

# **PROJET e-DEFFINUM**

**Synthèse sur les méthodes de conception de scénarios  
pédagogiques en environnements immersifs**

*Auteur* Federico Tajariol, ELLIADD, Université de Franche-Comté

*Work package:* <???

*Availability:* <Confidential(C)/Restricted(R)/Public(P)>

*Pages:* <20>

*Author e-mail:* [federico.tajariol@univ-fcomte.fr](mailto:federico.tajariol@univ-fcomte.fr)

# Table de matière

<b>TABLE DE MATIÈRE.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Conception pédagogique.....</b>	<b>5</b>
1.1. Les approches à la conception pédagogique.....	5
1.2. Conclusion.....	7
<b>2. Les technologies immersives : comment les caractériser ?.....</b>	<b>7</b>
2.1. Faible immersivité : technologie 360° .....	8
2.2. Moyenne immersivité : la réalité augmentée.....	8
2.3. Haute immersivité : la réalité virtuelle .....	8
2.4. Quid de leur exploitation pédagogique ?.....	9
<b>3. La scénarisation et ses méthodes.....</b>	<b>9</b>
3.1. Préambule.....	9
3.2. Définitions .....	10
3.3. Principes fondamentaux des EVAH pour une correcte scénarisation .....	10
<b>4. Les méthodes et les outils issus des recherches en EVAH .....</b>	<b>12</b>
4.1. Les approches .....	12
4.2. La méthode et les outils .....	13
4.3. Conclusion.....	15
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>17</b>



# Introduction

Ce rapport présente un aperçu des méthodes réencensées dans la littérature pour concevoir des activités pédagogiques adaptées aux Technologies Immersives (TI). Dans le rapport cette locution désigne la réalité virtuelle (RV), la réalité augmentée (RA) et les environnements interactifs en 360°. Ces 3 technologies permettent l'acquisition de savoir, de savoir-faire et/ou de savoir-être. Le domaine scientifique principal est celui des Environnements Immersifs pour l'Apprentissage Humain (EIAH).

La structure du rapport est la suivante :

- Une synthèse de notions sur la conception pédagogique
- Une caractérisation des technologies immersives
- La scénarisation et ses méthodes
- Les outils

## 1. Conception pédagogique

La conception pédagogique peut être considérée comme un processus qui est un « *ensemble d'activités corrélées ou en interaction qui utilise des éléments d'entrée pour produire une résultat escompté* » (norme ISO 9000:2015). Les travaux sur les EIAH dans la littérature ont fait émerger différentes approches à la conception (Lampropoulos, 2024).

### 1.1. Les approches à la conception pédagogique

Lampropoulos (2024) catégorise ces approches majeures dans une récente revue systématique de la littérature.

#### 1.1.1. Les approches centrées utilisateurs

L'objectif de la conception centrée utilisateurs (CCU) est de concevoir les environnements en intégrant une évaluation des besoins et des évaluations des utilisateurs finaux. L'idée étant que puisque l'environnement leur est destiné, alors ce sont les plus à même d'effectuer les tests et évaluations réalisés pendant le processus de conception. Ainsi, une conception centrée-utilisateur typique se déroule en une phase d'analyse des besoins, puis plusieurs itérations entre les phases de développement et les phases d'évaluations des utilisateurs. Pour illustrer le propos, Wilson et ses collaborateurs ont utilisé cette approche dans le développement d'un environnement d'apprentissage destiné à des étudiants en ophtalmologie (2017). Après le développement de l'environnement immersif, ils ont mené un protocole expérimental en impliquant des étudiants en médecine. Les participants ont pu

expérimenter l'environnement immersif avant de répondre à des questionnaires évaluant les apports de l'environnement et la satisfaction d'utilisation de celui-ci. Notons que selon la perspective de la CCU, les utilisateurs ne sont pas seulement les apprenants, mais aussi les enseignants, les formateurs et tout acteur impliqué dans le processus d'enseignement (Loup-Escande et al., 2015).

### **1.1.2. Approche DBR « design-based recherche »**

L'idée est de proposer des itérations fréquentes entre conception et évaluation, réfutant un procédé linéaire démarré par un protocole de recherche menant à une conception puis à des tests d'évaluation. Cette approche a par exemple été utilisée dans la conception de l'environnement d'apprentissage de langue *Hololingo!* (Ahlers et al., 2022) : après une phase de recherche nécessaire à déterminer les besoins sous-jacents à l'apprentissage immersif des langues, un démonstrateur a été développée et testé selon des indicateurs spécifiques à l'apprentissage des langues. Les résultats du test ont guidé la suite de la conception. La limite principale de cette approche est la longueur du développement de l'environnement immersif : les aller-retours entre les phases de développement et de recherche peuvent de répéter pour un seul module pédagogique, ce qui peut générer des retards conséquents.

### **1.1.3. Approches d'ingénierie pédagogique**

Il existe de nombreuses approches issues des méthodes d'ingénierie pédagogiques. La plus connue, et celle qui est utilisée dans le cadre du projet E-DEFFINUM, est la méthode ADDIE. L'objectif de cette méthode est de mettre en place un processus de développement en 5 phases distinctes :

1. La phase d'analyse, permettant d'identifier les besoins en termes de formation
2. La phase de Design, dans laquelle sont définis les objectifs et les stratégies de formations. Cette phase peut correspondre aux définitions classiques de la scénarisation pédagogique, que nous exposeront dans le point 4. *Scénarisation pédagogique et méthodes de conception*
3. La phase de Développement, dans laquelle le matériel pédagogique (et ici, les environnements immersifs) sont créés.
4. La phase d'Implémentation, qui correspond à la mise à disposition et/ou à la réalisation des premières formations
5. la phase d'Évaluation de la formation créée.

D'une part le modèle ADDIE permet de jalonner les différentes étapes et de planifier un projet de manière relativement précise ; d'autre part, il suit une logique linéaire et manque de flexibilité en comparaison à des méthodes de l'approche CCU et DBR (Allen, 2006).

## 1.2. Conclusion

Confrontées à la réalité du terrain, ces approches sont souvent adaptées, révisées et entrecroisées par les équipes impliquées. Elles ont le mérite de fournir une base de travail et de permettre aux différents partenaires d'établir une collaboration pour le développement d'un environnement immersif pour l'apprentissage. Quelle que soit l'approche choisie, les acteurs impliqués dans le processus de réalisation doivent nécessairement acquérir des connaissances sur les technologies immersives.

## 2. Les technologies immersives : comment les caractériser ?

L'immersivité est un concept complexe qui se définit comme le ressenti d'un utilisateur face à une expérience sensorielle construite par des technologies selon un continuum, variant selon la capacité du dispositif et du contenu à générer une sensation de présence et d'implication, ce qui est essentiel pour favoriser un apprentissage efficace dans des environnements virtuels. La littérature sur cette notion est très riche depuis la fin des années 1990 (Biocca & Delaney, 1995 ; Bowman, Kruijff, LaViola & Poupyrev, 2005 ; Lombard & Ditton, 1997 ; Sheridan, 1992 ; Slater & Wilbur, 1997 ; Witmer & Singer, 1998. Malgré ces divergences, l'immersivité s'appuie sur 5 dimensions :

1. **Présence** : le sentiment d'être physiquement ou mentalement "dans" un environnement autre que celui dans lequel l'utilisateur se trouve réellement. La présence est fortement influencée par la qualité perçue des éléments sensoriels et la qualité perçue de l'interactivité avec les objets virtuels;
2. **Interactivité** : L'immersivité est renforcée lorsque l'utilisateur peut interagir avec l'environnement de manière naturelle et fluide en manipulant des objets, en déplaçant son simulacre dans l'espace virtuel selon la réactivité du système à ces interactions.
3. **Multi-sensorialité** : Plus un système sollicite plusieurs sens (vision, audition, touchée), plus l'utilisateur perçoit l'environnement comme réaliste, avec une augmentation de sa présence;
4. **Isolation du monde extérieur** : Une autre composante de l'immersivité est la capacité de l'environnement à isoler l'utilisateur des stimuli du monde réel. Cela peut se faire via des dispositifs comme les casques de réalité virtuelle (VR) qui coupent visuellement et auditivement le lien avec l'environnement physique;
5. **Engagement cognitif et émotionnel** : Un environnement immersif ne se limite pas à des stimuli sensoriels ; il doit également capter l'attention cognitive et émotionnelle de l'utilisateur. Cela inclut la complexité des tâches proposées et la pertinence contextuelle des éléments affichés.

Les TI se distinguent en fonction du degré d'immersivité qu'elles proposent (faible, moyen et haut): nous les rappelons partant du niveau inférieur d'immersivité.

## 2.1. Faible immersivité : technologie 360°

La technologie de capture d'image et de vidéo en 360° montre des limites importantes pour assurer un apprentissage efficace, car elle ne permet pas de construire une interactivité suffisante entre l'apprenant et son environnement (Roussou, 2004). En fait, la TI à 360° offre un sentiment d'immersivité très faible, tout en induisant l'apprenant à assumer une posture active (e.g. déplacement d'un point d'intérêt à un autre pour diversifier le contenu à apprendre) qu'il s'agisse d'images 2D ou 3D.

## 2.2. Moyenne immersivité : la réalité augmentée

La réalité augmentée (RA) peut être définie comme un système qui comporte trois caractéristiques principales (Azuma, 1997) :

- i. des éléments réels et virtuels ;
- ii. un rendu visuel en 3D ;
- iii. une interactivité en temps réel.

La RA exige au moins un casque ou des lunettes, ainsi qu'une surface d'affichage. Nizam *et al.* (2018) identifient trois modalités principales d'interactivité en RA : les modalités audio, visuelles et sensorielles (e.g. tactile). La RA a été largement exploitée pour des situations d'apprentissage dans le domaine médical (Jamali *et al.*, 2015), des langues étrangères (Wagner et Barakonyi, 2001 ; Perry, 2015).

## 2.3. Haute immersivité : la réalité virtuelle

La définition précise de la réalité virtuelle n'est pas consensuelle dans la littérature. Kardrong-Edgren & al. (2019) suggèrent de la définir selon les 5 critères établis par Slater et Wilbur (1997):

- i. L'inclusivité, traduite par les différents signaux externes à l'immersion qui pourraient rappeler le monde physique telle que l'utilisation des contrôleurs, le poids du visiocasque utilisé, etc...
- ii. L'étendue de l'immersion, définie par le nombre de modalités sensorielles stimulées et la spatialisation des stimuli
- iii. Les périphériques utilisés, allant d'un écran d'ordinateur pour le niveau le plus bas, à un visiocasque pour le niveau le plus haut
- iv. La « netteté » de l'environnement, définie par la qualité de la reproduction visuelle, des couleurs ou encore des détails environnementaux
- v. La congruence proprioceptive, que l'on pourrait traduire par la congruence entre la proprioception réelle et celle de l'environnement. En résumé, un niveau de congruence élevé correspondant à une parfaite correspondance entre les mouvements du corps

entier et les feedbacks virtuels.

## 2.4. Quid de leur exploitation pédagogique ?

Indépendamment des différences entre les technologies immersives, leurs caractéristiques ne permettent pas une exploitation immédiate, généralisable et linéaire. En d'autres termes, leur exploitation exige que les formateurs et les enseignants comprennent les avantages et les limites des TI afin de savoir (Jetter et al., 2018 ; Radianti et al., 2020) :

- a) mobiliser les compétences adaptées;
- b) choisir les indicateurs de réussite et échec ;
- c) construire des activités pédagogiques insérées dans un **scénario d'apprentissage**.

Aucune activité pédagogique construite pour un apprentissage en présentiel ne peut être transposée *sic et simpliciter* en immersif sans que les formateurs s'interrogent sur ces trois aspects, qui représentent la *conditio sine qua non* pour la conception d'environnements informatiques virtuels pour l'apprentissage humain (EVI AH). Parmi ces trois aspects, nous nous focalisons sur le scénario d'apprentissage, qui est la notion pivot de toute l'activité de conception pédagogique.

## 3. La scénarisation et ses méthodes

### 3.1. Préambule.

La notion de scénario pédagogique est transversale par rapport à l'approche pédagogique envisagée : quelle que soit la position théorique sur l'apprentissage assumée par les formateurs (cognitiviste, constructiviste, etc.), la scénarisation pédagogique permet d'aligner les objectifs d'apprentissage avec les activités et les modalités d'évaluation (Pernin & al., 2006). Chaque théorie d'apprentissage façonne des scénarios pédagogiques différents.

A titre d'exemple, dans un scénario pédagogique d'inspiration **cognitiviste** les activités pourraient intégrer un tuteur intelligent (Woolf, 2009) qui propose à l'apprenant des activités et des ressources adaptées à sa progression et le soutient par des stratégies discursives adaptées. En revanche, une approche **constructiviste** proposerait à l'apprenant des situations d'apprentissages proche du réel (Carpentier, 2015) ou d'encourager l'autonomie et les prises d'initiatives des apprenants dans la création d'environnements d'apprentissages (Luengo et al., 2004). Et dans un scénario inspiré des **théories de l'énaction**, l'apprenant pourrait être immergé dans des environnements virtuels *affordants* (Stoffregen et al., 2006) qui ancrent l'activité cognitive dans l'activité corporelle, tout en assurant l'interaction avec l'environnement comme si l'apprenant se trouvait en situation réelle (De Loor et Tisseau, 2011).

### 3.2. Définitions

La scénarisation pédagogique dispose d'autant de définition dans la littérature que d'aspects et d'approches différentes (Pernin & Godinet, 2006). Elle ne consiste pas seulement à planifier les activités que l'on souhaite proposer à l'apprenant « *un ensemble d'activités régies par des acteurs qui produisent et utilisent des ressources* » (Paquette, 2007). Un scénario pédagogique "*provides a description of the proposed user, the learning experiences and the learning technologies in a natural language format*" (Fowler, 2015 : 420).

Les travaux pionniers conduits dans le cadre du projet FORMID (Guéraud et al., 2004) ont formalisé le modèle de scénario selon 4 dimensions :

6. la situation initiale,
7. l'objectif à atteindre,
8. les étapes de résolution
9. les situations à observer.

Bien que le projet FORMID ait construit un modèle de scénario pédagogique avec un langage, qui n'est pas facilement exploitable par les non experts, ces 4 dimensions en permettent sa formalisation.

Quelle que soient l'approche et la méthode de conception choisie pour scénariser, la littérature en psycho-ergonomie et didactique professionnelle montre la nécessité de réaliser une première analyse des situations d'apprentissage afin de dégager les objectifs en lien avec les compétences et les connaissances visées (Boccaro et Delgoulet, 2015).

### 3.3. Principes fondamentaux des EVAH pour une correcte scénarisation

Dans les recherches conduites sur les EIAH et les technologies immersives, plusieurs principes sont à prendre en considération lors de la scénarisation pédagogique orientée RV, dans le but de favoriser l'apprentissage.

#### 3.3.1. Principes fondamentaux des EVAH

Johnson-Glenberg (2018) propose de guider le design des EVAH à partir des **théories de la cognition incarnée**, qui considèrent que la cognition et le corps sont interdépendants et s'influencent l'un l'autre (Shapiro, 2017) et que l'apprentissage est influencé dès lors que l'apprenant associe son activité d'apprentissage à des activités motrices (Goldin-Meadow, 2011). Johnson-Glenberg (2018) suggère que la RV possède des atouts pour offrir à l'apprenant une expérience dans laquelle l'activité motrice de l'apprenant est pleinement sollicitée. Ces atouts s'appuient sur deux facteurs majeurs : le sentiment de présence et l'agentivité. Au même titre que le sentiment de présence, le sentiment d'agentivité semble être un fondement de l'expérience immersive en RV. C'est donc le second point d'attention à considérer lors de la

---

conception d'EVAH.

#### 3.3.1.1. Le sentiment de présence

Le sentiment de présence est classiquement défini comme l'impression « d'être là » dans l'environnement immersif. Ce sentiment de présence peut être appréhendé selon 3 dimensions (Lee, 2004) :

10. une dimension sociale, qui fait référence aux interactions avec les acteurs virtuels, susceptibles d'être perçues par l'être humain de manière analogue à des interactions avec des acteurs humains ;
11. une dimension physique, qui se réfère aux interactions avec les objets, qui peuvent être perçus et manipulés de manière similaire aux objets réels.
12. la présence de soi, qui fait référence à la représentation que l'utilisateur fait de son corps virtuel lorsqu'il est engagé dans un environnement immersif.

Pourquoi le sentiment de présence est important ? Les résultats d'études expérimentales montrent que le sentiment de présence influence positivement les performances dans des tâches de mémorisation (Makowsky et al., 2017) et de compréhension (Buttussi et Chittaro, 2017).

#### 3.3.1.2. L'agentivité

L'agentivité peut être définie par « *le sentiment de générer et de contrôler des actions pour influencer les événements sur le monde autour de nous* » (Moore et Fletcher, 2012). Dans un environnement virtuel, le sentiment d'agentivité semble intimement lié aux possibilités d'interactions avec l'environnement et à la possibilité de contrôle sensori-moteurs d'un avatar virtuel (Gutiérrez-Martínez et al., 2011 ; Kong et al., 2017).

### **3.3.2. Conclusion**

L'agentivité et le sentiment de présence augmentent l'intérêt, la motivation et le sentiment d'auto-efficacité auprès des apprenants (Makransky et Petersen, 2021). Ces facteurs sont responsables des apprentissages et du transfert de compétences, donc ils doivent être impliqués dans la conception des EVAH. A ce jour la littérature ne propose que des recommandations pour implémenter au mieux ces facteurs : pour y parvenir, Johnson-Glenberg (2018) suggère de limiter l'activité de lecture des textes et d'exploiter l'exploration guidée.

Bien que toutes ces préconisations soient issues d'expérimentations, il en demeure que leur application dans des scénarios exige non seulement une expertise en ingénierie pédagogique mais également une connaissance des avantages et limites des environnements immersifs.

Cette expertise n'est pas nécessairement présente chez les formateurs ou chez les experts métiers, car ni la scénarisation pédagogique ni l'impact des TI sur l'apprentissage ne sont des

compétences mobilisées.

La question est donc la suivante : quelles méthodes et quels outils accessibles aux formateurs pour scénariser des activités pédagogiques avec les technologies immersives?

## **4. Les méthodes et les outils issus des recherches en EVAH**

Des travaux conduits dans le domaine des environnements virtuels pour l'apprentissage humain ont proposé des méthodes de conception associées à des outils informatisés pour permettre aux experts-métiers de créer des scénarios pédagogiques à insérer dans des formations immersives. Une synthèse est proposée dans cette section.

### **4.1. Les approches**

#### **4.1.1. Par graphes multilinéaires**

Les graphes multilinéaires offrent une flexibilité scénaristique en permettant de multiples chemins d'interaction. Ces graphes sont particulièrement adaptés aux environnements où la liberté d'action de l'utilisateur est cruciale. Par exemple, PAPOUS et ICT Leaders permettent de naviguer entre plusieurs chemins narratifs, en fonction des décisions prises par l'utilisateur. Le **bilan** de ces approches est positif en termes de flexibilité et de personnalisation de l'expérience utilisateur, bien que ces systèmes puissent devenir complexes à nourrir et à gérer.

#### **4.1.2. Scénarisation centrée sur le scénario**

Dans cette approche, les événements à venir sont prédéfinis par un script, et l'utilisateur évolue au sein de ce cadre rigide. Ce type de scénarisation est souvent utilisé dans les environnements où il est important de conserver un fil narratif strict, comme dans les simulateurs de formation ou les jeux vidéo à narration linéaire. Bien que cette approche permette de garantir la cohérence des événements et des actions, elle limite fortement la liberté de l'utilisateur, qui doit suivre les étapes définies par le scénario.

#### **4.1.3. Scénarisation centrée sur les personnages.**

À l'inverse, les approches centrées sur les personnages accordent davantage de liberté aux entités virtuelles et aux utilisateurs, en leur permettant d'agir de manière autonome. Le scénario émerge alors des interactions entre les personnages virtuels et l'utilisateur, créant des expériences uniques pour chaque session. Cette approche est souvent privilégiée dans les simulations où l'adaptabilité et l'interactivité sont essentielles, bien que le risque soit de

perdre la cohérence narrative lorsque l'autonomie des personnages n'est pas contrôlée adéquatement.

#### **4.1.4. Scénarisation intrinsèque vs. extrinsèque**

**Scénarisation intrinsèque.** L'idée centrale est que le scénario doit découler naturellement des interactions entre les éléments de l'environnement virtuel. Plutôt que de suivre un script rigide, les personnages et les objets réagissent de manière autonome aux actions de l'utilisateur, et l'histoire progresse en fonction des dynamiques internes du système. Ce type d'approche convient bien aux environnements où l'on souhaite simuler un monde complexe et vivant, sans avoir besoin d'intervenir constamment pour orienter les événements.

**Scénarisation extrinsèque.** Cette approche impose un cadre externe sur le déroulement des événements, en introduisant des mécanismes de contrôle pour s'assurer que certains objectifs scénaristiques sont atteints. Par exemple, dans un jeu vidéo ou une simulation de formation, il peut être nécessaire de déclencher un événement à un moment précis pour garantir la progression pédagogique ou narrative. Cette forme de scénarisation peut intervenir sous la forme d'ajustements manuels ou automatiques, permettant ainsi au système d'influencer le comportement des personnages ou l'évolution du scénario en temps réel.

#### **4.1.5. Scénario prédéfini vs. généré dynamiquement**

**Scénario prédéfini.** Dans cette approche, l'ensemble du scénario est fixé à l'avance, avec un déroulement prédéterminé d'événements, souvent séquentiel et non modifiable par les actions de l'utilisateur. Cela permet une maîtrise totale du contenu scénaristique, ce qui est idéal dans des contextes où la cohérence narrative ou pédagogique est primordiale. Cependant, cette approche limite la liberté d'action de l'utilisateur, qui se trouve souvent dans une position passive, n'interagissant qu'avec des éléments fixes du scénario.

**Scénario généré dynamiquement.** À l'inverse, un scénario généré dynamiquement est créé en fonction des actions de l'utilisateur et des interactions au sein de l'environnement virtuel. Cela permet une grande flexibilité, puisque le scénario s'adapte aux décisions et aux comportements des personnages et de l'utilisateur. Ce type d'approche est particulièrement adapté aux environnements où la diversité des interactions et la personnalisation des expériences sont essentielles. Cependant, il présente également des défis en termes de cohérence narrative et de gestion de la complexité, car il est difficile de garantir que les événements générés restent logiques et pertinents

## **4.2. La méthode et les outils**

### **4.2.1. Humans**

La suite logicielle HUMANS (Lanquepin & al., 2013) a été développée pour proposer des

---

modèles de scénarios génériques et réutilisables. L'outil permet de gérer en temps réel les personnages insérés dans l'environnement virtuel, le déroulement des activités et le suivi de l'apprenant (échec et réussite). Les connaissances et compétences à apprendre dans les scénarios sont formalisées selon des modèles de représentation de connaissances.

Cette approche est très intéressante dans la mesure où elle peut permettre de soutenir une conception basée sur la présence et l'agentivité, en offrant des réelles possibilités d'interactions à l'utilisateur de l'EVAH. En revanche, sans avoir des compétences dans le domaine des représentations des connaissances, il n'est pas exploitable sur le plan pédagogique.

#### **4.2.2. VR-PEAS**

Des travaux récents ont abouti à la création d'un outil pour faciliter la scénarisation pédagogique et la mise en œuvre du scénario dans l'environnement immersif (Oubahssi et al., 2024 ; Mahdi, 2021). L'idée de cet outil est d'accompagner un expert-métier dans la conception d'un scénario pédagogique en EVAH en trois étapes itératives :

1. le formateur construit son scénario pédagogique et ses besoins matériels.
2. l'environnement virtuel dans sa globalité est généré à partir des besoins du formateur sur la base d'un modèle générique
3. le formateur peut tester l'environnement virtuel créé et le modifier

Malgré la consistance de la solution proposée, VR-PEAS exige des compétences en formalisation selon le concept de « classe d'objets ».

#### **4.2.3. Projet EAST**

Dans le cadre du projet EAST, des travaux ont été menés pour faciliter la création de scénarios pédagogiques par les experts-métiers (Taoum et al., 2015). Dans ce projet l'idée est de créer des modèles de données dissociées de l'environnement immersif, afin de permettre aux formateurs de réutiliser et d'adapter les environnements créés.

La méthodologie EAST repose sur deux niveaux : une méta-méthodologie qui guide le projet dans son ensemble, et une méthodologie de conception instrumentée, plus technique, permettant de structurer les scénarios d'apprentissage.

Le niveau Méta-méthodologique implique :

1. La conception initiale d'un scénario
2. La mise en œuvre de ce scénario dans un environnement virtuel,
3. L'expérimentation de ce scénario par des utilisateurs réels (apprenants et formateurs),
4. L'analyse des retours d'expérience des utilisateurs pour ajuster le scénario.

Le niveau Méthodologie de conception instrumentée convoque plusieurs types d'acteurs, chacun ayant des responsabilités spécifiques dans la conception des environnements d'apprentissage :

- Le pédagogue expert en réalité virtuelle définit les actions pédagogiques génériques qui guident ou corrigent l'apprenant, ainsi que les « formes d'agir pédagogique » à

utiliser (par exemple, des séquences types d'interactions);

- L'expert métier décrit les actions et les bonnes pratiques que l'apprenant devra maîtriser dans l'environnement virtuel et formalise l'interactivité des objets virtuels;
- Le designer conçoit l'environnement d'apprentissage, les objets 3D et leurs comportements et assure l'instanciation des objets et des rôles;
- Le formateur métier définit les scénarios pédagogiques qui seront exécutés par l'apprenant, ainsi que les actions pédagogiques pour guider l'apprenant dans le scénario.

La méthodologie EAST suit un modèle de scénarisation en trois niveaux :

1. **niveau intentionnel** : Ce niveau définit les compétences à atteindre (par exemple, agir en sécurité dans un environnement de maintenance d'éolienne), les objectifs d'apprentissage et l'intention pédagogique globale.
2. **Niveau stratégique** : À ce niveau, on liste les situations pédagogiques qui permettent d'atteindre les objectifs, et on décrit sommairement leur déroulement. Les schémas d'enchaînement des situations sont définis à ce stade.
3. **Niveau interactionnel (ou situations d'interaction)** : Il s'agit d'une description détaillée des activités à accomplir dans chaque situation, des rôles (apprenant, formateur), et des ressources mobilisées. Ce niveau permet de définir les interactions homme-machine et les réponses de l'environnement virtuel aux actions de l'apprenant.

Pour l'opérationnalisation, le projet utilise des modèles UML pour décrire à la fois les objets (diagrammes de classes), les comportements (diagrammes de machine à états) et les interactions (diagrammes d'activité). Ces diagrammes sont ensuite traduits en XML pour être interprétés par des machines, facilitant ainsi l'intégration dans des environnements virtuels interactifs.

De la même manière que dans les projets présentés précédemment, l'idée est d'alimenter progressivement une base de données afin que chaque composant d'un environnement virtuel créé soit réutilisable. Cependant, l'exploitation de la part d'un formateur ou enseignant qui ne possède des compétences en langage formel ou en informatique est fort difficile et, dans le cas du projet EAST, la méthode exige la participation de plusieurs acteurs.

### 4.3. Conclusion

En conclusion, de nombreux outils et méthodes, plutôt issus des sciences informatiques, ont également été proposés pour répondre aux problématiques associées à la création d'EVAH. Ces outils représentent une solide base pour les recherches future, et apportent tous des éléments innovants et intéressants dans les méthodes de conception et de scénarisation pédagogique. Cependant, notons que les approches et outils nécessitent soit des compétences avancées en ingénierie pédagogiques, soit des compétences avancées en informatique. Il semblerait qu'aucune méthode existante permettent à des formateurs non experts dans ces domaines de produire et formaliser un scénario pédagogique orientée RV. Nous proposons

ainsi de répondre à ces problématiques dans le cadre de nos travaux de recherches à venir :

- (1) Quelle méthodologie de scénarisation pédagogique pourrait permettre à un expert-métier de produire un scénario pédagogique orienté immersif ?
- (2) Comment s'assurer que la méthodologie ainsi développée permette le développement d'un EVAH pertinent et efficient pour répondre aux besoins de formations préalablement identifiés ?

## Bibliographie

- AHLERS, TIMO, BUMANN, CASSANDRA, KÖLLE, RALPH AND LAZOVIĆ, MILICA. "FOREIGN LANGUAGE TANDEM LEARNING IN SOCIAL VR: CONCEPTION, IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF THE GAME-BASED APPLICATION HOLOLINGO!" *I-COM*, VOL. 21, NO. 1, 2022, PP. 203-215. [HTTPS://DOI.ORG/10.1515/ICOM-2021-0039](https://doi.org/10.1515/icom-2021-0039)
- ALLEN, W. C. (2006). OVERVIEW AND EVOLUTION OF THE ADDIE TRAINING SYSTEM. *ADVANCES IN DEVELOPING HUMAN RESOURCES*, 8(4), 430-441.
- AZUMA, R. T. (1997). A SURVEY OF AUGMENTED REALITY. *PRESENCE: TELEOPERATORS ET VIRTUAL ENVIRONNEMENTS*, 6(4), 355-385.
- BLANDIN, B., & QUERREC, R. (2014). QUELLE METHODE POUR CONCEVOIR UN ENVIRONNEMENT VIRTUEL POUR APPRENDRE UNE ACTIVITE. IN *TROISIEME COLLOQUE INTERNATIONAL DE DIDACTIQUE PROFESSIONNELLE: CONCEPTION ET FORMATION [EN LIGNE: [HTTPS://DIDACTIQUEPROFESSIONNELLE. NING. COM/PAGE/ARCHIVES-PUBLIQUES](https://didactiqueprofessionnelle.ning.com/page/archives-publiques), 4102\_BLANDINBERNARDQUERRECRONAN. PDF]*.
- BROWN, P. C., ROEDIGER, H. L., ET MCDANIEL, M. A. (2016). *METS-TOI ÇA DANS LA TÊTE!: LES STRATEGIES D'APPRENTISSAGE A LA LUMIERE DES SCIENCES COGNITIVES*. ÉDITIONS MARKUS HALLER.
- BOCCARA, V., ET DELGOULET, C. (2015). L'ANALYSE DES TRAVAUX POUR LA CONCEPTION EN FORMATION. CONTRIBUTION DE L'ERGONOMIE A L'ORIENTATION DE LA CONCEPTION AMONT D'UN ENVIRONNEMENT VIRTUEL POUR LA FORMATION. *ACTIVITÉS*, 12(12-2).
- BUTTUSSI, F., ET CHITTARO, L. (2017). EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF VIRTUAL REALITY DISPLAY ON PRESENCE AND LEARNING IN A SAFETY TRAINING SCENARIO. *IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS*, 24(2), 1063-1076.
- DALGARNO, B., ET LEE, M. J. (2010). WHAT ARE THE LEARNING AFFORDANCES OF 3-D VIRTUAL ENVIRONNEMENTS?. *BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY*, 41(1), 10-32.
- DE LOOR, P., & TISSEAU, J. (2011). REALITE VIRTUELLE ET ENACTION. *JOURNAL DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE REALITE VIRTUELLE*, (10), 3-PAGES.
- DRAGON, T., & WOOLF, B. P. (2006). GUIDANCE AND COLLABORATION STRATEGIES IN ILL-DEFINED DOMAINS. *INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS FOR ILL-DEFINED DOMAINS*, 65.
- EMIN, V., PERNIN, J. P., ET GUÉRAUD, V. (2011). SCENARISATION PEDAGOGIQUE DIRIGEE PAR LES INTENTIONS. *REVUE STICEF*, 18.
- FOWLER, C. (2015). VIRTUAL REALITY AND LEARNING: WHERE IS THE PEDAGOGY? *BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY* VOL 46 NO 2 2015 412-422 DOI:10.1111/BJET.12135
- GANIER 1, F., HOAREAU 2, C., ET DEVILLERS 3, F. (2013). ÉVALUATION DES PERFORMANCES ET DE LA CHARGE DE TRAVAIL

- INDUITS PAR L'APPRENTISSAGE DE PROCÉDURES DE MAINTENANCE EN ENVIRONNEMENT VIRTUEL. LE TRAVAIL HUMAIN, 76(4), 335-363.
- GOLDIN-MEADOW, S. (2011). LEARNING THROUGH GESTURE. WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS: COGNITIVE SCIENCE, 2(6), 595-607.
- GUÉRAUD, V., ADAM, J. M., PERNIN, J. P., CALVARY, G., & DAVID, J. P. (2004). L'EXPLOITATION D'OBJETS PÉDAGOGIQUES INTERACTIFS À DISTANCE: LE PROJET FORMID. STICEF (SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION POUR L'ÉDUCATION ET LA FORMATION), 11, 46-PAGES.
- GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, O., GUTIÉRREZ-MALDONADO, J., ET LORETO-QUIJADA, D. (2011). CONTROL OVER THE VIRTUAL ENVIRONMENT INFLUENCES THE PRESENCE AND EFFICACY OF A VIRTUAL REALITY INTERVENTION ON PAIN. ANNUAL REVIEW OF CYBERTHERAPY AND TELEMEDICINE 2011, 111-115.
- JAMALI, S. S., SHIRATUDDIN, M. F., WONG, K. W., ET OSKAM, C. L. (2015). UTILISING MOBILE-AUGMENTED REALITY FOR LEARNING HUMAN ANATOMY. PROCEDIA-SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIENCES, 197, 659-668.
- JOHNSON-GLENBERG, M. C., BARTOLOMEA, H., & KALINA, E. (2021). PLATFORM IS NOT DESTINY: EMBODIED LEARNING EFFECTS COMPARING 2D DESKTOP TO 3D VIRTUAL REALITY STEM EXPERIENCES. JOURNAL OF COMPUTER ASSISTED LEARNING, 37(5), 1263-1284.
- JOHNSON-GLENBERG, M. C. (2018). IMMERSIVE VR AND EDUCATION: EMBODIED DESIGN PRINCIPLES THAT INCLUDE GESTURE AND HAND CONTROLS. FRONTIERS IN ROBOTICS AND AI, 5, 81.
- KARDONG-EDGREN, S. S., FARRA, S. L., ALINIER, G., ET YOUNG, H. M. (2019). A CALL TO UNIFY DEFINITIONS OF VIRTUAL REALITY. CLINICAL SIMULATION IN NURSING, 31, 28-34.
- KE, F., MOON, J., ET SOKOLIK, Z. (2022). VIRTUAL REALITY-BASED SOCIAL SKILLS TRAINING FOR CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER. JOURNAL OF SPECIAL EDUCATION TECHNOLOGY, 37(1), 49-62.
- KIM, C. M., YOUN, J. H., JI, Y. K., ET CHOI, D. Y. (2014). DESIGN AND ASSESSMENT OF A VIRTUAL UNDERWATER MULTISENSORY EFFECTS REPRODUCING SIMULATION SYSTEM. INTERNATIONAL JOURNAL OF DISTRIBUTED SENSOR NETWORKS, 10(7), 420428.
- LAMPROPOULOS, G., KINSHUK VIRTUAL REALITY AND GAMIFICATION IN EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW. EDUCATION TECH RESEARCH DEV (2024). [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S11423-024-10351-3](https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3)
- LANQUEPIN, V., CARPENTIER, K., LOURDEAUX, D., LHOMMET, M., BAROT, C., ET AMOKRANE, K. (2013, MARCH). HUMANS: A HUMAN MODELS BASED ARTIFICIAL ENVIRONMENTS SOFTWARE PLATFORM. IN PROCEEDINGS OF THE VIRTUAL REALITY INTERNATIONAL CONFERENCE: LAVAL VIRTUAL (PP. 1-8).
- LEE, K. M. (2004). PRESENCE, EXPLICATED. COMMUNICATION THEORY, 14(1), 27-50.
- LOUP-ESCANDE, E., JAMET, É., RAGOT, M., ERHEL, S., MICHINOV, N., PELTIER, C., & LOPEZ, T. (2015). CONCEVOIR DES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS ÉDUCATIFS AVEC LES UTILISATEURS FINAUX: EXEMPLE DU PROJET VIRTUALITEACH. TERMINAL. TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION, CULTURE & SOCIÉTÉ, (117).
- LOURDEAUX, D., BENABBOU, A., HUGUET, L., ET LACAZE-LABADIE, R. (2017, JULY). HUMANS: SUITE LOGICIELLE POUR LA SCÉNARISATION D'ENVIRONNEMENTS VIRTUELS POUR LA FORMATION À DES SITUATIONS SOCIO-TECHNIQUES COMPLEXES. IN 3E CONFÉRENCE NATIONALE SUR LES APPLICATIONS PRATIQUES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

(APIA 2017) (pp. 61-68).

LUENGO, V., MUFTI-ALCHAWAFA, D., & VADCARD, L. (2004, AUGUST). THE KNOWLEDGE LIKE THE OBJECT OF INTERACTION IN AN ORTHOPAEDIC SURGERY-LEARNING ENVIRONMENT. IN INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS (PP. 108-117). BERLIN, HEIDELBERG: SPRINGER BERLIN HEIDELBERG.

MAHDI, O. (2021). MODÈLE ET OUTIL POUR ASSISTER LA SCÉNARISATION DES ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES ORIENTÉES RV (DOCTORAL DISSERTATION, LE MANS).

MAKOWSKI D, SPERDUTI M, NICOLAS S, PIOLINO P. "BEING THERE" AND REMEMBERING IT: PRESENCE IMPROVES MEMORY ENCODING. CONSCIOUS COGN. 2017 AUG;53:194-202. DOI: 10.1016/J.CONCOG.2017.06.015. EPUB 2017 JUL 1. PMID: 28676191.

MAKRANSKY, G., ET PETERSEN, G. B. (2021). THE COGNITIVE AFFECTIVE MODEL OF IMMERSIVE LEARNING (CAMIL): A THEORETICAL RESEARCH-BASED MODEL OF LEARNING IN IMMERSIVE VIRTUAL REALITY. EDUCATIONAL PSYCHOLOGY REVIEW, 33(3), 937–958. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S10648-020-09586-2](https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2)

MOORE, J. W., ET FLETCHER, P. C. (2012). SENSE OF AGENCY IN HEALTH AND DISEASE: A REVIEW OF CUE INTEGRATION APPROACHES. CONSCIOUSNESS AND COGNITION, 21(1), 59-68.

NIZAM, S. M., ABIDIN, R. Z., HASHIM, N. C., LAM, M. C., ARSHAD, H., ET MAJID, N. A. A. (2018). A REVIEW OF MULTIMODAL INTERACTION TECHNIQUE IN AUGMENTED REALITY ENVIRONMENT. INT. J. ADV. SCI. ENG. INF. TECHNOL, 8(4-2), 1460.

OUBAHSSI, L., PIAU-TOFFOLON, C., ET MAHDI, O. (2024). VR-PEAS: A VIRTUAL REALITY PÉDAGOGICAL SCENARISATION TOOL. INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS, 1–18. [HTTPS://DOI.ORG/10.1080/10494820.2024.2308094](https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2308094)

PAQUETTE, G. (2007). L'INSTRUMENTATION DE LA SCÉNARISATION PÉDAGOGIQUE. REVUE INTERNATIONALE DES TECHNOLOGIES EN PÉDAGOGIE UNIVERSITAIRE, 4(2), 57-71

PARONG, J., & MAYER, R. E. (2018). LEARNING SCIENCE IN IMMERSIVE VIRTUAL REALITY. JOURNAL OF EDUCATIONAL PSYCHOLOGY, 110(6), 785.

PERNIN, J. P., ET EMIN, V. (2006). EVALUATION DES PRATIQUES DE SCÉNARISATION DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE: UNE PREMIÈRE ÉTUDE. IN ACTES EN LIGNE DU COLLOQUE TICE MÉDITERRANÉE 2006 (PP. 13-PAGES).

PERRY, B. (2015). GAMIFYING FRENCH LANGUAGE LEARNING: A CASE STUDY EXAMINING A QUEST-BASED, AUGMENTED REALITY MOBILE LEARNING-TOOL. PROCEDIA-SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIENCES, 174, 2308-2315.

RITZ, LEAH T. (2015). TEACHING WITH CAVE VIRTUAL REALITY SYSTEMS: INSTRUCTIONAL DESIGN STRATEGIES THAT PROMOTE ADEQUATE COGNITIVE LOAD FOR LEARNERS. UNIVERSITY OF WYOMING. THESIS. [HTTPS://DOI.ORG/10.15786/13686982.V3](https://doi.org/10.15786/13686982.v3)

ROUSSOU, M. (2004). LEARNING BY DOING AND LEARNING THROUGH PLAY: AN EXPLORATION OF INTERACTIVITY IN VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR CHILDREN. COMPUTERS IN ENTERTAINMENT (CIE), 2(1), 10-10.

SHAPIRO, L. (2019). EMBODIED COGNITION. ROUTLEDGE.

SLATER, M., ET WILBUR, S. (1997). A FRAMEWORK FOR IMMERSIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS (FIVE): SPECULATIONS ON

THE ROLE OF PRESENCE IN VIRTUAL ENVIRONMENTS. PRESENCE: TELEOPERATORS ET VIRTUAL ENVIRONMENTS, 6(6), 603-616.

TOFFREGEN, T. A., BARDY, B. G., & MANTEL, B. (2006). AFFORDANCES IN THE DESIGN OF ENACTIVE SYSTEMS. VIRTUAL REALITY, 10, 4-10.

TAOUM, J., QUERREC, R., SAUNIER, J., ET BLANDIN, B. (2015, OCTOBER). EAST: ENVIRONNEMENTS D'APPRENTISSAGE SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES. IN LES JOURNÉES DE L'AFRV 2015..

WAGNER, D., ET BARAKONYI, I. (2003, OCTOBER). AUGMENTED REALITY KANJI LEARNING. IN THE SECOND IEEE AND ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MIXED AND AUGMENTED REALITY, 2003. PROCEEDINGS. (PP. 335-336). IEEE.

WILSON, A.S., O'CONNOR, J., TAYLOR, L., CARRUTHERS, D. (2017). A CASE STUDY INTO THE USE OF VIRTUAL REALITY AND GAMIFICATION IN OPHTHALMOLOGY TRAINING. IN: ALCAÑIZ, M., GÖBEL, S., MA, M., FRADINHO OLIVEIRA, M., BAALSRUD HAUGE, J., MARSH, T. (EDS) SERIOUS GAMES. JCSG 2017. LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE(), VOL 10622. SPRINGER, CHAM. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/978-3-319-70111-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70111-0_15)