



Co-funded by
the European Union

2024

M-STEM

E-BOOK



L'ÉDUCATION STEM DANS LE MÉTAVERS POUR UN AVENIR DURABLE ET RÉSILIENT

2023-1-FR01-KA220-SCH-000151516

Ce projet a bénéficié d'un financement de la Commission européenne. Cette publication n'engage que son auteur et la Commission ne saurait être tenue responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations qu'elle contient.



Authors: Lycée polyvalent Clément Ader, Malmö Stad, Digitaliseringsenheten, Eurasia R&D Limited, VAEV R&D GmbH, Inspectoratul Scolar Judetean Teleorman, Agrupamento De Escolas De Barcelos, Colegio Séneca S.C.A

This publication was carried out with the financial support of the European Commission under Erasmus + Project “Metaverse-Based STEM Education for a Sustainable and Resilient Future”, 2023-1-FR01-KA220-SCH-000151516

© March 2024 – Lycée polyvalent Clément Ader, Malmö Stad, Digitaliseringsenheten, Eurasia R&D Limited, VAEV R&D GmbH, Inspectoratul Scolar Judetean Teleorman, Agrupamento De Escolas De Barcelos, Colegio Séneca S.C.A

Issued and published by Eurasia R&D Limited (Türkiye)

Attribution, share in the same condition



You are free to:

Share — copy and redistribute the material in any medium or format

Adapt — remix, transform, and build upon the material

The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.

Under the following terms:

Attribution — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.

NonCommercial — You may not use the material for commercial purposes.

ShareAlike — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original.

No additional restrictions — You may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from doing anything the license permits.



Auteurs : Lycée polyvalent Clément Ader, Malmö Stad, Digitaliseringsenheten, Eurasia R&D Limited, VAEV R&D GmbH, Inspectoratul Scolar Judetean Teleorman, Agrupamento De Escolas De Barcelos, Colegio Séneca S.C.A.

Cette publication a été réalisée avec le soutien financier de la Commission européenne dans le cadre du projet Erasmus + « Metaverse-Based STEM Education for a Sustainable and Resilient Future », 2023-1-FR01-KA220-SCH-000151516 © Mars 2024 – Lycée polyvalent C Malléder, Digital Stadium, Malishamösen Digital Eurasia R&D Limited, VAEV R&D GmbH, Inspectoratul Scolar Judetean Teleorman, Agrupamento De Escolas De Barcelos, Colegio Séneca S.C.A

Publié et édité par Eurasia R&D Limited (Turquie)

Attribution, partage dans la même condition



Vous êtes libre de :

Partager — copier et redistribuer le contenu sur tout support et dans tout format.

Adapter — remixer, transformer et s'appuyer sur le contenu.

Le concédant de licence ne peut révoquer ces libertés tant que vous respectez les termes de la licence.

Aux conditions suivantes :

Attribution — Vous devez mentionner l'auteur, fournir un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées. Vous pouvez le faire de toute manière raisonnable, mais sans suggérer que le concédant vous approuve ou approuve votre utilisation.

Usage non commercial — Vous ne pouvez pas utiliser ce matériel à des fins commerciales.

Partage à l'identique — Si vous remixez, transformez ou vous inspirez de ce contenu, vous devez diffuser vos contributions sous la même licence que l'original.

Aucune restriction supplémentaire — Vous ne pouvez pas appliquer de conditions juridiques ou de mesures technologiques qui empêchent légalement les autres de faire ce que la licence autorise.

Sommaire



Avant-propos

Les étapes du projet

Partenaires

Chapitre 1 : Introduction à la stratégie pédagogique M-STEM

Introduction

Pourquoi les filières MSTEM utilisent-elles la réalité virtuelle ?

Cadre théorique

Applications interactives lors d'une séance MSTEM

Conclusion

Chapitre 2 : Intégrer les STEM aux technologies numériques

Comprendre le paysage numérique dans l'enseignement des STEM

Adapter les objectifs STEM avec les outils numériques

Stratégies pratiques de mise en œuvre des outils numériques

Apprentissage collaboratif dans un espace numérique

Surmonter les obstacles technologiques

Conclusion

Chapitre 3 : Créer des expériences d'apprentissage immersives et interactives

Introduction

Qu'est-ce que l'apprentissage immersif ?

Concevoir une activité d'apprentissage interactive avec la réalité virtuelle ?

Conception d'expériences d'apprentissage immersives

Types d'immersion

Composants des expériences d'apprentissage immersives utilisant MSTEM ?

Sommaire

Laboratoire VR STEM en tant qu'environnement d'apprentissage interactif
Environnement du laboratoire STEM pour l'immersion sensorielle et l'immersion spatiale
Conclusion

Chapitre 4 : Approches pédagogiques du projet M-STEM

Introduction

Pourquoi est-il important de se concentrer sur les approches pédagogiques ?

Approches pédagogiques en bref

Apprentissage expérientiel - Apprentissage immersif - Apprentissage collaboratif

Apprentissage par le jeu - Apprentissage personnalisé - Technologie blockchain

Apprentissage par projet - Collaboration mondiale - Apprentissage inversé

Conclusion

Chapitre 5 : Importance de l'éducation STEM à l'ère numérique

Introduction

Besoins éducatifs au 21ème siècle

Des nouvelles compétences à acquérir

L'importance des compétences STEM pour garantir un avenir durable

Défis de l'éducation STEM à l'ère numérique

Conclusion

Sommaire

Chapitre 6 : Introduction au concept de métavers et à son potentiel pour les apprentissages

Introduction

Qu'est-ce que le métavers ?

Comment le métavers est-il perçu ?

Idées fausses courantes

Quelle est la valeur ajoutée de l'apprentissage avec MSTEM?

Chapitre 7 : Discussion sur les avantages et les défis de l'utilisation de la technologie du métavers dans l'enseignement des STIM

Introduction

Introduction à la méthodologie STEM

Bref historique des STEM

Références dans le développement de la méthodologie STEM

Avantages de la mise en œuvre des STEM en classe

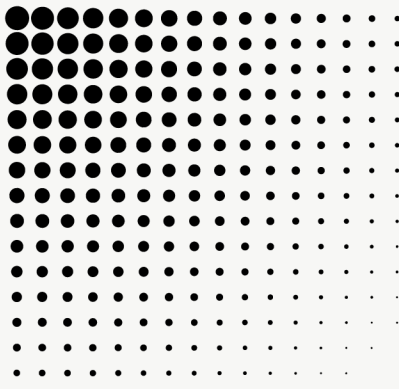
Contribution au développement durable

Contribution à l'inclusion et à l'équité

Contribution à la citoyenneté active

Nécessité des STEM

Difficultés et défis liés à la mise en œuvre de la méthodologie STEM



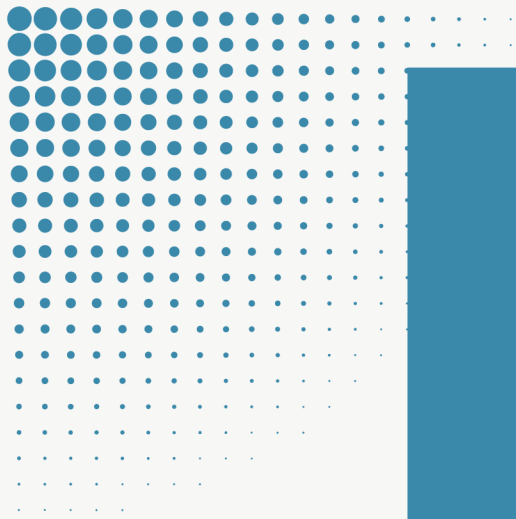
« Le projet M-STEM vise à intégrer les concepts STEM dans le métavers en développant une approche inclusive, innovante et multidimensionnelle. »

STEM ou STIM ? La traduction littérale de l'acronyme STEM (Sciences, Technology, Engineering, Maths) est STIM (Sciences, Technologie, Ingénierie, Maths). STIM étant très peu utilisé en français, nous avons choisi de garder STEM dans la version française des documents de ce projet.

Avant-propos

Le faible attrait des disciplines STEM à l'école, le manque d'intérêt pour les carrières dans ces domaines et l'inadéquation entre l'enseignement STEM et les besoins du marché du travail numérique dans l'UE constituent des obstacles majeurs à la croissance durable de la région. Il est essentiel de renforcer la motivation des élèves et des étudiants pour les filières STEM et d'améliorer leurs résultats dans ces domaines, condition indispensable à la croissance durable et numérique de l'UE.

Cependant, la pédagogie, les programmes, les enseignants et les outils actuels en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) ne permettent pas de préparer correctement les générations futures aux exigences du domaine numérique des STEM au XXIème siècle. L'intégration des STEM dans un environnement numérique, est cruciale pour les générations actuelles et futures.



Les parties du projet

01 Stratégie pédagogique

La stratégie pédagogique M-STEM vise à développer des méthodologies et des approches d'enseignement innovantes, spécifiquement conçues pour l'ère hyper-numérique. Elle a pour objectif d'intégrer les disciplines STEM aux technologies numériques et d'exploiter le métavers afin de créer des expériences d'apprentissage immersives et interactives.

02 Programme et contenu de la formation

Dans le cadre de ce projet, nous élaborerons un programme d'études comprenant des objectifs d'apprentissage, des résultats attendus et des contenus de formation aux compétences STEM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) dans le métavers. Ce programme et ces contenus de formation sont des aspects complémentaires de la stratégie pédagogique.

03 Création d'une simulation de réalité virtuelle

Grâce à la création d'une plateforme de simulation en réalité virtuelle (application VR) qui imite des scénarios d'enseignement STEM du monde réel, le projet offrira aux élèves et aux enseignants une expérience d'apprentissage immersive qui leur permettra d'explorer et d'expérimenter les concepts STEM dans un environnement virtuel.

Partenaires



Lycée polyvalent Clément Ader



Coordonnateur, France



**Département du numérique pédagogique
de la ville de Malmö**

Suède



Eurasia R&D Limited

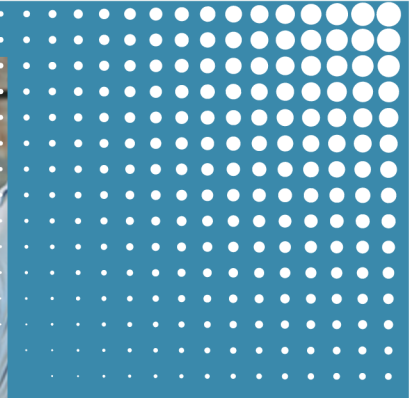
Turquie



VAEV R&D GmbH

Autriche

Partenaires



Corps d'inspection pédagogique du comté de Teleorman

Roumanie



Groupe scolaire Barcelos

Portugal



École Seneca S.C.A.

Espagne



Chapitre 1

*Introduction à la stratégie
pédagogique M-STEM*

Par Eurasia

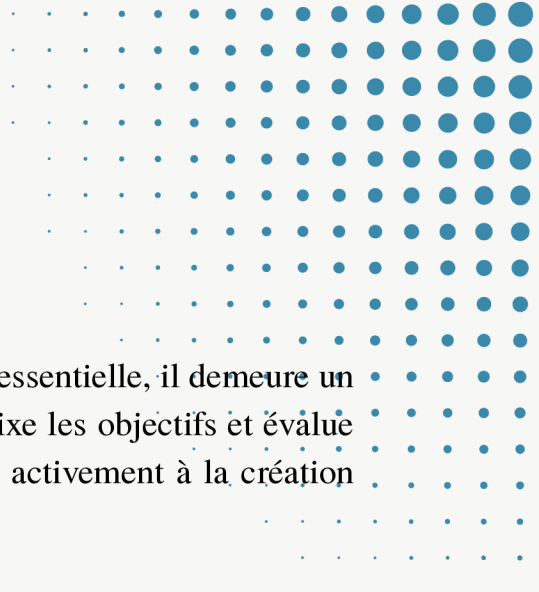
Introduction

La stratégie pédagogique MSTEM est une approche d'apprentissage immersif centrée sur l'apprenant. Elle est facilitée par les enseignants et soutenue par la technologie. L'apprentissage immersif va au-delà des cours magistraux et des manuels scolaires traditionnels. Les élèves explorent et construisent activement leurs connaissances grâce à des environnements simulés et des interactions réalistes. Ils vivent des scénarios familiers et inédits dans un espace virtuel sécurisé. Ceci permet de surmonter les obstacles tels que la distance, le danger ou le coût, rendant possibles des expériences auparavant impossibles. Les enseignants conçoivent l'environnement immersif avec les élèves, en fixant des objectifs et en évaluant les progrès au sein du monde virtuel. Ils agissent comme des guides, et non comme des dirigeants, favorisant ainsi l'autonomie des apprenants. Les élèves choisissent leur rythme, leurs contenus et leurs stratégies d'apprentissage, tandis que les enseignants les accompagnent et veillent à l'atteinte des objectifs pédagogiques. Ceci encourage l'apprentissage autonome et la responsabilisation. Différents types d'immersion répondent aux divers styles et préférences d'apprentissage.

Le plaisir est essentiel, car il stimule l'engagement et une compréhension plus approfondie. La collaboration et le dialogue entre apprenants demeurent cruciaux pour la construction et l'approfondissement des connaissances, même dans des environnements immersifs. Des technologies comme la réalité virtuelle et les simulations comblent le fossé entre les structures conçues par l'enseignant et la construction des connaissances par les élèves, en fournissant des outils pour maximiser leur potentiel cognitif. L'apprentissage immersif privilégie les expériences ludiques et stimulantes. Lorsque les élèves prennent plaisir à apprendre, ils apprennent plus efficacement et développent des compétences précieuses. L'apprentissage immersif ne se résume pas à des technologies sophistiquées ; il s'agit de créer un environnement centré sur l'apprenant où les élèves s'engagent activement, explorent et construisent leurs connaissances.

Wagner, C. et Liu, L. soulignent que l'apprentissage immersif rompt avec les modèles traditionnels et met l'accent sur l'engagement actif. Les apprenants ne sont pas de simples récepteurs passifs d'informations, mais explorent et construisent activement leurs connaissances grâce à des expériences interactives. En définissant le cadre de l'apprentissage immersif, les experts mettent en avant les caractéristiques suivantes :

- Les apprenants sont placés dans des environnements simulés qui reproduisent des situations réelles, ce qui leur permet d'expérimenter le familier et l'inconnu dans un cadre sûr et contrôlé. Ceci rend possible un apprentissage qui serait autrement impossible en raison de contraintes telles que la distance, le danger ou le coût.

- 
- L'enseignant joue un rôle de facilitateur. Si la technologie est essentielle, il demeure un guide indispensable. Il conçoit les activités d'apprentissage, fixe les objectifs et évalue les progrès au sein de l'environnement immersif. Il participe activement à la création du monde virtuel, en collaboration avec les apprenants.
 - Bien que les enseignants fournissent des orientations, les apprenants gardent le contrôle de leur rythme d'apprentissage, du choix des contenus et des stratégies qu'ils privilégient. Cela favorise l'apprentissage autonome et l'appropriation du processus.
 - Il existe différents types d'immersion : sensorielle, imaginative et par défis. Chaque type vise à maximiser le plaisir et l'engagement de l'apprenant, favorisant ainsi une compréhension plus approfondie et le développement de ses compétences.

Même dans des environnements immersifs, l'importance de l'apprentissage social ne doit pas être sous-estimée. La collaboration et le dialogue entre apprenants sont essentiels à la construction et à l'approfondissement des connaissances. Une intégration efficace des technologies dans le cours est indispensable à la réussite des expériences d'apprentissage immersives. Il convient de noter que, dans cette pédagogie, le plaisir d'apprendre est considéré comme un indicateur clé de l'efficacité de l'apprentissage.

En résumé, l'apprentissage immersif dépasse les modèles traditionnels. Tout en soulignant le potentiel des technologies pour créer des expériences d'apprentissage stimulantes et efficaces, il convient également de reconnaître le rôle irremplaçable des enseignants dans l'accompagnement et la facilitation de ce processus.



Pourquoi M-STEM utilise-t-il la réalité virtuelle ?



Bien que les recherches dans ce domaine soient limitées, les utilisateurs indiquent que les technologies immersives améliorent considérablement l'apprentissage car elles permettent de simplifier et de simuler des concepts complexes.

Ce projet vise à exploiter les possibilités offertes par la réalité virtuelle pour l'enseignement des disciplines STEM. Les tâches immersives, interactives et accessibles conçues pour les élèves leur permettent d'accéder à de véritables expériences, des objets 3D et des animations pédagogiques créés dans un laboratoire virtuel. Ils peuvent ainsi mettre en pratique leurs compétences académiques STEM de manière réaliste et bénéficier d'un environnement sécurisant qui favorise leur pleine participation et leur réussite aux cours.





Les chercheurs *Katie Coleman et Brian Derry* de l'Université du Michigan ont récemment mené une vaste enquête visant à évaluer les réactions des étudiants à une formation en réalité virtuelle (RV). Les résultats de cette enquête ont montré que plus de 75 % des répondants ont indiqué que l'événement avait eu un impact extrêmement positif sur les étudiants participants. Une large majorité d'entre eux ont souligné le gain de confiance en eux qu'ils ont constaté suite à cette formation et ont affirmé que la plateforme de RV utilisée s'était révélée efficace pour la pratique. De nombreux étudiants ont exprimé leur enthousiasme, qualifiant l'activité d'intéressante et réaliste. Ils ont salué la clarté des instructions et souligné la valeur de l'expérience d'apprentissage globale. Le potentiel des environnements virtuels immersifs pour enrichir l'apprentissage a été mis en avant par de nombreux enseignants. *De Back et al.* reconnaissent l'adoption encore limitée de ces environnements dans l'éducation, mais suggèrent que cela pourrait s'expliquer en partie par le manque de recommandations de conception efficaces. La conception d'environnements d'apprentissage immersifs améliore les capacités cognitives et favorise l'apprentissage collaboratif. L'utilisation des fonctionnalités de la plateforme de RV permet de réduire les limitations physiques, rendant possible la création d'un environnement d'apprentissage immersif performant et économique, tant pour les étudiants que pour les enseignants.

Cadre théorique

Les technologies immersives combinent mondes réel et virtuel, créant des expériences à la fois artificielles et réalistes pour les utilisateurs. Leur utilisation dans l'éducation aide les élèves à visualiser des concepts abstraits. Elles contribuent également au développement de compétences spécialisées plus difficiles à acquérir par l'enseignement traditionnel. Des études ont montré que les technologies immersives accroissent l'engagement et renforcent la participation. Le recours à des méthodes pédagogiques innovantes basées sur ces technologies est donc essentiel, notamment pour les élèves de la génération internet (*D. Fonseca et al., 2014*).

Dans l'enseignement actuel, la visualisation, l'interaction, la personnalisation et la ludification sont devenues des éléments essentiels. Il est généralement admis que l'apprentissage est plus efficace par la pratique, grâce à un retour d'information permettant d'identifier les points forts et les points faibles, et d'identifier les pistes d'amélioration. Dans l'enseignement des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM), la nécessité de penser et de pratiquer comme un scientifique sur le terrain est indéniable. C'est pourquoi la réalité virtuelle (RV) est devenue un outil très performant. La formation pratique peut être dispensée en créant des environnements artificiels dans différents domaines.

Par exemple, l'anatomie peut être expliquée à l'aide de simulations médicales, tandis que les compétences linguistiques peuvent être améliorées en établissant des interactions au sein d'environnements sociaux. Cette approche pratique constitue une solution idéale pour l'enseignement des STEM (*Salvetti, F., & Bertagni, B., 2017*).

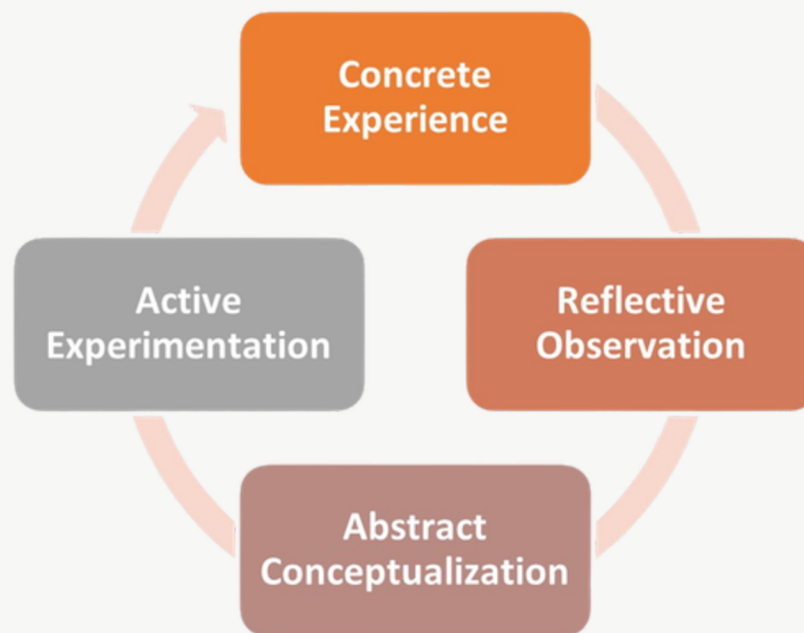
Fowler (2015) a proposé une approche pédagogique pour l'utilisation des environnements d'apprentissage virtuels (EAV) en éducation. Il commence par présenter les étapes de l'apprentissage et explique comment elles peuvent se traduire dans les expériences d'apprentissage au sein d'EAV. Lors de la première étape, la conceptualisation, l'apprenant se familiarise avec le sujet et en acquiert une compréhension de base. Dans les EAV, cela se produit, par exemple, lorsqu'un concept particulier est présenté visuellement et que l'apprenant est libre de l'explorer et d'interagir avec lui. La deuxième étape implique une interaction active avec le sujet, menant à une compréhension plus approfondie. Dans les EAV, cette étape est associée à un réalisme accru et à davantage de possibilités d'interaction directe avec le sujet. La troisième et dernière étape, le dialogue, consiste en des échanges avec d'autres apprenants afin de confirmer et de consolider la compréhension. Dans les EAV, ce dialogue peut être facilité, par exemple, par la représentation de soi-même et des autres sous forme d'avatars (*Tycho T. De Back et al., 2021*).

Fowler propose une approche pédagogique de « conception pour l'apprentissage » où les objectifs d'apprentissage visés sont d'abord identifiés afin de satisfaire aux exigences d'apprentissage de chacune des trois étapes. Ces besoins d'apprentissage sont similaires aux bénéfices d'apprentissage définis par *Dalgarno et Lee (2010)*. On évalue ensuite si les exigences d'apprentissage de chaque phase sont adéquatement prises en charge par les bénéfices potentiels des environnements d'apprentissage virtuels et leurs caractéristiques sous-jacentes (*Tycho T. De Back et al., 2021*).

La pédagogie MSTEM repose sur une approche centrée sur l'étudiant et s'appuie sur plusieurs théories de l'apprentissage :

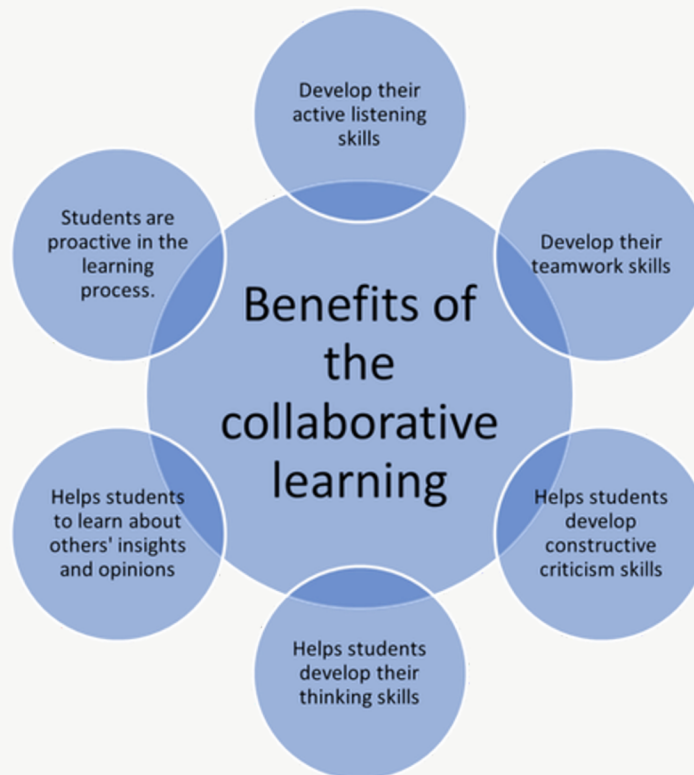
1- Apprentissage diversifié

Il est recommandé de proposer une variété d'expériences d'apprentissage adaptées aux différents styles d'apprentissage des élèves. Cette diversité les aidera à devenir des apprenants plus adaptables et complets.



2- Apprentissage collaboratif

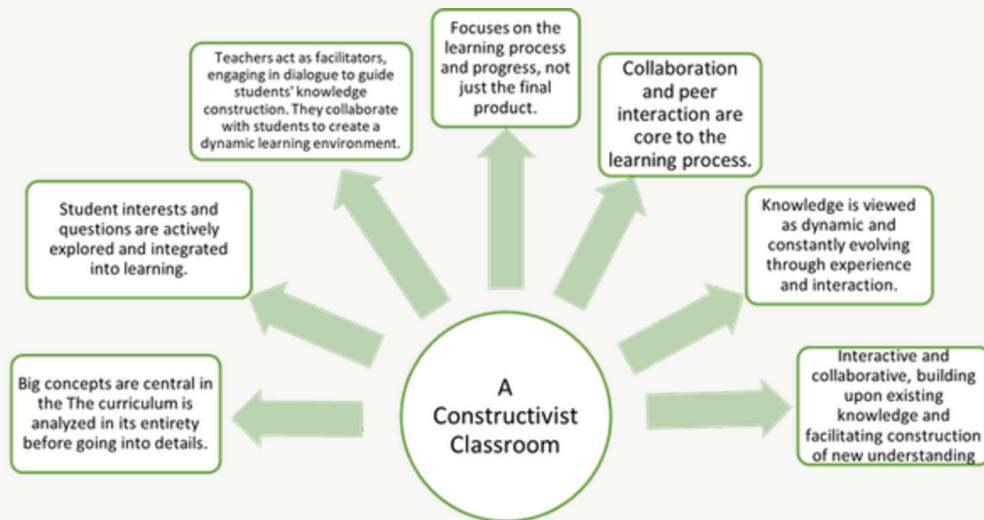
Dans le cadre de l'apprentissage collaboratif, les activités doivent encourager les élèves à travailler en groupe. Dans cette approche, les élèves travaillent ensemble sur des activités ou des tâches d'apprentissage au sein de groupes suffisamment restreints pour garantir la participation de chacun. Les élèves du groupe travaillent ensemble à une tâche commune. Dans certains cas, ils peuvent également travailler sur des tâches distinctes contribuant à un objectif commun. Les activités d'apprentissage collaboratif peuvent prendre diverses formes, telles que l'apprentissage entre pairs, les jeux de rôle et les débats. Les élèves peuvent former des groupes de projet, des groupes de discussion ou des groupes de rédaction.



3- Apprentissage constructiviste – l'éducation devrait être centrée sur l'élève

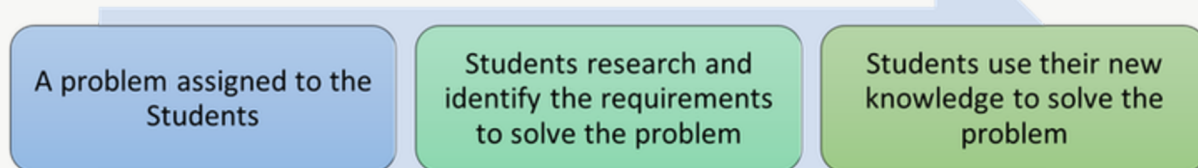
Dans la théorie constructiviste, les apprenants n'absorbent pas passivement les connaissances, mais les construisent. Ils font l'expérience du monde, puis réfléchissent à ces expériences pour créer leurs propres schémas cognitifs et intégrer les nouvelles informations à leurs connaissances préexistantes.

Une classe constructiviste se caractérise par une approche centrée sur l'élève qui valorise la recherche, les expériences pratiques, la collaboration et une compréhension dynamique des connaissances. Les enseignants jouent un rôle de facilitateur, guidant les élèves dans la construction de leur propre compréhension par le biais de processus interactifs. Les méthodes d'évaluation reflètent une vision holistique de l'apprentissage qui met l'accent à la fois sur le cheminement et sur le résultat.



4- Apprentissage par problèmes

L'apprentissage par problème (APP) est une pédagogie centrée sur l'élève, où celui-ci découvre une matière en résolvant un problème ouvert issu d'un matériel de référence. L'APP ne vise pas la résolution de problèmes avec une solution prédéfinie, mais favorise le développement d'autres compétences et qualités essentielles, telles que l'acquisition de connaissances, le renforcement de la collaboration et de la communication au sein du groupe. Dans une séance APP, les élèves apprennent une matière en travaillant en groupe pour résoudre le problème.





La pédagogie M-STEM englobe toutes les approches éducatives mentionnées précédemment et les associe dans un environnement de réalité virtuelle.

La plateforme M-STEM permet aux enseignants de poser des questions aux élèves dans cet environnement virtuel. Les élèves peuvent accéder aux informations relatives à la question grâce aux ressources mises à leur disposition sur la plateforme. Ils peuvent être répartis en groupes et travailler ensemble dans cet environnement virtuel. L'enseignant intervient auprès des groupes en tant que facilitateur et aide les élèves à trouver la solution au problème. Les élèves apprennent les disciplines STEM de manière interactive grâce aux objets 3D, aux animations et aux interactions en temps réel offertes par la plateforme M-STEM.

Exemples d'activités interactives d'une séance M-STEM

L'intégration et l'utilisation de la réalité virtuelle améliorent la réussite scolaire et l'apprentissage des disciplines STEM. La pédagogie MSTEM propose divers outils interactifs pour enrichir cet apprentissage : simulations virtuelles, objets 3D, expériences virtuelles, outils collaboratifs et éléments de ludification conçus spécifiquement pour l'enseignement des disciplines STEM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques).

Environnement d'apprentissage interactif

La pédagogie MSTEM repose sur un environnement d'apprentissage interactif. L'environnement d'apprentissage virtuel conçu et développé dans le cadre du projet MSTEM sert de laboratoire STEM pour les élèves. Ce laboratoire virtuel comprend divers outils pédagogiques destinés aux élèves et aux enseignants. Les enseignants de sciences, technologies, ingénierie et mathématiques peuvent utiliser des objets 3D et des animations pour permettre aux élèves d'interagir avec de nouveaux matériaux et de les expérimenter de manière approfondie, tandis que les expériences virtuelles offrent des opportunités d'apprentissage interactif dans un environnement sécurisé.

Outils collaboratifs

Le laboratoire virtuel MSTEM propose également des outils collaboratifs. Grâce à ces outils, les élèves peuvent mener une expérience ensemble ou discuter de sujets liés aux sciences, aux technologies, à l'ingénierie et aux mathématiques (STEM). Ces outils collaboratifs favorisent également l'apprentissage interactif et la résolution de problèmes par essais et erreurs, tout en explorant des objets 3D réalistes. Les outils interactifs offerts par la plateforme MSTEM permettent aux enseignants d'interagir avec les élèves pendant le processus d'apprentissage, ce qui est essentiel pour un apprentissage par problèmes centré sur l'élève.

Le laboratoire MSTEM est aussi une salle d'activités virtuelle pour les cours de sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) Sur cette plateforme, les enseignants peuvent créer des « classes » virtuelles pour des élèves spécifiques et distribuer des devoirs ou du matériel pédagogique à tous les élèves de chaque classe. Les élèves peuvent soumettre leur travail via cette plateforme et les enseignants peuvent y accéder en temps réel, le présenter dans la salle de classe virtuelle, le commenter et le modifier si nécessaire.

Simulations

Dans le laboratoire MSTEM, les simulations permettent d'observer des objets en mouvement, comme des systèmes de roues rotatives, ou d'explorer des phénomènes naturels se déroulant sur de longues périodes, tels que le cycle de l'eau. Les simulations sont conçues pour faciliter l'apprentissage des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) par les élèves.

Conclusion

La plateforme *MSTEM VR Lab* offre une expérience de laboratoire STEM réaliste, accessible aux élèves et aux enseignants pour réaliser des expériences en toute sécurité. Le laboratoire *MSTEM VR* propose des outils et des possibilités inédites, comme le zoom pour observer des objets 3D à l'échelle microscopique et la possibilité de modifier le temps pour accélérer les expériences. Ces simulations peuvent être utilisées pour des cours STEM immersifs. *MSTEM VR* favorise également la créativité et l'innovation. En modifiant les lois de la physique, les élèves peuvent découvrir de nouveaux processus et réaliser des découvertes inédites.

Les élèves d'aujourd'hui se distinguent de ceux d'hier par leur maîtrise des technologies, ce qui engendre des processus et des objectifs d'apprentissage différents. Cela requiert des approches pédagogiques adaptées. Les salles de classe virtuelles, conçues pour les enseignants et les élèves et axées sur le contenu pédagogique, offrent une opportunité unique pour l'enseignement des disciplines STEM.

Dans la pédagogie de la réalité virtuelle appliquée aux sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM), les enseignants jouent un rôle essentiel de médiateurs des expériences d'apprentissage numérique. Bien que les ressources mises à la disposition des enseignants et des élèves soient de grande qualité, il est crucial d'évaluer leur pertinence par rapport au programme, leur efficacité et leur adéquation au contexte de la classe. Par conséquent, les enseignants sont un maillon indispensable de la pédagogie des disciplines STEM.



Chapitre 2

*Intégrer les STEM
aux technologies
numériques*

Par VAEV R&D

Comprendre le paysage numérique dans l'enseignement des STIM

Le rôle des technologies numériques

Le numérique joue un rôle transformateur dans l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM), révolutionnant les méthodes pédagogiques traditionnelles et ouvrant de nouvelles perspectives d'apprentissage. Son rôle est multiple : il offre un éventail d'outils et de ressources qui dépassent le cadre des manuels et des cours magistraux traditionnels.

Activation des simulations virtuelles

L'un des principaux apports des technologies numériques réside dans la facilitation des simulations virtuelles. Ces simulations offrent aux étudiants la possibilité d'explorer des concepts scientifiques complexes dans un environnement contrôlé et dynamique. Par exemple, en physique, les étudiants peuvent étudier les forces gravitationnelles grâce à des simulations interactives, ce qui leur permet d'approfondir leur compréhension en expérimentant visuellement et de manière interactive des théories abstraites.

Applications interactives performantes

Les outils numériques permettent aux enseignants de créer des applications interactives adaptées aux différents styles d'apprentissage. Qu'il s'agisse de quiz ludiques, de présentations interactives ou d'expériences virtuelles, les enseignants peuvent utiliser des applications qui captivent l'attention des élèves et stimulent leur curiosité. Cela rend l'apprentissage plus attrayant et renforce les concepts clés des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) par le biais d'expériences pratiques.

Surmonter les limitations physiques

Le numérique abolit les barrières physiques dans l'éducation. Les élèves peuvent explorer des processus biologiques complexes, les profondeurs de l'espace ou mener des expériences chimiques sans les contraintes d'espace, de matériel ou de sécurité. Grâce à cette technologie, chaque apprenant a accès à des expériences qui, autrement, seraient difficiles à mettre en œuvre.

Comprendre le paysage numérique dans l'enseignement des STEM - I

Applications concrètes

L'intégration des outils numériques permet d'explorer les applications concrètes des concepts STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques). Grâce à la réalité augmentée, par exemple, les élèves peuvent superposer des informations numériques au monde physique, ce qui leur permet de mieux comprendre comment les principes STIM sont appliqués dans divers secteurs. Ce lien avec des situations réelles renforce la pertinence et l'aspect pratique de l'enseignement des STIM.

Compétences numériques pour les éducateurs

Pour exploiter pleinement le potentiel des technologies numériques dans l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM), les enseignants doivent développer des compétences numériques qui dépassent le simple niveau de culture technologique. La maîtrise de divers outils numériques est essentielle pour créer un environnement d'apprentissage riche et dynamique.

Réalité virtuelle (RV)

La réalité virtuelle (RV) est une expérience simulée qui utilise le suivi des postures et des écrans 3D proches des yeux pour offrir à l'utilisateur une immersion totale dans un monde virtuel. Principalement utilisée pour les jeux, elle se révèle particulièrement intéressante pour l'enseignement aux enfants. Les enseignants maîtrisant les outils numériques peuvent utiliser la RV pour transporter leurs élèves dans des laboratoires virtuels, leur permettant ainsi d'explorer les disciplines scientifiques, technologiques, d'ingénierie et mathématiques (STEM) dans un espace 3D immersif. Savoir intégrer la RV dans les plans de cours permet aux enseignants de proposer des expériences d'apprentissage uniques et mémorables.

Collaboration via les plateformes numériques

La compétence numérique englobe les outils collaboratifs qui facilitent la communication et le travail d'équipe. Les enseignants maîtrisant ces outils peuvent encourager la résolution collaborative de problèmes, les discussions et les projets entre élèves, à l'image des environnements STEM réels où le travail d'équipe est essentiel.

Coordonner les objectifs STEM avec les outils numériques

Clarté des objectifs éducatifs

Avant d'aborder l'intégration des outils numériques, il est essentiel que les enseignants comprennent clairement les objectifs d'apprentissage du programme STEM. Ces objectifs constituent le fondement du choix des outils et technologies appropriés. La clarté des objectifs pédagogiques permet aux enseignants de définir les résultats escomptés et d'identifier les domaines où les outils numériques peuvent enrichir l'expérience d'apprentissage.

Adaptation de l'intégration numérique

L'identification des objectifs d'apprentissage permet de personnaliser l'intégration des outils numériques. En associant chaque outil à des objectifs d'apprentissage spécifiques, les enseignants peuvent créer une expérience pédagogique cohérente et pertinente. Par exemple, si l'objectif est de comprendre des processus biologiques complexes, il devient essentiel de choisir des outils numériques proposant des simulations détaillées ou des dissections virtuelles.

Alignement des évaluations

Les objectifs d'apprentissage jouent un rôle essentiel dans l'élaboration des stratégies d'évaluation. Les enseignants peuvent ainsi concevoir des évaluations alignées sur les objectifs définis, garantissant que l'intégration des outils numériques contribue directement à l'évaluation de la compréhension des élèves. Cette approche globale assure que l'utilisation des technologies enrichit à la fois l'apprentissage et l'évaluation dans l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM).

Outils numériques

Simulations virtuelles

Les simulations virtuelles constituent des outils dynamiques adaptés à diverses disciplines STEM. Qu'il s'agisse d'expériences de physique, de réactions chimiques ou de prototypes d'ingénierie, elles offrent un environnement sécurisé permettant aux élèves d'explorer et d'appliquer des concepts théoriques. Le choix des simulations doit être en adéquation avec les objectifs d'apprentissage définis, afin d'offrir aux élèves des expériences immersives directement liées au programme scolaire.

Réalité augmentée (RA)

La réalité augmentée (RA) est une expérience interactive qui combine le monde réel et le contenu généré par ordinateur. Quelle est la différence entre la réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA) ? La réalité virtuelle immerge les utilisateurs dans des environnements entièrement numériques, tandis que la réalité augmentée superpose du contenu numérique au monde réel. Intégrer la réalité augmentée dans l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) ajoute une dimension concrète aux concepts théoriques. La RA permet aux élèves de superposer des informations numériques à des objets physiques, créant ainsi des expériences d'apprentissage interactives et stimulantes. Le choix des applications de RA doit être guidé par la nécessité de relier les théories abstraites à des scénarios tangibles et concrets, en parfaite adéquation avec la stratégie pédagogique des disciplines STEM.

La personnalisation dans la pédagogie MSTEM

Compte tenu des spécificités de la stratégie pédagogique MSTEM, le choix des outils numériques doit être adapté à son approche centrée sur l'apprenant. Les outils qui permettent aux élèves de s'engager activement, d'explorer et de construire des connaissances dans des environnements virtuels sont en accord avec les principes du MSTEM. La possibilité de personnaliser ces outils garantit qu'ils répondent non seulement aux objectifs généraux des STEM, mais aussi qu'ils contribuent à l'atteinte des objectifs spécifiques définis dans le cadre MSTEM.

Accessibilité et plaisir

Lors du choix d'outils numériques, les enseignants doivent privilégier l'accessibilité et le plaisir d'utilisation. Les outils sélectionnés doivent être facilement accessibles à tous les élèves, garantissant ainsi l'inclusion. De plus, ils doivent susciter l'intérêt, car la stratégie MSTEM reconnaît l'importance du plaisir et de l'engagement dans le processus d'apprentissage. Les outils qui captivent l'intérêt des élèves contribuent significativement à la réussite globale de la pédagogie MSTEM.

Mise en œuvre

Création d'environnements virtuels

La création d'expériences d'apprentissage immersives implique la conception stratégique d'environnements virtuels conformes à la stratégie pédagogique MSTEM. Les enseignants devraient tenir compte des éléments suivants :

- *Conception centrée sur l'utilisateur : adapter les environnements virtuels aux différents styles d'apprentissage et préférences des élèves. Veiller à ce que la conception favorise l'engagement, le plaisir et l'adéquation avec les objectifs d'apprentissage des disciplines STEM.*
- *Définition des objectifs : Définir clairement les objectifs d'apprentissage au sein de l'environnement virtuel. Établir des objectifs conformes aux principes des disciplines MSTEM, favorisant l'apprentissage autodirigé, l'autonomie et la construction collaborative des connaissances.*
- *Activités structurées : Concevoir des activités qui encouragent l'exploration, l'expérimentation et la résolution de problèmes. Intégrer des défis qui reproduisent des situations réelles, permettant aux élèves d'appliquer les concepts des STIM à des situations concrètes.*
- *L'enseignant comme guide : Souligner le rôle de l'enseignant comme guide dans l'environnement virtuel. Les enseignants doivent participer activement à la conception des activités, à la définition des objectifs et à l'accompagnement des élèves, tout en leur laissant la liberté d'explorer et de construire leurs connaissances.*

Intégration de l'évaluation

Les stratégies d'évaluation doivent s'intégrer parfaitement aux expériences d'apprentissage immersives :

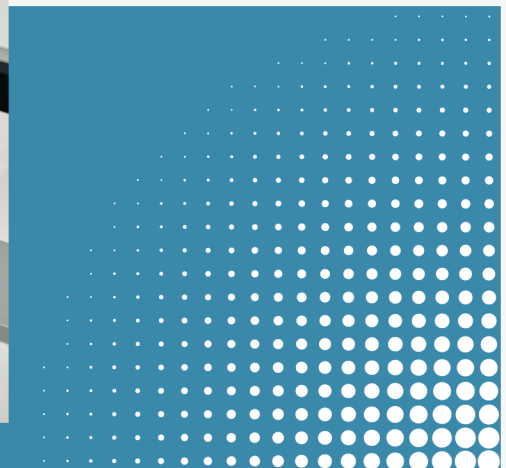
- *Évaluation authentique : Concevoir des évaluations qui reflètent les applications concrètes des connaissances en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM). Cela pourrait inclure des évaluations par projet, des expériences virtuelles et des tâches de résolution de problèmes collaboratives.*
- *Suivi des progrès : Mettre en place des outils au sein de l'environnement virtuel pour un suivi des progrès en temps réel. Cela permet aux enseignants d'évaluer la compréhension individuelle et collective et de fournir un retour d'information opportun afin d'améliorer le processus d'apprentissage.*
- *Occasions de réflexion : Intégrez des éléments de réflexion aux activités, en encourageant les élèves à exprimer leurs expériences d'apprentissage. Cette autoréflexion favorise la métacognition et une compréhension plus approfondie des concepts des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM).*

Apprentissage collaboratif dans un espace numérique

Utilisation des outils collaboratifs

Les plateformes numériques offrent une multitude d'outils collaboratifs. Voici quelques stratégies pour une utilisation efficace :

- **Classes virtuelles** : Mettre en place des classes virtuelles dans le cadre des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM), offrant des espaces de collaboration en groupe. Les enseignants peuvent y attribuer des tâches, partager des ressources et animer des discussions.
- **Collaboration par projet** : Encouragez l'apprentissage collaboratif par projet. Attribuez des tâches qui requièrent travail d'équipe, résolution de problèmes et application des principes des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM). Les plateformes numériques doivent faciliter une collaboration fluide, permettant aux élèves de travailler ensemble quel que soit leur emplacement géographique.
- **Discussions interactives** : Tirez parti des outils numériques pour faciliter les discussions interactives. Intégrez des forums, des messageries instantanées ou la visioconférence pour encourager le dialogue entre les élèves. Les enseignants peuvent modérer et orienter les discussions, garantissant ainsi que l'apprentissage collaboratif se prolonge au-delà des salles de classe traditionnelles.



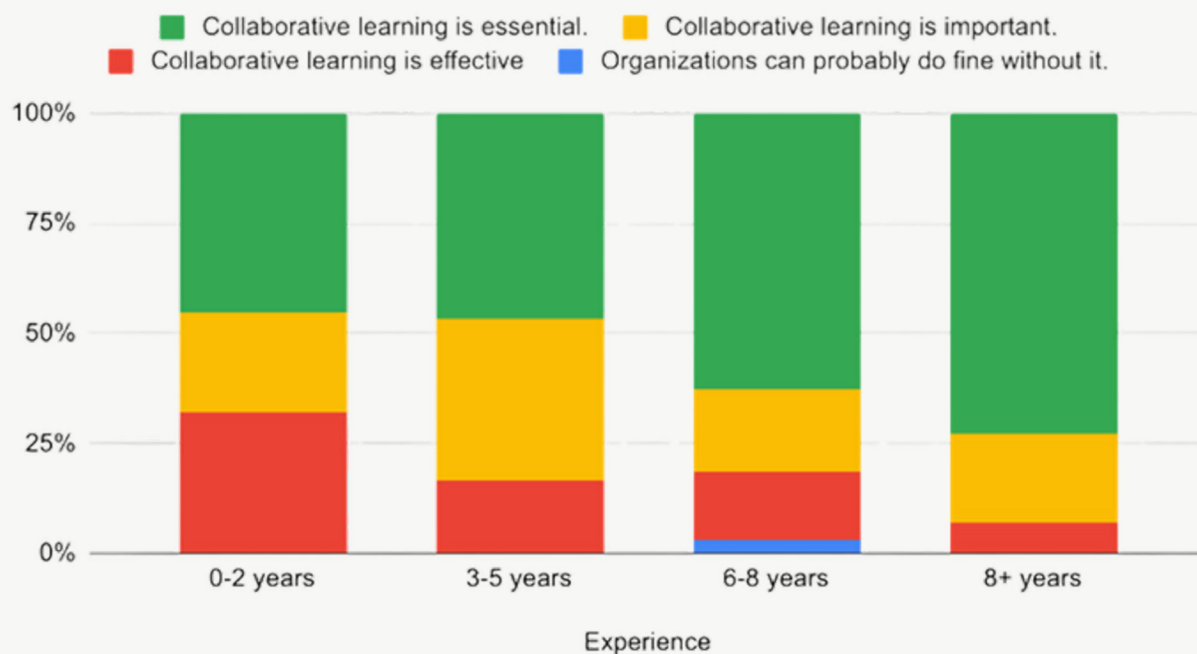
Apprentissage collaboratif dans un espace numérique

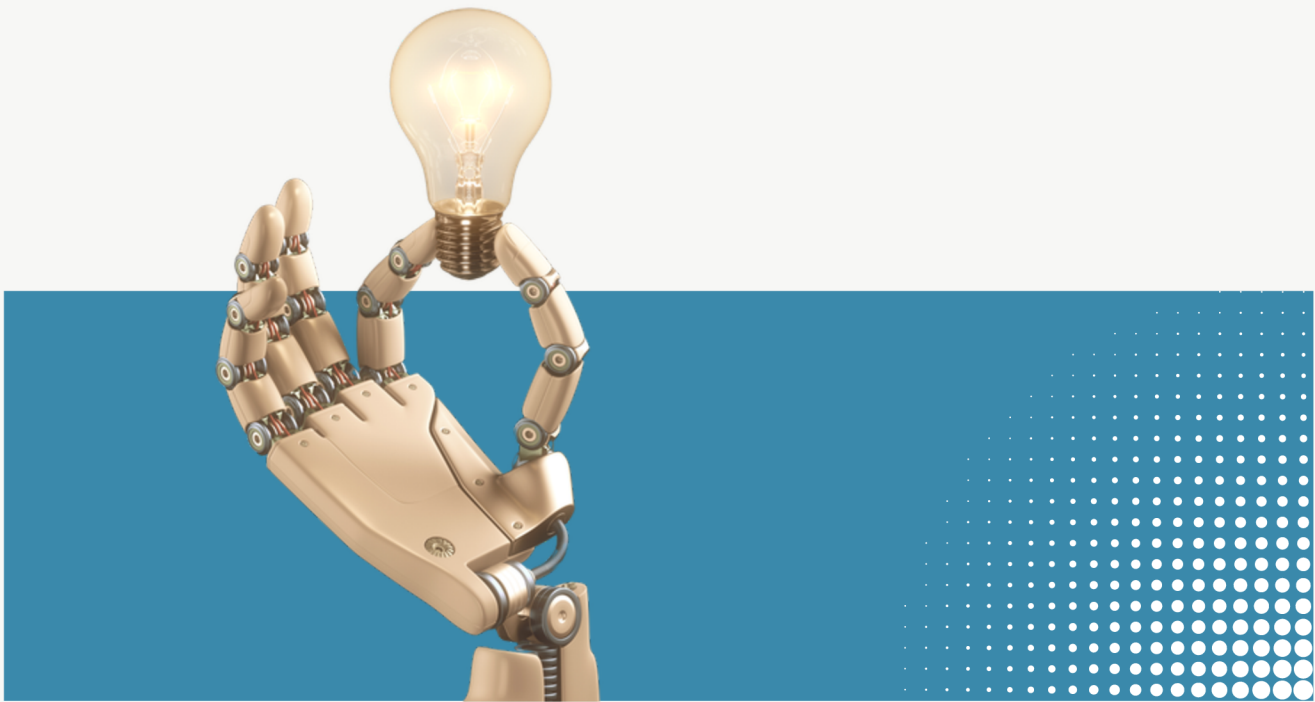
Faciliter les activités de groupe

Les enseignants peuvent utiliser des stratégies pour gérer efficacement les activités de groupe dans un espace numérique :

- *Consignes claires* : Fournissez des consignes claires pour les activités de groupe, en précisant les rôles et les responsabilités. La collaboration virtuelle doit refléter la structure du travail de groupe en présentiel, afin que chaque étudiant puisse y contribuer de manière significative.
- *Mécanismes de rétroaction* : Mettre en œuvre des mécanismes de rétroaction au sein des plateformes numériques. Encourager l'évaluation par les pairs et offrir aux enseignants des occasions d'évaluer la dynamique de groupe et les contributions individuelles.
- *Adaptabilité* : Favoriser l'adaptabilité au sein des groupes. La collaboration numérique peut nécessiter des ajustements, et les enseignants doivent guider les élèves pour surmonter les difficultés et tirer parti de la technologie pour un travail d'équipe efficace.

How important is collaborative learning?





Surmonter les obstacles technologiques

Accès à la technologie

- *Considérations d'équité* : L'un des principaux défis de l'intégration numérique est de garantir un accès égal à la technologie pour tous les élèves. Conscients de la fracture numérique, les enseignants devraient collaborer avec l'administration scolaire afin d'identifier et de réduire les inégalités en matière de disponibilité des appareils et de connexion Internet.
- *Allocation des ressources* : Rechercher des financements ou tirer parti des partenariats communautaires pour allouer des ressources aux élèves n'ayant pas accès aux appareils nécessaires. Mettre en œuvre des initiatives telles que des programmes de prêt d'appareils ou des points d'accès Wi-Fi communautaires afin de réduire la fracture numérique.
- *Solutions hors ligne* : Élaborer des plans de contingence pour les élèves rencontrant des problèmes de connexion persistants. Fournir des ressources hors ligne, telles que des documents téléchargeables ou des exercices alternatifs, afin de garantir l'accès aux contenus STIM, indépendamment de leur connexion Internet.

Problèmes techniques

- *Systèmes de support technique* : Mettez en place des systèmes de support technique robustes pour résoudre rapidement les problèmes. Collaborez avec les services informatiques ou sollicitez l'aide d'étudiants compétents en informatique pour créer un réseau de soutien. Des canaux de communication clairs pour le signalement et la résolution des problèmes doivent être facilement accessibles.
- *Formation aux compétences techniques* : doter les enseignants et les élèves de compétences de base en dépannage. Proposer des sessions de formation ou des tutoriels sur les problèmes techniques courants afin de permettre à la communauté d'apprentissage de résoudre elle-même les problèmes mineurs.
- *Plans de redondance* : Élaborez des plans de redondance pour les activités critiques. En cas de problème technique avec un outil ou une plateforme numérique, disposer de ressources ou de plateformes alternatives garantit la continuité de l'apprentissage.

Conclusion

La conclusion du module 2 souligne l'importance d'intégrer les technologies numériques à l'enseignement des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) afin d'enrichir l'expérience d'apprentissage. Elle met en lumière le rôle transformateur des technologies numériques dans la refonte des méthodes d'enseignement traditionnelles, offrant aux enseignants des perspectives, des stratégies et des conseils pratiques pour fusionner harmonieusement l'enseignement des STEM et les outils numériques. Ces outils, tels que les simulations virtuelles et la réalité augmentée, permettent aux élèves d'appréhender des concepts complexes et de surmonter les limitations physiques, garantissant ainsi l'inclusion et l'accessibilité.

Les enseignants sont encouragés à développer des compétences numériques et à aligner les objectifs des filières STEM sur les outils appropriés, en adaptant l'intégration pour optimiser les résultats d'apprentissage. Des stratégies de mise en œuvre concrètes, telles que la création d'environnements virtuels et l'intégration de l'évaluation, sont présentées afin de faciliter des expériences d'apprentissage immersives et collaboratives. Par ailleurs, ce chapitre aborde les obstacles technologiques, en insistant sur les enjeux d'équité, les systèmes de soutien technique et la formation aux compétences techniques pour garantir un accès égal et une intégration harmonieuse du numérique dans l'enseignement des STEM.



Chapitre 3

*Créer des expériences
d'apprentissage
immersives et
interactives*

Eurasie

Introduction

Aujourd'hui, les élèves naissent dans un monde numérique où la technologie est omniprésente. De ce fait, les méthodes d'enseignement traditionnelles peinent à leur convenir. En d'autres termes, le mode de vie numérique des jeunes pousse les méthodes pédagogiques traditionnelles à s'adapter aux nouveaux besoins, en intégrant la technologie et en les transformant. Pour répondre à ces besoins, l'éducation évolue d'une acquisition passive de connaissances vers une participation active. Car la génération actuelle a besoin de nouvelles approches pédagogiques. Les enseignants doivent s'adapter à cette évolution et intégrer la technologie en classe. L'utilisation de salles de classe virtuelles est l'un des moyens les plus efficaces d'y parvenir.

L'apprentissage immersif s'est imposé comme une stratégie utilisant la réalité virtuelle pour offrir des expériences d'apprentissage stimulantes et dynamiques. Il remplace les cours magistraux et les manuels traditionnels par des environnements virtuels simulés, des reconstitutions 3D du monde réel et des interactions de groupe, permettant aux étudiants d'explorer, d'expérimenter et de produire des connaissances de manière dynamique et captivante. Cette nouvelle approche a transformé notre conception de l'éducation et notre vision des choses.

L'apprentissage immersif peut impliquer l'application de différentes stratégies. Celles-ci incluent la gamification, l'apprentissage par le récit, l'apprentissage par la vidéo ou l'apprentissage par scénario, les simulations à embranchements, la réalité augmentée (RA), la réalité virtuelle (RV), la réalité étendue (RX) et la réalité mixte (RM).

La réalité virtuelle (RV) désigne un environnement numérique entièrement simulé dans lequel les utilisateurs sont immergés grâce à des casques de RV pour vivre des expériences réalistes. Ces expériences peuvent être des situations réelles ou des expériences créatives et imaginaires.

La réalité augmentée (RA) combine du contenu numérique avec le monde réel via un téléphone, des lunettes ou un casque.

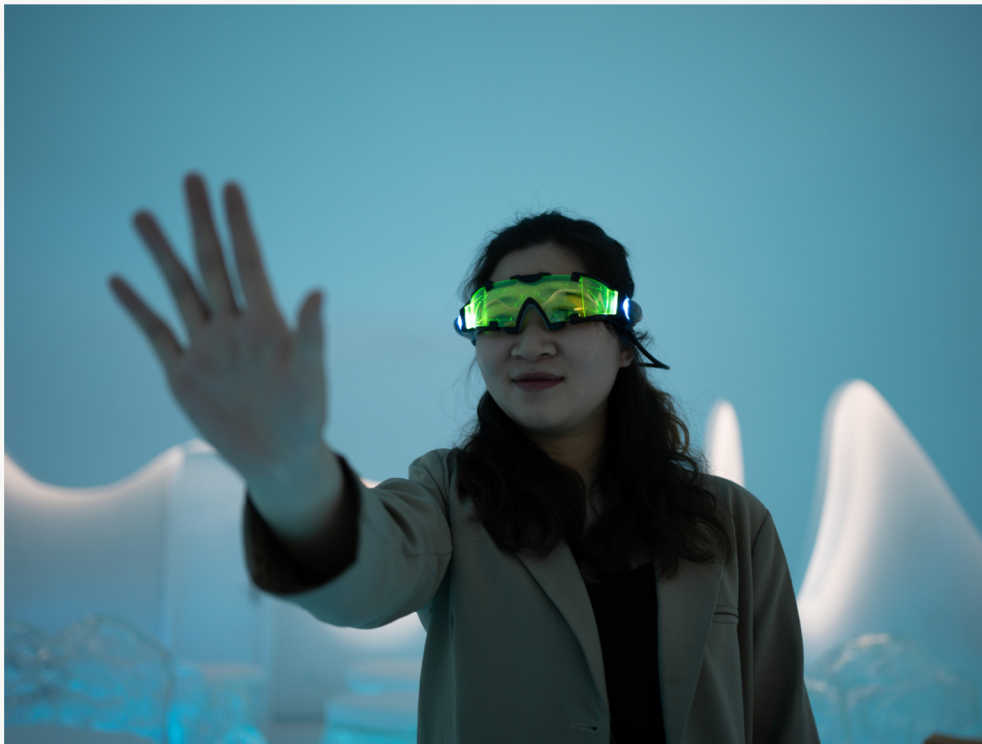
La réalité mixte (RM) mêle objets numériques et réels. Les utilisateurs peuvent interagir en temps réel. En RM, les objets virtuels sont intégrés à l'environnement réel pour des expériences totalement réalistes.

La réalité étendue (XR) désigne la coexistence d'environnements réels et virtuels intégrés, ainsi que d'interactions homme-machine. Autrement dit, la réalité augmentée (RA), la réalité virtuelle (RV) et la réalité mixte (RM) coexistent en réalité étendue.

Qu'est-ce que l'apprentissage immersif ?

La réalité virtuelle est une simulation informatique d'un environnement tridimensionnel. Les utilisateurs peuvent interagir avec cet environnement tridimensionnel grâce à des équipements spécialisés tels que des casques ou des manettes de réalité virtuelle.

La technologie de réalité virtuelle brouille les frontières entre les mondes physique et virtuel et plonge les utilisateurs dans une expérience réaliste. Cet environnement immersif, créé grâce à la réalité virtuelle, permet aux élèves de percevoir l'environnement virtuel et ses objets comme réels.

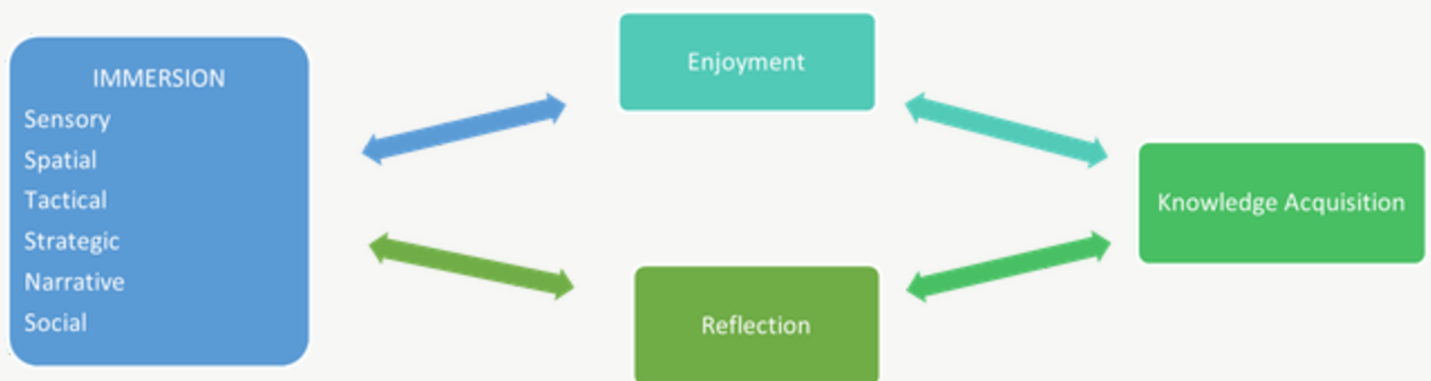


Comment concevoir une expérience d'apprentissage interactive avec la réalité virtuelle ?

Il existe différents types d'immersion :

Sensorielle - Spatiale - Tactique - Stratégique - Imaginative - Sociale

Il serait judicieux de combiner plusieurs types d'immersion pour créer un espace d'apprentissage immersif efficace. La multiplication des immersions favorisera l'engagement des apprenants dans le sujet abordé. Bien entendu, le type d'immersion peut être choisi en fonction de l'approche pédagogique et des exigences du sujet ; toutefois, les immersions sensorielles et spatiales sont les plus stimulantes pour les apprenants. Le graphique suivant, fourni par C. Wagner et L. Liu (Liu et al., 2017), illustre clairement le cycle d'apprentissage à travers les environnements immersifs.



Lors de la conception d'une expérience d'apprentissage immersive, il est important de connaître les différents types d'immersion.

Comme mentionné précédemment, il existe différents types d'immersion et l'enseignant ou le concepteur doit choisir le type le plus pertinent et stimulant pour faciliter l'acquisition des connaissances. En termes simples, l'immersion en réalité virtuelle est la sensation d'être physiquement présent dans un environnement virtuel. Les graphismes et les sons peuvent être utilisés pour créer cette sensation. D'autres retours sensoriels peuvent également être utilisés, tels que la vibration des manettes lorsque l'avatar touche un objet dans l'environnement virtuel ou l'odeur de cet environnement.

Types d'immersion



Immersion sensorielle

L'immersion sensorielle permet aux utilisateurs de se sentir immergés dans un environnement réel grâce à des outils qui sollicitent nos sens, comme les graphismes et les sons. En stimulant la vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat et le goût, elle permet de se sentir pleinement présent dans un environnement authentique.



Immersion spatiale

L'immersion spatiale désigne le type d'immersion déclenchée et maintenue par les qualités spatiales de l'environnement virtuel (Zhang, C. et al., 2017). Dans ce type d'immersion, l'effet immersif de l'environnement virtuel peut être obtenu en manipulant différents éléments spatiaux de la scène. Des zooms avant et arrière rapides, ainsi que des changements brusques d'angles de caméra, peuvent contribuer à créer une sensation d'immersion spatiale.



Immersion tactique

« L'immersion tactique est ressentie lors de l'exécution d'opérations tactiles qui requièrent de l'habileté. Les joueurs se sentent "dans la zone" lorsqu'ils perfectionnent des actions qui mènent au succès. »



Immersion stratégique

« L'immersion stratégique est plus cérébrale et est associée à un défi mental. Les joueurs d'échecs font l'expérience de l'immersion stratégique lorsqu'ils choisissent la bonne solution parmi un large éventail de possibilités. »



Immersion imaginative

Une autre façon de laisser libre cours à votre imagination est de créer un lien émotionnel avec l'histoire ou les personnages que vous créez. C'est comme s'immerger totalement dans un film ou un livre. Vous pouvez vous imaginer à la place d'un personnage et ressentir de l'excitation, de la peur, de la tristesse ou de la joie, comme si vous viviez vous-même l'action.

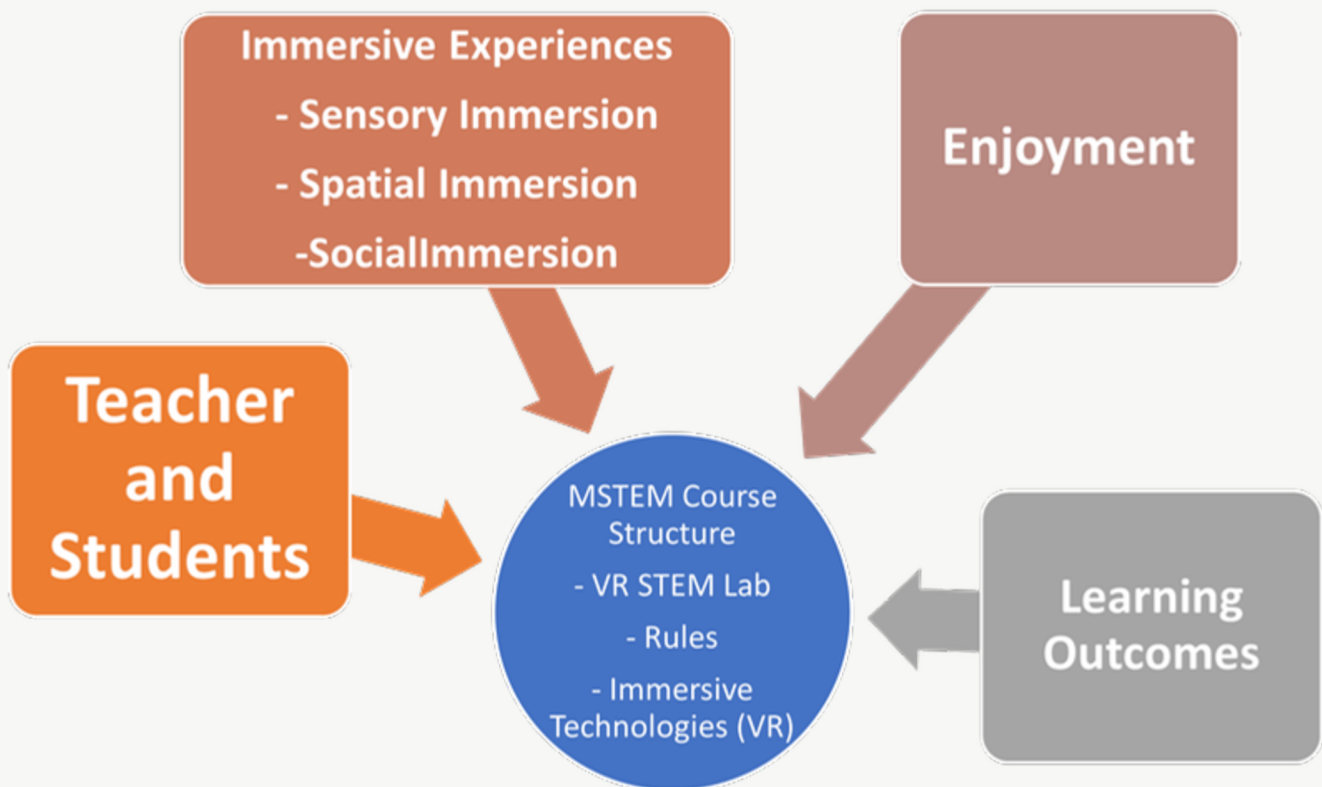


Immersion sociale

Cela signifie s'engager activement auprès d'un groupe social ou d'une communauté dont on ne ferait pas partie en temps normal. De nombreuses universités et institutions éducatives proposent des programmes d'immersion sociale spécifiquement conçus pour sensibiliser les étudiants à certaines problématiques sociales.

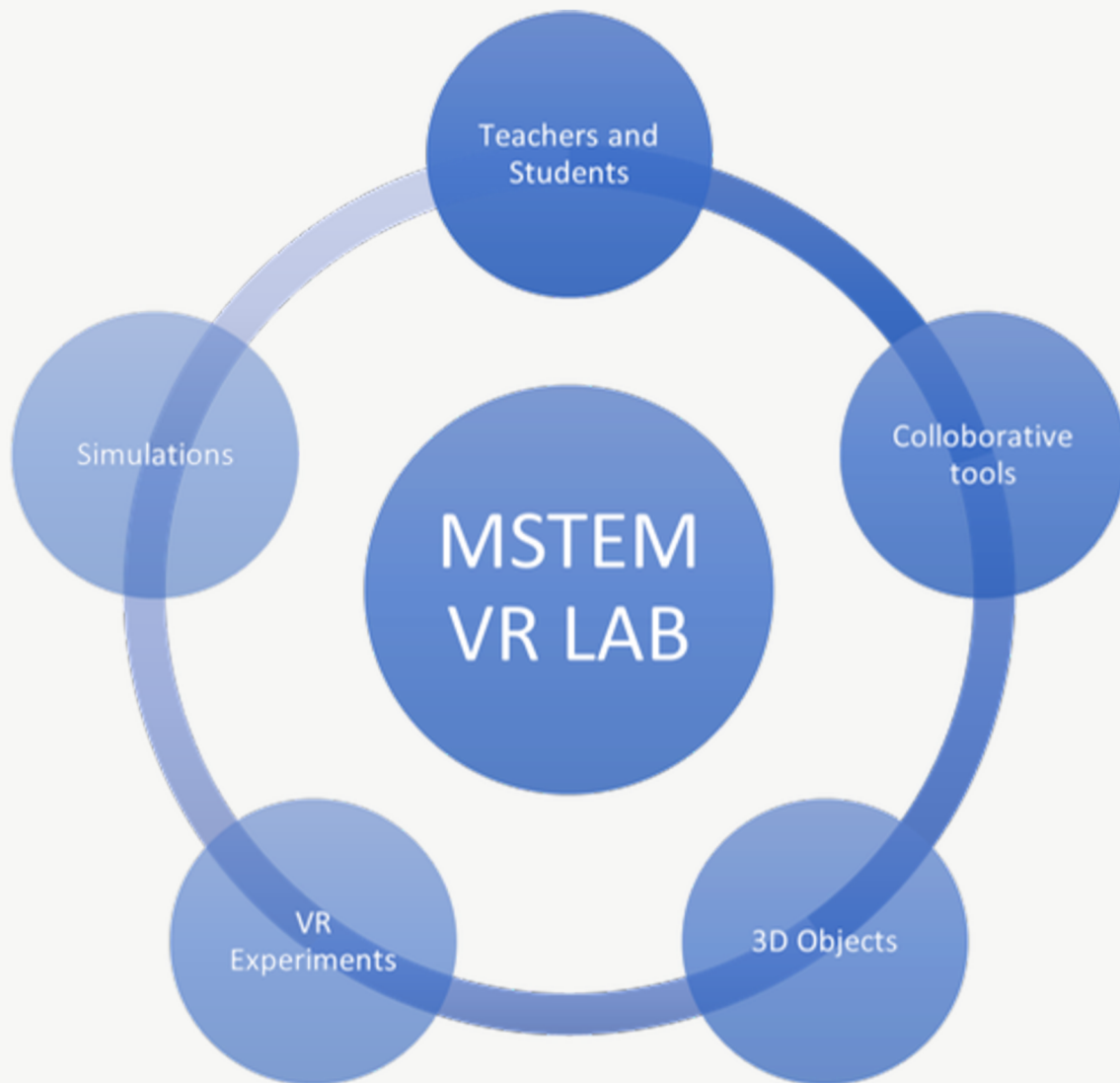
Quels sont les éléments constitutifs des expériences d'apprentissage immersives du cours MSTEM ?

Comme mentionné précédemment, la réussite d'une expérience d'apprentissage immersive repose sur le choix du type d'immersion approprié et sa mise en œuvre efficace. Pour le cours MSTEM, nous utiliserons les immersions sensorielle, spatiale et sociale. Le graphique ci-dessous illustre la structure et les éléments de l'expérience d'apprentissage immersive du cours MSTEM.



Le laboratoire de réalité virtuelle STEM comme environnement d'apprentissage interactif

Le laboratoire de réalité virtuelle MSTEM sera notre principal espace d'apprentissage interactif. Différents éléments y seront utilisés pour créer un environnement d'apprentissage interactif. Ces éléments seront complétés par d'autres pour favoriser une immersion sensorielle, spatiale et sociale. Nous allons maintenant les examiner un par un.



Le laboratoire STEM pour l'immersion sensorielle et spatiale

Le laboratoire de réalité virtuelle MSTEM intégrera des éléments immersifs pour une expérience sensorielle complète. Un espace à 360 degrés permettra aux élèves d'observer leur environnement et de se sentir comme dans un véritable laboratoire. L'interaction avec les objets grâce à des casques de réalité virtuelle stimulera leur sens du toucher. Des supports visuels seront également utilisés pour solliciter la vue. L'enseignant pourra présenter des modèles 3D d'objets STEM avec lesquels les élèves pourront interagir.

Outils collaboratifs pour l'immersion sociale

Le laboratoire de réalité virtuelle MSTEM permet également aux élèves d'interagir et de travailler en groupe. Sous la supervision de l'enseignant, ils pourront collaborer sur un projet, une expérience ou une simulation et agir ensemble pour accomplir une tâche, favorisant ainsi l'immersion sociale.

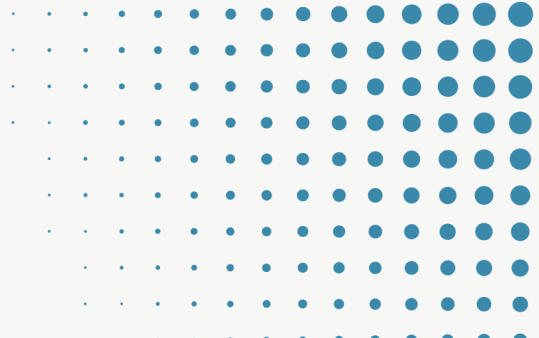
Simulations

Les simulations d'expériences scientifiques, technologiques, d'ingénierie et mathématiques (STEM) renforcent le sentiment de réalisme. Grâce à ces simulations, les élèves peuvent explorer des situations impossibles à vivre dans la réalité. Par exemple, une expérience réalisable en apesanteur peut être facilement menée dans le laboratoire STEM en réalité virtuelle. En contrôlant la gravité, les élèves peuvent observer les conditions de vie sur différentes planètes. Autre exemple : les expériences nécessitant une intervention humaine dans le temps (comme la fossilisation ou le cycle de l'eau) peuvent être réalisées rapidement dans ce même laboratoire. Tous ces éléments permettent aux élèves d'apprécier le processus et encouragent leur participation active.

Dans le laboratoire de réalité virtuelle MSTEM, les étudiants peuvent visiter d'autres planètes ou galaxies, gravir l'Everest ou explorer l'océan. Les possibilités sont infinies.

Les expériences de réalité virtuelle

Le laboratoire de réalité virtuelle MSTEM permet aux élèves de réaliser de nombreuses expériences. Les expériences simulées en réalité virtuelle sont plus rapides que les expériences physiques. La réalité virtuelle les aide à approfondir leurs connaissances des disciplines STEM dans un environnement 3D.



Les classes virtuelles facilitent l'accès à des expériences et des applications difficiles à réaliser physiquement. Les expériences longues et complexes, nécessitant la création de conditions environnementales spécifiques, peuvent être facilement menées en réalité virtuelle. Réaliser des expériences STEAM en réalité virtuelle présente plusieurs avantages. Les élèves peuvent répéter les manipulations jusqu'à les maîtriser parfaitement et atteindre l'excellence. Contrairement aux expériences physiques, les expériences en réalité virtuelle sont sans danger pour les élèves. Les risques de blessures liés à une mauvaise exécution des expériences sont ainsi évités.

Les objets 3D fournis et l'utilisation de simulations dans les expériences, qui permettent un examen détaillé, permettent aux élèves de maîtriser précisément la compétence à acquérir. L'environnement du laboratoire de réalité virtuelle MSTEM, qui offre la possibilité de travailler en équipe tout au long du processus, permet aux élèves de compléter leur apprentissage de manière ludique.

Conclusion

L'apprentissage immersif, grâce à la réalité virtuelle, révolutionne l'éducation en permettant aux élèves de s'affranchir des manuels et des salles de classe traditionnelles. Avec la possibilité d'utiliser différents types d'immersion – sensorielle, spatiale, sociale, etc. – les environnements de réalité virtuelle créent des expériences captivantes qui impliquent les apprenants en profondeur.

Un aspect essentiel de la conception d'expériences d'apprentissage immersives réside dans la compréhension des différents types d'immersion afin de les intégrer efficacement aux cours de sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM). Le laboratoire de réalité virtuelle MSTEM illustre parfaitement comment l'immersion sensorielle grâce aux environnements 3D, l'immersion spatiale grâce aux éléments interactifs et l'immersion sociale grâce aux outils collaboratifs peuvent être combinées pour favoriser une compréhension et un engagement plus profonds.

En exploitant la puissance de la réalité virtuelle, nous ouvrons un univers de possibilités en matière d'éducation. Imaginez des élèves menant des expériences complexes sur des planètes lointaines, gravissant les sommets de l'Everest ou explorant les profondeurs de l'océan, le tout dans l'environnement sécurisé et accessible d'une salle de classe virtuelle. Seule notre imagination fixe les limites. Le laboratoire de réalité virtuelle MSTEM peut libérer tout le potentiel de l'apprentissage à l'ère du virtuel.

Nous ne pouvons ignorer le potentiel transformateur de l'apprentissage immersif. Cette approche novatrice devrait être adoptée par les enseignants et les éducateurs.



Chapitre 4

*Approches
pédagogiques pour
le projet M-STEM*

Ville de Malmö

Introduction



Dans le paysage éducatif, l'émergence du métavers a ouvert de nouvelles perspectives et soulevé de nouveaux défis, exigeant une réflexion approfondie sur les approches pédagogiques. Le métavers, espace virtuel collectif qui entrelace les mondes physique et numérique, est devenu un terrain d'apprentissage et de collaboration dynamique. Alors que les enseignants explorent le potentiel de cet espace immersif et interconnecté, l'importance de mettre en œuvre des approches pédagogiques bien définies et réfléchies est primordiale.

Les approches pédagogiques fournissent les principes directeurs et les méthodologies essentiels à la conception d'expériences d'apprentissage efficaces et pertinentes au sein du métavers. Ces approches constituent le socle sur lequel les enseignants peuvent bâtir des environnements d'apprentissage stimulants, inclusifs et centrés sur l'apprenant. Le métavers offrant une gamme diversifiée d'outils, des simulations en réalité virtuelle aux plateformes de collaboration sociale, l'application de cadres pédagogiques devient déterminante pour exploiter pleinement le potentiel éducatif de cet espace numérique.

Compte tenu de la nature multifacette du métavers, les approches pédagogiques jouent un rôle crucial dans la transmission et l'acquisition des connaissances. Elles permettent aux enseignants d'exploiter les technologies immersives, de favoriser les apprentissages collaboratifs et d'adapter les contenus pédagogiques aux besoins individuels. De plus, les cadres pédagogiques guident l'intégration des considérations éthiques, garantissant un usage responsable des technologies et promouvant la citoyenneté numérique au sein du métavers.

Comme indiqué dans le premier chapitre de ce document, il est crucial de réaffirmer l'importance de l'apprentissage social et de ne pas le sous-estimer. À l'instar de tout autre outil, le métavers offre de multiples possibilités. Toutefois, si l'utilisation des nouvelles approches et outils numériques nous a appris quelque chose, c'est bien la nécessité d'une réflexion approfondie, d'une collaboration et d'échanges, ainsi que d'un apprentissage collectif. Ceci nous permettra de créer et de construire des connaissances sur la manière d'intégrer efficacement cette technologie et de structurer les cours afin de proposer des expériences d'apprentissage immersives réussies. Le premier chapitre précise : « Il convient de noter que, dans cette pédagogie, le plaisir est considéré comme un indicateur clé de l'efficacité de l'apprentissage. »

À l'ère du progrès technologique fulgurant, l'importance des approches pédagogiques dans le métavers réside dans leur capacité à concilier innovation et réussite scolaire. Face à cet univers numérique, une pédagogie réfléchie permet aux enseignants de faire du métavers non seulement une plateforme de diffusion d'informations, mais un espace dynamique qui favorise l'esprit critique, la créativité et le développement des compétences essentielles pour l'avenir. Cette exploration des approches pédagogiques au sein du métavers marque un tournant décisif dans l'évolution de l'éducation, où une conception réfléchie rencontre des technologies transformatrices pour créer une expérience éducative riche et pertinente pour les apprenants du XXI^e siècle.

Pourquoi est-il important de se concentrer sur les approches pédagogiques ?

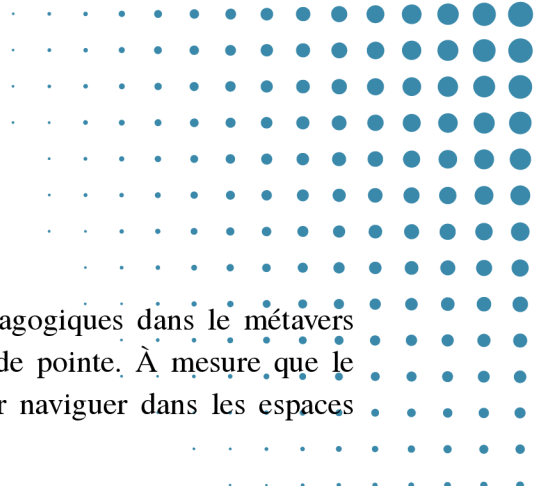
Chen et al. (2023, p. 1126) ont étudié la recherche sur l'Edu-Metaverse, soulignant son immense potentiel ainsi que les défis qu'il soulève et qui doivent être pris au sérieux. Leurs résultats *« ont montré que le métavers est de plus en plus populaire dans divers domaines (notamment l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques, l'éducation artistique, l'enseignement des langues et l'éducation spécialisée) pour promouvoir l'apprentissage collaboratif, les expériences ludiques, l'apprentissage par problèmes, l'apprentissage social et l'apprentissage par simulation »*. Il est donc important de se familiariser avec les approches pédagogiques (dont certaines sont mentionnées dans la citation ci-dessus) afin de pouvoir mettre en œuvre ces méthodes dans l'enseignement. Plus loin (ibid.), il est également indiqué que *« l'Edu-Metaverse est de plus en plus reconnu pour faciliter le développement des compétences linguistiques, sociales, communicatives et des compétences du XXIe siècle des apprenants, telles que la pensée critique, la collaboration et la résolution de problèmes »*. Il est important de ne pas se concentrer uniquement sur les faits dans l'enseignement, et il a été démontré que combiner le développement des compétences avec l'apprentissage de matières spécifiques est une approche très efficace. Cai et al (2022) ouvrent également une autre porte à l'éducation en affirmant que le métavers *« pourrait potentiellement apporter de nouveaux changements dans l'éducation et l'enseignement »*.

L'importance accordée aux approches pédagogiques dans le métavers est cruciale pour plusieurs raisons, car elle s'inscrit dans la dynamique changeante de l'éducation à l'ère numérique. Voici quelques raisons essentielles justifiant l'accent mis sur ces approches :

Engagement et motivation accrus : L'exploitation des approches pédagogiques dans le métavers permet de créer des expériences d'apprentissage immersives et interactives. Cet engagement accru peut stimuler la motivation des étudiants, qui sont alors plus enclins à participer activement au processus d'apprentissage.

Apprentissage personnalisé : Le métavers permet des expériences d'apprentissage plus personnalisées et adaptatives. Les approches pédagogiques axées sur le suivi individualisé des progrès et les plateformes d'apprentissage adaptatives peuvent répondre aux besoins et aux styles d'apprentissage uniques de chaque étudiant, favorisant ainsi un parcours d'apprentissage plus efficace et efficient.

Collaboration mondiale et inclusion : les approches pédagogiques dans le métavers facilitent la collaboration internationale, qui met en relation des étudiants du monde entier, favorise les échanges culturels, la diversité et l'inclusion, préparant ainsi les apprenants à un monde globalisé et interconnecté.



Préparation aux technologies futures : L'intégration d'approches pédagogiques dans le métavers prépare les élèves à l'avenir en les familiarisant avec les technologies de pointe. À mesure que le métavers évolue, les élèves acquièrent des compétences précieuses pour naviguer dans les espaces numériques et utiliser la technologie de manière responsable.

Application concrète des connaissances : apprentissage expérientiel, apprentissage par projet et Les simulations immersives au sein du métavers permettent aux étudiants d'appliquer leurs connaissances théoriques à des situations concrètes et réalistes. Cela comble le fossé entre l'apprentissage académique et son application dans le monde réel, rendant ainsi l'enseignement plus pertinent.

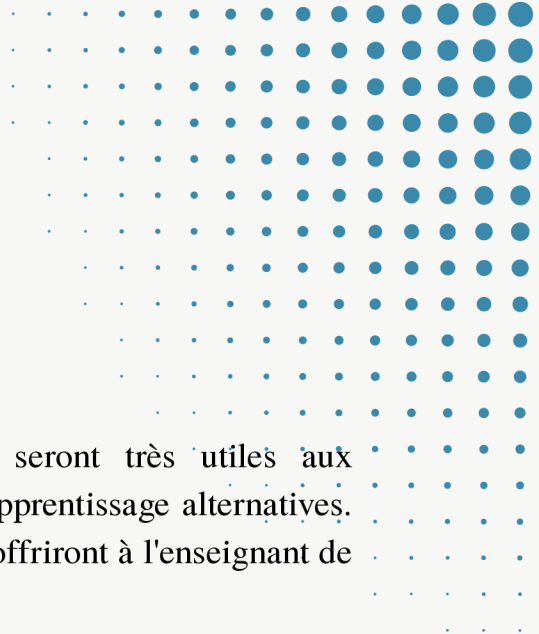
Culture numérique : privilégier les approches pédagogiques dans le métavers contribue au développement de la culture numérique chez les élèves. Ils acquièrent ainsi non seulement des connaissances disciplinaires, mais aussi la capacité d'utiliser les outils numériques, de collaborer dans des espaces virtuels et de naviguer de manière responsable dans les environnements en ligne.

Flexibilité et accessibilité : les approches pédagogiques du métavers offrent une grande flexibilité quant au lieu et au moment de l'apprentissage. Cette accessibilité est particulièrement bénéfique pour les apprenants confrontés à des contraintes géographiques ou temporelles, favorisant ainsi une expérience éducative plus inclusive.

Enseignement fondé sur les données : le métavers offre des outils pour suivre et analyser les étudiants Les enseignants peuvent ainsi tirer parti des données pour adapter leurs stratégies pédagogiques, en proposant un soutien ou des défis ciblés en fonction des besoins individuels des élèves.

Prévention des inégalités numériques : En privilégiant les approches pédagogiques dans le métavers, il est possible de lutter contre les inégalités numériques et de les atténuer. Garantir à tous les élèves l'accès à la technologie et à une formation en littératie numérique favorise un environnement d'apprentissage plus équitable.

Mystakidis (2022, p. 487) souligne que « *le métavers repose sur des technologies qui permettent des interactions multisensorielles avec des environnements virtuels, des objets numériques et des personnes. /.../l'interaction dans les environnements XR ne nécessite pas que les utilisateurs soient immobiles. Les utilisateurs peuvent activer tout leur corps.* »



Ces idées, associées à différentes approches pédagogiques, seront très utiles aux enseignants qui développent des méthodes d'enseignement et d'apprentissage alternatives. Elles permettront de mobiliser les élèves de diverses manières et offriront à l'enseignant de multiples pistes pour différencier son enseignement.

En substance, privilégier les approches pédagogiques dans le métavers est essentiel pour créer une expérience éducative transformatrice et efficace, en phase avec les exigences du XXI^e siècle. Cela prépare les élèves à un monde technologiquement avancé, développe leur esprit critique et cultive le goût d'apprendre tout au long de la vie. Parallèlement à l'élaboration de ces approches pédagogiques, il est crucial de prendre en compte les défis et les risques liés au métavers, et de les aborder de pair avec le développement de méthodes visant à enrichir l'apprentissage et à élever le niveau de connaissances des élèves.

Aperçu des approches pédagogiques

Le métavers désigne un espace virtuel partagé, fusionnant les mondes physique et virtuel, souvent accessible via Internet. Avant de détailler les approches pédagogiques décrites dans ce chapitre, voici un bref aperçu de celles-ci et de leurs applications, liées au métavers :

Dans le métavers, les approches pédagogiques convergent pour redéfinir l'éducation, offrant un environnement dynamique et immersif qui transcende les frontières traditionnelles. Grâce à l'apprentissage expérientiel, les étudiants participent à des simulations et des expériences virtuelles réalistes, comblant ainsi le fossé entre théorie et pratique. Les technologies d'apprentissage immersives, telles que la réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA), enrichissent le parcours éducatif en proposant aux étudiants des contenus 3D interactifs et des scénarios virtuels pour une mise en pratique concrète.

L'apprentissage collaboratif s'épanouit au sein des classes virtuelles et des plateformes de réalité virtuelle sociale, favorisant les échanges internationaux et la diversité des points de vue. Les étudiants collaborent sur des projets, participent à des discussions interactives et tissent des liens au-delà des frontières géographiques. L'apprentissage par le jeu allie divertissement et objectifs pédagogiques, tirant parti du métavers pour créer des expériences interactives et stimulantes qui renforcent la motivation et l'application pratique des connaissances.

La technologie blockchain, utilisée pour les identifiants numériques, garantit la sécurité et l'authenticité des réalisations au sein du métavers, offrant une vérification décentralisée et infalsifiable. L'apprentissage par projets exploite des espaces virtuels pour le travail collaboratif, permettant aux étudiants de présenter leurs projets et favorisant la créativité et le travail d'équipe. Les échanges interculturels encouragent la collaboration internationale, connectant les étudiants du monde entier pour des expériences d'apprentissage partagées et des échanges culturels.

L'éducation aux technologies numériques et l'éthique sont des composantes essentielles, enseignant l'usage responsable des technologies, les règles de bienséance en ligne et les comportements éthiques au sein du métavers. La pédagogie inversée, caractérisée par des contenus préenregistrés, des discussions interactives et un suivi individualisé des progrès, allie l'apprentissage à son propre rythme à une interaction en temps réel, offrant ainsi une expérience éducative personnalisée et dynamique.



Apprentissage expérientiel

L'apprentissage expérientiel est une approche pédagogique qui met l'accent sur l'importance des expériences pratiques dans le processus d'apprentissage. Il consiste à impliquer activement les étudiants dans des situations ou des simulations réalistes, les encourageant ainsi à réfléchir à leurs connaissances et à les appliquer dans des contextes concrets. Dans le contexte du métavers, l'apprentissage expérientiel peut prendre des formes uniques et immersives, telles que des excursions virtuelles et des jeux de rôle.

Excursions virtuelles

Définition : Les excursions virtuelles consistent à utiliser le métavers pour créer des environnements simulés qui reproduisent l'expérience de la visite de différents lieux, tels que des monuments historiques, des écosystèmes ou des sites culturels.

Mise en œuvre : Grâce à la réalité virtuelle (RV) ou à d'autres technologies immersives, les élèves peuvent explorer ces environnements virtuels comme s'ils y étaient physiquement présents. Ils peuvent interagir avec des objets, recevoir des informations et participer à des activités qui reproduisent l'expérience d'une sortie scolaire.

Avantages:

- **Accès aux lieux éloignés :** Les excursions virtuelles permettent aux élèves de « visiter » des lieux géographiquement éloignés ou difficiles d'accès, élargissant ainsi leur compréhension culturelle et géographique.
 - **Engagement accru :** Le caractère immersif des expériences virtuelles peut améliorer l'engagement des étudiants et la mémorisation des informations par rapport aux méthodes traditionnelles.
-



Apprentissage expérientiel

Scénarios de jeux de rôle

Définition : Les jeux de rôle consistent à créer des situations simulées au sein du métavers où les étudiants incarnent des rôles ou des personnages spécifiques. Ces scénarios reflètent souvent des défis du monde réel, obligeant les étudiants à prendre des décisions, à résoudre des problèmes et à appliquer leurs connaissances en contexte.

Mise en œuvre : Les étudiants utilisent des avatars pour se représenter dans l'environnement virtuel et interagissent avec d'autres avatars ou des éléments du scénario simulé. Ces scénarios peuvent refléter des contextes professionnels, des événements historiques ou des situations complexes de résolution de problèmes.

Avantages:

- **Développer l'esprit critique :** les jeux de rôle encouragent les élèves à penser de manière critique, à analyser l'information et à prendre des décisions en fonction du contexte du scénario.
 - **Apprentissage appliqué :** En s'immergeant dans des situations réalistes, les étudiants peuvent appliquer les connaissances théoriques dans un contexte pratique, comblant ainsi le fossé entre la théorie et la pratique.
-

Collaboration en équipe : De nombreux jeux de rôle impliquent la collaboration, favorisant le travail d'équipe et les compétences en communication, les élèves travaillant ensemble pour atteindre des objectifs communs.

Que ce soit par le biais d'excursions virtuelles ou de jeux de rôle, le métavers offre une plateforme polyvalente pour créer des expériences d'apprentissage riches, interactives et dynamiques. Ces approches tirent parti de la technologie pour offrir aux élèves des opportunités d'exploration, de découverte et d'application des connaissances qui dépassent le cadre traditionnel de la salle de classe.



Apprentissage immersif

L'apprentissage immersif consiste à créer des expériences éducatives captivantes et interactives qui impliquent profondément les apprenants en simulant des environnements ou des scénarios réalistes. L'utilisation de technologies telles que la réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA), ainsi que les simulations immersives, joue un rôle clé dans la mise en œuvre de ces expériences. Voici une explication détaillée de chaque aspect :

Réalité virtuelle (RV) :

Définition : La réalité virtuelle (RV) désigne un environnement généré par ordinateur qui simule une expérience immersive en trois dimensions, souvent à l'aide d'un casque ou d'appareils spéciaux.

Mise en œuvre : Dans le domaine de l'éducation, la réalité virtuelle peut transporter les élèves dans des mondes virtuels qui reproduisent des scénarios réels, des événements historiques ou des concepts scientifiques. Par exemple, les élèves qui étudient l'astronomie pourraient explorer le système solaire en voyageant virtuellement dans l'espace.

Avantages:

Réalisme : La réalité virtuelle offre un haut niveau de réalisme, permettant aux apprenants de se sentir comme s'ils étaient physiquement présents dans l'environnement simulé.

Engagement : Le caractère immersif de la réalité virtuelle captive l'attention des étudiants, améliorant ainsi leur concentration et la mémorisation des informations.

Apprentissage expérientiel : Il permet un apprentissage expérientiel en proposant des expériences pratiques qui pourraient être impraticables ou dangereuses dans le monde réel.



Apprentissage immersif

Réalité augmentée (RA) :

Définition : La réalité augmentée superpose des informations numériques au monde réel, généralement via des appareils comme les smartphones ou les lunettes de réalité augmentée.

Mise en œuvre : La réalité augmentée (RA) dans l'éducation pourrait consister à enrichir les manuels scolaires avec des éléments interactifs ou à intégrer des objets virtuels dans l'environnement réel. Par exemple, les étudiants en anatomie pourraient utiliser la RA pour visualiser des modèles 3D du corps humain superposés à leurs manuels.

Avantages:

- Ressources pédagogiques enrichies : la réalité augmentée enrichit les supports pédagogiques traditionnels, les rendant plus attrayants et interactifs.
- Apprentissage contextuel : la réalité augmentée fournit des informations contextuelles, permettant aux apprenants de relier les concepts théoriques à des applications concrètes.

Simulations immersives

Définition : Les simulations immersives consistent à créer des scénarios virtuels qui reproduisent des situations du monde réel afin de faciliter les expériences d'apprentissage pratiques.

Mise en œuvre : Les enseignants peuvent utiliser les simulations immersives à diverses fins, telles que des laboratoires virtuels pour des expériences scientifiques, des reconstitutions historiques pour étudier des événements passés ou des environnements d'immersion linguistique pour pratiquer les compétences linguistiques.

Avantages:

- Expérimentation en toute sécurité : les simulations offrent un environnement sûr permettant aux apprenants d'expérimenter et de faire des erreurs sans conséquences réelles.
- Accès à des environnements inaccessibles : les simulations permettent d'accéder à des environnements qu'il peut être difficile, voire impossible, de visiter physiquement, tels que des sites historiques ou l'espace.
- Apprentissage personnalisé : les apprenants peuvent participer à des simulations à leur propre rythme, ce qui permet un apprentissage individualisé et autodirigé.



Apprentissage collaboratif

L'apprentissage collaboratif vise à favoriser les interactions et le travail d'équipe entre élèves et enseignants, et dans le contexte du métavers, il peut prendre de nouvelles dimensions. Voici un développement sur les aspects de l'apprentissage collaboratif :

Salles de classe virtuelles :

Définition : Les salles de classe virtuelles au sein du métavers sont des espaces en ligne qui simulent les salles de classe traditionnelles, permettant aux élèves et aux enseignants d'interagir en temps réel à l'aide d'avatars.

Mise en œuvre : Les enseignants peuvent animer des cours, des discussions et des présentations dans ces classes virtuelles. Les étudiants, représentés par des avatars, peuvent par exemple participer aux discussions, poser des questions et interagir avec le contenu du cours.

Avantages:

- **Accessibilité mondiale :** Les classes virtuelles offrent un accès à l'éducation aux apprenants du monde entier, surmontant ainsi les barrières géographiques.
- **Interaction en temps réel :** les élèves et les enseignants peuvent interagir de manière synchrone, favorisant ainsi l'engagement et la communication en temps réel.
- **Environnement d'apprentissage immersif :** Le métavers ajoute une couche immersive à l'apprentissage en ligne traditionnel, créant un environnement plus stimulant et dynamique.



Apprentissage collaboratif

Plateformes de réalité virtuelle sociale :

Définition : Les plateformes de réalité virtuelle sociale sont des espaces virtuels conçus pour l'interaction sociale, où

Les utilisateurs, représentés par des avatars, peuvent communiquer, collaborer et participer à diverses activités.

Mise en œuvre : Dans le domaine de l'éducation, les plateformes de réalité virtuelle sociale facilitent les expériences d'apprentissage collaboratif en permettant aux élèves de travailler ensemble sur des projets, de participer à des discussions de groupe ou d'assister à des événements virtuels.

Avantages:

- Collaboration en équipe : Les élèves peuvent collaborer sur des projets et des devoirs, ce qui favorise le travail d'équipe et les compétences interpersonnelles.
- Opportunités de réseautage : Les plateformes de réalité virtuelle sociale offrent aux étudiants la possibilité d'entrer en contact avec leurs pairs, leurs enseignants et des professionnels, élargissant ainsi leurs réseaux.

- Interaction multisensorielle : contrairement à la communication en ligne traditionnelle, les plateformes de réalité virtuelle sociale offrent une interaction plus immersive et multisensorielle, renforçant le sentiment de présence et de connexion.

L'apprentissage collaboratif dans le métavers enrichit l'enseignement en ligne traditionnel en créant un sentiment de présence et d'interactivité. Il va au-delà des discussions écrites et des visioconférences, offrant aux étudiants une expérience plus immersive et stimulante. Ces environnements d'apprentissage collaboratif dans le métavers visent à reproduire les aspects sociaux des salles de classe traditionnelles, favorisant ainsi un sentiment d'appartenance à une communauté et le partage d'expériences d'apprentissage entre les participants.



Apprentissage par le jeu

L'apprentissage par le jeu dans le métavers implique l'intégration de jeux éducatifs conçus au sein d'environnements virtuels pour atteindre des objectifs d'apprentissage spécifiques. Voici une explication plus détaillée de ce concept :

Jeux éducatifs dans le métavers

Définition : Les jeux éducatifs au sein du métavers sont des expériences numériques interactives conçues pour allier divertissement et objectifs pédagogiques. Ces jeux sont créés dans des environnements virtuels afin de tirer parti du caractère immersif et captivant du métavers à des fins éducatives.

Principes de conception :

- **Alignement avec les objectifs pédagogiques** : Les jeux sont conçus pour répondre à des objectifs d'apprentissage et des buts éducatifs précis. Qu'il s'agisse d'enseigner une matière particulière, de développer des compétences en résolution de problèmes ou de renforcer des concepts, la conception du jeu est étroitement liée aux objectifs pédagogiques.
- **Interactivité et implication** : Le métavers permet la création d'environnements de jeu hautement interactifs et stimulants. Les apprenants participent activement, prennent des décisions et relèvent des défis, favorisant ainsi un apprentissage actif.
- **Narration et récit** : les jeux éducatifs intègrent souvent des récits et des scénarios captivants pour créer une expérience d'apprentissage immersive. Le scénario permet de contextualiser le contenu pédagogique et offre un cadre significatif aux apprenants.



Apprentissage par le jeu

Adaptabilité : Les jeux du métavers peuvent être conçus avec des fonctionnalités adaptatives, ajustant le niveau de difficulté en fonction de la progression de l'apprenant. Cette personnalisation enrichit l'expérience d'apprentissage en répondant aux besoins et au rythme de chacun.

Mécanismes de rétroaction : La rétroaction immédiate est intégrée aux mécanismes du jeu, permettant aux apprenants de comprendre les conséquences de leurs décisions. Une rétroaction constructive améliore le processus d'apprentissage et aide les apprenants à progresser.

- **Éléments collaboratifs** : Certains jeux éducatifs du métavers peuvent inclure des éléments collaboratifs, encourageant les apprenants à travailler ensemble pour atteindre des objectifs, favorisant ainsi le travail d'équipe et les compétences en communication.

Exemples de jeux éducatifs dans le métavers

- **Jeux d'apprentissage des langues** : des jeux interactifs qui plongent les apprenants dans des environnements virtuels où ils pratiquent et appliquent leurs compétences linguistiques à travers des conversations, des interactions et des défis.
- **Jeux de simulation historique** : des jeux qui permettent aux apprenants d'explorer des périodes historiques, de prendre des décisions dans des contextes historiques et de comprendre les conséquences des événements historiques.
- **Défis en mathématiques et en sciences** : Environnements ludiques où les apprenants résolvent des problèmes de mathématiques ou mènent des expériences scientifiques virtuelles pour renforcer les concepts mathématiques et scientifiques.



Apprentissage par le jeu

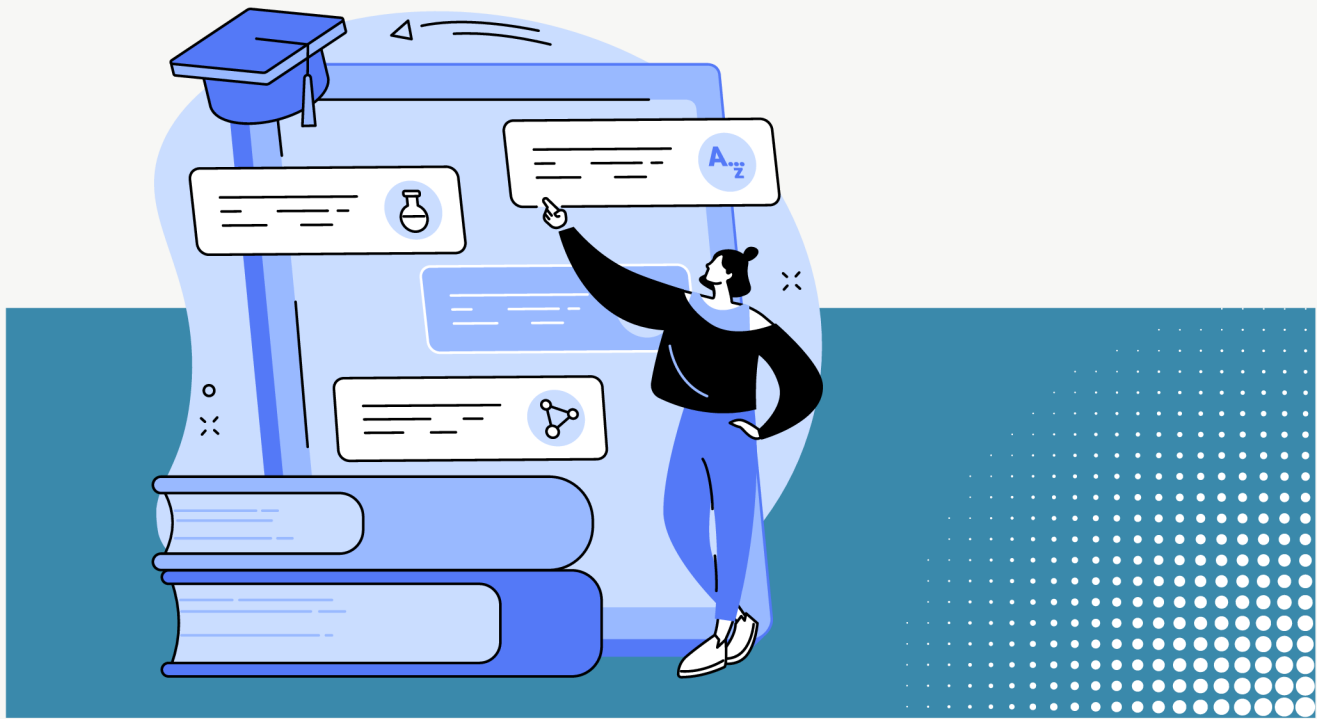
Avantages:

Motivation accrue : Les éléments ludifiés du métavers captent l'intérêt et la motivation des apprenants, rendant l'expérience éducative plus agréable.

Application pratique : Les jeux offrent une approche pratique de l'apprentissage, permettant aux apprenants d'appliquer leurs connaissances théoriques à des contextes concrets.

Collecte et analyse des données : les jeux éducatifs du métavers peuvent collecter des données sur les interactions, les progrès et les prises de décision des apprenants, fournissant ainsi aux enseignants des informations précieuses pour adapter leur enseignement.

Les jeux éducatifs dans le métavers offrent une approche dynamique et interactive de l'apprentissage, tirant parti de la nature immersive des environnements virtuels pour renforcer l'engagement et atteindre les objectifs pédagogiques de manière ludique et agréable.



Apprentissage personnalisé

L'apprentissage personnalisé au sein du métavers consiste à adapter les expériences éducatives aux besoins, aux préférences et à la progression de chaque apprenant. Un aspect clé de cet apprentissage est l'utilisation de plateformes d'apprentissage adaptatif, qui exploitent l'intelligence artificielle (IA) pour créer des parcours d'apprentissage personnalisés. Voici une explication plus détaillée :

Plateformes d'apprentissage adaptatif dans le métavers

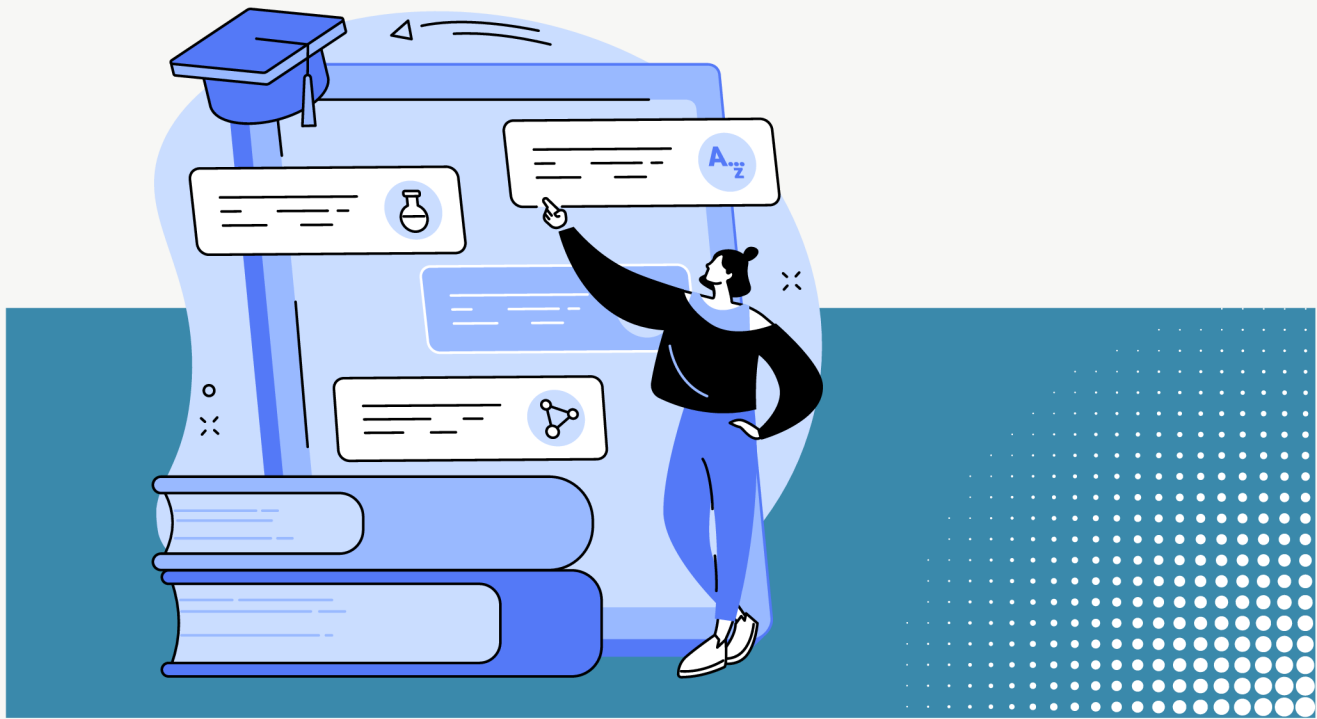
Définition:

Apprentissage adaptatif : Les plateformes d'apprentissage adaptatif utilisent des algorithmes d'IA pour ajuster dynamiquement l'expérience d'apprentissage de chaque étudiant en fonction de ses performances, de ses préférences et de son rythme d'apprentissage.

Intégration au métavers : Ces plateformes sont conçues pour fonctionner au sein du métavers, en tirant parti de l'environnement virtuel pour améliorer l'adaptabilité et la personnalisation de l'expérience d'apprentissage.

Comment fonctionnent les plateformes d'apprentissage adaptatif dans le métavers :

- Évaluation et profilage : Les plateformes adaptatives commencent par évaluer les connaissances, les compétences et les préférences d'apprentissage de l'étudiant. Cela peut impliquer des évaluations diagnostiques ou des enquêtes initiales pour comprendre le niveau de base de l'apprenant.
- Suivi en temps réel : Lorsque les étudiants interagissent avec le contenu du métavers, la plateforme adaptative surveille en continu leurs interactions, leurs progrès et leurs performances. Ce suivi en temps réel permet d'ajuster immédiatement l'expérience d'apprentissage.

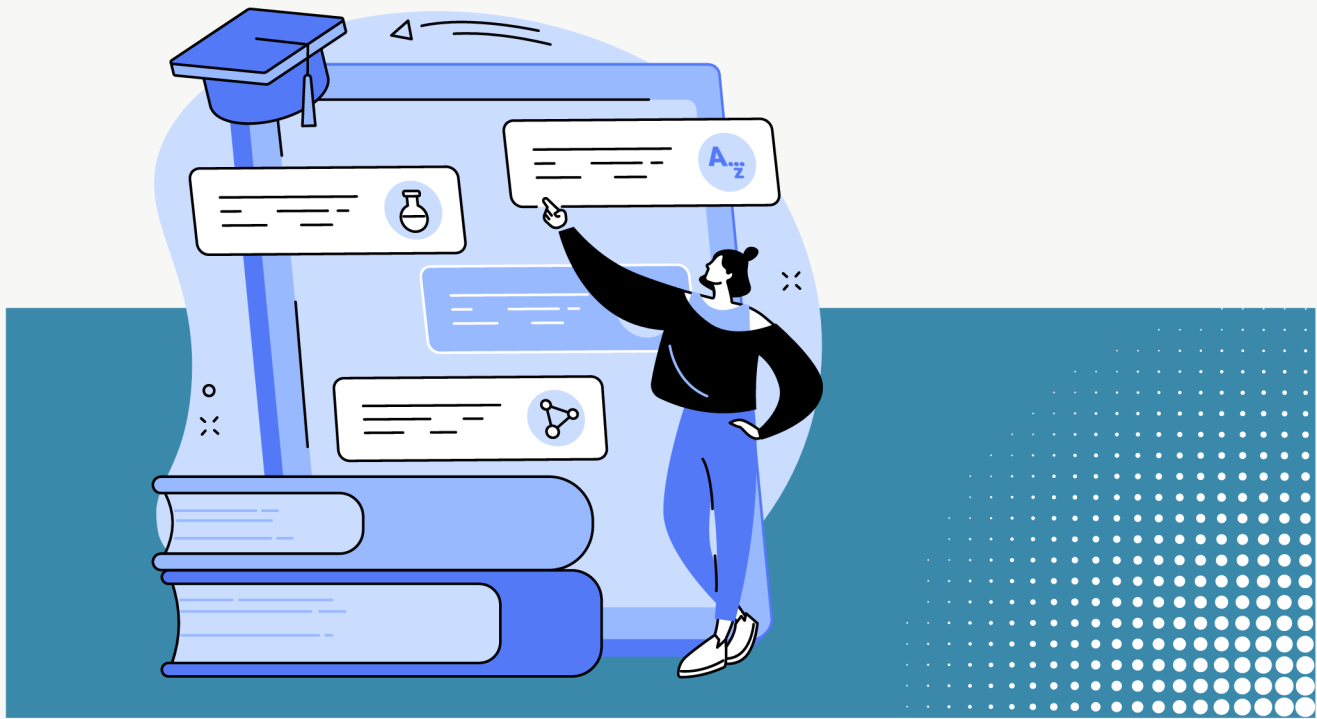


Apprentissage personnalisé

- Diffusion personnalisée des contenus : En fonction de l'évaluation et du suivi continu, la plateforme d'apprentissage adaptatif personnalise la diffusion des contenus. Elle peut proposer des ressources supplémentaires dans les domaines où l'élève a besoin d'un soutien accru ou accélérer sa progression dans les domaines où il maîtrise déjà les compétences.
- Modalités d'apprentissage variées : Reconnaissant que les différents étudiants ont des styles d'apprentissage différents, les plateformes adaptatives peuvent présenter l'information sous divers formats, tels que des vidéos, des simulations ou des exercices interactifs, afin de répondre aux diverses préférences d'apprentissage.

Retour d'information et remédiation : Les plateformes adaptatives fournissent aux étudiants un retour d'information rapide et précis, non seulement sur leurs réponses correctes ou incorrectes, mais aussi sur leur raisonnement. Si un étudiant éprouve des difficultés avec une notion, la plateforme peut lui proposer des ressources de remédiation ou des exercices supplémentaires.

- Avantages des plateformes d'apprentissage adaptatif dans le métavers :
 - Individualisation : L'apprentissage personnalisé grâce à des plateformes adaptatives garantit que le parcours éducatif de chaque élève est unique, en tenant compte de ses forces et de ses axes d'amélioration spécifiques.
 - Efficacité : En se concentrant sur les besoins individuels, l'apprentissage adaptatif permet d'optimiser l'utilisation du temps des élèves, les aidant ainsi à progresser à un rythme ni trop lent ni trop rapide.
-

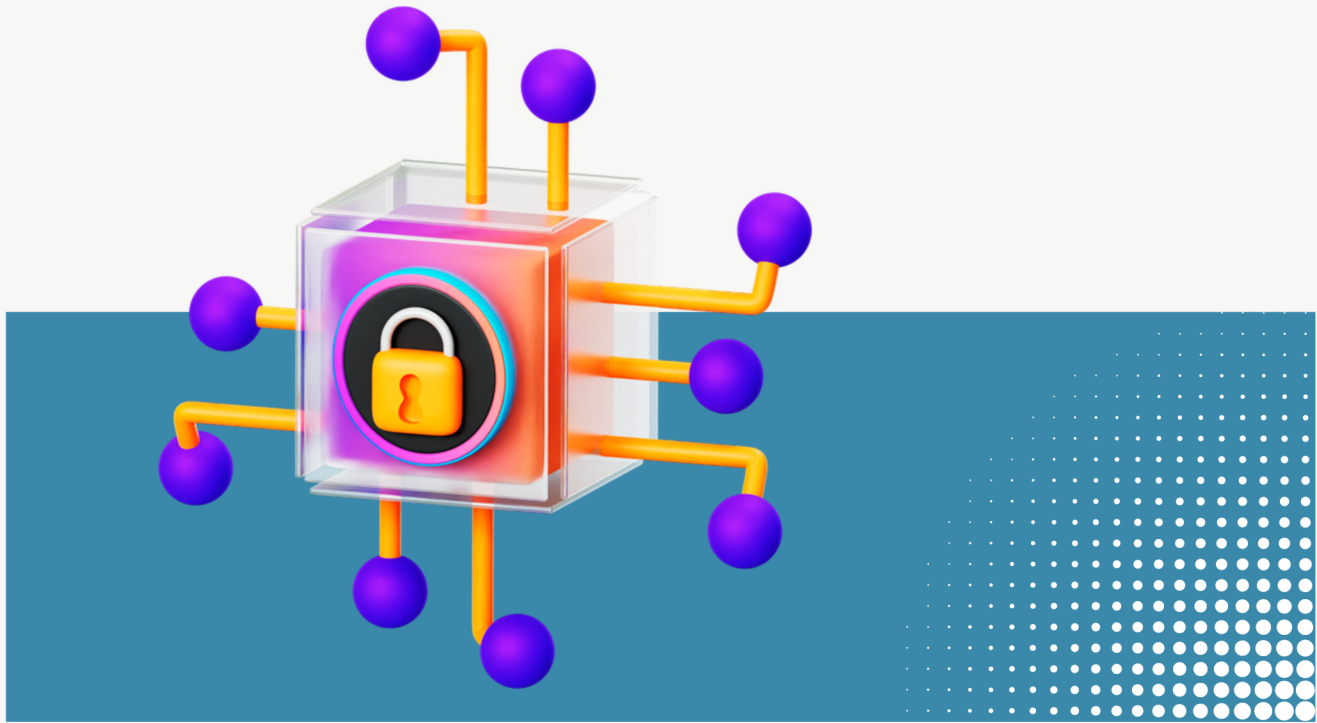


Apprentissage personnalisé

- Motivation et engagement : adapter le contenu et les défis au niveau de compétence de l'étudiant renforce l'engagement et la motivation, car les apprenants sont plus susceptibles de trouver le matériel pertinent et stimulant à leur juste valeur.

Analyse des données : Les algorithmes d'IA génèrent des données précieuses sur les performances et le comportement des élèves, offrant aux enseignants des informations sur les domaines qui pourraient nécessiter une attention ou une intervention supplémentaire.

L'apprentissage personnalisé via des plateformes adaptatives dans le métavers représente un passage d'une éducation uniforme à un modèle plus dynamique et réactif visant à répondre aux divers besoins des apprenants individuels dans un environnement d'apprentissage virtuel.



Technologie Blockchain

L'utilisation de la technologie blockchain dans l'éducation, notamment au sein du métavers, introduit des solutions innovantes pour des processus de certification sécurisés et transparents. Voici une explication détaillée du concept d'utilisation de la blockchain pour les certifications numériques au sein du métavers :

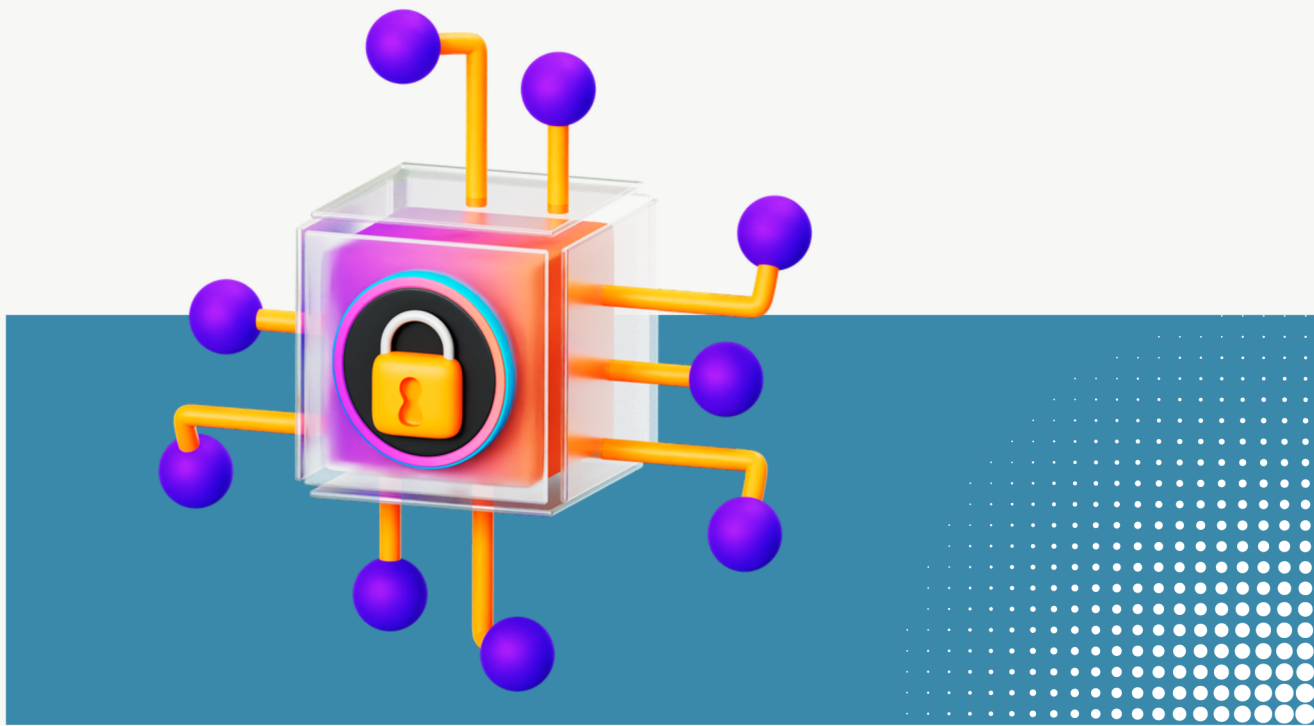
Certifications numériques et blockchain dans l'éducation :

Définition:

- **Certifications numériques :** Les certifications numériques désignent les représentations électroniques des réalisations, qualifications ou compétences d'une personne. Il peut s'agir de certificats, de diplômes, de badges ou d'autres formes de reconnaissance attestant de la réussite d'étapes importantes dans un parcours de formation ou d'apprentissage.

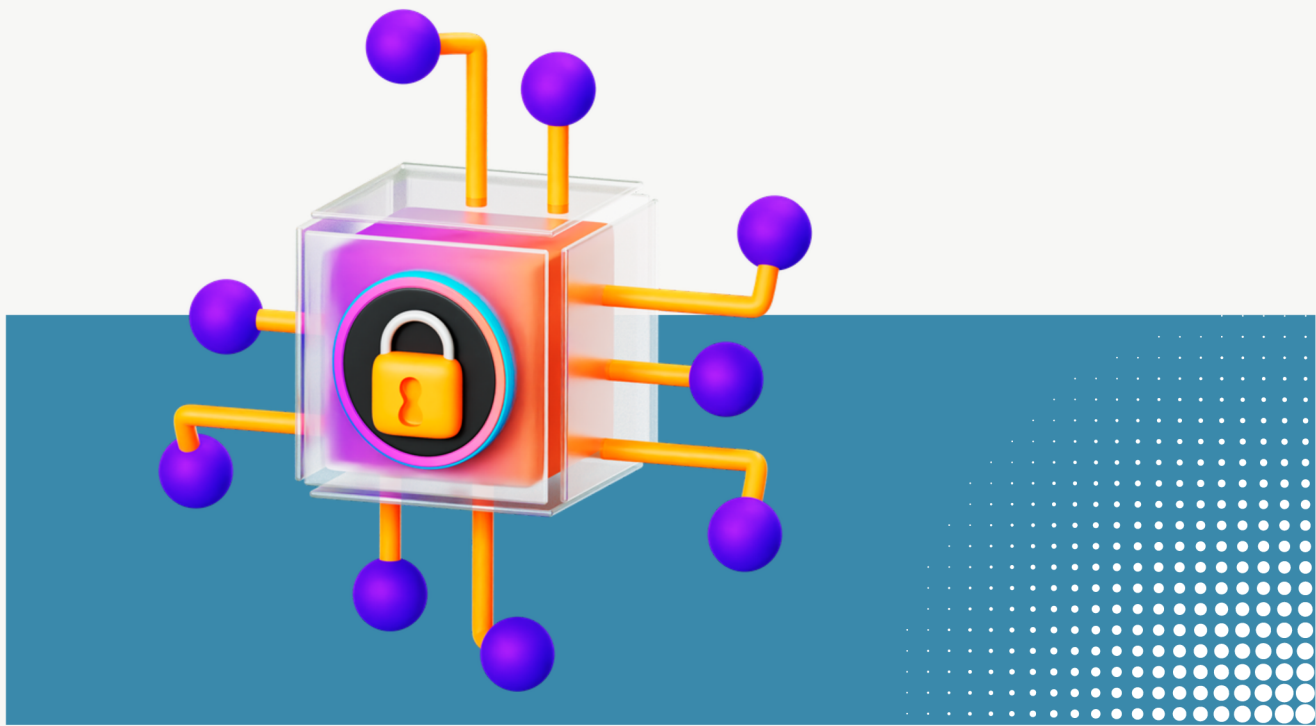
- **Technologie blockchain :** La blockchain est un registre numérique décentralisé et distribué qui enregistre les transactions sur un réseau d'ordinateurs. Elle garantit la transparence, la sécurité et l'immutabilité des données grâce à une chaîne de blocs interconnectés.
- **Utilisation de la blockchain pour les identifiants numériques dans le métavers :**

Émission sécurisée : Dans le métavers, les établissements d'enseignement, les programmes de formation et les organismes de certification peuvent utiliser la technologie blockchain pour émettre des identifiants numériques en toute sécurité. Chaque identifiant est protégé par cryptographie et lié à un identifiant unique sur la blockchain.



Technologie Blockchain

- **Vérification d'authenticité** : La blockchain permet un système décentralisé et infalsifiable de vérification d'authenticité des identifiants numériques. Les employeurs, les établissements d'enseignement ou tout tiers peuvent ainsi vérifier indépendamment la validité d'un identifiant sans dépendre d'une autorité centrale.
 - **Propriété et contrôle** : La blockchain permet aux apprenants de posséder et de contrôler leurs identifiants numériques. Ils peuvent les stocker dans leurs portefeuilles numériques au sein du métavers, ce qui leur garantit un accès facile à leurs acquis et un contrôle accru sur ceux-ci.
 - **Enregistrement immuable** : Une fois enregistrée sur la blockchain, une certification devient un enregistrement immuable et permanent. Cela garantit que les informations relatives aux acquis d'un apprenant restent exactes et inchangées au fil du temps.
 - **Interopérabilité** : La blockchain peut améliorer l'interopérabilité des identifiants numériques au sein du métavers. Des normes telles que le Credential Transparency Description Language (CTDL) ou Blockcerts facilitent l'échange et la reconnaissance des identifiants entre différentes plateformes et institutions.
- Avantages:
- **Sécurité renforcée** : La nature décentralisée et cryptographique de la blockchain renforce la sécurité des identifiants numériques, réduisant ainsi le risque de fraude ou de modifications non autorisées.
 - **Transparence** : La nature transparente et décentralisée de la blockchain garantit que l'ensemble du processus d'authentification, de l'émission à la vérification, est ouvert et visible pour les parties concernées.
-



Technologie Blockchain

- Réduction de la fraude aux identifiants : L'immutabilité de la blockchain rend extrêmement difficile la falsification ou la manipulation des identifiants, réduisant ainsi le risque de fraude aux identifiants.

•
Processus de vérification simplifiés : L'utilisation de la blockchain pour la vérification des diplômes simplifie le processus, permettant une vérification plus rapide et plus efficace des acquis des apprenants.

- En résumé, l'utilisation de la blockchain pour les diplômes numériques au sein du métavers offre un système sécurisé, transparent et décentralisé d'enregistrement, de délivrance et de vérification des acquis scolaires. Cette approche renforce non seulement l'intégrité des diplômes, mais confère également aux apprenants un meilleur contrôle de leurs dossiers scolaires dans l'environnement numérique du métavers.
-



Apprentissage par projets (APP)

- L'apprentissage par projets (APP) au sein du métavers consiste à créer des espaces collaboratifs et immersifs où les étudiants peuvent réaliser des projets concrets, collaborer avec leurs pairs et présenter leur travail dans un environnement virtuel. Voici une explication détaillée du concept d'utilisation d'espaces de projets virtuels dans l'apprentissage par projets.

Espaces de projets virtuels dans l'apprentissage par projets

Définition:

- L'apprentissage par projet (APP) est une approche pédagogique qui consiste à faire travailler les élèves sur un projet ou une tâche de longue haleine qui aborde des défis, des problèmes ou des questions du monde réel. Il met l'accent sur l'exploration active, la pensée critique et la collaboration.

- Espaces de projets virtuels : il s'agit d'environnements collaboratifs en ligne au sein du métavers, spécialement conçus pour permettre aux étudiants de travailler sur des projets, de partager des idées et de présenter leurs travaux.

Fonctionnalités et mise en œuvre :

- Environnements collaboratifs : Les espaces de projets virtuels offrent un environnement en ligne collaboratif et interactif où les étudiants peuvent collaborer en temps réel. Ils font généralement appel à des avatars pour représenter les étudiants, créant ainsi un sentiment de présence au sein de l'espace virtuel.
 - Développement de projet : Les étudiants utilisent l'espace de projet virtuel pour développer et travailler sur leurs projets. Cela peut inclure des séances de remue-méninges, des discussions de planification et la création concrète des composantes du projet.
-



Apprentissage par projets (APP)

- Partage de ressources : Le métavers permet l'intégration de différents types de médias, permettant aux étudiants de partager des ressources telles que des documents, des images, des vidéos et des liens au sein de l'environnement virtuel.
 - Communication en temps réel : Les espaces de projets virtuels incluent souvent des fonctionnalités de communication en temps réel, telles que des fonctions de chat ou de communication vocale, permettant aux étudiants de discuter d'idées et de se faire des retours mutuels.
 - Présentation des travaux : Une fois les projets terminés ou ayant franchi des étapes importantes, les étudiants peuvent présenter leur travail dans l'espace de projet virtuel. Cela peut prendre la forme de présentations, de démonstrations ou d'affichages interactifs.
 - Collaboration entre pairs : La nature virtuelle de ces espaces permet aux étudiants de collaborer avec leurs pairs indépendamment de leur situation géographique, favorisant ainsi la collaboration mondiale et la diversité des points de vue.
- Avantages:
- Collaboration mondiale : Les espaces de projets virtuels permettent aux étudiants de collaborer sur des projets avec des pairs du monde entier, favorisant ainsi les échanges culturels et la diversité des points de vue.
 - Apprentissage immersif : La nature immersive du métavers enrichit l'expérience d'apprentissage en offrant un environnement dynamique et stimulant pour le travail de projet.
 - Accessibilité accrue : les étudiants peuvent accéder aux espaces de projet virtuels depuis n'importe où grâce à une connexion Internet, ce qui supprime les contraintes géographiques et permet une collaboration flexible.
-



Apprentissage par projets (APP)

- Créativité accrue : Le métavers offre des outils et des fonctionnalités qui peuvent stimuler la créativité, permettant aux élèves d'expérimenter des idées et d'exprimer leurs projets de manière innovante.

Appropriation du projet : Les espaces de projet virtuels donnent aux étudiants un sentiment d'appropriation de leurs projets, car ils contribuent activement au développement, à la collaboration et à la présentation au sein du métavers.

- En résumé, l'utilisation d'espaces de projets virtuels dans le métavers pour l'apprentissage par projet offre un environnement dynamique et collaboratif où les étudiants peuvent s'engager dans des projets concrets et significatifs, favorisant la créativité, le travail d'équipe et le développement de compétences essentielles.
-



Collaboration mondiale

- La collaboration mondiale au sein du métavers consiste à créer des opportunités pour les étudiants du monde entier de se connecter, de collaborer et de participer à des échanges interculturels. Voici une explication détaillée du concept de promotion de la collaboration mondiale par le biais d'échanges interculturels dans le métavers :

Échanges interculturels dans le cadre de la collaboration mondiale :

Définition:

- Collaboration mondiale : La collaboration mondiale dans le domaine de l'éducation consiste à mettre en relation des élèves, des enseignants et des classes de différentes régions géographiques afin de travailler ensemble sur des projets, de partager des idées et d'apprendre les uns des autres.

- Échanges interculturels : Il s'agit de faciliter les interactions et les collaborations entre des personnes issues de différents milieux culturels, en promouvant la compréhension mutuelle et l'appréciation des diverses perspectives.

Fonctionnalités et implémentations :

- Espaces de réunion virtuels : Le métavers offre des espaces de réunion virtuels où les étudiants peuvent se réunir, communiquer et collaborer en temps réel. Ces espaces peuvent simuler des environnements physiques, créant ainsi un sentiment de présence même lorsque les participants sont géographiquement éloignés.
- Projets collaboratifs : Les élèves participent à des projets collaboratifs qui favorisent le travail d'équipe, la résolution de problèmes et l'échange d'idées. Ces projets peuvent aborder des enjeux mondiaux, permettant ainsi aux élèves d'appliquer leurs connaissances à des situations concrètes.



Collaboration mondiale

- **Outils linguistiques et de communication :** Les outils de communication au sein du métavers favorisent les interactions multilingues et lèvent les barrières linguistiques. Cela permet aux élèves de communiquer dans la langue de leur choix, ce qui encourage l'inclusion.
 - **Vitrines culturelles :** Les espaces virtuels peuvent servir à présenter et à célébrer la diversité culturelle. Les élèves peuvent partager des aspects de leur patrimoine culturel, de leurs traditions et de leurs coutumes grâce à des présentations multimédias, des expositions ou des dispositifs interactifs.
 - **Interaction en temps réel :** Le métavers permet une interaction en temps réel, favorisant une communication spontanée et authentique entre les étudiants. Cette connexion immédiate renforce le sentiment de collaboration et les expériences d'apprentissage partagées.
 - **Événements éducatifs :** Des événements virtuels, tels que des conférences, des séminaires ou des colloques, peuvent être organisés pour réunir des étudiants et des enseignants de différentes régions afin de partager des expériences d'apprentissage.
- Avantages:**
- **Élargissement des perspectives :** Collaborer avec des pairs issus de différents horizons culturels expose les étudiants à une variété de points de vue, favorisant ainsi un état d'esprit plus inclusif et global.
- Compétences culturelles :** Les élèves développent leurs compétences culturelles en participant à des échanges interculturels, en apprenant à apprécier et à respecter la diversité des modes de pensée et de vie.
- Amélioration des compétences linguistiques :** Interagir avec des étudiants qui parlent des langues différentes améliore les compétences linguistiques et encourage l'apprentissage des langues dans un contexte pratique.
-



Collaboration mondiale

- Résolution de problèmes mondiaux : Les projets collaboratifs qui abordent les défis mondiaux encouragent les étudiants à penser de manière critique et à trouver des solutions novatrices qui tiennent compte des différents contextes culturels.
 - En résumé, tirer parti des échanges interculturels au sein du métavers pour une collaboration mondiale offre aux étudiants la possibilité de découvrir des perspectives, des cultures et des idées diverses. Cela favorise une vision globale, renforce leurs compétences interculturelles et les prépare à participer activement à la vie d'un monde interconnecté et diversifié.
- Création de réseaux mondiaux : Les élèves établissent des liens avec leurs pairs du monde entier, construisant ainsi un réseau mondial qui peut s'étendre au-delà du cadre éducatif.
-



Littératie numérique et éthique

- L'éducation aux médias et à l'éthique numériques au sein du métavers implique d'intégrer des leçons sur l'usage responsable, la citoyenneté numérique, les bonnes pratiques en ligne et les comportements éthiques. Voici des précisions sur l'enseignement de l'usage responsable dans le métavers :

Enseigner l'usage responsable dans le cadre de l'éducation aux médias numériques et de l'éthique

Définition:

- **Culture numérique** : La culture numérique désigne la capacité d'utiliser et de comprendre efficacement les technologies numériques. Elle englobe les compétences liées à l'accès à l'information, à son évaluation, à sa communication et à son utilisation responsable.
- **Éthique numérique** : L'éthique numérique désigne l'utilisation responsable et éthique des technologies, y compris les considérations relatives à la vie privée, à la sécurité et aux comportements appropriés dans les environnements en ligne.

Composantes clés et mise en œuvre

- **Éducation à la citoyenneté numérique** : Les enseignants du métavers peuvent intégrer l'éducation à la citoyenneté numérique dans leurs programmes scolaires. Cela comprend l'enseignement aux élèves de leurs droits et devoirs en tant que citoyens numériques, en insistant sur le respect d'autrui et la prise de décisions éthiques.
- **L'étiquette en ligne** : les cours d'étiquette en ligne, aussi appelée « netiquette », sont essentiels. Les élèves apprennent à communiquer respectueusement dans les espaces virtuels, notamment par courriel, lors de discussions en ligne et sur les plateformes collaboratives.
- **Sensibilisation à la protection de la vie privée et à la sécurité** : Les élèves sont sensibilisés à l'importance de protéger leurs renseignements personnels et de respecter la vie privée d'autrui. Cela comprend la compréhension des paramètres de confidentialité, la prévention du cyberharcèlement et la prise de conscience des conséquences potentielles des actions en ligne.



Littératie numérique et éthique

- **Évaluation critique des contenus numériques :** La culture numérique implique la capacité d'évaluer de manière critique les contenus numériques afin d'en vérifier l'exactitude, la crédibilité et l'objectivité. Les élèves apprennent à naviguer de manière responsable dans le métavers et à prendre des décisions éclairées concernant les contenus qu'ils consultent.
 - **Comportement éthique dans les environnements virtuels :** les leçons sur le comportement éthique au sein du métavers abordent des questions telles que le plagiat, la bonne attribution du contenu numérique et l'utilisation responsable de la technologie à des fins académiques et personnelles.
 - **Sensibilisation à la cybersécurité :** Comprendre les bases de la cybersécurité, notamment la reconnaissance et l'évitement des menaces en ligne, aide les étudiants à se protéger et à protéger leurs actifs numériques au sein du métavers.
 - **Interactions en ligne inclusives et diversifiées :** Il est essentiel d'apprendre aux élèves à valoriser la diversité et l'inclusion dans les espaces virtuels. Cela implique de promouvoir des interactions positives et respectueuses avec des personnes d'origines, de cultures et de perspectives différentes.
- Avantages:
- **Des citoyens numériques responsables :** l'éducation à l'utilisation responsable permet aux élèves de naviguer avec confiance dans l'espace numérique, de prendre des décisions éclairées et de contribuer positivement aux communautés en ligne.
 - **Prévention du cyberharcèlement :** des leçons sur l'étiquette en ligne et les comportements responsables contribuent à créer un environnement en ligne positif et respectueux, réduisant ainsi le risque de cyberharcèlement.
-

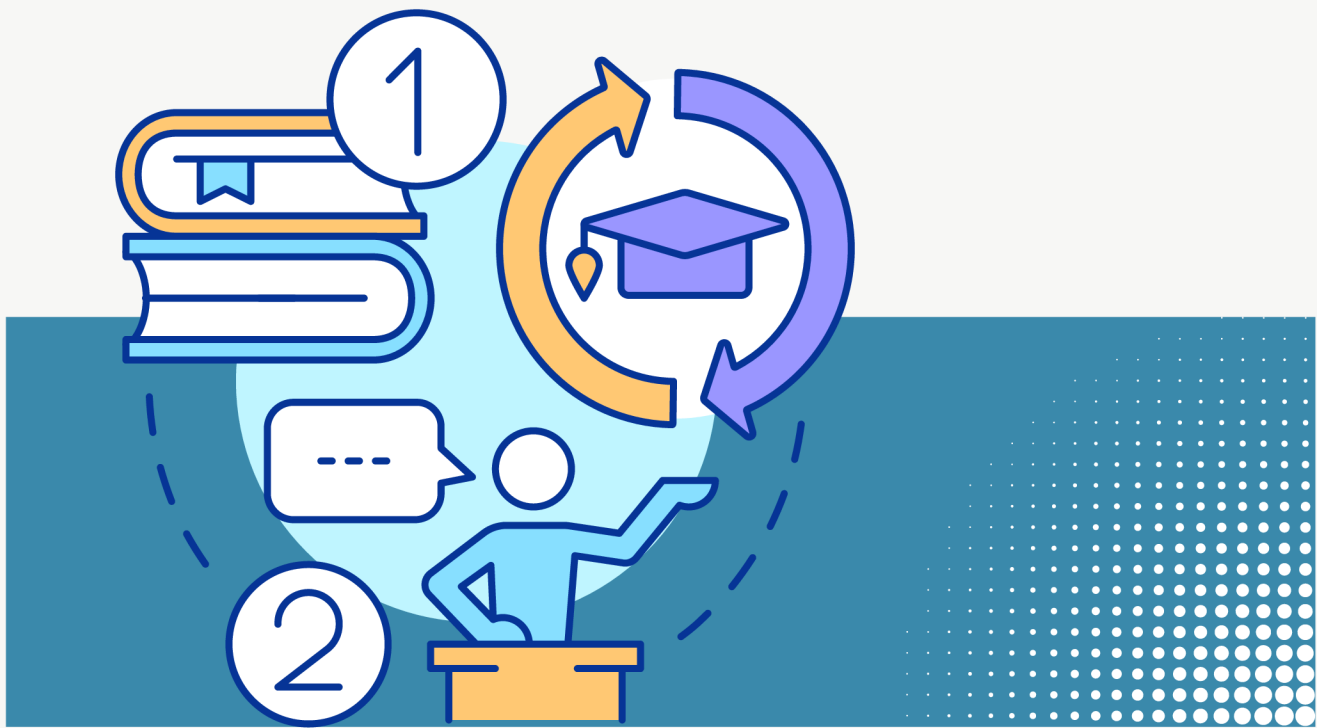


Littératie numérique et éthique

- Amélioration des compétences en littératie numérique : Les élèves développent des compétences essentielles en littératie numérique, leur permettant d'évaluer l'information, de discerner les sources fiables et de naviguer efficacement dans le paysage numérique.

Préparation aux technologies futures : enseigner une utilisation responsable prépare les élèves aux progrès technologiques futurs, en veillant à ce qu'ils abordent les technologies émergentes en tenant compte des considérations éthiques.

- En résumé, l'intégration des enseignements sur l'utilisation responsable, la citoyenneté numérique et le comportement éthique au sein du métavers est essentielle pour former une génération de citoyens numériques qui naviguent dans les espaces en ligne de manière responsable, éthique et avec une compréhension critique de l'information numérique.
-



La classe inversée

- Le concept de classe inversée dans le métavers implique une restructuration du modèle de classe traditionnel, mettant l'accent sur l'utilisation des outils numériques pour améliorer l'engagement, la compréhension et la participation des étudiants. Voici une explication détaillée de chaque composante de la classe inversée dans le métavers :

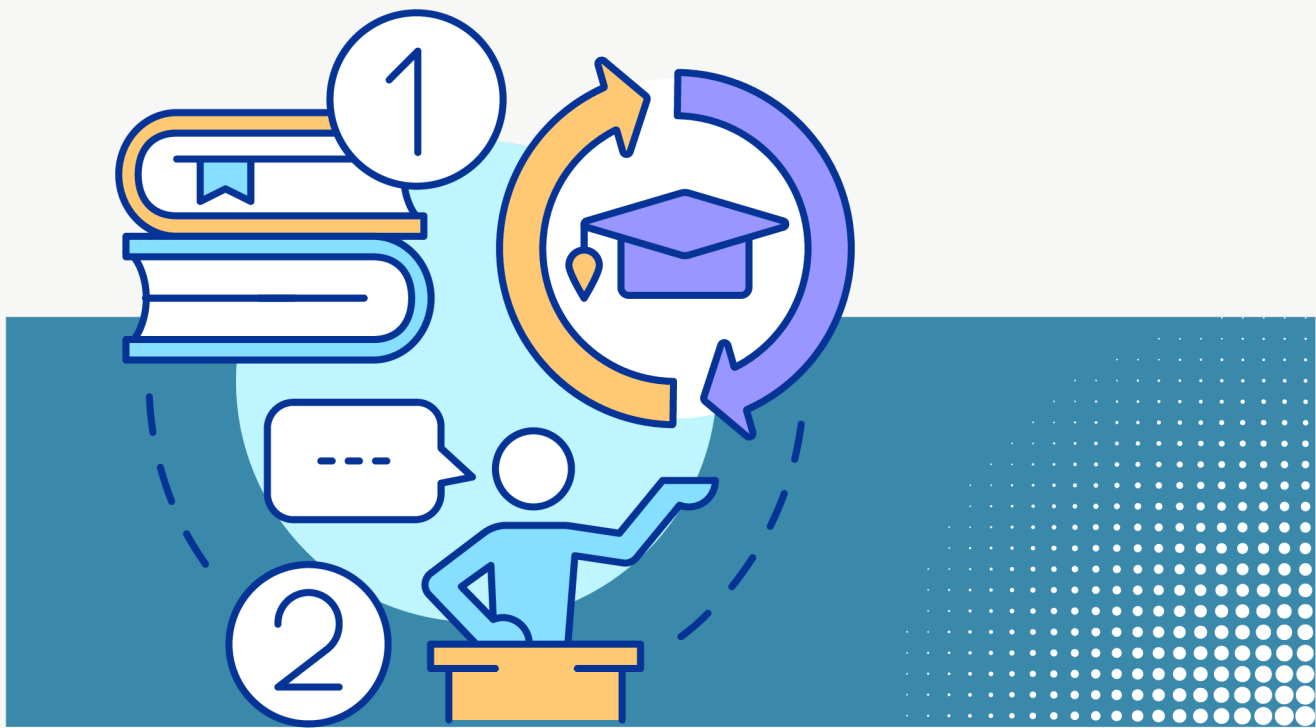
Contenu préenregistré

Définition : Dans le métavers, les enseignants créent et partagent des cours préenregistrés, des vidéos pédagogiques ou du contenu multimédia auxquels les étudiants peuvent accéder avant l'heure prévue du cours.

Mise en œuvre : Ces ressources préenregistrées constituent la principale source d'introduction de nouveaux concepts, théories ou contenus. Les enseignants utilisent divers formats multimédias pour s'adapter aux différents styles d'apprentissage, rendant ainsi l'expérience d'apprentissage plus accessible et stimulante.

Avantages:

- **Apprentissage flexible** : Les étudiants ont la possibilité d'accéder aux ressources pédagogiques à leur propre rythme et selon leurs disponibilités, ce qui permet de s'adapter aux différents rythmes d'apprentissage.
- **Révision et révision** : Les apprenants peuvent réviser des concepts complexes ou revoir le contenu, renforçant ainsi leur compréhension avant de participer aux discussions en classe.
- **Accessibilité des ressources** : Le contenu préenregistré garantit un accès constant à des ressources pédagogiques de haute qualité, en s'affranchissant des contraintes de temps et de géographie.



La classe inversée

Discussions interactives :

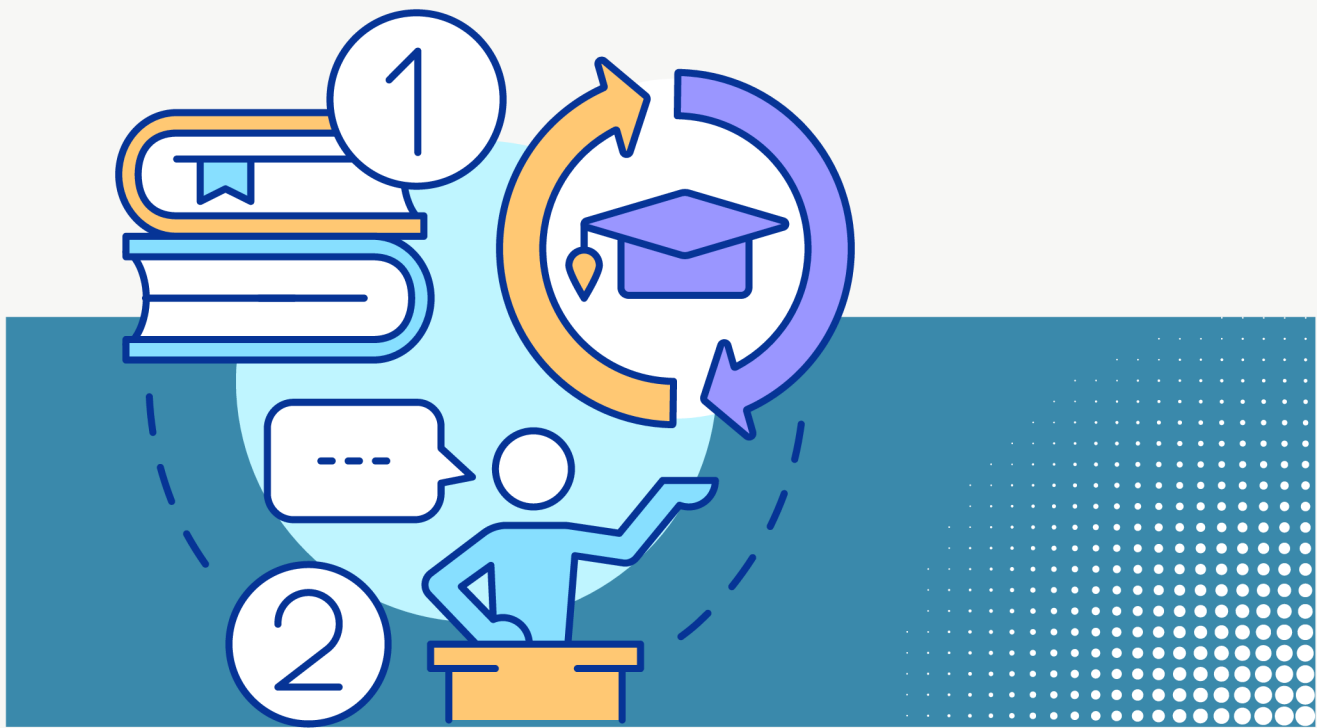
- Définition : Le temps de cours au sein du métavers est consacré à des discussions interactives, à des activités de résolution de problèmes ou à des projets collaboratifs, déplaçant ainsi l'accent de la transmission de contenu vers l'engagement actif des étudiants.
- Mise en œuvre : Les enseignants animent les discussions, encouragent la pensée critique et accompagnent les étudiants dans la réalisation d'exercices d'application. Les environnements virtuels du métavers offrent des plateformes d'interaction en temps réel, permettant aux étudiants d'échanger avec leurs pairs et l'enseignant.
- Avantages:
- Participation active : Les discussions interactives favorisent la participation active, garantissant ainsi que les étudiants soient activement impliqués dans le processus d'apprentissage plutôt que de recevoir passivement des informations.

- Clarifications en temps réel : les enseignants peuvent répondre aux questions, apporter des clarifications et offrir un retour d'information immédiat, améliorant ainsi la compréhension des sujets complexes par les élèves.
- Apprentissage collaboratif : Le métavers soutient les projets collaboratifs, favorisant le travail d'équipe et les compétences en communication entre les étudiants.

Progrès individualisés :

Définition : Le métavers facilite le suivi des progrès individuels, permettant aux enseignants de contrôler les performances et l'engagement de chaque élève avec le matériel préenregistré et les activités de classe.

Mise en œuvre : Les outils analytiques et les indicateurs de données du métavers permettent aux enseignants d'évaluer les progrès individuels et d'identifier les points forts et les points faibles. Ces informations permettent de proposer des interventions ou des défis personnalisés en fonction des besoins des élèves.
compréhension du contenu préenregistré.



La classe inversée

Avantages:

- Soutien personnalisé : Les enseignants peuvent apporter un soutien ciblé aux élèves qui pourraient avoir besoin d'une aide supplémentaire, garantissant ainsi une expérience d'apprentissage personnalisée et adaptative.
- Opportunités de défis : Les élèves qui font preuve de maîtrise dès le début peuvent se voir proposer des défis plus avancés, adaptés à leur rythme et à leurs capacités individuelles.
- Enseignement fondé sur les données : les données relatives aux progrès individuels éclairent les décisions pédagogiques, permettant aux enseignants d'adapter leurs stratégies d'enseignement en fonction des besoins et des performances des élèves.

Résumé : La classe inversée dans le métavers combine les avantages de l'apprentissage individualisé avec des éléments interactifs et collaboratifs. Les étudiants ont la possibilité de consulter le contenu de manière autonome, et le temps de classe est optimisé pour la participation active, les discussions et un soutien personnalisé.

Avantages : Cette approche favorise une expérience d'apprentissage plus stimulante, centrée sur l'étudiant et personnalisée, en phase avec l'évolution des besoins et des préférences des apprenants dans un monde numérique et interconnecté. Le métavers constitue une plateforme polyvalente qui enrichit le modèle de la classe inversée en offrant des espaces immersifs et interactifs pour les activités pédagogiques.

Lopez-Belmonte et al (2022, p 194) concluent dans leur recherche que l'apprentissage inversé et l'apprentissage en ligne « sont tous deux pertinents comme introduction à la préparation des étudiants à acquérir les compétences requises par une action de formation dans le métavers ».

Conclusion

Explorer le métavers à travers diverses approches pédagogiques présente des risques et des avantages pour l'éducation. D'un côté, les barrières technologiques peuvent creuser le fossé numérique, limitant l'accès à l'éducation pour certains élèves. De l'autre, les problèmes de sécurité, notamment la confidentialité des données et la protection de l'identité, constituent des risques potentiels. Par ailleurs, une mise en œuvre inégale des approches pédagogiques peut engendrer des expériences d'apprentissage différentes selon les élèves, risquant d'aggraver les inégalités scolaires. Une dépendance excessive à la technologie dans le métavers peut s'avérer problématique en cas de difficultés techniques ou de dysfonctionnements. Enfin, les collaborations interculturelles peuvent rencontrer des obstacles à la compréhension et au respect des normes et valeurs culturelles diverses.

Mahir et Hanifah (2023) ont présenté un résumé des études antérieures sur l'utilisation du métavers dans le secteur de l'éducation et ce qui manque exactement, selon eux, est ce que M-STEM vise à créer et ils l'expliquent comme suit : « Alors que nous continuons à explorer et à développer le potentiel du métavers dans l'éducation, il est nécessaire de mettre en place des plans de formation aux compétences en méthodologies didactiques spécifiques pour aider les éducateurs à créer et à utiliser efficacement les salles de classe virtuelles ».

Cependant, les avantages peuvent être considérables. Les expériences immersives au sein du métavers peuvent stimuler significativement l'engagement et la motivation des étudiants. Le métavers facilite la collaboration internationale, connectant les étudiants du monde entier et favorisant les échanges culturels et la diversité des perspectives. Les plateformes d'apprentissage adaptatif du métavers offrent des expériences d'apprentissage personnalisées, répondant aux besoins individuels des étudiants et enrichissant leur parcours d'apprentissage. Les approches pédagogiques du métavers permettent une application pratique et concrète des connaissances grâce à des simulations et des projets. De plus, le métavers offre flexibilité et accessibilité, s'adaptant aux différents styles d'apprentissage et s'affranchissant des contraintes géographiques.

Ensemble, ces approches pédagogiques exploitent le métavers comme une plateforme polyvalente pour une éducation transformatrice. Le métavers devient un catalyseur pour repenser l'apprentissage, offrant aux enseignants et aux apprenants des outils innovants pour évoluer dans un monde numérique interconnecté. Cette approche holistique prépare les élèves à l'avenir en développant leur esprit critique, leur conscience globale et leur sens des responsabilités dans un paysage éducatif technologiquement avancé et en constante évolution.

Pour explorer le métavers à travers différentes approches pédagogiques, il est crucial d'évaluer soigneusement les risques et les avantages afin de créer un environnement éducatif inclusif, stimulant et efficace. Zhang (2023, p. 2057) conclut, après avoir listé les attributs fondamentaux du métavers, que « globalement, le métavers est un concept dynamique et évolutif qui se transforme et s'adapte constamment aux nouvelles technologies et aux besoins des utilisateurs ». Cette affirmation est essentielle à garder à l'esprit lors de l'élaboration d'approches pédagogiques pour le métavers, car l'un de ses attributs fondamentaux est la « génération par l'utilisateur », un aspect fondamental de ce projet.



Chapitre 6

*L'importance de
l'enseignement des
STEM à l'ère numérique*

Inspection scolaire du comté de Teleorman

Introduction

Les sociétés modernes, notamment celles de l'Union européenne, se concentrent désormais sur le développement durable, face à l'enjeu crucial du changement climatique. La transition énergétique exige des citoyens des compétences vertes et entrepreneuriales, qui se développent en complément des compétences de base et, bien sûr, des compétences transversales. Dans ce contexte, les compétences numériques font également partie intégrante des compétences que les citoyens européens devraient posséder au quotidien. Cette combinaison de compétences est soutenue par les politiques européennes, tant sectorielles que transversales, telles que le Pacte vert pour l'Europe, le programme européen pour les compétences et la boussole pour la dimension numérique.

Lors du Sommet ALL DIGITAL, qui s'est tenu le 14 octobre 2021, Anusca Ferrari, chargée de mission politique de l'UE, a souligné, dans son discours d'ouverture, les objectifs et les initiatives de l'Union européenne : « Nous avons établi que les filières STEM sont une priorité pour les projets de coopération dans l'enseignement supérieur du programme de travail Erasmus+ 2021. [...] Seul un jeune sur cinq en Europe est diplômé de l'enseignement supérieur en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM), et l'Union européenne compte moins de deux millions de diplômés en STEM chaque année. Malgré nos efforts pour promouvoir une approche inclusive de l'enseignement des STEM, force est de constater que les femmes y sont fortement sous-représentées : un diplômé en STEM sur trois est une femme. La situation est encore plus préoccupante dans le domaine des TIC, où seulement une diplômée en TIC sur cinq est une femme. »

Par conséquent, dans le contexte en constante évolution du XXI^e siècle, l'intégration des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) dans l'enseignement est devenue essentielle pour préparer les élèves à s'épanouir dans le monde numérique. Alors que les progrès technologiques continuent de façonner notre société, l'enseignement STEM joue un rôle de catalyseur pour l'innovation et le progrès. Ce chapitre explore les changements survenus dans l'éducation suite à la quatrième révolution industrielle, l'importance de l'enseignement STEM à l'ère du numérique, son impact sur l'apprentissage des élèves et les compétences qu'ils acquerront, ainsi que le rôle évolutif des enseignants dans la formation d'une génération de citoyens maîtrisant les outils numériques.

Les besoins en matière d'éducation au XXIe siècle

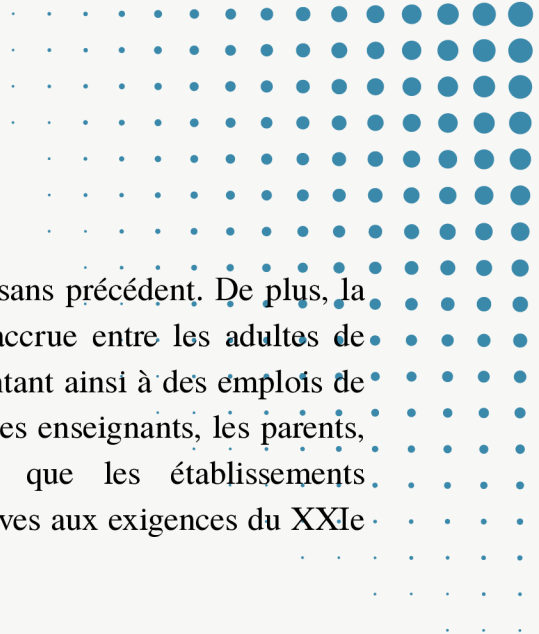
Au cours des trois derniers siècles, l'humanité a connu quatre révolutions industrielles qui ont engendré des progrès considérables dans le développement industriel. Leur impact sur la civilisation humaine et notre mode de vie est immense. La première révolution industrielle a eu lieu au XVIIIe siècle, avec l'introduction de la machine à vapeur, qui a transformé radicalement les secteurs des transports et de la production. Le XIXe siècle a été marqué par l'avènement de l'électricité et de la production de masse, constituant la deuxième révolution industrielle. La troisième, celle du XXe siècle, a apporté les semi-conducteurs, l'informatique et l'internet, connectant ainsi les individus à travers le monde et entraînant la mondialisation des communications et du commerce.

L'ère actuelle, qualifiée de 4ème révolution industrielle, est caractérisée par des inventions sans précédent et des percées technologiques fulgurantes, qui ont engendré un rythme si rapide de transformations numériques et de fusion des technologies que les frontières entre les sphères physique, numérique et biologique ne sont plus nettes, mais au contraire, se transcendent et s'estompent.

Nous avons été témoins de l'avènement de l'impensable : l'intelligence artificielle, l'impression 3D, les véhicules autonomes, les nanotechnologies et les robots sophistiqués font désormais partie de notre quotidien. Toutes ces innovations, prises ensemble, n'ont fait que souligner l'importance des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) et le rôle des compétences dans ce domaine pour la croissance économique, la productivité et la satisfaction des besoins futurs.

Compte tenu des transformations susmentionnées, l'éducation ne pouvait rester immuable ni réfractaire au changement. Depuis la première révolution industrielle, les écoles se sont donné pour mission de préparer les élèves au monde du travail, en leur transmettant des compétences fondamentales et un ensemble de connaissances considérées non seulement comme importantes, mais aussi comme la norme par la majorité.

Cependant, les attentes évoluent aujourd'hui : les élèves formés dans les écoles actuelles sont censés fonctionner, dans un avenir proche, comme des adultes appartenant à un monde en mutation rapide, travaillant dans des conditions caractérisées par l'incertitude ; de plus, ces futurs adultes devront gérer une quantité d'informations sans cesse croissante, se familiariser avec, voire maîtriser, les nouvelles technologies ; ces nouveaux outils faciliteront leur travail, leur collaboration et leur communication.



Le savoir et les pratiques qui y sont liées revêtent une importance sans précédent. De plus, la numérisation et la mondialisation engendreront une concurrence accrue entre les adultes de demain et des millions de personnes à travers le monde, les confrontant ainsi à des emplois de plus en plus concurrentiels. Dès lors, il n'est guère surprenant que les enseignants, les parents, les chefs d'entreprise et les décideurs politiques déplorent que les établissements d'enseignement, trop souvent, ne préparent pas suffisamment les élèves aux exigences du XXI^e siècle.

C'est pourquoi de nombreux États tentent de transformer leurs écoles et de les adapter aux exigences du XXI^e siècle, en introduisant, voire en imposant, diverses réformes de l'éducation. Le problème est que ces changements et réformes sollicitent les connaissances et l'engagement des enseignants ; or, il est primordial que ces derniers exercent leur jugement professionnel dans ce processus, ce qui s'avère loin d'être simple.

Les nouvelles compétences à l'ère du changement

La société actuelle attend des écoles qu'elles favorisent la création de connaissances et l'apprentissage tout au long de la vie. Les diplômés des écoles du XXI^e siècle doivent maîtriser les compétences académiques fondamentales que sont la lecture, l'écriture et les mathématiques élémentaires, mais aussi être prêts à apprendre de nouvelles choses, à collaborer à la recherche de solutions à divers problèmes et à innover dans des domaines qui n'existent peut-être même pas encore.

De nombreux termes ont été proposés par les chercheurs pour décrire et définir cet ensemble de compétences (comme les compétences du XXI^e siècle, les compétences d'apprentissage tout au long de la vie ou les aptitudes du XXI^e siècle). Ils ont également tenté de définir les compétences, les aptitudes et les dispositions nécessaires à la réussite dans le monde de demain.

Une classification possible distingue quatre grands domaines : (méta)cognitif, interpersonnel, intrapersonnel et technologique. Les compétences du domaine cognitif englobent la capacité de l'apprenant à construire des connaissances approfondies et pertinentes, ainsi qu'à les appliquer de manière créative dans de nouvelles situations et de nouveaux contextes. La conscience métacognitive et l'apprentissage autodirigé sont considérés comme des attributs cognitifs importants. Le domaine interpersonnel concerne la capacité d'une personne à interagir avec autrui, notamment par le biais du travail d'équipe, du leadership et de la coopération, tandis que le domaine intrapersonnel concerne sa façon de réagir aux problèmes et aux défis, comme l'ouverture intellectuelle, l'autorégulation et la gestion des émotions. Enfin, le domaine technologique se rapporte à la maîtrise des technologies de l'information et de la communication (TIC).

La technologie joue aujourd'hui un rôle crucial dans l'enseignement. Même dans les établissements où son utilisation est faible ou limitée, elle s'est, pour ainsi dire, immiscée. Quel que soit le lieu d'enseignement, les enseignants doivent tenir compte, lorsqu'ils donnent des devoirs, du fait que les élèves peuvent utiliser Internet (y compris pour rechercher des dissertations ou des solutions à des problèmes déjà rédigés), ce qui réduira considérablement l'effort intellectuel requis.

C'est pourquoi les médias et le monde universitaire sont partagés entre pessimistes et optimistes quant aux effets des TIC sur les jeunes. Les partisans de l'introduction des technologies en classe y voient une opportunité d'« expression personnelle, de sociabilité, d'engagement communautaire, de créativité et d'acquisition de nouvelles compétences », tandis que les pessimistes considèrent « les réseaux sociaux comme une perte de temps et l'utilisation d'autres TIC à l'école comme des raccourcis, voire de la tricherie, susceptibles d'avoir un impact négatif sur le développement des compétences d'apprentissage ». Que l'on soit optimiste ou inquiet des dangers potentiels, force est de constater que la technologie joue un rôle transformateur dans la vie des élèves comme des enseignants.

L'importance des compétences STEM pour assurer un avenir durable

Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies, intitulé « Transformer notre monde », a établi 17 objectifs de développement durable dont la réalisation permettra de réduire la pauvreté et les pénuries alimentaires ; ils contribueront également à lutter contre les changements climatiques, à protéger la planète et à garantir à tous la paix, la prospérité et une qualité de vie décente.

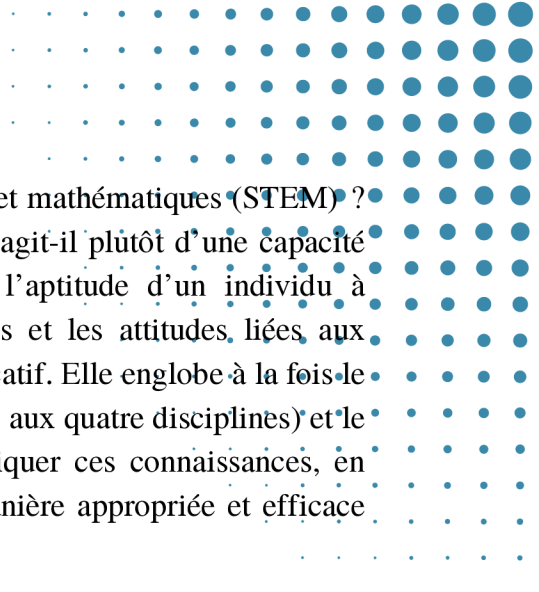
L'éducation, et en particulier l'éducation STEM, joue un rôle crucial dans la réalisation de ces objectifs. Voici les domaines spécifiques dans lesquels l'éducation STEM est appelée à développer et à proposer des solutions innovantes aux problèmes mondiaux : Faim Zéro (objectif de développement durable n° 2) ; Bonne santé et bien-être (objectif de développement durable n° 3).

Eau propre et assainissement (Objectif de développement durable n° 6) ; Énergie propre et abordable (Objectif de développement durable n° 7) ; Travail décent et croissance économique (Objectif de développement durable n° 8) ; Industrie, innovation et infrastructure (Objectif de développement durable n° 9) ; Villes et communautés durables (Objectif de développement durable n° 11) ; Consommation et production responsables (Objectif de développement durable n° 12) ; Lutte contre les changements climatiques (Objectif de développement durable n° 13).

Dès lors, une question se pose : comment l'enseignement des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) peut-il contribuer de manière essentielle à la réalisation de tous ces objectifs ? Pour apporter la meilleure réponse possible, exemples à l'appui, il convient d'évoquer les différentes conceptions de ce que signifie concrètement l'enseignement des STEM ; la perspective adoptée au sein du système éducatif apparaît comme le facteur déterminant le plus important.

Nombreux sont ceux qui perçoivent les STEM comme quatre disciplines distinctes (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques). D'autres les considèrent comme l'intégration de deux, trois, voire des quatre disciplines. Certes, chacune de ces disciplines possède son histoire, sa philosophie et ses principes propres, ainsi que ses connaissances, compétences et fonctions spécifiques. Néanmoins, ces dernières décennies, des chercheurs ont proposé de regrouper ces quatre disciplines sous l'appellation STEM. Ils fondent leur argument principal sur le fait que les sciences et les mathématiques constituent généralement le socle des sciences appliquées, qui incluent la technologie et l'ingénierie.

L'entité aujourd'hui connue sous le nom de STEM, proposée initialement dans les années 1990 par la Fondation nationale américaine pour la science (NSF), répondait à une préoccupation croissante : de nombreux élèves ne parviendraient pas à suivre le rythme des changements induits par la révolution numérique et risqueraient même d'être laissés pour compte sur le marché du travail mondialisé et concurrentiel. Un besoin croissant de compétences en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) se faisait donc fortement sentir.



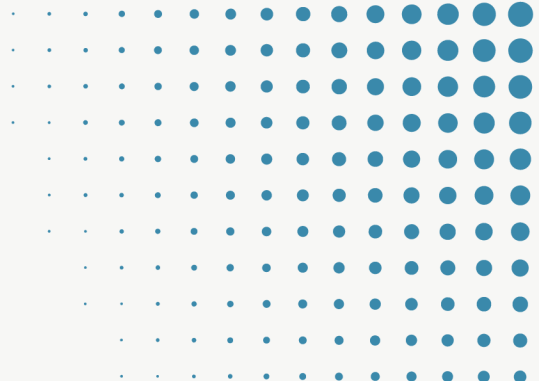
Comment définir la compétence en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) ? Peut-on la réduire à un simple ensemble de compétences figées ou s'agit-il plutôt d'une capacité évolutive ? Selon les spécialistes, la compétence STEM désigne l'aptitude d'un individu à appliquer de manière appropriée les connaissances, les compétences et les attitudes liées aux STEM dans sa vie quotidienne, son lieu de travail ou son contexte éducatif. Elle englobe à la fois le « savoir-quoi » (les connaissances, les attitudes et les valeurs associées aux quatre disciplines) et le « savoir-faire » (c'est-à-dire les compétences nécessaires pour appliquer ces connaissances, en tenant compte des attitudes et des valeurs éthiques afin d'agir de manière appropriée et efficace dans un contexte donné).

Après avoir souligné la complexité des compétences en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM), qui englobent connaissances, aptitudes, attitudes et valeurs, nous souhaitons maintenant présenter plus en détail les principales compétences requises pour mener à bien des tâches liées aux STEM. Il s'agit notamment des compétences cognitives, manuelles, technologiques, de collaboration et de communication.

Les compétences cognitives requises englobent la gestion et le traitement de l'information (identification, collecte, traitement et utilisation des données pertinentes pour la prise de décision), la pensée critique, créative et analytique, la résolution de problèmes, la démarche scientifique, la créativité et la pensée computationnelle. Aujourd'hui, d'énormes quantités d'informations sont collectées et utilisées dans tous les domaines de la vie. Les compétences en traitement de l'information sont donc indispensables pour trouver, rassembler, organiser et sélectionner les informations valides pour des tâches spécifiques ; elles sont nécessaires pour générer, comprendre, interpréter et analyser des données empiriques, mais aussi pour en vérifier l'authenticité, la validité et la fiabilité.

Une autre compétence importante développée grâce à l'enseignement des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) est la résolution de problèmes : ce processus complexe consiste à identifier et à décomposer des problèmes complexes en parties ou composantes, à analyser les données, à élaborer des solutions, à évaluer les options et à mettre en œuvre ces solutions. Cette compétence s'avère également utile dans la recherche scientifique, que les scientifiques utilisent pour explorer le monde qui les entoure et tenter de comprendre les phénomènes existants.

La maîtrise des technologies de l'information et de la communication (TIC) et la connectivité sont essentielles au développement des filières STEM. Les compétences de base en TIC comprennent la capacité technique d'utiliser un ordinateur, une tablette ou un téléphone mobile, d'envoyer des courriels, de naviguer sur Internet, de passer des appels vidéo et d'utiliser des logiciels pour rechercher des informations et créer des présentations. La programmation est une autre compétence fondamentale ; elle consiste à programmer des ensembles d'instructions ou des algorithmes pour permettre aux ordinateurs ou aux appareils TIC d'exécuter certaines tâches.



La pensée design est devenue essentielle à l'ère de l'innovation, de l'invention et de la créativité. Elle repose sur un cadre structuré de stratégies et de processus créatifs pour développer des produits et des solutions, sans se limiter à des techniques ou des règles rigides. La pensée design s'appuie sur la collecte d'informations, le brainstorming créatif, l'expérimentation, l'analyse, la refonte, les tests et la mise en œuvre. Ces méthodes peuvent être appliquées efficacement à l'apprentissage et aux carrières dans les domaines des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM).

Les compétences manuelles désignent l'utilisation et la manipulation correctes et sûres d'équipements, d'appareils, de spécimens et de substances scientifiques et/ou techniques qui peuvent être spécifiques à une carrière ou une vocation particulière, parmi lesquelles on peut citer les électriciens, les technologues cardiovasculaires, les mécaniciens d'aéronefs ou les ingénieurs en mécatronique.

Lorsqu'on parle de compétences professionnelles ou technologiques, on les associe généralement à la formation dispensée dans certains pays au sein des établissements d'enseignement secondaire, formation qui aide les élèves à faire des choix plus éclairés quant à leur avenir professionnel. Cependant, comme les compétences professionnelles évoluent constamment et rapidement, les établissements scolaires ont souvent du mal à se tenir au courant des innovations.

Les compétences en matière de collaboration et de communication ne sont pas innées et nécessitent un développement explicite. Un travail d'équipe efficace est indispensable, car la plupart des tâches sont complexes et interdépendantes et ne peuvent être réalisées par une seule personne. La collaboration efficace présente de nombreux avantages, notamment l'égalité des chances pour chaque membre de l'équipe de participer et de partager ses idées, ainsi que la prise de responsabilités partagées.

Les défis de l'enseignement des STEM à l'ère numérique

Pour générer et mettre en œuvre une transformation pédagogique profonde, les enseignants sont essentiels. Des enseignants compétents et motivés sont au cœur des systèmes éducatifs performants. Barber et Mourshed, deux chercheurs reconnus, ont souligné que la qualité d'un système éducatif ne peut excéder celle de ses enseignants ; ils ont également insisté sur le fait que la seule façon d'améliorer les résultats est d'améliorer l'enseignement et que l'obtention de résultats élevés pour tous n'est possible qu'en mettant en place des mécanismes garantissant que les écoles dispensent un enseignement de qualité à chaque enfant. (Barber, M., & Mourshed, M. (2007). *How the World's Best-Performing School Systems Come out on Top*. The Free Press. p. 40).

Ces exigences exercent une pression considérable sur les enseignants, qui doivent adapter leur pédagogie aux réalités de l'apprentissage au XXI^e siècle afin de préparer les élèves à un apprentissage continu et autonome tout au long de la vie, de les aider à devenir des citoyens capables et désireux de collaborer, et des citoyens éclairés et connectés. Les enseignants doivent eux aussi développer des compétences et des attitudes favorisant l'apprentissage tout au long de la vie. Nombre d'entre eux n'ont peut-être pas reçu de formation adéquate à l'utilisation des technologies en classe, et le développement professionnel est essentiel. Un soutien et une formation continus permettent aux enseignants de se tenir au courant des avancées technologiques et d'intégrer efficacement les outils numériques à leurs méthodes pédagogiques.

Un autre défi auquel les écoles et les établissements d'enseignement sont souvent confrontés concerne l'infrastructure technique nécessaire à une intégration harmonieuse des technologies. L'utilisation des ressources numériques dans les classes de sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) peut être entravée par du matériel obsolète, une bande passante limitée et une connexion internet peu fiable. Il est donc crucial que les écoles investissent dans une infrastructure technique robuste afin de garantir une intégration technologique fluide. Il convient également de mentionner que, parfois, les enseignants peinent à adapter les programmes STEM existants pour y intégrer les derniers outils et avancées technologiques, car l'évolution rapide des technologies peut devancer celle des programmes d'enseignement.

Conclusion

Pourquoi les STEM sont-elles importantes ? L'économie mondiale est en pleine mutation. L'automatisation entraîne la disparition d'emplois, tandis que les progrès technologiques créent chaque jour de nouveaux métiers. Ces avancées technologiques transforment la manière dont les élèves apprennent, communiquent et interagissent au quotidien. Les compétences acquises grâce aux STIM constituent un socle solide pour leur réussite scolaire et professionnelle. Par ailleurs, la demande des employeurs pour les qualifications et les compétences en STIM est forte et continuera de croître. Actuellement, 75 % des emplois dans les secteurs à la croissance la plus rapide requièrent des compétences en STIM.

À l'ère du numérique, où la technologie est omniprésente, l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) dote les élèves des compétences nécessaires à leur réussite professionnelle. La maîtrise du codage, de l'analyse de données et des outils numériques revêt une importance croissante, et l'enseignement STEM garantit que les élèves sont bien préparés aux exigences du monde du travail moderne. Il n'est donc pas surprenant que les pays qui investissent fortement dans l'enseignement STEM soient généralement plus compétitifs à l'échelle mondiale. Une main-d'œuvre qualifiée dans les domaines STEM contribue à la croissance économique, aux progrès technologiques et à l'innovation.

De plus, l'enseignement des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM) encourage une approche interdisciplinaire, en abolissant les cloisonnements traditionnels entre les matières. Les élèves apprennent à intégrer les connaissances issues de diverses disciplines, reflétant ainsi l'interdépendance des défis du monde réel. Cet apprentissage interdisciplinaire approfondit non seulement leur compréhension, mais les prépare également à la diversité et au dynamisme des carrières modernes.

Enfin, les domaines des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STIM) ont historiquement souffert d'un manque de représentation, notamment en ce qui concerne le genre et les groupes minoritaires. Les initiatives en matière d'éducation aux STIM s'efforcent de remédier à ces inégalités en promouvant l'inclusion et la diversité. Encourager les élèves de tous horizons à s'intéresser aux disciplines STIM garantit un plus large éventail de perspectives et d'idées, favorisant ainsi une société plus inclusive et équitable.



Chapitre 6

*Introduction au concept
de métavers et à son
potentiel pour
l'apprentissage*

Lycée Clément Ader

Introduction

L'avènement d'Internet avait déjà fait naître la promesse d'une révolution technologique, nourrissant espoirs et rêves de liberté. La réalité et le pragmatisme ont finalement triomphé, et ce sont les plateformes marchandes, les réseaux sociaux et les grandes entreprises qui ont imposé leur modèle économique, favorisant la dépendance des utilisateurs par des stratégies de captation. Les mots clés du numérique – cloud, big data, deep learning, intelligence artificielle – reviennent régulièrement. Le métavers est l'un de ces derniers, popularisé par Facebook en 2021 lorsque Marc Zuckerberg a annoncé que le groupe Facebook s'appellerait désormais Meta. Le métavers n'est pas encore une réalité, mais les créateurs de Facebook et les multinationales déploient déjà des efforts considérables pour en faire un pilier de leur stratégie commerciale. Le confinement lié à la Covid-19 a également mis en lumière la nécessité pour les enseignants et les élèves d'avoir accès à des outils numériques fiables et faciles d'utilisation pour le travail à distance, synchrone ou asynchrone. Pour de nombreuses entreprises et administrations, le métavers pourrait constituer une solution. Ainsi, le métavers peut être perçu comme un outil d'apprentissage et de critique, plutôt que comme un énième outil de fascination destiné à alimenter une consommation toujours plus délirante et toxique.

L'objectif de ce chapitre est de vous présenter le métavers et d'examiner la valeur ajoutée qu'il pourrait apporter à l'enseignement.



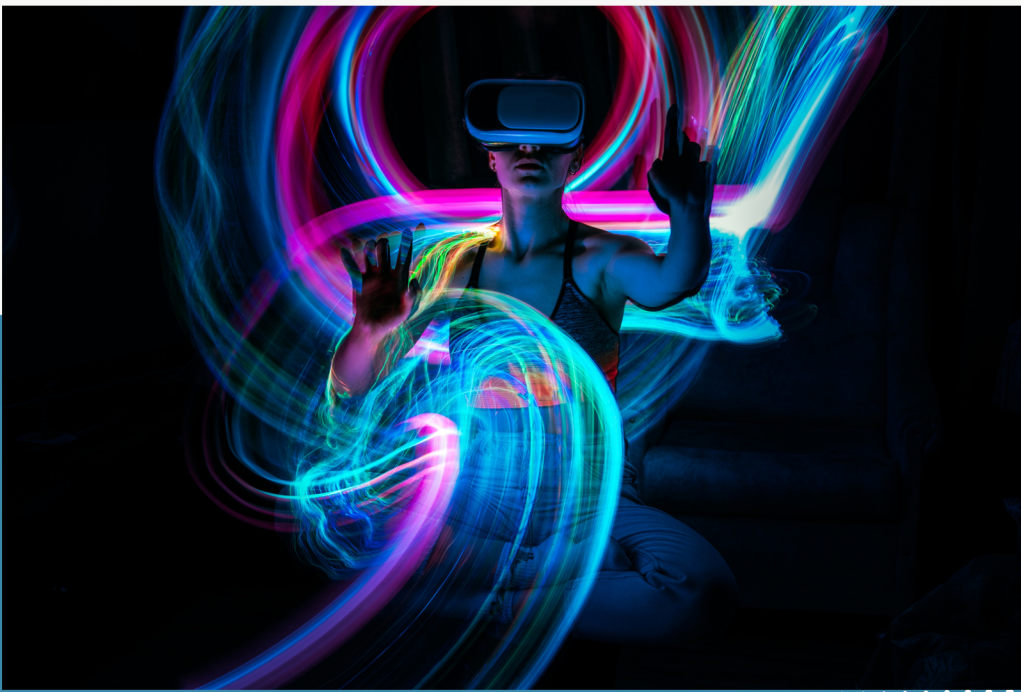
Qu'est-ce que le métavers ?



Que signifie le terme « métavers » ? Il recouvre une multitude de significations et semble varier selon son usage, les solutions techniques qu'il sous-entend et les plateformes qui le mettent en œuvre. Dès lors, non pas un seul métavers, mais plusieurs ? Une clarification s'impose. Commençons par tenter de comprendre l'origine de ce terme afin de mieux cerner ce qui définit un métavers.

Le terme « métavers » a été utilisé pour la première fois dans le roman « Snow Crash » de Neal Stephenson, paru en 1992. Dans cette œuvre de science-fiction, les personnages évoluent au sein d'une réalité virtuelle immersive, perçue comme une forme d'évolution d'Internet. De ce point de vue, le métavers désigne un univers parallèle virtuel où des personnes réelles, sous forme d'avatars, peuvent interagir dans un espace numérique et virtuel.





Qu'est-ce que le métavers ?

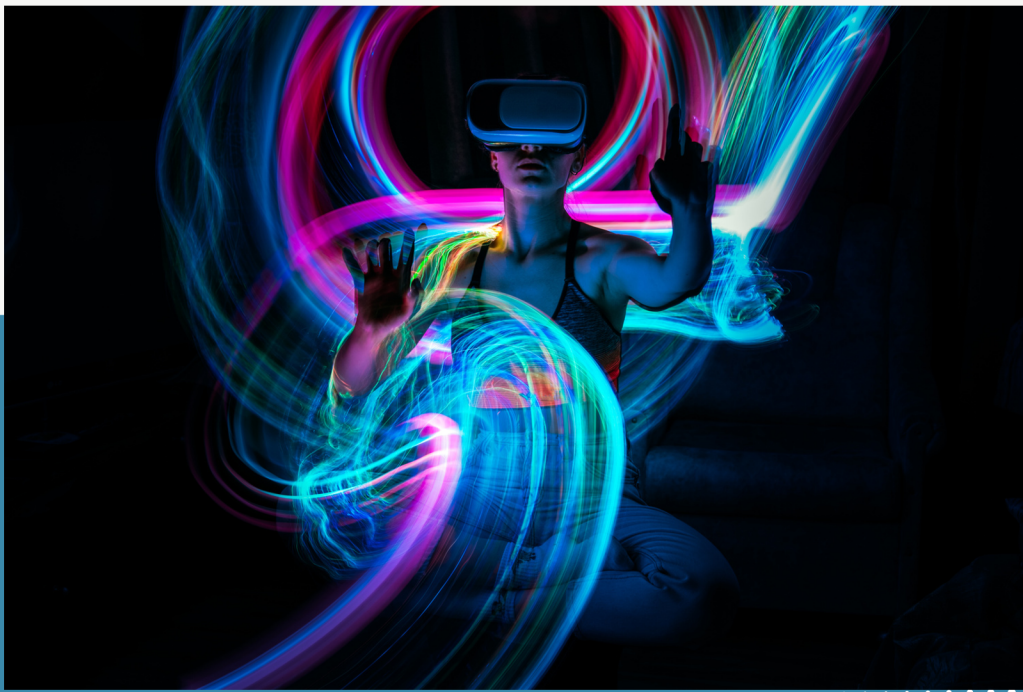
Au lieu de se contenter de consommer passivement du contenu, les utilisateurs du métavers peuvent participer activement à un environnement en constante évolution. C'est le concept d'interaction qui prend toute son importance, contrairement à la relation passive qu'implique l'Internet tel que nous le connaissons. Nous retiendrons donc l'idée d'interaction comme élément constitutif du métavers.

Étymologiquement, le mot est formé de « meta », signifiant « au-delà » en grec ancien, et de « verse », évoquant l'univers (au-delà de l'univers). Étymologiquement, le mot implique que le métavers offre quelque chose de plus que ce que le réel permet. Cette acceptation est essentielle, car elle implique que le métavers n'est pas une duplication du réel, mais qu'il y ajoute une valeur ajoutée. De ce point de vue, il est important d'essayer d'envisager plus précisément ce que le métavers apporterait à une situation pédagogique classique, et d'en recenser les possibilités.

En réalité, le métavers a vu le jour dans le domaine des jeux vidéo dans les années 1990. La création d'environnements multijoueurs, favorisant les premières interactions virtuelles, a joué un rôle déterminant dans son développement. Depuis, de nombreux acteurs du numérique s'efforcent d'enrichir ces interactions en intégrant de nouvelles technologies telles que la réalité virtuelle, la réalité augmentée, l'imagerie satellitaire et la création numérique.

Quels sont les invariants du métavers ?

- Environnement 3D, mais pas nécessairement avec un casque de réalité virtuelle
- Persistance : le métavers continue d'évoluer même si la personne n'en fait plus partie.
- Avatar : création d'un personnage qui nous représente dans le métavers
- Pouvoir rencontrer d'autres personnes à distance (présence virtuelle : présence de soi (avatar), présence spatiale (environnement crédible), coprésence (les autres avatars représentent d'autres personnes)). Clément Merville, École Polytechnique, formation continue.



Comment le métavers est-il perçu ?

D'après cette enquête Ifop¹ menée auprès d'un échantillon de 1 022 personnes, on constate la persistance d'une double fracture numérique dans la représentation des personnes interrogées, ce qui entretient le risque d'une fracture numérique, facteur de déséquilibre et d'inégalité.

En réalité, seulement 35 % des personnes interrogées ont déclaré savoir ce que signifiait le terme « métavers », et seulement 14 % ont pu le préciser. Ce sondage révèle un fossé générationnel : les jeunes comprennent mieux le métavers, puisque 42 % des 18-24 ans savent ce qu'est un métavers, contre seulement 28 % des 65 ans et plus.

Mais c'est surtout au niveau social que le fossé semble préoccupant : 59 % des diplômés de l'enseignement supérieur connaissent le métavers, contre seulement 27 % des personnes sans diplôme. Un double fossé générationnel et social se dessine.

dans les représentations.

Enfin, un préjugé majeur risque de fausser les représentations et de freiner le développement du métavers dans le monde de l'éducation. Les personnes interrogées ne perçoivent le métavers que comme un espace ludique dédié aux jeux. En effet, 21 % d'entre elles le jugent inutile. Ceci s'explique en partie par les origines mêmes du développement du métavers évoquées dans la première partie.

C'est pour lutter contre ces représentations que nous vous proposons ce guide, dans l'espoir de mieux apprécier le potentiel pédagogique de cet outil, encore en développement.

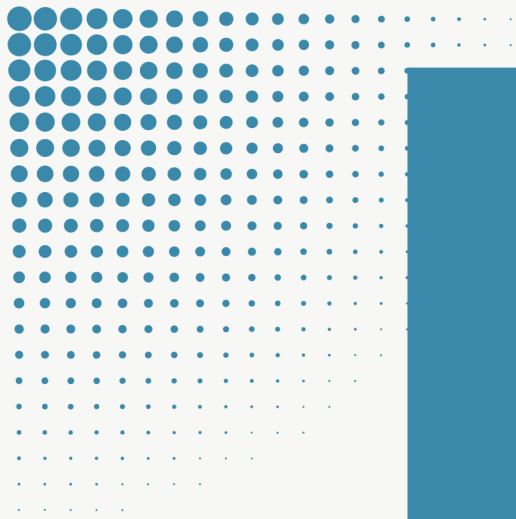


Idées fausses courantes

01

Les technologies immersives remplaceront les formateurs et les enseignants.

Certaines craintes liées à l'innovation technologique alimentent des fantasmes persistants dont se nourrit la science-fiction. La peur de l'inhumanité et des machines demeure un axe fondateur de la littérature de science-fiction. Ne nous méprenons pas : le métavers restera un outil, une vitrine, un réceptacle, tandis que l'enseignant raisonne en termes de progression selon le niveau de ses élèves. Le métavers ne pourra jamais remplacer la réflexion pédagogique fondée sur l'interaction avec les élèves. Ces derniers ont besoin de tisser une relation particulière avec leur enseignant. Cette dimension affective, critique et pédagogique ne peut être numérisée. Le métavers est une coquille vide ; il appartient à l'enseignant d'en définir le contenu.



Idées fausses courantes

02

Les technologies immersives rendent les gens malades ou leur causent un malaise.

La charte de recommandations pour la réalité virtuelle (2019) et le rapport 2021 de l'Agence nationale de sécurité sanitaire des aliments ont examiné les effets négatifs induits par la réalité virtuelle. Selon ces études, ces effets dépendent de trois facteurs qui ne sont pas uniquement liés au matériel.

Prédispositions physiologiques des utilisateurs :

- Le matériel utilisé, et notamment les appareils de génération précédente dont la fréquence d'affichage était inadaptée, était en cause. Les appareils de nouvelle génération ont corrigé ce problème.
- Nature et conception des expériences

Des essais menés par l'entreprise montrent que l'utilisation d'un casque de réalité virtuelle ne devrait pas dépasser 30 minutes (Clément Merville, École Polytechnique Executive Education, 2023).



Idées fausses courantes

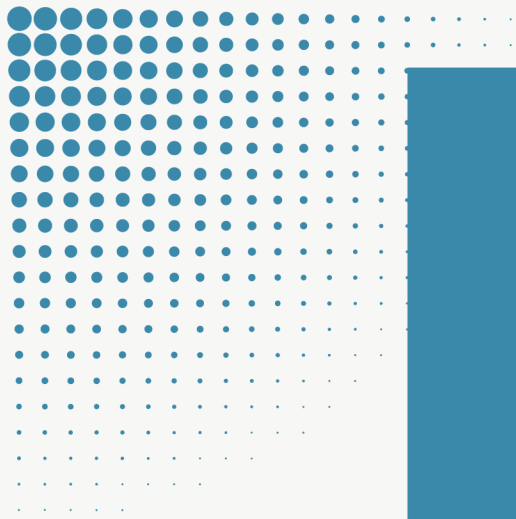
03

Les technologies immersives ne sont pas encore suffisamment développées.

De plus en plus d'entreprises et d'universités utilisent des technologies immersives dans des domaines aussi variés que le recrutement, les réunions et les apprentissages : sécurité en laboratoire à l'université, apprentissage des gestes techniques en médecine ou en entreprise pour garantir la sécurité des personnes impliquées.

Les jetons non fongibles (NFT) sont des actifs numériques uniques, échangés en cryptomonnaies via la blockchain. Un jeton non fongible est souvent présenté comme un titre de propriété, enregistré dans un registre numérique public et décentralisé. Le marché de l'art, mais aussi la vente de terrains, s'emparent des NFT. Ainsi, une fois que vous avez acquis une œuvre d'art sous forme de NFT, vous pouvez inviter d'autres personnes à la découvrir en réalité virtuelle. C'est un autre aspect des technologies immersives.

De nombreux domaines d'application des technologies immersives ont été identifiés : conférences et réunions en ligne, jeux vidéo mobiles et réseaux sociaux (Pokémon Go), achats en ligne, expériences culturelles, jumeaux numériques, pornographie, informatique omniprésente, formation et apprentissage, soins de santé, administration et services en ligne (Theshiftproject, 2023).



Idées fausses courantes

04

Les technologies immersives sont trop coûteuses en matière de gaz à effet de serre (GES).

La réduction du réchauffement climatique causé par la concentration croissante de gaz à effet de serre dans l'atmosphère est une priorité pour tous les pays. Concernant les technologies numériques, le 6e rapport du GIEC met en évidence leur rôle ambigu dans la réduction de notre empreinte carbone.

« Les technologies numériques ont un potentiel important pour contribuer à la décarbonation grâce à leur capacité à accroître l'efficacité énergétique et matérielle, à rendre les systèmes de transport et de construction moins gaspilleurs et à améliorer l'accès aux services pour les consommateurs et les citoyens. »

mais avec des preuves associées limitées :

« La numérisation de l'économie est souvent citée comme offrant de nouvelles possibilités d'atténuation, mais les connaissances et les preuves restent limitées – notamment en ce qui concerne la compréhension du rôle des applications intelligentes et du potentiel et de l'influence des technologies disruptives du côté de la demande et de l'offre sur les émissions de GES (gaz à effet de serre). »

Clément Merville (2023) estime qu'une conception de métavers basée sur le remplacement de certaines actions émettrices de GES contribuera à réduire l'empreinte carbone globale : « En fin de compte, ce métavers produit dix fois moins de gaz à effet de serre que les solutions de visioconférence classiques. La raison est simple : toutes les images nécessaires à la création des environnements du métavers sont calculées localement, directement sur l'ordinateur de l'utilisateur. La seule information transitant par le réseau – principal vecteur d'émissions de gaz à effet de serre – est ainsi minimisée. Cela conférerait à ce métavers émergent des caractéristiques différentes de celles de la publicité ou des NFT. » Pour Carole Davies-Filleur (2023), « il est essentiel de prendre en compte les conséquences de ces transformations numériques très tôt dans la production de ces nouveaux usages. Pour ce faire, il faut s'interroger sur l'équilibre environnemental, social et éthique de l'expérience utilisateur que l'on souhaite mettre en place, face à sa valeur rémunératrice et à sa rentabilité financière. »



Idées fausses courantes

05

Les technologies immersives sont réservées aux jeunes et aux joueurs de jeux vidéo.

Selon Raphaël Granier de Cassagnac (Titulaire de la Chaire Jeux Vidéo à l'École Polytechnique, 2023), le métavers existe depuis longtemps pour les joueurs. De nombreux jeux sont déjà multijoueurs et les jeux solo sont de plus en plus délaissés. Cependant, le métavers peut apporter une réelle valeur ajoutée dans le cadre de formations spécifiques et dangereuses, que ce soit pour l'expérimentateur (manipulation à risque dans une centrale nucléaire) ou pour le patient (intervention chirurgicale). La réalité virtuelle permet de s'entraîner autant de fois que nécessaire avant de réaliser l'action. Ainsi, nul besoin d'être un joueur ou un jeune pour utiliser le casque et les manettes et répéter les gestes requis. Pour qu'une activité en réalité virtuelle soit captivante, l'avatar doit être aussi réaliste que possible et les interactions fluides, contrairement à la réunion de recrutement de Carrefour en mai 2022, dont les graphismes rappelaient les jeux vidéo des années 80.



Idées fausses courantes

06

Il vous faut un casque RV- tout le monde n'en possède pas !

Le casque de réalité virtuelle est l'outil indispensable pour une expérience immersive réussie. C'est un équipement incontournable en classe. Hormis le casque Apple Vision Pro, qui coûte 4 000 euros, il est possible de se procurer un casque de qualité pour environ 400 euros. L'investissement est donc abordable, d'autant plus qu'il est inutile d'en acheter 35. Cinq casques suffisent amplement pour une classe.

Cependant, même si l'objectif des fabricants est de rendre compatibles tous les appareils connectés (ordinateur, tablette, smartphone) avec le casque de réalité virtuelle, force est de constater que leur nombre augmente considérablement, tant à l'école que dans la vie privée. La tablette n'a pas remplacé l'ordinateur, le smartphone n'a pas remplacé la tablette... La fabrication de ces appareils requiert des métaux rares et leur consommation d'énergie grise est non négligeable. Le développement massif des casques de réalité virtuelle pose donc un véritable problème environnemental et énergétique.

Quelle plus-value pour les apprentissages ?

Rappelez-vous que dans l'introduction de ce chapitre, nous avons tenté de définir ce que pourrait être le métavers. L'immersion et l'interaction nous semblaient deux critères pertinents. Dans le domaine de l'éducation, l'immersion et l'interaction sont des outils qui peuvent enrichir nos pratiques pédagogiques. Quelles sont les conditions d'un apprentissage réussi ?

Définis empiriquement par les pédagogues depuis le XIXe siècle, puis validés par les neurosciences, les 4 piliers de l'apprentissage sont : l'attention, l'engagement actif, le feedback et la consolidation.

Attention et concentration

L'attention est la capacité d'un apprenant à la concentrer sur la tâche en cours, en limitant les distractions inutiles. L'apprenant doit donc apprendre à sélectionner ces distractions et à ne pas se laisser envahir par elles (pensées, mouvements dans la cour et en classe, etc.) qui pourraient nuire à sa concentration (voir J.-L. Lachaux, 2018).

L'expérience immersive peut donc être un outil pour renforcer l'attention des apprenants durant leur apprentissage. En effet, le port d'un casque de réalité virtuelle plonge l'utilisateur dans un univers à part entière qui se substitue au monde réel. Ce dernier disparaît, ainsi que toutes ses distractions. Il est ainsi plus facile pour les apprenants de se détacher des stimuli externes susceptibles de perturber leur attention.

Des études scientifiques cherchent à évaluer l'impact des technologies immersives sur la concentration des apprenants. Une étude menée auprès d'élèves du primaire à Taïwan montre un impact positif de l'utilisation de la réalité virtuelle sur leur concentration, comparativement à l'utilisation d'ordinateurs. (Guide Apprentissage immersif, p. 35)

L'apprentissage immersif constitue donc une nouvelle possibilité pour diversifier les situations d'apprentissage et ainsi faciliter l'attention des étudiants.

Engagement actif

Le résumé du livre de Roediger « Make it stick : the science of successful learning (2014) » illustre l'importance de l'engagement actif dans l'apprentissage :

Chapitre 2, p. 45 : Pour apprendre, cherchez encore ! Chapitre 4 : Faire face aux difficultés. Il est plus efficace de mémoriser ce que l'on dit ou ce que l'on fait que ce que l'on lit ou entend. La clé réside dans l'implication de l'élève. Plus il pose de questions, reformule et cherche des réponses, plus son apprentissage est efficace.

Quelle plus-value pour les apprentissages ?

La réalité virtuelle plonge nécessairement les étudiants dans un nouvel univers où ils doivent explorer, tester et expérimenter. La ludification peut constituer une approche très intéressante pour concevoir des scénarios pédagogiques qui incitent les étudiants à s'impliquer. L'apprentissage à distance pourrait ainsi être enrichi par l'immersion et l'interaction. L'immersion permettrait d'apprendre de manière ludique, selon un modèle narratif et scénarisé.

À l'instar des jeux vidéo et de leurs niveaux, on pourrait imaginer des scénarios d'apprentissage partant du principe que les élèves ayant validé une première expérience peuvent atteindre un niveau d'apprentissage supérieur. La progression pédagogique de l'enseignant pourrait alors servir de guide pour permettre une expérience pédagogique immersive et approfondie de ce niveau supérieur.

L'immersion pourrait permettre d'apprendre d'une manière qui sollicite les sens de l'apprenant. Les expériences impliquant la manipulation ou la mobilisation du corps favorisent un apprentissage bien plus efficace, car elles placent l'apprenant dans un état de cognition incarnée. En résumé : la mobilisation du corps permet au cerveau d'enregistrer non seulement les connaissances en question, mais aussi une trace de la stimulation physique vécue.

Concernant la cognition incarnée, Remy Versace, professeur de psychologie cognitive à l'Université Lyon 2, estime que « même si la cognition incarnée reste encore largement méconnue dans le domaine de l'éducation, de plus en plus d'enseignants utilisent des méthodes qui appliquent ses principes, parfois sans même en avoir conscience. C'est notamment le cas en mathématiques : pour apprendre des notions abstraites, il est utile de les relier à des expériences sensorielles, des gestes ou des représentations spatiales... Ainsi, les règles mémorisées proviennent des expériences sensorielles et motrices de l'élève. Et c'est précisément ce que permet l'apprentissage immersif : créer des expériences sensorielles, ludiques et stimulantes au service d'objectifs pédagogiques et d'un processus d'apprentissage donné. »

Le métavers, quant à lui, réduit les obstacles et les distances géographiques, voire économiques, pour les personnes impliquées dans l'école.

Elle facilite le rassemblement d'apprenants et de formateurs du monde entier dans un même espace partagé, ce qui peut améliorer la transmission des connaissances et les capacités d'apprentissage par rapport aux solutions de visioconférence. Dans le cadre d'une pédagogie par projets, enseignants et étudiants peuvent créer des contenus pédagogiques interactifs pour stimuler l'innovation et impliquer davantage les apprenants dans leur apprentissage.

Quelle plus-value pour les apprentissages ?

La collecte de bases de données textuelles et audiovisuelles dans les bibliothèques virtuelles pourrait être organisée thématiquement et, surtout, devenir collaborative.

Le métavers pourrait permettre de concevoir d'autres procédures d'évaluation en temps réel, facilitant ainsi le travail des enseignants et réduisant le temps consacré à la correction des copies, qui pourrait alors être investi dans le développement des contenus.

Des écoles situées dans des zones reculées ou défavorisées pour simuler des infrastructures ou des expériences coûteuses.

Feed-back

Dans le processus d'apprentissage, les erreurs sont normales et souvent inévitables. Il ne faut pas les sanctionner, afin d'éviter tout effet inhibiteur, mais les signaler à l'apprenant pour qu'il puisse les surmonter et consolider ses connaissances.

En réalité virtuelle, l'avatar remplace le personnage de l'apprenant, ce qui permet de le désinhiber et de servir d'écran pour dédramatiser l'erreur : ce n'est plus l'apprenant qui commet l'erreur, mais son avatar.

Les commentaires reçus par les élèves lorsqu'ils font une erreur ne sont pas perçus comme un échec, puisqu'ils peuvent réessayer autant de fois qu'ils le souhaitent. Les autres élèves peuvent également suivre leur camarade à l'écran et lui donner des conseils, comme dans un jeu de règles (Zelda, Pokémon, Final Fantasy). Un enseignement plus personnalisé permettrait de mettre en œuvre une pédagogie véritablement différenciée au sein d'une classe. Le métavers pourrait faciliter la collaboration entre élèves et enseignants.

Les retours d'information peuvent également provenir d'autres individus au sein du métavers éducatif.

Consolidation

La consolidation ancre l'apprentissage dans le cerveau. Elle consiste à répéter régulièrement une tâche afin d'en « imprimer » les connaissances à long terme et de l'automatiser. Cette automatisation est cruciale, car elle libère le cerveau pour des tâches plus complexes. Cependant, la répétition d'une tâche peut donner l'illusion de la maîtrise. Il est donc essentiel que les expériences de réalité virtuelle soient conçues non pas pour présenter des situations identiques que l'apprenant peut répéter, mais pour varier les paramètres et les conditions des situations proposées. Enfin, l'accès à un large éventail d'exercices de formation permet à l'apprenant de pratiquer et d'acquérir des automatismes. Cette expérience immersive peut renforcer les processus de mémorisation et ainsi consolider les nouvelles connaissances.

Plusieurs facteurs influencent également l'ancrage de la mémoire, facteurs sur lesquels il est possible d'agir lors de la conception d'expériences immersives :

+ Pertinence de l'information (qualité et clarté pédagogiques, fluidité de l'expérience, ergonomie, jouabilité¹⁸...) + Interactivité + Stimuli sensoriels + Émotions + Déjà-vu (similitude contextuelle)



Chapitre 7

*Discussion sur les avantages
et les défis de l'utilisation de
la technologie du métavers
dans l'enseignement des
STEM*

Introduction



Dans ce chapitre, nous aborderons de manière générale les avantages de l'application de la méthodologie STEM dans l'enseignement, ainsi que les principaux défis rencontrés par les enseignants et les élèves lorsqu'ils travaillent avec cette méthodologie.

Pour ce faire, nous commencerons par un bref aperçu de l'histoire du développement de la méthodologie STEM depuis ses débuts, puis nous donnerons une description générale de ce qu'elle est et de la manière dont elle est appliquée en classe.

Nous aborderons plus tard les avantages que cette méthodologie apporte à l'éducation du XXI^e siècle, dans laquelle la demande de nouvelles méthodologies répondant aux exigences et aux besoins des élèves croît de jour en jour.

Cependant, comme pour toute réforme de l'éducation, des difficultés restent à surmonter, notamment la formation insuffisante des enseignants aux nouvelles méthodologies et le manque de ressources humaines et financières dans de nombreux établissements. C'est pourquoi nous consacrerons la dernière partie de ce chapitre à l'examen des principaux défis liés à la mise en œuvre de la méthodologie STEM.

Introduction à la méthodologie STEM

La méthodologie STEM (Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques) est apparue comme une approche éducative innovante qui cherche à intégrer ces disciplines pour promouvoir un apprentissage plus holistique et appliqué.

Dans le contexte de l'enseignement secondaire en Espagne, destiné aux élèves âgés de 12 à 16 ans, il a été démontré que la mise en œuvre de la méthodologie STEM a des impacts significatifs sur le développement et les compétences scolaires des élèves.

Qu'est-ce que la méthodologie STEM ?

La méthodologie STEM désigne une approche pédagogique qui intègre les disciplines des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques. Le terme « STEM » a été créé pour souligner l'importance de l'interdépendance de ces quatre domaines dans l'éducation et la résolution de problèmes concrets.

Les activités et projets fondés sur la méthodologie STEM visent à développer l'esprit critique, la résolution de problèmes, la créativité et la collaboration chez les élèves. Cette approche a pour objectif de les préparer aux carrières et aux défis du XXI^e siècle, où les compétences en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques sont de plus en plus importantes.

Grâce à des projets pratiques, des expériences et des activités interdisciplinaires, les élèves peuvent appliquer de manière intégrée les concepts appris dans ces domaines. La méthodologie STEM souligne également l'importance de susciter l'intérêt des élèves pour ces disciplines dès leur plus jeune âge, afin de favoriser le développement de compétences qui leur seront précieuses pour leurs études et leur future carrière.

La méthodologie STEM va au-delà de l'enseignement traditionnel en intégrant ces quatre domaines clés dans des projets et des activités interdisciplinaires. Les élèves acquièrent non seulement des connaissances théoriques, mais appliquent également ces concepts à des situations concrètes, ce qui favorise la pensée critique, la résolution de problèmes et la créativité.

Bref historique des STEM

La méthodologie STEM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) trouve son origine dans le souci d'améliorer l'enseignement de ces disciplines afin de préparer les élèves aux défis du XXI^e siècle. Bien qu'elle n'ait pas d'origine unique clairement définie, son développement peut être retracé à travers diverses tendances et évolutions éducatives au fil du temps.

Les origines de l'enseignement des sciences

Au début du XX^e siècle, l'attention s'est portée sur l'amélioration de l'enseignement des sciences et des mathématiques en réponse aux exigences changeantes de la société industrielle.

Durant la guerre froide des années 1950, la compétition technologique entre les États-Unis et l'Union soviétique a conduit à un investissement accru dans l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) afin de stimuler l'innovation et le développement technologique.

Bien que l'intégration des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques se soit faite naturellement dans diverses initiatives éducatives, le terme « STEM » s'est popularisé dans les années 1990.

Elle a d'abord été utilisée dans les rapports gouvernementaux et les documents de politique éducative pour plaider en faveur d'une plus grande intégration et d'une plus grande importance accordée à ces disciplines.

Rapport « Surmonter la tempête qui se prépare »

En 2005, le rapport « Rising Above the Gathering Storm » du Conseil national de la recherche des États-Unis soulignait la nécessité d'améliorer l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) afin de maintenir la compétitivité mondiale.

Le rapport recommandait des mesures spécifiques, notamment l'amélioration de la formation des enseignants et l'encouragement de l'innovation dans ces domaines.

À mesure que la prise de conscience de l'importance des STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) s'est accrue, de nombreuses initiatives ont vu le jour aux niveaux mondial, national et local pour promouvoir l'enseignement des STIM.

Des programmes éducatifs, des concours, des événements et des ressources ont été développés pour impliquer les élèves dans des expériences pratiques et stimulantes en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques.

Approche interdisciplinaire et projets pratiques

La méthodologie STEM met l'accent sur l'interconnexion entre les disciplines et promeut une approche interdisciplinaire.

Les élèves sont encouragés à participer à des projets et activités pratiques qui intègrent les concepts des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques pour résoudre des problèmes concrets.



Impact sur l'éducation aujourd'hui

Aujourd'hui, la méthodologie STEM a influencé la révision des programmes d'enseignement et des approches pédagogiques dans le monde entier.

Des écoles spécialisées en STIM ont été créées, et de nombreux programmes éducatifs cherchent à intégrer les pratiques STIM à tous les niveaux d'enseignement, du primaire au supérieur.

En résumé, la méthodologie STEM a évolué pour répondre aux besoins changeants de l'éducation et de l'économie, et son développement a été impulsé par la collaboration entre les gouvernements, les établissements d'enseignement, l'industrie et la société dans son ensemble. L'interconnexion des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques dans l'enseignement STEM vise à doter les élèves des compétences nécessaires pour relever les défis de demain.

Références clés pour la méthodologie STEM :



Fondation nationale des sciences

La NSF a joué un rôle clé dans la promotion des STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques). Son rapport « Une nation en péril » (1983) a souligné l'importance d'améliorer l'enseignement des sciences et des mathématiques, jetant ainsi les bases de l'approche STEM.



Dr. Seymour Papert

Seymour Papert, éminent pédagogue et théoricien de l'intelligence artificielle, a influencé l'idée d'une éducation centrée sur l'élève et d'un apprentissage par la pratique, principes fondamentaux des disciplines STEM.



Professeure Mae Jemison

En tant qu'astronaute et fervente défenseuse de l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM), Mae Jemison a œuvré pour l'intégration de ces disciplines afin d'inspirer et de donner les moyens d'agir à la prochaine génération de scientifiques et de technologues.

Avantages de la mise en œuvre de la méthodologie STEM en classe

L'enseignement des STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) présente au moins les caractéristiques suivantes :

- Intégration des matières STEM (au moins deux).

Les problèmes et les leçons doivent être ancrés dans le monde réel.

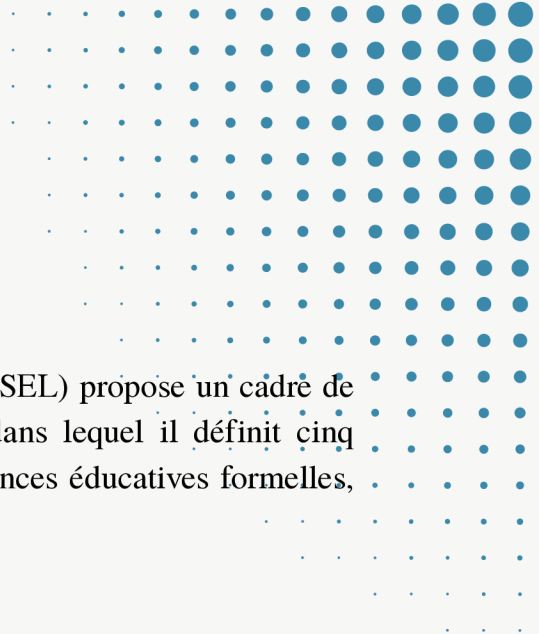
Les disciplines sont liées par des idées (issues de chaque discipline, qui sont transférables, des idées interdisciplinaires et des idées englobantes).

- Pour être efficace, l'enseignement des STIM repose sur une solide médiation de l'apprentissage à travers les matières qui le composent.

Cela ne signifie en aucun cas que le programme scolaire doive toujours progresser de manière intégrée. Nombreux sont ceux qui mettent en garde contre le risque de perdre des notions et des concepts fondamentaux pour un solide cursus STEM. Puisqu'il s'agit d'un processus intégratif, d'autres disciplines comme les langues, les arts, les sciences sociales et de la consommation peuvent être intégrées pour contextualiser les problématiques et enrichir l'expérience d'apprentissage.

Lorsqu'elle est menée efficacement, l'éducation STEM favorise le développement de compétences transversales, notamment : la pensée critique, la résolution de problèmes, la créativité, la communication, la collaboration, la maîtrise des données, la maîtrise du numérique et la pensée informatique.

Plusieurs organisations internationales ont souligné l'importance de privilégier le développement de certaines compétences essentielles à la participation aux sociétés du XXI^e siècle. Les disciplines STEM contribuent à cet objectif. De plus, un enseignement STEM de qualité intègre délibérément les compétences socio-émotionnelles, auxquelles il est particulièrement adapté. Il fournit notamment des outils pour construire une identité saine, gérer ses émotions et atteindre des objectifs personnels et collectifs, faire preuve d'empathie, établir et entretenir des relations de soutien, et prendre des décisions responsables. Il ne s'agit pas ici de prétendre que l'enseignement STEM complète ou intègre exhaustivement les compétences socio-émotionnelles ; il s'agit simplement d'un enseignement qui se prête bien à l'intégration de certaines d'entre elles.



Le Collaborative for Academic, Social and Emotional Learning (CASEL) propose un cadre de compétences en matière d'apprentissage socio-émotionnel (ASE) dans lequel il définit cinq dimensions de compétences à acquérir grâce à une variété d'expériences éducatives formelles, non formelles et informelles :

- Conscience de soi
- Autogestion
- conscience sociale
- compétences relationnelles
- Prise de décision responsable

Ce cadre favorise l'équité et contribue à l'acquisition des connaissances grâce à des partenariats authentiques entre l'école, la famille et la communauté, en renforçant les capacités de la communauté scolaire à faire face à diverses formes d'inégalité et à donner aux enfants, aux jeunes et aux adultes les moyens de co-créeer des environnements stimulants dans leurs écoles qui, à leur tour, favorisent la construction de communautés sûres, saines et justes.

Contribution au développement durable

Le développement durable est défini comme un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Il doit être viable sur les plans social, économique, écologique, spatial et culturel. Pour y parvenir, il est nécessaire de déployer des efforts concertés afin de bâtir un avenir inclusif, durable et résilient pour tous et pour la planète, et d'harmoniser croissance économique, inclusion sociale et protection de l'environnement, trois éléments interdépendants et essentiels au bien-être des populations et des sociétés.

Dans le cadre d'un développement culturellement durable, nous insistons sur l'importance d'impliquer les différents acteurs sociaux d'une communauté en tant qu'agents du changement. Ces acteurs s'engagent dans des actions pertinentes pour leur environnement et leur culture, actions qui émanent d'eux et qui sont transcendantes car elles font partie intégrante de leur identité. Il est important de souligner la nécessité d'intégrer les principes suivants dans les disciplines STEM :

- Satisfaction des besoins fondamentaux.

Solidarité avec les générations futures.

Participation de la population concernée.

Préservation des ressources naturelles et de l'environnement en général.

Création d'un système social garantissant l'emploi, la sécurité sociale et le respect des autres cultures.

Des programmes éducatifs qui sensibilisent et développent la conscience de la nécessité de préserver et de préserver la vie sur la planète.

Contribution à l'inclusion et à l'équité

Cela implique la mise en place d'actions et de pratiques de soin et de service à la société qui prennent en compte la valeur de la diversité humaine et soutiennent un sentiment d'identité fondé sur l'intégration au sein du groupe social auquel chacun appartient. Par conséquent, chaque être humain, quelles que soient sa condition physique, ethnique ou sociale, possède un grand potentiel de contribution à la société et mérite le respect.

L'ODD 4, qui vise à promouvoir l'éducation inclusive, concerne tous les enfants, les jeunes et les adultes. La Convention relative aux droits des personnes handicapées de 2006 garantit le droit à une éducation inclusive « sans discrimination et sur la base de l'égalité des chances, à tous les niveaux du système éducatif, ainsi qu'à l'apprentissage tout au long de la vie ». Selon l'UNESCO (2009), l'éducation inclusive a une portée plus large : elle est considérée comme un processus qui prend en compte la diversité des besoins de tous les enfants, les jeunes et les adultes, dans le but de supprimer les obstacles qui les empêchent d'exercer leur droit à l'éducation et de réduire les inégalités sociales qui se sont creusées avec la mondialisation. L'éducation inclusive implique d'explorer de nouvelles stratégies et méthodes pédagogiques pour répondre aux besoins éducatifs de tous les apprenants, sans exception.

En matière d'équité, dans le domaine de l'éducation, cela signifie rendre effectif pour tous le droit fondamental à l'éducation, notamment en termes :

- a) d'accès.
- b) de ressources et qualité des processus éducatifs.
- c) de réussite scolaire. Ce droit est respecté en s'attaquant systématiquement aux mesures nécessaires pour compenser les effets négatifs des circonstances qui ont déterminé l'inégalité sociale structurelle et qui privilégient une minorité au détriment de la participation de la majorité aux avantages sociaux.

Contribution à la citoyenneté active

S'engager à collaborer avec autrui pour relever les défis communs et saisir les opportunités qui s'offrent à lui est essentiel pour transformer les circonstances qui entravent l'émergence d'une société plus juste. Cela implique de promouvoir la formation de personnes qui, au-delà de la simple consommation de biens et de services visant leur seul bien-être individuel, transforment leur environnement au profit de toutes les formes de vie sur la planète. La pleine citoyenneté suppose nécessairement de posséder les valeurs fondamentales, les compétences et le sens des responsabilités sociales permettant de participer activement aux changements requis par les sociétés du XXI^e siècle. Pour garantir la formation à ces attributs, il est indispensable de lever les barrières de l'inégalité qui compromettent cette possibilité.

L'importance des STEM

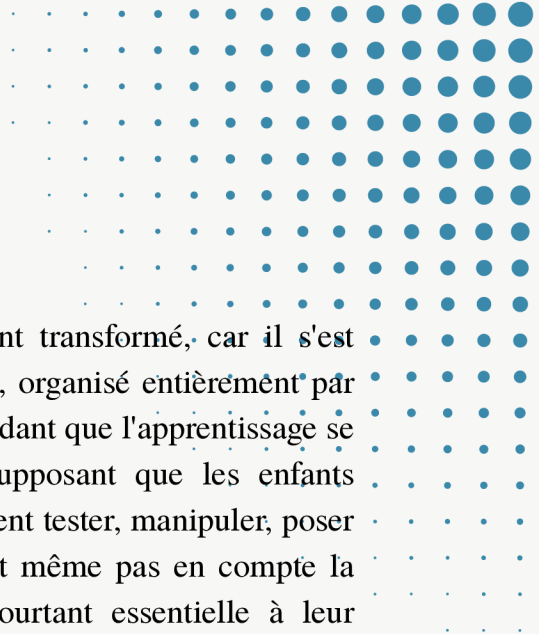
Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) est d'une importance capitale, voire urgent, au XXI^e siècle. La pensée et la compréhension scientifiques sont essentielles pour appréhender le monde et la société actuels. Nous devons les pratiquer quotidiennement, car elles constituent des composantes essentielles du bon fonctionnement d'une société démocratique. De plus, les sciences sont cruciales pour former une main-d'œuvre future capable de répondre aux exigences de notre époque.

Le Forum économique mondial met en garde contre les risques mondiaux à court, moyen et long terme, tels que les phénomènes météorologiques extrêmes, les défaillances de la cybersécurité, les inégalités d'accès à Internet, la perte de biodiversité, l'effondrement des infrastructures technologiques et informationnelles, le déni de la science, certains menaçant même le bien-être de millions de personnes et la survie de l'humanité. Il s'agit de risques et de défis extrêmement complexes et multicausaux qui exigeront des solutions transdisciplinaires, ainsi qu'un large consensus, une collaboration étroite, une action concertée à différents niveaux de la vie sociale et éducative mexicaine et, sans aucun doute, une capacité d'analyse et d'action systémique.

Dans le rapport Brundtland, publié en 1984 et intitulé « Notre avenir à tous », les mots clés les plus importants sont sans doute avenir, prospérité, justice et sécurité. Par ailleurs, 38 ans après sa publication, le rapport récemment publié du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) nous apprend que les changements climatiques récents sont généralisés, rapides, s'intensifient et sont sans précédent depuis des millénaires ; qu'à moins d'une réduction immédiate, rapide et massive des émissions de gaz à effet de serre, il sera impossible de limiter le réchauffement à 1,5 °C ; que le changement climatique affecte déjà toutes les régions du globe de multiples façons ; que les changements que nous subissons s'accroîtront avec la poursuite du réchauffement.

Il est clair que nous avons besoin d'innovation pour relever les défis actuels et futurs ; nous avons besoin de mathématiques humanisées pour les solutions technologiques ; nous avons besoin d'économistes qui comprennent les services inestimables que rend la nature, de démographes qui souhaitent participer à la mise en œuvre de mesures d'adaptation au changement climatique ; et, surtout, nous avons besoin de collaborer avec des réseaux de personnes impliquées dans l'éducation, la mise en œuvre, les politiques publiques, la science et la technologie, car c'est ainsi que certains des plus grands défis de l'humanité ont été relevés.

En tant que génération, les filles et les garçons actuellement scolarisés en maternelle et en primaire devront faire face et, dans le meilleur des cas, agir pour réduire les impacts négatifs des plus grands défis mondiaux, tels que la crise de la biodiversité, la disparition des espèces, les problèmes liés au changement climatique, la sécurité alimentaire ou l'acidification des mers.



Tout ceci suggère que le paradigme éducatif doit être radicalement transformé, car il s'est toujours déroulé entre quatre murs, sans lien avec le monde naturel, organisé entièrement par des disciplines séparées qui ne convergent jamais ou rarement, prétendant que l'apprentissage se fait hors contexte, privilégiant un apprentissage individualiste, supposant que les enfants apprennent parce qu'on leur explique et leur montre, sans qu'ils puissent tester, manipuler, poser des questions pertinentes ni vérifier leurs hypothèses, et ne prenant même pas en compte la réalité des élèves ni leur capacité d'agir pour le changement, pourtant essentielle à leur épanouissement en tant que citoyens à part entière.

Sans perdre de vue le moyen et le long terme, face aux défis considérables posés par le changement climatique, qui se font chaque jour plus concrets, la COVID-19 est apparue comme un facteur de perturbation majeur, privant des millions d'enfants d'école et de compétences essentielles à leur stade de développement. L'inégalité et l'exclusion deviennent insupportables, et il est impératif de reconnaître que l'éducation doit, aujourd'hui plus que jamais, remplir pleinement son rôle. Pour reprendre les mots du penseur Alfonso Gramsci : « Le retard de l'école s'explique par son inadéquation à la vie ». Sa pensée s'oppose au savoir encyclopédique, aujourd'hui celui de « l'encyclopédie numérique », perçu comme l'acquisition de notions isolées.

Difficultés et défis liés à la mise en œuvre de la méthodologie STEM

Ces dernières années, l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) a pris une importance croissante afin de préparer les élèves aux exigences du marché du travail du XXI^e siècle. La méthodologie STEM intègre ces disciplines dans une approche d'apprentissage cohérente, favorisant la pensée critique, la résolution de problèmes et l'innovation. Cependant, malgré ses avantages potentiels, la mise en œuvre de la méthodologie STEM dans le contexte éducatif n'est pas sans difficultés. Voici quelques-uns des principaux obstacles auxquels les enseignants et les établissements scolaires sont confrontés lorsqu'ils intègrent les STEM à leurs programmes.

Manque de préparation des enseignants

L'un des principaux obstacles à la mise en œuvre de la méthodologie STEM réside dans la préparation insuffisante des enseignants. Selon des études récentes (Smith & Johnson, 2020 ; Brown et al., 2021), nombre d'entre eux se sentent mal préparés pour enseigner efficacement les disciplines STEM. Ce manque de préparation découle d'une formation initiale et continue inadéquate. Pour remédier à ce problème, les établissements d'enseignement doivent investir dans des programmes de formation complets qui dotent les enseignants des compétences et des connaissances nécessaires à la réussite de l'enseignement des disciplines STEM.

Ressources et infrastructures insuffisantes

Un autre obstacle majeur réside dans le manque de ressources et d'infrastructures nécessaires à la mise en œuvre efficace des disciplines STEM. Les activités STEM requièrent souvent des équipements spécialisés, des technologies et des laboratoires auxquels de nombreux établissements scolaires n'ont pas accès en raison de contraintes budgétaires (Jones & Smith, 2019). Ce manque de ressources affecte de manière disproportionnée les écoles sous-financées, contribuant ainsi aux inégalités scolaires. Les décideurs politiques et les directions d'établissement doivent impérativement allouer des ressources afin de garantir à tous les élèves, quel que soit leur milieu socio-économique, un accès égal à un enseignement STEM de qualité.

Défis liés à l'intégration des programmes d'études

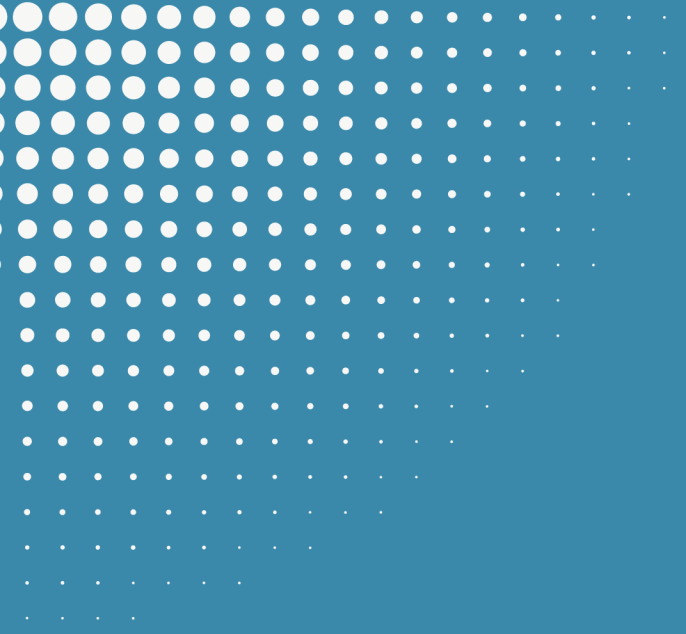
L'intégration des disciplines STEM aux programmes scolaires existants présente des défis spécifiques. Les structures éducatives traditionnelles peinent souvent à intégrer la nature interdisciplinaire des STEM. Il peut en résulter un enseignement fragmenté qui ne parvient pas à transmettre l'interconnexion entre les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques (Bybee, 2018). Une intégration réussie exige une approche globale qui aligne les STEM sur des objectifs éducatifs plus larges, favorisant ainsi un lien harmonieux entre les concepts STEM et leurs applications concrètes.



Résistance au changement

La résistance au changement constitue un obstacle omniprésent dans le milieu éducatif, et la mise en œuvre de la méthodologie STEM ne fait pas exception. Les enseignants, les parents et même les élèves peuvent se montrer réticents face à l'abandon des méthodes d'enseignement traditionnelles (Henderson & Dancy, 2018). Pour surmonter cette résistance, il est essentiel de communiquer efficacement sur les avantages de l'enseignement STEM, en démontrant sa pertinence pour préparer les élèves aux perspectives de carrière et aux enjeux sociétaux de demain.

En conclusion, la mise en œuvre de la méthodologie STEM dans l'éducation est un processus complexe et semé d'embûches. La prise en compte de facteurs tels que la préparation des enseignants, l'allocation des ressources, l'intégration aux programmes et la résistance au changement est essentielle à la réussite de l'adoption de l'enseignement STEM. Les décideurs politiques, les éducateurs et les parties prenantes doivent collaborer pour créer un environnement favorable à l'apprentissage des STEM. Ce faisant, nous pouvons garantir que les élèves acquièrent les compétences et les connaissances nécessaires pour s'épanouir dans un monde de plus en plus technologique et interconnecté.



Bibliographie

Chapitre 1

- De Back, T. T., Tinga, A. M., et Louwerse, M. M. (2021). Apprentissage dans des environnements virtuels collaboratifs immersifs : conception et mise en œuvre. *Environnements d'apprentissage interactifs*, 1-19.
- Meccawy, M. (2022). Créer une expérience d'apprentissage XR immersive : une feuille de route pour les éducateurs. *Electronics*, 11(21), 3547.
- Coleman, K., & Derry, B. (2023). La réalité virtuelle dans la classe d'anglais à des fins académiques : créer des expériences immersives, interactives et accessibles pour les étudiants internationaux. *Language Teaching*, 56(1), 157-160.
- Das, A. (3 mai 2023). Comment créer des expériences d'apprentissage immersives pour vos apprenants. *eLearning Industry*. <https://elearningindustry.com/how-to-create-immersivelearning-experiences-for-your-learners>
- Wagner, C., & Liu, L. (2021). Créer des expériences d'apprentissage immersives : une perspective de conception pédagogique. *Apprentissage créatif et collaboratif par l'immersion : perspectives interdisciplinaires et internationales*, 71.
- Kuhail, M. A., ElSayary, A., Farooq, S., et Alghamdi, A. (2022, septembre). Exploration des expériences d'apprentissage immersives : une enquête. Dans *Informatics* (Vol. 9, n° 4, p. 75). MDPI.
- Fonseca, D., Martí, N., Redondo, E., Navarro, I., et Sánchez, A. (2014). Relation entre le profil de l'étudiant, l'utilisation d'outils, la participation et la performance académique avec l'utilisation de la technologie de réalité augmentée pour les modèles d'architecture visualisés. *Computers in human behavior*, 31, 434-445.
- Salvetti, F., & Bertagni, B. (2017). Repenser l'enseignement et la formation STEM avec e-REAL. Visualisation 3D et holographique, apprentissage immersif et interactif pour une classe inversée efficace. *Int. J. Adv. Corp. Learn.*, 10(2), 63-74.
- Gardner, M. R., & Elliott, J. B. (2014). Le laboratoire d'éducation immersive : comprendre les affordances, structurer les expériences et créer des processus constructivistes et collaboratifs dans des environnements intelligents de réalité mixte. *EAI Endorsed Transactions on Future Intelligent Educational Environments*, 1(1).
- « Les quatre étapes de l'apprentissage selon Kolb - Centre de technologie et de formation pédagogiques - Université de Floride ». Centre de technologie et de formation pédagogiques - Université de Floride, <https://citt.ufl.edu/resources/the-learning-process/types-of-learners/kolbs-fourstages-of-learning/>. Consulté le 6 décembre 2023.
- MasterSoft. (s.d.). Qu'est-ce que l'apprentissage collaboratif ? Avantages et stratégie de l'apprentissage collaboratif. Logiciel ERP pour l'éducation, destiné aux établissements scolaires et d'enseignement supérieur | Solution ERP MasterSoft. Consulté le 7 décembre 2023 sur <https://www.iitms.co.in/blog/what-is-collaborative-learning.html>
- Cakir, M. (2008). Approches constructivistes de l'apprentissage des sciences et leurs implications pour la pédagogie des sciences : une revue de la littérature. *International journal of environmental and science education*, 3(4), 193-206.
- Constructivisme - Bureau des programmes d'études, de l'évaluation et de la transformation de l'enseignement - Université de Buffalo. (4 avril 2023). [https://www.buffalo.edu/catt/develop/theory/constructivism.html#:~:text=Constructivism%20is%20the%20theory%20that,%2Dexisting%20knowledge%20\(schemas\)](https://www.buffalo.edu/catt/develop/theory/constructivism.html#:~:text=Constructivism%20is%20the%20theory%20that,%2Dexisting%20knowledge%20(schemas)).

• Lien utile :

Pour mieux comprendre l'apprentissage collaboratif : <https://www.structurallearning.com/post/collaborative-learning>

Chapitre 2

- Tomlinson, C. A. (2017). Comment différencier l'enseignement dans les classes académiquement diverses. ASCD.
- Gardner, H. (2006). Les intelligences multiples : de nouveaux horizons. Basic Books
- Association pour la supervision et le développement des programmes d'études (ASCD): (s.d.). Enseignement différencié. <https://www.ascd.org/topics/differentiated-instruction>
- Réalité virtuelle (RV) / (AR) et autres. <https://en.wikipedia.org/>

Liens utiles :

- **Société internationale pour la technologie dans l'éducation (ISTE) – <https://iste.org/>**
- **Journal of STEM Education (J-STEM) – <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM>**
- **Association nationale des professeurs de sciences (NSTA) – <https://www.nsta.org>**
- **Edutopia – <https://www.edutopia.org/>**
- **Journal of Educational Technology Systems (JETS) – <https://www.j-ets.net/>**

Chapitre 3

- C., & Liu, L. (2021). Créer des expériences d'apprentissage immersives : une perspective de conception pédagogique. Dans *Apprentissage créatif et collaboratif par l'immersion : perspectives interdisciplinaires et internationales* (p. 71-87). Cham : Springer International Publishing.
- Coleman, K., & Derry, B. (2023). La réalité virtuelle dans la classe d'anglais à des fins académiques : créer des expériences immersives, interactives et accessibles pour les étudiants internationaux. *Language Teaching*, 56(1), 157-160.
- Das, A. (3 mai 2023). Comment créer des expériences d'apprentissage immersives pour vos apprenants. *eLearning Industry*. <https://elearningindustry.com/how-to-create-immersive-learning-experiences-for-your-learners>
- Lemmer, S. (2022, 28 avril). XR, AR, VR, MR — quelle est la différence ? HYVE. [https://www.hyve.net/en/blog/all-about-virtualreality/#:~:text=Extended%20Reality%20\(XR\)%20refers%20to,the%20interpolated%20areas%20between%20them](https://www.hyve.net/en/blog/all-about-virtualreality/#:~:text=Extended%20Reality%20(XR)%20refers%20to,the%20interpolated%20areas%20between%20them).
- RA, RV, RM et XR : définition et impact sur nos vies. (s.d.). <https://www.qualcomm.com/news/onq/2022/09/ar--vr--mr--and-xr--what-they-mean-andhow-they-ll-transform-li>
- Zhang, C., Perkis, A. et Arndt, S. (mai 2017). Immersion spatiale versus immersion émotionnelle : laquelle est la plus immersive ? Dans : 9e Conférence internationale sur la qualité de l'expérience multimédia (QoMEX) 2017 (p. 1-6). IEEE. [https://en.wikipedia.org/wiki/Immersion_\(virtual_reality\)#:~:text=Tactical%20immersion%3A%20Tactical%20immersion%20is,is%20associated%20with%20mental%20challenge](https://en.wikipedia.org/wiki/Immersion_(virtual_reality)#:~:text=Tactical%20immersion%3A%20Tactical%20immersion%20is,is%20associated%20with%20mental%20challenge).
- Yildirim, B., Topalcengiz, E. S., ARIKAN, G., & Timur, S. (2020). Utiliser la réalité virtuelle en classe : réflexions d'enseignants de STEM sur l'utilisation des outils d'enseignement et d'apprentissage. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 6(3), 231-245.

Chapitre 4

- Cai S, Jiao X, Song B. Ouvrir une autre porte à l'éducation : applications, défis et perspectives du métavers éducatif. *Metaverse* 2022, 3(1) : 12 pages
- Chen Y, Chen Y, Lin W, Zheng Y, Xue T, Chen et Chen G. Application de stratégies d'apprentissage actif dans le métavers pour améliorer l'engagement des étudiants : une pédagogie mixte immersive reliant les soins aux patients et la recherche scientifique en période de pandémie. Département d'administration de la recherche scientifique.
- Lopez-Belmonte J, Pozo-Sanchez S, Carmona-Serrano N et Moreno-Guerrero A-J. « Apprentissage inversé et e-learning comme modèles de formation axés sur le métavers ». *Emerging Science Journal*. 2022. Vol. 6, numéro spécial.
- Mahir P et Hanifah Putri Elisa. Le métavers en éducation : une revue systématique de la littérature. *Cogent Social Sciences* (2023). 9 : 2252656

Mystakidis, S. (2022). Métavers. *Encyclopédie* 2022, 2 : 486 – 497.
<https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>

Zhang Q. (2023). Éducation préscolaire sécurisée grâce à l'apprentissage automatique et aux technologies du métavers. *Intelligence artificielle appliquée* (2023) vol 37, n° 1.

Zhang X, Chen Y, Hu L et Wang Y. (2022). Le métavers en éducation : définition, cadre conceptuel, caractéristiques, applications potentielles, défis et perspectives de recherche. *Front. Psychol.* 13 :1016300. Doi :10.3389/fpsyg.2022.1016300

Chapter 5

- CHALMERS, C.; CARTER, M.; COOPER, T.; NASON, R. Implementing “Big Ideas” to Advance the Teaching and Learning of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). International Journal of Science and Mathematics Education, 2017; HENRKISEN, D.; MISHRA, P. Rethinking Technology & Creativity in the 21st Century Transform and Transcend: Synthesis as a Trans-disciplinary Approach to Thinking and Learning. TechTrends, 2015;
- HSIAO, P.-W.; SU, C.-H. A Study on the Impact of STEAM Education for Sustainable Development Courses and Its Effects on Student Motivation and Learning. Sustainability 2021, 13, 3772 (Google Scholar);
- LUDWIG M., BARLOVITS S., CALDEIRA A. MOURA A., Research on STEM Education in the Digital Age, Proceedings of the ROSEDA Conference, 2023 (Google Scholar);
- <https://manningtutors.co.uk/blog/2023/10/02/exploring-the-importance-of-stem-education-in-the-digital-age/>
- <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/stem-education-teaching-and-learning>
- <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-016-0046-z>

Chapitre 5

- CHALMERS, C.; CARTER, M.; COOPER, T.; NASON, R. Mise en œuvre de « grandes idées » pour faire progresser l'enseignement et l'apprentissage des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM).

Revue internationale de l'éducation scientifique et mathématique, 2017 ; HENRKISEN, D. ; MISHRA, P. Repenser la technologie et la créativité au XXIe siècle Transformer et transcender : la synthèse comme approche transdisciplinaire de la pensée et de l'apprentissage. TechTrends, 2015 ;

HSIAO, P.-W. ; SU, C.-H. Une étude sur l'impact de l'éducation STEAM pour les cours de développement durable et ses effets sur la motivation et l'apprentissage des étudiants. Durabilité 2021, 13, 3772 (Google Scholar) ;

- LUDWIG M., BARLOVITS S., CALDEIRA A. MOURA A., Recherche sur l'éducation STEM à l'ère numérique, Actes de la conférence ROSEDA, 2023 (Google Scholar) ;
- <https://manningstutors.co.uk/blog/2023/10/02/exploring-the-importance-of-stem-education-in-the-digital-age/>
- <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/stem-education-teaching-and-learning>

<https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-016-0046-z>

Chapter 6

- Guide l'immersive Learning, France immersive Learning, (téléchargé en décembre 2023) <https://www.fil-asso.fr/page/2292868-accueil>
- Mets-toi ça dans la tête!, Peter C. Brown, Henry L. Roediger, Mark A. McDaniel, 2016 pour la traduction française
- <https://www.ifop.com/wp-content/uploads/2022/01/118720-Rapport.pdf>
- <https://www.economie.gouv.fr/metavers-premier-grand-rapport-exploratoire>
- <https://www.polytechnique-insights.com/dossiers/digital/metavers-lespoir-les-promesses-et-lesinconnus/>
- [savons-nous-de-quel-metavers-nous-parlons/](https://www.youtube.com/watch?v=PU8obhkLXR4&ab_channel=EcolePolytechniqueExecutiveEducation)
- [https://www.youtube.com/watch?v=PU8obhkLXR4&ab_channel=EcolePolytechniqueExecutiveE](https://www.youtube.com/watch?v=PU8obhkLXR4&ab_channel=EcolePolytechniqueExecutiveEducation)
- ducation
- https://www.youtube.com/watch?v=ugTFVGRjQ7g&ab_channel=27-ARTE
- https://www.youtube.com/watch?v=WwQNT0S2tJc&ab_channel=PublicS%C3%A9nat
- <https://theshiftproject.org/article/mondes-virtuels-reseaux-publication-rapports-intermediaires/>
- <https://www.inria.fr/fr/virtual-society-metavers-ethique>
- <https://www.lemonde.fr/blog/binaire/2022/02/25/le-metavers-quels-metavers-1-2/>
- Franck Amadiou, André Tricot, Apprendre avec le numérique, Mythes et réalités, Ed Retz, 2020
- Energie, climat : Quels mondes virtuels pour quel monde réel ?, The Shift Project – 2023
- <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>
- Guide pratique de l'attention et de la concentration, Complément préambule ATOLE, JL LACHAUX, 2018
- <https://project.crn.fr/atole/system>

Chapitre 6

- Guide l'immersive Learning, France immersive Learning, (téléchargé en décembre 2023)
<https://www.fil-asso.fr/page/2292868-accueil>
- Mets-toi ça dans la tête!, Peter C. Brown, Henry L. Roediger, Mark A. McDaniel, 2016 pour la traduction française
- <https://www.ifop.com/wp-content/uploads/2022/01/118720-Rapport.pdf>
- <https://www.economie.gouv.fr/metavers-premier-grand-rapport-exploratoire>
- <https://www.polytechnique-insights.com/dossiers/digital/metavers-lespoir-les-promesses-et-lesinconnus/savons-nous-de-quel-metavers-nous-parlons/>
- https://www.youtube.com/watch?v=PU8obhkLXR4&ab_channel=EcolePolytechniqueExecutiveEducation
- https://www.youtube.com/watch?v=ugTFVGRjQ7g&ab_channel=27-ARTE
- https://www.youtube.com/watch?v=WwQNT0S2tJc&ab_channel=PublicS%C3%A9nat
- <https://theshiftproject.org/article/mondes-virtuels-reseaux-publication-rapports-intermediaires/>
- <https://www.inria.fr/fr/virtual-society-metavers-ethique>
- <https://www.lemonde.fr/blog/binaire/2022/02/25/le-metavers-queles-metavers-1-2/>
- Franck Amadiou, André Tricot, Apprendre avec le numérique, Mythes et réalités, Ed Retz, 2020
- Energie, climat : Quels mondes virtuels pour quel monde réel ?, The Shift Project – 2023
- <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>
- Guide pratique de l'attention et de la concentration, Complément préambule ATOLE, JL LACHAUX, 2018
<https://project.crnl.fr/atole/system>

Chapitre 7

- (World Economic Forum, Marsh McLennan, SK Group and Zurich Insurance Group, The global risks report 2021, en Word Economic Forum [on line], retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf, last checked: october, 22nd, 2022.)
- G. Betti, Escuela, educación y pedagogía en Gramsci, Barcelona, Martínez Roca, 1981.
- Brown, A., et al. (2021). Enhancing STEM Education: Strategies for Effective Teacher Professional Development. *Journal of STEM Education Research & Practice*, 22(3), 195-209.
- Bybee, R. W. (2018). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Henderson, C., & Dancy, M. H. (2018). Physics Faculty and Educational Researchers: Divergent Expectations as Barriers to the Adoption of Research-Based Instructional Strategies. *American Journal of Physics*, 86(1), 9-14.
- Jones, M. G., & Smith, J. A. (2019). *STEM Education Research*. Routledge.
- Smith, L. K., & Johnson, D. R. (2020). Challenges and Opportunities in K-12 STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-10.

Chapitre 7

- (Forum économique mondial, Marsh McLennan, SK Group et Zurich Insurance Group, Rapport sur les risques mondiaux 2021, en ligne, Forum économique mondial [consulté sur http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf], dernière consultation : 22 octobre 2022.)

G. Betti, *École, éducation et pédagogie chez Gramsci*, Barcelone, Martínez Roca, 1981.

Brown, A., et al. (2021). Améliorer l'éducation STEM : stratégies pour un développement professionnel efficace des enseignants. *Journal of STEM Education Research & Practice*, 22(3), 195-209.

Bybee, R. W. (2018). *Plaidoyer pour l'éducation STEM : défis et opportunités*. NSTA Press.

Henderson, C., & Dancy, M. H. (2018). Professeurs de physique et chercheurs en éducation : attentes divergentes comme obstacles à l'adoption de stratégies pédagogiques fondées sur la recherche. *American Journal of Physics*, 86(1), 9-14.

Jones, M. G., & Smith, J. A. (2019). *Recherche en éducation STEM*. Routledge.

Smith, L. K., & Johnson, D. R. (2020). Défis et opportunités dans l'enseignement des STIM de la maternelle à la terminale. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-10.