

Apprendre à l'ère de l'IA

Apports des sciences cognitives

Xavier Aparicio

Professeur des Universités en Psychologie Cognitive
Laboratoire CHArt-UPEC - Équipe Sciences Cognitives et Éducation
INSPE de l'Académie de Créteil

Mél : xavier.aparicio@u-pec.fr

<https://www.researchgate.net/profile/Xavier-Aparicio>

Plan de la présentation

- I. Introduction : vers une pédagogie numérique
- II. Que nous apprennent les sciences cognitives sur l'apprentissage ?
- III. Apports démontrés de l'IA pour les apprentissages
- IV. Contraintes, risques et angles morts
- V. Vers un usage de l'IA « cognitivement informé »

Plan de la présentation

- I. Introduction : vers une pédagogie numérique
- II. Que nous apprennent les sciences cognitives sur l'apprentissage ?
- III. Apports démontrés de l'IA pour les apprentissages
- IV. Contraintes, risques et angles morts
- V. Vers un usage de l'IA « cognitivement informé »

Vers une pédagogie numérique

- « Les livres seront bientôt obsolètes dans les écoles. Les élèves recevront un enseignement visuel. Il est possible d'enseigner tous les domaines de la connaissance humaine par le cinéma. Notre système scolaire va complètement changer d'ici 10 ans. Nous travaillons depuis un certain temps sur les films scolaires. Nous avons étudié et reproduit la vie de la mouche, du moustique, du ver à soie, de la mite brune, des papillons et d'autres insectes, ainsi que de la cristallisation chimique. Nos travaux montrent de façon concluante la valeur des films dans l'enseignement de la chimie, de la physique et d'autres domaines, ce qui rend les connaissances scientifiques, difficiles à comprendre dans les livres, claires et simples pour les enfants. »
- **T. Edison (1913), répondant à la question : « Quel est votre avis sur la valeur pédagogique du cinéma ? » (Source Amadiou & Tricot, 2013)**



Vers une pédagogie numérique

- La valeur pédagogique du numérique est l'objet de beaucoup d'espoirs, et de spéculations (mythes).
- Le but des recherches à l'heure actuelle est **d'identifier les plus-values** de différentes technologies utilisées pour les apprentissages → résultats très nuancés !
- **Evolution rapide** de la technologie (rapidité d'accès aux informations, développement des moteurs de recherche, augmentation des débits de données...) qui suscite des attentes fortes.
- **Apprentissage ubiquitaire** : supports mobiles (tablettes, smartphones) a explosé ces dernières années (Margaryan et al., 2011).
- Dispositifs techniques plus conviviaux et faciles d'accès permettant aux enseignants et formateurs de construire des ressources numériques rapidement sans connaissance d'un langage informatique particulier.

Une mutation profonde des environnements d'apprentissage

- **Essor récent de l'IA**, en particulier des modèles génératifs.
 - Transformation rapide des pratiques d'enseignement et d'apprentissage.
- **Outils accessibles**, intuitifs, massivement utilisés sans qu'un cadre institutionnel n'ait pu être clairement défini.
- Elèves : rédiger, résumer, traduire, expliquer ou résoudre des problèmes.
- Enseignants : préparation de cours, génération de supports

Une mutation profonde des environnements d'apprentissage

Avantages

- Potentiel immense pour renforcer les apprentissages

Risques de dérives

- Automatisation excessive
- Désengagement cognitif
- Dépendance
- Informations erronées

Dans ce contexte, les sciences cognitives offrent un cadre rigoureux pour analyser « ce que fait » l'IA à un système apprenant et dessiner des conditions d'usages bénéfiques.

IA : lecture cognitive et non débat technologique

- Au-delà du débat pour ou contre l'IA, recentrer sur les apprentissages et leurs difficultés au prisme des sciences cognitives :
 - Attention limitée ;
 - Mémoire de travail contrainte ;
 - Feedback ;
 - Récupération ;
 - Métacognition ;
 - Automatisation.
- **L'IA n'est pas un substitut mais un amplificateur** : renforcement de ce qui favorise l'apprentissage, mais aussi exacerbe ce qui le fragilise.

Apports, contraintes et conditions d'un « bon usage »

- Trois objectifs centraux :

1

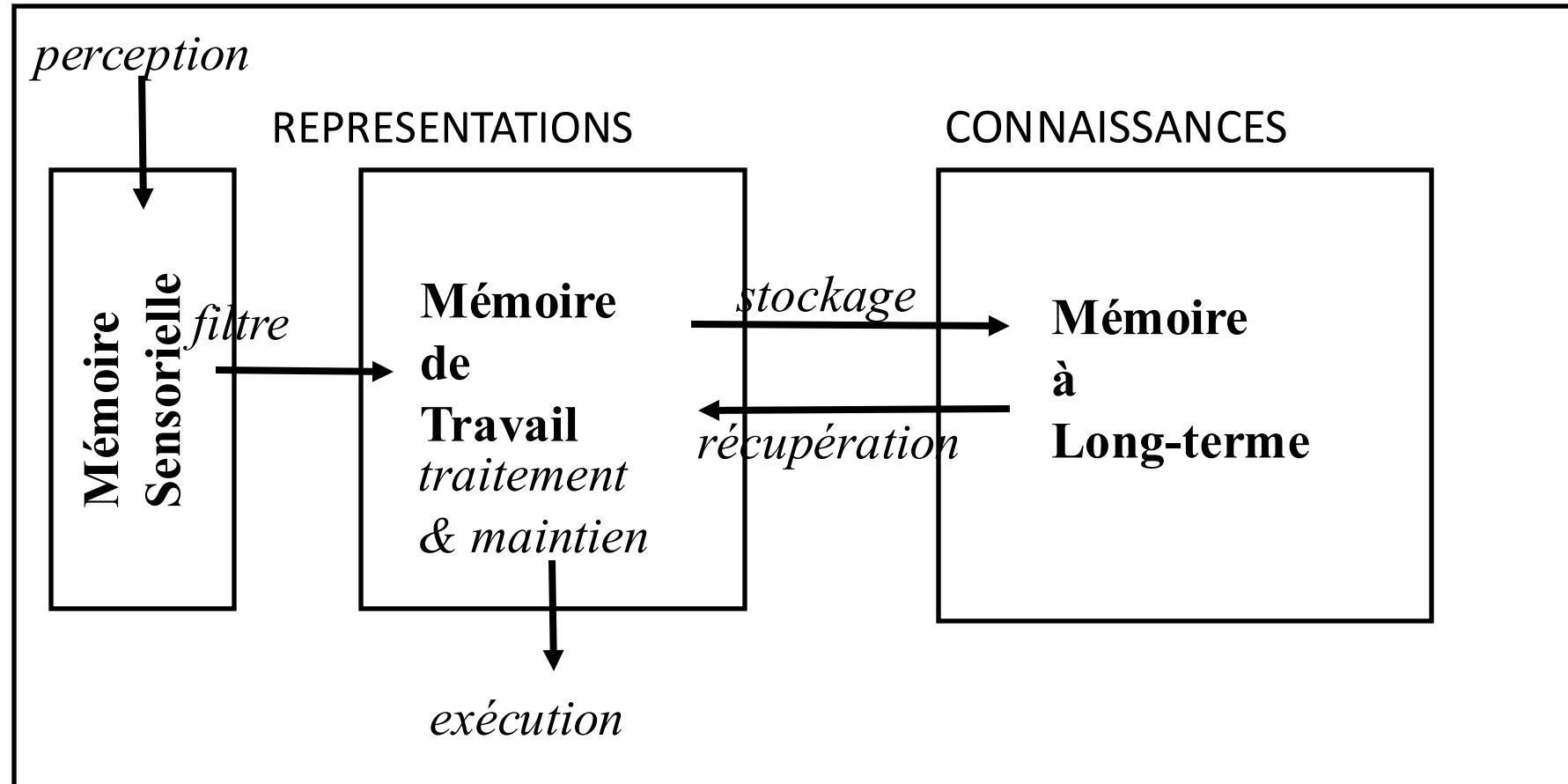
- Mise en évidence des apports avérés de l'IA
- Assise empirique solide

Plan de la présentation

- I. Introduction : vers une pédagogie numérique
- II. Que nous apprennent les sciences cognitives sur l'apprentissage ?
- III. Apports démontrés de l'IA pour les apprentissages
- IV. Contraintes, risques et angles morts
- V. Vers un usage de l'IA « cognitivement informé »

La mémoire humaine

Le système 'classique' de traitement de l'information

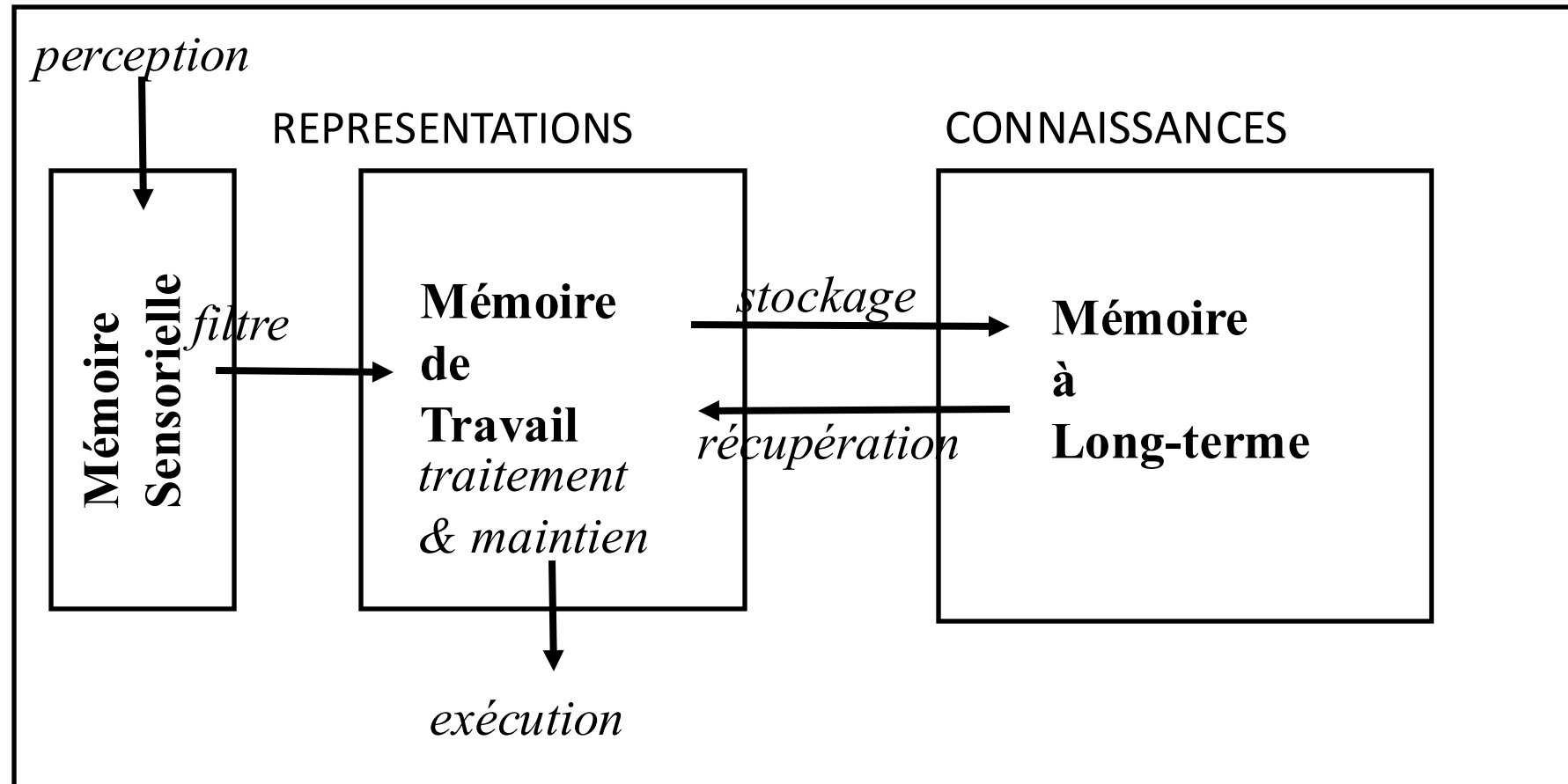


Deux évolutions majeures ces 40 dernières années:

- travaux sur le fonctionnement de la mémoire de travail
- travaux sur la nature des connaissances stockées en mémoire à long-terme

La mémoire humaine

Une architecture cognitive à capacité limitée



Deux évolutions majeures ces 40 dernières années:

- travaux sur le fonctionnement de la mémoire de travail
- travaux sur la nature des connaissances stockées en mémoire à long-terme

Encoder, consolider, récupérer

Encoder

- Moment où l'information est traitée pour la première fois.
- Efficacité +++ avec apprenant actif

Consolider

- Permet à l'information de devenir stable et accessible dans le temps
- Répétition espacée, variation des contextes, alternance de tâches.

Récupérer

- Rechercher activement l'information en mémoire.
- L'effet des tests montre que rappeler une connaissance renforce sa mémorisation

Encoder, consolider, récupérer

Encoder

- Moment où l'information est traitée pour la première fois.
- Efficacité +++ avec apprenant actif

Consolider

- Permet à l'information de devenir stable et accessible dans le temps
- Répétition espacée, variation des contextes, alternance de tâches.

Récupérer

- Rechercher activement l'information en mémoire.
- L'effet des tests montre que rappeler une connaissance renforce sa mémorisation

- **Soutien possible de ces mécanismes par l'IA :**
 - Tuteur intelligent ;
 - Révision adaptative ;
 - Chatbot demandant une justification
- Une IA qui donne directement la réponse court-circuite ces trois mécanismes, créant une illusion d'apprentissage rapide mais sans ancrage durable.

Feedback et retour sur erreur

Feedback : levier central de progrès dès lors qu'il est :

- Spécifique ;
- Compréhensible ;
- Orienté vers l'action ;
- Centré sur la tâche.
- ➔ comprendre où se situe l'erreur, ce qui est réussi, comment progresser.

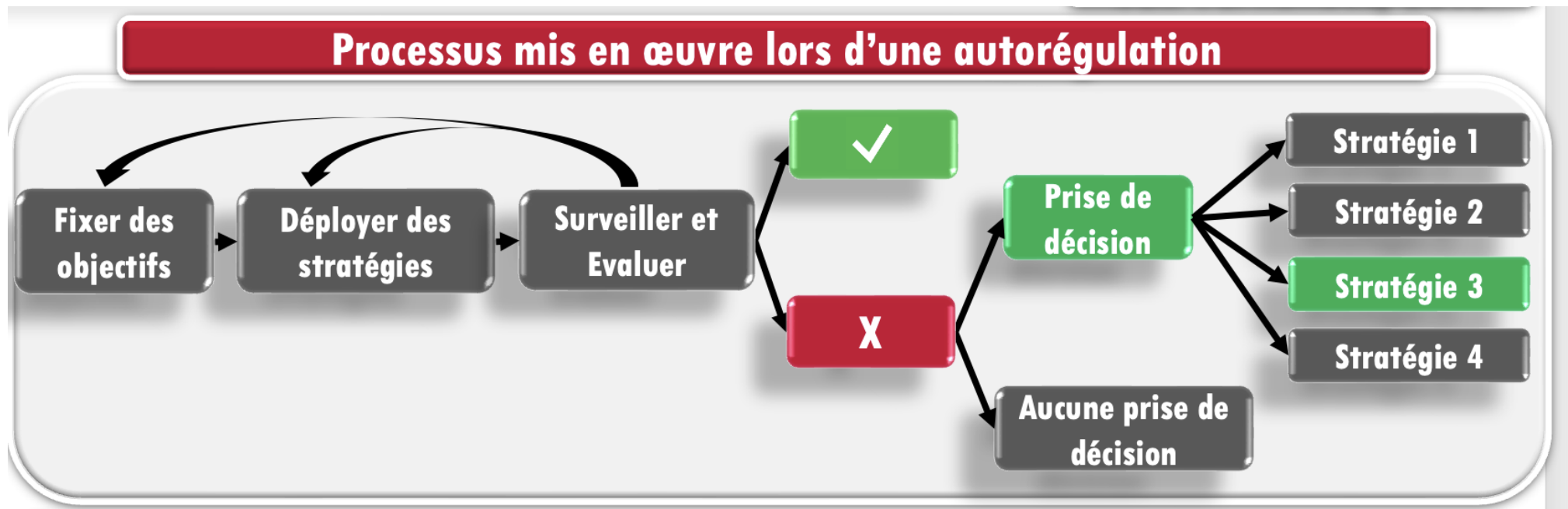
Amplification du feedback possible avec l'IA

- Feedback immédiat ;
- Détail des processus cognitifs impliqués ;
- Repérage des erreurs typiques ;
- Corrections guidées

- Un feedback généré automatiquement peut être trop générique, inexact ou insuffisamment aligné avec l'objectif d'apprentissage.
 - Perte de la fonction formative ;
 - Induction en erreur.
 - Enjeu = concevoir et/ou utiliser des outils d'IA capables d'expliquer pourquoi une réponse est incorrecte et comment la corriger, plutôt que de signaler qu'elle est fausse.

Métacognition, auto-régulation et risques d'illusion de compétences

- Métacognition = capacité à réfléchir sur sa propre compréhension, évaluer ses stratégies et réguler son effort



Métacognition, auto-régulation et risques d'illusion de compétences

IA : entraîneur cognitif

- Formuler un plan de travail ;
- Explicitation de raisonnement ;
- Justification ;
- Rappel des objectifs

IA : illusion de compétence

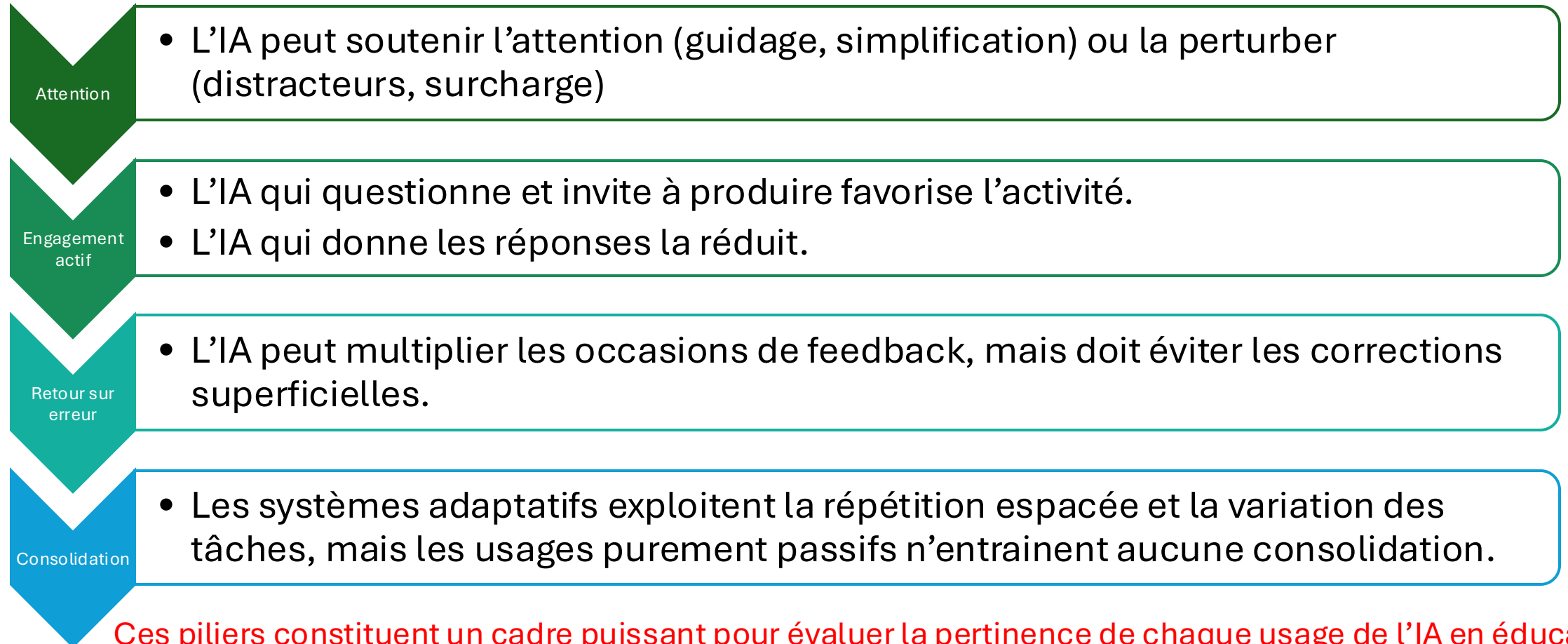
- Production fluide, convaincante → apprenant peut penser qu'il maîtrise une notion en lisant une bonne explication produite par la machine.

Risque majeur dans les apprentissages profonds (compréhension, raisonnement, résolution de problèmes) où l'effort cognitif est indispensable.

Cognition étendue et l'équilibre entre soutien et dépendance

- **Cognition étendue, offloading** (Morrison & Risko, 2022) : les outils numériques étendent et externalisent nos capacités cognitives (mémoire, calcul, recherche d'information, etc.)
- L'IA va plus loin en **externalisant** rédaction, synthèse, inférence, raisonnement.
- **Bénéfices** : libération de ressources pour des traitements plus complexes (analyse, comparaison, évaluation critiques)
- **Effet délétère** : prive l'apprenant des pratiques nécessaires au développement des automatismes fondamentaux (décodage, calcul, rédaction initiale, structuration des idées).
- **Nécessaire de déterminer tout ce qui doit rester interne et ce qui peut être externalisé sans nuire au développement des compétences.**

Les quatre piliers de l'apprentissage (Dehaene, 2013) relus à l'ère de l'IA

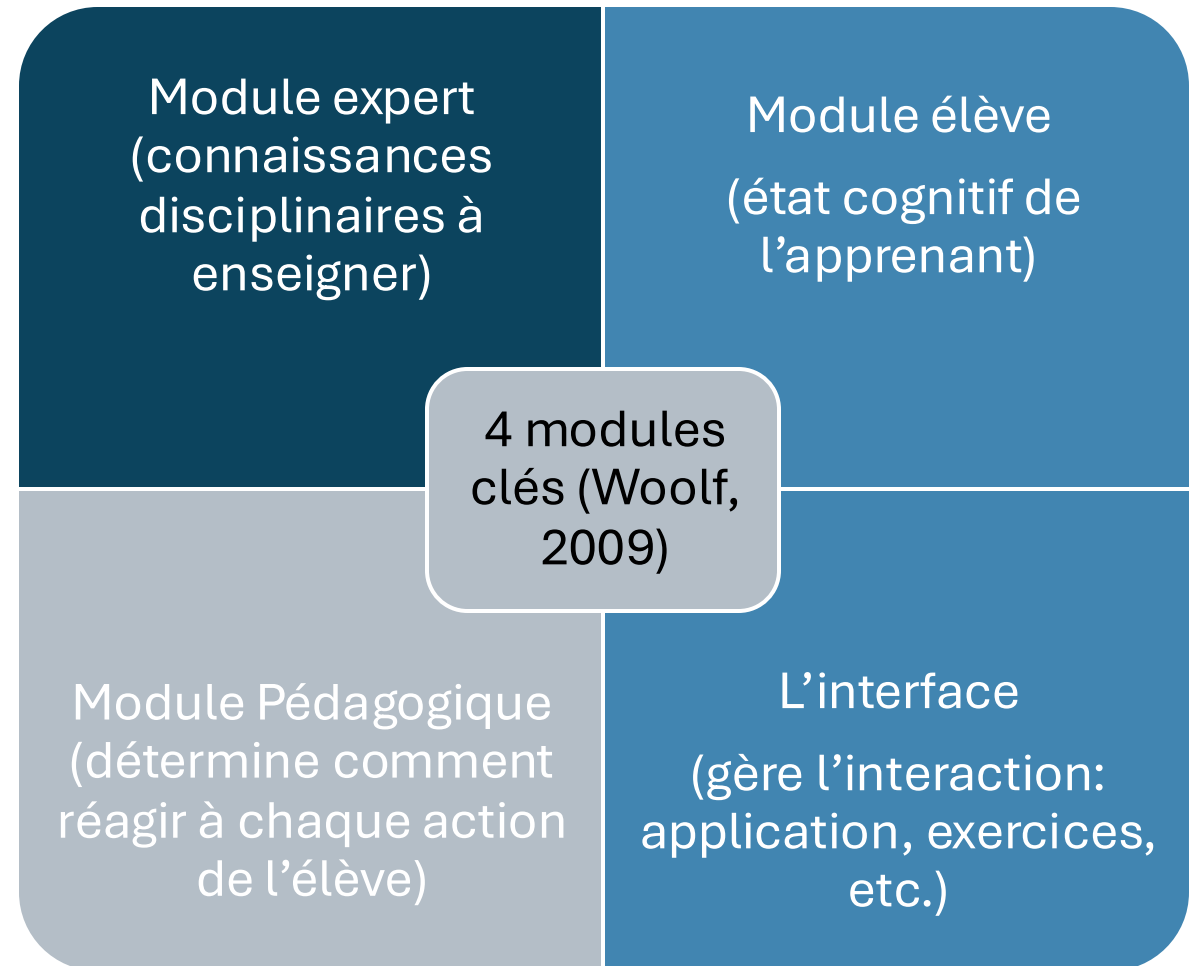


Plan de la présentation

- I. Introduction : vers une pédagogie numérique
- II. Que nous apprennent les sciences cognitives sur l'apprentissage ?
- III. Apports démontrés de l'IA pour les apprentissages
- IV. Contraintes, risques et angles morts
- V. Vers un usage de l'IA « cognitivement informé »

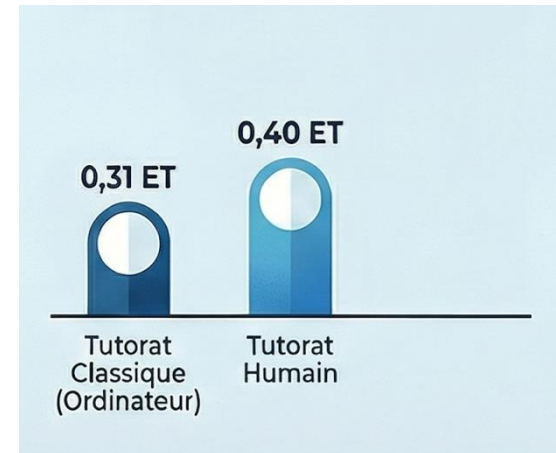
Usage des ITS (systèmes tutoriels intelligents)

- Environnements d'apprentissage **informatisés** conçus pour offrir à un apprenant un enseignement individualisé comparable à celui d'un tuteur humain.
- Reposent sur des **modèles cognitifs explicites** du raisonnement de l'élève, et sur une adaptation dynamique en fonction des erreurs, du rythme et du niveau de maîtrise.



Usage des ITS (systèmes tutoriels intelligents)

- Différents résultats de méta-analyses (Kulik & Fletcher, 2016 ; Ma et al., 2014 ; Steenbergen-Hu & Cooper, 2013).
- Comparaison d'ITS vs. Apprentissage traditionnel ou instruction assistée par ordinateur

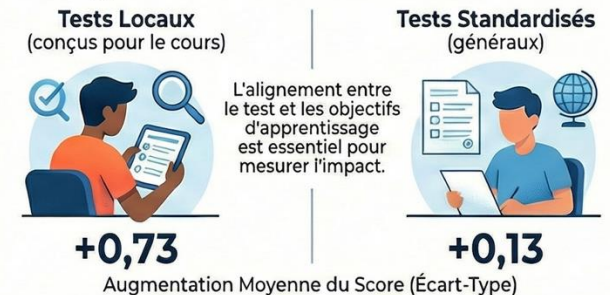


La Qualité de la Mise en Œuvre est Cruciale

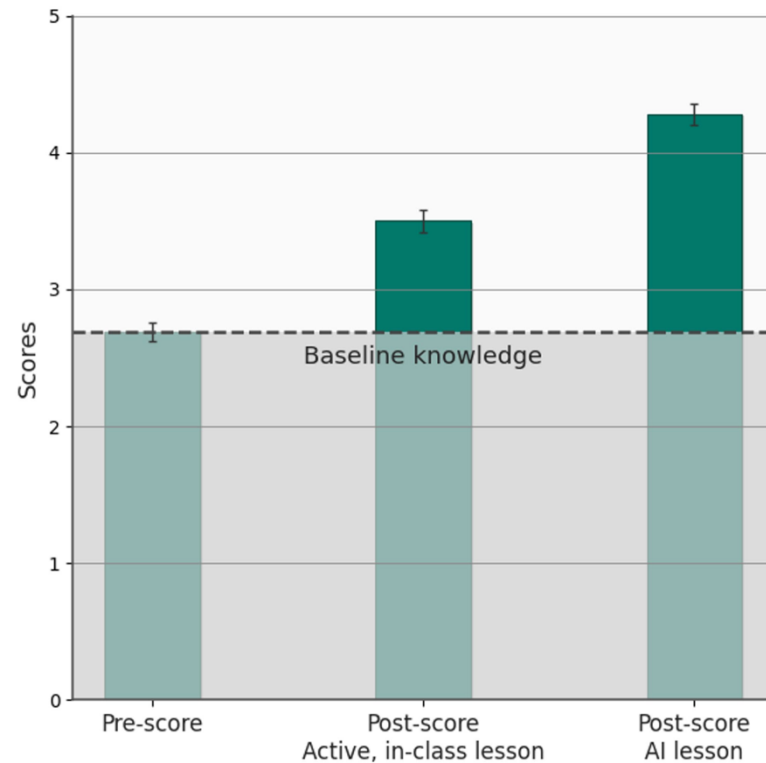


L'expérience de l'enseignant avec le système influence fortement les résultats des étudiants

Le Type de Test est le Facteur le Plus Influent

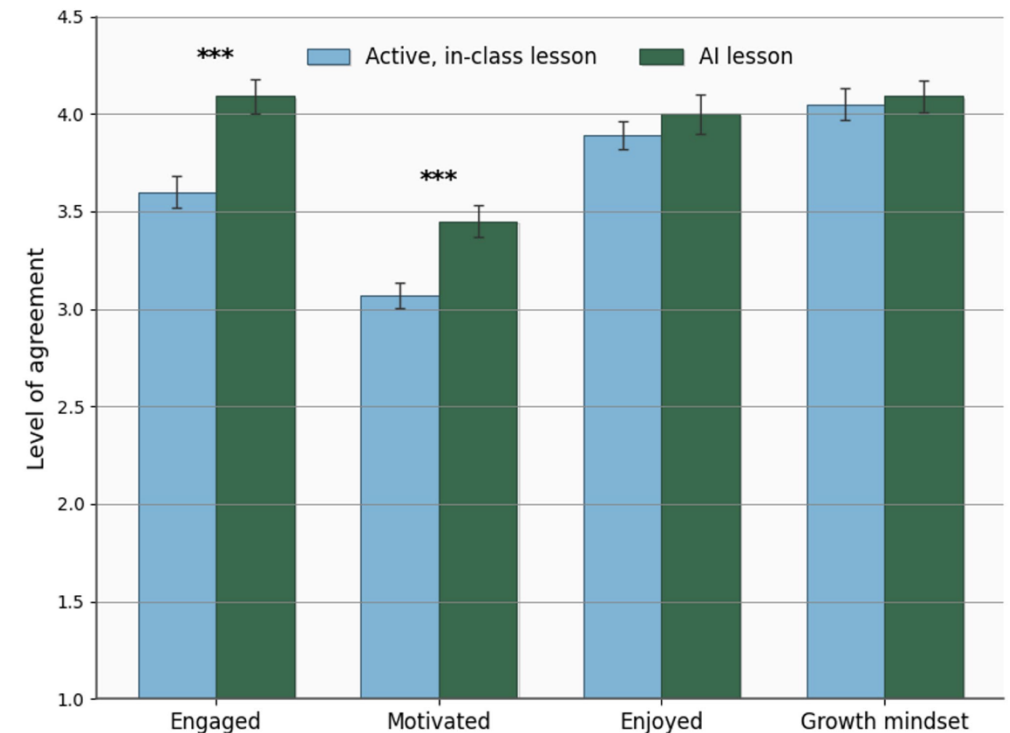


L'IA générative comme tuteur (Kestin et al., 2005)



Meilleures performances en faveur de l'IA

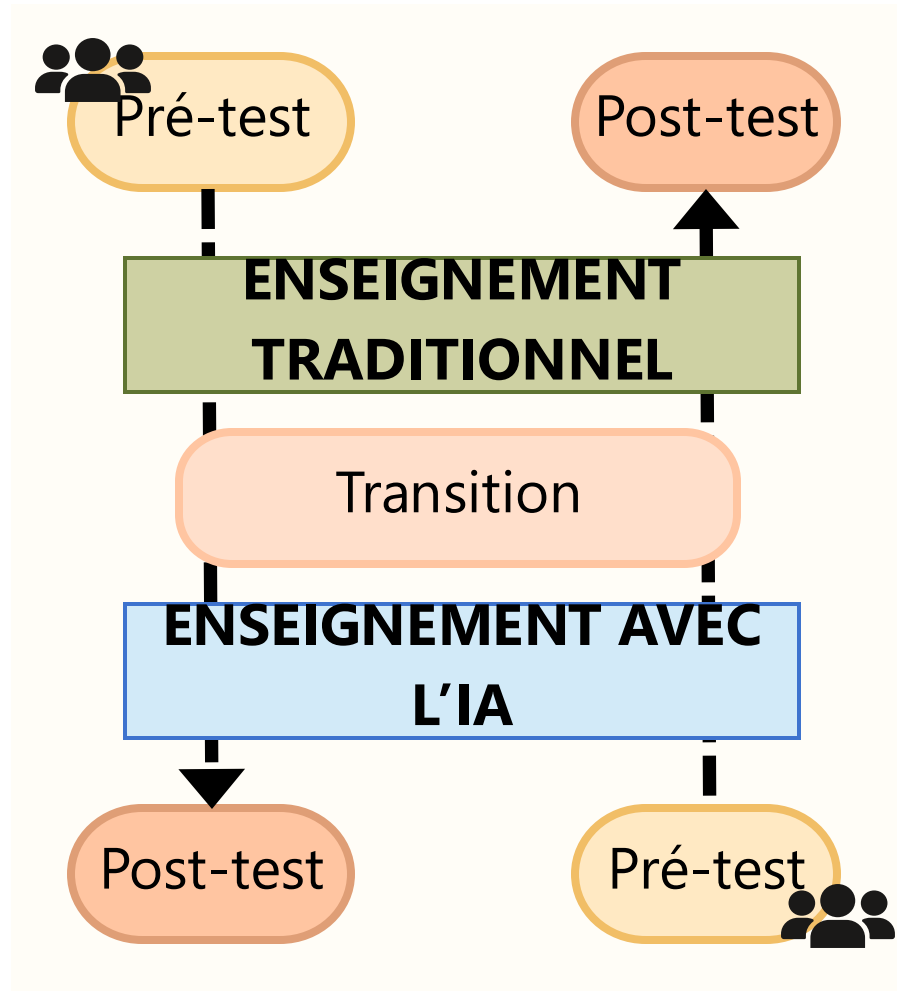
- Comparaison entre un apprentissage actif en classe et un apprentissage via tuteur IA
- Alternance entre les modalités de travail



Sentiment d'efficacité et motivation +++ pour le groupe IA

DecodIA : application sur la lecture

Pistre, Ballenghein , & Aparicio (under review)



- 6 classes de Grande Section de Maternelle

- 71 élèves (*M âge = 5,46*)
- 2 groupes



- 14 séquences d'enseignement
 - 7 séquences condition IA
 - 7 séquences enseignement traditionnel

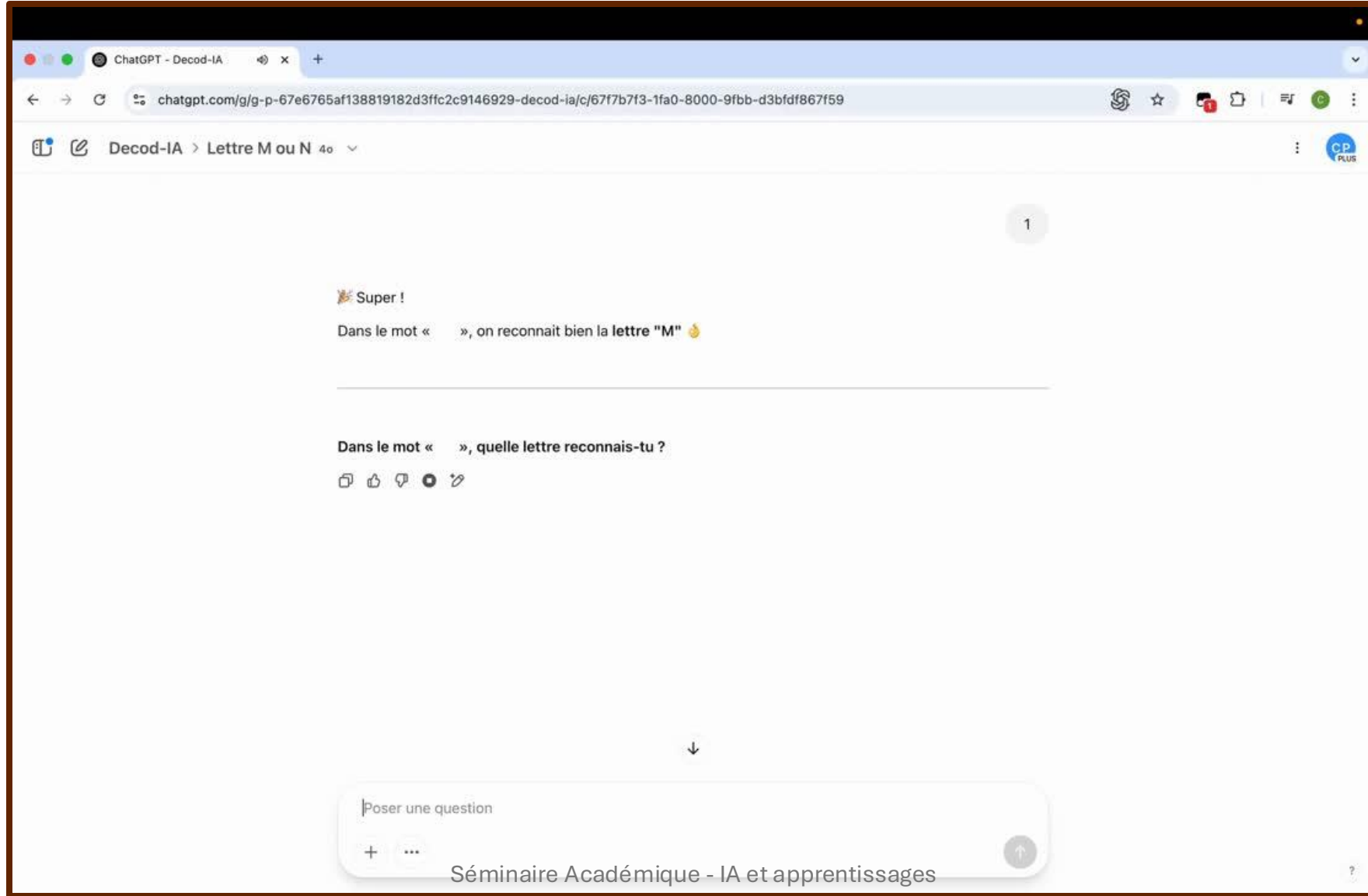
- Durée d'une séquence = 15/20min



- Collecte de mesures cognitives et langagières :
 - Identification/ reconnaissance lettres/ vitesse cognitive
 - Conscience phonologique
 - Mémoire de travail
 - Questionnaire d'expérience utilisateur
 - Questionnaire de préférences et attitudes pédagogiques

DecodIA : application sur la lecture

Pistre, Ballenghein , & Aparicio (under review)



DecodIA : application sur la lecture

Pistre, Ballenghein , & Aparicio (under review)

1

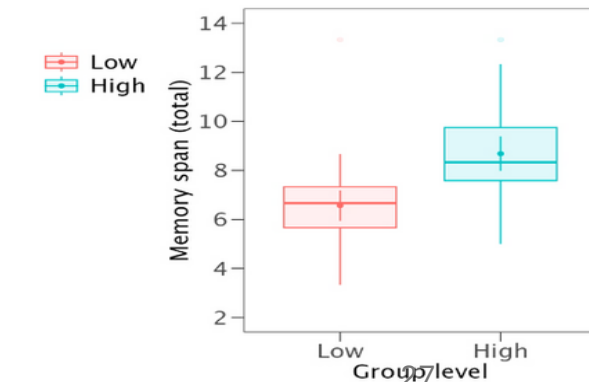
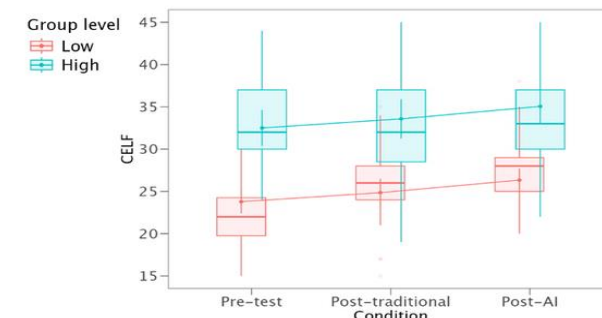
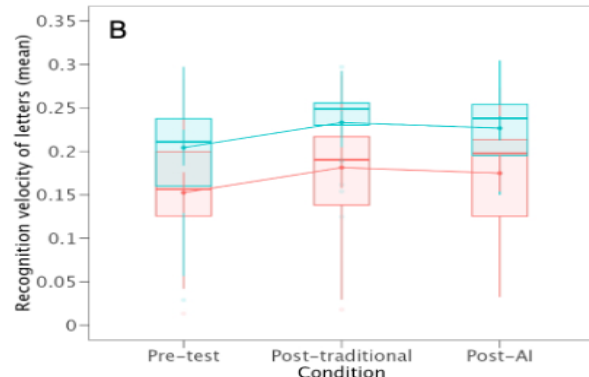
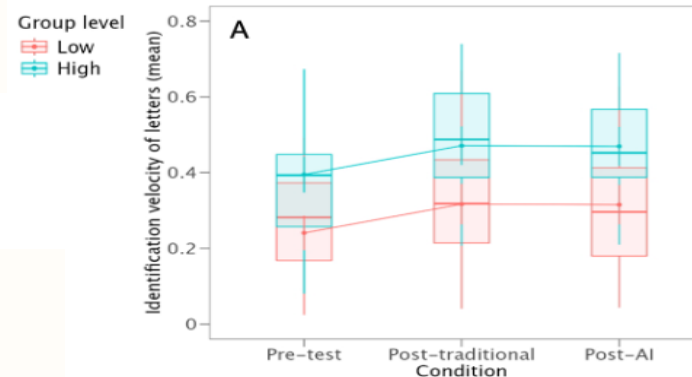
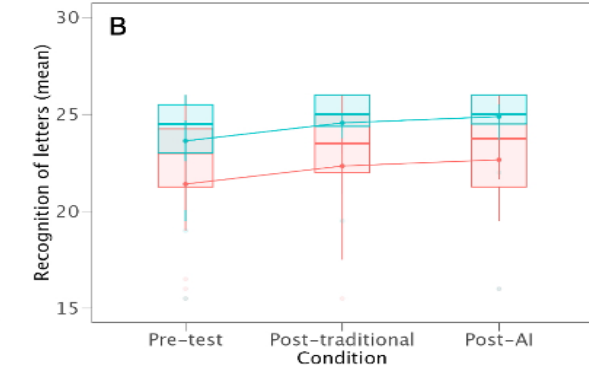
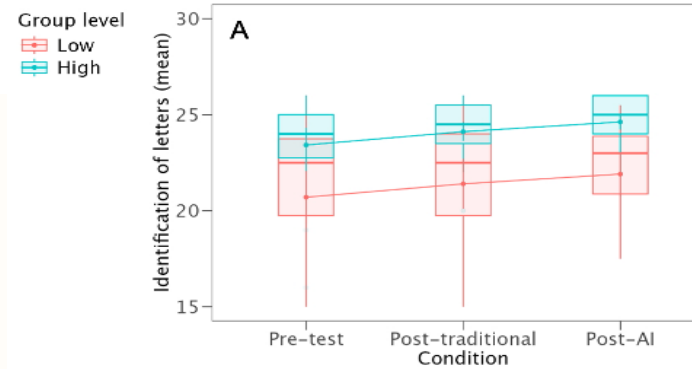
L'IA améliore les compétences en décodage, même chez les élèves faibles

- Identification et reconnaissance des lettres
- Conscience phonologique
- Vélocité cognitive corrigée

2

L'amélioration des performances sera plus marquée avec le chatbot IA qu'avec la méthode d'enseignement traditionnelle

- Faibles : IA + efficace que le pré-test et l'ET n'apporte pas de gain significatif
- Forts : les 2 modalités ont des effets similaires sans différence entre elles



DecodIA : application sur la lecture

Pistre, Ballenghein , & Aparicio (under review)

3

Les élèves les plus performants seront plus motivés à utiliser l'IA que les élèves faibles

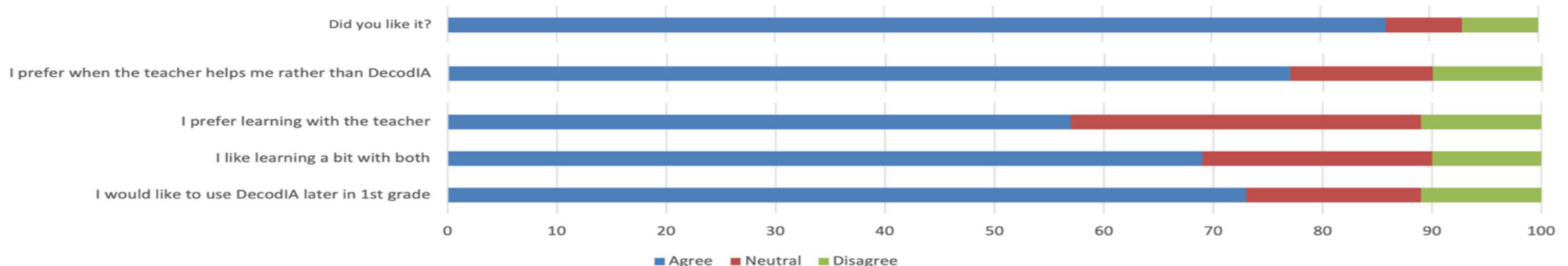
- Les faibles ont exprimés plus de motivation
- Les forts trouvent l'outil attrayant mais leur motivation globale est moindre

4

La méthode d'enseignement avec l'IA sera préférée à la méthode d'enseignement traditionnelle

Perceptions positives de l'IA :

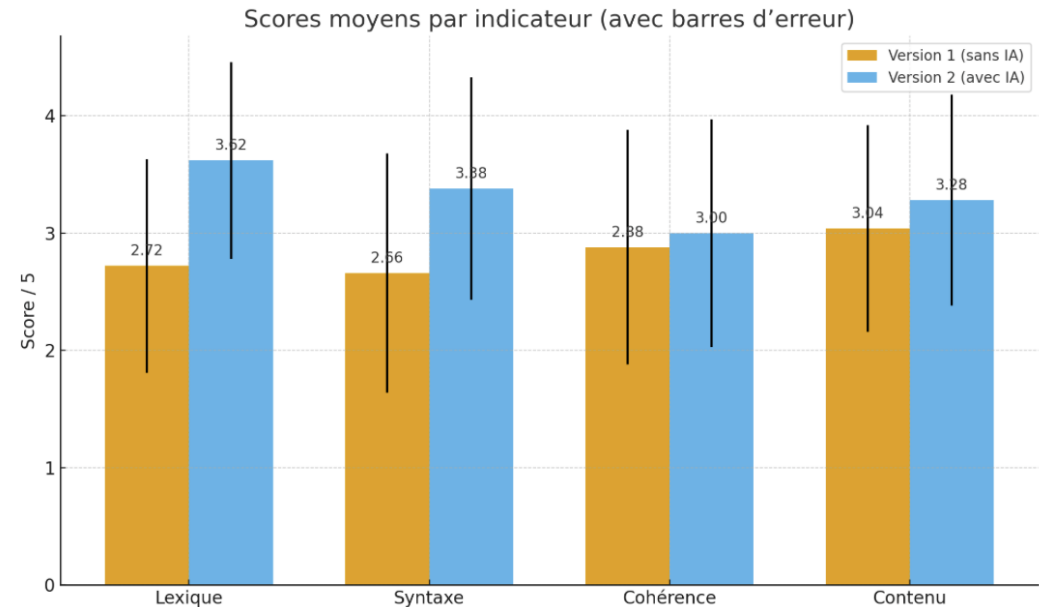
- 86% ont apprécié l'outil
- 73% souhaitent le réutiliser en CP
- Préférences pour l'ET :
- 77% apprécient quand l'enseignant aide
- 72% trouvent qu'ils apprennent bien avec l'enseignant
- 69% préfèrent une approche combinée IA/ET



Feedback écrit et évaluation formative

Roussel & Ochoa (2025)

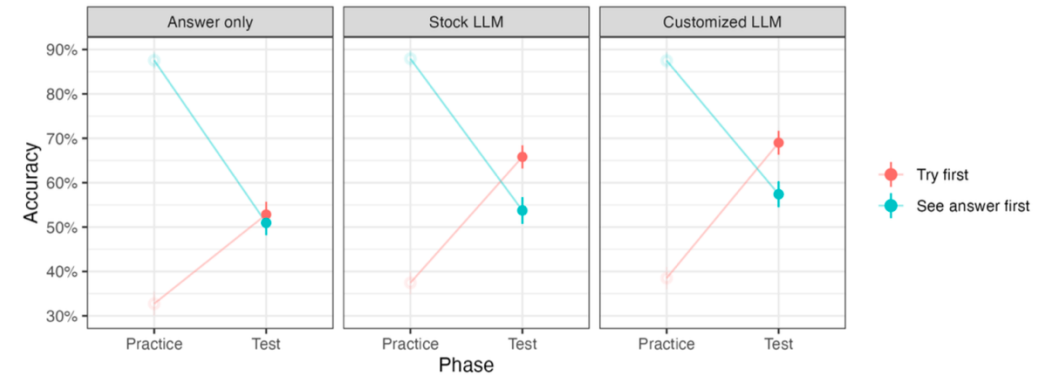
- Rédaction d'un texte en allemand (version 1)
- Révision du texte avec la fonction conversationnelle de ChatGPT (version 2)
- Lors de la révision, l'attention est plus portée sur le lexique et la syntaxe que sur le fond et la cohérence de l'écrit.



IA et résolution de problèmes

Kumar et al. (2023)

- Évaluer l'impact des explications générées par les Grands Modèles de Langage (LLM) sur l'apprentissage des mathématiques au niveau secondaire, en comparant différents types d'assistance (réponse seule vs. explication LLM) et différents moments de l'assistance (avant ou après la tentative de résolution)

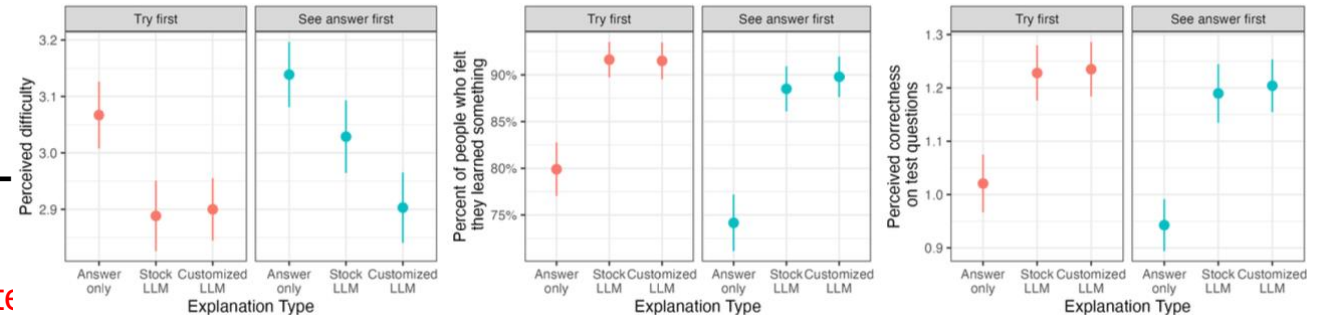


- Deux phénomènes robustes :

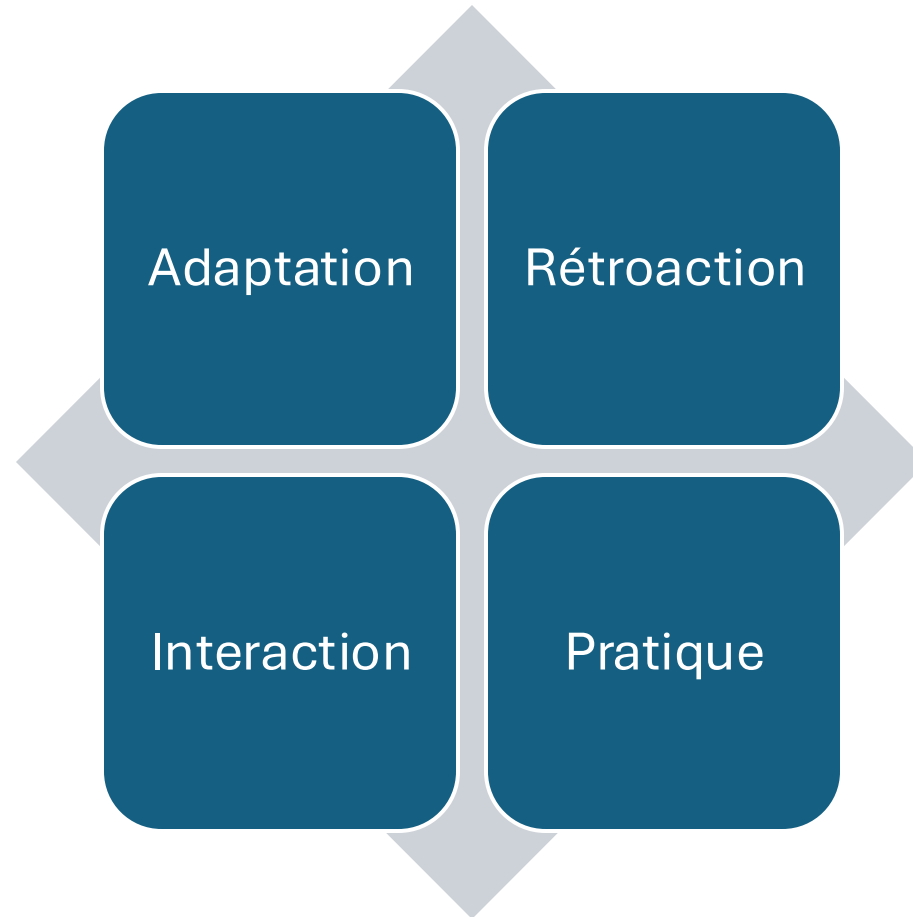
1. L'apprentissage est maximisé quand l'élève doit d'abord réfléchir lui-même ("Try First"). Cette contrainte cognitive active le traitement profond.

2. Les explications des LLM — même imparfaites — améliorent l'adoption de stratégies efficaces.

Ce ne sont pas tant les réponses correctes qui comptent mais les processus cognitifs activés.



Synthèse : quatre apports robustes de l'IA



Plan de la présentation

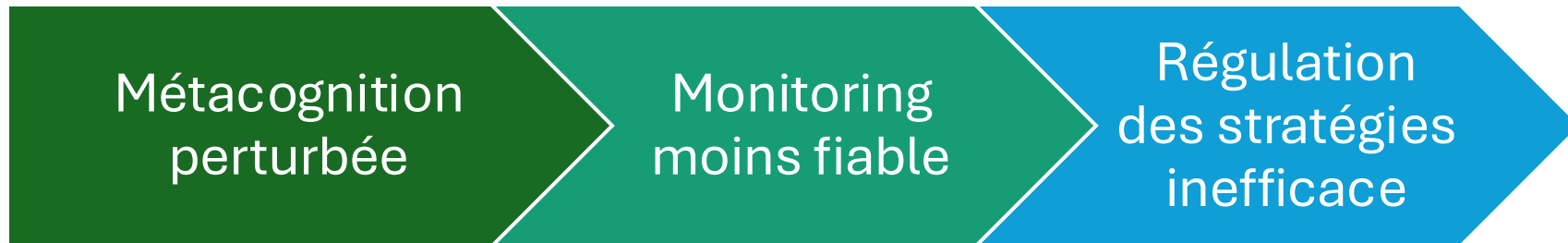
- I. Introduction : vers une pédagogie numérique
- II. Que nous apprennent les sciences cognitives sur l'apprentissage ?
- III. Apports démontrés de l'IA pour les apprentissages
- IV. Contraintes, risques et angles morts
- V. Vers un usage de l'IA « cognitivement informé »

Délégation cognitive excessive (offloading)

- **Délégation de tâches essentielles** : rédiger, reformuler, calculer, analyser, etc. → **l'IA devient substitut et non soutien**.
 - Réduction de la pratique = moins de consolidation ;
 - Surcharge informationnelle paradoxale (texte trop long, réponse trop riches) ;
 - Court-circuitage de l'effort cognitif → apprentissage superficiel
- Exemples :
 - Rédiger une synthèse à la place de l'élève supprime la sélection d'informations ;
 - Résoudre une équation via un LLM empêche la construction des schémas de résolutions

Illusion de compétences

- **Apprenants surestiment souvent leur compréhension**, surtout lorsque le matériel présenté est fluide, bien structuré et familier.
 - Les IA génératives produisent précisément des textes cohérents, bien formulés, parfois faux mais crédibles.
 - La fluence perçue est confondue avec la compréhension réelle.
- **Conséquences :**
 - l'élève pense maîtriser une notion car le texte sonne juste ;
 - Erreurs non détectées (et non corrigées)
 - Le sentiment de compétence augmente... alors que la performance réelle n'a pas bougé.



Qualité variables, biais, erreurs : quelle fiabilité cognitive ?

- Les modèles génératifs peuvent **produire des informations fausses**, approximatives ou biaisées, même lorsqu'ils s'expriment avec assurance
➔ danger pour les élèves en formation.

Erreurs courantes :

- Hallucinations factuelles
- Raisonnements incorrects mais bien formulés
- Citations inventées
- Réponses plausibles mais incohérentes
- Biais culturels ou linguistiques invisibles



Conséquences cognitives :

- Consolidation d'informations fausses
- Difficulté à discriminer savoir fiable/douteux
- Sensibilité accrue aux biais de confirmation

Contradictions entre les réponses de l'IA et les attentes scolaires

- **Risque de non-alignement entre la production de l'IA et les exigences institutionnelles :**
 - Niveau d'expertise attendu
 - Progression circulaire
 - Vocabulaire disciplinaire
 - Attendus méthodologiques
 - L'IA peut créer des solutions qui font sens, mais ne correspondant pas aux compétences évaluées.
- **Exemples :**
 - Produire un texte trop long et expert pour un élève de 5^{ème} ;
 - Donner une réponse correcte sans mobiliser les étapes méthodologiques exigées ;
 - Présenter une structure argumentative qui ne correspond pas aux normes scolaires.
- L'élève peut alors être persuadé d'avoir fourni une bonne réponse et être surpris lorsqu'elle ne correspond pas aux attentes réelles.

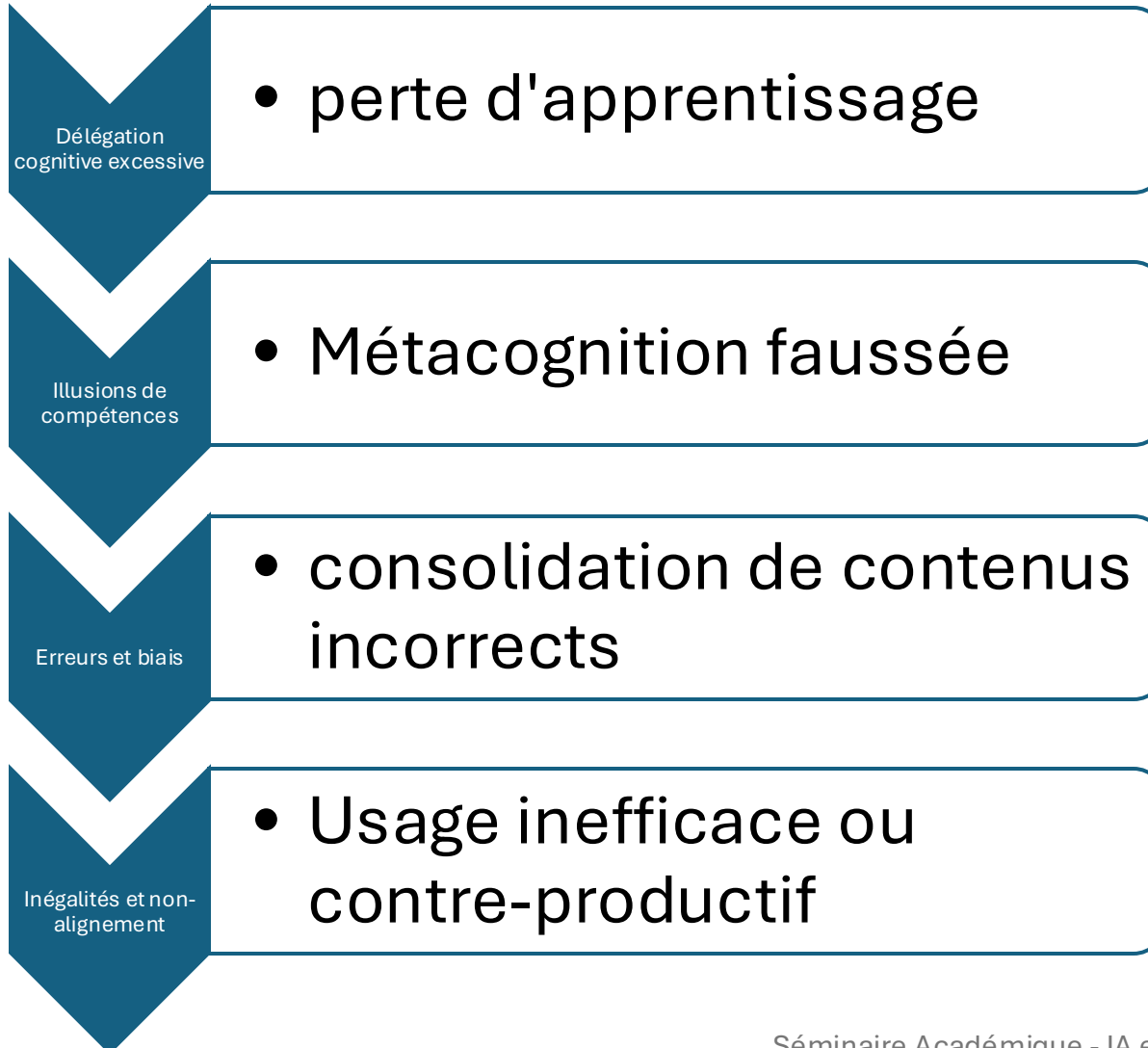
Impact sur l'attention : dispersion, multitâche et surcharge

- **L'IA, intégrée dans des environnements numériques vastes, génère :**
 - Des distracteurs ;
 - Des changements fréquents de tâche ;
 - Des allers-retours entre interface, sources et consignes.
 - ➔ division de la performance, charge plus importante sur la mémoire de travail et diminution de la qualité d'encodage.
- **Risques :**
 - Activité superficielle, « zapping » cognitif ;
 - Difficulté à maintenir une attention soutenue ;
 - Fragmentation du traitement ;
 - Baisse progressive des compétences de lecture longue.
- **Importance d'intégrer l'IA dans des environnements épurés, intentionnels et guidés.**

Enjeux d'équité, d'accessibilité et de fracture numérique

- Non uniformité des effets de l'IA en fonction de :
 - L'accès aux outils ;
 - La stabilité de la connexion ;
 - La maîtrise de la langue ;
 - Les stratégies d'usage ;
 - La formation des enseignants ;
 - Le contexte socio-économique.
- **Les bénéfices de l'IA peuvent accroître les écarts entre élèves**, en particulier entre ceux qui savent exploiter les outils pour simuler l'apprentissage et ceux qui les utilisent pour contourner l'effort scolaire.

Quatre risques majeurs à retenir



Les risques apparaissent lorsque l'IA automatise ce qui devrait être appris.

Ils diminuent lorsque l'IA structure, guide et amplifie le travail cognitif.

Plan de la présentation

- I. Introduction : vers une pédagogie numérique
- II. Que nous apprennent les sciences cognitives sur l'apprentissage ?
- III. Apports démontrés de l'IA pour les apprentissages
- IV. Contraintes, risques et angles morts
- V. Vers un usage de l'IA « cognitivement informé »

7 principes pour une utilisation cognitivement informée

1. Maintenir l'effort cognitif comme moteur de l'apprentissage

2. Organiser l'activité autour de l'encodage actif

3. Utiliser l'IA comme amplificateur de feedback

4. IA pour structurer la consolidation

5. Apprendre aux élèves à évaluer la fiabilité de l'IA

6. Réduire les risques de dépendance cognitive

7. Concevoir l'usage de l'IA comme un geste pédagogique, pas technique

1. Maintenir l'effort cognitif comme moteur de l'apprentissage

- **Pas d'apprentissage durable sans effort cognitif** : l'IA doit soutenir un traitement profond, jamais donner la réponse prématurément.
 - Imposer une tentative préalable avant d'autoriser l'élève à consulter une explication générée par une IA.
 - Configurer l'IA comme questionneur, non une « machine à réponses ».
 - Utiliser l'IA pour guider la résolution (étapes, indices), plutôt que pour réaliser à la place de l'élève.
 - Paramétrer les IA pour qu'elles relancent, reformulent, demandent une justification.
- Effet des tests, apprentissage génératif, profondeur de traitement

2. Organiser l'activité autour de l'encodage actif

- L'IA doit être utilisée pour multiplier les situations où l'élève :
 - Reformule ;
 - Explicite ;
 - Compare ;
 - Schématise ;
 - Produit des erreurs ;
 - Identifie les erreurs.
 - Renforcement de l'encodage profond, de la construction des modèles mentaux et de la mise en lien des connaissances.
 - Développement du monitoring métacognitif et de l'autorégulation
- **Exemples d'usages « cognitivement informés » :**
 - Dialogue socratique : l'IA pose des questions qui amènent l'élève à clarifier et à argumenter ;
 - Élève-correcteur : l'IA génère une production imparfaite et l'élève doit analyser, expliquer et améliorer ;
 - Auto-explication guidée : l'IA demande « explique-moi pourquoi tu as choisi cette solution ».

3. Utiliser l'IA comme amplificateur de feedback

- Fournir à l'IA des critères explicites (rubriques, objectifs) pour guider son feedback.
- Vérifier la qualité du feedback avant utilisation en classe.
- Demander à l'élève d'évaluer le feedback.
- Compléter le feedback IA par un court entretien humain pour valider et ajuster.
- Réduction des erreurs persistantes, amélioration du monitoring, apprentissage plus rapide.

4. IA pour structurer la consolidation

- L'IA peut faciliter la pratique distribuée et la révision adaptative, deux leviers majeurs de consolidation :
 - Générer des exercices de difficulté progressive ;
 - Reprendre les erreurs récurrentes pour les transformer en exercices ciblés ;
 - Créer des cycles de pratique espacée en fonction de la performance réelle.
 - Diversifier les contextes de travail (problèmes variés, changement de modalités).
- Renforcement de la stabilité mnésique, diminution de l'oubli et optimisation du transfert.

5. Apprendre aux élèves à évaluer la fiabilité de l'IA

- Former les élèves à une posture épistémique active pour éviter les biais.
 - Enseigner des routines de vérification (sources, critères de qualité, cohérence interne)
 - Demander aux élèves de comparer deux versions générées par IA et en justifier le choix.
 - Intégrer des tâches de détection d'erreur d'IA comme activité d'apprentissage.
 - Faire expliciter « sur quelles preuves t'appuies-tu pour valider cette réponse ? ».
- Renforcer les compétences critiques, nuancer la confiance aveugle dans l'IA.

6. Réduire les risques de dépendance cognitive

- Délimiter ce qui doit être fait par l'élève et ce qui peut être fait par l'IA ;
- Introduire l'IA seulement après un entraînement suffisant des compétences fondamentales.
- Proposer régulièrement des tâches sans IA pour maintenir les automatismes.
- Mettre en place des zones sans assistance IA pour certaines phases clés.
- Préservation de l'automatisation, de la fluidité et des compétences internes.

7. Concevoir l'usage de l'IA comme un geste pédagogique, pas technique

- L'enseignant conserve trois rôles essentiels :
 - Curateur : choisir les tâches pertinentes et définir les objectifs cognitifs ;
 - Régulateur : ajuster l'usage de l'IA pour maintenir l'engagement et l'effort.
 - Interprète : valider ou corriger les productions IA, contextualiser, nuancer.
- Les outils IA doivent être intégrés dans une pédagogie intentionnelle.

Objectifs

Tâches

Rôle de l'IA

Évaluation

Régulation

Conclusion

Quels apports de l'IA pour l'apprentissage ?

- L'IA n'a pas d'effet en soi : c'est l'activité cognitive qu'elle induit qui détermine l'apprentissage.
- Les gains observés proviennent d'un alignement avec les mécanismes cognitifs : adaptation, pratique active, récupération, feedback, consolidation.
- L'IA devient problématique lorsqu'elle automatise ce que l'élève devait apprendre (risque d'illusions de compétence, dépendance, baisse de la métacognition).
- Une utilisation efficace impose de maintenir l'effort cognitif : expliquer, justifier, corriger.

Quels apports de l'IA pour l'apprentissage ?

- L'IA est un outil puissant de feedback et de différenciation, mais sa fiabilité doit être continuellement vérifiée.
- Les enseignants restent indispensables : nécessité de cadrer, contextualiser, réguler et interpréter l'usage de l'IA.
- L'objectif n'est pas de remplacer l'apprentissage humain, mais de l'amplifier = + autonome, + stratège, + conscient de ses propres processus cognitifs.
- Gardons l'humain au centre, et utilisons l'IA pour mieux outiller l'effort cognitif, pas pour le remplacer.

Merci pour votre attention !



Ugo Ballenghein

Apprendre à l'ère de l'IA *Apports des sciences cognitives*

Xavier Aparicio

Professeur des Universités en Psychologie Cognitive
Laboratoire CHArt-UPEC - Équipe Sciences Cognitives et Éducation
INSPÉ de l'Académie de Créteil

Mél : xavier.aparicio@u-pec.fr

<https://www.researchgate.net/profile/Xavier-Aparicio>



Camille Pistre

