
Etat de l'art des techniques d'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux

Nadia Hocine*, **Abdelkader Gouaïch***, **Ines Di Loreto***, **Lylia Abrouk****

**Laboratoire d'Informatique et de Micro-électronique de Montpellier-LIRMM*

Université de Montpellier 2 - CNRS

161 rue ADA, Montpellier- France

{hocine, gouaich, diloreto} @lirmm.fr

***Laboratoire Electronique, Informatique et Image -Le2i*

Université de Bourgogne, France

Lylia.abrouk@u-bourgogne.fr

RÉSUMÉ. L'adaptation dans les jeux qu'ils soient ludiques ou sérieux est une fonctionnalité importante qui permet d'individualiser et contextualiser l'expérience de jeu. Elle permet également de gérer la frustration des joueurs-apprenants tout en augmentant leurs motivations. Cet article présente l'état de l'art des travaux traitant de l'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux. Ces travaux sont ensuite analysés suivant un cadre d'évaluation qui détermine le périmètre, les paramètres, le modèle de l'adaptation ainsi que le type de jeu : mono ou multi joueurs. L'analyse de l'état de l'art montre que la réalisation de jeux sérieux multi-joueurs adaptables soulève des problèmes importants à tous les niveaux allant de la conception jusqu'à la gestion des vues et interactions avec les joueurs-apprenants. Ceci nous conduit à identifier le développement de jeux sérieux multi-joueurs adaptables comme un défi majeur à aborder par la communauté à moyen terme.

ABSTRACT. Adaptation in games and serious games is an important feature that allows to individualize the game experience. It can also manage the players-learners' frustration while increasing their motivation. This article presents the state of the art of works dealing with adaptation in games and serious games. These works are then described according to an evaluation framework that determines the scope, parameters, model of adaptation and whenever the game is single or multiplayer. The analysis of the state of the art shows that building adaptive multiplayer serious games raises many challenges such as managing multiple views without breaking the game design logics. This leads us to consider development of adaptive multiplayer serious games as an important challenge to be addressed.

MOTS-CLÉS: adaptation, jeux sérieux, jeux ludiques, état de l'art.

KEYWORDS: adaptation, serious games, video games, state of the art.

1. Introduction

Les jeux sérieux (ou *serious games*) suscitent actuellement l'intérêt des chercheurs, professionnels et décideurs dans différents domaines tels que l'éducation, la santé, la formation professionnelle, la gouvernance et la défense. En France, cet intérêt s'est traduit concrètement par l'identification des jeux sérieux comme un domaine stratégique par le rapport de prospective économique en 2008 (Besson E., 2008) et le volet du plan de relance économique spécialement dédié aux jeux sérieux lancé en 2009 et qui a vu naître plus d'une vingtaine de projets en France.

Naturellement, l'intérêt porté aujourd'hui aux jeux sérieux est le fruit de plusieurs travaux qui depuis la fin des années 90 cherchent à singulariser et crédibiliser ce domaine. En effet, les serious games ne sont pas apparus *ex nihilo* mais traduisent une convergence de plusieurs domaines pré-existants comme les environnements d'apprentissage virtuels, les jeux éducationnels, la simulation et les jeux ludiques. Cette convergence s'est faite autour d'un principe fondateur qui se traduit par la prise en compte simultanée et cohérente : (i) d'aspects dits sérieux, qui fixent des objectifs, généralement quantifiables, pour la transmission et/ou l'acquisition de savoirs, de savoir-faire, ou d'information; (ii) et d'aspects dits ludiques, qui mettent l'accent sur la motivation et la gestion de la frustration des utilisateurs finaux (ou joueurs-apprenants)

Les joueurs-apprenants sont donc au centre des préoccupations et les facteurs contribuant à l'utilisabilité et l'acceptation représentent des enjeux cruciaux pour la réussite des jeux sérieux. Plusieurs approches peuvent être proposées pour répondre à ces enjeux comme:

- l'utilisation de principes généraux et de bonnes pratiques de conception de jeu (ou *game design*) en amont afin de créer une certaine immersion ou flow comme défini par (Csikszentmihalyi M., 1991)
- l'utilisation d'interfaces homme-machine appropriées et attractives afin de faciliter l'acceptation des joueurs-apprenants
- enfin, permettre une adaptation dynamique afin d'individualiser et contextualiser l'expérience de jeu pour chaque joueur-apprenant et par conséquent augmenter sa satisfaction tout en améliorant l'efficacité de la formation.

Nous nous intéressons dans cet article à ce dernier point en présentant un état de l'art et une analyse des différentes techniques d'adaptation utilisées dans les jeux sérieux ainsi que dans les jeux ludiques. Nous présentons également notre vision sur les défis à relever et notamment ceux qui concernent l'adaptation dans le contexte des jeux sérieux collaboratifs.

Cet article est organisé comme suit : Nous présentons dans un premier temps la terminologie suivie du cadre d'évaluation. Les travaux de l'état de l'art sont ensuite décrits et analysés. Enfin, la dernière section présente la conclusion et les perspectives.

2. Prérequis et définitions

Le terme « *adaptation* » est utilisé dans différents domaines avec des sémantiques différentes. Nous pouvons citer à titre d'exemple son utilisation dans le domaine de l'ingénierie logicielle, l'interaction homme-machine (IHM) et l'intelligence artificielle. Afin d'éviter les ambiguïtés, nous allons définir dans cette section ce que nous entendons par *adaptation* et ses objectifs dans le domaine des jeux ludiques et sérieux.

2.1. Définition de l'adaptation

L'adaptation peut être définie comme une caractéristique exprimée au niveau d'un système, dans notre cas un système informatique, qui reflète sa capacité à se modifier structurellement en réaction à certains événements bien identifiés (Andresen K. et al, 2005). Nous parlerons de système *adaptable* lorsque l'intervention humaine est nécessaire pour enclencher le processus de modification et de système *auto-adaptatif* si aucune intervention extérieure n'est nécessaire (Moisuc B., 2001)

2.2. Objectif de l'adaptation

L'adaptation dans un système informatique est toujours réalisée dans un but précis qui dépend du domaine applicatif. Il est donc important de préciser dans notre contexte de travail quel est le rôle donné à l'adaptation et pourquoi ce rôle est important dans les jeux sérieux et ludiques.

Les jeux sérieux et les jeux ludiques partagent une propriété fondamentale : le joueur-apprenant est au centre des préoccupations. En effet, ces systèmes sont destinés à satisfaire les joueurs-apprenants et à répondre à leurs besoins en termes d'acquisition de compétences et/ou de divertissement. Cette notion de satisfaction nous ramène donc vers un cadre plus général sur la notion d'utilisabilité définie par les systèmes interactifs. Dans ce cadre, l'utilisabilité se décline en trois aspects liés à l'efficacité, l'efficience et la satisfaction des utilisateurs (Nielsen J., 1993; Thomas C. et al ,1996; Maguire M., 2001)

L'efficacité d'un système (ou *effectiveness*) évalue le degré de succès avec lequel les utilisateurs réalisent leurs objectifs dans le système. L'efficience (ou *efficiency*)

évalue les moyens mis en œuvre par les utilisateurs pour accomplir leurs objectifs. Enfin, la satisfaction évalue le niveau d'acceptation par les utilisateurs.

Ces trois aspects sont définis dans un cadre général mais sont déclinés par des critères plus concrets dépendants du domaine applicatif. Par exemple, dans les jeux ludiques, nous pouvons citer à titre d'exemple les critères concrets suivants concernant la satisfaction: l'amusement (ou *fun*) (Lazzaro N., 2004 ; Koster R., 2005); l'immersion (ou *flow*) (Sweetser P. et al, 2005; Silva M. et al, 2008); l'engagement (Georgios N., 2008); curiosité (Malone T. W., 1981); attractivité (Silva M. et al, 2008); motivation (Georgios N. et al, 2008); difficulté (ou *challenge*) (Malone T. W., 1981; Sprock P. et al, 2004; Andrade G. et al, 2006); concentration, feedback et interaction sociale (Sweetser P. et al, 2005); et la fantaisie dans la création de scénarios de jeu (Malone T. W., 1981; Brandt E. et al, 2000; Delmas G. et al, 2007). Nous pouvons noter que même si les aspects liés à l'efficacité et l'efficience sont importants, l'accent est plus mis sur l'aspect de satisfaction (Andrade G. et al, 2006 ; Georgios N. et al, 2008 ; Sender et al, 2009)

Pour les jeux sérieux, les trois aspects sont considérés au même niveau. Ainsi, en plus des critères concernant la satisfaction cités précédemment, nous trouvons des critères concernant l'efficacité et l'efficience du système comme moyen de transfert et d'acquisition de compétences (Wong W.L. et al, 2007 ; Michael D.R. et al, 2009). Les critères d'efficacité et d'efficience dans les jeux sérieux peuvent représenter par exemple: le gain éducatif ou pédagogique (Peirce N. et al, 2008 ; Marfisi-Schottman et al, 2009 ; Conati C. et al, 2009), gain informatif (Li, H. et al, 2004 ; Pempek, T.A. et al, 2009) et entraînement (Raybourn, E.M. et al, 2005; Wong W.L. et al, 2007)

L'adaptation a pour but d'améliorer l'utilisabilité d'un jeu sérieux ou ludique en restructurant certaines de ses propriétés. L'amélioration de l'utilisabilité passe par l'amélioration des différents critères concernant l'efficacité, l'efficience et la satisfaction des utilisateurs.

2.3. Adaptation dans les jeux ludiques

Dans le cas de système interactif de type jeu ludique, l'adaptation est généralement définie comme la capacité du système à changer dynamiquement le comportement des entités du jeu suite à la modification de variables globales comme par exemple le niveau de difficulté du jeu.

2.4. Adaptation dans les jeux sérieux

Contrairement aux jeux vidéo, qui ne s'intéressent qu'aux aspects ludiques ; l'adaptation dans les jeux sérieux doit prendre en considération les aspects « sérieux » liés aux objectifs de formation, d'information ou d'acquisition de

compétences. Par conséquent, l'adaptation doit prendre en considération les paramètres liés aux objectifs pédagogiques et comment ces objectifs sont réalisés par le joueur-apprenant.

2.5. Processus d'adaptation

Afin de présenter le processus d'adaptation de façon compréhensible, nous proposons dans cette étude de présenter un système jeu selon la décomposition classique en trois aspects: modèle, vue, et contrôle (Model-View-Controller, MVC) (Reenskaug T., 2003). En utilisant cette décomposition, l'adaptation peut être considérée comme un processus qui va interagir avec le système jeu en modifiant structurellement sa présentation, ses modèles de données ou sa logique de contrôle (voir Figure1). Le processus d'adaptation est spécifié en utilisant un modèle qui va exprimer l'ensemble des règles d'adaptation. Ce processus a besoin en entrée de certains paramètres qui proviennent soit de l'état courant du système ou du profil du joueur-apprenant.

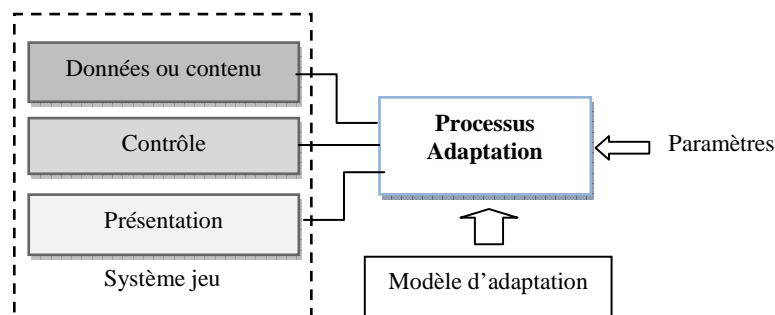


Figure 1. Processus d'adaptation des systèmes jeux.

2.6. Technique d'adaptation

Une technique d'adaptation désigne l'ensemble de concepts, structures et moyens informatiques mis en œuvre pour implémenter un processus d'adaptation.

3. Cadre d'évaluation

Cette section présente l'ensemble des critères d'analyse de l'état de l'art que nous avons utilisés durant cette étude. Ces critères vont nous servir à évaluer et à

discuter les travaux présentés dans cet article. Un résumé de l'ensemble des critères est illustré par la figure 2.

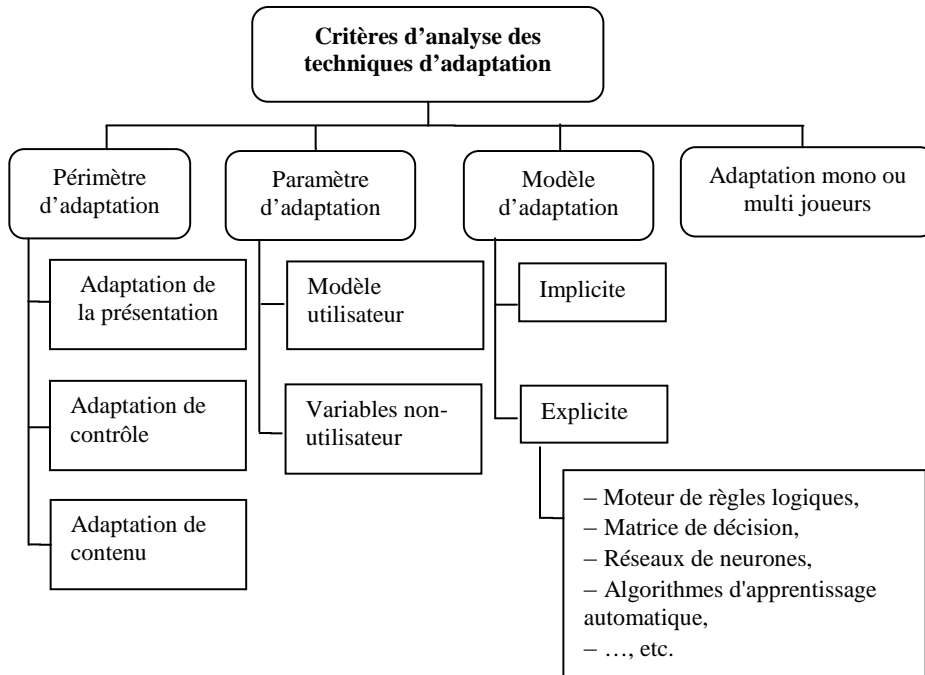


Figure 2. Critères d'analyse des techniques d'adaptation

3.1. Périmètre de l'adaptation

Ce critère identifie le périmètre dans lequel l'adaptation est appliquée. Nous pouvons identifier trois niveaux génériques en suivant la décomposition MVC:

– **Adaptation de la présentation aux utilisateurs finaux** : il s'agit d'adapter dynamiquement les paramètres de la présentation comme l'IHM, le son, et de gérer efficacement le feedback avec les utilisateurs (Chen Y et al, 2006). Par exemple, l'adaptation de la fréquence d'affichage ainsi que le niveau de détail du rendu graphique. Par cette adaptation, le système jeu doit être en mesure de garder l'attention des joueurs; ce qui permet dans le cadre d'une utilisation à des fins éducatives par exemple, d'avoir des conséquences bénéfiques sur leurs motivations pédagogiques (Asgari M. et al, 2004)

– **Adaptation du contrôle** : ce niveau englobe les règles du jeu et les règles métier qui spécifient la dynamique du jeu (ou le *gameplay*) en réaction aux actions des joueurs. L'adaptation dans ce cas modifie dynamiquement ces règles soit en

changeant leurs paramètres soit en supprimant et ajoutant de nouvelles règles. Nous pouvons citer à titre d'exemple la modification des paramètres de difficulté d'un jeu en modifiant des propriétés comme la profondeur de la recherche des algorithmes d'IA, les caractéristiques des objets du jeu (vitesse, point de vie, point de dommage)

– **Adaptation de contenu** : l'adaptation à ce niveau modifie dynamiquement soit les schémas de données utilisés ou bien le contenu. L'adaptation s'efforce donc de produire un contenu lié au contexte de jeu et aux compétences des joueurs-apprenants. Nous pouvons citer à titre d'exemple la génération automatique des dialogues et textes narratifs (Barry G., 2007) ou d'ambiance sonore (Chen Y et al, 2006)

3.2. Paramètres d'adaptation

Nous entendons par paramètres d'adaptation les éléments sur lesquels repose la prise de décision du processus d'adaptation. Ces éléments vont être utilisés soit comme des déclencheurs de l'adaptation ou des sources de données. Nous distinguons entre deux types de paramètres qui peuvent être présents : ceux qui sont relatifs à l'utilisateur et ceux qui en sont indépendants:

– **Modèle utilisateur** : Il s'agit de l'ensemble de variables et métriques décrivant les caractéristiques de l'utilisateur dans le système. Ces caractéristiques peuvent être des données représentant les préférences de l'utilisateur, son état attentionnel, ses émotions et/ou ses compétences déduites à partir de l'analyse de ses traces. Ces données sont stockées dans le profil de l'utilisateur qui sera utilisé comme paramètre de processus d'adaptation.

– **Paramètre non-utilisateur ou variable système** : ce paramètre représente les variables propres au système et qui ne dépendent pas du modèle utilisateur. A titre d'exemple, nous pouvons citer les paramètres liés à la configuration matérielle et logicielle du système hôte (par exemple, l'accélération graphique des rendus 3D)

3.3. Modèle d'adaptation

L'adaptation peut être implémentée dans le système sous forme d'un module qui interagit avec le système pour modifier son comportement et sa structure. Ce module utilise un modèle qui réifie la politique d'adaptation souhaitée qui peut être soit implicite ou explicite:

– **Implicite** : dans ce cas les procédures d'adaptation se retrouvent éparpillées et étroitement liées aux différents composants du système. Il serait dans ce cas difficile de séparer dans les instructions (ou le code source) les éléments qui incombent à l'adaptation des autres aspects.

– **Explicite** : dans ce cas la technique d'adaptation utilise des modèles explicites comme un moteur de règles logiques, une matrice de décision, des algorithmes d'IA

tels que les réseaux de neurones ou bien des algorithmes d'apprentissage automatique. Il sera possible d'identifier et de séparer les aspects d'adaptation des autres aspects dans l'implémentation du système.

L'objectif de ce critère est d'identifier la nature du modèle utilisé par la technique d'adaptation. Dans le cas d'un modèle explicite, ce critère identifie également le type de modèle utilisé (machine à états, règles logiques, modèle d'apprentissage automatique, etc.)

3.4. Adaptation Mono ou Multi-joueurs

Ce critère caractérise deux types de jeux: ceux qui requièrent un seul joueur (ou mono joueur) ; et ceux qui permettent la collaboration dans le jeu (multi-joueurs). Contrairement aux jeux mono-joueur, l'adaptation dans un système multi-joueurs doit prendre en compte l'aspect collaboratif et l'hétérogénéité entre les joueurs tout en maintenant une cohérence globale du jeu.

4. Présentation et analyse de l'état de l'art

Nous présentons dans cette section, les travaux de recherche sur l'adaptation dans les jeux vidéo ludique et les jeux sérieux. Notre cadre de recherche inclut les travaux sur l'adaptation dans les jeux ludiques, éducatifs (ou *educative game*), d'entraînement et les jeux thérapeutiques.

4.1. Technique d'adaptation « Hamelet » (Hunicke R. et al, 2004)

	Périmètre	Paramètre	Modèle	Mono ou Multi-joueurs
Technique d'adaptation « Hamelet » (Hunicke.,2004)	Contrôle	Modèle utilisateur	Explicite : Machine à états	Mono-joueur

Table 1. Résumé de l'analyse de « Hamelet »

Hamelet est un exemple de technique d'ajustement dynamique de la difficulté (DDA) générique destinée à différents genres de jeux comme des jeux d'action, aventure et de combat. Ces jeux utilisent des entités virtuelles, NPCs (Non-Player Character), qui représentent les adversaires possédant des comportements (Schaeffer 2001)

Le périmètre d'adaptation dans ce travail est celui du contrôle. L'adaptation est appliquée au jeu via l'intégration d'un système appelé Hamelet qui contrôle les statistiques de jeu afin d'ajuster sa difficulté. Hamelet se présente sous la forme d'un

ensemble de bibliothèques permettant : la gestion des statistiques de jeu, la définition et l'implémentation des actions et politiques d'ajustement ainsi que la génération des traces des sessions de jeu.

L'objectif de l'adaptation est de satisfaire le joueur au moyen d'ajustement dynamique de la difficulté de jeu. La satisfaction du joueur est évaluée dans ce cas par son engagement et amusement qui sont déduits à partir de sa valeur de performance dans le jeu. Cette valeur est déterminée par les statistiques de jeu représentant dans notre analyse les paramètres d'adaptation. Il s'agit de métriques déduites à partir du modèle utilisateur, comme par exemple sa vitesse et son taux de succès ou d'échec. En effet, Hamlet utilise une méthode probabiliste afin de déterminer et décider de l'aide apportée au joueur durant la session de jeu.

L'adaptation utilise un modèle explicite à base de machines à états qui détermine les actions selon les différents états du joueur durant une session de jeu. Enfin, L'adaptation par Hamlet suppose son intégration à des jeux IA mono-joueur.

4.2. *Technique Dynamic Scripting (Spronck P., et al, 2004)*

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
« <i>Dynamic Scripting</i> » (Spronck P., et al, 2004)	Contrôle	Modèle utilisateur	Explicite : scripts NPC	Mono-joueur

Table 2. *Résumé de l'analyse de « Dynamic Scripting »*

Technique d'ajustement dynamique de la difficulté proposée par (Spronck P., et al, 2004) destinée aux jeux de type CRPGs (*Computer Role Playing Games*). Contrairement à la technique d'Hamlet, le *dynamic scripting* utilise une entité logicielle externe au système jeu pour représenter les différentes règles d'adaptation. Cette entité est appelée un agent NPC (*Non Player-Character*) et représente l'adversaire dans le jeu.

L'adaptation dans ce cas agit sur le périmètre de contrôle. Ainsi, pour chaque agent NPC associé au joueur, le système lui attribue un script contenant les règles d'adaptation. Ces règles sont paramétrées par des coefficients calculés durant la session de jeu et stockées dans la base de connaissance de chaque agent.

Le calcul de coefficients de la règle dépend des paramètres du modèle utilisateur comme son score, ses points de vie et la valeur courante de la difficulté du jeu. Le comportement dynamique de système est déterminé donc suivant l'ensemble de règles sélectionnées pour un NPC associé au joueur. En effet, la technique d'adaptation a pour objectif de satisfaire le joueur en maintenant la difficulté (ou *challenge*) dans le jeu. Il s'agit d'augmenter la performance du joueur qui représente dans ce cas sa valeur d'entraînement déduite à partir des paramètres d'adaptation.

Le modèle utilisé est explicite, il se base sur des scripts contenant les règles de comportements des agents NPC. Nous pouvons noter aussi que cette technique est appliquée dans le cas de jeux mono-joueur.

4.3. Technique « *Challenge-Sensitive Game Balancing* » (Andrade G. et al, 2006)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
« <i>Challenge-Sensitive Game Balancing</i> » (Andrade G. et al., 2006)	Contrôle	Modèle utilisateur et paramètre système	Explicite : apprentissage par renforcement	Mono-joueur

Table 3. Résumé de l'analyse de « *Challenge-Sensitive Game Balancing* »

Ce travail a été présenté dans le cadre de jeux vidéo de type combat. L'objectif de la technique d'adaptation est de satisfaire l'utilisateur en prenant en compte ses performances et ses compétences dans le jeu. Ainsi, en plus de l'augmentation de la valeur d'entraînement, représentant la performance, comme définie dans le travail précédent, les feedbacks et les préférences du joueur sont également pris en considération. L'idée introduite dans ce travail s'inspire des principes linguistiques. Il s'agit de séparer la performance de la compétence dans le jeu (Andrade G. et al, 2005). L'adaptation de la compétence est réalisée par une approche de RL (*Reinforcement Learning*) (Andrade G. et al, 2005). Concernant l'adaptation de la performance la technique de *dynamic scripting* (Spronck P. et al, 2004) est utilisée.

L'adaptation dans ce cas concerne le périmètre contrôle de jeu. Elle est fondée sur des agents logiciels intelligents qui adaptent leurs comportements afin d'ajuster la difficulté du jeu. L'apprentissage dans cette technique est effectué en dehors de la session de jeu, en évaluant les compétences des utilisateurs. Ce résultat est ensuite exploité par les futures sessions.

Le processus d'adaptation utilise : (i) les paramètres du modèle utilisateur comme son style, ses points de vie et ses expériences qui aident à déterminer sa performance et sa compétence dans le jeu ; (ii) les paramètres systèmes représentent les règles d'apprentissage déterminées par le système de prise de décision sur l'aide apportée au joueur.

La technique d'adaptation est implémentée au moyen d'un modèle explicite basé sur les modèles d'apprentissage par renforcement et sur l'estimation des paramètres du profil utilisateur. Cette technique est destinée à des jeux mono-joueur.

4.4. Technique d'adaptation jeu à base de cas (Sander C. J. a., 2009)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
<i>Adaptation jeu à base de cas (Sander C. J. et al., 2009)</i>	Contrôle	Modèle utilisateur et paramètre système	Explicite CBR	Mono-joueur

Table 4. Résumé de l'analyse de « Adaptation jeu à base de cas »

Sander et al., proposent une adaptation jeu à base de cas est destinée aux jeux de stratégie temps réel ou jeux RTS (*Real Time Strategy game*). L'objectif est de permettre une adaptation rapide des comportements de l'adversaire dans le jeu en se basant sur la génération dynamique de son modèle. Le but est d'augmenter l'amusement et la curiosité du joueur en lui proposant des stratégies d'adversaires les plus appropriées à sa performance. La stratégie de jeu est définie dans ce travail par la configuration des paramètres qui détermine la stratégie de l'adversaire en termes de comportements qui lui ont été associés.

L'adaptation concerne le périmètre de contrôle. Il s'agit d'observer les différentes situations du joueur et lui associer par conséquent le modèle d'adversaire le plus approprié à ces compétences. Le modèle généré est à la base des différents cas ou situations d'adversaire dans le jeu (Ponsen M. et al, 2006)

Le modèle d'adaptation utilisé est explicite se basant sur du raisonnement par cas (ou CBR pour *Case Based Reasoning*). Il s'agit de planifier les comportements des adversaires pour qu'ils s'adaptent aux compétences de joueur. Lors de la procédure d'adaptation, le processus d'adaptation manipule des paramètres liés : (i) au profil d'utilisateur représentant les statistiques de jeu et ses préférences (ii) et ceux relatifs au système jeu qui peuvent être exprimés par l'ensemble des tactiques et stratégies pré-planifiées par le jeu. Enfin, cette technique est destinée aux jeux mono-joueur.

4.5. Adaptation dans le jeu Black & white (Black & White, 2002)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
<i>Adaptation dans le jeu Black & White (Black & White, 2002)</i>	Contrôle	Modèle utilisateur	Explicite : Apprentissage par renforcement	Mono-joueur

Table 5. Résumé de l'analyse de « Adaptation dans le jeu Black & White »

Parmi les premiers jeux commerciaux utilisant l'intelligence artificielle, nous pouvons citer Black & White développé par les studios Lionhead en 2002. Ce jeu

associe au joueur un personnage qui prend le rôle d'un dieu et d'autres personnages représentant les créatures dans le village. Le joueur possède le choix de son monde, qui soit parfait ou non, dans lequel il sera dieu.

Le périmètre d'adaptation concerné dans ce jeu est celui du contrôle. Il s'agit d'adapter le comportement des personnages de jeu dont l'objectif est de créer une expérience de jeu qui soit ludique et adéquate aux performances du joueur.

La technique d'adaptation dans ce cas utilise deux agents intelligents (Wexler J., 2002): le premier représente la communauté des villageois possédant des désirs et des croyances. Le second agent est associé à la créature créée. La créature apprend à bien agir pour satisfaire son maître et de s'adapter aussi à son environnement dans lequel elle se retrouve (objets de village) en se basant sur ses croyances et ses perceptions (Funge J., 1999)

Le modèle d'adaptation utilise un apprentissage par renforcement pour les personnages créatures ainsi que des arbres de décision pour représenter leurs croyances sur les objets de l'environnement.

Les paramètres utilisés par le modèle d'adaptation sont déduits à partir de style et des préférences du joueur durant la session de jeu. Enfin, l'adaptation est dédiée au jeu d'IA en mono-joueur.

4.6. *Modèle de narration adaptatif de jeu basé sur le modèle d'utilisateur (Natkin S. et al, 2007)*

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
<i>Modèle de narration adaptatif (Natkin S et al, 2007)</i>	Contrôle et contenu	Modèle utilisateur et paramètre système	Explicite réseau de pétri	Multi-joueur

Table 6. *Résumé de l'analyse de « Modèle de narration adaptatif de jeu basé sur le modèle d'utilisateur (Natkin, S et al, 2007) »*

Dans ce travail l'adaptation concerne les schémas de narration des jeux ubiquitaires en multi-joueurs. L'exemple donné dans ce travail est celui de jeu d'Alice et Bob (Natkin S. et al, 2007). Ce jeu se déroule dans une ville divisée en deux régions : Montmartre et les champs Elysées. Le joueur appartient à une des deux équipes rouge ou bleue et utilise des mobiles géo-localisés comme interfaces de jeu afin de réaliser certaines missions. Les missions dans le jeu sont classées selon les schémas suivants: (i) schéma de destruction : le joueur détruit les objets de son groupe, (ii) schéma d'exploration : le joueur découvre de nouvelles régions avec son groupe (iii) schéma d'interaction sociale : les joueurs collaborent via des puzzles possédant des indices distribués dans le temps et l'espace et (iv) schéma de création

permettant au joueur de créer des nouveaux objets virtuels dans le jeu. L'objectif de la technique d'adaptation est de proposer au joueur des scénarios les plus appropriés à sa personnalité et sa localisation.

L'adaptation dans ce cas concerne les deux périmètres contrôle et contenu. La construction du modèle de narration est réalisée dynamiquement selon les différentes situations de l'environnement physique d'un joueur ainsi que celles de son environnement virtuel ou social. Le processus d'adaptation utilise un modèle explicite basé sur la représentation des différents états d'un schéma de narration modélisés par un réseau de pétri.

Le paramètre d'adaptation est le modèle d'utilisateur. Les données déduites de ce modèle sont principalement : (i) les données génériques sur l'utilisateur telles que son âge et ses préférences, (ii) données relatives à sa localisation dans l'environnement physique de jeu qui représente dans notre cas les variables système. (iii) et enfin des données sur sa personnalité et ses différentes interactions sociales qui se traduisent principalement par le choix de son rôle dans le jeu.

Les caractéristiques sociales du joueur sont déduites à partir d'un modèle psychologique à base de cinq facteurs FFM (Five Factor Model) : besoin de stabilité, extroversion, originalité, accommodement et consolidation (Natkin S. et al, 2007). En effet, dans le cas d'une interaction en multi-joueurs, le processus d'adaptation utilise ce modèle psychologique afin de proposer au joueur les interactions sociales les plus adaptées à sa personnalité.

Pour ce qui concerne la focalisation sur le modèle de joueur pour l'adaptation, un autre travail dans ce contexte a été effectué par (Yan C., 2010). Dans ce cas, le processus d'adaptation utilise le profil utilisateur afin d'ajuster la difficulté de jeu en mono-joueur. Le profil d'utilisateur contient les données sur les performances du joueur. Elles seront utilisées comme des seuils de paramètres d'adaptation pour les futures sessions de jeu.

4.7. Technique d'adaptation à base d'un modèle d'interaction émotionnelle en temps-réel (Silva M. et al, 2008)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
<i>Adaptation à base d'un modèle d'interaction émotionnelle (Silva M. et al, 2008)</i>	Présentation et contrôle	Modèle utilisateur	Explicite : module d'exécution	Mono-joueur

Table 7. *Résumé de l'analyse de « Technique d'adaptation à base d'un modèle émotionnelle en temps réel »*

Silva et al. proposent une technique d'adaptation basée sur un système de suivi en temps réel du visage du joueur, permettant la détection rapide de son état d'attention. Cet état est ensuite utilisé pour adapter le jeu.

Les périmètres de l'adaptation concernés sont la présentation et le contrôle. En effet, le but de l'adaptation dans cette approche est de modifier le scénario du jeu et la présentation en fonction de l'état d'attention de l'utilisateur. Ceci a été expérimenté dans un jeu éducatif dédié aux enfants d'un hôpital de pédopsychiatriques (*Silva M. et al, 2008*)

Les paramètres d'adaptation utilisés sont déduits à partir du modèle utilisateur qui se base dans ce cas sur l'estimation des attentions de joueur. Cette estimation est effectuée à la base d'un modèle d'inattention qui utilise des statistiques sur le joueur telles que le temps moyen de sa réaction. Le modèle d'adaptation, qui est basé sur un système de décision indépendant de jeu, utilise ces paramètres afin de déterminer les actions de jeu les plus appropriées ou attractives aux joueurs.

Enfin, le modèle d'analyse émotionnelle a été défini dans le cadre de jeu ludique d'aventure et jeu éducatif en mono-joueur.

4.8. *Adaptation des scénarios de jeux narratifs interactifs (Delmas G. et al, 2007)*

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
<i>Adaptation de scénarios de jeux narratifs interactifs (Delmas G. et al, 2007)</i>	Contrôle et contenu	Modèle utilisateur	Explicite programmation Linéaire	Mono-joueur

Table 8. *Résumé de l'analyse de « Adaptation des scénarios de jeux narratifs interactifs »*

Delmas et al proposent une technique d'adaptation pour la création dynamique de scénarios de jeux. Ce travail qui se base sur la théorie de la narration émergente, consiste à construire l'histoire dramatique de jeu durant son exécution. Une description du principe de création de scénario a été illustrée via un exemple de jeu dans lequel le joueur est censé trouver des clés cachées dans les pièces. Les clés sont générées à des emplacements de pièces selon lesquelles se déclenchent des événements appropriés au scénario de jeu (*Champagnat R. et al, 2005*). Notons que cette approche a été utilisée dans des jeux d'entraînement et des jeux thérapeutiques (*Delmas G. et al, 2007*)

Le périmètre de l'adaptation dans ce travail est celui des données et du contrôle. En effet, la création du schéma de narration et l'exécution d'un scénario de jeu sont gérés par un système de contrôle. Ce système permet d'adapter dynamiquement le scénario de jeu aux performances du joueur selon les contraintes d'exécutions liées au scénario.

La technique d'adaptation est basée sur une architecture multi-agents qui supervise et gère l'exécution de jeu. Le paramètre d'adaptation utilisé concerne des statistiques liées au modèle d'utilisateur comme par exemple le temps de sa réaction, ses interactions et ses préférences. En effet, l'architecture multi-agent utilise un système d'exécution adaptatif décrit dans (Champagnat R. et al, 2005). Ce système est basé sur la programmation linéaire afin de calculer les paramètres d'un scénario de jeu en prenant en compte les contraintes d'exécution. Ces contraintes sont principalement liées au temps d'exécution et à la mécanique de jeu (*ex* : l'emplacement des clés). A partir de ce résultat, le système multi-agent déduit les possibles états de joueur en utilisant un réseau de pétri.

Enfin, le système d'exécution adaptatif utilisé par l'architecture multi-agent est destiné pour la génération des scénarios de jeu en mono-joueur.

4.9. Adaptation jeu éducatif communiquant à un EAV (Angel D.B. et al, 2009)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
« Adaptation jeu éducatif communiquant à un EAV » (Angel D.B, 2009)	Contrôle	Modèle utilisateur et paramètre système	Implicite	Mono-joueur

Table 9. Résumé de l'analyse de « Adaptation jeu éducatif communiquant à un EAV »

Ce travail est défini dans le cadre d'un jeu éducatif. L'adaptation dans ce cas, se focalise sur les principes de la théorie d'*Adaptive Hypermedia* qui tend à adapter le contenu hypertexte durant le processus d'apprentissage (Brusilovsky P., 2004). Ceci en sélectionnant aux étudiants des pages html appropriées à leurs activités d'apprentissage.

Ce travail propose une architecture de système permettant de faire communiquer un jeu vidéo éducatif avec un environnement d'apprentissage virtuel (EAV). Nous pouvons noter comme exemples d'EAVs, les standards SCROM (Changtao Q. et al, 2001) et .LRN (dotLRN, 2007). Cette architecture est composée d'un module d'adaptation, une interface de communication entre le jeu et l'environnement d'apprentissage et d'un module d'évaluation de modèle d'apprentissage. Nous nous intéressons dans notre étude au module d'adaptation.

Le périmètre traité dans ce travail est celui du contrôle. Ainsi, le module d'adaptation se focalise sur l'exploitation de l'expérience de jeu, en définissant des modèles de profils utilisateurs, afin de personnaliser le jeu.

Le processus d'adaptation utilise : (i) le résultat des estimations des paramètres liés au modèles des utilisateurs tels que leurs activités courantes, niveaux de difficulté, traces et le taux de réussite de leurs exercices ; (ii) des paramètres système représentant les règles d'apprentissage déterminées à partir du modèle de la situation d'apprentissage définie dans le EAV .

L'adaptation est basée sur un modèle implicite exprimé par des règles déduites à partir de l'expérience de jeu. Le processus d'adaptation utilise ce modèle afin de déterminer dynamiquement les règles d'apprentissage appropriées au résultat d'estimation de la compétence de l'utilisateur. Le but est de proposer au joueur les activités les plus appropriées à son niveau d'apprentissage dans le jeu.

L'idée introduite par ce travail de recherche est d'étendre des jeux éducatifs avec un contenu pédagogique adapté (Paramythis A. et al, 2004). L'adaptation concerne donc plus particulièrement l'apprentissage dans le système jeu. Nous pouvons noter aussi que cette technique est destinée pour des jeux éducatifs mono-joueur.

4.10. Adaptation basée sur la personnalisation de l'expérience d'apprentissage (Peirce N. et al, 2008)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono/ Multi-joueur</i>
« <i>Personnalisation de l'expérience d'apprentissage</i> » (Peirce N., 2008)	Contrôle	Modèle utilisateur et paramètre système	Explicite : moteur d'inférence	Mono-joueur

Table 10. *Résumé de l'analyse de « Adaptation basée sur la personnalisation de l'expérience d'apprentissage »*

Ce travail est défini dans le contexte des jeux éducatifs. Il s'appuie sur l'idée de la personnalisation de l'expérience d'apprentissage afin de favoriser la motivation de joueur. Ceci est réalisé au moyen d'un système d'adaptation d'apprentissage de jeu appelé ALIGN (*Adaptive Learning In Games through Non-invasion*). L'adaptation dans ce système est considérée comme un module à base d'une interface. Cette dernière permet d'assurer la cohérence des données de jeu pour l'ensemble des scénarios d'un joueur.

L'adaptation dans ce système s'adresse au périmètre de contrôle. ALIGN se base dans sa procédure d'adaptation sur un ensemble de composants tels que : la base des éléments d'adaptation, le module d'adaptation de règles permettant d'examiner le

modèle d'apprenant, une base de contraintes sur les expériences de jeu et la base des règles de jeu.

Ces composants sont ainsi gérés à travers un modèle explicite d'adaptation, exprimé par un moteur d'inférence qui permet de choisir l'ensemble des règles d'apprentissage associées à un joueur.

Les paramètres utilisés par les règles de contrôle sont les paramètres de systèmes exprimant les règles d'apprentissage et des paramètres relatifs au profil utilisateur liés à leurs traces dans le jeu. Enfin, l'adaptation dans ce système est destinée aux jeux éducatifs mono-joueur.

4.11. Technique « *Real-time Adaptation of Augmented-Reality Games* » (Georgios N. et al, 2008)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
« <i>Real-time Adaptation of Augmented-Reality Games</i> » (Georgios N., et al, 2008)	Présentation et contrôle	Modèle utilisateur	Explicite : réseaux de neurones	Mono-joueur

Table 11. Résumé de l'analyse de « *Real-time Adaptation of Augmented-Reality Games* »

Ce travail utilise un jeu gratuit *Bug-Smasher*. Il s'agit d'un jeu destiné à des enfants qui utilise une surface équipée de capteurs, sur laquelle le joueur interagit avec le système.

L'adaptation dans ce système jeu vidéo temps réel agit sur les périmètres de présentation et de contrôle. Le système adapte dans ce cas les interactions et les retours sur expérience (feedbacks). Le but est de montrer via le jeu vidéo, une détection rapide des interactions produites par le joueur.

La technique d'adaptation est basée sur : (i) la construction des modèles de joueurs afin d'exploiter leurs expériences dans le jeu ; (ii) et l'utilisation d'une fonction de calcul de paramètres de jeu basée sur les réseaux de neurones.

Ce travail se base sur un modèle explicite exprimé par un algorithme de réseaux de neurones, qui a pour rôle de calculer la difficulté de jeu selon les paramètres de l'état actuel de système.

Les paramètres sont ceux liés au modèle d'utilisateur : sa vitesse de réaction, valeur courante de difficulté et ses traces dans le jeu. Ce paramètre représente aussi les estimations des feedbacks du système interactif mono-joueur.

Dans ce travail, l'adaptation a pour objectif de satisfaire le joueur. La mesure de satisfaction représente dans ce cas la valeur d'entraînement physique du joueur durant ses sessions de jeu. Enfin, la technique proposée est destinée à des environnements mono-joueurs.

4.12. Technique basée sur l'évaluation de feedback dans les jeux éducatifs (Conati C. et al, 2009)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
<i>Technique basée sur l'évaluation de feedback dans les jeux éducatifs (Conati C. et al, 2009)</i>	Présentation	Modèle utilisateur	Explicite : réseaux de neurones	Mono-joueur

Table 12. Résumé de l'analyse de « la technique basée sur l'évaluation de feedback dans les jeux éducatifs »

Ce travail présente une technique d'adaptation de jeux éducatifs. Les expérimentations réalisées utilisent le jeu appelé Prime/Climb. Le joueur doit passer certains obstacles durant son ascension d'une montagne et le jeu lui présente des aides contextualisées. Le but de l'adaptation est donc de sélectionner les aides à afficher au joueur.

L'adaptation concerne le périmètre de présentation. L'idée principale est de représenter l'aide associée au joueur par une entité logicielle appelée « agent pédagogique ». La technique d'adaptation est basée sur la programmation comportementale des agents pédagogiques qui utilisent le modèle de joueur, pour observer et gérer l'évolution du jeu.

Cette technique suppose l'introduction au préalable de différents modèles possibles de joueurs. En effet, ces modèles vont être utilisés par des agents logiciels afin d'adapter les interactions des utilisateurs avec le système jeu.

Le paramètre d'adaptation est celui de modèle utilisateur. Il correspond à l'ensemble des estimations des feedbacks de joueur ainsi que son taux de réussite durant une expérience de jeu.

Le modèle utilisé est implicite, exprimé par les différents comportements des agents pédagogiques. Enfin, cette technique est destinée pour les jeux éducatifs mono-joueur.

4.13. Technique d'adaptation à base d'une interface intelligente (Park C., 2009)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
<i>Adaptation à base d'une interface intelligente (Park C., 2009)</i>	Présentation	Modèle utilisateur	Implicite	Mono-joueur

Table 13. Résumé de l'analyse de « la technique d'adaptation à base d'une interface intelligente »

(Park C., 2009) propose d'avoir une interface intelligente pour adapter les jeux d'entraînements, comme par exemple les jeux 2Taiko master, Wii sports, et WarioWare. Ces jeux commerciaux sont apparus en 2008 sous le titre de Wii Fitness, utilisent le périphérique Wii balance qui permet aux utilisateurs d'améliorer l'équilibre ou de renforcer les muscles (Nintendo, 2008)

Le but de ce travail est d'adapter ce type de jeux pour les personnes âgées et prendre en compte leur temps de réaction qui est généralement plus lent et leurs capacités auditives et visuelles qui sont souvent diminuées.

Le périmètre d'adaptation est celui de la présentation. En effet, l'interface intelligente introduite permet de gérer les interactions des joueurs en ajustant par exemple le son et la visualisation du jeu. Cette procédure d'adaptation est déclenchée explicitement par l'utilisateur. La technique d'adaptation utilise dans ce cas un ensemble de modèles d'utilisateurs pré implémenté par l'interface. Selon la configuration de jeu choisie par l'utilisateur, le système lui attribue un modèle décrivant la politique d'adaptation possible, la plus adéquate à ses besoins dans le jeu.

Le paramètre utilisé par cette technique est donc le profil utilisateur. Il s'agit de l'ensemble de variables déduites à partir du modèle de joueur choisi.

Le modèle utilisé par cette technique est implicite. En effet, le modèle se base sur la pré-configuration des paramètres de système ainsi qu'une gestion des interactions et feedbacks durant une expérience de jeu

Enfin, nous pouvons noter que ce travail a proposé une technique d'adaptation destinée aux jeux d'entraînement mono-joueur.

4.14. Adaptation à base d'organisation de système multi-agents (SMA) (Westra et al, 2009)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
« Adaptation à base de système multi-agents MAS » (Westra et al, 2009)	Contrôle	Modèle utilisateur et paramètre système	Implicite	Mono-joueur

Table 14. Résumé de l'analyse de « la technique d'adaptation à base d'organisation de système multi-agents (SMA) »

Ce travail propose une méthode d'adaptation de jeux sérieux basée sur les organisations dans les MAS (*Multi-Agent System*). La méthode d'adaptation proposée par ce travail agit sur le périmètre contrôle de jeu. L'adaptation se base sur la théorie AMAS (*Adaptive MAS*) qui suppose qu'une fonctionnalité de système est la conséquence d'un comportement collectif des agents (Capera et al, 2003). La sélection des règles d'adaptation dans le jeu est distribuée dans le MAS. Cela signifie qu'une décision d'adaptation ne sera effective qu'après la prise en compte des points de vue des différents agents logiciels.

Le modèle d'adaptation est implicite. Il est réalisé à l'aide d'un contrôle décentralisé au moyen des agents logiciels de type BDI (*Belief Desire Intention*) (Bratman M. E., 1987). L'adaptation peut se traduire dans ce cas par la planification des comportements des agents BDI du système.

La méthode d'adaptation propose une architecture de système à base de trois modèles : le modèle utilisateur, le modèle d'activité d'apprentissage et le modèle de l'agent. Ainsi, le système choisit durant une expérience de jeu les activités d'apprentissage d'un joueur selon son modèle prédéfini. Ce choix est exprimé sous forme de règles de comportement des agents.

Les paramètres d'adaptation sont : (i) le paramètre utilisateur représentant les préférences de joueurs figurant dans le modèle d'utilisateur. (ii) les paramètres système, qui sont liés aux choix des règles modélisant une activité d'apprentissage. Ce choix est déterminé à partir du modèle d'activité d'apprentissage et du modèle agent, en vérifiant sa capacité à réaliser une action d'adaptation.

Enfin, cette méthode d'adaptation est définie dans le cadre de jeux mono-joueur.

4.15. Adaptation de système de réalité virtuelle pour la réhabilitation fonctionnelle (Ma et al., 2007)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
« Adaptation de système de réalité virtuelle pour la réhabilitation fonctionnelle » (Ma et al., 2007)	Contrôle	Modèle utilisateur	Implicite	Mono-joueur

Table 15. Résumé de l'analyse de « la technique d'adaptation Adaptation de système de réalité virtuelle pour la réhabilitation fonctionnelle »

Ce travail s'inscrit dans le contexte des jeux thérapeutiques qui ont prouvé leur efficacité pour la réhabilitation fonctionnelle après des accidents vasculaires cérébraux (AVC) (Viau et al, 2004). Il s'agit d'un jeu sérieux qui se base sur la réalité virtuelle où l'objectif des patients est de réaliser des tâches simples comme pointer, déplacer ou attraper des objets virtuels.

L'adaptation dans ce contexte joue un rôle très important car elle permet de prendre en compte les difficultés motrices de chaque patient. Elle permet également aux thérapeutes d'individualiser les exercices pour chaque patient selon son handicap et sa progression.

Le périmètre de l'adaptation est celui du contrôle. En effet, plusieurs éléments relevant du contrôle de la simulation sont modifiables comme: (i) le nombre et type d'objets présents dans les scènes, (ii) la taille et la position initiale des objets, (iii) la vitesse de déplacement et la masse, (iv) la distance entre les objets et le patient.

Les paramètres de l'adaptation reposent essentiellement sur un profil du patient qui comprend les éléments suivants :

- Informations générales sur le patient comme l'âge, le genre et si le patient est droitier ou gaucher.
- Informations concernant l'AVC comme la date de l'accident et l'hémisphère concerné (droit ou gauche).
- Informations concernant les capacités motrices du patient en utilisant des métriques médicales standards comme l'index de motricité (Demeurisse et al, 1980) ou l'action *research arm test* (ARAT) (Lyle R.C.A, 1981)

La technique d'adaptation utilise un modèle implicite dans l'implémentation mais repose sur une matrice de spécification qui détermine la relation entre les paramètres concernant le profil du patient et des niveaux de difficulté de la simulation. Chaque niveau exprime les valeurs des éléments de la simulation. Pour finir, notons que cette approche de réhabilitation est mono-joueur et basée sur des exercices individuels.

4.16. « Système biofeedback multimodal » (Chen Y. et al, 2006)

	<i>Périmètre</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Modèle</i>	<i>Mono ou Multi-joueurs</i>
« <i>Système biofeedback multimodal</i> » (Chen Y. et al, 2006)	Présentation et contenu	Modèle utilisateur	Implicite	Mono-joueur

Table 16. Résumé de l'analyse de « la technique d'adaptation à base de système biofeedback multimodal »»

A l'instar de (Ma et al, 2007), le projet décrit dans (Chen Y. et al, 2006) développe un jeu sérieux pour la rééducation fonctionnelle basée sur la réalité virtuelle. Cependant, ce projet met l'accent sur le traitement des retours sur expérience (ou *feedbacks*) des patients. En effet, comme le soulignent Chen Y. et al, l'accès aux feedbacks durant les sessions de jeu permet aux patients d'être guidés et améliore sensiblement leurs performances.

L'originalité de ces travaux réside dans l'utilisation de diverses modalités pour représenter les feedbacks. En effet, contrairement aux approches classiques qui offrent une représentation analytique des données sous forme de graphes ou courbes, ce projet propose d'utiliser d'autres modalités comme des animations d'images ou le son. Par exemple, une image de départ est décomposée en plusieurs petits morceaux éparpillés : plus les actions du patient sont jugées correctes, plus les morceaux de l'image sont rassemblés correctement affichant ainsi l'image originale. Dans le cas contraire, les morceaux s'éparpillent encore plus créant ainsi un certain désordre. Dans le cas de l'utilisation de la musique, si les actions du patient sont correctes alors la partition musicale est enrichie en termes d'instruments, de chœurs et d'harmonies.

Le périmètre de l'adaptation dans ce projet est celui des données et de la présentation. En effet, la présentation est dynamiquement adaptée selon les performances du joueur dans le cas des animations à base d'images. Dans le cas du feedback musical c'est le contenu qui est dynamiquement adapté en modifiant le nombre d'instruments et les harmoniques grâce à l'utilisation de la norme MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*)

Les paramètres de l'adaptation sont basés principalement sur un ensemble de variables déduites de l'espace virtuelle 3D comme : la position de la main du joueur, sa distance par rapport à un objet cible, sa vitesse de déplacement etc.

Le modèle d'adaptation utilisé est implicite dans l'implémentation mais s'exprime au niveau des spécifications sous la forme d'un ensemble d'équations numériques. Ces équations vont déterminer soit le contenu (dans le cas du son), soit la présentation (dans le cas des images). Pour finir, tous les jeux développés par ce projet sont mono-joueur.

5. Analyse et discussion générale

Bien qu'il existe une diversité de travaux traitant de l'adaptation dans les jeux ludiques ou sérieux, ces travaux partagent l'objectif de vouloir répondre aux critères d'utilisabilité et d'acceptation de jeu dans leur contexte d'utilisation. Afin de répondre à ces critères d'utilisabilité, différentes méthodes ont été proposées. Ces méthodes cherchent à donner des mesures concrètes à la satisfaction de l'utilisateur et à l'efficacité et l'efficience du jeu. Dans le cas du jeu ludique, les mesures sont généralement liées aux aspects de divertissement. Les méthodes dans ce cas vérifient par exemple la présence de : l'immersion (Natkin S. et al, 2007; Delmas G. et al, 2007 ; Silva M. et al, 2008); l'attention et l'engagement (Chen Y. et al, 2006; Silva M. et al, 2008); la difficulté (Hunicke R. et al, 2004; Spronck P., et al, 2004; Andrade G. et al., 2006; Yan C. et al, 2010) et la motivation (Natkin S. et al, 2007; Georgios N. et al, 2008 ; Yan C. et al, 2010). Dans le cas de jeu sérieux, en plus de la satisfaction du joueur, les méthodes utilisent des mesures qualitatives et/ou quantitatives pour évaluer l'efficacité et l'efficience du jeu. Nous pouvons citer à titre d'exemple la vérification du gain: éducatif ou pédagogique (Peirce N. et al, 2008 ; Marfisi-Schottman et al, 2009 ; Conati C. et al, 2009), gain informatif (Li, H. et al, 2004 ; Pempek T.A. et al, 2009) et l'entraînement (Wong W.L. et al, 2007; Georgios N. et al, 2008)

On constate que le périmètre de l'adaptation est généralement celui du contrôle. Les jeux ludiques adaptent principalement : la dynamique du jeu afin d'ajuster sa difficulté (ou DDA pour *dynamic difficulty adjustment*) (Hunicke R. et al, 2004; Spronck P., et al, 2004) ainsi que les comportements des adversaires et/ou NPCs (Black&White, 2002; Sender et al, 2009). L'exception reste au niveau des jeux à base de réalité virtuelle qui développent également des mécanismes d'adaptation pour la présentation afin de maintenir une interactivité satisfaisante (Georgios N., et al, 2008). L'adaptation de données a été introduite par la génération dynamique de la narration et scénario de jeu durant son exécution (Natkin S. et al, 2007)

Concernant les jeux sérieux, même si le périmètre du contrôle reste important, on remarque que l'adaptation touche également les aspects de présentation et de contenu. On peut citer à titre d'exemple l'adaptation des aides comme proposé par (Conati C. et al, 2009) mais également l'adaptation des interfaces dans les jeux thérapeutiques ainsi que dans les jeux éducatifs qui tendent à garder l'attention des enfants (Silva M. et al, 2008). Peu de travaux utilisent l'adaptation au niveau des contenus. A l'exception des travaux qui concernent l'adaptation des scénarios narratifs comme par exemple (Delmas G. et al, 2007) et ceux qui utilisent des feedbacks à base de modalités visuelles ou sonores (Chen Y. et al, 2006), les contenus sont généralement peu dynamiques et c'est la couche de contrôle qui joue le rôle de sélecteur de contenu en fonction du contexte.

Tous les travaux considèrent l'utilisateur comme la source principale des paramètres pour l'adaptation. Ceci n'est pas surprenant car les jeux ludiques et sérieux sont des systèmes interactifs où l'utilisateur final est au centre des

préoccupations. Le modèle utilisateur dans les jeux peut regrouper différentes connaissances sur: l'état attentionnel et émotionnel (Silva M. et al, 2008), ses anciennes performances et traces (Peirce N. et al, 2008; Chen Y., 2010), feedbacks (Andrade G. et al, 2006; Georgios N. et al, 2008; Conati C. et al, 2009), préférences (Delmas, G. et al, 2007; Westra et al, 2009), sa localisation physique (Natkin S. et al, 2007; Georgios N. et al, 2008) et ses interactions sociales via l'utilisation d'un modèle psychologique comme dans (Natkin S. et al, 2007). Cependant, nous pouvons distinguer entre les jeux ludiques qui utilisent seulement des métriques calculées à partir des actions des joueurs comme le mouvement, la vitesse et temps de réaction ; et les jeux sérieux qui prennent en compte également les objectifs pédagogiques. En effet, l'adaptation dans les jeux sérieux élabore des estimations afin d'apprécier les accomplissements des joueurs-apprenants. Ces fonctions d'estimation sont hétérogènes et dépendent fortement du domaine d'application. Elles peuvent représenter les taux de réussite à des examens comme c'est le cas dans un EAV (Angel D.B., 2009) ; ou des normes standardisées reflétant les capacités du joueur-apprenant comme c'est le cas dans les jeux thérapeutiques (Ma et al, 2007)

Les jeux ludiques utilisent des représentations explicites de règles d'adaptation à travers différents modèles comme des machines à états, réseaux de pétri, des scripts ou des algorithmes d'apprentissage. Ceci a comme avantages : (i) de bien identifier dans le système le composant dédié à l'adaptation ce qui facilite la maintenabilité et l'évolution du système informatique ; (ii) de pouvoir intervenir dynamiquement au niveau du module d'adaptation sans pour autant reconstruire tout le système en partant du code source.

A l'exception de quelques travaux qui utilisent un moteur d'inférence (Peirce N. et al, 2008) et un module d'exécution indépendant de jeu (Silva M. et al, 2008) (Delmas G. et al, 2007), la plupart des travaux sur les jeux sérieux n'identifient par explicitement un modèle pour représenter les règles de l'adaptation. Celles-ci se retrouvent donc transcrites directement dans le code source de l'application. L'avantage de cette démarche est un gain en performance et rapidité, ce qui est important dans le contexte des systèmes interactifs de réalité virtuelle par exemple. Par contre, les règles d'adaptation sont figées et toute modification de ces règles nécessite une reconstruction ou du moins une reconfiguration assez lourde du système informatique.

A l'exception de travail de (Natkin S. et al, 2007) qui propose la création des scénarios narratifs en multi-joueurs, on remarque que tous les jeux ludiques et sérieux traités dans cet état de l'art sont mono-joueur. Ceci peut s'expliquer par les difficultés soulevées par l'adaptation dans les environnements multi-joueurs surtout quand celle-ci concerne le périmètre du contrôle. En effet, dans le cas mono-joueur, une seule vue existe : celle du joueur. Cependant, dans le cas multi-joueur, chaque joueur peut potentiellement avoir sa propre vue du jeu et dans ce cas survient le problème de la gestion de cohérence de toutes ces vues.

Pour clarifier ce point, prenons l'exemple d'un jeu thérapeutique de réhabilitation post-AVC multi-joueurs. Comme souligné dans (Mojos, 2009) l'implication de l'entourage familial dans les exercices de rééducation peut être un facteur de motivation important utile pour augmenter le volume de rééducation. Si le patient joue avec un joueur valide à un jeu classique comme Pong et qu'on décide d'appliquer des règles d'adaptation alors se pose le problème de comment modifier structurellement certains éléments qui incombent au patient tout en offrant une vue globale cohérente pour que le joueur valide puisse continuer à participer au jeu. Doit-on par exemple modifier la vitesse de la balle aux deux joueurs, à un seul joueur ? les réponses à ces questions ne sont pas triviales car elles peuvent remettre en cause le *game design* originel.

6. Conclusion

Cet article a présenté et analysé un ensemble de travaux traitant de l'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux. Ces travaux ont été analysés avec un cadre d'évaluation comprenant les critères suivants :

- périmètre de l'adaptation : identifiant les fonctionnalités concernées par l'adaptation comme le contrôle, la présentation ou le contenu;
- les paramètres de l'adaptation : identifiant les éléments pris en compte par les règles d'adaptation;
- modèle d'adaptation : identifiant comment les règles d'adaptation sont réifiées;
- enfin, la nature du système soit mono-joueur ou multi-joueur afin d'identifier la présence de fonctionnalités sociales comme la collaboration ou la compétition.

L'analyse de l'état de l'art met en évidence les points suivants:

- Les travaux sur l'adaptation dans les jeux ludiques sont principalement orientés vers ajustement dynamique de la difficulté du jeu (DDA) et l'adaptation des comportements des adversaires et/ou NPCs de jeu. Le périmètre du contrôle est privilégié et les paramètres sont calculés à partir des actions du joueur (vitesse, temps de réaction, score, etc.) Des modèles explicites, comme des machines à états, réseaux de pétri, scripts ou algorithmes d'apprentissage, sont souvent utilisés afin de spécifier les règles d'adaptation;
- Contrairement aux jeux ludiques, le périmètre de l'adaptation dans les jeux sérieux est plus large et peut concerner la présentation et le contenu. En plus des paramètres utilisateurs, l'adaptation dans les jeux sérieux prend en compte les objectifs et le parcours pédagogique;
- L'analyse de l'état de l'art montre que l'adaptation est utilisée principalement dans un contexte mono-joueur. En effet, l'adaptation dans un contexte multi-joueur soulève des défis importants comme la gestion de la cohérence des différentes vues des joueurs-apprenants.

Comme perspective à ce travail nous souhaitons dans le cadre du projet Mojos (Mojos, 2009) développer des travaux de recherche pour répondre aux défis posés par les jeux sérieux collaboratifs et adaptables. La finalité étant d'élaborer des jeux thérapeutiques post AVC collaboratifs afin d'accroître la motivation des patients en utilisant des leviers de motivation sociaux et de répondre aux problèmes d'exclusion ressentis par les patients et leur entourage.

7. Bibliographie

- Andrade G., al., Corruble V., « Extending Reinforcement Learning to Provide Dynamic Game Balancing ». *Proceedings of the 2005 IJCAI Workshop on Reasoning, Representation, and Learning in Computer Games*, 2005, Brazil.
- Andrade G., Ramalho G., Gomes A.S., Corruble V., « Dynamic Game Balancing: an Evaluation of User Satisfaction ». *In Proceedings of the 2nd Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference (AIIDE06)*, AAAI Press, 2006.
- Andresen K., Gronau N., « Seeking Optimal IT Strategies by the Determination of Adaptability in Domain-Specific Software Applications », *Managing Modern Organizations with Information Technology: Proceedings of the 2005 Information Resources Management Association International Conference*, 2005, San Diego, CA, USA.
- Angel D.B., Torrente J., Moreno-Ger P., Fernandez-Manjon B., « A General Architecture for the Integration of Educational Videogames in Standards-compliant Virtual Learning Environments, *ICALT '09: Proceedings of the 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, IEEE, 2009, Washington, DC, USA, p. 53-55
- Arey D., Wells, E., 2001. *Balancing Act : « The Art and Science of Dynamic Difficulty Adjustment »*. *Game Developers Conference*, 2001, San Jose.
- Asgari M., Kaufman D., « Intrinsic Motivation and Game Design », *35th Annual Conference of the International Simulation and Gaming Association (ISAGA)*, 6-10 september 2004, Munich, Germany.
- Bakkes S., Spronck P., Herik J., « Rapid Adaptation of Video Game AI », *Tilburg University, Computational Intelligence and AI in Games*, IEEE Transactions, 2009, pp. 93-104.
- Bérard F., « The Magic Table: Computer-Vision Based Augmentation of a Whiteboard for Creative Meetings », *International Workshop on Projector-Camera Systems (procams'2003)*, October 2003, Nice.
- Besson E., Assises du Numérique du 29 mai 2008a, rapport de 27 pistes de travail ouvertes à la concertation pour préparer le plan de développement de l'économie numérique, 2008.
- Black & White, site officiel, <http://www.ea.com/uk/>, 2005, disponible December 2010.

- Brandt E., Grunnet C., « Evoking the future: Drama and props in user centered design », *Proceedings of Participatory Design Conference (PDC 2000)*, 2000, p.11-20.
- Bratman M. E. *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press: Cambridge, MA, 1987.
- Brusilovsky P., « Adaptive Hypermedia », *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, 2001, p. 87-110.
- Capera D. et al, « The AMAS theory for complex problem solving based on self-organizing cooperative agents », *Proceedings of the Twelfth International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, ACM, 2003.
- Carmel D., Markovitch S., « Learning Models of Opponent's Strategy in Game Playing », *Proceedings of AAAI Fall Symposium on Games: Planning and Learning*, Raleigh, NC, 1993, p. 140-147.
- Champagnat R., Prigent A., Estraillier, P., « Scenario building based on formal methods and adaptative execution », ISAGA, Atlanta (USA), 2005.
- Changtao Qu, Wolfgang N., « Towards Interoperability and Reusability of Learning Resource: a SCORM-conformant Courseware for Computer Science Education », *Processing of the second IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (IEEE ICALT)*, 2002.
- Chen, Yinpeng, Huang H. , Xu, W. ,Wallis, Richard I., Sundaram, Hari, Rikakis, Thanassis, Ingalls, Todd, Olson, Loren, He Jiping, « The design of a real-time, multimodal biofeedback system for stroke patient rehabilitation », *Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia*, 2006,USA.
- Cheok, Y., Ying B., Kato, « Touch-Space: Mixed Reality Game Space Based on Ubiquitous, Tangible, and Social Computing », *Personal and Ubiquitous Computing*, 2002, p. 430-442.
- Conati C., Manske M., « Evaluating Adaptive Feedback in an Educational Computer Game », *Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Virtual Agents*, 2009, Amsterdam, The Netherlands.
- Crawford C., *The Art of Computer Game Design*, Jesse Schell Chapter two: Why do people play games?, 1996.
- Csikszentmihalyi, M., (1991). « Flow: The Psychology of Optimal Experience », New York : Harper Perennial. 1991.
- Del Blanco A., Torrente J., Moreno-Ger P., Fernández-Manjón B., « Bridging the Gap: Adaptive Games and Student-Centered VLEs », *ICWL, 2009*, Aachen, Germany, p. 130-139.
- Delmas, G., Champagnat, R., Augeraud, M., « Plot monitoring for interactive narrative games », *Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology*, ACM, 2007, p. 17-20.

- Demeurisse G., Demol O., Robaya E., « Motor evaluation in vascular hemiplegia »
European Neurology 19, 1980, p.382–389.
- dotLRN. Site web <http://www.dotlrn.org>. 10 juillet 2007, disponible 2010.
- Estrailier, P., “Real-Time Face Tracking for Attention Aware Adaptive Games”,
2008.
- Funge, J. *AI For Games and Animation*. AK Peters, 1999.
- Georgios N., Yannakakis, and John Hallam, « Real-time Adaptation of Augmented-
Reality Games for Optimizing Player Satisfaction », IEEE, 2008.
- Holden, M.K., Dyar, T.A., Schwamm, L., Bizzi, E., « Virtual Environment-based
Telerehabilitation in Patients with Stroke », *Presence - Virtual Rehabilitation*,
M. Alexa and J. Marks edition, 14.2, 2005, p. 214–233.
- Hunicke R., Chapman V., « AI for Dynamic Difficulty Adjustment in Games »,
Challenges in Game Artificial Intelligence AAAI Workshop, CA: AAAI Press,
2004, San Jose, p. 91-96.
- Koster R., *A Theory of Fun for Game Design*, Paraglyph Press, 2005
- Lazzaro N., Why we play games: Four keys to more emotion without story, XEO
Design Inc., Technical Report, 2004.
- Li, H., Leckenby, J.D., « Internet advertising formats and effectiveness », Center
for Interactive Advertising »,2004.
- Lyle, R.C.A. « Performance test for assessment of upper limb function in physical
rehabilitated treatment and research » ,1981, p.483–492
- Ma M., Charles D., McDonough S., Crosbie J., Oliver L., McGoldrick C.,
« Adaptive virtual reality games for rehabilitation of motor disorders »,
Universal Access in Human-Computer Interaction, Ambient Interaction, 2007.
- Maguire, M., “Methods to support human-centred design”,*International journal of
human-computer studies*, Elsevier, 2001, p. 587-634.
- Marfisi-Schottman, I., Sghaier, A., George, S., Tarpin-Bernard, F., Prevot, P.,
Towards Industrialized Conception and Production of Serious Games, Arxiv
preprint, 2009.
- Michael, D.R., Chen, S.L., *Serious games: Games that educate, train, and inform*,
Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.
- Moisuc, B. Adaptation systèmes d'information spatio temporelle interactifs.
http://www.lsr.imag.fr/Les.Personnes/Bogdan.Moisuc/files/Moisuc_Inforsid.doc,
2001, disponible 2010.
- Mojos, Projet Mojos : moteur de jeux orientés santé, www.mojos.fr, 2009,
disponible 2010.
- Natkin, S. and Yan, C., Jumpertz, S. and Market, B., « Creating Multiplayer
Ubiquitous Games using an adaptive narration model based on a user's model »,

Digital Games Research Association International Conference (DiGRA 2007), 2007.

Nielsen, J. *Usability Engineering*. San Francisco, 1993.

Nintendo, site fabricant de wii balance, <http://www.nintendo.be>, 2008, disponible 2010.

Pagulayan R., Keeker K., Wixon D., Romero R., Fuller T., « User-centered design in games », In *Human- Computer Interaction Handbook*, J. Jacko and A. Sears, 2003, Mahwah, Lawrence Erlbaum, p. 883-905.

Paramythis A., Loidl-Reisinger S., « Adaptive Learning Environments and eLearning Standards ». *Electronic Journal of eLearning 2*, 2004, p. 181-194.

Park C., « Intelligent Interface for Elderly Games », Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, p. 704-710.

Peirce N., Conlan O., Wade V., « Adaptive Educational Games: Providing Non-invasive Personalised Learning Experiences ». *Second IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent*, IEEE Computer Society, 2008, Banff, p. 28-35.

Pempek, T.A., Calvert, S.L., « Tipping the balance: use of Advergaming to promote consumption of nutritious foods and beverages by low-income African American children », *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, Am Med Assoc, 2009.

Ponsen M., Muñoz-Avila H., Spronck P., Aha D.W., « Automatically Generating Game Tactics through Evolutionary Learning », *AI Magazine*, 2006.

Raybourn, E.M. and Deagle, M.A.J.E. and Mendini, K. and Heneghan, J., « Adaptive thinking & leadership simulation game training for Special Forces officers », *The Interservice, Industry Training, Simulation & Education Conference (ITSEC)*, NTSA, 2005.

Sander C.J., Bakkes, Spronck P., Jaap van den Herika H., «Opponent Modelling for Case-based Adaptive Game AI», *Entertainment Computing*, Volume 1, January 2009, p. 27-37.

Schaeffer J. « A Gamut of Games », *AI Magazine*, Vol. 22 No. 3, 2001, p. 29-46.

Spronck P., Sprinkhuizen-Kuyper I., Postma E., « Difficulty Scaling of Game AI », *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Games and Simulation*, 2004, Belgium, p. 33-37.

Susi, T. and Johannesson, M., Backlund, P., *Serious games-An overview*, University of Skovde, Technical Report HS-IKI-TR-07-001, 2007.

Sweetser, P., Wyeth, P. « GameFlow: a Model for Evaluating Player Enjoyment in Games ». *ACM Computers in Entertainment*, 2005.

T. W. Malone, *What makes computer games fun*, Byte, 1981, p.258-277.

Thomas, C., Bevan, N., *Usability context analysis: a practical guide*, 1996.

- Viau, A., Feldman, A.G., McFadyen, J., Levin, M.F.: Reaching in reality and virtual reality: a comparison of movement kinematics in healthy subjects and in adults with hemiparesis, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1.11, 2004
- Westra J., Hasselt H., Dignum F., V. Dignum, « Adaptative SG using Agent Organization », book chapter *Agents for Games and Simulations*, Springer Berlin Heidelberg editor, December 2009, p. 206-220.
- Wexler, J.; *Artificial Intelligence in Games: A look at the smarts behind Lionhead Studio's 'Black and White' and where it can and will go in the future*, University of Rochester, Rochester, NY, 2002.
- Wong, W.L., Shen, C., Nocera, L., Carriazo, E., Tang, F., Bugga, S., Narayanan, H., Wang, H., Ritterfeld, U., « Serious video game effectiveness », *Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology*, ACM, 2007, p. 49-55.
- Yinpeng C., Chen He Huang, Weiwei Xu, Richard Isaac Wallis, Hari Sundaram, Thanassis Rikakis, Todd Ingalls, Loren Olson, Jiping He, « Design of a real-time, multimodal biofeedback system for stroke patient rehabilitation ». *International Multimedia Conference*, Santa Barbara, CA, USA, ACM, 2006, p. 763-772.
- Yun, C. and Trevino, P., Holtkamp, W. and Deng, Z., « PADS: enhancing gaming experience using profile-based adaptive difficulty system », *Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*, ACM, 2010, p. 31-36.