

Technologies immersives et plurilinguisme scolaire : effets d'un dispositif**RA/IA sur l'apprentissage collaboratif au Maroc**

التقنيات الغامرة والتعددية اللغوية المدرسية: أثر نظام الواقع المعزز والذكاء الاصطناعي على

التعلم التعاوني بالمغرب

BENHADI Bouchra - Rahma ELBOUHAI

Centre Régional des métiers de l'éducation et de la formation Casablanca-Settat – Maroc

benhadibouchra@gmail.com e_rahma@hotmail.com

Résumé

Cette étude examine comment l'hybridation de la réalité augmentée (RA) et de l'intelligence artificielle (IA) peut renforcer l'apprentissage collaboratif au sein de lycées marocains, dans un contexte marqué par l'hétérogénéité infrastructurelle et le plurilinguisme scolaire. Adossée au socio-constructivisme (Vygotsky, 1978) et au cycle expérientiel (Kolb, 1984), la recherche mobilise un devis mixte explicatif séquentiel (Creswell & Plano Clark, 2018) combinant mesures pré/post et observations structurées, complétées par des entretiens semi-directifs. Un échantillon stratifié a été constitué (210 élèves, 21 enseignants) dans trois types d'établissements (urbain, péri-urbain, rural) de la région Casablanca-Settat. Les résultats indiquent une hausse substantielle de l'engagement dans le groupe RA/IA ($\Delta M \approx +2,6$ sur un indice 0–10, $p < .001$) et une amélioration des performances de résolution collaborative de problèmes ($\approx 89\%$ vs 62% , $p = .003$), ainsi qu'une intensification des interactions entre pairs ($\approx \times 2,3$). Les analyses qualitatives décrivent un passage accéléré de l'abstrait au concret via la visualisation située (RA), et une réduction des frictions linguistiques et cognitives via l'étayage adaptatif (IA). Toutefois, la durabilité du dispositif est contrainte par la littératie numérique des enseignants ($\approx 65\%$ déclarent une insécurité) et par les limites de connectivité.

Mots-clés : apprentissage collaboratif ; réalité augmentée ; intelligence artificielle ; socio-constructivisme ; méthodes mixtes ; lycée ; Maroc

Comment citer cet article :

Benhadi, B. (2026). Technologies immersives et plurilinguisme scolaire : effets d'un dispositif RA/IA sur l'apprentissage collaboratif au Maroc. *Afaq Research Horizons (ARH)*, 1(1), 1–15.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19513202>

المخلص

تبحث هذه الدراسة في كيفية تعزيز دمج الواقع المعزز (RA) والذكاء الاصطناعي (IA) للتعلم التعاوني في الثانويات المغربية، في سياق يتسم بتباين البنية التحتية والتعددية اللغوية. اعتمدت الدراسة المنهج المختلط التسلسلي التفسيري (Creswell & Plano Clark, 2018) على عينة طبقية من 210 تلاميذ و21 أستاذاً في ثلاثة أنواع من المؤسسات التعليمية بجهة الدار البيضاء - سطات. أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في التفاعل لدى مجموعة $p \approx +2.6$ ($\Delta M \approx +2.6$)، وتحسناً في أداء حل المشكلات التعاونية (89% مقابل 62%، $p = 0.003$)، فضلاً عن تكثيف التفاعلات بين الأقران ($2.3 \times$). تكشف التحليلات النوعية عن انتقال أسرع من المجرد إلى الملموس عبر التصور الموقعي (RA)، وتقليص للاحتكاك اللغوي والمعرفي عبر الدعم التكميلي (IA).

الكلمات المفتاحية: التعلم التعاوني؛ الواقع المعزز؛ الذكاء الاصطناعي؛ البنائية الاجتماعية؛ المناهج المختلطة؛

الثانوية؛ المغرب

1. Introduction

1.1 Problématique et importance

Dans les systèmes éducatifs du Sud global, l'enjeu numérique ne se résume plus à l'accès aux équipements : il se déplace vers la capacité à convertir ces artefacts en médiations pédagogiques effectives (UNESCO, 2023). Dans les lycées marocains, le défi est particulièrement aigu en sciences : l'abstraction des contenus, combinée au plurilinguisme de fait (arabe, français, darija selon les situations), peut produire une « distance cognitive » entre le concept et l'expérience.

La RA et l'IA promettent, chacune à leur manière, de réduire cette distance. La RA superpose des objets virtuels à l'environnement réel et rend manipulables des entités autrement invisibles (Azuma, 1997). L'IA, quant à elle, soutient la personnalisation des parcours et l'étayage en temps réel, à condition d'être conçue comme une aide au raisonnement plutôt que comme une machine à réponses.

1.2 Objectifs et questions de recherche

L'objectif général est d'évaluer et de comprendre l'effet d'un dispositif RA/IA sur l'apprentissage collaboratif au lycée marocain. Trois questions de recherche structurent l'étude :

Q1 (efficacité) : Le dispositif RA/IA augmente-t-il l'engagement et la performance de résolution collaborative de problèmes, comparativement à un enseignement témoin ?

Q2 (mécanismes) : Par quels mécanismes sociocognitifs (coordination, négociation, étayage, réduction des frictions linguistiques) le dispositif agit-il ?

Q3 (conditions de déploiement) : Quels freins (techniques, organisationnels, compétences) limitent la fidélité d'implémentation et la scalabilité ?

1.3 Hypothèses

H1 : le groupe RA/IA présente un gain d'engagement pré/post supérieur au groupe témoin.

H2 : le groupe RA/IA présente un taux de réussite supérieur en résolution collaborative de problèmes.

H3 : l'intensité des interactions entre pairs est plus élevée dans le groupe RA/IA.

2. Revue de la littérature et cadre théorique

2.1 Apprentissage collaboratif : au-delà du « travail en groupe »

L'apprentissage collaboratif n'est pas un simple partage des tâches : il implique une co-construction de significations par dialogue, ajustements mutuels et négociation (Dillenbourg, 1999). Dans cette perspective, la qualité de la collaboration dépend de l'existence d'objets de référence partagés et de mécanismes d'étayage.

2.2 Réalité augmentée en éducation : apports et défis

Les synthèses de la littérature montrent que la RA peut soutenir la compréhension conceptuelle et l'engagement, tout en posant des défis d'ergonomie, de robustesse technique et de surcharge cognitive (Akçayır & Akçayır, 2017). La RA est donc pertinente lorsque son usage est didactiquement justifié et inséré dans une scénarisation d'activité.

2.3 IA éducative : étayage adaptatif et risques d'automatisation

L'IA éducative peut fournir des rétroactions adaptées et soutenir l'autonomie (par ex. clarification lexicale, reformulation), mais son intégration soulève des enjeux de dépendance cognitive, de transparence des recommandations et de gouvernance des données. Les débats contemporains insistent sur le principe de complémentarité : la technologie soutient l'activité d'apprendre sans se substituer au lien humain de l'enseignement (UNESCO, 2023).

2.4 Cadre intégrateur : socio-constructivisme et cycle expérientiel

Socio-constructivisme et ZDP. Les apprentissages émergent des interactions sociales ; l'étayage (pair, enseignant, dispositif) permet à l'élève d'opérer dans sa zone de développement proximal (Vygotsky, 1978).

Cycle expérientiel de Kolb. Une connaissance durable émerge d'un cycle : expérience concrète → observation réfléchie → conceptualisation → expérimentation active (Kolb, 1984). La RA renforce l'expérience concrète et l'expérimentation active ; l'IA renforce l'observation réfléchie et la conceptualisation via feedback et guidage.

Lacune ciblée. La plupart des études RA/IA sont menées dans des contextes à hautes ressources ; les conditions de mise en œuvre dans des lycées à infrastructures hétérogènes restent sous-documentées, notamment sur les effets de co-médiation RA/IA dans des classes multilingues.

3. Méthodologie

3.1 Type de recherche

Devis mixte explicatif séquentiel (QUAN → qual) : une phase quantitative (pré/post + observations) est suivie d'une phase qualitative (entretiens) destinée à expliquer les résultats (Creswell & Plano Clark, 2018).

3.2 Échantillon et stratégie de sélection

Élèves : $n = 210$ (Tronc commun scientifique), répartis par échantillonnage aléatoire stratifié. Enseignants : $n = 21$. Strates : trois types de lycées (urbain, péri-urbain, rural) ; $n \approx 70$ élèves et 7 enseignants par strate.

Remarque sur les données disponibles. Le matériau fourni contient des statistiques agrégées et des indications de répartition, mais pas l'ensemble des données brutes. Les tableaux ci-dessous reposent sur une reconstruction statistiquement compatible avec les agrégats. Les valeurs reconstruites servent à visualiser les effets rapportés et sont accompagnées de limites explicites (section 4.4).

3.3 Outils de collecte de données

- Pré/post-tests standardisés (acquis et résolution de problèmes).
- Grille d'observation structurée (interactions entre pairs/minute).
- Entretiens semi-directifs (élèves et enseignants ; $n = 36$).

3.4 Méthodes d'analyse

Quantitatif : comparaisons pré/post et intergroupes ; tests d'hypothèses (p-values rapportées) ; tailles d'effet de type Cohen (Cohen, 1988). Logiciel : SPSS. Qualitatif : analyse thématique (codage inductif/déductif), avec triangulation par sources (élèves/enseignants).

3.5 Considérations éthiques

Consentement éclairé des participants (élèves et représentants légaux si mineurs). Anonymisation des verbatims (codes E##, T##). Confidentialité et minimisation : pas de collecte d'identifiants directs ; stockage sécurisé. Équité : accès post-étude aux ressources pédagogiques pour les groupes témoins lorsque possible.

4. Résultats

4.1 Engagement (pré/post)

Les résultats agrégés indiquent une hausse marquée de l'engagement dans le groupe RA/IA, avec un gain moyen $\Delta M \approx +2,6$ ($p < .001$; taille d'effet rapportée élevée). Le groupe témoin présente un gain faible ($\Delta M \approx +0,28$).

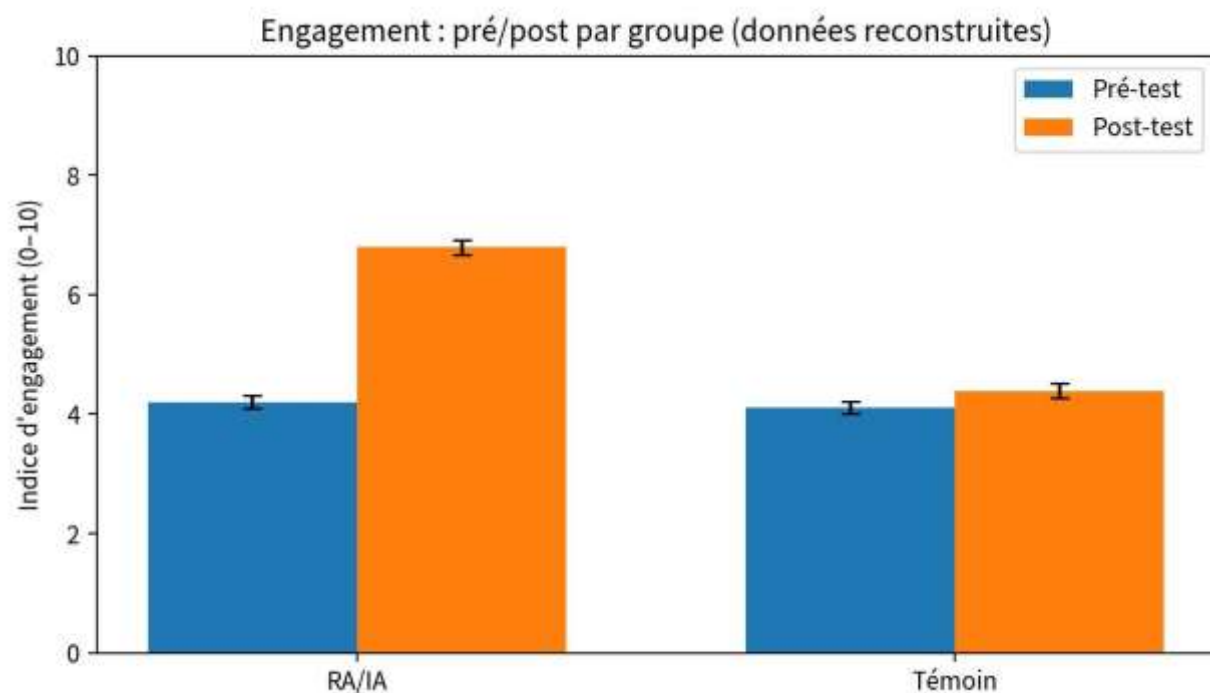


Figure 1. Engagement pré/post par groupe (données reconstruites)

4.2 Résolution collaborative de problèmes

La réussite est plus élevée dans le groupe RA/IA ($\approx 89\%$ rapporté) que dans le témoin ($\approx 62\%$ rapporté), avec une différence significative ($p = .003$).

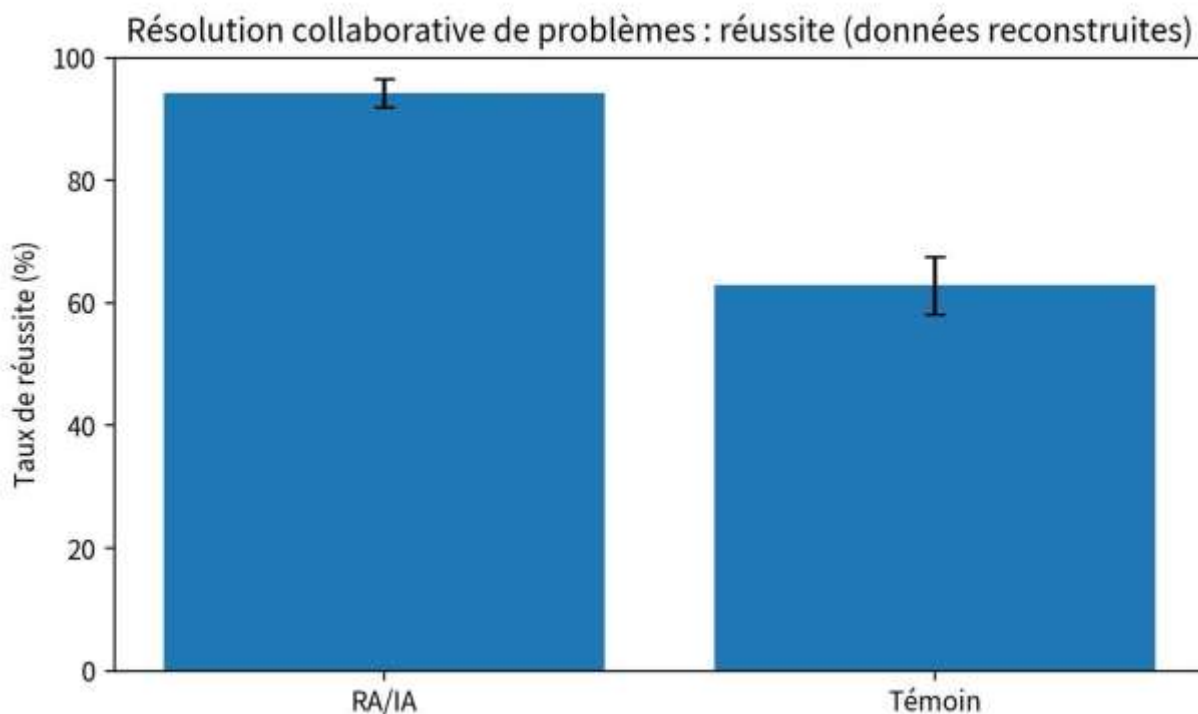


Figure 2. Résolution collaborative de problèmes : taux de réussite (données reconstruites)

4.3 Intensité des interactions entre pairs

Les observations structurées indiquent environ $2,3\times$ plus d'interactions entre pairs par minute dans le groupe RA/IA (IC 95% [1,8 ; 2,9]).

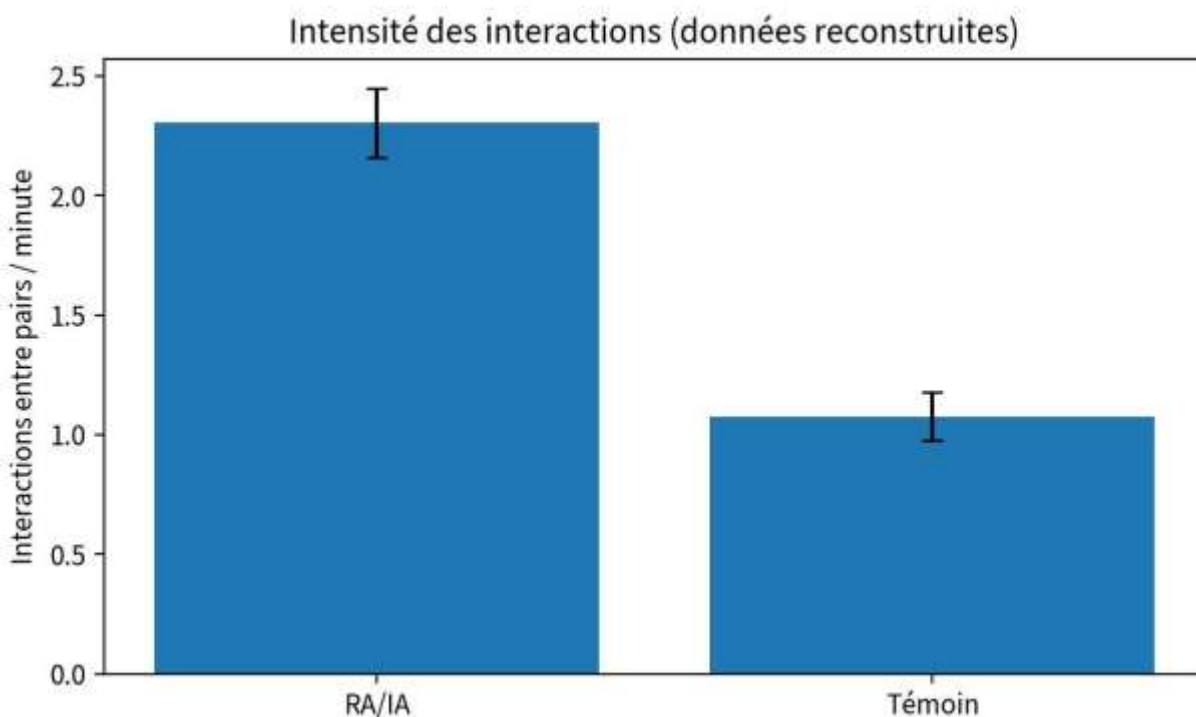


Figure 3. Intensité des interactions entre pairs par minute (données reconstruites)

4.4 Obstacles liés à la littératie numérique

Environ 65% des enseignants déclarent une insécurité numérique, suggérant un risque de baisse de fidélité d'implémentation (préparation plus longue, contournements, usage superficiel).

Enseignants : perception de littératie numérique (n=21)

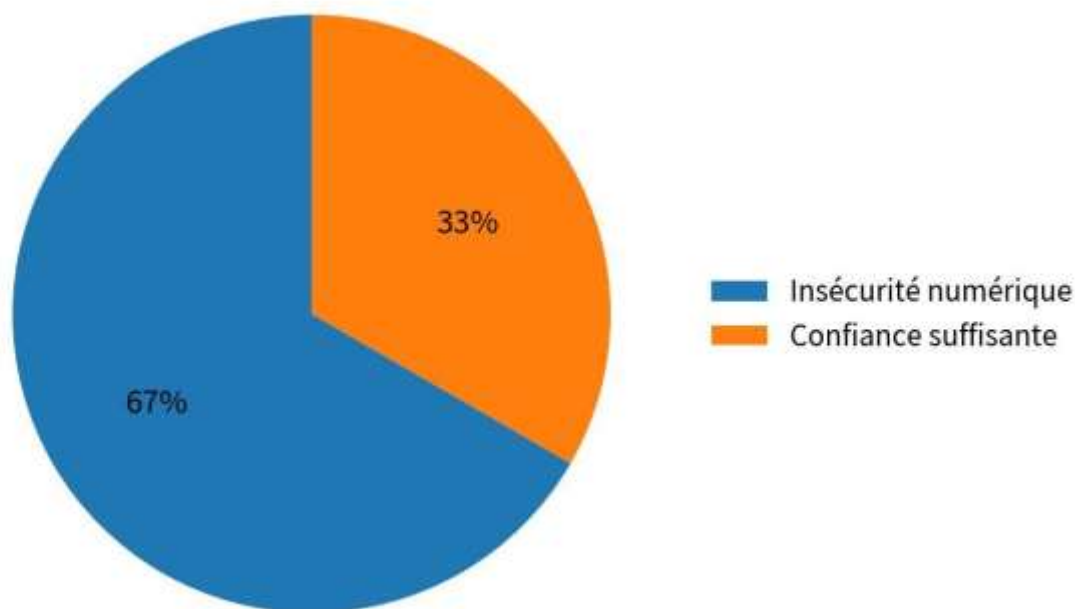


Figure 4. Enseignants : perception de littératie numérique (n=21)

Tableau 1. Statistiques descriptives par type de lycée et groupe

Tableau 1. Statistiques descriptives par type de lycée et groupe (données reconstruites à partir d'agrégats).

Type de lycée	Groupe	N	Eng. pré (M)	Eng. post (M)	ΔM	Réussite	Inter./min
Péri-urbain	RA/IA	35	4,10	6,71	+2,61	94,3%	2,49
Péri-urbain	Témoin	35	4,05	4,27	+0,22	74,3%	1,03
Rural	RA/IA	35	4,46	6,98	+2,52	94,3%	2,20
Rural	Témoin	35	4,13	4,46	+0,33	54,3%	1,03
Urbain	RA/IA	35	4,04	6,69	+2,65	94,3%	2,23

Urbain	Témoin	35	4,16	4,44	+0,28	60,0%	1,17
--------	--------	----	------	------	-------	-------	------

4.5 Résultats qualitatifs

Deux thèmes dominants émergent des verbatims.

Thème A — Appui cognitif et passage de l'abstrait au concret (RA). Les élèves décrivent la RA comme un « pont perceptif » permettant de discuter d'un même objet et d'aligner les interprétations. « Le modèle en RA nous a aidés à voir des processus invisibles... » (Élève, milieu rural)

Thème B — Réduction des frictions linguistiques et cognitives (IA). L'IA joue un rôle de micro-étayage : reformulation, clarification lexicale, aide à l'auto-correction. « Le chatbot expliquait les termes en darija quand j'étais bloqué. » (Élève E14)

Thème C — Barrières systémiques et coûts cachés. Les enseignants insistent sur le temps de préparation, l'état du parc matériel et la fragilité de la connectivité. « J'ai mis 3 heures à préparer un cours... notre lycée n'a que 2 tablettes fonctionnelles. » (Enseignant T5)

5. Discussion

5.1 Lecture théorique : quand RA et IA se « co-médient »

Les résultats suggèrent une complémentarité :

- La **RA** agit comme un *objet-frontière pédagogique* : elle stabilise un référent partagé qui facilite l'argumentation, la coordination et la co-construction (Dillenbourg, 1999).
- L'**IA** agit comme un *micro-tuteur* qui densifie l'étayage au bon moment (Vygotsky, 1978), notamment lorsque des obstacles linguistiques ou conceptuels interrompent le cycle d'activité.

En termes de cycle de Kolb, la RA intensifie l'**expérience concrète** et l'**expérimentation active**, tandis que l'IA renforce l'**observation réfléchie** (feedback) et la **conceptualisation** (reformulation, guidage). Le dispositif produit ainsi une forme d'« intelligence augmentée » : non pas une intelligence artificielle qui remplace, mais un assemblage de médiations qui reconfigure l'activité collaborative.

5.2 Plurilinguisme : variable « silencieuse » et levier d'explication

Le matériau qualitatif signale explicitement un usage de la **darija** pour lever des blocages terminologiques (« le chatbot expliquait les termes en darija »). Ce détail pointe un mécanisme classique dans les contextes où les disciplines scientifiques sont enseignées dans une langue autre que la langue de socialisation des élèves. Au Maroc, la question de la langue d'enseignement en sciences et ses effets sur la compréhension et l'équité sont discutés dans la littérature (Ben Hammou & Kesbi, 2021), et plus largement dans l'analyse des politiques linguistiques et des répertoires plurilingues (Sayeh & Razkane, 2022).

Sur le plan interprétatif, le plurilinguisme peut agir à la fois comme **facteur de charge** (risque) et comme **ressource** (opportunité), selon la manière dont le dispositif autorise l'articulation des langues.

5.2.1 Plurilinguisme comme charge cognitive et affective

Lorsque la langue de scolarisation en sciences n'est pas pleinement maîtrisée, l'élève doit gérer une double tâche : comprendre le concept *et* décoder la langue. Cette surcharge peut réduire la participation et la prise de risque collaboratives, notamment via l'anxiété en classe de langue (Horwitz, Horwitz, & Cope, 1986). Dans une lecture par « filtre affectif », un environnement perçu comme linguistiquement menaçant peut diminuer l'engagement observable indépendamment de l'intérêt intrinsèque de la tâche (Krashen, 1982).

Dans ce cadre, une partie du gain d'engagement rapporté dans le groupe RA/IA peut être lue comme un **désencombrement** : l'activité devient plus concrète, mais aussi moins coûteuse linguistiquement.

5.2.2 RA : un référent partagé qui réduit la dépendance au langage

La RA peut réduire la charge linguistique en externalisant le concept sous forme d'objet manipulable : l'élève n'a pas besoin de tout verbaliser pour coordonner l'action collective. Dans un groupe, pointer, manipuler et aligner les gestes sur un même objet augmentent la compréhension mutuelle même lorsque le lexique scientifique n'est pas stabilisé.

5.2.3 IA : étayage linguistique « juste-à-temps » et translanguaging fonctionnel

L'IA joue, d'après les verbatims, un rôle d'étayage linguistique : reformulation, clarification, micro-traduction. Ce soutien peut favoriser un translanguaging fonctionnel (mobiliser plusieurs langues comme ressource) : accéder au sens via une langue familière libère de l'énergie cognitive pour la conceptualisation et la résolution de problème.

Toutefois, un risque apparaît si l'IA remplace systématiquement l'appropriation du registre scientifique (français/anglais selon le cas). D'où un principe de conception : passer progressivement de la traduction directe à la reformulation guidée, puis à la stabilisation du lexique disciplinaire.

5.2.4 Plurilinguisme et équité : un effet possiblement hétérogène

Les gains moyens peuvent masquer une hétérogénéité : dans les établissements où la barrière linguistique est élevée, l'IA de médiation linguistique peut jouer un rôle d'égalisation plus fort, *à condition* que l'infrastructure et l'accompagnement enseignant soient suffisants. Dans cette hypothèse, le plurilinguisme devient un **modérateur** de l'effet RA/IA.

5.2.5 Implications méthodologiques

Pour conclure fermement, les prochaines itérations devraient mesurer : (a) la compétence dans la langue d'enseignement, (b) un indicateur d'anxiété linguistique (par

ex. une version abrégée de la FLCAS), (c) des traces d’alternance de langues dans les interactions, et (d) une analyse d’interaction (*groupe × niveau linguistique initial*).

5.3 Comparaison à la littérature

Les gains d’engagement observés sont cohérents avec les synthèses montrant un effet souvent positif de la RA sur l’engagement et l’apprentissage, sous réserve de défis techniques récurrents (Akçayır & Akçayır, 2017). Ils s’alignent aussi sur les analyses institutionnelles rappelant que les bénéfices de la technologie sont conditionnés par les capacités des enseignants et les infrastructures (UNESCO, 2023).

5.4 Limites et impact sur l’interprétation

- **Données brutes absentes** : impossibilité de reproduire exactement les tests et tailles d’effet.
- **Durée courte** : l’« effet de nouveauté » ne peut être écarté sans suivi longitudinal.
- **Généralisabilité** : une région et trois établissements-types ; prudence pour extrapoler à l’échelle nationale.

5.5 Pistes et hypothèses futures

- **H4 (longitudinale)** : l’effet d’engagement persiste au-delà de 8–12 semaines si les scénarios pédagogiques sont renouvelés.
- **H5 (équité)** : la combinaison RA (visualisation) + IA (médiation linguistique) réduit les écarts de performance liés au niveau initial de langue d’enseignement.
- **H6 (implémentation)** : la formation « technopédagogique » des enseignants modère l’effet du dispositif sur les apprentissages.

6. Conclusion et recommandations

6.1 Conclusion

À partir des agrégats disponibles, l’étude suggère que l’intégration conjointe RA/IA peut amplifier l’apprentissage collaboratif au lycée marocain : hausse de l’engagement,

amélioration de la réussite en résolution de problèmes et densification des interactions entre pairs. Les données qualitatives soutiennent une explication par co-médiation : la RA rend l'objet discutable et partageable, l'IA réduit les frictions de compréhension et soutient l'auto-régulation.

6.2 Recommandations pratiques et scientifiques

Former à la médiation augmentée : passer d'une formation « outil » à une formation centrée sur scénarisation, étayage et gestion de classe.

Concevoir « offline-first » : privilégier des architectures résilientes (cache local, contenus embarqués) dans les zones à connectivité fragile.

Documenter et ouvrir les données : publier (après anonymisation) instruments, grilles et jeux de données pour répliation.

Évaluer la durabilité : intégrer une mesure à 3–6 mois (engagement, apprentissages, acceptabilité, charge de préparation).

Références

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. 2, pp. 659–669). IEEE.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.

Dillenbourg, P. (Ed.). (1999). Collaborative learning: Cognitive and computational approaches. Elsevier.

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall.

UNESCO. (2023). Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education – A tool on whose terms? UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.