



HAL
open science

ARVAD : Un environnement virtuel pour l'apprentissage de l'autonomie des déplacements pour les classes ULIS

Lahcen Oubahssi, Claudine Piau-Toffolon

► To cite this version:

Lahcen Oubahssi, Claudine Piau-Toffolon. ARVAD : Un environnement virtuel pour l'apprentissage de l'autonomie des déplacements pour les classes ULIS. 8ème Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH17), Jun 2017, Strasbourg, France. pp.209-220. hal-01664491

HAL Id: hal-01664491

<https://hal.science/hal-01664491v1>

Submitted on 14 Dec 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ARVAD : Un environnement virtuel pour l'apprentissage de l'autonomie des déplacements pour les classes ULIS

Lahcen Oubahssi, Claudine Piau-Toffolon

UBL, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
prenom.nom@univ-lemans.fr

Résumé. Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre du projet ARVAD (Apprentissage par la Réalité Virtuelle de l'Autonomie des Déplacements) dont l'objectif est de proposer des solutions virtuelles pour compléter l'apprentissage traditionnel des déplacements pratiqués dans les classes ULIS (Unités Locales d'Insertion Socio professionnelle). Ce projet vise dans un premier temps à faciliter cet apprentissage grâce au numérique et dans un second temps, mettre à disposition des formateurs des classes ULIS une boîte à outils pédagogique fondée sur la réalité virtuelle et permettant l'évaluation de la progression et la reproductibilité des exercices. Dans cet article, nous nous intéressons particulièrement à la conception et l'opérationnalisation des situations d'apprentissage dans les environnements de réalité virtuelle et nous proposons des solutions sous forme de modèles de scénarios pour l'apprentissage de déplacement pour les élèves en situation de handicap.

Mots-clés. ARVAD, scénario pédagogique, environnement virtuel, simulation pédagogique, ULIS.

Abstract. This research work is part of the ARVAD project whose objective is to propose virtual learning solutions to supplement the traditional learning to acquire orientation skills in the ULIS (Local Units for School Inclusion) classes. This project aims to facilitate this learning through digital and, to provide trainers of the ULIS classes with an educational toolkit, allowing them to recreate virtual reality scenarios and assess the pupils' progress. In this paper, we are particularly interested in the design and operationalization of learning situations in virtual environments and we propose solutions in the form of scenario models for learning orientation skills for students with disabilities.

Keywords. ARVAD, pedagogical scenario, virtual environment, Educational simulation, ULIS.

1 Introduction

Nous présentons dans cet article un travail de recherche réalisé dans le cadre du projet ARVAD¹ (Apprentissage par la Réalité Virtuelle de l'Autonomie des Déplacements). Ce travail vise à répondre au problème de formation dans les unités localisées pour

1 <http://www-lium.univ-lemans.fr/~oubahssi/ARVAD/>

l'inclusion scolaire (Classes ULIS²). Ces unités accueillent des élèves présentant des troubles cognitifs ou mentaux, avec pour objectif principal de scolarisation, le développement d'une autonomie adulte et d'une insertion socioprofessionnelle durables dans la société. L'activité quotidienne de déplacement autonome présente un réel obstacle pour ces élèves. Dans le cadre de notre projet, nous avons travaillé avec les élèves de la classe ULIS du lycée Robert Buron à Laval. Leur difficulté majeure est de gérer leur stress qui peut être provoqué par plusieurs facteurs : la foule, le bruit, le retard du bus, leur propre retard, l'oubli de carte de transport, etc.

L'objectif de notre projet est d'apporter des solutions à cette problématique de l'autonomie des déplacements en utilisant les techniques de la réalité virtuelle. Pour ces élèves, nous distinguons deux types de troubles, cognitifs et psychosociaux [1] [12] [14]. Du point de vue comportemental, ils réussissent à s'adapter aux lieux, aux personnes qu'ils rencontrent en ayant la bonne attitude. Par contre, ils n'ont aucune activité d'introspection et ont beaucoup de mal à expliquer pourquoi ils font telle ou telle action. Les troubles cognitifs identifiés se situent sur quatre domaines : la mémoire, la notion du temps, le raisonnement et la notion de l'espace. Les troubles psychosociaux identifiés se situent sur trois domaines : l'attention, la motivation et l'estime de soi. Plusieurs travaux de recherche ont étudié les questions qui sont liées à l'évaluation et à la rééducation de ces troubles. Sehaba et al. [23] ont cité quelques exemples qui sont basés sur des tests cliniques, et portent sur différentes fonctions cognitives, par exemple la mémoire de travail [13], l'attention [16], la perception auditive [18], le langage oral et écrit [5]. L'évolution de l'informatique a permis de développer plusieurs solutions numériques de remédiation cognitive et linguistique [4] [11] [6] [21] [20]. Ces systèmes ont l'avantage d'être plus flexibles et facilement accessibles. Cependant, la plupart de ces systèmes ne s'adaptent pas aux spécificités et besoins de chaque utilisateur [22].

L'émergence de la réalité virtuelle en informatique offre de nouvelles expériences aux utilisateurs grâce à des possibilités d'interaction et d'immersion toujours plus performantes. Ces possibilités trouvent un grand intérêt dans le domaine de l'apprentissage en permettant de créer des situations d'apprentissage originales et dynamiques, détachées des contraintes qui peuvent exister lors de formations réelles (danger, coût, incertitude) et apportent des avantages spécifiques (enrichissement des situations, jeu, etc.) [15] [7] [2]. L'ensemble de ces dispositifs d'apprentissage utilisant les techniques de la réalité virtuelle peut être regroupé sous l'acronyme EVAH (Environnements de réalité Virtuelle pour l'Apprentissage Humain). L'orientation vers ce type d'environnement a nécessairement une influence sur le métier des enseignants chargés de définir des nouvelles stratégies pédagogiques au sein de ce type d'unités de formation.

Dans nos travaux, nous nous interrogeons sur les questions de conception et d'opérationnalisation de situations pédagogiques dans ce type d'environnements dans une démarche d'ingénierie à partir de modèles de scénario. Nous souhaitons laisser les enseignants les plus libres possible de concevoir par eux-mêmes des scénarios computationnels en leur fournissant des outils pour qu'ils puissent les réutiliser et les adapter aux nouvelles situations pédagogiques qu'ils peuvent rencontrer [8][19] [24]. Après avoir présenté un état de l'art rapide des travaux sur la réalité virtuelle et la

scénarisation des situations d'apprentissage dans les EVAH, nous présentons le contexte et les objectifs de notre projet et les principales étapes du processus de conception de l'environnement de déplacement. Avant de conclure, nous analysons dans une dernière section les résultats de l'expérimentation que nous avons menée pour vérifier l'utilisabilité de l'environnement développé [25].

2 Scénarisation des situations d'apprentissage virtuelles

Les EVAH sont utilisés dans de nombreux domaines dont l'apprentissage. La conception d'un EVAH est une tâche qui pose des difficultés nouvelles à la fois d'ordre technique, induites par l'interdisciplinarité intrinsèque à la réalité virtuelle (informatique graphique, dispositifs haptiques, répartition, etc.) et cognitif (respect des caractéristiques de la tâche à apprendre, transfert d'apprentissage vers le monde réel, etc.) [3][17][23]. De ce fait, la conception et l'intégration d'un EVAH dans une formation sont des processus complexes et coûteux. La description des simulations pédagogiques doit prendre en compte les spécificités de cet environnement (sa structure et sa dynamique) afin de décrire précisément l'opérationnalisation et le contrôle des activités dans l'environnement.

De nombreux travaux de recherche ont étudié la question de la scénarisation dans les EVAH. Dans les travaux [7] [2], la scénarisation est réalisée en deux étapes: des objectifs dynamiques sont déterminés à partir de l'activité de l'utilisateur, puis un scénario est généré en fonction de ces objectifs et exécuté au travers d'ajustements sur la simulation. Trinh et al. [26] proposent des modèles permettant l'explicitation des connaissances pour les agents peuplant des environnements virtuels. Ces connaissances portent sur la structure et la dynamique de l'environnement ainsi que sur les procédures que peuvent réaliser des équipes dans cet environnement. Schaba et al. [23] proposent un jeu sérieux adaptatif pour l'évaluation et la rééducation des troubles cognitifs, leur système permet de personnaliser le parcours de jeux à chaque patient suivant ses capacités et ses compétences. L'architecture de leur système organise les connaissances en trois couches : concepts du domaine, ressources pédagogiques et ressources de jeux. Leur objectif est de réutiliser cette architecture dans différents domaines d'application et différents jeux sérieux. Marion [17] propose un modèle de scénario pédagogique qui permet la description d'activités pédagogiques opérationnalisables dans un environnement virtuel, de manière générique en termes de domaine d'apprentissage, de type de tâche à réaliser et de stratégie pédagogique. Il utilise un méta-modèle d'environnement virtuel qui fournit une représentation abstraite des environnements virtuels pour permettre à son modèle d'être à la fois générique et opérationnalisable. Chen et al. [10] proposent une analyse qui met l'accent sur l'amélioration d'un modèle de conception pédagogique des environnements virtuels à l'aide de la recherche formative. Ce modèle a été proposé par Chen et al. [9] et il permet de développer et évaluer de manière formative des simulations sur un système virtuel non immersif. L'analyse réalisée a permis de proposer un modèle en cinq niveaux pour améliorer la conception pédagogique d'un environnement virtuel.

Nous avons constaté que dans la plupart de ces travaux, la scénarisation est abordée avec des agents virtuels embarqués dans l'environnement. La plupart des modèles sont spécifiques à un domaine et un environnement particulier. Le modèle du scénario doit être prévu dès la conception de l'environnement où toutes les situations possibles doivent avoir été envisagées, ce qui limite leur adaptation externe par les enseignants. Il n'est alors pas possible de définir de nouveaux scénarios ou de définir le parcours pédagogique de l'apprenant. Ces travaux n'abordent pas la problématique de la définition et l'adaptation des modèles de scénarios directement par les enseignants en fonction des situations pédagogiques rencontrées. Notre problématique vise à proposer des solutions aux enseignants pour les aider à scénariser selon leurs propres besoins pédagogiques dans les nouveaux environnements comme ceux dédiés à la réalité virtuelle. Nous notons aussi que le simple fait d'utiliser la réalité virtuelle ne suffit pas à motiver les apprenants, de même que la fidélité esthétique n'est pas un gage d'efficacité pédagogique. Une réflexion doit être menée à la fois sur les situations didactiques et la notion de scénario.

Dans le cadre du projet ARVAD, nous étudions la conception et l'opérationnalisation de plusieurs situations d'apprentissage dans un environnement de réalité virtuelle. Nous nous intéressons particulièrement à l'activité de conception de modèles de scénarios pédagogiques par les enseignants eux-mêmes pour leur permettre de concevoir les situations d'apprentissage en réalité virtuelle afin d'assurer la réalisation de leurs objectifs pédagogiques. Nous notons que la mise en œuvre de ces scénarios nécessite toujours un effort supplémentaire afin de pouvoir répondre aux différentes contraintes, techniques et pédagogiques qu'exige ce type d'environnement.

3 Le projet ARVAD : proposition d'un modèle de scénario

3.1 Le projet ARVAD : objectifs et déroulement

Financé par Laval Agglomération, le projet ARVAD a été mené en collaboration par les laboratoires RVSE (Réalité Virtuelle Systèmes Embarqués), de l'ESIEA (Ecole des Sciences et Technologies du Numérique qui forme l'Ingénieur et l'Homme) et l'équipe du laboratoire informatique LIUM de l'IUT de Laval et du Lycée Buron de Laval entre 2014 et 2015. Ce projet visait à proposer un outil de réalité virtuelle d'aide à l'acquisition de l'autonomie dans les déplacements, adapté aux besoins des unités localisées pour l'inclusion scolaire (ULIS). L'équipe du projet ARVAD a proposé une approche pédagogique centrée sur des situations problèmes et un environnement de réalité virtuelle afin de développer des automatismes qui pourront être transférés lors de déplacements réels.

La mise en œuvre du projet ARVAD a posé la problématique de l'intérêt des technologies du numérique dans l'apprentissage des déplacements pour ce public. L'usage qu'ils font des tablettes, des smartphones ou encore des jeux vidéo et l'attirance qu'ils montrent pour tous ces dispositifs laissent présager que ces technologies peuvent être bénéfiques pour des apprentissages utiles à leur autonomie.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, notre démarche de travail est menée selon une approche itérative et participative : analyser et modéliser des situations pédagogiques

existantes, développer un démonstrateur fonctionnel et tester l'utilisabilité et la pertinence du démonstrateur en situation réelle. Les utilisateurs ont pris part au processus de conception et ont permis de faire évoluer la conception du prototype à chaque itération. Au cours de la phase d'analyse, nous avons testé l'acceptation technique des environnements de réalité virtuelle au travers de la manipulation par les élèves de la classe ULIS de deux jeux vidéo existants basés sur des situations de déplacement utilisant un joystick. Les élèves se sont avérés très à l'aise dans ces environnements et les périphériques associés. Pendant une période de trois mois, un ingénieur pédagogique a observé dans la classe les différentes situations pédagogiques pour définir les pratiques et les mettre en perspective avec les théories et les méthodes d'apprentissage adaptées au public cible.

3.2 Exemple de scénario pédagogique pour l'apprentissage de l'autonomie des déplacements

Différentes activités pédagogiques liées au déplacement sont proposées aux élèves de la classe ULIS afin de leur permettre d'être plus autonomes dans leurs vies personnelle et professionnelle. Une synthèse sur l'ensemble de ces activités a été réalisée (Table 1). Cette synthèse a permis d'avoir une meilleure lisibilité des différents paramètres (Table 2) qui caractérisent ces activités (par exemple l'utilisation de la variable « bruit » dans une activité pour travailler la gestion du stress). Cette synthèse a permis aussi de proposer une première modélisation des différents scénarios pédagogiques à partir des besoins de l'enseignante référente. La figure 1 illustre le déroulement de la situation d'apprentissage de l'activité 1 (Table 1), l'objectif de cette activité est de repérer les lieux sur un plan, la stratégie pédagogique utilisée est de travailler individuellement et de faire une correction en collectif.

Table 1. Extrait des différentes activités de déplacement réalisées dans la classe ULIS

Activités	Objectifs	Variables
Catégorie Lycée		
Activité 1	Repérer les lieux dans le lycée (avec des numéros)	Type de plans (1a : plan avec beaucoup d'indices mots et images ; 1b : plan avec beaucoup d'indices mots ; 1c : plan avec peu d'indices mots et images)
Activité 2	Identifier les lieux dans le lycée (avec des couleurs)	Pas de variable, seul le plan avec beaucoup d'indices est utilisé
Catégorie Ville		
Activité 3	Se repérer sur un plan de ville	Pas de variable
Activité 4	Localiser les lieux importants avec un quadrillage	Stratégie de recherche avec quadrillage imposée

Table 2. Exemple de variables dans les activités de déplacement

Nom de l'activité	Paramètres de stress							
	bruit		Chronomètre			Obstacle		
	avec	sans	Affichage		Durée	présent	absent	
			Oui	Non	limité	Illimité		

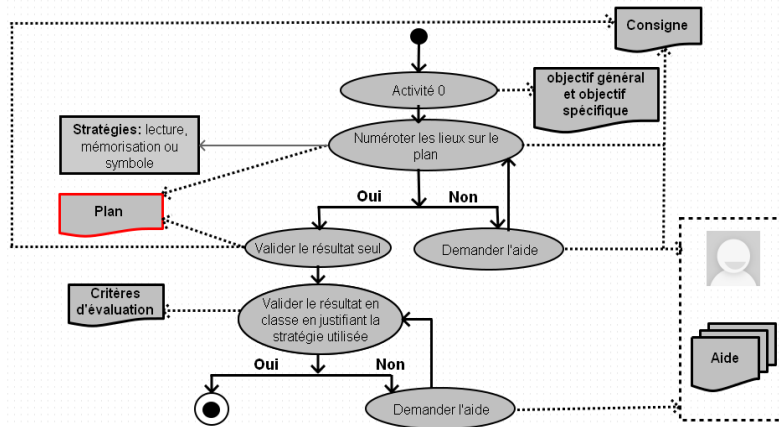


Fig. 1. Catégorie Plan du lycée - Déroulement de l'activité 1(Table1)

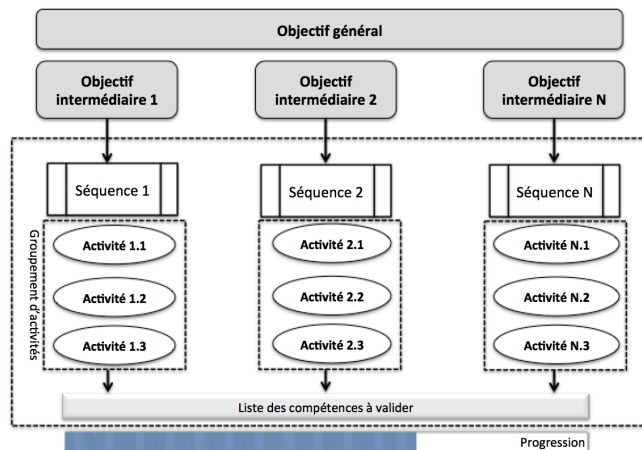


Fig. 2. La structuration du parcours pédagogique

Nous notons que les scénarios spécifiés lors de la phase d'analyse ont pour principale caractéristique d'être évolutifs pour s'adapter aux différentes situations pédagogiques induites par les différents profils et la progression des apprenants (proposer un itinéraire à suivre d'abord avec des indications sonores et/ou visuelles ou sans indication, ajout de bruits dans l'environnement, etc.). Dans les scénarios modélisés, le parcours d'élève répond à un objectif général qui est de se déplacer en autonomie en gérant le stress à l'aide d'un plan et de repères dans l'environnement. Nous avons identifié plusieurs objectifs intermédiaires qui permettront un apprentissage progressif vers cet objectif général (Fig.2). Chaque objectif intermédiaire est composé d'une séquence pédagogique qui est elle-même divisée en activités. Les séquences sont indépendantes les unes des autres, car elles ne répondent pas aux mêmes objectifs intermédiaires. L'ensemble de ces séquences constitue un

groupement d'activités. Ce groupement d'activités est attribué par l'enseignant à un ou plusieurs élèves. Chaque groupement d'activités correspond aux différents niveaux de compétence initiaux des élèves sur le déplacement en autonomie. Nous avons constaté que pour un même objectif, l'enseignant n'évalue pas forcément de la même façon une compétence. Par exemple, pour un même objectif, une même activité peut être utilisée, mais avec des exigences plus ou moins élevées en fonction du handicap et niveau scolaire de l'apprenant. Pour évaluer les progrès des apprenants, un barème est utilisé (acquis, en cours d'acquisition, presque acquis, non acquis) à la place des notes. Cela permet de les situer par rapport à leur livret de compétences. La figure 3 illustre un exemple de parcours pédagogique d'un élève avec les différentes adaptations (changement d'activités, adaptation des objectifs, etc.).

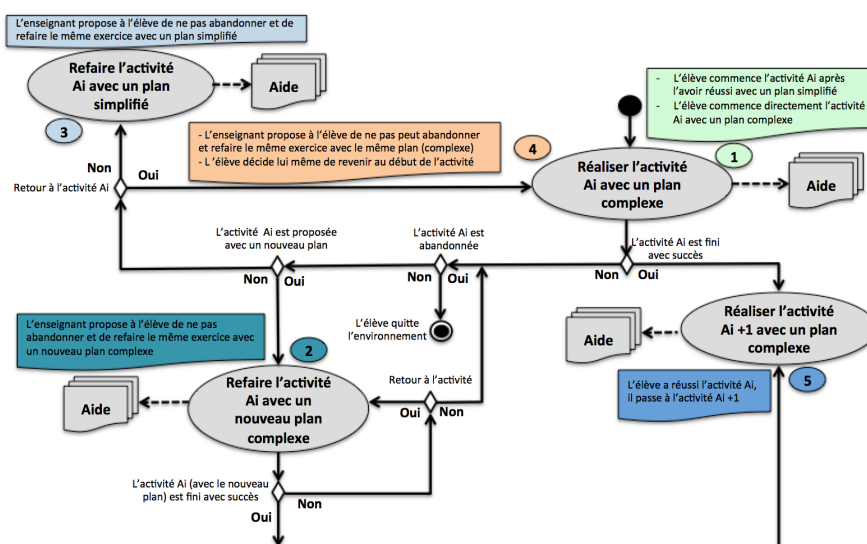


Fig. 3. Déroulement d'un parcours pédagogique conditionné avec un plan complexe

3.3 L'environnement 3D

Suite à cette analyse et modélisation des situations pédagogiques existantes, nous avons proposé un cahier des charges résumant les principales spécifications d'un environnement de réalité virtuelle adapté aux besoins et scénarios spécifiés. Cela a permis de développer un environnement virtuel permettant à l'enseignant de définir des scénarios de déplacement et aux élèves de réaliser les activités en lien avec les objectifs fixés par l'enseignante. Pour réaliser ces activités, l'élève dispose d'une manette de jeu, d'une tablette manipulable et synchronisée affichant un plan 2D, et d'indices visuels (images ou textes) (Fig. 4).

La partie de l'environnement devant permettre à l'enseignant de paramétrer les scénarios pédagogiques selon le profil des apprenants et leur progression pédagogique ainsi que l'enregistrement des résultats et le suivi des apprenants n'a pas pu être encore réalisée à ce jour.



Fig. 4. Capture écran de l'environnement de déplacement 3D

4 Expérimentation

4.1 Protocole d'évaluation

Nous avons mené une expérimentation afin de vérifier si les fonctionnalités et les modalités d'interactions sont bien adaptées aux élèves des classes ULIS et permettent de faire travailler et évaluer facilement une ou plusieurs compétences. Nous avons défini un protocole basé sur deux groupes d'apprenants et quatre étapes : pré-test, test, post-test et analyse des résultats. Au cours de la première étape, l'enseignante a créé deux groupes d'apprenants selon leur profil et les compétences qu'elle souhaitait évaluer. Puis elle a préparé un plan de déplacement (sur papier), les activités à réaliser (durée, objectif) et défini des critères d'évaluation (selon les compétences à tester pour chaque groupe). Elle a ensuite travaillé l'activité de déplacement avec les élèves des deux groupes en classe (plan sur papier). Des grilles³ d'évaluation pour les chercheurs et un questionnaire à destination des élèves ont été élaborés pour la phase de post-test. Le plan et les scénarios de jeu ont ensuite été opérationnalisés sur la tablette et dans l'outil. Au cours de la deuxième étape, chaque groupe d'apprenants joue son scénario de jeu dans l'environnement virtuel. Au cours de chaque partie, l'équipe de chercheurs observe le déroulement de la partie et note ses observations sur la grille d'évaluation. Dans la troisième phase, les chercheurs soumettent un questionnaire aux deux groupes d'apprenants. L'objectif de ce questionnaire est d'avoir le retour des apprenants sur les activités réalisées. Enfin dans une dernière phase, les chercheurs ont procédé à une analyse des résultats et défini des éléments d'améliorations de l'environnement virtuel.

³ <http://www-lium.univ-lemans.fr/~oubahssi/ARVAD/docs/grille1.pdf>

4.2 Expérimentation et résultats

Cette expérimentation a été menée avec neuf élèves âgés entre 15 et 18 ans. Avec l'enseignante, nous avons organisé les apprenants en deux groupes selon les capacités et les compétences de chacun. Le tableau 3 montre un aperçu des profils de chaque groupe. L'expérimentation avait pour objectif d'évaluer la faisabilité et l'utilisabilité de l'environnement virtuel. Une grille d'évaluation et un questionnaire à destination des apprenants ont été élaborés en fonction des objectifs de l'expérimentation (Table 5). Côté apprenants, on souhaitait vérifier comment se faisait la perception des contenus à l'écran (visibilité, affichage, texturage), la perception des contenus sur tablette et le lien entre la tablette et l'écran principal.

Table 3. Profil des groupes d'élèves participants à l'expérimentation

<i>Groupe</i>	<i>Effectif</i>	<i>Capacités et compétences</i>
1	4	Accès difficile à la lecture ou compréhension très difficile des consignes. Utilisation de pictogrammes essentiellement
2	5	Accès à l'écrit et comprenant une consigne simple

Au cours de l'étape de test, chaque groupe a réalisé 3 séries de scénarios de la même activité « se déplacer d'un point A à un point B », mais avec une variante différente selon le groupe (avec aide visuelle pour le groupe 1 et avec des indications textuelles pour le groupe 2) (Table 4). Les compétences à évaluer n'étaient pas les mêmes pour les deux groupes. Par exemple, parmi les compétences à évaluer pour le groupe 1, on peut citer : « je sais aller d'un point A à un point B sur le plan de la tablette sans indices », « je sais aller d'un point A à un point B en utilisant l'aide visuelle dans l'environnement virtuel ». Il a été demandé à chaque apprenant d'étudier individuellement le plan sur une tablette (la reproduction de celui qui avait été joué en classe) et d'expliquer ce qu'il devait faire puis il devait jouer sa partie dans l'environnement virtuel. L'équipe du projet observait le déroulement et questionnait l'élève à la fin de la partie sur la base du questionnaire prévu et notait des observations sur la grille d'évaluation.

Table 4. Séries de déplacement pour les deux groupes

<i>Séries</i>	<i>Descriptif</i>
1	Même point de départ et d'arrivée du plan sur papier
2	Un nouveau point de départ et d'arrivée
3	Un nouveau point de départ et d'arrivée sans indications

L'analyse des résultats du questionnaire soumis aux apprenants et de la grille d'évaluation remplie au cours du test a permis de vérifier certains critères d'utilisabilité de l'environnement de manière empirique tels que la mémorisation du fonctionnement, la possibilité d'apprendre à utiliser le système, le sentiment de satisfaction [25]. Pour ce faire nous avons défini des objectifs adaptés à chaque groupe (Table 5). Il leur était proposé de demander une aide externe (aux membres de l'équipe du projet menant l'expérimentation) et il leur était possible de faire afficher dans l'espace un repère sur la tablette pour les aider à se situer. Le temps et la

distance parcourue étaient mesurés de façon à évaluer l'efficacité selon le mode d'utilisation.

Table 5. Liste des objectifs de l'expérimentation (Groupe 1)

O1	L'élève arrive à se repérer facilement sur le plan (tablette)
O2	L'élève arrive à se déplacer facilement dans l'environnement
O3	L'élève arrive à visualiser les indices (image, pictogramme) facilement
O4	L'élève arrive à faire le lien global entre la tablette et l'environnement de RV
O5	L'élève arrive à se déplacer grâce à l'aide visuelle dans l'environnement de RV
O6	L'élève arrive à faire le lien entre le positionnement dans le monde 3D et le positionnement sur la tablette (savoir mettre en œuvre)

Les apprenants des deux groupes ont réussi à se déplacer dans l'environnement virtuel et à réaliser les séries d'activités (seul un apprenant peu familier avec le joystick a eu quelques difficultés au cours de la première série). Ils sont tous arrivés à se repérer facilement sur la tablette (tracer le parcours demandé). Ceux qui n'utilisaient pas le lien avec la tablette, exploraient de manière aléatoire l'environnement pour leur première tentative de recherche du point d'arrivée et se servaient ensuite de l'aide visuelle ou textuelle et de leur mémoire pour repérer des objets et mener à bien les autres séries de déplacement. Le temps de réalisation de l'activité et la distance parcourue étaient variables selon les apprenants sans être directement corrélés à l'utilisation des différents types d'aide proposés (d'un rapport de 1 à 3 pour le temps, les écarts étant moindre pour la distance). On a ainsi observé des temps de parcours et distance parcourue plus élevés pour la série 1 (phase d'apprentissage) et la série 3 (aucune aide fournie dans l'environnement). Les résultats du test et du questionnaire ont permis de vérifier la bonne perception des contenus dans l'environnement et sur la tablette ainsi que la facilité d'utilisation et la satisfaction des apprenants.

5 Conclusion et perspectives

Ce travail visait à proposer un environnement d'apprentissage exploitant la réalité virtuelle et des modèles à base de scénarios pouvant être adaptés aux situations pédagogiques dans le contexte d'une classe ULIS. Nous avons développé notre propre environnement plutôt que de réutiliser des environnements existants qui auraient certes offert de meilleurs retours visuels, mais qui n'auraient pas permis de développer nos modèles de scénarios adaptables. La solution produite est authentique, mais dans une réalité simplifiée qui peut être complexifiée selon le profil d'apprentissage de l'élève et favorise la répétition qui est un ressort pédagogique important pour ce public d'apprenants. L'effort à fournir pour l'opérationnalisation reste encore semi-automatique pour déployer un nouveau scénario, l'enseignant devant paramétrer des variables dans des fichiers textes. L'expérimentation a validé la faisabilité et l'utilisabilité de la partie apprenant. Il reste à développer un éditeur qui facilitera la conception ou le simple paramétrage de scénarios dans des

environnements différents (labyrinthes simples ou ville en 3D) et le suivi des différents parcours par les enseignants et de manière réflexive par les élèves (applicable à plusieurs environnements, quelque soit le domaine ou le type de la simulation à jouer). Les prochaines expérimentations devraient permettre d'évaluer les interfaces et l'utilisabilité du côté enseignant ainsi que l'efficacité de l'apprentissage. L'objectif sera également de répondre aux lacunes constatées dans les environnements basés sur ces technologies notamment en ce qui concerne le suivi des apprenants et l'adaptation des scénarios par les enseignants en fonction des profils et des situations d'apprentissage.

Remerciements. Nous remercions Laval Agglomération qui a financé ce travail de recherche au travers de projet ARVAD. Nous remercions également l'équipe pédagogique et les élèves de la classe ULIS du Lycée Buron de Laval qui ont contribué à ce projet.

Références

1. ASH02, 2011.: Troubles des fonctions cognitives – pistes pédagogiques, - Enseigner - Aux élèves en situation de handicap - En unité d'enseignement - http://ash.ia02.ac-amiens.fr/IMG/article_PDF/Troubles-des-fonctions-cognitives-pistes-pdagogiques_a220.pdf.
2. Barot, C.: Scénarisation d'environnements virtuels. Vers un équilibre entre contrôle, cohérence et adaptabilité. Thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne, 2014.
3. Bossard, C., Kermarrec, G., Buche, C., et Tisseau, J.: Transfer of learning in virtual environments : a new challenge ? *Virtual Reality*, Volume 12 ; pp 151–161. 2008.
4. Botella C., Banos R., Villa H., Perpina C., and Garciapalacios A.: Virtual reality in the treatment of claustrophobic fear: A controlled, multiple-baseline design, *Behavior Therapy*, vol.31, 2000, pp. 583-595.
5. Broomfield J. and Dodd B.: Children with speech and language disability: caseload characteristics. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 39 3: 303-324. 2004.
6. Campos E., Granados A., Jiménez S., and Garrido J.: Tutor Informatico: Increasing the Selfteaching in Down Syndrome People, *Computers Helping People with Special Needs*, 2004, p. 629–629.
7. Carpentier, K.: Scénarisation personnalisée dynamique dans les environnements virtuels pour la formation, Thèse de doctorat de l'Université de Compiègne, 2015
8. Chaabouni M, Piau-Toffolon C, Laroussi M, Choquet C.: Indexing learning scenarios by the most adapted contexts : An approach based on the observation of scenario progress in session. The 15th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies – ICALT 2015, Hualien (Taiwan), p.39-43, 6-9 July 2015.
9. Chen, C. J., Toh, S. C., & Wan, M. F. (2004). The theoretical framework for designing desktop virtual reality-based learning environments. *Journal of Interactive Learning Research*, 15 (2), 147-167.
10. Chen, C.J., and Teh, C.S.: Enhancing an instructional design model for virtual reality based learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, 2013.
11. Conde A., de Ipiña K., Larrañaga M., Garay-Vitoria N., Irigoyen E., Ezeiza A., and Rubio J.: LAGUNTXO: a rule-based intelligent tutoring system oriented to people with

- intellectual disabilities , Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective, 2009, p. 186–195.
12. De Gasparo, S., Mezzarobba, D., et Wallet, M. : L'enjeu d'une problématique qui intègre des indicateurs qualitatifs pour la gestion des risques psychosociaux. Colloque de l'Association internationale de Sécurité sociale, juin 2007. Athènes.
 13. Diamond A. and Goldman-Rakic P.S.: Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piagets AB task: Evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex, *Experimental Brain Research*, vol. 74, 1989, p. 24–40.
 14. Lahav, O and Mioduser, D. : Multisensory virtual environment for supporting blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping, orientation, and mobility skills » 4th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech., Veszprém, Hungary, 2002.
 15. Lourdeaux, D. : Réalité Virtuelle et Formation : Conception d'Environnements Virtuels Pédagogiques. Thèse de doctorat, 2001, Ecole des Mines de Paris.
 16. Manly T., Anderson V., and Nimmo-Smith I.: The differential assessment of childrens attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 42, Nov. 2001, pp. 1065-1081.
 17. Marion, N. : Modélisation de scénarios pédagogiques pour les environnements de réalité virtuelle d'apprentissage humain. Thèse de doctorat de l'Université Européenne de Bretagne. Mai 2010.
 18. Mody M., Studdert-Kennedy M., and Brady S. : Speech perception deficits in poor readers: auditory processing or phonological coding?, *Journal of experimental child psychology*, vol. 64, Feb. 1997, pp. 199-231.
 19. Oubahssi L., Piau-Toffolon C., Clayer J.P., Kammoun F. :Design and operationalization of patterns: Case of a training situation of personal assistance for public in professional integration. ICSoft 2013, Reykjavik(iceland), 29-31 July 2013, p.488-495
 20. Parfitt L., Jo J., and Nguyen A.: Multimedia in Distance Learning for Tertiary Students With Special Needs, *ASCILITE, Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, Citeseer, 1998, p. 561–569.
 21. Querrec, R. : Apprentissage de procédures en environnements virtuels. HDR, Université de Bretagne Occidentale (UBO). 2010
 22. Sehaba K., Estraillier P., Lambert D. : Interactive Educational Games for Autistic Children with Agent-Based System, 4th International Conference on Entertainment Computing (ICEC'05), number 3711 in *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 422–432, Springer. September 2005, Sanda, Japan.
 23. Sehaba K., Hussaan A.M. : Adaptive serious game for the re-education of cognitive disorders. *AMSE Journals, Advances in modelling, series Modelling C (Special issue on Handicap) 73(3): 148-159. 2013.*
 24. Tadjine, Z. Oubahssi, L. Toffolon, C. Iksal S. : Learning Scenarios' Operationalization: A Process based on Ontology and Patterns. *CSEDU - 7th International Conference on Computer Supported Education, Lisbonne (Portugal), 23 - 25 May 2015. p.139-147.*
 25. Tricot A., Plégat-Soutjis F., Camps J-F., Amiel A., Lutz G., Morcillo A. : Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH , *Actes de la Conférence « Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Strasbourg, 2003, p. 391-401.*
 26. Trinh, T.-H., Querrec, R., Loor, P. D., and Chevaillier, P. (2010). Ensuring semantic spatial constraints in virtual environments using UML/OCL. In *VRST'2010 : Proceedings of the 2010 ACM symposium on Virtual reality software and technology.*