



Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH

Simulation, réalités virtuelles et augmentées pour les apprentissages professionnels

Du dimanche 2 au vendredi 7 juillet 2006 à La Grande Motte

Cours 1.1

*Simulation, Réalité virtuelle et augmentée pour
l'apprentissage : un panorama introductif*

Michelle Joab, Jean-Marie Burkhardt



Simulation, Réalité Virtuelle et Augmentée pour l'apprentissage : un panorama introductif

M. JOAB³ & J-M. BURKHARDT^{1,2}

¹Unité d'Ergonomie, Université Paris 5, 45 rue des Saints-Pères, 75006 Paris

²Projet EIFFEL, INRIA, Rocquencourt, BP 105, 78153, Le Chesnay, cedex, France

³LIRMM, Université Montpellier 2, 161 rue Ada, 34392 Montpellier cedex 5

Michelle.Joab@lirmm.fr

jean-marie.burkhardt@univ-paris5.fr

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

1

Plan

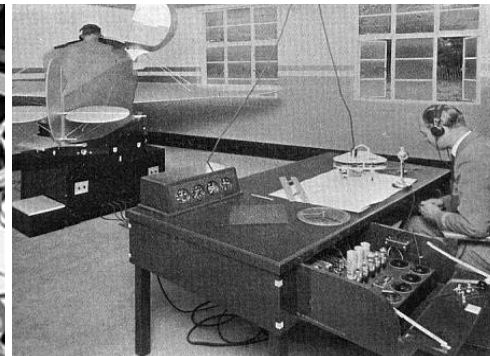
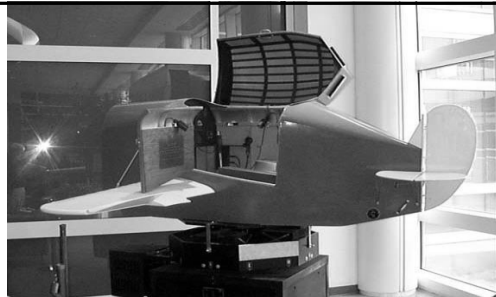
- 1. Bref historique
- 2. Contextes et motivation
- 3. Définitions
- 4. Fonctionnalité pour l'apprentissage
 - EVA et simulateurs : éléments et contraintes de conception
 - Patrons actuels
- 5. Perspectives

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

2

1. Bref historique

E. Link (1929) : 1er simulateur pour l'apprentissage du vol avec instrument



Sensorama
(Heilig, 1956)



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

5

Sketchpad
(Sutherland, 1963)



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

6

Ultimate Display
(Sutherland, 1966-67)



- > Asservissement vue-mouvement
- > Point de vue à l'intérieur d'un espace virtuel

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

7



M. Monroe, LIG EPFL - Lausanne

Agents humanoïdes virtuels autonomes, vie artificielle...

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

8

Ultimate TM

The Palace

SpinKart -FTR&D)

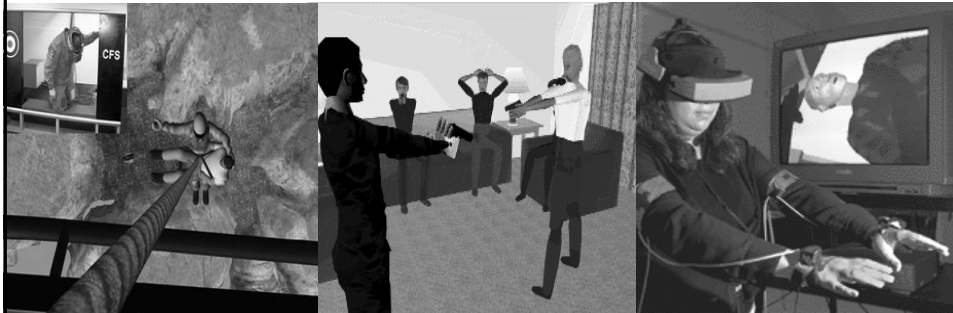
Jeux de rôles, mondes multi-utilisateurs, EV collaboratifs

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006 9

2. Contexte & motivation

Arguments pour la simulation (1)

- Coût, disponibilité, accessibilité, risque
 - Simuler/contrôler l'environnement
 - Tâches non faisables en réel par l'apprenant
 - Faire faire sans risque



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

11

Arguments pour la simulation (2)

- Simplification de la situation d'apprentissage
 - Réduire la complexité de la situation
 - Enrichir la situation :
 - Modification des paramètres spatiaux et/ou temporels
 - Présentation d'indices/information non perceptible
 - Réification, i.e. fournir une représentation concrète (objet, matière) de concepts ou de données abstraites
 - Immersion, combinaison d'information multimodale

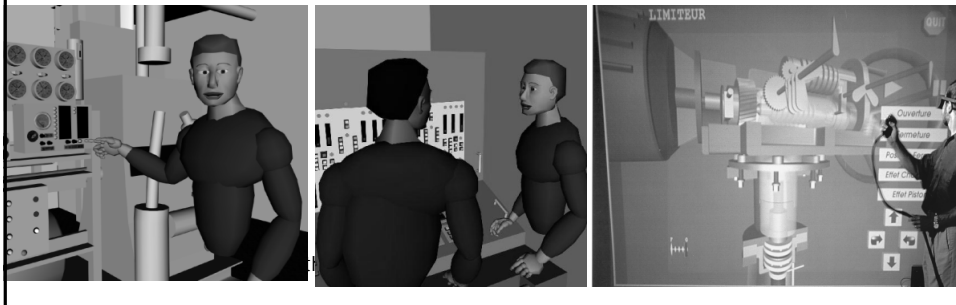


La C

12

Arguments pour la simulation (3)

- Assistance aux activités d'apprentissage
 - Adapter (rythme, connaissance, style)
 - Guider
 - Expliquer
 - Feedback
 - Rejouer, soutenir le debriefing...



Difficultés/ risques

Attrance pour l'esthétique, le réalisme graphique, etc.

⇒ fidélité des comportements d'apprentissage attendus et contribution à l'atteinte d'objectifs de formation précis

Hyper-focalisation sur l'apprenant, au détriment du formateur et de la situation de formation

⇒ fonctionnalités liées aux besoins et contextes d'usages de tous les utilisateurs, e.g. formateurs

Tendance à assimiler la simulation à la situation réelle

⇒ Transferts +/-, facteurs, variable didactiques

Difficultés/ risques (2)

Tendance à voir l'apprentissage comme simple exposition à un contenu/environnement

=> Hypothèses, rôle, tâche, processus mis en oeuvre

=> méthode pour accompagner et valider les choix la conception

Tendance à faire l'impasse sur les travaux « anciens » et les apports d'autres disciplines

=> Apprentissage, développement des compétences, situations didactiques, ergonomie, informatique pédagogique, etc.

Principales technologies / disciplines impliquées aujourd'hui

- Infographie et synthèse d'image ;
- Robotique et télé-opération ;
- Simulation temps réel;

- Ergonomie ;
- Psychologie, Physiologie ;
- Informatique pédagogique ;
- Didactique

3. Définitions

Simulation pour l'apprentissage

- Imitation, faire « comme si »...
- Toute situation pédagogique où des apprenants doivent tenir un rôle et agir en conséquence, dans le cadre d'un scénario extrait généralement du monde réel
- Forme ternaire
 - briefing
 - acquisition, entraînement
 - debriefing, évaluation, prise de conscience

Scénarios

- Scénario pédagogique: définit une situation d'apprentissage en précisant au minimum un couple /situation initiale/ – tâche
- Tâche d'apprentissage : tâche confiée à l'apprenant à partir de cette situation initiale
- Scénario de simulation : situation initiale + script d'événements dont l'occurrence est programmée en fonction de la tâche à apprendre/exercer
- Remarque : l'absence de scénario de simulation ne signifie pas absence d'activité pédagogique; un formateur peut tirer parti de la situation courante ou agir sur la simulation en cours en créant une nouvelle situation pour proposer une nouvelle tâche à réaliser.

Logiciel de simulation

- Logiciel reproduisant le comportement d'un système en se basant sur un modèle du système référent;
- Les entrées de l'utilisateur (modifications de variables, actions) influencent l'exécution de la simulation
- peut être associé à des artefacts reproduisant l'apparence/le comportement d'éléments impliqués dans la situation simulée => simulateurs

Simulateur

- Simulateur ? simulation
- Artefact physique associé à un logiciel de simulation
- fournit des moyens de contrôle de la situation
- ne représente pas la situation dans son exhaustivité sous peine de devenir réel (Gagné, 1962)

- Pleine échelle / partiel
- Entraîneurs
 - Système
 - Procédure
 - Habiletés sensorimotrices
 - Tactique
 - Stratégique

Réalité Virtuelle (1)

« three-dimensional data set describing an environment based on real-world or abstract objects and data »

Blade & Padgett, 2002

« Domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs (...) »

Fuchs, 2006

Réalité Virtuelle (2)

- *Virtuel* : potentiel, possible, en puissance
- *Réalité*: existence effective, caractère de ce qui est réel
- Synonymes nombreux
 - Réalité(s) Virtuelle(s)
 - Cyber-espace,
 - Environnement Synthétique,
 - Monde Numérique,
 - Réalité Artificielle,...

Environnements Virtuels (1)

- Parfois synonyme de Réalité virtuelle
- An artificial environment that the user interact with (Blade & Padgett, 2002)
- An approach to human-machine system design that seeks to produce (to varying degrees) a sense of « immersion » or « presence » within a computer-generated or synthetic environment (Hettinger & Haas, 2003)

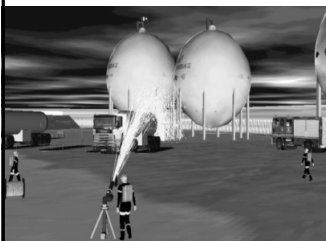
Environnements Virtuels (2)

- Systèmes interactifs visant à permettre à un ou plusieurs utilisateurs d'interagir avec la simulation numérique d'objets de scènes et de personnages, généralement en 3 dimensions, par le biais d'un ensemble de technologies couvrant une ou plusieurs modalités perceptives ou motrices (vision, geste, toucher, kinesthésie, ouïe...)

Environnements Virtuels (3)

Trois idées fortes:

- Interaction dans un espace à 3 Dimensions
- Flexibilité pour représenter l'information selon de multiples formats et points de vue
- Ré-introduction corps, perception, motricité



Paradigmes principaux (1)

- S(t)imulation perceptive / interaction en temps réel avec un monde qui semble réaliste via les multiples canaux sensoriels et moteurs de l'Homme (vision, toucher, odorat, goût,...)

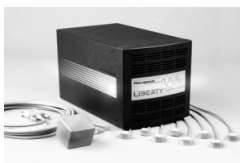
=> immersion perceptive et motrice

=> technologies immersives

Technologies immersives

(1) Interfaces de positions et de mouvements

- capteurs de localisation –traqueurs
- gants et combinaisons de données
- Interfaces de locomotion



Technologies immersives

(2) Interfaces visuelles

- Vision monoscopique sur écran
- Vision stéréoscopique mono-écran
- Casque d'immersion
- CAVE



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

29

Technologies immersives

(3) Interfaces proprioceptives ou cutanées

- Retour tactile
- Retour thermique
- Retour d'effort
- Simulation de mouvement

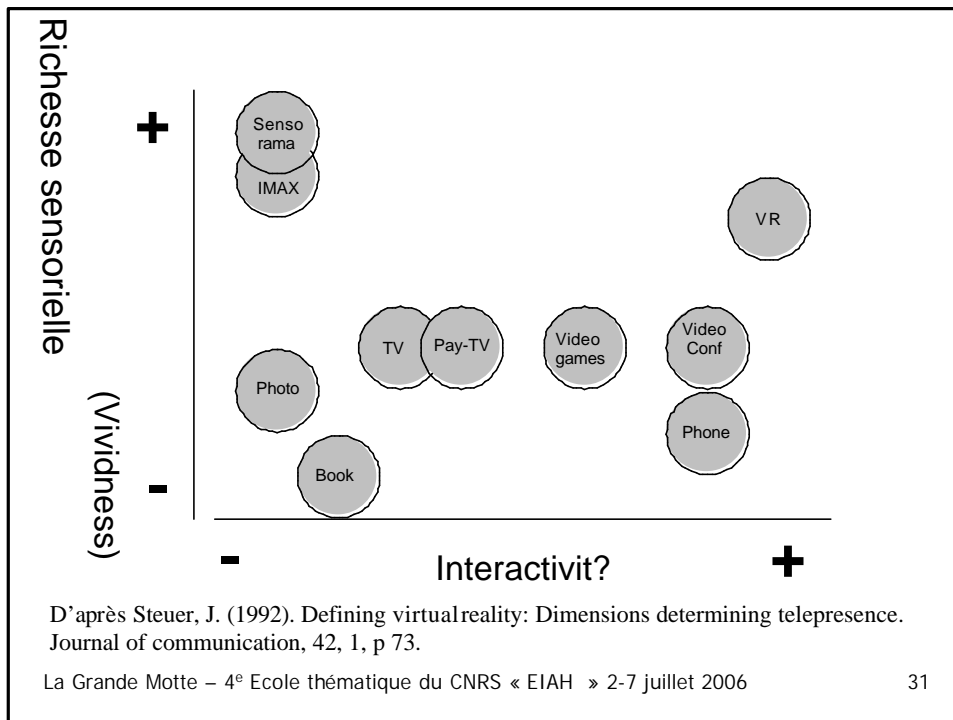


(4) Interfaces sonores

- Son 3 D
- Commande vocale

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

30



Paradigmes principaux (2)

- Applications ayant pour objectif de reproduire, par calcul et aussi fidèlement que possible, le comportement d'objets ou d'êtres vivants interagissant en temps réel avec un utilisateur à travers un ou plusieurs sens

=> simulation, avatars, vie artificielle

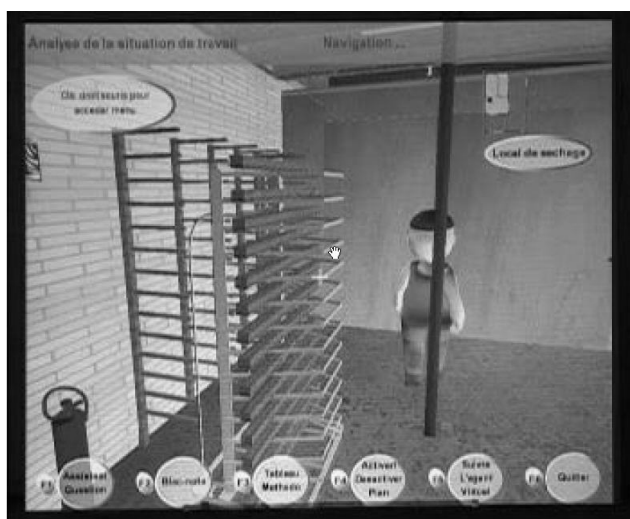
Paradigmes principaux (2)

- Applications ayant pour objectif de reproduire, par calcul et aussi fidèlement que possible, le comportement d'objets ou d'êtres vivants interagissant en temps réel avec un utilisateur à travers un ou plusieurs sens

=> simulation, avatars, vie artificielle

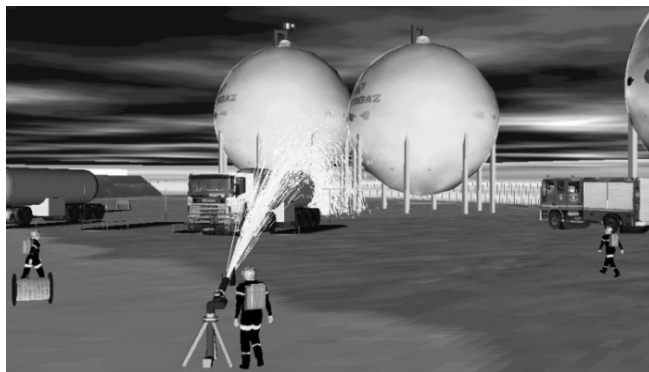
=> agents aux fonctions variées

Agent autonome - acteur



EVICS - INRS

Agents symboliques & agents autonomes « compères »



Securévi - ENIB - CERV

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

35

Agent autonome - tuteur



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

36

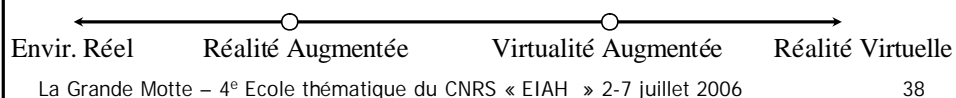
Paradigmes principaux (3)

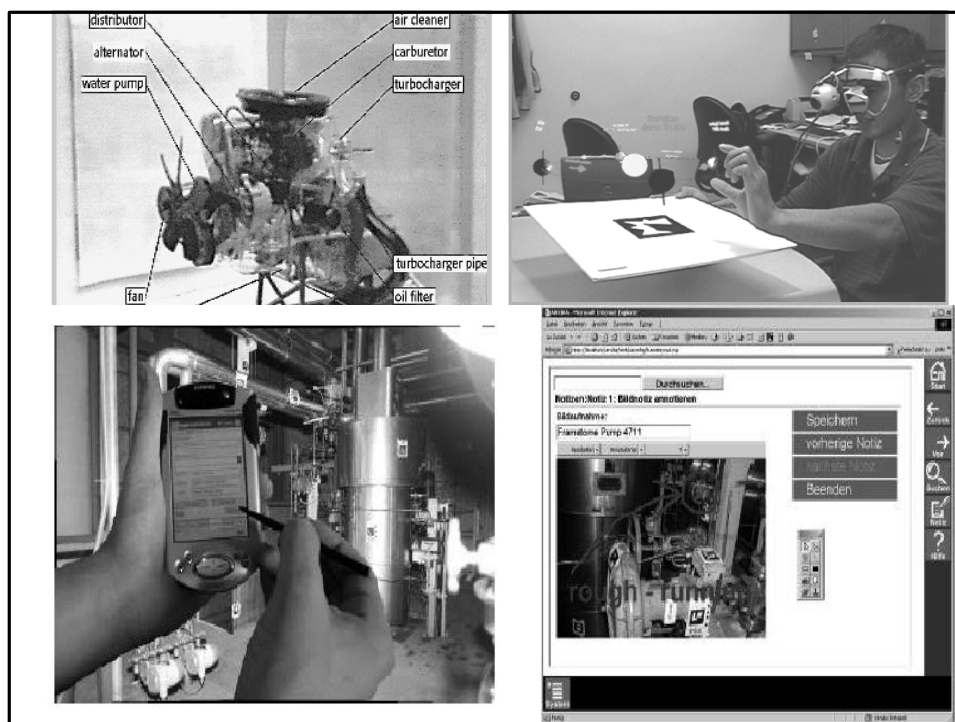
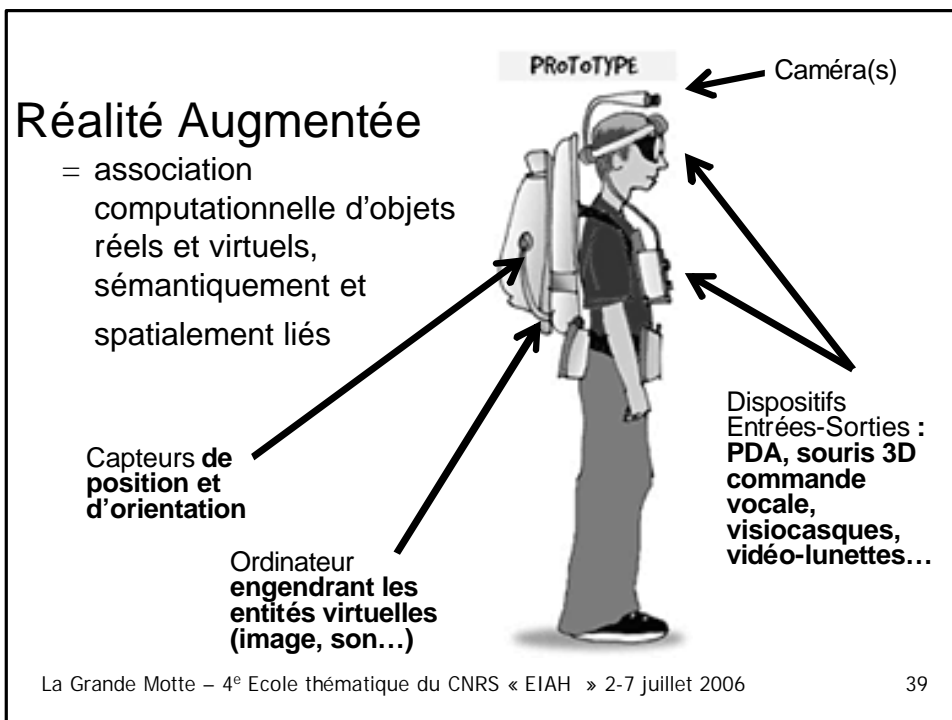
- Applications permettant à plusieurs utilisateurs de communiquer, construire, agir et contrôler les paramètres d'un monde plus ou moins imaginaire de façon interactive

=> text-based VR, réalité virtuelle éducative, MUD,MOO

Réalité augmentée, mixte etc

- Réalité augmentée : forme spécifique d'interaction homme-machine (IHM) fondée sur l'association sémantique et spatiale d'objets réels et virtuels (Caudell & Mizell, 1992).
- Réalité améliorée (Ryan, Pascoe, & Morse, 1998)
- Mediated reality (Mann & Barfield, 2003)
- Réalité mixte: continuum réel-virtuel (Milgram & Kishino, 1994)



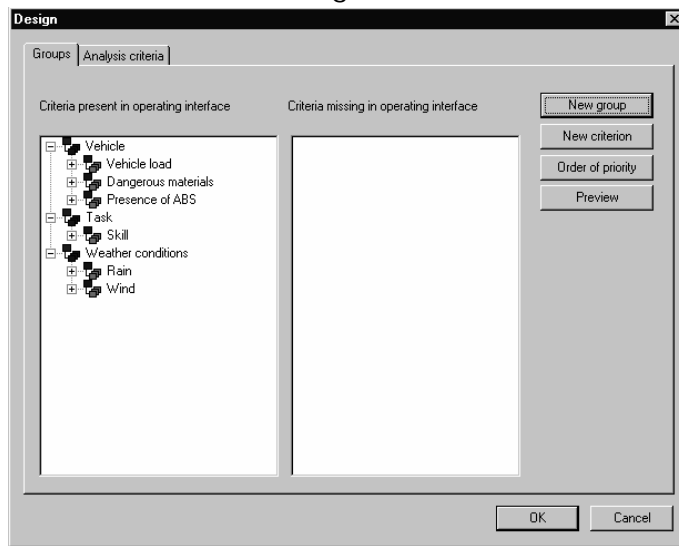


4. Fonctionnalités

Fonctionnalités instructeur (1)

- Création de scénario
- Exécution de scénario (en vue de le tester)
- Enchaînement de scénarios
 - Définir des objectifs d'apprentissage
 - Définir les contextes d'apprentissage
 - Définir une progression

Le logiciel CREX

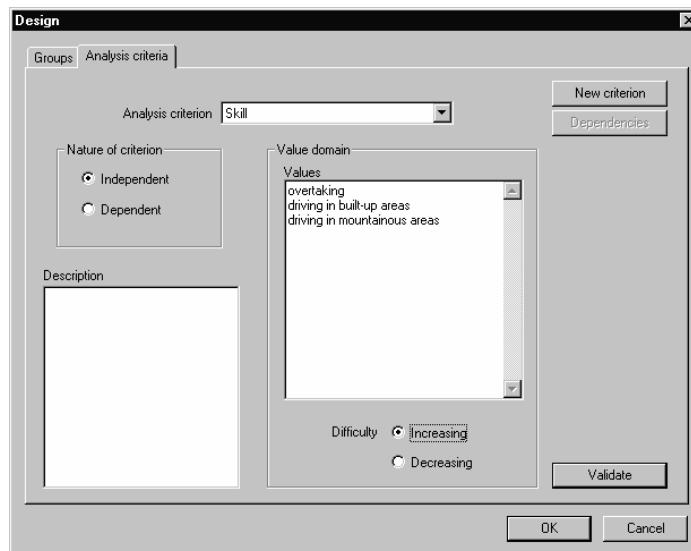


M. Joab, O. Auzende, M. Futtersack, P. Le Leydour : ITEC 2000

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

43

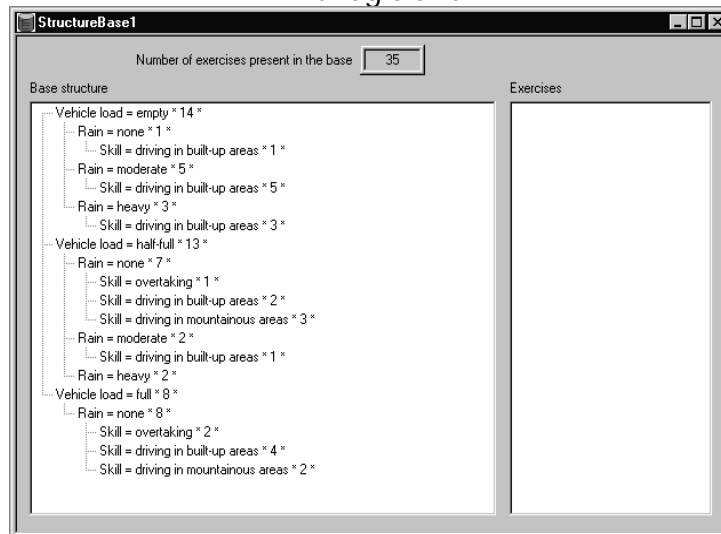
Le logiciel CREX



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

44

Le logiciel CREX



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

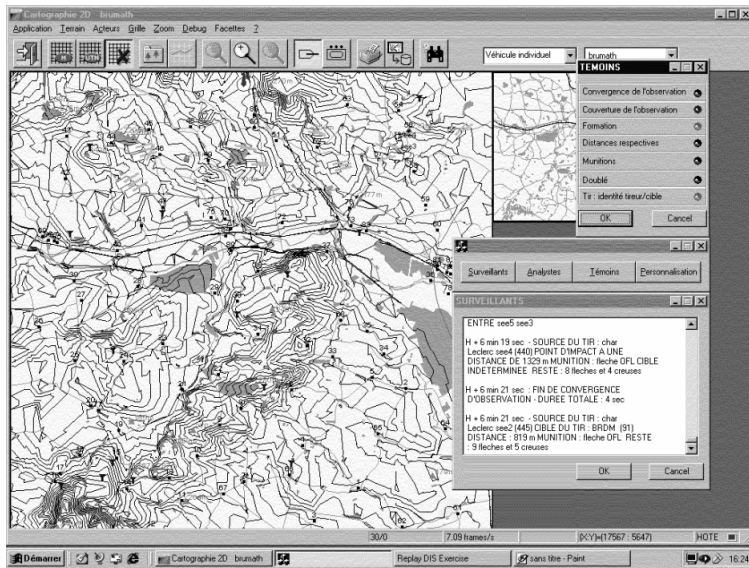
45

Fonctionnalités instructeur (2)

- Supervision de l'activité du stagiaire
 - Traces : copies d'écran en vue du débriefing
 - Évaluations automatiques de l'activité
- Modification du scénario
 - en injectant de nouveaux événements
 - Replanification opportuniste
- Communications avec stagiaire (instructeur joue un rôle dans la simulation)

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

46



ALARME : M. Joab, O. Auzende, M. Futersack, B. Bonnet, P. Le Leydour : ITS 2002

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

47

SPEP

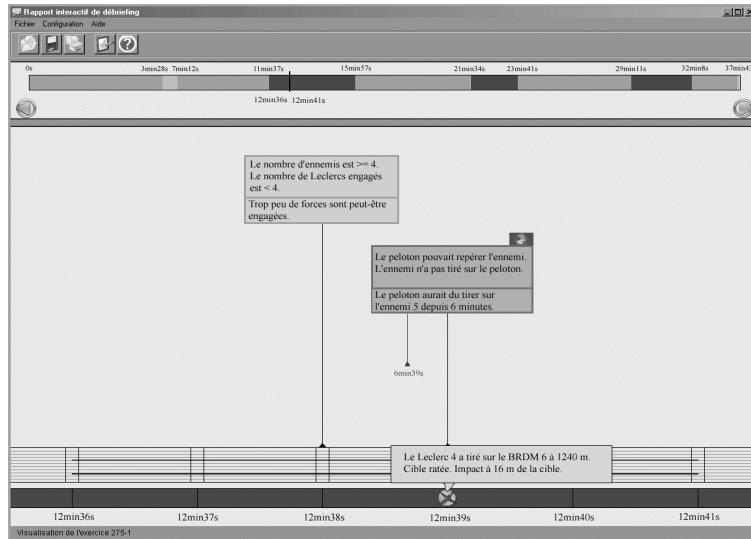


Crew-Platoon Training Simulator for the Leclerc M8T

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

48

SPEP

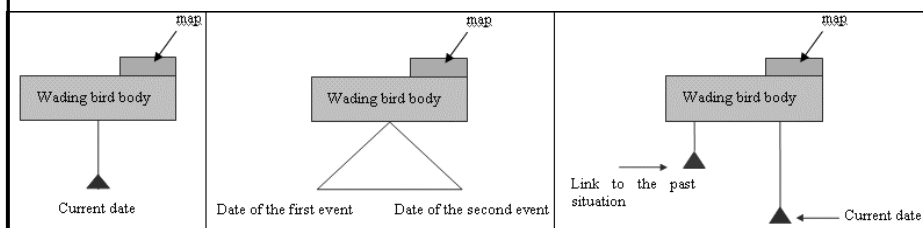


CALIE 04: O. Auzende, M. Joab, F. Rivière, P. Le Leydour, M. Fattersack

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

49

Navigation temporelle dans SPEP



CALIE 04: O. Auzende, M. Joab, F. Rivière, P. Le Leydour, M. Fattersack

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

50

Evaluation automatique

- Plusieurs niveaux d'évaluation
 - Opérateur, tactique, stratégique
- Appui sur l'analyse des actions du stagiaire
 - Actions manquantes
 - Actions inutiles
 - Actions erronées

Fonctionnalités apprenant

- Résolution guidée
- Résolution autonome
- Explications en cours de résolution
- Correction d'erreurs
- Conseils sur la marche à suivre

Contraintes des environnements d'apprentissage fondés sur la simulation

- Le simulateur (ou la simulation préexiste).
- Les observables
 - Trace des actions de l'apprenant
 - Trace de la simulation
- Niveau de granularité de la simulation
 - Entités individuelles
 - Reconstituer le contexte de la situation pédagogique
 - Groupes d'entités
 - Le contexte est présent dans le scénario

Contraintes des environnements d'apprentissage fondés sur la simulation

- La situation pédagogique est définie par les instructeurs/ formateurs a priori.
 - Le « plein échelle » a de nombreux usages pas toujours justifiés
 - Apprentissage de manœuvres
 - Apprentissage de savoirs-faire de base
 - Apprentissage de situations complexes pour l'entraînement

Dimensions des projets (1)

- Finalité & critères de succès du projet
 - Recherche
 - R&D
 - Commercialisation
- Configuration d'utilisateurs envisagée
 - Apprenant seul (mono-utilisateur)
 - Plusieurs apprenants
 - Apprenant(s) + formateur(s)
- Contraintes de mobilité et d'implantation physique
 - Fixe, transportable, mobile
 - Local, distant

Dimensions des projets (2)

- Technologie employée
 - Simulateur et poste physique à l'échelle
 - Machines graphiques et visualisation haute-qualité interactions multimodales, équipements et développements spécifiques
 - Micro-ordinateur et dispositifs RV commerciaux
 - Micro-ordinateur et équipement standard (clavier-écran-souris)
- Orientation fonctionnelle vis-à-vis de l'apprenant
 - utilisation et interaction dans le cadre des tâches prévues
 - paramétrage et ajout d'éléments à l'intérieur de l'environnement
 - spécification et construction du monde virtuel

Configuration-types d'EVA

- Patrons pas stabilisés (17 EVA, Burkhardt et al. 2005)
- Parmi les points à enrichir
 - Fonctions
 - Rôle/statut de l'erreur
 - Rétroactions

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

57

Patron I: EVTutorat (version a & b)	
Domaine formation ciblée préférentiellement	Apprentissage geste, comportement, procédur e
Paramétrable par appren	Non
Représentation appren.	a) Humanoïde b) aucune, partie du corps, out il & partie du corps
Modalités impliquées	a) Vision seule b) Vision, son & haptique
Dispositifs interaction	Capteurs, plate-forme mv't etc. si non souris 3D, souris PC, joystick etc.
Dispositif visualisation	Casque
Rétroaction	Non, Interaction
Guidage	Non



La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du

FIACRE (SNCF)

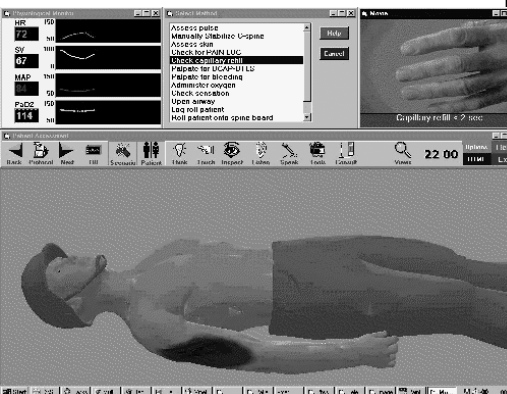
Patron II : EV Activité en groupe supervisée	
Domaine formation ciblé préférentiellement	Commandement, prise de décision, gestion de crise ; apprentissage scolaire
Paramétrable par appren.	Oui
Représentation appren.	Humanoïde, outil + humanoïde
Modalités impliquées	Vision/ Son
Dispositifs interaction	Souris PC, spacemouse, joystick
Dispositif visualisation	Grand Ecran
Rétroaction	Apprentissage
Guidage	Oui, NSP

La Grande Motte – 4^e Ecole théma

SECUREVI (ENIB CERV)

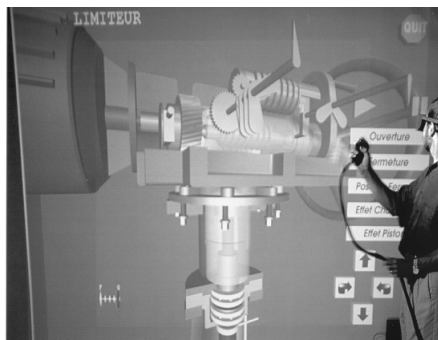
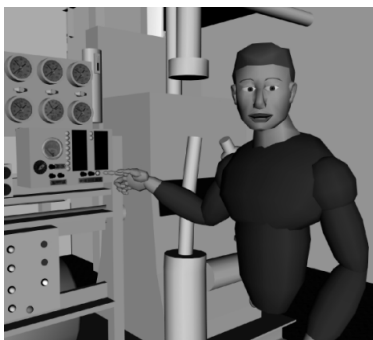
Patron III : EV Support Cours	
Domaine formation ciblé préférentiellement	Visualisation, apprentissage méthode de diagnostic
Paramétrable par appren.	Non
Représentation appren.	Outil
Modalités impliquées	Vision seule
Dispositifs interaction	Souris 3D, souris PC
Dispositif visualisation	Grand Ecran
Rétroaction	Interaction, Interaction + apprentissage
Guidage	Oui

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS «

Patron IV : EV Auto-formation	
Domaine formation ciblé préférentiellement	Visualisation, apprentissage méthode de diagnostic
Paramétrable par appren.	Non
Représentation appren.	Outil
Modalités impliquées	Vision/ Son
Dispositifs interaction	Souris PC
Dispositif visualisation	Ecran PC
Rétroaction	Interaction
Guidage	Oui
	
La Grande Motte – 4 ^e Ecole thématique du	

Approches pédagogiques

Approches traditionnelles affirmatives (expositive /interrogative)



USC - SOAR Training Expert for EDF - robinet virtuel industriel
Virtual Environment (STEVE)

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

62

Approches pédagogiques (2)

Approches centrées sur l'activité



SécuRévi (ENIB)



FIACRE (SNCF)

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

63

Approches pédagogiques (3)

Approche cognitive et sensorimotrice



VTT (CLARTE – AFPA)

La Grande Motte – 4^e Ecole thématique du CNRS « EIAH » 2-7 juillet 2006

64

5. Conclusions & perspectives

Les EV d'Apprentissage aujourd'hui

- **Diversité des applications pédagogiques**
 - usages
 - configurations techniques particulières
 - configurations socio-pédagogiques
- **Jeunesse relative du domaine**
 - Utilité
 - Utilisabilité
 - Hypothèses
 - Stéréotypes

Simulations et Apprentissages professionnels

- Beaucoup d'environnements cousu-main
 - Difficultés pour prendre connaissance du domaine
 - Difficultés à exploiter le savoir-faire acquis
- Quelques classes qui émergent
 - Connaissances de référence
 - Représentation du temps essentielle
- Adaptation à l'environnement technique pré-existant

Environnements Virtuels pour l'Apprentissage : de l'image d'Epinal à la réalité des usages et des configurations socio-techniques

Jean-marie Burkhardt

Université Paris 5
& INRIA-Eiffel
Lab. d'Ergonomie Informatique
45, rue des Saints Pères
75 006 Paris
Jean-Marie.Burkhardt@univ-
paris5.fr

Domitile Lourdeaux^{1,2}

¹Université de Technologie de
Compiègne
Laboratoire Heudiasyc - UMR
CNRS 6599
Compiègne 60205, France
²École des Mines de Paris,
CAOR
Paris 75006, France
domitile.lourdeaux@utc.fr

Flore Lequatre

Université Paris 5
Lab. d'Ergonomie Informatique
45, rue des Saints Pères
75 006 Paris

RESUME

Cet article présente une étude sur la réalité des usages et des configurations socio-techniques actuels des Environnements Virtuels d'Apprentissage. Les résultats portent sur les caractéristiques de 17 Environnements Virtuels d'Apprentissage (EVA) recensés au moyen d'une méthodologie par questionnaire, entretiens et examen des données issues de la littérature. Le questionnaire a été diffusé entre mai et juillet 2004. Des analyses statistiques descriptives permettent de faire apparaître quatre principaux patrons représentant les tendances actuelles observées en ce qui concerne la conception des EV pour l'apprentissage selon le type de configuration pédagogique. Chaque patron privilégie certains choix en ce qui concerne les dispositifs d'interaction, la représentation de l'utilisateur, les rétroactions proposées et le guidage offert. Les limites et les perspectives d'exploitation de ces résultats sont ensuite discutées.

MOTS CLES : 3D et réalité virtuelle, technologies d'apprentissage, ergonomie, étude de l'existant

ABSTRACT

This paper describes a survey on the use and the socio-technical configurations of Virtual Environment for Training and Education (VET/E). The characteristics of 17 VET/E were collected based on a questionnaire, interviews and data in the literature. The questionnaire was sent between may and july 2004. Descriptive statistics of the data enable us to suggest four main patterns of current design of VET/E thanks to the pedagogical and use

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. IHM 2005, September 27-30, 2005, Toulouse, France. Copyright 2005 ACM X-XXXXX-XXX-X/XX/XXXX \$5.00

configuration. Each pattern favours specific alternatives in terms of the interaction devices, users' representation, users' feedback and offered guidance. The limits and perspectives of this work are finally discussed.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: H.1.2 [Users/Machine systems]: Human Factors; D.2.11 [Software Engineering]: Patterns.

GENERAL TERMS: Design, Human-Factors

KEYWORDS: 3D and Virtual Reality, Learning Technology, Ergonomics, Field Survey

INTRODUCTION

Les Environnements Virtuels (EV) sont des systèmes interactifs particuliers visant à permettre à un ou plusieurs utilisateurs d'interagir avec la simulation numérique d'objets et de scènes, en trois dimensions, généralement réaliste, par le biais d'un ensemble de techniques informatiques couvrant une ou plusieurs modalités sensorielles (vision, toucher, kinesthésie ouïe,...). Les premiers développements d'Environnements Virtuels d'Apprentissage (EVA) remontent aux années 90. Pour un exposé large de la technologie et du domaine, voir par exemple [2].

Cet article présente une étude sur la réalité des usages et des configurations socio-techniques actuelles des EVA. En effet, au delà des défauts d'utilisabilité documentés e.g. [5], un aspect problématique aujourd'hui est consécutif au manque d'usage et de précédents, bref à la jeunesse relative d'un domaine qui commence à sortir des laboratoires. Ainsi, dans les entreprises comme chez les chercheurs désirant investir le domaine des EVA, la vision est souvent peu claire, brouillée par la multitude des configurations possibles et la prégnance de quelques images d'Épinal concernant les configurations types de dispositifs utilisés (notamment casque + gant) et des si-

tuations d'usage (l'auto-formation, où l'interaction apprenant-environnement virtuel est la seule considérée communément). Il en découle potentiellement des défauts du point de vue de l'utilité des EVA produits notamment en termes des fonctionnalités qui sont proposées pour l'apprentissage et la formation. Le problème est probablement renforcé du fait qu'il s'agit de systèmes dédiés à l'apprentissage humain, plutôt qu'à l'assistance de l'expert à la réalisation de sa tâche. Même si les travaux et les synthèses récents offrent certaines clefs théoriques ou méthodologiques pour une conception ergonomique de tels systèmes e.g.[1], une approche complémentaire pour enrichir la conception réside dans l'étude comparative des dispositifs existants [3]. C'est cette perspective qui est adoptée afin de contribuer à doter le domaine des EVA d'une certaine formalisation des usages et des configurations de dispositifs utilisés qui soit exploitable pour la conception. Outre que cette formalisation n'existe pas aujourd'hui, l'originalité de notre approche est de croiser trois dimensions : (1) le domaine, renvoyant à la nature des compétences et connaissances à acquérir ciblée par la formation avec l'EVA ; (2) le domaine pédagogique renvoyant aux fonctions et à la configuration formateur/formée où prend place l'exploitation de l'EV ; (3) les choix techniques décrivant l'EV lui-même, notamment en ce qui concerne l'interaction avec l'utilisateur. Dans la suite, nous présentons l'étude et les résultats des analyses statistiques descriptives sur les données recueillies. Nous en déduisons quatre principaux patrons représentant les tendances actuelles observées en ce qui concerne la conception des EV pour l'apprentissage selon le type de configuration pédagogique. Dans la dernière partie, les limites et les perspectives d'exploitation de ces résultats sont discutées.

UNE ETUDE DES USAGES ET DES CONFIGURATIONS SOCIO-TECHNIQUES DES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS D'APPRENTISSAGE

Cette étude cible les « usages » actuels en matière d'EVA. Elle vise à mettre en évidence leurs caractéristiques récurrentes en termes de configurations technologiques, des usages pédagogiques, des domaines de tâche ou des compétences à apprendre concernés, des retours spécifiques sur l'expérience de cet usage, etc.

La méthodologie choisie est le questionnaire associé éventuellement à des entretiens d'approfondissement, de façon à répondre à plusieurs contraintes, dont :

- a) toucher le plus grand nombre de réalisations actuelles dans le domaine des environnements virtuels pour l'apprentissage ;
- b) proposer un cadre d'analyse commun des différents Environnements Virtuels ainsi identifiés ;
- c) permettre un recueil de données ciblé et rapide en regard des nos objectifs d'analyse transversale ;

- d) permettre l'adjonction de nouvelles données au fur et à mesure de leur recueil.

Matériel

Le questionnaire comprend 16 questions ciblant les caractéristiques générales et les dimensions pédagogiques EVA inspirées pour partie de celles développées dans [1]. Elles ont plutôt été transcrites sous forme de questions fermées, afin de minimiser le temps nécessaire pour remplir le questionnaire. Toutefois, des questions ouvertes sont utilisées pour affiner et préciser qualitativement certains aspects de l'analyse. Un guide d'entretien, permettant le cas échéant de compléter les informations recueillies au moyen du questionnaire, a été élaboré pour approfondir 3 aspects : la dimension apprenant, la dimension pédagogie et apprentissage, enfin les caractéristiques de la technologie et des configurations exploitées.

Recueil des Données

Le questionnaire a été diffusé entre mai et juillet 2004, sur les listes de diffusion ErgoIHM, Interactif et Reverie, ainsi que par envoi direct aux interlocuteurs déjà identifiés. Après réception du questionnaire rempli, les personnes ont été contactées pour un entretien plus approfondi quand cela était nécessaire.

Les données concernant 17 EV ont actuellement été exploitées. Ces données proviennent de (a) onze questionnaires renvoyés, dont un comprenait des données pour trois EV différents ; (b) trois entretiens, dont un portait sur 3 EV différents ; (c) l'observation et la visite de 4 EV ; (d) des données concernant 3 EV ont été recueillies à travers des articles publiés.

Méthode d'Analyse

Les questions n'ayant pas été comprises par tous les participants ou n'ayant pas donné lieu à des réponses précises ou auxquelles certains n'ont pas répondu, ont été écartées. Au total, 11 variables correspondant au codage direct des réponses aux questions ont été retenues chacune ayant de 3 à 6 modalités. Ces variables ont été croisées deux à deux, puis nous avons analysé les taux de liaison¹ et le V2 de Cramer². Les questions et le détail des analyses sont dans [4].

¹ Les taux de liaison (TDL) sont des écarts relatifs à l'indépendance. Ils s'obtiennent par la comparaison entre les données observées et celles qui auraient été obtenus si les deux facteurs étudiés étaient indépendants. Il y a attraction lorsque le taux de liaison est positif (les données observées sont supérieures à celles théoriques).

² Le V2 de Cramer se calcule à l'aide du phi 2 divisé par le phi 2 max. Phi 2 max est la plus petite dimension du tableau moins 1. Phi 2 est le résumé, la moyenne des taux de liaison du tableau. Le V2 de Cramer est lié aux valeurs

RESULTATS

Domaines aujourd'hui concernés et rationalités de la conception des Environnements Virtuels pour l'Apprentissage

Tous les EV examinés concernent la formation professionnelle (15/17 EVA), à l'exception de deux dont l'un concerne la réhabilitation médicale pour des patients atteints du syndrome d'Asperger, et l'autre le domaine éducatif. Parmi les EV développés pour la formation professionnelle en particulier, 9 sont développés avec une orientation industrielle. 6 sont par ailleurs développés dans un contexte dans lequel apparaît la dimension voire l'orientation recherche. Les rationalités de la conception sont multiples et complémentaires. On peut les regrouper à travers 6 grands axes.

Mettre en situation quand la situation réelle ne le permet pas (13/17 EVA). Les arguments, de nature différente, sont ceux assez classiques de la simulation :

- (a) le coût économique ;
- (b) la réalisation de tâches critiques sans danger pour soi ou autrui ;
- (c) la simulation des scénarios et des conditions rares.

Simplifier la situation d'apprentissage (9/17 EVA). Les types de simplification rencontrés sont par exemple :

- (a) l'ajout ou la superposition d'information sous différentes formes, e.g. la démonstration des tâches à effectuer, l'assistance à la demande, etc ;
- (b) la commande/réalisation symbolique des actions non directement pertinentes pour les objectifs d'apprentissage ciblés, actions dont la réalisation effective n'est pas demandée à l'apprenant ;
- (c) la variation isolée d'un paramètre et le maintien constant des autres conditions de la situation pour simplifier la compréhension des effets.

Segmenter l'apprentissage (9/17 EVA). La segmentation en étapes où en modules repose, par exemple, sur :

- (a) les sous-étapes de la tâche à apprendre ;
- (b) la progression pédagogique ; par exemple, une progression d'exercice en difficulté croissante par accroissement du nombre de paramètres à contrôler, ou encore le niveau décroissant de guidage offert à l'apprenant pour mener à bien sa tâche ;

Laisser faire- exploiter les erreurs (8/17 EVA). Certains EVA ne permettent pas l'erreur, c'est-à-dire que le guidage et les possibilités d'actions sont tels que seules les

actions autorisées sont réalisables. D'autres délivrent immédiatement un « message d'erreur » dès lors qu'une action non autorisée est tentée. Enfin d'autres encore, éventuellement suivant le choix du formateur, laissent l'apprenant s'engager dans un cheminement erroné, ce qui peut aller jusqu'à la démonstration de l'effet éventuel de certaines erreurs. La politique vis-à-vis des erreurs est cependant variable, même à l'intérieur d'un même EVA : d'une part, elle peut parfois être adaptée en temps réel par le formateur, et n'est donc pas systématiquement préprogrammée ; d'autre part, des choix didactiques ou pédagogiques peuvent amener à traiter différemment l'erreur suivant son type. Enfin, les erreurs peuvent également être traitées par le formateur sans passer par le système, par exemple, au moment du débriefing lorsque le formateur fait réfléchir verbalement les stagiaires sur leurs erreurs pour les amener à trouver des solutions. Les stratégies adoptées quant aux conséquences de l'erreur sur la poursuite de la tâche- exercice en cours diffèrent également. Dans certains cas, les apprenants doivent recommencer jusqu'à ce que la décision soit adaptée à la situation. Dans d'autres, l'apprenant peut faire des erreurs, mais s'il atteint un certain taux d'erreur, il doit revenir à une phase précédente de la formation. Enfin, c'est parfois le formateur qui intervient dans l'EV par l'intermédiaire d'un avatar pour aider l'apprenant.

Prendre conscience du rôle des paramètres de la situation simulée et les maîtriser (8/17 EVA). Les paramètres concernés dépendent du contenu ciblé par la formation.

Familiariser avec une situation, un contexte (7/17 EVA). Dans notre échantillon, il s'agit de montrer, d'une part, des phénomènes impossibles à visualiser dans la réalité ; d'autre part, il s'agit de faire visualiser des bâtiments pour se les approprier avant de les intégrer.

Loin de l'image d'Epinal, des Configurations faisant une Place importante au Formateur et ciblant autant l'Apprentissage Individuel que Collectif

L'image médiatique classique de la Réalité Virtuelle (des Nouvelles Technologies généralement) pour l'apprentissage comme outil pour l'auto-formation est d'emblée battue en brèche. Les situations pédagogiques réelles (ou prévues dans le cas de projet en cours) impliquent en effet un formateur dans presque 100 % des cas (16/17 EVA). Côté apprenant, les systèmes se répartissent approximativement par moitié entre ceux où un apprenant individuel est concerné à la fois (8/17 EVA) et ceux s'adressant à un collectif d'apprenants. Le nombre d'apprenants varie de 2 à 20 stagiaires (médiane = 11) ; parmi ces systèmes, la moitié s'adresse à un groupe compris entre 7 et 12 apprenants.

Considérons à présent la situation d'usage dans son ensemble incluant les différents acteurs apprenant et formateur. Deux configurations socio-techniques sont plus fré-

des taux de liaison ainsi qu'à la taille du tableau. Compris entre 0 et 1, la liaison est considérée forte pour $V2 > 0.16$, faible pour $V2 < 0.04$, intermédiaire entre les deux.

quentes dans notre échantillon, représentant chacune environ 1/3 des environnements examinés. La première se décrit du point de vue pédagogique par la présence d'un formateur et de plusieurs apprenants et, du point de vue de l'implantation, par plusieurs postes (6/17). La seconde correspond aux situations de tutorat en mono-poste (6/17). Les autres situations, par exemple l'auto-formation en mode mono poste, sont représentées de façon unique. Il existe une liaison forte entre la configuration physico-spatiale de la formation et la configuration pédagogique (V2 cramer = 0.6076).

Une Relation forte entre la Nature de la Formation ciblée et la Situation Pédagogique mise en place

L'analyse statistique montre un lien fort (V2 Cramer =.3076) entre, d'une part, le type de compétences ciblé par la formation et, d'autre part, le type de configuration pédagogique adoptée avec l'EVA. Ainsi, lorsqu'il s'agit de formation dont l'objectif est la visualisation de situations ou de phénomènes éventuellement associée à l'apprentissage d'une méthode de diagnostic, les configurations pédagogiques adoptées aujourd'hui sont de deux types : d'une part, l'auto-formation et, d'autre part, la situation en groupe de type " cours " où l'EV est essentiellement un outil de démonstration contrôlé par le formateur. A l'inverse, lorsqu'il s'agit de formation concernant le geste ou le comportement, la configuration pédagogique exploitée est plutôt de type " tutorat ", impliquant un seul apprenant et un formateur (ou plus). Enfin, deux types de formations adoptent plutôt une configuration pédagogique où plusieurs apprenants sont en interaction entre eux et avec le système, en présence d'un formateur : d'un côté les formations portant sur le commandement la gestion de crise, la prise de décision ; de l'autre côté, l'apprentissage scolaire.

Modalités sensorielles exploitées (vision et son principalement, parfois haptique) et dispositifs d'interaction sont liés à la configuration pédagogique

Tous les EV de l'échantillon exploitent la modalité visuelle, généralement associée au son (12/17 EVA) voire au son et l'haptique (1/17 EVA). Un peu moins du 1/4 des EV exploite uniquement la modalité visuelle en sortie. Un lien fort existe entre la configuration pédagogique et les modalités sensorielles exploitées (V2 cramer =0.1615). L'analyse des taux de liaisons suggère :

- (a) en situation d'auto-formation, les EVA exploitent plutôt 2 modalités (visuelles et auditives) en sortie ;
- (b) les EV ayant la fonction de support de cours pour le formateur privilégient la seule modalité visuelle ;
- (c) dans la configuration 1 apprenant en présence d'un ou deux formateurs, deux tendances coexistent : soit l'EV exploite trois modalités (visuelle, auditive et haptique), soit il exploite la seule modalité visuelle.

- (d) lorsque plusieurs apprenants interagissent avec le système et le formateur, les modalités exploitées sont plutôt les modalités visuelle et auditive.

Un lien fort existe aussi avec les dispositifs d'interaction utilisés (V2 Cramer =.3875) :

- (a) en auto-formation, la tendance consiste à proposer une souris PC à l'apprenant ;
- (b) lorsque l'EV est un outil-support du formateur, les dispositifs d'interaction proposés au formateur sont de deux types : la souris 3D, d'une part, et la souris PC, d'autre part.
- (c) dans les situations pédagogiques où l'apprenant est seul avec un ou deux formateurs, les dispositifs d'interaction sont plutôt autres que ceux dédiés à la navigation : outils spécifiques, capteurs de localisation ou de mouvement etc.
- (d) dans les situations impliquant plusieurs apprenants en interaction et un formateur, la tendance est plutôt d'utiliser une souris PC, ou bien un dispositif à support fixe de type Space-mouse ou joystick.

Il y a enfin une relation forte entre les dispositifs de visualisation utilisés et la configuration pédagogique (V2 cramer =.1730) L'analyse des taux de liaisons suggère :

- (a) dans deux configurations, celle de l'auto-formation et la configuration où interagissent plusieurs apprenants et un formateur, le dispositif de visualisation pour les apprenants est plutôt de type écrans PC.
- (b) En configuration cours donné par le formateur, le dispositif utilisé est plutôt un grand écran.
- (c) En configuration 1 apprenant 1 ou 2 formateur(s), le type de dispositif utilisé serait plutôt le casque ou les lunettes stéréoscopiques.

Le type de représentation/avatar de l'apprenant dépend de la nature de la formation et de la situation pédagogique mise en place

Dans plus de la moitié des EV (9/17 EVA), l'apprenant est représenté par un avatar humanoïde dans l'EV. Dans 7 cas sur 17, il peut être représenté par un outil (flèche, torche, rayon de désignation, etc). Dans moins d'1/3 des cas, il est représenté par une partie du corps (5/17 EVA), en général une main. Enfin, dans 3 cas, le formateur est également figuré dans l'EV. Dans la suite, nous nous focalisons sur les représentations de l'apprenant.

Il existe une liaison forte entre, d'une part, le type de représentation de l'utilisateur-apprenant-- et, d'autre part, le type d'objectifs ou de compétences ciblé par la formation (V2 Cramer =.3460). Les combinaisons les plus rencontrées dans l'échantillon sont, d'un côté, l'avatar humanoïde associé aux formations de type commandement, prise de décision, et gestion de crise, (4/17 EVA) et, de

l'autre côté, la représentation au moyen de l'outil dans la formation à la visualisation de situations- phénomènes (3/17 EVA). L'analyse des taux de liaison montre que :

- (a) dans les formations où l'objectif est la visualisation de phénomène associé à l'apprentissage d'une méthode de diagnostic, on a tendance à ne pas utiliser d'avatar ou alors plutôt des outils (e.g. flèche) ;
- (b) lorsque la formation porte sur l'apprentissage de gestes ou de procédure, la tendance est plutôt à l'utilisation d'une partie du corps (e.g. main), ou à associer un outil et une partie du corps ;
- (c) dans les situations de formation au commandement, à la gestion de groupes etc., on a plutôt tendance à utiliser des avatars humanoïdes ou, encore, une combinaison d'outils et d'avatars humanoïdes ;
- (d) enfin, pour l'apprentissage scolaire, des avatars humanoïdes sont plutôt utilisés.

Il existe également une relation forte entre le type d'avatar- représentation de l'utilisateur et la configuration pédagogique (V2 Cramer =0.2889). Les attractions franches montrent les spécificités de cette relation :

- (a) en auto-formation, ou lorsque l'EV est un outil-support de cours exploité par un formateur face à un groupe de stagiaires, l'utilisateur a plutôt tendance à être représenté par un outil (flèche) ;
- (b) dans une situation d'apprentissage individuelle impliquant un apprenant en présence d'un ou deux formateurs (s), plusieurs solutions tendent à être exploitées pour l'apprenant : l'absence de représentation, la représentation par une partie du corps (main), la représentation par la combinaison d'un outil et d'une partie du corps ou, enfin, la représentation par un avatar humanoïde ;
- (c) dans une situation d'apprentissage en groupe où plusieurs apprenants interagissent en présence d'un formateur, l'apprenant a plutôt tendance à être représenté soit par un avatar humanoïde, soit par un outil combiné avec un avatar humanoïde.

Rétroactions d'interaction, d'apprentissage et guidage liés aux objectifs et à la situation pédagogique

Les rétroactions (ou « feedback ») dans les EVA se distinguent notamment suivant leur objectif. Il peut s'agir soit de renseigner l'apprenant sur la prise en compte de son action par le système, ce qui renvoie à l'acceptation classique de la notion dans le domaine de l'ergonomie des logiciels (« feedback d'interaction »). Il peut s'agir d'autre part de renvoyer une information choisie spécifiquement pour avoir un effet sur l'apprentissage (rétroaction- feedback d'apprentissage). Divers types de rétroaction d'apprentissage coexistent : rétroaction *corrective*, suite à une erreur de l'apprenant, rétroaction *positive* délivrée suite au succès dans la réalisation d'actions ou le

franchissement d'étapes considérées comme importantes dans le cadre de la progression de l'apprentissage, rétroaction de *guidage* ayant pour objectif de guider l'apprenant dans la réalisation de la tâche qu'il est en train de réaliser, etc.

La plupart des EVA utilisent des rétroactions (14/17), le cas le plus fréquent étant la combinaison de rétroactions d'interaction et d'apprentissage (6/17). Un peu moins d'1/3 (5 /17) utilise les seules rétroactions d'interaction. Pour aller plus loin, on constate une liaison forte entre le type de rétroaction exploité et le type d'objectifs ciblés par la formation (V2 Cramer = .2788) :

- (a) les formations dont l'objectif est la visualisation de situations, phénomènes et l'apprentissage du diagnostic ont tendance à utiliser de façon mutuellement exclusive soit des rétroactions d'interaction, soit des rétroactions d'apprentissage ;
- (b) les formations ciblant l'apprentissage de geste ou de procédures ont tendance à ne pas utiliser de rétroaction ; toutefois si elles en utilisent, ce sont des rétroactions d'interaction couplées à des rétroactions d'apprentissage ;
- (c) enfin, les formations à la gestion de groupe et à la prise de décision ont une tendance à utiliser des feedbacks d'apprentissage.

Il existe une liaison forte entre la configuration de la formation et la présence de rétroaction (V2 Cramer =0.1653). L'analyse des attractions fortes montre que :

- (a) En situation d'auto-formation, le type de feedbacks apporté à l'apprenant a plutôt tendance à être des feedbacks d'interaction.
- (b) En situation de cours donné par un formateur à un groupe d'apprenants, deux approches coexistent : soit plutôt des rétroactions d'interaction seules, soit la combinaison des rétroactions d'interaction et d'apprentissage
- (c) En configuration de formation individuelle impliquant 1 apprenant avec un ou deux formateurs, tous les types de rétroaction sont utilisés, mais deux tendances ressortent : soit, il n'y a pas de rétroaction, soit il y a des rétroactions d'apprentissage.
- (d) Lorsque plusieurs apprenants interagissent en groupe avec un formateur, il n'y a aujourd'hui plutôt pas d'information sur les éventuels feedbacks.

La fonction de guidage est présente dans plus de la moitié des EVA(10/17) de notre échantillon. Elle concerne tous les types de formation sauf l'apprentissage scolaire. Il existe une relation forte entre la présence ou non de guidage et le type d'objectifs ciblé par la formation (V2 cramer=.2646). L'examen des taux de liaison souligne deux attractions majeures. D'une part, les formations ciblant la visualisation et l'apprentissage d'une méthode

de diagnostic, ont tendance à l'utilisation du guidage pour aider l'apprenant ; d'autre part, dans les formations pour l'apprentissage de geste, la tendance est à l'inverse plutôt de ne pas apporter de guidage à l'apprenant. En outre au-delà de ces deux attractions, la présence ou au contraire l'absence de guidage se répartit de façon similaire dans les autres types de formation. Par ailleurs, l'examen croisé de la configuration pédagogique et de la présence de guidage dans l'environnement suggère que le guidage est beaucoup utilisé dans les configurations pédagogiques de type 1 apprenant – 1 ou 2 formateurs (5/17 EVA) ainsi que dans la configuration de type activité de plusieurs apprenants avec 1 formateur (3/17 EVA).

QUATRE PATRONS POUR RESUMER LES USAGES ET LES CONFIGURATIONS ACTUELS

Les 17 EVA examinés dans cette étude permettent de dresser une première cartographie des systèmes associés à l'apprentissage et de leurs propriétés. La mise en correspondance des relations constatées entre variables fait ressortir quatre patrons principaux présentant les tendances ainsi observées pour la conception des EVA.

Le premier met en scène un apprenant et un (ou deux) formateurs pour lequel il nous semble intéressant de faire l'analogie avec les modèles de tutorat en apprentissage (Tableau 1). Cette situation renvoie à deux versions, selon que (a) la modalité visuelle est seule impliquée en sortie ou (b) les trois modalités visuelle, auditive et haptique sont combinées. Les deux concernent plutôt des formations concernant l'apprentissage du geste, du comportement ou des procédures.

Patron I : EV Tutorat (version a & b)	
Domaine formation ciblé préférentiellement	Apprentissage geste, comportement, procédure
Paramétrable par appren.	Non
Représentation appren.	a) Humanoïde b) aucune, partie du corps, outil & partie du corps
Modalités impliquées	a) Vision seule b) Vision, son & haptique
Dispositifs interaction	Capteurs, plate-forme mvt etc. sinon souris 3D, souris PC, joystick etc.
Dispositif visualisation	Casque
Rétroaction	Non, Interaction
Guidage	Non

Tableau 1 : EV Tutorat a & b

Les deux versions exploitent plutôt le visio-casque. Quelle que soit la version, l'EVA n'offre pas de rétroaction d'apprentissage, ce qui pourrait s'expliquer par le fait

que, d'une part, le formateur présent en situation prend en charge cette dimension et, d'autre part, la logique de conception est plutôt celle de la simulation et de la recherche de rétroactions analogues à celles de la situation réelle. Enfin, il tend à ne pas y avoir de guidage pour l'utilisateur. Les deux versions diffèrent sur les dimensions sensorielles et motrices impliquées dans l'interaction, sur les dispositifs exploités et au final sur la complexité du système. La première exploite la vision seule ; elle se caractérise par l'usage de dispositifs d'interaction simples allant de la souris PC au joystick en passant par la souris 3D etc. La représentation de l'utilisateur au sein de l'EV tend à avoir la forme d'un avatar humanoïde. La seconde version, plus complexe, combine la vision, le son et l'haptique. Les dispositifs d'interaction sont très variés : capteurs, plate-forme de mouvement, dispositifs haptiques originaux ad hoc. Les représentations de l'utilisateur sur le plan de l'interface sont elles aussi fort variées : aucune représentation explicite, une représentation sous la forme d'une partie du corps associée à un outil (e.g. main + clef), ou une représentation de la seule partie du corps (e.g. main). Cette variété est possiblement liée à la variété des utilisateurs, à l'existence de représentations distinctes suivant la phase de l'apprentissage ; notamment lorsque l'interaction repose directement sur l'information haptique délivrée par le système, il tend à ne pas y avoir de représentation explicite autre que le retour d'effort.

Patron II : EV Activité en groupe supervisée	
Domaine formation ciblé préférentiellement	Commandement, prise de décision, gestion de crise ; apprentissage scolaire
Paramétrable par appren.	Oui
Représentation appren.	Humanoïde, outil + humanoïde
Modalités impliquées	Vision/ Son
Dispositifs interaction	Souris PC, spacemouse, joystick
Dispositif visualisation	Grand Ecran
Rétroaction	Apprentissage
Guidage	Oui, NSP

Tableau 2 : EV Activité en groupe supervisée

Le second patron correspond aux situations d'activité en groupe supervisée où plusieurs apprenants et un formateur interagissent avec et/ou à travers l'EV (Tableau 2). Cette situation est liée de façon privilégiée aux formations au commandement, à la gestion de crise, d'une part et, à l'apprentissage scolaire, d'autre part. Les dispositifs d'interaction exploités dans le cadre d'activités en groupe ont tendance à être plutôt simples (souris PC, joystick, etc.) ; la visibilité étant contrainte par l'activité en groupe, la tendance est à l'exploitation d'un grand

écran. Les utilisateurs sont généralement représentés dans l'EV par un avatar humanoïde, voire un humanoïde avec un outil. On trouve des rétroactions d'apprentissage ; il y a généralement absence de guidage, ou bien cette propriété n'est pas mentionnée.

Patron III : EV Support Cours	
Domaine formation ciblé préférentiellement	Visualisation, apprentissage méthode de diagnostic
Paramétrable par appren.	Non
Représentation appren.	Outil
Modalités impliquées	Vision seule
Dispositifs interaction	Souris 3D, souris PC
Dispositif visualisation	Grand Ecran
Rétroaction	Interaction, Interaction + apprentissage
Guidage	Oui

Tableau 3 : EV Support Cours

Dans le troisième patron, l'EV est une ressource manipulée par le formateur, devant un groupe d'apprenants, en soutien pour l'explication, la démonstration, le questionnement, etc. L'usage pédagogique de référence est le support de cours magistral (Tableau 3). Le support de cours manipulé par le formateur -voire par un apprenant de façon ponctuelle- s'appuie sur des dispositifs d'interaction qui se veulent simples (souris 3D) ou relativement simples (souris PC) d'utilisation ; la présentation de l'information exploite plutôt le grand écran pour une bonne visibilité de l'ensemble des apprenants. Au niveau du monde virtuel figuré, l'utilisateur est plutôt représenté visuellement sous la forme outil (flèche, pointeur, etc.) ; un guidage est généralement proposé et les rétroactions tendent à prendre deux formes : soit elles se restreignent à une rétroaction d'interaction, soit elles comportent une combinaison de rétroaction d'apprentissage et de rétroaction d'interaction.

Patron IV : EV Auto-formation	
Domaine formation ciblé préférentiellement	Visualisation, apprentissage méthode de diagnostic
Paramétrable par appren.	Non
Représentation appren.	Outil
Modalités impliquées	Vision/ Son
Dispositifs interaction	Souris PC
Dispositif visualisation	Ecran PC
Rétroaction	Interaction
Guidage	Oui

Tableau 4 : EV Auto-formation

Enfin, la situation où un apprenant interagit seul avec l'EVA peut être reliée au modèle de l'auto-formation développé précédemment dans d'autres champs des tech-

nologies pour l'apprentissage (Tableau 4). Rappelons que cette catégorie renvoie à un seul EV dans notre échantillon. La formation associée est la visualisation de situations ou de phénomènes éventuellement associée à des méthodes de diagnostic (Ces mêmes formations exploitent aussi le précédent patron). L'auto-formation privilégie des dispositifs d'interaction caractérisés à la fois par un faible coût et une utilisation a priori peu problématique de par leur banalisation dans le quotidien et, acceptable du point de vue des contraintes de visibilité (souris et écran PC). C'est moins l'utilisateur que ses actions ou ses possibilités d'action qui sont représentées au niveau de l'interface sous la forme d'outil (flèche, pointeur, etc.) ; un guidage est proposé et les rétroactions fournies à l'utilisateur concernent l'interaction.

Une dernière dimension caractérise les patrons observés. Il s'agit de la possibilité ou non qui est laissée à l'utilisateur - généralement l'apprenant - de modifier les valeurs de paramètres de contrôle affectant les comportements dans le monde virtuel simulé. Ainsi, la fonctionnalité de paramétrage par l'utilisateur tend à être plutôt observée dans le cas des activités supervisées en groupe. A l'inverse dans les autres, la tendance principale est l'absence de possibilité de paramétrage.

DISCUSSION

Les patrons identifiés dans cette étude ne peuvent pas être considérés comme des solutions stabilisées et éprouvées. En effet, les systèmes d'aujourd'hui sont jeunes, peu de résultats sont accessibles concernant des évaluations empiriques de l'utilité, de l'utilisabilité et de l'exploitation pédagogique réelle des EV actuels. Néanmoins, il faut souligner deux aspects importants de nos résultats : d'une part, les patrons identifiés à travers l'analyse statistique des liens entre variables s'avèrent avoir une pertinence du point de vue du modèle pédagogique sous-jacent à la conception, dans la mesure où une typologie assez classique des situations pédagogiques se retrouve avec une forme de transcription spécifique. D'autre part, les liens soulignés ici et là entre telle propriété et telle contrainte sur l'usage (par exemple le lien entre le type d'écran et la situation pédagogique, ou encore le lien entre la configuration de modalités sensorielles et motrices et l'usage pédagogique dans la situation ciblée) militent pour l'idée d'une cohérence entre les choix opérés, les contraintes de la situation et les objectifs d'apprentissage. Il est probable que le manque d'expérience et de recul affecte dans une certaine mesure les configurations observées, sans que l'on puisse aujourd'hui clairement pointer du doigt sur quels aspects.

L'exploitation de ces patrons dans le cadre de la conception peut permettre d'illustrer et ancrer concrètement la discussion sur des alternatives à envisager et à critiquer dans le contexte des phases initiales d'un projet. Ces

premiers patrons constituent en effet un répertoire de solution-types à considérer selon plusieurs aspects (pédagogique, technique, ergonomique, économique, etc.) au cours de l'analyse du problème à traiter dans le cadre de la conception de tout nouvel environnement d'apprentissage. Pour les utilisateurs ou les concepteurs peu au fait des technologies de la réalité virtuelle, nous pensons qu'ils devraient permettre de limiter l'attrance « naturelle » des discussions vers les seules images d'Épinal de la Réalité Virtuelle, lesquelles sont restrictives et généralement peu productives. Enfin, en tant qu'exemples concrets, ils pourraient faciliter l'intercompréhension entre les différents métiers de la conception : technique, pédagogie, ergonomie etc. Sur le long terme, les patrons décrits aujourd'hui seront probablement modifiés, enrichis et éventuellement recomposés au fur et à mesure du recueil de données.

LIMITES

La première limite de cette étude est le caractère majoritairement francophone des systèmes examinés. Une étude complémentaire menée à un niveau international devrait venir compléter ces premiers résultats. La deuxième est le faible nombre d'EV pour l'apprentissage médical ou chirurgical représenté dans notre échantillon : des contacts sont en cours sur ce point. Il nous semble toutefois que ces limites doivent être relativisées dans le contexte actuel d'absence de données sur les usages et les systèmes développés dans le domaine. De plus, les schémas évoqués précédemment sont une base pour discuter les choix et les alternatives à explorer dans la conception.

REMERCIEMENTS

Cette recherche est partiellement financée par le RIAM, dans le cadre du projet APLG (<http://www.riam.org/Download/APLG.pdf>). Merci aux autres partenaires du projet (AFPA, LIUM-Université du Maine, CS, SNCF, CLARTE, DAESIGN) pour leur contribution et leur soutien, ainsi qu'aux participants à l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Burkhardt, J.-M., Lourdeaux, D. & Mellet d'Huart D. *La conception des environnements virtuels d'apprentissage*. In P. Fuchs & G. Moreau (Coord.) *Le traité de la réalité virtuelle* (Tome 2), pp 207-296. Presses de l'Ecole des Mines, Paris, 2003.
- Fuchs, P & Moreau, G. *Le Traité de la Réalité Virtuelle 2nd ed.* Presses de l'Ecole des Mines, Paris, 2003.
- Kieras, D. E. *Task analysis and the design of functionality*. In A. Tucker (Ed.), *The Computer Science and Engineering Handbook* (pp. 1401-1423). CRC Press Inc., Boca Raton, 1997.
- Lequatre, F., Burkhardt, J.-M, Wolff, M. Bilan des usages et des configurations socio-techniques de 17 Environnements Virtuels d'Apprentissage : une étude par questionnaire. Rapport intermédiaire APLG. LEI : Université Paris 5, 2004.
- Stanney, K.M. (Ed.) *Handbook of Virtual Environment: Design, Implementation, and Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 2002.

ANNEXES : Liste des EV exploités pour l'étude

Dénomination	Descriptif succincte de l'objectif de la formation	Institution/ société
Robinet Virtuel	Diagnostic Dépannage sur robinets industriels (nucléaire)	EDF
Pont Polaire	Communication Gestuelle des Pontiers (nucléaire)	EDF
Simulation Phénomènes Physiques	Visualisation Compréhension des phénomènes physiques (nucléaire)	EDF
Projet RES Réacteur d'essai	Familiarisation avec un nouvel environnement/ nouveau bâtiment.	Pixys SA
EVICS	Prévention Risque chimique	INRS
Projet Interactif – Syndrome d'Asperger	Habilités Sociales	VIRART
Formation à la Décision RV immersive	Formation Intervenant en premiers secours	Vrlab MIRALab
Simulateur Feux de Forêts	Commandement lutte contre feux de forêts.	EMI
Commandement pompiers	Commandement des pompiers	GVU Center
Concept d'Instruction à la Maintenance	Tâches de maintenance d'un char	GIAT Industries
MASCARET	Entraînement à la réalisation collaborative de procédures en environnement complexe	ENIB-CERV
SécuRéVi	Formation à la gestion opérationnelle pour les officiers sapeur-pompiers	CERV
GASPAR	Formation d'officiers à la gestion aviation sur porte-avions	CERV
EVE	Apprentissage collaboratif de la lecture aux enfants de CP	ENIB-CERV
VTT	Apprentissage du processus d'usinage avec retour haptique	AFPA
WAVE	Apprentissage de la tenue et du déplacement de l'outil de soudage	AFPA
FIACRE	Formation des conducteurs de TGV à l'intervention sur voie	SNCF