions, pouvant tantôt soutenir tantôt frustrer les besoins psychologiques fondamentaux des adolescents selon les conditions de conception et d'usage (West, Rice, & Vella-Brodrick, 2024). À l'inverse, d'autres travaux mettent en évidence la pertinence et la fécondité de la SDT dans des contextes numériques bien conçus : la perception d'autonomie et de compétence renforce l'adoption de technologies dans les véhicules autonomes (Xie *et al.*, 2023), des applications mobiles redessinées selon les principes de la SDT améliorent le bien-être des personnes âgées (Zhang *et al.*, 2022), et des outils collaboratifs en soins résidentiels peuvent favoriser les liens avec la parenté et l'efficacité collective (van Steenberg, Ongena, & Versendaal, 2022). Dans le champ éducatif, l'introduction d'assistants IA peut accroître l'engagement des étudiants lorsque la technologie soutient la compétence et la communication (Wang & Wu, 2025), tandis qu'en santé, l'usage d'outils d'IA s'accompagne d'un bien-être accru via la satisfaction des besoins psychologiques (Huo, Li, Liang, Wang, & Li, 2025). Ces résultats suggèrent que les tensions entre contrôle algorithmique et soutien motivationnel ne sont pas inéluctables : des stratégies de design centré sur la SDT, de transparence des feedbacks et de gouvernance participative peuvent contribuer à réconcilier technologies algorithmiques et besoins humains fondamentaux (Chiu, Falloon, Song, & Zhao, 2024).

Le mouvement du *Deeper Learning* constitue une contribution marquante à la réflexion éducative contemporaine. En distinguant trois domaines de compétences transférables – cognitives (pensée critique, résolution de problèmes), intrapersonnelles (autorégulation, adaptabilité) et interpersonnelles (collaboration, leadership) –, il offre un cadre théorique robuste reliant la recherche sur l'apprentissage aux pratiques pédagogiques et évaluatives (Pellegrino & Hilton, 2012). Ce modèle systémique a permis de mettre en avant la nécessité de former des apprenants capables non seulement de maîtriser des contenus, mais aussi de mobiliser des compétences transversales pour relever les défis complexes du *xxi<sup>e</sup>* siècle. Toutefois, la recherche a également mis en lumière plusieurs limites. La granularité parfois insuffisante de concepts comme la « pensée critique » rend leur opérationnalisation difficile en tâches observables et évaluables (Sergis & Sampson, 2019). De plus, l'écart entre les fondements théoriques et leur traduction dans les environnements technologiques reste problématique, le mouvement fournissant peu de pistes concrètes pour intégrer ces compétences dans les dispositifs numériques, laissant une grande part de la responsabilité aux enseignants (Harris & Krajcik, 2019; Keane, Keane, & Blicblau, 2016). Néanmoins, des avancées notables ont vu le jour depuis

2012. L'*Evidence-Centered Design Model* (E-CDM) propose des méthodologies rigoureuses pour concevoir des évaluations numériques capturant les connaissances en usage (Harris & Krajcik, 2019). L'apprentissage par projet, lorsqu'il est articulé autour de la production de *usable knowledge*, favorise le transfert\* des savoirs entre disciplines (Miller & Krajcik, 2019). Des cadres tels que CoLeCTTE fournissent des recommandations opérationnelles pour guider l'intégration des outils technologiques et organiser les interactions collaboratives (Godat, 2012), tandis que les modèles hybrides comme DECBL<sup>8</sup> explorent de nouvelles architectures pédagogiques combinant synchrone et asynchrone pour soutenir le développement de compétences transversales (Liang & Zhao, 2023). En somme, si le *Deeper Learning* a posé des bases conceptuelles solides, sa traduction en environnements numériques demeure un chantier en évolution, appelant un meilleur alignement\* entre objectifs pédagogiques et affordances technologiques.

Ces approches, bien que précieuses, demeurent fragmentées. Chacune éclaire une facette de l'apprentissage, mais aucune ne parvient à articuler de manière cohérente la complexité des processus cognitifs, motivationnels et technologiques. Le connectivisme insiste sur les réseaux numériques mais néglige les mécanismes internes de la cognition (Clarà & Barberà, 2013; Glassner & Back, 2020), tandis que les *Learning Analytics* et l'*Educational Data Mining* privilégient l'optimisation prédictive au risque d'une vision instrumentale de l'apprentissage (Gašević, Dawson, & Siemens, 2015; Viberg *et al.*, 2018). La *Self-Determination Theory* apporte un cadre robuste sur les besoins psychologiques fondamentaux (Deci & Ryan, 2000), mais son intégration dans des environnements algorithmiques reste difficile et ambivalente (Gagné *et al.*, 2022; Peng *et al.*, 2024). Quant au *Deeper Learning*, il a posé des bases solides pour la formation de compétences transversales, mais peine encore à se traduire en dispositifs numériques opérationnels (Pellegrino & Hilton, 2012; Sergis & Sampson, 2019).

---

8. DECBL renvoie ici à un modèle hybride d'apprentissage (*blended + collaboratif*) visant à soutenir un apprentissage profond : il combine des activités en ligne et en présence avec des tâches coopératives structurées (communication, partage, pratique collaborative, auto-évaluation), afin de développer des compétences de haut niveau (analyse, transfert, résolution de problèmes). Voir : Fang, Q. (2022). *A blended collaborative learning model aiming to deep learning*. *SHS Web of Conferences*, 140, 01017. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214001017>

Tableau 1. Limites des approches existantes

| Approche                               | Référence                                     | Apports                                                                                      | Limites                                                                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Connectivisme                          | Siemens, 2005                                 | Réseaux numériques, auto-organisation, co-construction (cMOOC, <i>pair matching</i> )        | Base empirique discutée ; mécanismes cognitifs internes peu explicités                                |
| <i>Learning Analytics</i> & EDM        | Long & Siemens, 2011 ; Romero & Ventura, 2010 | Exploitation de traces ; optimisation en temps réel ; modèles prédictifs à grande échelle    | Risque d'instrumentalisme (performance/indicateurs) ; enjeux éthiques (surveillance, opacité)         |
| <i>Self-Determination Theory</i> (SDT) | Deci & Ryan, 2000                             | Besoins psychologiques (autonomie, compétence, affiliation) ; cadre robuste motivationnel    | Transposition ambivalente en environnements algorithmiques ; tensions contrôle vs soutien des besoins |
| <i>Deeper Learning</i>                 | Pellegrino & Hilton, 2012                     | Compétences transférables (cognitives, intra-, interpersonnelles) ; pont recherche-pratiques | Concepts parfois peu opérationnalisables ; traduction numérique insuffisamment guidée                 |

C'est précisément dans cet espace théorique et pratique que s'inscrit le modèle SYNAPSE<sup>9</sup> (Chardonnnens, 2025), le fil conducteur et l'objet central de cet ouvrage. Conçu comme une tentative de dépassement de la fragmentation des approches, il propose une compréhension intégrée des phases de l'apprentissage humain en articulant sciences cognitives, dynamiques motivationnelles et implications technologiques. En distinguant quatre étapes – réception et activation des informations, adaptation et ajustement, observation et autorégulation, consolidation et stockage – et en plaçant la dynamique motivationnelle au centre du processus, SYNAPSE structure l'ensemble du livre : il sert à la fois de grille de lecture pour analyser ce qui se joue lorsqu'on apprend, et de cadre pour examiner, de manière nuancée, comment les technologies – notamment l'intelligence artificielle – peuvent soutenir ou entraver l'apprentissage.

Dans une perspective cognitiviste, le modèle insiste sur un principe fondamental : c'est à l'individu de rester maître de son apprentissage. Les outils numériques et algorithmiques peuvent enrichir chaque phase – par exemple en facilitant l'activation des connaissances par la simulation, en

9. S.Y.N.A.P.S.E : Sensory Input, Network Adaptation, Participation, Storage & Embodiment. Chardonnnens, S. (2025). The SYNAPSE MODEL: An innovative approach to integrating human learning and artificial intelligence. *Proceedings of the International Academic Conference on Education*, 2(1). <https://doi.org/10.33422/iaceducation.v2i1.1270>

soutenant l'adaptation par des environnements interactifs, en favorisant l'autorégulation via des systèmes de feedbacks adaptatifs, ou en consolidant la mémoire grâce à des révisions personnalisées. Mais leur rôle doit demeurer celui de médiateurs et de facilitateurs, et non de substituts aux processus réflexifs et motivationnels de l'apprenant.

Ainsi, l'enjeu n'est pas d'opposer l'humain à la machine, mais de concevoir un cadre où les technologies trouvent leur juste place dans l'économie de l'apprentissage. Le modèle SYNAPSE propose précisément cette vision d'ensemble : il permet de relier les apports dispersés des recherches existantes, tout en guidant les enseignants, les chercheurs et les concepteurs d'IA éducative vers une pédagogie qui reconnaît l'autonomie cognitive et motivationnelle des apprenants. En ce sens, SYNAPSE ne se présente pas simplement comme un modèle supplémentaire, mais comme une architecture intégrative et évolutive, capable d'éclairer la manière dont les technologies peuvent être mobilisées de façon critique, éthique et humaniste pour soutenir un apprentissage authentiquement durable.

### **3. POSITIONNEMENT DU MODÈLE SYNAPSE**

#### **3.1. Pourquoi SYNAPSE : un modèle intégrateur pour comprendre et piloter l'apprentissage à l'ère de l'IA**

Le modèle SYNAPSE est né d'un constat devenu impossible à ignorer : l'apprentissage humain est aujourd'hui décrit par une pluralité de travaux robustes – en sciences cognitives, psychologie motivationnelle, métacognition, sciences de l'éducation – et, dans le même temps, l'intelligence artificielle s'installe dans les pratiques pédagogiques à un rythme plus rapide que celui des cycles curriculaires et de la formation des enseignants. Cette accélération crée un paradoxe : jamais nous n'avons eu autant d'outils capables de fournir des explications, des feedbacks, des simulations, des parcours dits « adaptatifs », et jamais le risque n'a été aussi grand de confondre assistance et apprentissage, production et compréhension, automatisation et autonomie.

SYNAPSE est le fruit d'un développement au long cours, mené sur plusieurs années et adossé à un travail doctoral (Chardonnnens, 2021 ; Chardonnnens, 2023 ; Chardonnnens, 2024 ; Chardonnnens, 2025). Il ne s'agit pas d'un modèle « technologique » visant à optimiser l'usage de l'IA, ni d'un schéma réducteur prétendant enfermer l'acte d'apprendre dans quelques catégories. Le modèle fonctionne en contexte *low-tech* comme *high-tech* : qu'il y ait IA, numérique ou non, il décrit d'abord ce que l'apprenant peut idéalement faire pour apprendre durablement – et comment l'environnement

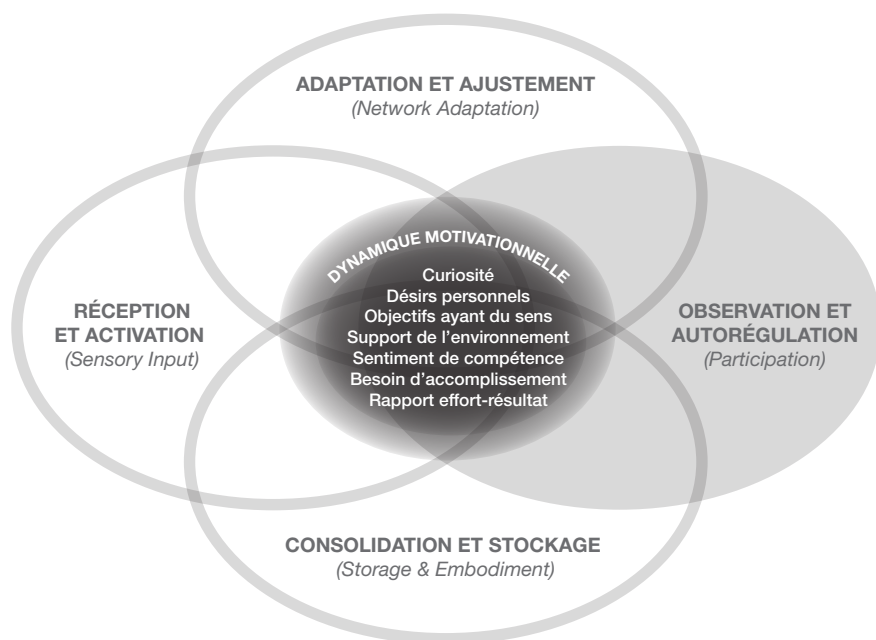


peut soutenir ou au contraire court-circuiter son apprentissage. En d'autres termes, le modèle propose un cadre intégratif qui relie la trajectoire interne de l'apprenant (attention, activation des connaissances antérieures, ajustement des représentations, régulation, consolidation) à la dynamique motivationnelle et aux médiations technologiques, afin d'aider d'abord les apprenants, mais aussi les enseignants, formateurs et concepteurs d'environnements d'apprentissage à prendre de meilleures décisions : quand et comment soutenir l'élève, quand au contraire limiter l'assistance, et comment préserver l'agentivité dans des contextes désormais saturés de recommandations algorithmiques.

### **3.2. Architecture générale : quatre phases articulées et des boucles rétroactives**

Le modèle SYNAPSE décrit l'apprentissage comme un processus qui mobilise nécessairement quatre phases étroitement liées, même si leur déroulement n'est pas strictement linéaire. Tout apprentissage débute par une phase de réception et d'activation, ensuite, l'apprenant navigue entre l'adaptation et l'ajustement, l'observation et l'autorégulation, et la consolidation et le stockage ; il peut naviguer malgré lui ou volontairement entre ces phases, en fonction des exigences de la tâche, de son niveau de familiarité avec le contenu, de l'état de ses ressources cognitives et métacognitives, ainsi que des rétroactions disponibles dans l'environnement. Cette architecture rend compte d'une réalité fréquente : apprendre ressemble rarement à une progression régulière. Le processus comporte des retours, des hésitations, des accélérations, et une série de microboucles où l'on réactive, ajuste, contrôle et reconsolide en continu.

Ces boucles ne sont pas seulement cognitives : elles sont aussi motivationnelles. La dynamique motivationnelle interagit avec chaque phase – en soutenant l'engagement initial, en influençant la persévérance lors des ajustements, en renforçant (ou fragilisant) l'autorégulation face aux difficultés, et en consolidant l'apprentissage lorsque l'apprenant perçoit du sens, de la compétence et des progrès. Inversement, les réussites, les feedbacks et la compréhension obtenue à une phase donnée peuvent relancer la motivation, tandis que la surcharge, l'incertitude ou des retours peu exploitables peuvent la freiner. SYNAPSE permet ainsi de lire l'apprentissage comme une orchestration\* dynamique : un passage par quatre phases, traversées de boucles d'interaction où cognition, métacognition et motivation se co-régulent.



**Figure 1. SYNAPSE**

Les quatre phases constituent ainsi quatre fonctions essentielles que tout apprentissage durable mobilise, avec des intensités variables. Ces fonctions ne dépendent pas des technologies : elles peuvent être mises en œuvre sans IA, au moyen de gestes didactiques, d'interactions, de tâches soigneusement conçues et de rétroactions humaines. Lorsque l'IA est introduite, elle ne remplace pas cette orchestration ; elle peut l'amplifier et l'accélérer, mais elle introduit aussi des effets indésirables possibles, qu'il faut anticiper et encadrer. Dans la partie II, chaque phase sera examinée en profondeur, à partir d'exemples concrets, de repères d'analyse et de stratégies pédagogiques, en discutant de manière nuancée ce que les outils d'IA peuvent apporter – et ce qu'ils peuvent fragiliser – selon le moment précis où ils interviennent dans le processus d'apprentissage.

Ce point mérite d'être souligné : l'effet de l'IA dépend fortement du moment où elle intervient. Une même fonctionnalité – reformulation, feedback automatisé, tableau de bord, aide à la planification – peut renforcer l'apprentissage lorsqu'elle s'insère au bon endroit et soutient l'activité cognitive de l'élève ; mais elle peut aussi le fragiliser si elle devance le travail d'élaboration, détourne l'attention, ou installe une forme de dépendance. L'apport de SYNAPSE est précisément de proposer un langage temporel pour analyser ces effets : non pas évaluer l'IA « en bloc », mais comprendre

# Les enjeux de l'interaction entre intelligence humaine et IA en éducation

L'avènement de l'intelligence artificielle bouscule et révolutionne l'éducation. Entre fascination et inquiétude, les repères pédagogiques des apprenants comme des enseignants sont mis à l'épreuve. Des outils tels que ChatGPT sont déjà largement utilisés en classe, mais sans cadre pédagogique clair pour maximiser leurs bienfaits tout en limitant les risques. S'appuyant sur les dernières recherches en sciences cognitives, Sarah Chardonens revient aux fondements théoriques de l'apprentissage, en posant les jalons d'un dialogue entre deux formes d'intelligence : humaine et artificielle. Par le biais d'un modèle en quatre phases, elle présente les fonctions que tout apprentissage durable mobilise :

- Réception et activation ;
- Adaptation et ajustement ;
- Observation et autorégulation ;
- Consolidation et mémoire.

Chaque phase est ensuite examinée à partir d'exemples concrets, de repères d'analyse et de stratégies pédagogiques, précisant, tout en nuance, ce que l'IA peut apporter ou fragiliser.

Ce livre fournit aux enseignants les outils nécessaires pour garantir que l'apprentissage reste un processus actif, réflexif et motivant à l'ère de l'IA.

**Sarah Chardonens** est docteure en Sciences de l'Éducation, formatrice et didacticienne à la Faculté des Sciences de l'Éducation et de la Formation de l'Université de Fribourg, spécialisée dans les processus d'apprentissage. Elle contribue à la formation des enseignants tout en développant des recherches sur les liens entre apprentissage humain, métacognition, autorégulation et IA. Elle est membre distinguée de la American Society for AI et chercheur scientifique affiliée au Massachusetts Institute of Technology (MIT).

DANS LA MÊME COLLECTION

deboeck **B**  
SUPÉRIEUR

32,90€

ISBN 978-2-8073-7188-0

ISSN 0777-5245



www.deboecksuperieur.com