



**HAL**  
open science

## **ARGILE : Apprendre par le jeu des connaissances en construction**

Nour El Mawas, Jean-Pierre Cahier, Aurélien Béné

► **To cite this version:**

Nour El Mawas, Jean-Pierre Cahier, Aurélien Béné. ARGILE : Apprendre par le jeu des connaissances en construction. Revue des Interactions Humaines Médiatisées (RIHM) = Journal of Human Mediated Interactions, 2012, 13 (1), pp.93-120. hal-02557630

**HAL Id: hal-02557630**

**<https://utt.hal.science/hal-02557630>**

Submitted on 31 Aug 2021

**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.

# ARGILE : Apprendre par le jeu des connaissances en construction

*ARGILE : Learning constructed knowledge through games*

Nour EL MAWAS, Jean-Pierre CAHIER, Aurélien BÉNEL

ICD/équipe Tech-Cico, Université de Technologie de Troyes  
{nour.el\_mawas, cahier, aurelien.benel}@utt.fr

**Résumé.** Nous proposons l'architecture ARGILE (*Architecture for Representations, Games, Interactions, and Learning among Experts*) adaptée au jeu sérieux « participatif et intensif en connaissances ». Elle s'adresse à la formation dans les domaines d'expertise et de pratique complexe, où les connaissances de référence ne sont ni stabilisées ni unanimes, mais au contraire dynamiques et en évolution continue. L'expert praticien ne prend pas ses décisions en fonction de recettes préétablies, mais il est amené à procéder par essais et erreurs, et à découvrir au fil de l'eau des solutions dans les situations complexes qui lui sont proposées. Cela amène à souhaiter que les règles et les objets du jeu puissent être facilement commentés, mis en discussion et modifiés par les formateurs et acteurs du domaine eux-mêmes. Nous présentons dans cet article un cadre de méthode pour atteindre ces objectifs. Nous exposons les lignes directrices de l'infrastructure technique de l'ensemble du dispositif, que nous souhaitons construire, pour à la fois gérer les actions des apprenants et leurs effets, et assurer la conception participative des objets et des règles, impliquant d'en débattre entre concepteurs. Nous illustrons concrètement les idées présentées sur deux exemples liés à des projets en cours, amenés à utiliser cette architecture, pour des notions complexes en développement durable (projet Defismed), et pour des situations de crise (projet Aidcrisis).

**Mots-clés.** Apprentissage en ligne, jeu sérieux, ingénierie de connaissances, coopération, forum de discussion, développement durable, gestion de crise

**Abstract.** We propose the « Architecture for Representations, Games, Interactions, and Learning among Experts » (ARGILE) for “participatory and knowledge-intensive” serious games. Faced with the problem of training in the areas of advanced expertise and complex practice, reference knowledge are neither stabilized nor unanimous, but rather dynamic and continuously evolving. Moreover, the practitioner does not take decisions based on pre-established recipes, but it is brought to trial and error, and discover solutions in complex situations that are proposed. That's why, the rules and the game objects must be easily annotated, discussed and modified by trainers and players themselves. We present in this paper a methodology, tools and technical architecture to design, use and evaluate such serious games. We present guidelines for the technical infrastructure of the whole system, allowing not only to manage the movement of players or the effects of their actions but also to ensure the participatory design of rules of the game, involving debate among designers. We illustrate concretely the ideas presented on two examples related to ongoing projects which will uses this architecture for complex ideas in sustainability (Defismed), and for training in action in a crisis (Aidcrisis).

**Keywords.** Online learning, serious games, knowledge engineering, cooperation, discussion forum, sustainable development, crisis management.

## 1 Introduction

Notre approche vise la formation de catégories très diverses (allant de professionnels à un public très large), dans des domaines où les connaissances à transmettre sont complexes, « expertes » et engagées dans des actions pratiques. De plus, ces connaissances et ces savoir-faire ne sont ni stabilisés ni unanimes, mais au contraire dynamiques et en évolution continue. L'acteur doit apprendre à prendre des décisions d'action non en fonction de recettes préétablies, mais en mobilisant toute son intelligence, en procédant par essais et erreurs, en communiquant avec ses pairs et en découvrant au fil de l'eau des solutions aux situations complexes qui lui sont proposées.

Pour répondre à ce défi, nous nous intéressons donc à une forme de jeu sérieux que nous nommons « participatif et intensif en connaissances », dont nous attendons de façon corrélée **i)** un meilleur apprentissage des connaissances du domaine par les apprenants et **ii)** une pertinence et une apprenabilité accrue des connaissances insérées dans le jeu par les concepteurs.

L'approche proposée ambitionne notamment une co-conception et une annotation, continues et dynamiques, des règles et objets du jeu par les formateurs du domaine et aussi, dans une certaine mesure, par les apprenants. De cette co-conception et de cette participation des apprenants, nous attendons qu'elles augmentent la pertinence des connaissances et en facilitent l'apprentissage. Nous parlerons en général dans cet article, de façon équivalente, de *joueur*, de *participant* ou d'*apprenant* ; et nous utiliserons indifféremment, pour la catégorie de dispositif que nous proposons, les termes de *jeu*, de *jeu utile*, de *jeu sérieux* ou de *dispositif d'apprentissage*, en leur adjoignant les caractéristiques supplémentaires innovantes que nous introduisons - *participatif*, *intensif en connaissances* - caractéristiques complexes que nous définirons et illustrerons progressivement dans le cours de l'article. Cette approche n'est pas sans poser question : apprendre, est-ce suivre ou construire les règles ? Notre réponse est ici que l'apprentissage est davantage constructivisme que behaviorisme, aussi refusons-nous une conception du jeu où l'apprentissage résulterait du fait de suivre les règles. L'apprentissage ne se fait pas à travers la répétition des actions mais à travers la construction des connaissances insérées dans le jeu par les concepteurs. Dans l'approche qui sera proposée, même la documentation des règles sera faite y compris par les joueurs, à travers le forum, donc il ne s'agit pas d'une documentation subie.

Nombreux et diversifiés, les objets et les règles des jeux sérieux que nous considérons doivent pouvoir résulter d'une conception décentralisée et participative d'une part *centrée utilisateur* (*user-centered design*) et d'autre part confrontant *plusieurs concepteurs*, pédagogues, acteurs du domaine, partenaires locaux, experts ou scientifiques de diverses disciplines, chacun connaissant et considérant le jeu, les territoires et domaine de connaissances, les problèmes et les évaluations de façons complémentaires ou croisées. Les règles et objets du jeu peuvent être facilement commentées, mises en discussion et modifiées par les formateurs et acteurs du domaine eux-mêmes, sans l'intermédiaire des informaticiens. Soulignons enfin que le contexte de jeu visé par notre architecture est celui du jeu multi-joueurs (et même massivement multi-joueurs, pour reprendre le terme habituellement utilisé par les communautés MMORPG, cf. section 3.2), ouvrant la voie à la formation à des activités en équipe, par exemple.

A noter que cet article vise à présenter un travail de recherche en cours, loin d'être encore terminé. D'autre part, il ne s'agit pas de la conception d'un logiciel de jeu commercial. Émanant de chercheurs en informatique (Ingénierie des Connaissances, Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur, Génie Logiciel),

l'architecture proposée se situe dans une démarche de prototypage itératif dont nos disciplines sont familières, afin de réaliser des infrastructures et des logiciels à usage de Recherche, dont certaines maquettes seront présentées dans cet article, pour détailler notre infrastructure du jeu et étudier sa faisabilité.

La suite de cet article est découpée comme suit. À partir de quelques lectures, la section 2 propose des éléments de cadrage préalable sur la notion de jeu sérieux. La section 3 détaille notre positionnement scientifique et définit notre approche des jeux sérieux « participatifs et intensifs en connaissances », avec plusieurs maquettes destinées à illustrer les concepts clés. La section 4 illustre l'intérêt et la mise en application de notre approche sur deux terrains réels, en développement durable et en gestion de crise, en détaillant les grandes lignes de scènes ou de scénarios conçus pour ces terrains. La section 5 détaille ensuite l'architecture utilisée, justifie et illustre dans ses grandes fonctions l'infrastructure technique (reposant notamment sur une base données NoSQL), qui est en cours d'implémentation. La section 6 précise comment nous envisageons la validation scientifique de notre proposition, par l'expérimentation et l'évaluation de l'impact sur l'apprentissage des joueurs, d'une part, et sur la conception de ces jeux sérieux d'autre part.

## 2 Pédagogie et jeu sérieux, quelques considérations préalables

L'idée que les jeux sérieux facilitent l'apprentissage est corroborée dans de nombreux domaines par exemple en langues et en santé (Mandin, 2010), en économie et management (Blunt, 2009) en apprentissage de la programmation (Muratet *et al.*, 2008). Ces « jeux sérieux » devraient plutôt être nommés « jeux utiles », comme le suggère Stéphane Natkin (Natkin & Dupire, 2009), car s'ils contribuent à des apprentissages sérieux, par exemple pour celui de connaissances de domaines complexes, ils ne doivent pas, pour autant, être nécessairement sérieux ou ennuyeux.

Mais *a contrario*, nul besoin de rajouter des dimensions « amusantes ». Il suffit pour qu'il y ait « jeu », utile ou non, que se déploie toute la tension de l'investissement personnel associé. Le joueur n'est pas le spectateur d'un spectacle fût-il interactif, ni un « utilisateur » ou un consommateur d'une application véhiculée par une IHM, « *il ne se comporte pas à l'égard du jeu comme à l'égard d'un objet* » (Gadamer, 1960 : 27-29). Ce qui définit le joueur, et qui définit le caractère ludique, est qu'il est *à l'intérieur du jeu* et prend forcément au sérieux les buts de son jeu, quel que soit ce jeu. Le jeu n'est donc pas caractérisé par un quelconque facteur de drôlerie, de fantaisie ou de surprise, qu'il faudrait renforcer par des artifices, mais, en suivant donc le philosophe Gadamer, le jeu est caractérisé par l'implication de la subjectivité du joueur « *qui s'oublie lui-même (...) dans le mouvement de va-et-vient du jeu. (...) Le joueur se trouve dans un monde qui est déterminé par le sérieux de ses buts* » (Gadamer, 1960 : 27-29). Cette définition du caractère ludique nous semble valoir pleinement pour caractériser les jeux sérieux destinés aux professionnels, comme pour l'entraînement d'urgentistes à d'éventuelles opérations en cas de catastrophe (cf. *infra*, section 4.2) : la mission professionnelle (en l'occurrence, limiter grâce à ses connaissances et ses actions le nombre de victimes) est un moteur amplement suffisant pour faire exister la dimension ludique et, dès lors, l'objectif prioritaire des concepteurs sera d'analyser au plus près les situations réelles vécues par les professionnels, pour en dégager et en modéliser les enjeux, et donc les moteurs ludiques sous-jacents. Ce faisant, nous reconnaissons la très grande diversité que peuvent prendre les facteurs de motivation au sein d'une activité (la curiosité, le

souci de cohérence logique, le danger...) et ne nions pas le fait que beaucoup de situations d'activité réelles (monotones, absurdes, répulsives...) manquent aussi de ces ressorts. Quand il s'agira d'analyser cette variété de situations pour y chercher une ludicisation des connaissances en jeu, il nous semble qu'il faut chercher avant tout à cerner les enjeux des connaissances les plus cruciales impliquées dans l'activité (et délaissier les aspects anecdotiques).

Les situations étant appréhendées par les êtres humains à travers le prisme indissociable de leurs activités et de leurs connaissances, se pose donc la question des connaissances. Plusieurs auteurs ont mis clairement en évidence la relation entre le caractère ludique et passionnant du jeu et l'apprentissage, entre *jouer* et *apprendre*. En considérant les jeux sérieux comme caractérisés par un aspect d'apprentissage (mémorisation, personnalisation) et un aspect ludique (motivation, interaction), l'objectif pour (Sanchez *et al.*, 2011) est d'intégrer le contenu d'apprentissage dans l'aspect ludique. (Fabricatore, 2000) différencie deux façons de concevoir les jeux sérieux en parlant de « métaphore extrinsèque » – où l'aspect ludique est une surcouche sans rapport avec le contenu didactique – et de « métaphore intrinsèque » – où l'apprentissage est au cœur de la jouabilité.

Puisque le jeu est une implication subjective, on doit considérer la participation comme un vecteur complémentaire et parfois essentiel de l'apprentissage : « *J'apprends parce que je participe, parce que je m'engage dans une activité qui m'offre des éléments d'information, de transformation de connaissance ou de pratiques, aussi bien en ayant conscience ou pas des effets éducatifs du processus* » (Brougère, 2005). La transformation des connaissances, considérées comme des « connaissances pour l'action » (Zacklad, 2003), inclut l'apport éventuel de connaissances par le joueur. Particulièrement dans le jeu collectif, chacun apporte au collectif sa « valeur ajoutée » sous forme de savoir, de savoir-faire, de commentaire ou d'initiative, apport facilité lorsque le jeu, participatif et intensif en connaissances comme nous le proposons, permet de recueillir et capitaliser ces contributions.

L'usage des jeux sérieux présente un grand intérêt dans le développement de la psychomotricité chez les élèves, l'amélioration de la concentration, la motivation et l'estime de soi. Les jeux permettent ainsi de développer chez les joueurs des « compétences du XXI<sup>e</sup> siècle » telles que l'innovation, la pensée critique et systématique, le travail en équipe, pour convoquer, construire, favoriser et générer les savoirs et non pas seulement les consommer (Gee *et al.*, 2010). Il s'agit de l'apprentissage non formel planifié, entre l'apprentissage formel et l'apprentissage non formel du quotidien (Protosaltis *et al.*, 2011).

(Le Marc *et al.*, 2010) notent que dans les jeux, basés sur les actions des joueurs et leurs décisions, les joueurs ne sont pas passifs et ne subissent pas la situation. Ils agissent et sont au centre du jeu. Le jeu existe grâce aux joueurs, qui créent leurs propres valeurs en fonction de leurs choix et de leurs actions. Ce contexte leur permet de faire confiance à leurs propres appréciations et de construire, eux-mêmes, leurs propres expériences et connaissances.

Du point de vue de l'évaluation des jeux sérieux, (Alvarez, 2007) note la difficulté de l'opération, les évaluations d'atteinte d'objectifs éducatifs ne pouvant être totalement fiables, à cause des nombreuses façons dont les joueurs peuvent comprendre et apprendre à partir du scénario pédagogique : le risque (ou la chance !) existe qu'ils apprennent des choses autres que prévues et cet auteur préfère parler des « intentions éducatives » plutôt que des « objectifs éducatifs ». (Frasca, 2001) explique que « *le concepteur peut suggérer un ensemble de règles, mais ce sont toujours les joueurs qui ont le dernier mot* ».

Dans nos travaux, où nous voulons en particulier évaluer l'amélioration de l'apprentissage des joueurs lorsque le jeu comporte un forum de discussion des joueurs, nous pouvons par exemple nous appuyer sur (Riel, 1995), qui avait déjà établi que les conversations dans le forum contribueront à rendre les apprenants maîtres de leurs apprentissages et à favoriser ainsi le passage du modèle transmissif des connaissances vers le modèle collaboratif des communautés d'apprenants.

Dans notre proposition d'expérimentation (cf. section 6.1) nous nous appuyerons sur certains aspects des travaux de (Nacke *et al.*, 2010) qui proposent notamment une variable d'expérimentation du *gameplay* (GX) relative au processus d'interaction joueur-jeu, cette interaction ayant pour effet une motivation et une expérience captivante pour le joueur. Cette variable est dès lors un facteur important pour la réussite ou l'échec d'un jeu. Cet auteur propose une classification plus précise des façons de concevoir et d'évaluer un jeu, ainsi que des mécanismes appropriés pour l'évaluation et la mesure de cette variable, permettant la validation des expériences.

### 3 Du jeu sérieux au jeu participatif et intensif en connaissances

#### 3.1 Contexte scientifique des présentes recherches

Les présents travaux interviennent dans le cadre d'une équipe de recherche transdisciplinaire<sup>1</sup> pour laquelle le jeu sérieux constitue un axe émergent récent, mais s'appuyant sur une série de travaux précédents, développés notamment par les auteurs, à l'intersection de deux domaines bien précis de l'informatique : l'Ingénierie des connaissances (IC) et le Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO). Un objectif de l'équipe, dans cet axe émergent, n'est pas tant d'étudier les usages associés au jeu sérieux que de voir dans quelle mesure les processus de conception de ces jeux pourraient bénéficier des acquis de ces deux domaines.

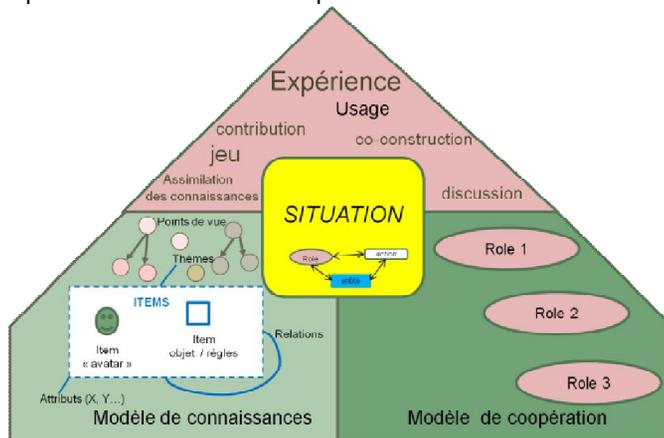


Figure 1. Modèles de connaissances de l'IC, modèles d'activité du TCAO : un double regard sur les situations expérimentées par les acteurs

La conception de jeux sérieux implique souvent de représenter un très grand nombre de connaissances et d'aspects participant à la situation, qui ont besoin

<sup>1</sup> L'équipe Tech-CICO (Technologies pour la Coopération, l'Interaction et les Connaissances dans les Collectifs) compte 12 enseignants-chercheurs dont la moitié en Sciences de l'Homme et de la Société.

d'être représentés aux acteurs, de façon très ouverte, dans un espace virtuel participatif.

Le contexte collectif justifie d'une part de recourir aux méthodes du TCAO. Pour (Herrmann *et al.*, 2000), une situation collective, impliquant des actions et des connaissances - et des artefacts pour les supporter et les représenter - peut être vue comme un système socio-technique et peut être modélisée en tant que telle, grâce à des méthodes telle que la méthode SeeMe, orientée vers la conception participative de systèmes socio-techniques. Nous utiliserons d'ailleurs cette méthode et les diagrammes associés dans le cadre du présent article (cf. figures 4, 6 et 9).

La complexité des situations collectives encourage d'autre part à recourir aux méthodes d'IC, notamment aux approches socio-sémantiques du Web (Zacklad, 2003 ; Benel *et al.*, 2010). Les situations impliquées dans les jeux sérieux nécessitent un niveau fin de description aussi bien des activités, des acteurs, des objets, des lieux, des événements, des connaissances de plus haut niveau comme les règles, etc. Comme le résume la figure 1, les situations sont appréhendées par les êtres humains à travers leur expérience vécue individuellement mais aussi médiatisée par divers modes de représentation des connaissances, plus ou moins communs aux individus.

A la recherche d'un modèle de connaissances adapté à la description de situations de jeu où sont plongés plusieurs acteurs, nous devons ici considérer la connaissance résultante non comme « panoramique », mais comme partiellement « kaléidoscopique » (Cahier, 2011) (cf. figure 2). Car, comme dans la vie courante, dans l'univers virtuel chaque acteur peut avoir un angle de compréhension partiellement différent sur la situation, certes mimétique et reflétant les points de vue voisins, mais avec une part de création personnelle et des possibilités de conflit venant les modifier. Il suffit parfois de peu, pour qu'un signe perçu ici comme une aide soit perçu ailleurs, si l'observateur ou sa situation change, comme menaçant ou insignifiant. La réunion des connaissances de chacun des acteurs sur la situation où ils interviennent - chacun utilisant/produisant sa connaissance dans l'action -, cette réunion excède la connaissance qu'un observateur, fût-il omniscient et placé en surplomb, pourrait construire de cette situation dans le moment de l'action. Différents acteurs ne voient pas les mêmes items dans la situation, ne leur donnent pas les mêmes caractérisations. Du point de vue sémiotique, les approches « kaléidoscopiques » correspondant à des appréhensions directes des objets du signe par les acteurs ou à leurs interprétations selon leurs points de vue d'acteurs, s'opposent ainsi aux approches panoramiques correspondant à une interprétation unifiée selon un seul interprétant surplombant la situation.

Si l'objectif prioritaire du concepteur de jeu sérieux est d'analyser au plus près les situations réelles et les enjeux vécus par des professionnels, et de rendre compte de cette richesse des situations, cela le conduit à utiliser et développer les modèles de connaissances et des modèles d'activité très fins, notamment pour modéliser l'activité coopérative. Dans le cas des scènes et situation de jeu, les aspects kaléidoscopiques provenant de la description coopérative des éléments de situation (cf. figure 2) nécessitent de faire appel à des modèles de connaissance basés sur une *structuration interprétative* et facilement compréhensible des items (de préférence à une structuration en logique formelle). Une fois les items d'une situation identifiés grâce à des méthodes appropriées pour l'enquête et l'identification des items (Cahier *et al.*, 2010), leur représentation aux yeux des acteurs impliqués est rendue possible grâce à des Systèmes d'organisation des Connaissances dont les protocoles sont adaptés à cette structuration interprétative (Zhou *et al.*, 2006)

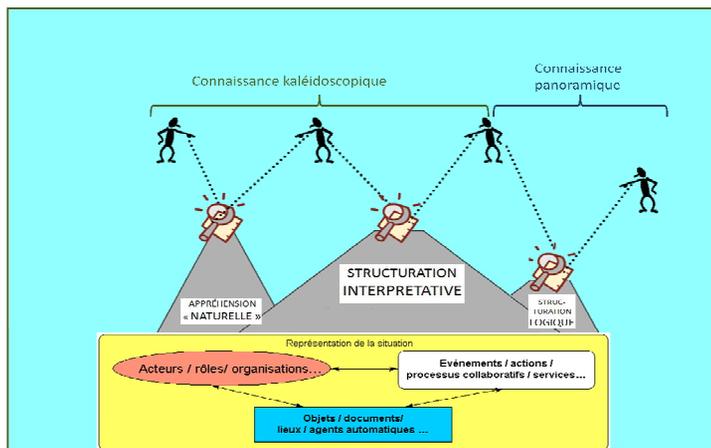


Figure 2. Importance des modes interprétatifs pour la description de situation (Cahier, 2011)

### 3.2 Les MMORPGs

Les jeux de rôle en ligne massivement multi-joueurs MMORPGs (Massively Multiplayer Online Role-Playing Game Play) sont un type de jeu vidéo permettant à plusieurs personnes d'interagir simultanément dans un monde virtuel qui est aussi un monde persistant, c'est-à-dire qu'il continue d'évoluer lorsque les joueurs ne sont pas connectés. Les premiers pas des MMORPG peuvent être illustrés par le système de règles de « *Dungeons and Dragons* » par Dave Arneson et Gary Gygax en 1972<sup>2</sup>. Ces règles sont la base du jeu de rôles que nous connaissons aujourd'hui. Elles font place à la coopération entre les joueurs et non à l'affrontement. Ce premier MMORPG (qui ne s'appelait pas encore ainsi) était considéré comme un « MUD : *Multi-User Dungeon* ». L'un des premiers MUD développé était « *Adventure* », de Richard Bartle et Roy Trubshaw. Il y avait 20 pièces à explorer, uniquement décrites par les utilisateurs connectés, par écrit. Pour la première fois, l'univers de jeu était accessible 24h/24, sans scénario prédéfini. C'était aux joueurs d'animer cet univers. Dès sa parution, *Adventure* remporta un énorme succès. De nombreux MUD furent ensuite développés après ce succès. Quant au jeu généralement considéré comme le premier vrai MMORPG il s'agit de *Neverwinter Nights*<sup>3</sup>, lancé en 1991 par AOL. Ce jeu de rôle en ligne était basé sur les règles de *Advanced Dungeon & Dragon* (jeu de rôle « papier » le plus populaire) et prenait place dans un univers médiéval fantastique.

Dans la décennie suivante, plusieurs studios s'essayèrent au MMORPG avec plus ou moins de succès, chacun essayant au passage d'y ajouter sa touche personnelle, nous pouvons citer par exemple : *Meridian 59*, *Ultima Online*, *EverQuest*, *Anarchy Online*,... Le 11 février 2005 enfin fut l'annonce de *World of Warcraft* produit par Blizzard. Premier MMORPG directement tiré d'un univers déjà très populaire auprès des joueurs, il s'est rapidement imposé comme le leader sur ce segment.

<sup>2</sup> Les manuels de "Dungeons and Dragons" 1ère édition, était sous-titrés "Règles pour Campagnes de Wargames Médiévales Fantastiques, à jouer sur table avec figurines" (traduction libre de "Rules for Fantastic Medieval Wargames Campaigns Playable with Paper and Pencil and Miniature Figures"). La référence aux Wargames est revendiquée par les auteurs.

<sup>3</sup> <http://www.bladekeep.com/nwn/index2.htm>

### 3.3 Le jeu comme espace participatif

Notre infrastructure ne se limite pas à un jeu particulier mais elle peut être utilisée par tous les jeux de rôle en ligne massivement multi-joueurs MMORPGs.

Nous considérons le jeu comme un espace participatif. La notion de co-conception dans une approche participative remonte à des projets des années 80, en lien avec une réflexion sur la démocratie, dans des domaines comme la réparation de locomotives, le monde de l'édition dans le monde scandinave (Ehn, 2002) ou la conception de systèmes d'information et de coopération (Winograd & Flores, 1986). Ces auteurs soulignaient la nécessité d'inclure très tôt toutes les personnes concernées dans la conception. Dans notre contexte, cela signifie de considérer le joueur comme au centre de la conception : il s'agit moins de concevoir *pour* le joueur, que de concevoir *avec* lui.

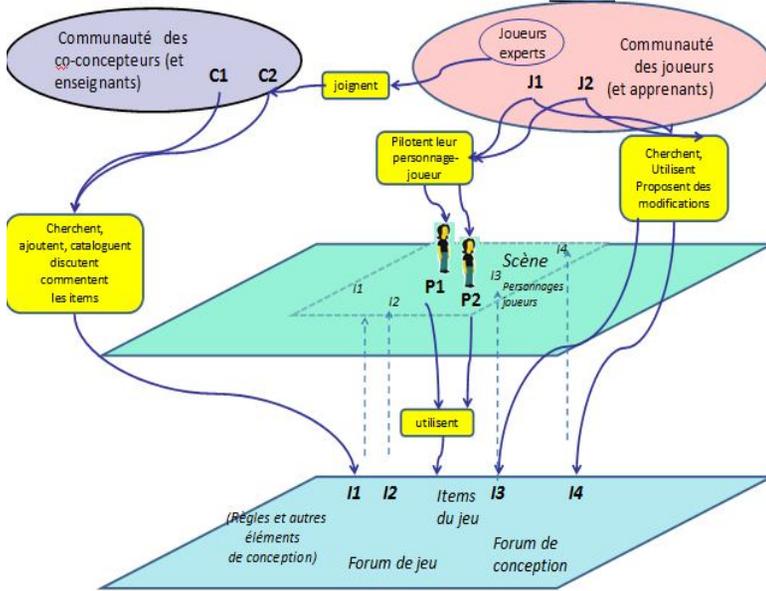
En accord avec (Zacklad 2003), la co-conception doit également être accompagnée par la construction des structures sémantiques des acteurs tels que les « cartes » de leurs connaissances en relation avec leurs pratiques. Cela permet aux acteurs eux-mêmes de cartographier les items partagés et d'organiser leur espace de coopération voire de « faire émerger » cette organisation dans un processus continu.

La possibilité « d'architectures de participation » ambitieuses pour les univers virtuels a été confortée par le succès d'applications comme Wikipedia ou plus généralement des applications du Web 2.0 (O'Reilly, 2005). Mais réaliser des architectures analogues pour des jeux sérieux pose encore de nombreux problèmes, car il faut au niveau de l'infrastructure tenir compte du grand nombre de joueurs, introduire une certaine souplesse pour tenir compte des apports des acteurs multiples, que ceux-ci soient joueurs ou concepteurs. De plus, les acteurs doivent croiser leurs compétences dans des situations pour lesquelles les connaissances et les données sont très nombreuses et fortement évolutives, ce qui est le cas dans les jeux, où les scènes et leurs items sont très nombreux.

L'espace du jeu sérieux « participatif » est pour nous un espace co-conçu et qui doit proposer des fonctions riches. Il doit permettre non seulement de confronter massivement de multiples joueurs utilisant les objets existants de cet espace, mais aussi que l'espace du jeu puisse être facilement co-construit par un groupe large, par ajout, modification et discussion de nouveaux objets, connaissances et règles. L'espace du jeu est donc participatif à la fois pour le groupe des joueurs et pour celui des concepteurs. Il existe potentiellement des relations et des interactions intéressantes entre le groupe des joueurs et celui des concepteurs : certains joueurs, par exemple les plus expérimentés ou créatifs, ayant l'idée d'améliorations ou de nouveaux services, pourraient être conviés à rejoindre le groupe des concepteurs ou tendent à peser sur lui pour obtenir des changements.

La figure 3 illustre l'infrastructure et les aspects participatifs au niveau des deux communautés : co-concepteurs et joueurs. Dans notre approche, nous utilisons une carte de thèmes multi-points de vue (Zhou *et al.*, 2006), qui présente des avantages supplémentaires par rapport aux espaces documentaires habituels.

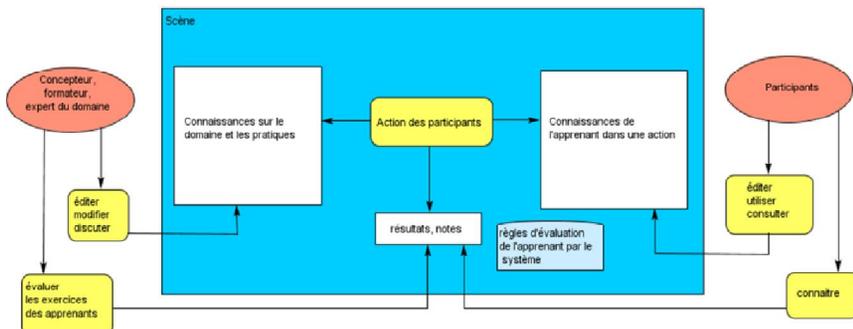
Au niveau de l'infrastructure (plan inférieur, le Système d'Organisation des Connaissances structure les items du jeu, les messages échangés par les acteurs, etc.). Les acteurs autorisés peuvent chercher, ajouter, cataloguer, discuter, commenter les items. Le plan intermédiaire est celui du jeu proprement dit. Depuis le jeu, les joueurs peuvent chercher et commenter les items. A noter que les discussions sont concrètes parce qu'elles sont autour des objets bien déterminés.



**Figure 3.** Participation des acteurs (en haut) au jeu (plan intermédiaire) et au Système d'Organisation des Connaissances (plan inférieur)

Pour les concepteurs, une discussion permanente, de type forum, doit pouvoir être organisée sur tout objet du jeu, en particulier sur chaque règle liée à un objet, y compris et en particulier quand le jeu est utilisé, car c'est à ce moment que les différences d'interprétation, d'opinions et d'approches sont les plus faciles à exprimer et à discuter. Le jeu doit alors se fonder d'une part sur une base de données cataloguant et rendant facilement accessibles et éditables les items du jeu (y compris les règles, conçues dès lors comme des éléments de contenu éditables) et d'autre part le forum.

Si on considère une scène du jeu, celle-ci va être d'abord constituée d'éléments de connaissance et de règles spécifiés par les formateurs et les concepteurs, par exemple les règles régissant la sanction d'une action sur un objet en termes de « points ». Ensuite, à de nombreuses reprises, la scène va être jouée et les règles instanciées. Les concepteurs doivent spécifier d'une part les règles et items du jeu, et d'autre part les règles de l'évaluation pédagogique incluse dans le jeu (notamment les valeurs telles que le nombre de points gagnés ou perdus, qui sont visibles par l'apprenant, facilitant notamment sa motivation en cours de jeu, son auto-formation, etc.). L'architecture de la plate-forme qui est proposée aux concepteurs doit donc permettre d'éditer ces diverses spécifications, de retrouver facilement les connaissances, de les discuter item par item, d'accéder aux valeurs d'attributs mesurées, etc.



**Figure 4.** Les concepteurs spécifient à la fois le jeu et l'évaluation pédagogique incluse dans le jeu *Diagramme SeeMe, (Herrmann et al., 2000)*

De leur côté, les joueurs aussi peuvent chercher les items et les utiliser pour les manipuler (jouer), les assimiler et les commenter - par exemple pour confronter leur expériences, échanger des astuces. Il sera donc intéressant que les joueurs puissent accéder à certaines parties du forum des concepteurs. Via le forum, les apprenants peuvent discuter, entre eux et avec les concepteurs, de façon asynchrone, sur les règles d'une action, le gain et la perte des points, connaître et critiquer la raison de cette règle, etc. Dans le forum, une marque permet de repérer si les messages sont postés par un joueur ou par un concepteur ; les concepteurs peuvent s'ils le souhaitent masquer certains de leurs échanges aux joueurs.

### 3.4 Approche détaillée du dispositif de co-conception

L'architecture proposée va offrir aux concepteurs un dispositif de travail qui articule :

- un dispositif de spécification orienté vers un travail d'équipe susceptible d'associer des compétences provenant de plusieurs disciplines (métiers du domaine d'expertise, formateurs du domaine, spécialistes de pédagogie, graphistes et scénaristes...),
- un dispositif de navigation dans les objets du jeu (ce point est particulièrement crucial dans les applications de jeu intensif en connaissance, qui comportent de nombreux objets et règles<sup>4</sup>),
- un dispositif de type « forum » (voir maquette ci-après, figure 5).

Le processus suivi pour la création d'une scène de jeu par une équipe de concepteurs peut par exemple être le suivant (ces activités peuvent être conduites en parallèle) :

- Recueil de « cas », pouvant donner lieu à des situations jouables (notamment par « brain storming »), puis recueil plus détaillé de l'expérience des acteurs de ces situations par des méthodes issues de l'ingénierie des connaissances.
- Sélection par le groupe de certains éléments de l'expérience recueillie, puis mise en forme pour les insérer dans une scénarisation et une pédagogie. Cette étape prend la forme d'un travail collaboratif dans un espace (semi-structuré) de rédaction de très courts documents de spécification

<sup>4</sup> Dans le cas des projets Defismed par exemple (cf. section 4.1), les items se comptent par milliers : comment retrouver alors dans quelles scène de jeu il est question d'algues vertes, de désalinisation, ou des crustacés en général ?

(essentiellement textuels, quelques croquis...). Détection des items, mise en forme des spécifications (détail, règles...) associées : éléments de scénario, etc. En s'intéressant ensuite à un item ou à une spécification, le concepteur pourra retrouver tous les items, spécifications ou commentaires liés. Ce travail inclut les spécifications d'ordre pédagogique (éléments de règles, éléments d'évaluation..).

- Création de liens d'association entre items, taguage et cartographie des items suivant tout mot-clé utile.
- Discussion à tout moment des items sur le forum de discussion des concepteurs.
- Test anticipé des scénarios de jeu (par exemple sur papier) avec des joueurs « cobayes » en déroulant les ébauches de scénario, de règles...
- Spécification (texte, croquis, règles), indexée sur les items, des éléments complémentaires concernant les images de la scène, règles d'IHM particulières à la scène, icônes permettant la visualisation symbolique ou réduite de certains éléments...
- Contribution de ressources documentaires apparaissant dans la scène.
- Conception et édition graphiques des scènes.

Intégré via un référentiel commun avec les systèmes de spécification, la carte de thèmes et le fonctionnement du jeu (cf. section 5), le forum des concepteurs présente donc une grande utilité. Dans les domaines complexes visés (développement durable, gestion de crise...), les acteurs pensent et agissent localement suivant des règles qui peuvent dépendre des lieux, des saisons ou de nombreux autres facteurs. C'est pourquoi, pour un concepteur construisant les objets et les règles d'une scène, il est important d'avoir un forum de conception pour la discussion entre pairs. Par exemple, si la communauté adopte le principe qu'une règle ne doit avoir le « veto » d'aucun autre concepteur, tous les concepteurs seront invités à joindre le « Forum de conception » pour discuter des nouvelles règles et trouver le compromis nécessaire à leur implémentation dans le jeu.

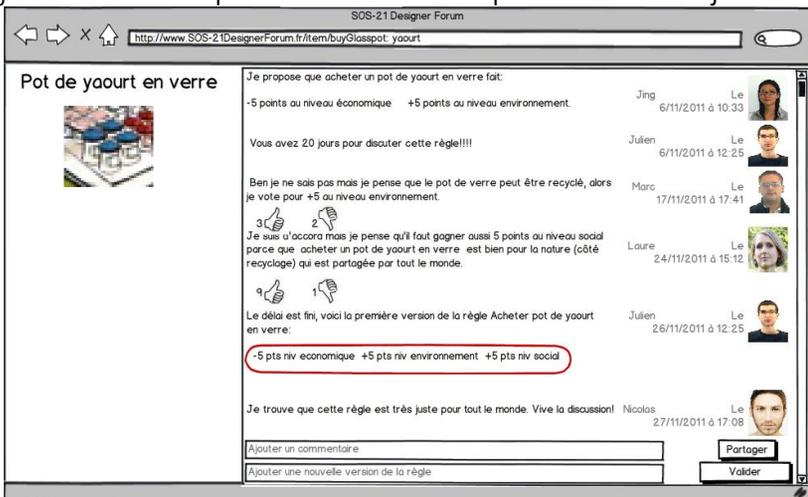
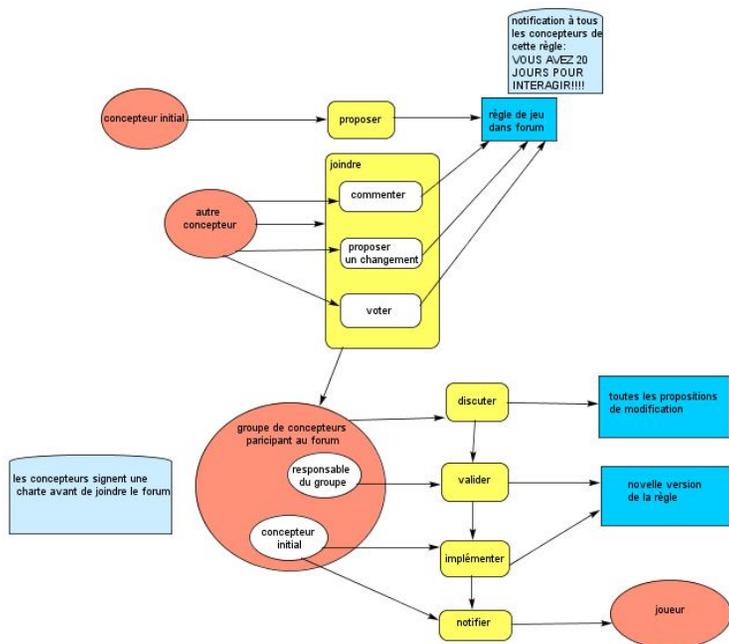


Figure 5. Forum de conception d'une règle pour un objet « yaourt avec un pot en verre » (maquette)



**Figure 6.** Modèle d'activité des concepteurs (Diagramme SeeMe)

La figure 5, par exemple, montre la discussion de la règle correspondant à l'action « Acheter un pot de yaourt en verre » (apprentissage de bonnes pratiques de développement durable). Le concepteur initial propose pour cette action de gagner cinq points au niveau environnement et de perdre cinq points au niveau social, sans affecter le score au niveau social / culture. D'autres concepteurs commentent, votent et donnent leurs points de vue pendant 20 jours avant l'implémentation de la première version de la règle dans le jeu. Après ce délai, les concepteurs, qui ont participé au Forum de conception de la règle actuelle, forment un groupe pour discuter de toutes les modifications proposées avant que le chef de groupe valide la première version de la règle afin de l'implémenter dans le jeu. La nouvelle version de la règle apparaît sous forme d'un message dans le fil de discussion entouré par une lisière rouge. Ce qui permet de voir les différentes versions des règles au cours du temps. La figure 6 montre l'activité liée à la co-conception de la règle. Un diagramme SeeMe (Herrmann *et al.*, 2000) est utilisé pour la représentation des rôles, des activités et des entités. Nous distinguons plusieurs rôles dans ce modèle: le concepteur initial, le groupe de concepteurs (avec éventuellement un chef d'équipe) et le joueur.

A noter que les concepteurs disposent sur le forum d'un fil de discussion pour chaque objet et que la règle elle-même fait partie du message dans le fil de discussion, ce qui résout le problème de versionnage des règles. Cette règle peut être validée ou modifiée au cours du temps. Chaque fois qu'un concepteur initial implémente la première version de la règle sur un objet, un fil de discussion est ouvert dans le forum, et les acteurs en sont notifiés.

### 3.5 Approche détaillée du Forum des joueurs

Lorsque la règle est « mise en production », la discussion qu'elle a occasionnée est mise à disposition dans la scène du jeu : on propose au joueur-apprenant de passer « de l'autre côté du miroir » (cf. figure 7) pour explorer les règles attachées aux objets de la scène (cf. figure 8). L'apprenant est ainsi encouragé à mobiliser la règle et son fil de discussion comme ressource pour « mieux jouer ». Au delà de la

règle du jeu, l'apprenant peut découvrir la connaissance qu'elle illustre ainsi que les débats d'experts qui s'y rapportent.

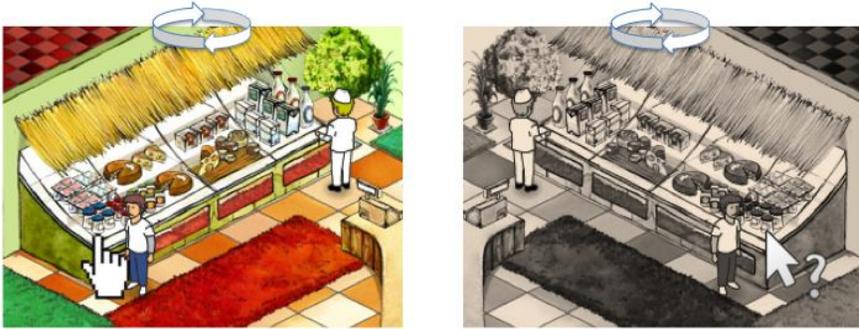


Figure 7. « De l'autre côté du miroir » (maquette à partir d'une copie d'écran de SOS-21)

Autour de la règle, les joueurs sont invités à échanger entre eux des questions, des « trucs et astuces » (cf. figure 8). Complémentaires aux statistiques d'usage, ces « récits » fournissent aux concepteurs des retours plus qualitatifs et plus riches. Enfin, les joueurs peuvent soumettre des idées d'amélioration, les faisant pénétrer ainsi, petit à petit, dans l'univers des concepteurs et des experts.

Un concepteur appréciant une proposition de changement d'une règle par un joueur ne peut pas seul modifier cette règle, car un changement d'une règle dépend de la discussion du groupe de concepteurs participant au forum de conception de cette règle.



Figure 8. Le forum des joueurs, pour l'action « Acheter un pot de yaourt » (maquette)

Pour pousser les joueurs à contribuer et à améliorer le jeu, ils doivent sentir que leurs propositions sont examinées et conduisent à des améliorations dans le jeu. C'est pourquoi, à intervalle régulier, le groupe de concepteurs devrait discuter des nouvelles propositions des joueurs et décider de rejeter, d'adopter ou de différer la modification de la règle proposée.

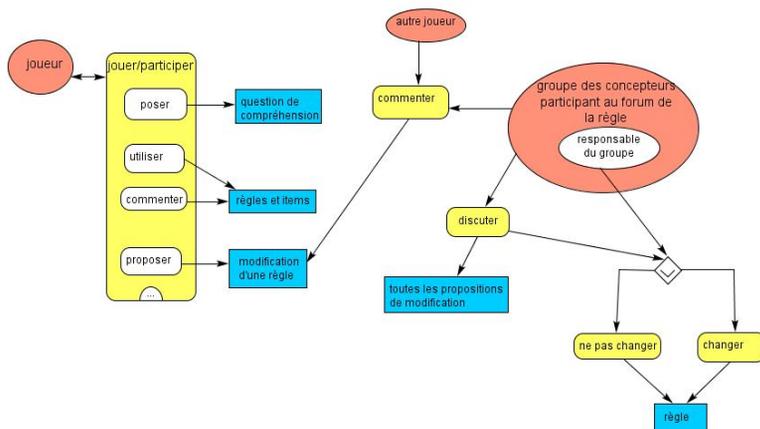


Figure 9. Le modèle de coopération des joueurs

A travers ce forum, les joueurs ne cherchent pas à réduire la difficulté du jeu, parce qu'ils savent que la règle est modifiée pour tout le monde. Ils cherchent bien au contraire à ce que la règle soit juste entre tous les joueurs, ce qui augmente l'intérêt du jeu. Il ne faut pas oublier que les joueurs n'ont pas le droit de changer les règles, mais ils proposent des modifications et ils les discutent. Plus il y a de conflits entre les joueurs, plus les concepteurs ont des points de vue sur une règle, ce qui va aboutir à une règle plus juste. A l'appui de cette affirmation, la figure suivante (cf. figure 10) montre des statistiques sur les jeux les plus joués dans un forum de discussion<sup>5</sup> des MMORPGs. Nous remarquons bien que dans un forum, nous avons des données et des statistiques qui peuvent encourager les joueurs à jouer et à avancer dans le jeu et non pas à baisser le niveau du jeu ou le rendre plus facile.

**Which game should I play next?**

Bastion:	<input type="text" value="3"/>	3 (10.0%)
Risen:	<input type="text" value="0"/>	0 (0.0%)
Amnesia: The Dark Descent:	<input type="text" value="3"/>	3 (10.0%)
Fallout 3:	<input type="text" value="8"/>	8 (26.7%)
Fallout: New Vegas:	<input type="text" value="0"/>	0 (0.0%)
Bioshock 2:	<input type="text" value="2"/>	2 (6.7%)
Borderlands:	<input type="text" value="0"/>	0 (0.0%)
LA Noire:	<input type="text" value="1"/>	1 (3.3%)
Red Faction: Armageddon:	<input type="text" value="0"/>	0 (0.0%)
Star Wars: Knights of the Old Republic:	<input type="text" value="4"/>	4 (13.3%)
The Witcher:	<input type="text" value="4"/>	4 (13.3%)
Vampire: The Masquerade - Bloodlines:	<input type="text" value="1"/>	1 (3.3%)
Dragon Age 2:	<input type="text" value="3"/>	3 (10.0%)
Divinity II: The Dragon Knight Saga:	<input type="text" value="1"/>	1 (3.3%)
Penumbra :	<input type="text" value="0"/>	0 (%)
Total:	30	

Figure 10. Des statistiques dans un forum de discussion

<sup>5</sup> <http://www.zam.com/forum.html?forum=22&mid=1333642122184583517>

Dans la suite, dans la section 4, avant d'aborder le détail de l'architecture technique ARGILE, nous explorons d'abord plus en détail les opportunités et les contraintes apportées par les deux terrains d'application actuellement explorés (projets Defismed et Aidcrisis). En effet, l'architecture ARGILE se veut générique et adaptée à une variété de domaines de connaissances, de modèles d'activité, et de spécificités pédagogiques et de formes de jeu. Les jeux sérieux nécessaires dans ces deux domaines très différents permettront d'appliquer et d'évaluer la démarche proposée sur des terrains réels, en particulier l'utilisation des forums pour la conception avec les formateurs et l'évaluation avec de nombreux apprenants. Ce détour par ces applications conduira aussi à mettre en évidence de nouvelles fonctions. La section 5 explicitera ensuite les choix d'architecture technique.

## 4 Illustration sur deux terrains

Notre architecture pour la conception de jeux sérieux participatifs et intensifs en connaissance est notamment développée dans la perspective de deux projets, Defismed et Aidcrisis, décrits ci-dessous.

### 4.1 Defismed

Defismed est un projet soutenu par l'UNESCO et plusieurs ONG, pour vulgariser les connaissances sur des centaines de projets de R&D en cours tout autour de la Méditerranée en matière de développement durable<sup>6</sup>. Il s'agit de réduire la fracture séparant les chercheurs et la société civile en proposant un programme collaboratif de partage d'innovations exemplaires issues des deux parties. Un objectif est d'utiliser le jeu sérieux pour vulgariser les connaissances scientifiques, favoriser l'interculturalité, confronter les points de vue des pays riverains au nord et au sud et populariser les initiatives des acteurs locaux en matière de développement durable dans le monde méditerranéen. Par l'intermédiaire d'un avatar, et de certaines situations « ludicisées », le citoyen pourra prendre conscience des problèmes, « visiter » les projets scientifiques, suivre (en s'embarquant sur des navires « à thème ») des parcours thématiques pour trouver réponse à certaines questions.

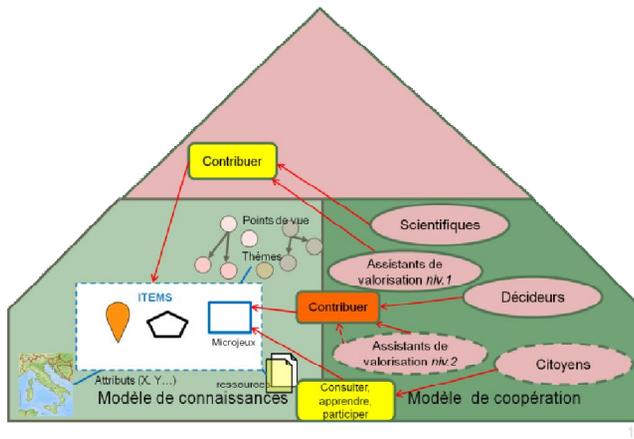


Figure 11. Quelques aspects des modèles de coopération et de connaissances dans le projet Defismed

<sup>6</sup> Préfigurant certains aspects du projet, le site actuel (<http://www.defismed.com>) comporte dorénavant déjà des centaines de projets de R&D.

Dans Defismed (Ma *et al.*, 2012), les micro-jeux seront accessibles sur le Web depuis des icônes placées sur une carte de la Méditerranée, ou encore depuis des projets, des questions et des sujets répertoriés en mode Web2.0 via une carte de thèmes dynamique. Pour trouver les scènes de jeu, outre la navigation géographique, le dispositif prévoit cette navigation selon plusieurs points de vue (par disciplines scientifiques, par questions-clés, par objets, par dimensions du développement durable...). Certaines de ces cartes comportant de milliers de thèmes, en plusieurs niveaux en raison de la complexité du domaine (biodiversité, agriculture...). Les cartes de thème s'appuieront sur l'outil Agoræ (Zaher *et al.*, 2006) qui a déjà permis d'organiser des cartographies thématiques dans le domaine du développement durable<sup>7</sup>.

L'objectif est qu'un grand nombre de micro-jeux soient développés pour Defismed, en utilisant une plate-forme générique d'outils<sup>8</sup> intégrant l'architecture participative et l'infrastructure proposée dans le présent article. Ces micro-jeux seront ainsi développés avec une pertinence accrue et à un coût réduit à l'initiative d'acteurs tels que des équipes de recherches en sciences de l'environnement, des ONG ou des décideurs de collectivités locales, désireux de transposer par le jeu leurs objectifs prioritaires de communication avec les citoyens. Ces acteurs pourront répertorier et taguer leurs items dans le système, vulgariser les connaissances scientifiques sous-jacentes, former ou sensibiliser les citoyens... Grâce à l'architecture participative, ces partenaires pourront à terme, en tant que co-concepteurs aidés par des « assistants de valorisation » (cf. figure 11) créer, modifier et actualiser facilement des scènes placées sous leur responsabilité, éditer eux-mêmes des items de ces scènes (décors, règles, objets) et des documents intégrés à l'image, par des formes de prototypage rapide accessibles aux non-informaticiens.

Les séquences de jeu peuvent viser par exemple la compréhension de phénomènes impliqués dans le changement climatique ou dans des solutions préventives, ou l'assimilation ou la problématisation des pratiques individuelles orientée vers le développement durable (figures 12 et 15). Dans les cas de jeu illustrés par ces figures, à travers les situations dont ils sont acteurs, les joueurs prennent des décisions intégrant des critères liés à leurs objectifs personnels et d'autres liés à la complexité des dimensions économiques, sociales et environnementales.

Mais l'architecture de participation proposée permet d'aller plus loin, de traiter les cas où les bonnes pratiques et les règles sont incertaines, évolutives ou controversées (ce qui est fréquent en matière de développement durable<sup>9</sup>), de

---

<sup>7</sup> Cf. (Cahier *et al.*, 2010) et les sites <http://initiatives21.cartodd.org> et <http://www.hypertopic.org/>

<sup>8</sup> C'est l'objet du projet « NumeriMed » (en cours de dépôt) associé à Defismed, visant à développer des outils NTIC génériques au service de ce projet ou de projets présentant des caractéristiques voisines

<sup>9</sup> Le domaine, marqué comme on le sait par la complexité, requiert constamment de débattre des règles, y compris de ce qui pourrait passer pour des évidences et au niveau d'opérations simples. Par exemple les illustrations du section 6 considèrent l'objet « yaourt dans un pot en verre » avec sa règle associée spécifiant un gain de points environnementaux lors l'achat dans le jeu d'un item de ce type (argument du créateur initial de la règle : la « recyclabilité du verre »). Ce choix, comme beaucoup d'autres, n'est pas sans faire débat chez les co-concepteurs et les joueurs, comme on le voit dans le forum : « Ne doit-on pas prendre en compte le coût CO2 de la production et du recyclage du verre ? », « Ne doit-on pas s'assurer que le personnage triera effectivement le pot en verre ? » etc. (cf. maquette des forums sur ce point, sur Figures 5 et 8). L'approche proposée permet donc de s'attaquer à des problèmes

solliciter davantage l'intelligence créative du joueur et d'élargir l'horizon des micro-jeux à d'autres formes de jeu d'aventures (e.g. dans Defismed, par des parcours maritimes personnalisés). Grâce aux cartes de thèmes, il est possible d'imbriquer la découverte ludique des connaissances scientifiques avec des « réseaux de débats », rejoignant des expériences analogues de « web d'idées » qui ont commencé à se développer (Buckingham, 2008 ; Park, 2008), comme Cohere ou DebateGraph, visant aussi le champ du développement durable.



**Figure 12.** Exemple d'apprentissage de bonnes pratiques en développement durable (copies d'écran de SOS-21)

Dans la figure ci-dessus (cf. figure 12), il s'agit des copies d'écran du jeu sérieux SOS21. Dans ce jeu, le score est décomposé en 3 parties : score aux niveaux social (en bleu), économique (en jaune) et environnement (en vert). Dans la scène, le joueur voit une bouteille d'eau vide jetée sur la plage, il fait déplacer son avatar pour la ramasser et la mettre dans la corbeille. D'où il gagnera deux points au niveau de son score environnement.

L'application de l'architecture que nous proposons aux micro-jeux de Defismed suppose de développer particulièrement les fonctionnalités de navigation, de tableau de bord, de discussion et de co-conception, détaillées dans la section 5.

#### 4.2 Projet Aidcrisis

Commencé en 2011, le projet Aidcrisis (Sediri *et al.*, 2012), mené par l'Université de technologie de Troyes en collaboration avec le Service de Secours d'Urgence de l'Hôpital de Troyes, concerne la gestion de situation de crises NRBC<sup>10</sup> sur le territoire du département français de l'Aube. L'un des modules du projet concerne la formation des personnels urgentistes (médecins, ambulanciers, permanenciers...) et s'inscrit dans l'approche décrite dans cet article. Dans le projet Aidcrisis, les expériences de cas de traitement d'accident ou de catastrophe font l'objet d'un recueil et d'une analyse conduisant, à travers le dispositif et le processus décrit dans la section 3.3, à la spécification de scènes facilitant l'entraînement des personnels urgentistes aux décisions et aux opérations dans les cas de crise.

Ce projet va permettre notamment de mener en vraie grandeur, avec ces personnels, des tests de validation des concepts et de l'architecture proposée, à la fois avec les concepteurs et avec les apprenants. La figure 12 ci-dessous résume de façon très simplifiée un scénario étudié pour la formation par le jeu sérieux dans Aidcrisis.

Sur le terrain Aidcrisis, de nombreux facteurs plaident pour l'utilisation de l'approche du jeu sérieux participatif et intensif en connaissances : les cas de catastrophes possibles quoique très faiblement probables (mais nécessitant pour les urgentistes de s'y préparer) sont très nombreux, surtout si l'on considère la

---

tels que le ressenti de « simplisme », de « bien-pensance », le cloisonnement concepteurs/joueurs, et au final la pauvreté ludique de beaucoup de « jeux sérieux » actuels, en proposant des moyens simples de mobiliser le collectif sur ces lacunes.

<sup>10</sup> Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique et Explosions

conjonction de facteurs imprévus ou de causes croisées de catastrophes. Les exercices réels sont très coûteux et difficiles à organiser. Et même si l'on veut procéder à des exercices virtuels avec une approche classique du jeu sérieux, en raison du coût actuel du développement des séquences de jeu, on ne pourrait traiter que quelques dizaines ou centaines de scénarios du type de celui de la figure 12, ce qui ne permettrait pas de faire face aux véritables enjeux de la préparation au risque réel.

La réponse est alors donc de co-concevoir les spécifications des détails avec et par les responsables de formation du SAMU, de mettre à profit les dispositifs d'interaction proposés (partage des spécifications, forum des concepteurs, forum des apprenants...), de donner la maîtrise du système aux responsables des formations urgentistes pour qu'ils puissent développer facilement eux-mêmes tout nouveau scénario. Notre objectif est donc de permettre à ces professionnels de devenir à terme autonomes dans l'imagination de nouveaux cas et dans la production des nouvelles scènes associées (ou de variantes des scènes existantes) basées sur leur connaissance fine du domaine et les priorités pédagogiques.

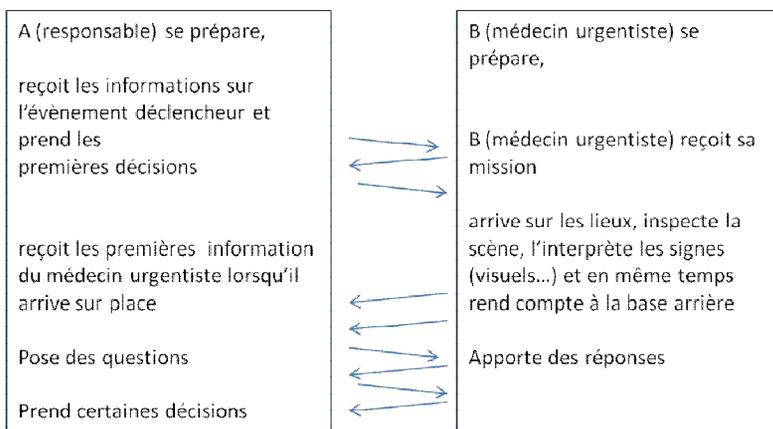


Figure 13. Trame d'une famille de scénarii de formation (mono ou bi-joueurs) dans Aidcrisis

## 5 Choix technique et prototypage de l'infrastructure

### 5.1 Exigences et choix de l'infrastructure

Nos projets s'effectuent en partenariat étroit avec la société SOS-21. Le jeu qu'elle développe s'apparente à un jeu d'aventure de type « point-and-click » :

- le personnage-joueur se déplace de scènes en scènes et effectue des actions sur des objets de décor,
- les scènes sont composées de calques placés dans un espace isométrique.

Le mécanisme de progression dans le jeu est pour sa part plutôt inspiré des jeux de rôle : il se compose principalement d'un système multidimensionnel de points que l'on peut gagner ou perdre.

Dans le cadre stimulant de ce partenariat, notre équipe est engagée dans un programme ambitieux consistant à transformer le jeu actuel **i**) en un monde virtuel multi-joueur et persistant, **ii**) dans lequel les règles puissent être facilement consultées (grâce à la carte de thèmes), discutées et modifiées (à travers le forum).

Le premier objectif nécessite *a minima* de fournir au joueur la conscience (*awareness*) :

- des mouvements et des actions des autres joueurs présents au même endroit et au même moment,
- des effets persistants sur le monde virtuel des actions de l'ensemble des joueurs.

Cette conscience mutuelle, synchrone et asynchrone, étant une fonctionnalité très classique de jeux « massivement multi-joueurs », nous avons pensé tout d'abord pouvoir réutiliser un serveur générique open-source existant. Nous avons ainsi étudié RedDwarf <sup>11</sup>(initialement développé par Sun sous le nom de « DarkStar »).

Un premier résultat de cette étude a été de nous faire découvrir que si la malléabilité des modèles de données faisait bien partie des fonctionnalités d'une plateforme de ce type, cette malléabilité restait cependant hors d'atteinte des non-informaticiens.

Par ailleurs, le protocole utilisé pour interroger ce type de serveurs (protocole binaire *ad hoc*) ne facilitait pas l'intégration avec notre plateforme Web de co-conception (carte de thème, forum).

Enfin, les fonctionnalités d'une plateforme de ce type étaient finalement assez indépendantes du domaine du jeu : malléabilité des modèles de données, passage à l'échelle de l'écriture et de la lecture de données, notification des clients par le serveur, toutes ces fonctionnalités sont également au cœur des infrastructures d'Amazon, de Facebook ou de Twitter...

Notre recherche d'infrastructure logicielle s'est donc recentrée sur un service de persistance de données indépendant du domaine du jeu, mais présentant des propriétés comparables à celles de RedDwarf. Nous avons retenu CouchDB<sup>12</sup> :

- parce que ses données sont « sans schéma », on peut ajouter des attributs librement et donc prototyper aisément une nouvelle fonctionnalité (y compris sur le serveur de production),
- parce que son API utilise le protocole HTTP, son intégration est possible à partir de la plupart des langages existants,
- parce que ses « vues » sont définies selon le patron de conception MapReduce<sup>13</sup>, elles profitent notamment de la mise en cache des résultats intermédiaires,
- enfin, CouchDB propose une fonctionnalité de notification des modifications.

## 5.2 Édition, consultation et discussion des règles

Notre architecture technique (cf. figure 14) dépend grandement du statut particulier qu'occupent les règles du jeu dans notre approche. Pour être éditées par des non-informaticiens, ces règles doivent être gérées comme des données et non plus comme des programmes. Par ailleurs, le fait qu'elles servent de point de référence à la carte de thèmes, au forum, et bien sûr au calcul des scores nécessite d'en faire un service partagé.

De manière plus classique, un autre service permet la gestion des actions réalisées par les joueurs. Ce service ne permet pas uniquement la conscience mutuelle entre les joueurs, mais il permet aussi aux concepteurs d'avoir accès à un tableau de bord pour analyser les traces d'usage.

---

<sup>11</sup> <http://www.reddwarfserver.org/>

<sup>12</sup> <http://couchdb.apache.org/>

<sup>13</sup> <http://guide.couchdb.org/draft/cookbook.html>

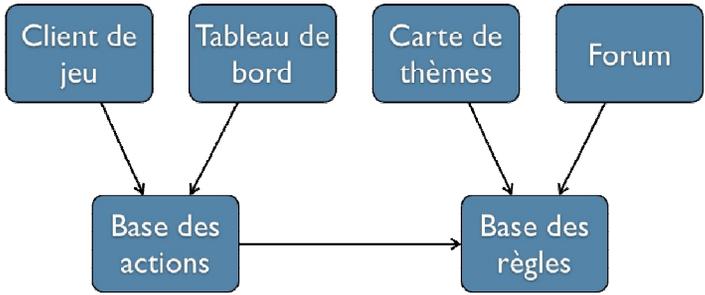


Figure 14. Dépendance entre les composants de l'architecture

### 5.3 Conscience mutuelle asynchrone

Comme nous l'avons vu précédemment nous souhaitons faire prendre conscience aux joueurs qu'ils partagent le même monde, que l'état de ce monde est le résultat des actions de chacun. Cette fonctionnalité, cependant, pose une difficulté de conception technique : si cet état est une ressource partagée par tous les joueurs et modifiée lors de chaque action, ces modifications effectuées en parallèle risquent de rentrer en conflit les unes avec les autres. CouchDB est capable de détecter de tels conflits, cependant la résolution de conflits va causer un délai dans la prise en compte des modifications et donc augmenter le risque de rencontrer d'autres conflits.

Pour éviter de rentrer dans un tel cercle vicieux, il est conseillé de suivre la « recette du banquier » (Anderson *et al.*, 2010). De même que dans le système d'information d'une banque les véritables données sont les transactions alors que la balance des comptes n'est qu'une « vue » sur ces données, de même l'état du monde, des scènes et les scores des joueurs ne sont que des vues sur les actions des joueurs. La seule différence entre les systèmes de type MapReduce et les systèmes traditionnels des banques est que ces « vues » ne sont pas calculées pendant la nuit mais « à la demande », en réutilisant les résultats intermédiaires non-impactés par les modifications survenues depuis la dernière consultation.

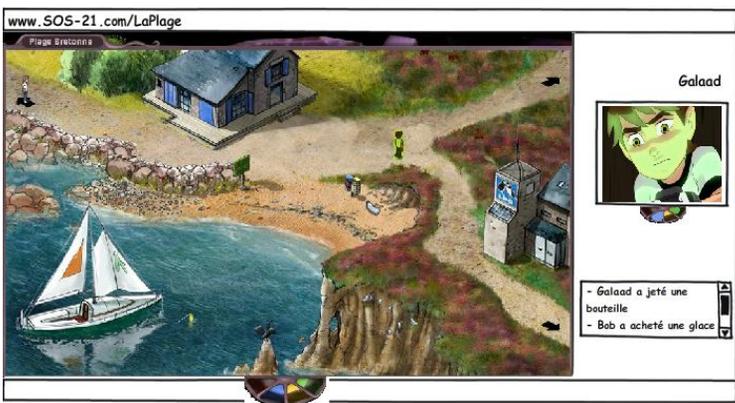


Figure 15. Score d'un personnage présent dans la scène (Maquette à partir d'une scène de SOS-21)

Les trois vues aujourd'hui prototypées dans le serveur pourront prendre des formes différentes dans le client :

- en plus de son propre score, le joueur pourra consulter le score des personnages présents dans la même scène, comme c'est le cas sur la figure 15 : sur son écran de jeu, le joueur dont le personnage est « Bob » connaît en permanence ses scores (en bas de l'écran), et peut demander à voir le score d'autres personnages (par exemple ceux de « Galaad » qui s'affichent alors dans le volet latéral)
- l'état du monde et des scènes pourra apparaître sous forme de jauges et éventuellement d'altérations de l'aspect de la scène.

#### 5.4 Conscience mutuelle synchrone

L'étape suivante consiste à donner conscience au joueur des actions et des mouvements ayant lieu au même moment dans la scène où il se trouve. CouchDB propose un mécanisme de notification des changements en fonction d'un filtre défini par le développeur. Dans notre cas, il s'agit donc d'un filtre sur le lieu.

Si l'on gère les déplacements en mettant à jour un objet correspondant au personnage, le service de notification utilisé pour les actions semble fonctionner également pour les déplacements.

Cependant deux cas particuliers doivent être pris en compte :

- lorsque le joueur change de scène, la notification doit concerner non seulement la nouvelle scène mais aussi l'ancienne afin de faire disparaître le personnage,
- lorsque le joueur n'est plus connecté (car, même s'il reste « dans » la scène jusqu'à la prochaine connexion, il ne doit plus apparaître).

Le deuxième cas nous amène à considérer également le cas où le client se serait subitement arrêté sans se déconnecter. La solution habituelle à ce problème dans les jeux massivement multi-joueurs est de déconnecter automatiquement les personnages après quelques minutes d'inaction. Étant donné que CouchDB ne permet pas d'exécuter des tâches à intervalle régulier, nous avons mis en place, à destination d'un client spécifique, une vue donnant la liste des personnages connectés mais dans l'inaction depuis un moment donné.

## 6 Méthode d'évaluation

### 6.1 Evaluation de l'approche proposée au niveau de l'apprenant

Notre objectif est ici de mettre à l'épreuve notre approche du jeu sérieux participatif et intensif en connaissances, en observant plus particulièrement les résultats obtenus *en matière d'apprentissage des connaissances par le joueur apprenant*. Comme étape importante dans cette voie, nous formulons l'hypothèse que cet apprentissage va être renforcé par les formes participatives proposées (le forum de discussion du jeu au niveau de chacun de ses objets). Les hypothèses que nous souhaitons ainsi corroborer s'insèrent, rappelons-le, dans une lignée de travaux théoriques sur l'évaluation du jeu sérieux (cf. section 2) permettant d'espérer que l'espace de conversations du forum aide à rendre les apprenants davantage maîtres de leurs apprentissages et favorise ainsi le passage du modèle transmissif des connaissances vers le modèle collaboratif des communautés d'apprenants.

Par quel dispositif d'évaluation et par quelle expérimentation mettre à l'épreuve ces hypothèses ? Une partie de la réponse est déjà apportée dans les pages précédentes, détaillant l'architecture du dispositif. En effet, la base de données du jeu qui rend facilement accessibles et modifiables l'ensemble des spécifications, des items et des règles du jeu, fournit au chercheur des traces pour le suivi et l'évaluation du progrès des joueurs. C'est le cas pour le tableau de bord des

statistiques et les valeurs des attributs pédagogiques engrangés par un joueur au cours du jeu.

N'oublions pas que la plateforme proposée permet de concevoir aussi les éléments d'évaluation pédagogique, par exemple le nombre de points sanctionnant un progrès ou une régression pédagogique. Quantitativement, l'évaluateur peut savoir à quel moment, après quel délai de réflexion, avec quel niveau d'utilisation du forum, etc., le joueur gagne ou perd des points, acquiert un objet, réussit ou échoue une mission ou une sous-tâche, etc. Nous souhaitons alors compléter qualitativement ces mesures, par l'analyse des messages échangés par le joueur sur le forum (en s'aidant de logiciels d'analyse qualitative tels que *Cassandra* et *Lasuli*<sup>14</sup>).

Dans une première expérience (envisagée fin 2012), nous nous intéressons à l'apprentissage et à la progression de l'apprentissage de l'apprenant à travers le forum de jeu et pas seulement à travers le jeu lui-même. Pour cela, l'apprentissage sera évalué en plaçant les apprenants dans deux configurations, sans et avec le forum de discussion, et les résultats seront comparés pour mettre à l'épreuve notre hypothèse, selon laquelle en utilisant le forum de jeu, nous avons un meilleur apprentissage (en prévoyant dans la suite de nous intéresser aux avantages que peuvent aussi présenter les forums pour les concepteurs).

Notre approche de l'évaluation se base sur le cadre méthodologique de l'expérience du jeu selon (Nacke *et al.*, 2010). Premièrement, nous allons commencer par l'évaluation du système de jeu sans et avec forum, pour s'assurer de leur fonctionnement sans panne ni blocage et détecter les limitations de notre système. Cette évaluation aura lieu à travers une expérience sur au moins 3 personnes en jouant dans un ensemble de scènes données et en utilisant le forum des joueurs.

L'évaluation de l'expérience du joueur s'appuiera sur la comparaison de deux groupes d'étudiants à l'UTT : pendant un temps contrôlé, 15 étudiants joueront dans la scène sans utilisation du forum de jeu et 15 autres étudiants utiliseront le forum de jeu, qui permettra notamment d'échanger des trucs et astuces, ainsi que d'exprimer les questions, interprétations, critique, suggestions, etc. sur les règles des scènes. Le choix des étudiants dans ces deux groupes se fait à partir d'un questionnaire pour tester les pré-requis du joueur sur sa pratique du domaine et pour éviter les biais de trop grandes inégalités de connaissances préalables. Le contenu de ce questionnaire dépend aussi des connaissances apportées par le jeu dans la scène à laquelle le joueur sera confronté afin de limiter l'éventuelle hétérogénéité des connaissances entre les deux groupes.

Pour interpréter l'expérience, nous nous baserons sur les différentes variables captées par notre plateforme et qui constituent les traces des joueurs, comme le temps passé par le joueur sur chaque tâche, les points gagnés/ perdus pour chaque action selon les règles des concepteurs et les fils de discussion dans le forum du jeu. Les participants joueront et, pour ceux du deuxième groupe (seulement pour ceux qui le souhaitent), ils pourront de plus utiliser le temps disponible pour s'exprimer et discuter si besoin (dans leur groupe) via le forum. L'analyse de ces traces permet le contrôle et la régulation de l'activité d'apprentissage (Heraud *et al.*, 2005). L'observation en se basant sur des traces sera aussi un important facteur pour apprécier la qualité du scénario d'apprentissage (Marty *et al.*, 2004) et pour l'évaluation de l'influence des composants de la scène dans la perturbation des joueurs ou dans l'aide à accomplir leurs objectifs.

De même, nous voulons tester l'utilisabilité (Bevan *et al.*, 1991) du système parce que si celle-ci n'est pas assurée dans le jeu, les efforts des joueurs porteront

---

<sup>14</sup> Cf. [http://www.hypertopic.org/Hypertopic/Texts\\_analysis.html](http://www.hypertopic.org/Hypertopic/Texts_analysis.html)

sur la manière d'utiliser l'interface et ne seront plus concentrés sur le contenu du jeu (Olsen *et al.*, 2011). Pour tester l'utilisabilité, nous nous baserons sur un questionnaire distribué aux joueurs après avoir participé aux expériences (Brooke, 1996).

Enfin, nous nous intéresserons à l'interaction entre joueurs. Les scènes de jeu proposées lors de l'expérience seront mono-joueurs, mais le forum de jeu assurera un dispositif d'interaction entre les différents joueurs. On sait par exemple que le joueur peut devenir plus motivé et plus engagé s'il y a d'autres joueurs qui jouent dans la même salle (Ravaja *et al.*, 2006). Dans notre expérience, les joueurs du groupe avec forum ne pourront pas communiquer par d'autres canaux que le forum et donc ces interactions joueur-joueur pourront être complètement tracées, à travers l'analyse des messages postés dans le forum du jeu, la comparaison des scores des joueurs et les indicateurs d'absence ou de présence sur le dispositif d'interaction.

L'objectif prioritaire de l'expérience étant de savoir si les joueurs ont appris de nouvelles connaissances utiles à leur mission de jeu du fait de leur participation au forum de jeu, les modalités proposées permettront de documenter le fait qu'ils ont passé du temps à échanger et à argumenter sur ce dispositif. Le temps « perdu » ainsi (en comparaison du groupe « sans forum ») est-il « regagné » ? La performance est-elle meilleure (au sens de la mission étroite du jeu) ? Le joueur a-t-il une perception différente du jeu et du groupe ? A-t-il trouvé un intérêt à s'exprimer ou a-t-il acquis des connaissances non prévues par le concepteur ? Pour cela, un entretien individuel final et un post-questionnaire seront utilisés pour passer en revue *a posteriori* le contenu de la séance, et comprendre, quantitativement et qualitativement, si les participants ont appris dans les deux dispositifs comparés.

Notons que les données en sortie de cette évaluation nous intéressent en tant que chercheurs, confrontés à la nécessité première de mettre à l'épreuve notre proposition de « jeu sérieux participatif et intensif en connaissances ». Mais, dans une approche d'amélioration continue du contenu et de la qualité, ces *outputs* intéressent aussi, bien évidemment, les concepteurs et les formateurs en charge de spécifier le jeu, de le faire évoluer et d'en augmenter en continu la pertinence par rapport à des publics donnés.

C'est pourquoi les méthodes des chercheurs pour l'évaluation des progrès des joueurs, instructives en matière de motivation à jouer ou d'apprentissage, ont tout intérêt (une fois validées) à ensuite être transplantées – moyennant une adaptation impliquant notamment une meilleure facilité d'emploi au niveau de l'IHM – vers les concepteurs et les formateurs eux-mêmes. Bien que ce type d'acclimatation d'une discipline à l'autre demande des précautions épistémologiques, nous considérons que les concepteurs et les formateurs ont au premier chef besoin de guider leur conception et leur paramétrage continu du jeu sérieux par des *outputs* d'évaluation, qui sont très proches de ceux qu'ont utilisés les chercheurs. Moyennant ces précautions, l'enjeu est alors d'imaginer une boucle plus ample d'évaluation de notre approche au niveau de la conception, comme nous allons le voir maintenant.

## 6.2 Evaluation de l'approche proposée au niveau de la conception

Nous prévoyons une seconde vague d'expériences, réalisée dans un second temps, une fois tirées les leçons quant à l'apprentissage des joueurs. L'objectif est cette fois d'expérimenter au niveau du groupe des concepteurs, en observant plus particulièrement si la boucle *création initiale / correction ultérieure*, encouragée par l'architecture proposée, permet d'atteindre l'objectif visé : un jeu qui serait à la fois davantage motivant pour les joueurs et pertinent par rapport aux enjeux épistémiques du domaine. La question posée est alors fort complexe : l'approche proposée dans le présent article permet-elle d'accroître, d'une façon observable, la

pertinence (par rapport à un public et un état de connaissances donné) et « l'apprenabilité » des connaissances insérées dans le jeu par l'équipe de concepteurs ? En imbriquant les forums des concepteurs et des joueurs, notre dispositif permet en effet aux concepteurs de disposer d'informations supplémentaires, venant de leurs pairs et des retours d'usage des joueurs, e.g. leurs annotations sur le forum, mais aussi les données de leur trace (cf. *supra*, l'évaluation de l'acquisition de connaissance par les joueurs).

Pour cette évaluation au niveau des concepteurs, en plus d'une approche par questionnaire, l'architecture proposée devrait permettre sans trop de difficultés deux formes d'instrumentation supplémentaires du dispositif, qui seront nécessaires. Il faudra en effet, d'une part, tracer l'usage que les concepteurs/formateurs font du dispositif de (ré-)écriture des spécifications des scènes et du dispositif d'interaction qui leur sont proposés pour améliorer la pertinence du jeu. Il faudra, d'autre part, observer de façon corrélée l'usage que les concepteurs/formateurs font de la possibilité qui leur est offerte d'évaluer comment et avec quelle efficacité les joueurs apprennent avec une version donnée du jeu.

Ce dispositif d'évaluation de l'activité complexe des concepteurs est pour le moment envisagé surtout de façon qualitative, en observant de façon descriptive le cycle suivant :

- a) évaluation par les concepteurs de l'apprentissage des joueurs avec la version  $n$  du jeu,
- b) émission par les concepteurs d'hypothèses sur des points d'amélioration potentiels,
- c) ajout de spécification pour la version  $n+1$  portant sur ces hypothèses,
- d) implémentation et nouvelle évaluation de l'apprentissage des joueurs (identiques ou différents) avec la version  $n+1$ .

Le dispositif permet, d'une part, de tester des hypothèses globales sur des points d'amélioration par lesquels les concepteurs peuvent souhaiter *réorienter de façon importante* l'objectif ou la pédagogie du jeu ; dans ce cas, les étapes a) à d) peuvent demander plusieurs semaines. Mais, d'autre part, cette architecture va permettre aussi aux concepteurs et aux formateurs de travailler incrémentalement par des méthodes « agiles » et de tester alors l'impact de *petites modifications*, avec des hypothèses très fines (par exemple ajouter simplement un objet perturbant dans une scène, ou modifier la règle du nombre de points gagnés ou perdus par le joueur dans une certaine action) ; dans ce cas, les durées des étapes a) à d) peuvent être considérablement raccourcies.

## 7 Conclusion

Dans cet article, nous avons précisé la notion de jeux sérieux massivement participatifs et intensifs en connaissance, et nous avons proposé, avec l'architecture ARGILE, des éléments de solution fonctionnels et techniques, en indiquant sur quelques exemples pourquoi cette solution conviendrait mieux au service de ces jeux. Cette réflexion s'accompagne d'un plan de travail pour la mise en place d'une architecture qui nous permet de valider progressivement certaines hypothèses sous-jacentes à notre proposition. Les étapes en cours incluent notamment l'implantation de la fonction de navigation par carte de thèmes, des solutions de forum présentées en maquette dans le présent article, et de l'éditeur graphique. Nous souhaitons dès que possible réaliser l'expérience proposée dans la section 6.1. Nous voulons aussi impliquer des groupes de co-concepteurs non-informaticiens (dans le cadre des projets Aidcrisis et Defismed évoqués), pour qu'ils définissent des scènes, y créent

et modifient des objets au fil de l'eau, selon le mode de spécification, de prototypage rapide et de discussion.

Globalement, l'approche retenue permet de supporter à la fois la conception, l'évaluation, mais aussi le jeu lui-même c'est-à-dire les actions des joueurs en leur notifiant les changements qui surviennent localement et globalement dans le jeu. Nous souhaitons démontrer que cette approche favorise la structuration des objets et des connaissances ajoutées dans le jeu, de façon à ce que ceux-ci soient plus faciles à retrouver, à manipuler et à discuter dans une communauté large.

### Remerciements

Cette publication intervient dans le cadre du projet « AidCrisis » (projet CPER, 2011-2013) à l'initiative de la Région Champagne-Ardennes. Elle bénéficie également du concours du Ministère français de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, dans le cadre de la thèse de Nour El Mawas, commencée en septembre 2010 à l'UTT.

### Bibliographie

Anderson J. Chris, Lehnardt Jan, Slater Noah (2010). « *CouchDB: The definitive guide* » O'Reilly editor.

Alvarez, J. (2007). Du jeu vidéo au Serious game, Approches culturelles, pragmatiques et formelle. Spécialité science de la communication et de l'information, Université TOULOUSE II - Toulouse le Mirail / Université TOULOUSE III - Paul Sabatier: 445.

Bénel, A., Zhou, C., et Cahier, J.-P. (2010). Beyond Web 2.0... And beyond the Semantic Web. In: Randall, D., Salembier, P. *From CSCW to Web 2.0: European Developments in Collaborative Design*. London: Springer, 2010. p. 155-171. 978-1-84882-964-0.

Bevan, N, Kirakowski, J and Maissel, J. (1991). What is Usability?, in H.-J. Bullinger, (Ed.). *Human Aspects in Computing: Design and use of interactive systems and work with terminals*. Amsterdam, Elsevier.

Blunt, Richard (2009). "Do serious games work? Results from three studies", *eLearn Magazine*. December 1, 2009.

Brooke, J. (1996). " SUS: a " quick and dirty " usability scale ". In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.

Brougère, G. (2005). *Jouer /Apprendre*. Paris, France :Economica.

Buckingham, S. (2008). "Cohere: Towards Web 2.0 Argumentation", *Proceeding of the 2008 conference on Computational Models of Argument: COMMA 2008*, Pages: 97-108, 2008, ISBN ~ ISSN:0922-6389 , 978-1-58603-859-5

Cahier, J.-P. Zaher L.H., Isoard G. (2010). Document et Modèle pour l'Action, une méthode pour le Web socio sémantique, Application à un Web 2.0 en Développement Durable. Document numérique, RSTI 13(2), 75-96.Hermès-Lavoisier, 2010.

Cahier, J.-P. (2011). « Web 2.0, Serious Game : Quelle structure de connaissances pour les espaces virtuels participatifs ? in J.-P. Briffault (Ed.), *Univers virtuels et environnements collaboratifs*, p. 245-266.Hermès, 2011.

Céline Le Marc, Jean-Pierre Mathieu, Marc Pallot, Simon Richir (2010). Serious Gaming: From Learning Experience towards User Experience. ICE 2011 conference. 28 Juillet 2010.

Ehn, P. (2002). Participatory Design and the Collective Designer. (with Richard Badham) in Proceedings of Participatory Design 2002, Malmö, 23-25 June 2002.

Fabricatore C. (2000). " Learning and Videogames: an Unexploited Synergy ". In: 2000 AECT National Convention - a recap. 2000 AECT National Convention. Long Beach, CA: Secaucus, NJ : Springer Science + Business Media.

Frasca (2001). Videogames of the oppressed : Videogames as a means for critical thinking and debate. Communication and culture. Georgia, School of Literature. Master of Information Design and Technology.

Gadamer H.G. (1996). *Vérité et Méthode*, Seuil, 1996 (1ère publ. *Wahrheit und Methode*, 1960, Tübingen).

Gee, James Paul et David Williamson Schaffer (2010). "Looking where the light is bad: Video games and the future of assessment", Epistemic Group Working Paper, no 2010-02, University of Wisconsin-Madison, april 2010.

Heraud J.-M., Marty J.-C., France L., Carron T. (2005). « Helping the Interpretation of Web Logs: Application to Learning Scenario Improvement », Workshop AIED'05, Amsterdam, 18-22 July, 2005.

Herrmann, Th., Hoffmann, M., Loser, K.-U., Moysich, K. (2000): Semistructured models are surprisingly useful for user-centered design. In: Dieng, R.; Giboin, A., Karsenty, L., De Michelis, G. (Hrsg.): Designing cooperative systems. Amsterdam: IOC press. pp 159 -174.

Ma X., El Mawas N. (2012). Vers une catégorisation visuelle facilitant le partage de connaissances en mode Web 2.0. dans le projet Defismed. Actes Rencontres Jeunes Chercheurs en Recherche d'Information (RJCRI), conf. CORIA-CIFED "Recherche d'information, Analyse de l'écrit et du document", 21-23 Mars 2012, Bordeaux, 6 p.

Mandin, Sonia (2010). "Jeux sérieux : Quels apprentissages?", Agence des usages TICE, 14 janvier 2010.

Marty J.-C., Heraud J.-M., Carron T., France L. (2004). « A quality approach for collaborative learning scenarios », Learning Technology Newsletter of IEEE Computer Society, Vol. 6, Issue 4p. 46-48, 14 -16 December, 2004.

Muratet M., Patrice Torquet, Jean-Pierre Jessel, Fabienne Viallet (2008). Vers un jeu sérieux pour enseigner la programmation (regular paper). Dans : Association Française de Réalité Virtuelle, Augmentée, Mixte et d'Interaction 3D (AFRV 2008), Bordeaux, 30/10/2008-31/10/2008.

Nacke, L. E., Drachen, A. and Goebel, S. (2010). Methods for Evaluating Gameplay Experience in a Serious Gaming Context. International Journal of Computer Science in Sport (Special Edition). Volume 9, Edition 2.

Natkin S., Dupire JK. (2009). Entertainment Computing - ICEC 2009, 8th International Conference, Paris, France, September 3-5, 2009. Proceedings Springer 2009.

Olsen, T., Procci, K., & Bowers, C. (2011). Serious games usability testing: How to ensure proper usability, playability, and effectiveness. In A. Marcus (Ed.), Lecture notes in computer science 6770: Design, user experience, and usability -

Theory, methods, tools, and practice, part II (pp. 625-634). Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.

O'Reilly, T. (2005). What is web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software. Social Science Research Network (2005).

Park, J. (2008). Topic Maps, Dashboards and Sensemaking, proceedings of Topic Maps Research and Applications conference (TMRA 2008).

Protopsaltis, A., Pannese L., Pappa D. et Hetzner S. (2011). "Serious Games and Formal and Informal Learning", eLearning Papers, no 25, juillet 2011.

Ravaja, N., Saari, T., Turpeinen, M., Laarni, J., Salminen, M., Kivikangas, M. (2006). "Spatial Presence and Emotions during Video Game Playing: Does It Matter with Whom You Play?" Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 15(4): 381-392.

Riel, M. (1995). Cross-classroom collaboration in global learning circles. Dans S. Star (éd.) The Cultures of Computing, Oxford: Blackwell.

Richardson L., Ruby S. (2007). « *RESTful Web Services* », O'Reilly editor may 2007.

Sanchez E., Ney M., et Labat J.M. (2011). "Jeux sérieux et pédagogie universitaire : de la conception à l'évaluation des apprentissages", Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, vol. 8, nos 1-2, 2011.

Sediri M., Matta N., Lorette S., Hugerot A. (2012). Vers une représentation de situations de crise gérée par le SAMU, Actes Conférence IC'2012 (23èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances), Paris (France), 26-29 juin 2012. 12p, 2012.

Winograd Terry, Flores Fernando (1986). Understanding Computers and Cognition. Addison-Wesley, USA, 1986.

Zacklad, M. (2003). Communities of Action: a Cognitive and Social Approach to the Design of CSCW Systems In Proceedings of GROUP'2003, pp. 190-197, Sanibel Island, Florida, USA.

Zaher, L.H., Cahier, J.-P., Zacklad M. (2006). The Agoræ/Hypertopic approach, Proceedings of the workshop on Indexing and Knowledge in Human Sciences, Nantes, June 26-28, 2006. 66-70.,2006. [en ligne: <http://publications.tech-cico.fr/>]

Zhou C., Bénel A., Lejeune C. (2006). "Towards a standard protocol for community-driven organizations of knowledge" Proceedings of the 13th int. conf. on Concurrent Engineering, Antibes, September 18-22, 2006. pp. 438-449. Frontiers in Artificial Intelligence and Appl. vol. 143. Amsterdam: IOS Press. 2006.