
Place de la réalité mixte dans les Serious Games

Conférence EIAH 2011 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain)

Florent Delomier*, **Bertrand David***, **René Chalon***, **Franck Tarpin-Bernard ****

* Ecole Centrale de Lyon, LIESP
F-69134, Ecully, France
florent.delomier@ec-lyon.fr
bertrand.david@ec-lyon.fr
rene.chalon@ec-lyon.fr

** Université de Grenoble, CNRS, LIG
F-38041, Grenoble, France
Franck.Tarpin@ujf-grenoble.fr

RÉSUMÉ. Le couplage entre Serious Game et réalité mixte constitue un sujet de recherche important car il vise à mettre en place différents types d'apprentissage. En effet, les jeux sérieux sont réalisés soit intégralement dans le monde réel soit intégralement dans un environnement virtuel (informatique ou informatisé). En utilisant des environnements de réalité mixte, il est possible d'exploiter et coupler les avantages issus des deux mondes. Nous présentons dans cet article notre réflexion illustrée par cas visant l'adaptation d'une activité présente dans un Serious Game en environnement non informatisé vers un environnement utilisant des interfaces tangibles. Il s'agit de mettre en valeur, par notre étude de cas, les différentes possibilités d'introduction de la réalité mixte dans un scénario en relation avec l'apprentissage visé.

MOTS-CLÉS : Interface Tangible, Réalité mixte, Serious Games, Interaction avancée.

1. Cadre du projet

Dans le cadre du projet SEGAREM, nous cherchons à étudier l'introduction de la réalité mixte dans les Serious Games dits « learning games ». Nous définissons pour la suite de l'article un Serious Game comme étant un « environnement informatisé utilisant des ressorts ludiques pour favoriser des apprentissages ». Cet apprentissage se base sur des méthodes utilisant l'affect pour rendre l'apprentissage plus rapide, plus efficace, plus accessible.

De nombreux jeux (sérieux) sont utilisés dans le cadre de la formation d'ingénieur en Génie Industriel de l'INSA de Lyon [PREVOT 09]. Ces *Serious Games* reposent sur la mise en situation des apprenants à travers des scénarios pédagogiques faisant interagir acteurs humains et agents artificiels dans des situations individuelles ou collaboratives. Cependant, les apprenants peuvent se heurter à la dématérialisation des situations d'apprentissages proposées. Certains apprenants peuvent en effet avoir du mal à utiliser les connaissances, compétences, savoir-faire appris dans un autre contexte que celui dans lequel ils vont être utilisés. En effet, cette dématérialisation (et simulation) peut également conduire à une trop grande artificialité : en centrant les intentions pédagogiques sur des points très formels, on

peut simplifier certaines actions ou considérations jugées de prime abord peu importantes se retrouvent tellement simplifiées et abstraites qu'elles deviennent exclues de l'apprentissage.

Dans l'étude que nous relatons dans cet article nous ne discuterons pas le changement du scénario du jeu, problématique étudiée par [COURDAVAULT & al. 11], pouvant lui aussi amener à une meilleure contextualisation, mais des approches permettant de rendre la situation d'apprentissage moins artificielle donc plus concrète et tangible. Pour cela nous proposons d'intégrer dans les Serious Games des technologies de réalité mixte, mélangeant du virtuel et du réel principalement au moyen d'interfaces tangibles.

2. Réalité mixte et apprentissage

La réalité mixte désigne des systèmes interactifs associant objets réels et données informatiques de manière cohérente [MILGRAM et al. 94]. En pratique, cette hybridation se traduit au niveau de la perception (quel que soit le ou les sens utilisés pour cette perception) par un mélange entre des informations données par l'environnement physique de l'utilisateur et des informations calculées et produites par un système informatique. Schématiquement, on peut distinguer deux sous-ensembles en réalité mixte : la réalité augmentée et la virtualité augmentée.



Alors que la réalité augmentée autorise l'intégration dans la réalité d'informations virtuelles contextualisées en temps réel pour enrichir la perception du monde réel par l'utilisateur, la virtualité augmentée augmente les capacités interactives de l'utilisateur avec le système, en utilisant des objets réels et/ou des mouvements dynamiques comme support de l'interaction. Un utilisateur en réalité augmentée réalisera par définition sa tâche dans le monde réel augmenté, alors qu'en virtualité augmentée, la tâche sera réalisée dans le monde virtuel augmenté.

2.1. Les interfaces tangibles

Les interfaces tangibles (Tangible User Interface) [ISHII & ULMER 97] augmentent le monde physique réel en associant des informations numériques et des objets de tous les jours. Si la définition semble proche de celle de la réalité mixte, les interfaces tangibles se focalisent sur la manipulation des objets réels comme dispositifs d'interaction alors que la réalité mixte se focalise sur la fusion des mondes réels et virtuels.

Pour la suite du papier, nous utiliserons les termes « Tangible » et « Numérique » pour désigner des objets issus respectivement du monde réel et du monde « virtuel » (informatique).

2.2. Apports des interfaces tangibles aux Serious Games

La réalité mixte peut constituer un support très utile dans différents domaines dont l'apprentissage.

En effet, selon ce que l'on veut apprendre : la théorie, la démarche ou la pratique, le support approprié d'apprentissage n'est pas le même.

Si au niveau théorique l'ordinateur avec ses simulations mathématiques et présentations graphiques peut être un support très approprié, lors d'apprentissage de processus, l'interactivité est incontournable : il faut pouvoir montrer qu'on connaît la bonne séquence d'opérations à appliquer. Dans ce cas on peut se contenter de la virtualité avec une bonne interactivité.

Et s'il s'agit d'apprendre des choses plus techniques, voire technologiques ? Le geste technique pour être appris, doit être instrumenté, soit directement sur l'acteur (capteurs), soit à distance (reconnaissance vidéo par exemple), ou encore en utilisant des dispositifs appropriés qui sont alors des objets ou outils tangibles : déclipser, fermer, ouvrir, ne pas oublier et placer correctement une rondelle, ou peindre avec un pistolet, souder,

Si le sens de rotation pour visser (sens des aiguilles d'une montre ou l'inverse) est primordial et doit être appris, car toute hésitation est proscrite, il faut un support approprié pour cet apprentissage, d'où l'utilisation d'interfaces tangibles.

La réalité mixte : réalité augmentée ou virtualité augmentée et toutes les déclinaisons sont à prendre en compte de façon explicite, discutée et le choix justifié.

Il s'agit d'identifier dans la littérature des mécanismes qui nous semblent intéressants concernant l'utilisation d'interface tangible pour faciliter l'apprentissage. En effet, l'utilisation de nouvelles modalités d'interaction semble être à la fois un facteur de motivation supplémentaire [ZHONG & al. 03] et un moyen d'apprendre ce qui, sans elles, serait plus laborieux. Pour ce second aspect, il nous semble souhaitable de faire évoluer la manière de réaliser les actions demandées ce qui entraînera une évolution de certains objectifs pédagogiques mais pas celui du scénario du Serious Game. Nous distinguons deux niveaux d'impact : celui facilitant l'apprentissage par une plus grande immersion dans le contexte concret et celui permettant l'apprentissage non appréhendé par un environnement non mixte.

2.2.1. Nouveaux apprentissages

Pour permettre de nouveaux apprentissages comme celui des gestes techniques, l'environnement mixte peut être très utile. En effet, la visualisation sur l'écran du geste et son contrôle par des capteurs placés sur la main, ou l'utilisation d'un système haptique basée sur un bras robotisé à retour d'effort, sont autant de moyens facilitant l'apprentissage et la vérification du bon geste. Des applications ont déjà été développées dans le domaine de la chirurgie [MARESCAUX & al. 06] ou, dans l'industrie, pour du soudage [PARK 07]. Ces environnements combinent une modélisation virtuelle de l'environnement ou de l'objet à atteindre, présentée sur l'écran, et un retour d'information dynamique du mouvement bras à retour d'effort de manière à tracer et à corriger le geste de l'apprenant, en général en

position recherchée, obtenue par la présence de l'outil physique (pistolet de soudage, pinces de forceps, ...). Etant donnée l'importance de la précision et la fidélité du geste technique, celui-ci doit se situer dans le monde réel. L'objet du domaine de la tâche n'a par contre lui pas forcément besoin d'être tangible (selon la criticité de l'activité, l'apprenant peut, dans un stade ultime de la formation, avoir tout de même besoin de s'entraîner en situation réelle).

2.2.2. Amélioration des méthodes existantes

D'après [STEDMON 01], utiliser en même temps des objets tangibles et des objets numériques est déjà un avantage important : montrer à la fois un objet tangible et les notions abstraites qui lui sont associées, comme les processus de conception ou sa manière de l'utiliser, assurerait une compréhension plus complète de ces notions abstraites. Cette association permettrait aussi de faciliter la représentation des relations spatiales entre les différentes entités [SHELTON & HEDLEY 03] L'utilisation d'interface tangible, permet à l'utilisateur à la fois une manipulation des objets réels pour permettre l'interaction et l'accès à des informations complémentaires (force, précision, épaisseur, non rupture, ...) permettant une meilleure mémorisation. Ces principes sont utilisés dans certains environnements d'apprentissage, pour des enfants. « System blocks » [ZUCKERMAN & al. 05] est basé sur la manipulation de blocs, tandis que [LIU & al. 07] privilégie la manipulation d'une tasse pour comprendre le système solaire ou le cycle de vie d'une plante.

L'apprentissage de procédures est aussi possible : des dispositifs de réalité augmentée utilisés de manière autonome ou assisté par un expert technique tiers permettent la réalisation de tâches selon certaines règles et selon un certain ordre. Comme dans les travaux de [CHALON & al. 06], les besoins d'information, de formation, d'assistance, d'aide à la maintenance et de dépannage dans des contextes individuels, collectifs, industriels ou grand public sont donc pris en compte. Ce type d'apprentissage utilise les techniques du Learning by doing dans un contexte situé pour permettre à la fois la réalisation du processus et sa mémorisation.

Il existe donc un lien de cause à effet entre l'utilisation d'une gestuelle et le processus de sa mémorisation. Le volume d'informations explicatives est également à prendre en compte. On retrouve donc la justification de l'intérêt d'un double besoin : concrétisation (aller vers le réel) et explication. La réalité augmentée et la tangibilité constituent une réponse souhaitée.

2.3. Problématiques traitées

Ces raisons orientent nos recherches vers l'étude d'utilisation d'objets réels, afin d'associer des objets tangibles à des objets représentant des concepts. Notre approche vise à étudier différentes configurations possibles en termes de tangibilité pour l'apprentissage de connaissances, de compétences et de savoir-faire à l'aide d'un Serious Game. L'utilité de la mise en place d'objets tangibles et de la manière de les utiliser en fonction de l'apprentissage visé constitue notre fil d'Ariane.

Il s'agit donc de prendre une activité abstraite, d'identifier l'apprentissage visé et d'étudier différentes possibilités passage en interfaces tangibles. Pour cela il faut d'abord mettre en valeur les entités pouvant, selon les cas, être « tangibilisées » ou numérisées. Nous présentons cette approche à l'aide d'une étude de cas.

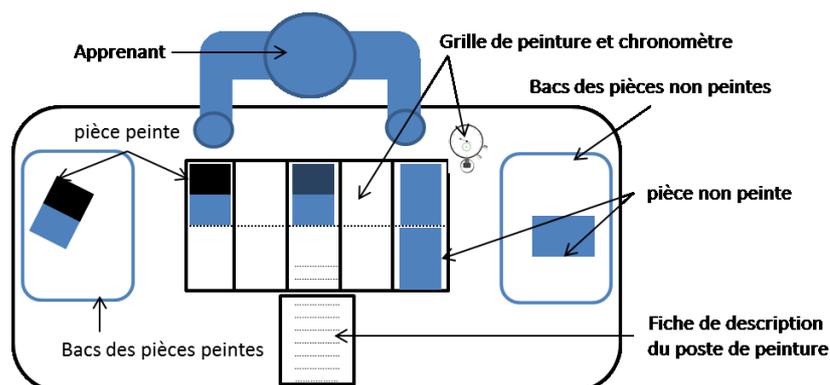
3. Cas d'étude

3.1. Présentation de l'activité transposée

Le cas d'étude se porte sur la transposition d'un jeu d'entreprise [THE BUCKINGHAM LEAN GAME] utilisé en présence d'un tuteur qui guide les élèves dans la progression du jeu. L'activité d'apprentissage implique de prendre des décisions mûries sur un sujet en rapport avec l'objectif d'apprentissage. Ce jeu d'entreprise, utilisé pour des groupes de 10-20 personnes, a pour objectif, dans un créneau de deux fois 4 heures, **d'appliquer et consolider les connaissances et méthodologies apprises dans le cadre d'une formation** en LEAN Manufacturing (méthode d'amélioration continue et de suppression des gaspillages dans les systèmes de productions). Un expert pédagogique, qui utilise directement le jeu dans son cours, nous a fait part des objectifs pédagogiques (besoin en termes de compétences métier) des différentes phases du jeu. Nous cherchons à prendre en compte cette expertise et d'étudier sa transposition au contexte informatique intégrant la réalité mixte tout en restant dans la même optique.

Ce jeu, qui est pour l'instant utilisé sans support informatique, se base sur une simulation non informatisée d'une chaîne de construction d'un montage de LEGO, où les élèves sont des opérateurs de la chaîne de montage. Chacun d'eux a un rôle spécifique dans la transformation des pièces de LEGO puis, après chaque itération, le groupe réfléchit, puis met en œuvre des améliorations et vérifie leurs impacts.

Notre cas d'étude porte sur l'activité d'un des opérateurs, celui responsable du poste de peinture. Celui-ci transforme abstraitement des pièces non peintes en des pièces peintes. Pour cela, celui-ci prend les pièces à peindre deux par deux dans le bac des pièces non peintes, les déplace successivement dans différentes cases (2 fois 5 cases) pour simuler différentes étapes de l'acte de peindre, puis les met dans le bac de pièces peintes. Dans chaque case, chaque pièce doit rester 20 secondes. Lorsque la pièce est arrivée à la dernière case, celle-ci est considérée comme peinte. Quand l'opérateur a fini l'opération, il déplace les pièces peintes vers un bac en sortie, où celles-ci sont accessibles pour l'opérateur responsable de la prochaine transformation.



Nous avons identifié les différentes entités ayant un rôle dans l'activité présentée : l'« *apprenant* », acteur de l'activité, « *les pièces de Lego* », objets sur lesquels porte l'activité « *Peindre les pièces en série* », l'ensemble « *différentes cases et le chronomètre* » qui transforme les pièces de l'état « non peintes » à l'état « peintes », « *les bacs* » qui permettent à l'opérateur présent à ce poste et au suivant dans la chaîne de montage de pouvoir accéder aux pièces. Aussi, le « *déplacement des pièces* » est une action réalisée par l'opérateur, mais qui pourrait potentiellement très bien être réalisée par une entité tierce.

Chacune de ces différentes entités peut être instanciée sous plusieurs formes, et être plus ou moins proche de leurs équivalents dans la situation d'utilisation des connaissances sous-jacentes. Les entités identifiées jouent des rôles différents dans l'activité : certaines sont acteurs de l'action, d'autres cibles de l'action et d'autre assurant les actions en elles-mêmes. Nous ne parlons pas ici de transposition numérique de l'opérateur humain (en agent informatisé), puisque notre cas ne présente pas l'aspect collaboratif du Serious Game. Cependant, dans certains cas (si par exemple le jeu prévoit un nombre fixe de participants), il est utile de pouvoir utiliser des agents numériques pour, par exemple remplacer des apprenants manquants par des avatars numériques.

3.2. Différentes possibilités envisagées de tangibilité

Le modèle sur lequel nous nous appuyons est composé de 4 notions de base : la tâche, l'objet de la tâche, l'outil de la tâche et l'environnement de la tâche. Nous définissons l'**objet du domaine de la tâche** comme l'objet sur lequel se porte l'intérêt de l'utilisateur une activité. Une **action** est quant à elle une modification du comportement ou/et d'attributs d'un objet de la tâche (peindre par exemple). Un **outil** est le support d'une tâche (pinceau par exemple). Ces différentes notions sont reprises de [CHALON & al. 06]. L'environnement représente le support de la tâche, c'est-à-dire là où la tâche se déroule.

Toutes actions ne sont pas forcément associées à un outil, il existe des cas où l'utilisateur réalise directement la tâche (le déplacement des pièces par exemple) ou l'objet du domaine de la tâche peut posséder des capacités intrinsèques (par exemple si les pièces de notre cas d'étude pouvaient mécaniquement changer de forme sans aucune action de l'utilisateur). Ces actions peuvent, s'il existe un intérêt, être réalisées à l'aide d'outils qui n'ont pour le moment pas été prévu.

En considérant que chacune des différentes entités (apprenant, pièces, ...), il peut y avoir un penchant numérique ou tangible, la transposition de cette activité dans notre environnement de travail nous laisse donc de nombreuses possibilités de combinaison des différents éléments. Nous distinguons différentes actions qui peuvent se trouver dans une tâche et qui s'appliquent à l'objet du domaine. Concrètement dans notre cas les pièces (à peindre puis peintes) peuvent recevoir 4 actions : « peindre » qui sert à peindre les pièces, « déplacer les pièces » ainsi que « stocker les pièces » représentées par les 2 bacs.

3.2.1. Les objets du domaine de la tâche

Pour les pièces à peindre, 3 possibilités sont envisagées : une où les pièces sont tangibles à tout moment, une où les pièces sont numériques à tout moment et une dernière où les pièces sont mixtes.

D'autres cas sont théoriquement possibles : la pièce à peindre est tangible, puis numérique lorsqu'elle est peinte.

Concernant l'intérêt de chacun des cas de tangibilité, avoir des pièces tangibles permet la manipulation directe de l'objet quand on le déplace, il n'y donc pas de méthode à apprendre pour déplacer l'objet (il n'y donc pas de méthode à apprendre pour déplacer l'objet). Avoir des pièces numériques peut permettre d'avoir un rendu visuel plus réaliste, de visualiser des zones peu accessibles de la pièce ou bien tout simplement pour ne pas avoir besoin d'objets tangibles supplémentaires, si leurs utilisations n'ont pas d'intérêt majeur. Avoir des pièces mixtes a l'avantage de cumuler des deux approches précédentes : permettre d'avoir à la fois la présence réelle de l'objet, et des informations supplémentaires (ici la couleur, mais cela pourrait être également le poids de l'objet, ou sa matière, qui n'a pas fait objet de la « tangibilisation »).

3.2.2. Les actions

L'outil, le moyen avec lequel on effectue l'action ou qui participe à la réalisation de celle-ci, peut être tangible, numérique, ou mixte. Dans le cas où la tangibilité ou l'action même de l'utilisateur n'a pas d'utilité, il semble préférable, pour des raisons de coût et de matériel, de se limiter à une représentation numérique, voire de simplifier la simulation de fonctionnement en l'actionnant automatiquement.

Pour l'outil « pinceau », l'apprenant peut réaliser, avec un pinceau ou le doigt, l'action de peindre, en réalisant un geste transitif, proche du vrai geste (un geste de va et vient proche du geste courant lorsque l'on peint réellement). Il peut également « peindre » en pointant les pièces à peindre par un doigt comme s'il utilisait un pistolet (avec ou sans le pistolet proprement dit – choix de tangibilité), ou il peut tout simplement juste par la présence de cette pièce dans la zone de peinture considérer que l'opération peindre s'effectue. Le pinceau (ou le doigt) peut être augmenté par un retour numérique sur sa manière d'être utilisé (les « *feedbacks augmentées* » peuvent être réalisés avant, pendant ou après l'action).

Pour les deux outils «bacs », nous ne voyons pas l'intérêt de différencier le bac d'entrée et le bac de sortie. Les deux au même moment seront donc soit tangibles, soit numériques. Un bac réel pourrait avoir par exemple l'intérêt d'être échangé entre participant, améliorant le sentiment de travail en équipe. Un bac mixte pourrait donner des informations sur le nombre d'objets contenus dans celui-ci.

L'action « Déplacer les pièces », qui n'est pas incluse dans un outil dans la version non informatisée, peut potentiellement l'être, si par exemple, l'apprenant doit s'habituer à utiliser les précautions et ne pas réaliser l'activité par lui-même. En rapport avec les objectifs pédagogiques visés, il peut être important dans notre cas, que l'apprenant soit en permanence occupé par un grand nombre d'actions à réaliser. Il ne semble donc pas opportun d'automatiser cette action.

4. Description du support

Le support sur la réalisation duquel nous travaillons, doit permettre d'avoir un environnement dans lequel il est possible de détecter à la fois la présence d'objets, de doigts, et de certains types d'outils (comme des stylos infra-rouges). Aussi, la prégnance de l'ordinateur se doit être limitée afin de laisser la place à l'apprentissage et la collaboration (compte tenu des avantages de l'interaction sociale au niveau de l'apprentissage). Ces caractéristiques nous ont orientés vers la mise en place d'un **pupitre interactif augmenté**, et à terme de plusieurs connectées entre eux pour permettre un grand nombre de possibilité en termes de collaboration/compétition. Pour l'instant un seul des pupitres est fonctionnel.



La réalisation d'interface tangible est aujourd'hui possible sur table interactive grâce à l'utilisation de caméras et de techniques de vision par ordinateur.

En rapport avec les avantages et inconvénients des technologies disponibles, nous avons combiné les technologies FTIR (Frustrated Total Intern Reflection) et RDI (Rear Diffused Illumination). Le FTIR permettant d'une part d'obtenir une bonne reconnaissance de la présence des doigts sur la table et le RDI permettant la détection d'objets posés sur la table. De manière à améliorer notre précision dans la détection des objets présents sur la table, les prochaines tables utiliseront la technologie DSI (Diffused Illumination Setups) pour fonctionner.

Nous utilisons un stylo infrarouge (composée d'une LED infrarouge, une pile et une résistance) pour simuler l'outil pinceau. L'application est réalisée en ActionScript 3.0 sous AIR2.0 en utilisant le framework opensource TUIO qui définit un protocole de communication et une API [TUIO] que nous utilisons pour la détection des doigts, et le logiciel D'Fusion CV [TOTAL IMMERSION] pour la détection de la forme de la surface des objets présents sur la table.

5. Généralisation du cas d'étude

5.1. Discussions

Le cas d'étude présenté dans cet article constitue une première concrétisation d'une démarche qui vise à mettre en place un modèle de description d'environnements de Serious Games Mixtes. Grâce à ce modèle et de la démarche associée il sera possible de choisir en connaissance de cause le type de mixités pour les différents composants de l'activité en fonction des besoins liés à l'apprentissage. Ce cas d'étude nous a permis d'explicitier les principaux composants de ce modèle. Ce modèle décrira les activités prenant place dans un environnement composé d'objets de la tâche, d'outils, et d'autres entités responsables de la prise en compte numérique du contexte.

5.1.0. Les objets du domaine de la tâche

Nous identifions 5 opérations génériques portant sur des objets du domaine de la tâche (pour une tâche donnée) qui correspondent aux types d'actions faites sur eux-mêmes : modification, suppression, création, fusion et éclatement. Le tableau ci-dessous examine ces différentes opérations et envisage pour chacune la représentation à l'entrée de l'opération et en sortie de l'opération. La discussion sémantique, i.e. justification du choix par rapport à l'apprentissage visé et donc la tangibilité à mettre en place reste à faire.

	Action modélisée	Différents niveaux de mixité des objets en entrée	Différents niveaux de mixité des objets en sortie
Modification	A devient B	A tangible A numérique A mixte	B tangible B numérique B mixte
Suppression	A disparaît	A tangible A numérique A mixte	
Création	B est créé		B tangible B numérique B Mixte
Fusion	(A ₁ ... A _n) se fusionne en B	A _i tangible A _i numérique A _i mixte	B tangible B numérique B mixte
Eclatement	A s'éclate en (B ₁ ... B _n)	A tangible A numérique A mixte	B _i tangible B _i numérique B _i mixte

5.1.1. Les outils

Les outils sont caractérisés de la même manière par l'action qu'ils réalisent ou à laquelle ils participent. Ainsi, les outils doivent permettre la transformation, la suppression, la création, la fusion et l'éclatement selon trois types de mixité : tangible, numérique ou mixte. Si les objets du domaine de la tâche peuvent devenir mixtes, en ajoutant par exemple des informations supplémentaires sur l'objet du domaine de la tâche numériquement (par exemple des informations en temps réel sur une des propriétés de l'objet), pour l'outil, sa mixité pourrait plutôt utiliser le caractère numérique de l'objet pour par exemple préciser son fonctionnement.

Comme le type de mixité des outils n'est pas suffisant pour décrire la manière dont ceux-ci sont utilisés, nous devons continuer la caractérisation en expliquant la manière dont l'apprenant peut les utiliser. On qualifie d'automatique un outil dont le déclenchement ne demande aucune action de la part de l'utilisateur. Dans les autres cas, où l'utilisateur a besoin de réaliser un geste pour que l'outil puisse être utilisé, différents types d'artificialités sont à prévoir. Le premier type, extrêmement simpliste, qui ne demande que très peu de ressources cognitives et dont le geste associé est arbitraire. Ce geste n'a, à par sa fonctionnalité, aucune signification en rapport avec l'activité réalisée. Le second type, plus élaboré, vise à utiliser l'entité de manière transitive, c'est-à-dire la manière traditionnelle d'utiliser cet objet. Par exemple pour planter un clou avec un marteau (qu'il soit tangible ou numérique), le geste transitif est celui de prendre l'outil « marteau » dans sa main directrice et de faire des mouvements de va et vient pour taper dans le clou.

6. Conclusion

Ce document décrit différents types de mixité possible pour une activité donnée. En modulant ces différentes entités, nous pouvons rendre la situation plus ou moins artificielle. Si à un type d'apprentissage ou à une méthode d'apprentissage, nous sommes capables de déterminer une artificialité type, nous serons plus à même de pouvoir concevoir des Serious Games qui soient adaptés au contexte d'apprentissage. La construction du modèle de description de l'environnement et de l'architecture logicielle associée nous permettra de prendre en compte et gérer la définition et la mise en œuvre des différentes configurations à envisager.

En parallèle, la réalisation de certaines des configurations sur le pupitre interactif augmentée nous permet de mieux cibler les besoins fonctionnels, ainsi qu'avoir dès à présent une certaine expertise sur la mise en œuvre de ces solutions. L'identification de bonnes pratiques validées par la réalisation de tests précisera les besoins en termes de mixité de l'environnement en fonction du type d'apprentissage et des méthodes d'apprentissages associés.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la DGCIS (Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services) financeur du projet SEGAREM et les partenaires de ce projet Symetrix et Total Immersion pour leur collaboration.

6.1. Bibliographie

[CHALON & al. 06] Chalon, R., David, B., & Champalle, O, «Conception de Systèmes Portés et Collaboratifs supportant la Réalité Mixte, Application à des Activités de Maintenance et de Dépannage», "Premières journées de l'AFRV", Rocquencourt, 2006, France.

[COURDAVAULT & al. 11] Courdavault C., George S., Michel C., «Scénarisation de learning games en réalité mixte», Conférence EIAH 2011, 2011, Le Mons, Belgique.

[ISHII & ULLMER 01] Ishii, H., & Ullmer, B, «Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms», *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 2001, pages 241,

Influence de la mixité des objets de l'environnement sur l'apprentissage

[MARESCAUX & al. 06] Marescaux J., Soler L., Rubino F. «Augmented Reality for Surgery and Interventional Therapy». *Operative Techniques in General Surgery*, Volume 7, 2006, pages 182-187.

[MILLGRAM & al. 97] Milgram, P. and Kishino, F. « A taxonomy of mixed reality visual displays », *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol E77-D, No.12, 1994. pages 1321-1329.

[LIU & al. 07] Liu, W., Cheok A.D., Mei-Ling,C., Theng, Y.L., «Mixed reality classroom», *Proceedings of the 2nd international conference on Digital interactive media in entertainment and arts - DIMEA '07*, 2007, pages 65.

[PARK & al. 07] M. Park, L. Schmidt, C. Schlick, H. LuczakPark, «Design and evaluation of an augmented reality welding helmet». *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, Volume 17, Issue 4, 2007, pages 317–330.

[SHELTON & HEDLEY 03] Shelton, B. E. & Hedley, N. R., «Exploring a Cognitive Foundation for Learning Spatial Relationships with Augmented Reality». *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, Volume 1, No. 4, 2003, Philadelphia, PA: Old City Publishing.

[STEDMON 01] Stedmon, ALEX W. «Re-viewing reality: human factors of synthetic training environments». *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 55, Issue 4, 2001, pages 675-698.

[ZHONG & al. 03] Zhong, Liu, Georganas, & Boulanger., «Designing a Vision Based Collaborative Augmented Reality Application for Industrial Training». *IT-Information Technology*, 45, 2003, pages 7-18.

[ZUCKERMAN & al. 05] Zuckerman, O., S. Arida, et M. Resnick., «Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives», *Proceedings of the SIG CHI conference on Human factors in computing systems*, 2005, pages 859–868.

6.2. Références sur le WEB.

[PREVOT 09] Catalogue Serious Games pour la formation professionnelle à l'INSA de Lyon http://gi.insa-lyon.fr/files/rte/Recapitulatif_jeux-v5.pdf , février 2011.

[THE BUCKINGHAM LEAN GAME] Présentation du jeu d'entreprise utilisée dans la formation http://picsie.co.uk/shop/product/the_buckingham_lean_game/ , février 2011.

[TOTAL IMMERSION] Logiciel D'Fusion CV, <http://www.t-immersion.com/en.interactive-kiosk.32.html>, février 2011.

[TUIO] TUIO est un framework ouvert qui définit un protocole de communication et une API pour les surfaces multitouch et les interfaces tangibles. <http://www.tuio.org/>, février 2011.