

Didactique Professionnelle – Quatrième Colloque International

**ENTRE PRESSIONS INSTITUTIONNELLES ET AUTONOMIE DU SUJET :
QUELLES ANALYSES DE L'ACTIVITE EN SITUATION DE TRAVAIL EN
DIDACTIQUE PROFESSIONNELLE ?**

Organisé par l'Association RPDP en partenariat avec le laboratoire CIREL (EA 4354)
Les 6, 7 et 8 juin 2017 - Université de Lille - Sciences et Technologies, France

**NUMERIQUE ET DIDACTIQUE PROFESSIONNELLE
Quelques leçons du projet EAST**

Bernard BLANDIN
Directeur de recherches,
CESI – LINEACT, 169 rue Georges Auric, Zac de Tournezy, F-34070 Montpellier
+33 660 38 52 31
bblandin@cesi.fr

Thème 4 : Médiations numériques, contraintes et/ou ressources pour la didactique professionnelle ?

Contribution théorique

Résumé

Le projet EAST, labellisé par Cap Digital, retenu par le ministère de l'Education Nationale et financé au titre du programme national « Investissements d'avenir », visait à développer une méthodologie et des outils pour concevoir des scénarios d'apprentissage d'une activité (SAA), et à en faire la démonstration dans un environnement virtuel en 3D. La conception et la réalisation de deux démonstrateurs pour l'apprentissage de gestes professionnels et de procédures nous ont amené à faire une analyse de l'activité appuyée sur plusieurs types de ressources numériques, et à nous poser des questions à propos des transpositions à l'écran et en immersion... La communication proposée rend compte de quelques questions qui se sont posées au cours de ce projet et des réponses que l'on y a apporté, et tire, a posteriori, quelques leçons de cette expérience.

Mots-Clés : Environnement virtuel 3D, ressources numériques pour l'analyse de l'activité, transposition didactique multimodale, transposition informatique.

Introduction

Le projet EAST a été lauréat de l'appel à projets e-Education n°2 du Programme Investissements d'Avenir. Il s'est déroulé entre avril 2013 et juillet 2016, et avait un double objectif (Blandin & Querrec, 2014) : 1- mettre au point une méthodologie et des outils d'aide à la conception de scénarios d'apprentissage d'activités en environnement virtuel ; 2- démontrer, en concevant, réalisant et expérimentant des démonstrateurs, la possibilité d'utiliser des modèles numériques 3D industriels pour concevoir des environnements virtuels d'apprentissage. Quatre ont été développés (Blandin, 2016) : un simulateur d'éolienne, utilisant le modèle numérique de la machine la plus répandue dans le monde ; un simulateur de centrale thermique à cogénération, réalisé à partir des plans numériques et des données techniques d'une centrale de la banlieue parisienne ; un démonstrateur destiné à l'apprentissage des déplacements en sécurité dans l'éolienne ; un dernier destiné à l'apprentissage d'une procédure de contrôle de la boîte de vitesse de l'éolienne. Cette communication porte sur la conception et la réalisation des deux derniers démonstrateurs.

Problématiques

Notre cadre théorique est double : d'une part, celui de la didactique professionnelle (Rogalski, 2004 ; Pastré, Mayen, Vergnaud, 2006 ; Pastré, 2011) ; d'autre part celui des interfaces comportementales (Fuchs, 1996). Le projet s'est appuyé sur les travaux de didactique professionnelle relatifs aux simulateurs (Caens-Martin & al., 2004 ; Pastré, 2005) ou à la réalité virtuelle (Mellet-d'Huart & Michel, 2005 ; 2006). Il s'est aussi appuyé sur des travaux récents analysant les apports de la didactique professionnelle aux environnements virtuels d'apprentissage (Boccaro & Delgoulet, 2013 ; 2015 ; Cormier, 2012 ; Laniel, 2015). Ces travaux ont confirmé l'utilité de l'analyse de l'activité pour circonscrire ce qu'il faut apprendre, déterminer l'ordre des apprentissages, inventer des situations didactiques ad hoc, identifier les difficultés à surmonter... Les questions de l'impact des médiations sur la représentation de la situation virtuelle, ou celle du traitement des transpositions imposées par les modes d'interaction avec la machine ont été abordées dans le cadre des modèles d'immersion et d'interaction en réalité virtuelle (Fuchs & al., 1999 ; Lourdeaux, 2001), mais aussi à travers l'étude d'expériences de substitution sensorielle (Bach-y-Rita & Kerckel, 2003 ; Pasqualotto & Esenkaya, 2016), qui, ouvrent d'autres pistes pour penser la transposition informatique (Balacheff, 1994) en environnement virtuel. Deux problématiques ont émergé au cours des travaux.

Le recueil de traces de l'activité par les acteurs

Nous avons prévu d'appuyer notre démarche de conception de ces démonstrateurs sur une analyse de l'activité... Or, le choix d'une éolienne comme environnement d'apprentissage posait un problème : la majeure partie de l'activité faisant l'objet des démonstrateurs, qui se déroule dans les parties hautes de l'éolienne, n'était pas observable par un observateur non habilité aux travaux éoliens. Pour analyser cette activité, il a donc fallu avoir recours à des tiers habilités, qui ont capté eux-mêmes les traces de leur activité : enregistrements vidéo et audio de séquences de gestes réalisés en cours d'intervention, photos, documents utilisés... Ces tiers étaient des formateurs animant une formation à la maintenance éolienne. Les matériaux qu'ils ont fournis pouvaient difficilement servir de support pour une autoconfrontation classique, car ils pouvaient présenter des biais : les séquences filmées ou photographiées par les formateurs représentaient-elles l'entièreté de l'activité ou seulement des fragments ? S'agissait-il d'une mise en scène des bonnes pratiques, c'est-à-dire d'une

présentation médiatisée de la tâche prescrite ? Auraient-ils agi exactement de la même façon en dehors du champ de la caméra ? Y avait-il d'autres manières de faire que celle qui nous a été donnée à voir ?

La question des transpositions

La conception de simulateurs pour l'apprentissage oblige à rechercher une certaine fidélité à la réalité. Mais il n'est pas toujours possible de réaliser des simulations « pleine échelle » (Pastré, 2005), ou des répliques numériques réalistes disposant de toutes les fonctionnalités de l'original (jumeaux numériques : Rosen & al., 2015 ; Grieves & Vickers, 2017). Dans ce cas, on choisit plutôt la fidélité de l'activité que celle de l'environnement (Caens-Martin & al., 2004 ; Olry & Vidal-Gomel, 2011 ; Orcyk & Durand, 2011). La conception des simulateurs amène à opérer de nombreuses transpositions pour faciliter l'apprentissage en réduisant la complexité du réel : transposition des situations, des niveaux de modélisation, du dispositif opérationnel, des tâches (Samurçay & Rogalski, 1998). A ces transpositions qualifiées de « didactiques » en référence aux travaux de Chevallard (1985), la médiatisation numérique ajoute ce que Balacheff (1994) appelle la « transposition informatique », c'est-à-dire la transformation d'un objet réel en suite de nombres (transposition interne) et en éléments d'interface permettant la visualisation et la manipulation de l'objet transposé dans l'ordinateur. La pertinence de ces diverses transpositions a fait l'objet de nombreuses discussions au moment de la conception des démonstrateurs. Les choix finaux qui ont été fait sont-ils optimaux ? Permettent-ils vraiment de découvrir et d'apprendre les organisateurs de l'activité associés aux classes de situations représentées ?

Les réponses du projet EAST

Les réponses du projet concernant l'analyse de l'activité médiatisée et les choix de transpositions sont présentées ci-dessous.

L'utilisation « d'objets intermédiaires »

Puisqu'il était impossible d'observer l'activité directement, nous devons travailler à partir de représentations produites par ceux qui exerçaient l'activité, malgré leur statut ambigu. Nous avons donc décidé de produire nos propres représentations de l'activité à partir des traces fournies, et de nous en servir comme base de confrontation avec les formateurs, au lieu d'utiliser directement leurs films et leurs photos. Nous avons remplacé un « objet intermédiaire » (Vinck, 1999 ; 2009) servant de support d'explicitation – les films – par deux autres : d'une part des diagrammes d'activité créés à l'aide du langage de modélisation UML (*Unified Modeling Language*) pour représenter l'enchaînement des actions ou des gestes, et d'autre part des animations d'un avatar numérique exécutant les gestes d'une manière réaliste.

La Figure 1 représente une séquence de l'activité de maintenance qui se déroule dans la nacelle de l'éolienne. Cette séquence décrit la suite d'actions préparant l'endoscopie de la boîte de vitesse après ouverture de la trappe de visite : le premier technicien, représenté par l'avatar jouant le rôle principal, sort un chiffon de son sac pendant que son collègue se positionne devant le pupitre de commande. Il nettoie ensuite une partie des engrenages, range son chiffon, prend un marqueur et inscrit un repère sur chacun des engrenages à l'endroit nettoyé. Puis il range le marqueur dans le sac et prend l'endoscope, qu'il insère dans la boîte de vitesse. Son collègue au pupitre met alors la machine en position « manuel » permettant de faire tourner l'arbre et les engrenages à la main, libère le frein qui bloque l'arbre et se

positionne de manière à pouvoir faire tourner le volant d'inertie qui entrainera l'arbre et les engrenages lors de l'endoscopie afin d'inspecter toutes les dents de chaque engrenage.

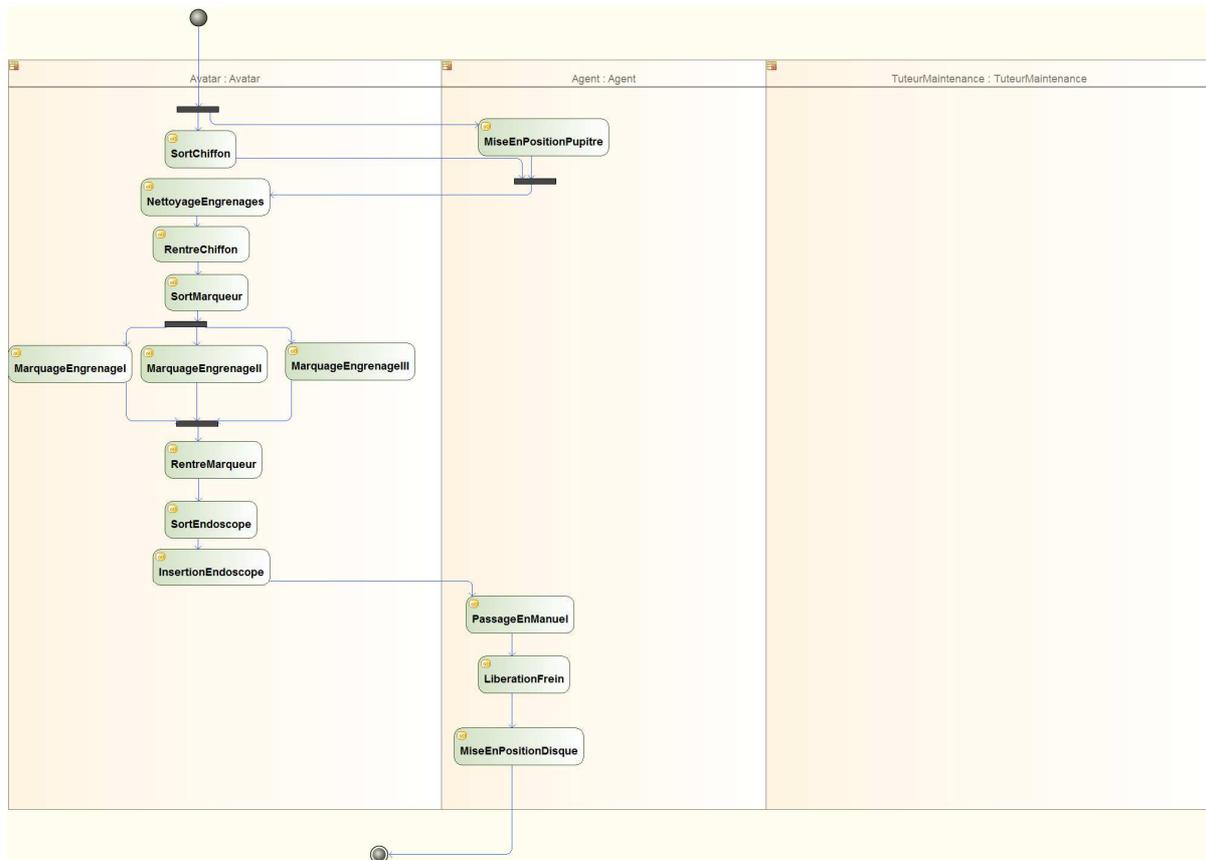


Figure 1

Les Figures 2 et 3 représentent deux vues des animations, la première juste après le marquage des engrenages, avant de remettre le marqueur dans le sac pour prendre l'endoscope, et la seconde après insertion de l'endoscope dans la boîte de vitesse, avant de démarrer l'endoscopie, c'est-à-dire à la fin de la séquence décrite dans la Figure 1.



Figure 2

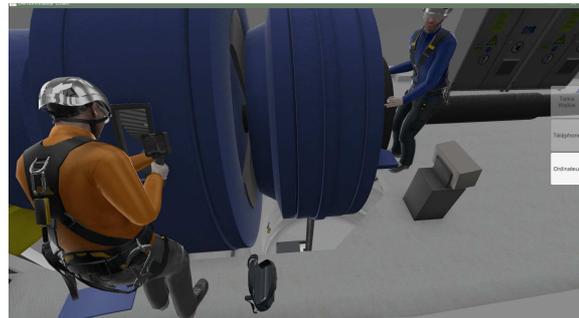


Figure 3

Ces deux séries d'objets intermédiaires, l'une abstraite, représentant les enchaînements d'actions, et l'autre concrète, représentant les gestes, ont permis de placer les formateurs dans une situation de confrontation à une activité représentée qui n'était pas la leur, bien que construite à partir des traces qu'ils avaient fournies. Cela les a poussés à discuter les

séquences, leurs enchaînements, les gestes, dans une sorte d'autoconfrontation croisée. Le résultat en est, selon Clot & alii (2000), la construction du genre professionnel. Par la transformation progressive des objets intermédiaires servant de support aux échanges jusqu'à l'établissement d'un consensus sur les diagrammes et les animations, c'est donc le genre qui aurait été construit. Et c'est le genre qui serait finalement représenté dans la simulation puisque dans le projet EAST, les diagrammes UML sont utilisés directement, après compilation, pour piloter le déroulement de la simulation (Blandin & Querrec, 2014), et que la version finale des animations est intégrée au simulateur.

Les transpositions adoptées

Dans tout simulateur, les transpositions didactiques opérées entre le réel et la simulation sont nombreuses et variées. Ayant été décrites et catégorisées par Samurçay & Rogalski (1998), on n'en donnera ici que quelques exemples : nous avons choisi de ne retenir que quelques séquences de l'activité pour les démonstrateurs. Nous avons donc réalisé des découpages, des découplages et des focalisations (Samurçay et Rogalski, 1998) : le démonstrateur Sécurité fait démarrer la simulation avec un avatar tout équipé dans la partie haute du mât et ignore une séquence essentielle pour travailler en sécurité, l'équipement (harnais, casque, gants...) en bas de l'éolienne. Dans ce même démonstrateur, on enchaîne l'ascension de différentes échelles, ce qui ne se produit que rarement. A l'inverse, dans le démonstrateur Maintenance, l'ascension n'est pas traitée, et l'on est « téléporté » du bas de l'éolienne dans la nacelle en cliquant sur l'échelle.

Concernant la transposition informatique, avec les interfaces graphiques, c'est ce qui se passe au niveau de l'interface qu'il est intéressant d'étudier (Conraux, 2000), et les interfaces avec les mondes virtuels en 3D posent des questions spécifiques, dont on discutera deux exemples.

Un monde virtuel en 3D peut être observé de l'intérieur (situation immersive) ou de l'extérieur, comme un spectacle. Et comme ce monde est décrit dans ses trois dimensions, que l'on peut le parcourir ou tourner autour en tous sens, lorsqu'il s'agit d'interagir avec lui en situation d'apprentissage, la didactique oblige à se poser la question du point d'observation. Transposée en termes d'interface informatique cela devient « quel positionnement de la caméra choisir ? » : est-il préférable d'être en « caméra subjective » (vue en première personne), ou d'avoir une vue distanciée de la scène et sous quel angle ? Lorsque l'apprenant est amené à piloter l'avatar pour jouer son rôle, il semblerait logique d'être en mode caméra subjective et de voir la scène avec le regard de l'avatar, comme dans les jeux vidéo. Or, en dehors de rares exceptions où il était nécessaire de privilégier ce qui est vu par l'avatar et de le donner à voir à l'apprenant (préparation de la mission, arrêt de l'éolienne, observation des engrenages sur l'écran de l'endoscope), ce n'est pas le choix que nous avons fait. Il nous a en effet semblé que, ne pouvant pas reproduire les gestes d'une manière simple avec les interfaces disponibles chez les futurs utilisateurs, il fallait au contraire, distancier l'apprenant de l'avatar afin qu'il puisse l'observer pour apprendre de lui par imitation. On sait en effet que c'est la vue qui active le système neuronal miroir qui fournit des copies motrices du geste dans le cortex moteur de celui qui regarde et lui permet d'en comprendre l'intention, et que ce sont ces mécanismes qui sont à la base de l'apprentissage par imitation (Rizzolatti, 2006 ; Rizzolatti & Sinigaglia, 2008 ; Ramachandran, 2011). Ce choix a amené d'autres problèmes de transposition informatique.

Dans le démonstrateur Sécurité, on traite la situation de déplacement en sécurité sur les échelles dans l'éolienne. L'activité y est organisée par deux règles : 1- « garder toujours au moins trois points d'appui », 2- « être toujours attaché à un point d'ancrage fixe ou autobloquant ». La première règle se traduit par un schème moteur consistant à déplacer un bras pour saisir le barreau du dessus, puis déplacer la jambe du même côté sur le barreau du dessus, puis recommencer le mouvement avec l'autre bras puis l'autre jambe. Ce schème est valable quel que soit le type d'échelle. La deuxième règle se traduit par deux schèmes différents, selon que l'échelle est équipée d'un « runner » (rail central avec un système d'ancrage mobile autobloquant), ou non. S'il y a un runner, on accroche le mousqueton ventral du harnais au runner qui se déplace avec la personne (Figure 4). S'il n'y en a pas, on accroche les longes l'une après l'autre sur l'échelle au-dessus de soi (Figure 5), on monte jusqu'à ce que les longes empêchent d'aller plus haut ; on les déplace... et on continue l'ascension.



Figure 4



Figure 5

L'objectif de la simulation étant de découvrir ces schèmes avant de s'entraîner pour les acquérir en situation, une simple animation ne nous a pas paru suffisant, car des composants du schème tels que la latéralisation des mouvements, ainsi que l'alternance main-pied de chaque côté, auraient pu ne pas être remarqués. Nous avons donc décidé de faire monter l'avatar en contrôlant ses gestes. Une interface gestuelle de type Kinect® aurait fourni la transposition idéale... Mais les utilisateurs dans les centres de formation participant aux tests n'en disposaient pas. Nous avons donc choisi... le clavier, avec une combinaison de touches obligeant à reproduire les mouvements latéralisés avec l'index et le pouce de chaque main (A, W / Y, N sur le clavier azerty), et pour être sûr que le principe sous-tendant le schème soit acquis conceptuellement à défaut de s'inscrire dans le cortex moteur, nous avons décidé que l'avatar ne bougerait pas si l'on se trompait de membre au démarrage, et ferait un mouvement de chute si l'on se trompait de membre ou de côté une fois la séquence de montée engagée, ou si l'on essayait de lui faire déplacer simultanément un bras et une jambe.

La livraison tardive de ces démonstrateurs n'a pas permis de mener à bien l'expérimentation prévue dans le cadre d'une formation de technicien de maintenance. Toutefois, des tests ont été menés dans la configuration initiale écran-clavier, et occasionnellement lors d'une manifestation sur la réalité virtuelle, en situation d'immersion via un casque Oculus Rift® avec des manettes de jeu. Dans la configuration initiale, il semble que les objectifs de compréhension des principes de base de la sécurité soient atteints. Dans la configuration immersive, la position distanciée et les mouvements de caméra non contrôlés par l'utilisateur posent problème, ce qui marginalise les objectifs d'apprentissage.

Conclusion

Cette communication interroge les médiations numériques : sont-elles contraintes et/ou ressources pour la didactique professionnelle ? L'expérience du projet EAST oblige à apporter une réponse nuancée.

L'accès impossible au lieu où se déroule l'activité nous a fait craindre que l'accès à l'activité elle-même ne soit pas possible. Les films réalisés par les formateurs montrent ce que l'on pourrait appeler un « style » (Clot & al., 2000), mais un style particulier qui, en l'occurrence, semblait composé pour une mise en scène. L'astuce que nous avons trouvée pour faire s'exprimer les formateurs sur l'activité réelle a consisté à médiatiser différemment ce qu'ils nous avaient donné à voir, et à les confronter à notre vision. La convergence finale vers ce qui nous est apparu comme une construction concrète du genre permet de considérer la médiation numérique comme une ressource permettant d'étendre les outils de l'analyse de l'activité.

A l'inverse, lors de la transposition informatique, la question des interfaces a fait apparaître les médiations numériques comme des contraintes limitant certaines formes d'apprentissage, notamment les apprentissages gestuels. Des interfaces appropriées existent, que nous aurions pu utiliser, mais qui sont encore aujourd'hui peu répandues dans les organismes de formation. Une autre limitation est apparue lors de la transposition du démonstrateur « Sécurité » dans une configuration immersive : le point de vue distancié « en troisième personne », avec des mouvements de caméra non contrôlés par l'utilisateur, prévu et justifié pour une utilisation sur écran, s'est avéré perturbant pour la plupart de ceux qui l'ont testé en mode immersif.

Bibliographie

- BACH-Y-RITA, P. & KERCEL, S.W. (2003) Sensory Substitution and the Human-Machine Interface, in *TRENDS in Cognitive Sciences Vol.7 No.12* December 2003, p. 541-546.
- BALACHEFF, N. (1994) La transposition informatique... In ARTIGUE, M. et al. (eds) *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. (p.364-370)
- BLANDIN, B. (2016) Le projet EAST : des environnements d'apprentissage scientifiques et techniques, in *Technologie n°202 (mars / avril 2016)*, p. 12-19. CANOPÉ Editions.
- BLANDIN, B. & QUERREC, R. (2014) Quelle méthode pour concevoir un environnement virtuel pour apprendre une activité ? Une tentative de réponse : le projet EAST, in Actes du 3e colloque international de Didactique Professionnelle, 28 et 29 octobre 2014 à Caen. [En ligne] Téléchargeable à partir de <http://didactiqueprofessionnelle.ning.com/page/archives-publiques> (communication 4102).
- BOCCARA, V. & DELGOULET, C. (2013) Une démarche d'analyse des travaux pour la conception d'un outil virtuel de formation, in *Actes du 48^e congrès international de la Société d'Ergonomie de Langue Française*.
- BOCCARA, V. & DELGOULET, C. (2015) L'analyse des travaux pour la conception en formation », in *Activités*, 12-2, [En ligne] consulté le 1^{er} octobre 2016. URL : <http://activites.revues.org/1098>
- CAENS-MARTIN, S., SPECOGNA, A., DELÉPINE, L. & GIRERD, S (2004) Un simulateur pour répondre à des besoins de formation sur la taille de la vigne, *Revue STICEF*, Volume 11, 2004, Rubrique, mis en ligne le 25/04/2004, <http://sticef.org>
- CHEVALLARD, Y. (1985) *La Transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- CLOT, Y., FAÏTA, D., FERNANDEZ, G. & SCHELLR, L. (2000) Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité, in *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [En ligne], 2-1 | 2000, mis en ligne le 01 mai 2000, consulté le 06 avril 2017. URL : <http://pistes.revues.org/3833>
- CONRAUX, L. (2000) Une étude de la transposition informatique à l'œuvre dans l'interface des logiciels éducatifs, in *Cahiers THEODILE vol. 1, n° 1*, p. 141-157
- CORMIER, J. (2012) *Mobiliser une analyse de l'activité comme aide à la conception et à l'évaluation d'un Environnement Virtuel pour l'Apprentissage Humain - Un exemple en implantologie dentaire*. Thèse de doctorat en STIC de l'Université de Bretagne Occidentale. [En ligne] à l'URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00844758>, téléchargé le 21-10-2016.
- COURTIN-LANIEL, V. (2015) *Apprentissage par simulation et activité du formateur : comment le travail avec un simulateur d'accouchement interactif a-t-il développé l'activité d'une enseignante en maïeutique?* Thèse de doctorat en sciences de l'éducation de l'Université Paul Valéry – Montpellier III [En ligne] à l'URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01319381>, téléchargé le 21-10-2016.
- FUCHS, P. (1996) *Les interfaces de la réalité virtuelle*. Paris : Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.
- FUCHS, P., NASHASHIBI, F. & LOURDEAUX, D. (1999). A theoretical approach of the design and evaluation of a virtual device, in *Proceedings of GTRV'99, "Virtual Reality and Prototyping"*, Laval, France, p. 11-20.

- GRIEVES, M., & VICKERS, J. (2017) Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems, in KAHLEN, F.-J., FLUMERFELT, S. & ALVES, A.(Eds.) *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems – New findings and Approaches*, Basel (CH) Springer International Publishing, p. 85-114.
- HORCIK, Z., & DURAND, M. (2011). Une démarche d'ergonomie de la formation : Un projet pilote en formation par simulation d'infirmiers anesthésistes. *Activités*, 8(2), pp. 173-188, <http://www.activites.org/v8n2/v8n2.pdf>
- LOURDEAUX, D. (2001) *Réalité Virtuelle et Formation : Conception d'Environnements Virtuels Pédagogiques*. Thèse de doctorat en Informatique Temps Réel, Robotique et Automatique. Ecole des Mines de Paris. [En ligne] Téléchargé le 21-10-2016 à l'URL <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00006475/>
- MELLET-D'HUART, D. & MICHEL, G. (2006) Didactique professionnelle et conception d'environnements virtuels pour l'apprentissage, in *Analyse du travail et formation* (2), *Education Permanente n°166*, p. 115-125.
- MELLET-D'HUART, D. & MICHEL, G. (2005) Faciliter les apprentissages avec la réalité virtuelle, in Pastré, P. (dir.) (2005) *Apprendre par la simulation - De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Toulouse : Octarès, p. 335-364
- PASQUALOTTO, A. & ESENKAYA, T. (2016) Sensory Substitution: The Spatial Updating of Auditory Scenes “Mimics” the Spatial Updating of Visual Scenes, in *Frontiers of Behavioural Neurosciences*, 10: 79. [Online] downloaded on 2016-11-02 at the following URL <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnbeh.2016.00079/full>
- OLRY, P. & VIDAL-GOMEL, C. (2011). Conception de formation professionnelle continue : tensions croisées et apports de l'ergonomie, de la didactique professionnelle et des pratiques d'ingénierie. *Activités*, 8(2), p. 115-149, <http://www.activites.org/v8n2/v8n2.pdf>
- PASTRE, P. (2011). *La didactique professionnelle : approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris : PUF.
- PASTRE, P. (dir.) (2005) *Apprendre par la simulation - De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Toulouse : Octarès
- PASTRE, P., MAYEN, P., VERGNAUD, G. (2006) La didactique professionnelle, in *Revue française de pédagogie n°154*, p. 145-198.
- RAMACHANDRAN, V. (2011) *Le cerveau fait de l'esprit. Enquête sur les neurones miroirs*. Paris : Dunod
- RIZZOLATTI, G. (2006) Les systèmes de neurones miroirs. *Conférence à l'Académie des sciences, Paris, 12-12-2006*. [en ligne] à l'URL : <http://www.sciencesetreligions.com/upload/1422280266Rizzolatti%20Syst%C3%A8mes%20de%20Neurones%20Miroirs.pdf>, RIZZOLATTI, G. & SINIGAGLIA, C. (2008) *Les neurones miroirs*. Paris : Odile Jacob
- ROGALSKI, J. (2004). La didactique professionnelle : une alternative aux approches de « cognition située » et « cognitiviste » en psychologie des acquisitions, *Activités*, 1 (2), p. 103-120. <http://www.activites.org/v1n2/Rogalski.pdf>
- ROSEN, R., von WICHERT, G., LO, G., & BETTENHAUSEN, K.D. (2015) About the Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing, in *IFAC-PapersOnLine 48-3*, p. 567–572, [online] downloaded on 2017-03-30 from the following URL: <http://ac.els-cdn.com/S2405896315003808/1-s2.0-S2405896315003808->

[main.pdf?_tid=ce6bd1ce-1572-11e7-8ec5-00000aab0f27&acdnat=1490897029_32913bd7ca0460a2639d85403c176339](#)

SAMURÇAY, R. & ROGALSKI, J. (1998) Exploitation didactique des situations de simulation, in *Le Travail Humain*, vol. 61 (4), 333-359.

VINCK, D. (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales in *Revue Française de Sociologie*. XI, p. 385-414

VINCK, D. (2009) De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement, in *Revue d'anthropologie des connaissances Vol. 3, n° 1*, p. 51-72 [en ligne] consulté le 26/03/2017 à l'URL : <https://www.cairn.info/revue-anthropologie-des-connaissances-2009-1-page-51.htm>
