

2014

Du serious gaming au full flight simulator : proposition d'un cadre conceptuel commun pour la formation des formateurs en simulation

Philippe Lepinard

philippe.lepinard@geodecisionnel.fr

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/sim>

Recommended Citation

Lepinard, Philippe (2014) "Du serious gaming au full flight simulator : proposition d'un cadre conceptuel commun pour la formation des formateurs en simulation," *Systèmes d'Information et Management*: Vol. 19 : Iss. 3 , Article 3.

Available at: <http://aisel.aisnet.org/sim/vol19/iss3/3>

This material is brought to you by the Journals at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Systèmes d'Information et Management by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

Du serious gaming au full flight simulator : proposition d'un cadre conceptuel commun pour la formation des formateurs en simulation

Philippe LÉPINARD*

* Laboratoire LAREQUOI, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
Centre d'expertise de l'infovalorisation et de la simulation, armée de Terre

RÉSUMÉ

Près de 40% des heures de vol dans l'aviation légère de l'armée de Terre (ALAT) sont dorénavant effectuées sur simulateurs. Les pilotes d'hélicoptères de combat se préparent à la qualification instrument flight rules avec Microsoft Flight Simulator, pratiquent des techniques de team building grâce au système de simulation distribuée EDITH et révisent leurs check-lists dans un full flight simulator. Toutefois, cette multiplicité de technologies de simulation en perpétuelle évolution entraîne certains effets pervers. Elle oblige notamment les instructeurs à acquérir la seule maîtrise technique des outils au détriment d'une réelle réflexion sur leurs pratiques d'enseignement. Notre recherche en tant qu'insider a donc poursuivi deux objectifs. Tout d'abord, nous avons souhaité concevoir un guide normatif destiné aux instructeurs de l'ALAT et, plus généralement, à l'ensemble des acteurs de la simulation pour améliorer la communication au sein des projets de formation, industriels ou de recherche en simulation. En parallèle, nos travaux tentent d'apporter à la communauté scientifique de nouveaux éléments de réflexion pour mieux appréhender les enjeux et contraintes de la formation professionnelle par la simulation.

Mots clés : *Serious gaming*, simulation virtuelle, didactique professionnelle, ingénierie de la formation, transfert des apprentissages, technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement.

ABSTRACT

These days, almost 40% of flights in the French Army Light Aviation (FALA) are done on simulators. Military helicopter pilots train for the qualification instrument flight rules with Microsoft Flight Simulator; they practise team building techniques thanks to the distributed simulation system EDITH and they revise their check-lists in a full flight simulator. Yet, the multiplicity of simulation technologies, being always changing, causes some negative effects. As a consequence, instructors only get the technical knowledge of the tools instead of really thinking about their teaching methods. Consequently, the purpose of our research as insider is twofold. First, we have planned to conceive a normative guide, intended for instructors of the FALA and, more generally, for all stakeholders of simulation in order to improve communication within training, industrial and research projects about simulation. Then, our work provide new elements for a better understanding of the issues and the restrictions of the training through simulation.

Keywords: Serious gaming, virtual simulation, francophone professional didactics, Training Course Design, transfer of learning, information and communication technologies for education.

INTRODUCTION

Les technologies vidéoludiques sont présentes dans l'aviation légère de l'armée de Terre (ALAT) depuis presque deux décennies. Dernières nées des grappes technologiques de la simulation virtuelle, elles se matérialisent selon deux modalités. Tout d'abord, sous la forme de jeux vidéo issus du commerce grand public et détournés à des fins professionnelles ; par exemple Microsoft Flight Simulator. Ensuite, il existe plusieurs outils intégrant des moyens technologiques comparables mais nécessitant des extensions matérielles ou logicielles propres à l'aéronautique militaire : modélisation des systèmes d'armes français, conception d'environnements plus immersifs (cockpits génériques et écrans tactiques), etc. Le cas le plus abouti est celui du système de simulation distribuée EDITH (entraîneur didactique interactif tactique hélicoptères) de la société Thales. Composé de six postes en réseau local, il est destiné à la formation et à l'entraînement des équipages d'hélicoptères de combat de l'ALAT. Toutefois, si l'apport des technologies vidéoludiques apparaît particulièrement prometteur aujourd'hui, l'article se propose plutôt de réfléchir à l'environnement dans lequel elles évoluent, celui de la formation professionnelle par la simulation.

Notre question de recherche est : quelles sont les pratiques génériques de formation par la simulation développées par les instructeurs ? Ce questionnement sous-tend tout d'abord un aspect opératoire en termes praxéologiques. Nous souhaitons en effet que les résultats de nos travaux puissent

être réinjectés sous la forme d'un guide dans les actions de formation des instructeurs afin d'améliorer leur formation initiale et leur prise de recul face aux technoruptures permanentes du monde de la simulation. Ce volet devrait plus généralement fournir aux acteurs intéressés par ce domaine un cadre commun et compréhensible pour mieux communiquer et collaborer lors de projets incluant de la simulation. D'autre part, la question de recherche comporte un volet académique puisqu'il s'agit de combler un *gap* dans la littérature scientifique qui n'a pas identifié complètement certaines caractéristiques clés de la formation par la simulation. La place prépondérante de l'instructeur dans nos travaux s'explique par le fait que peu de recherches visent au perfectionnement des enseignants dans ce domaine très spécifique (Bould & Naik, 2013; McGaghie *et al.*, 2010; Vidal-Gomel *et al.*, 2011). Cet aspect est d'autant plus surprenant que sa présence est consensuellement reconnue comme un facteur fondamental dans la réussite des actions de formation professionnelle intégrant de la simulation.

L'article s'organise en trois sections. La première expose d'une manière approfondie le contexte de notre recherche afin de bien appréhender l'objet de nos travaux. Elle dresse également un panorama de la simulation dans l'ALAT, tant en termes d'outils que de ressources humaines. La deuxième partie de ce document traite des fondements théoriques qui nous ont guidés. Nous expliquons nos choix de définition de certains concepts particulièrement polysémiques du fait du foisonnement actuel des recherches aca-

démiques et des actions marketing concernant l'usage de jeux vidéo dans le domaine de la formation professionnelle. C'est notamment le cas des notions de *serious game* et de *serious gaming*. La différence est, en effet, fondamentale puisque l'intention d'apprentissage se situe à chaque extrémité du spectre de la conception du jeu vidéo. Cet article précise ensuite le design et la méthodologie de notre recherche. Le troisième temps présente les résultats de nos travaux en détaillant notre outil destiné à accompagner les praticiens et les chercheurs dans le domaine de la formation par la simulation : le modèle dynamique de structure générique d'un dispositif de simulation. Nous clôturons cette dernière étape par les limites de notre travail ainsi que par les perspectives de recherches pluridisciplinaires dans le domaine de la simulation professionnelle.

I. CONTEXTE ET OBJET DE LA RECHERCHE

I.1. Terrain de recherche

Notre recherche s'est déroulée à la division simulation de la base école général Lejay (BEGL) de l'école de l'aviation légère de l'armée de Terre (EALAT). Cette unité, implantée au Cannet des Maures (dans le Var), réalise annuellement plus de 10.000 heures sur simulateurs et près de 3.000 heures de cours : magistraux, travaux pratiques, etc. La division simulation fait partie de la direction de la formation à l'aérocombat qui dirige et coordonne l'ensemble des actions de formation de l'école avec leurs moyens humains et matériels associés ; notamment les aé-

ronefs réels. La division simulation est composée de quinze personnes scindées en trois brigades ou équipes : la brigade commandement, la brigade technique, principalement chargée de réaliser les cours et les séances concernant la pratique du vol aux instruments, et la brigade tactique qui s'appuie sur le système EDITH. Trois techniciens des sociétés Thales Training & Simulation et Sogitec sont enfin chargés de la maintenance des simulateurs. Ils ne sont pas comptabilisés dans les rangs de la division simulation.

I.2. Les métiers de la formation par la simulation

L'ALAT est la seule composante de l'armée de Terre à avoir créé un métier d'expert dans la formation par la simulation : l'instructeur sol du personnel navigant (ISPN). En 2014, cinquante-quatre ISPN (onze officiers et quarante-trois sous-officiers) sont actuellement en activité dans les centres (ou divisions) de simulation des écoles de l'ALAT et des régiments d'hélicoptères de combat. Ils sont chargés depuis 2007 de former les pilotes d'hélicoptères aux tâches ne nécessitant pas d'expérience tactique. En effet, les ISPN, à l'inverse des situations rencontrées dans d'autres corps de métier, ne sont pas issus des rangs des opérationnels (Vidal-Gomel *et al.*, 2011). Ils suivent une formation initiale de deux années incluant un pôle militaire et un pôle aéronautique. Ensuite, ils rejoignent un centre de simulation où ils se spécialisent pendant six à dix-huit mois en fonction des besoins de l'organisation. L'ALAT a donc bien pris conscience de l'importance des aspects

spécifiques de la formation professionnelle par la simulation compte tenu, notamment, de la multiplicité des dispositifs techniques existants. Elle est en effet l'une des seules organisations à disposer d'un spectre aussi large en termes de simulation virtuelle : du jeu vidéo au *full flight simulator* (FFS). Pour autant, les cursus de formation des ISPN n'ont pas encore intégré les véritables caractéristiques de la formation par la simulation. Ils sont toujours calqués sur les connaissances techniques des pilotes et ne bénéficient ni des apports académiques issus des sciences de l'éducation, ni de ceux provenant des pratiques professionnelles de secteurs reconnus pour leurs avancées dans ce domaine (nucléaire, aéronautique civile et médecine). Les stages de spécialisation réalisés en unité ne traitent que de la maîtrise technique des simulateurs. Le seul module pédagogique présent dans les parcours de formation des ISPN est celui du stage moniteur pilote ; donc pensé pour la formation via des aéronefs réels et pour des pilotes possédant une expérience d'une dizaine d'années. Le compagnonnage cognitif (Delacote, 1996) est finalement l'unique méthode d'apprentissage aux connaissances et compétences spécifiques à la formation par la simulation. L'apprentissage des jeunes instructeurs est basé « *sur la démonstration effectuée en situation réelle par un expert dans le but de transmettre cette expertise* » (Raynal & Rieunier, 2012). En outre, aucune capitalisation et diffusion de ces construits n'est opérée, que ce soit vers la formation initiale ou vers les formations d'adaptation (découverte d'un nouveau simulateur suite à une mutation par exemple).

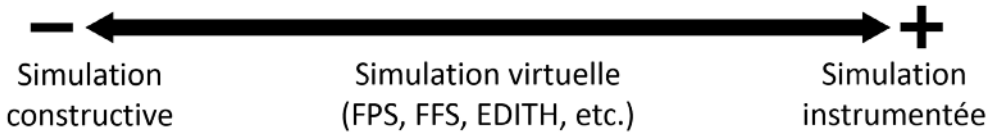
Aux côtés des ISPN, vingt pilotes, dont certains déclassés (les pilotes ayant perdu leur aptitude médicale obtiennent le brevet d'ISPN par équivalence) participent également à l'instruction au sein des centres de simulation. Ils s'occupent plus particulièrement des formations qui réclament une expérience réelle des missions de combat. Comme pour les ISPN, ils ne suivent aucune formation spécifique à la simulation (hormis pour la maîtrise technique des simulateurs) et apprennent en situation, au mieux, via un dispositif non curriculaire (tutorat) ou, tout simplement, sur le tas. Il est par conséquent très difficile pour l'ensemble des instructeurs, pilotes et ISPN, de procéder par eux-mêmes à une démarche d'analyse de leurs pratiques puisque leurs apprentissages demeurent un fait opaque pour l'organisation.

I.3. Les différents systèmes de simulation de l'ALAT

I.3.1. La typologie professionnelle LVC

Selon la typologie professionnelle de la simulation de défense *Live Virtual Constructive* (LVC), la simulation virtuelle, ou simulation pilotée, peut s'incarner au centre d'un axe représentant l'importance de l'intelligence artificielle dans la simulation (Figure 1).

La simulation constructive s'apparente aux jeux de stratégie (temps réel ou non). L'intelligence artificielle est donc au cœur de ce genre de simulation. Elle permet à des chefs de commander leurs unités sans qu'il soit nécessaire de les déployer réellement. Les appre-



**Figure 1 : La place de la simulation virtuelle dans la typologie
Live Virtual Constructive.**

nants ne sont pas au contact direct de la simulation. Ils utilisent leurs outils de simulation de commandement et de contrôle, eux-mêmes manipulés par des opérateurs situés dans d'autres locaux. La simulation virtuelle inclut toutes les situations en temps réel où l'individu joue son propre rôle au travers d'un avatar dans un monde virtuel ; ce dernier étant généralement visible sur des écrans. Les jeux vidéo de type *first-person shooter* (FPS), comme les simulateurs de vol avec mouvements ou *motion* (FFS), rentrent dans cette catégorie. Enfin, à l'image de l'activité de loisir *laser game*, la simulation instrumentée ou vivante ajoute aux matériels de combat réels des émetteurs et récepteurs laser afin de simuler uniquement les effets des armes. Ces technologies ne sont pas encore disponibles pour les hélicoptères. Elles existent uniquement pour les moyens terrestres. Ces exercices de simulation instrumentée se déroulent en régiments et au centre d'entraînement au combat CENTAC du camp militaire de Mailly-le-Camp.

1.3.2. Les jeux vidéo de type commercial off-the-shelf ou COTS

À l'instar des écoles civiles de pilotage, les jeux du commerce grand public employés à des fins utilitaires sont es-

sentiellement des simulateurs de vol comme Microsoft Flight Simulator, Lockheed Martin Prepar3D et Laminar Research Flight Simulator X-Plane (Williams, 2006; Van West & Lane-Cummings, 2007). L'objectif est de préparer individuellement les pilotes d'hélicoptère au stage *instrument flight rules* (IFR ou vol sans visibilité). Après l'obtention de cette qualification, un entraînement continu leur est proposé grâce à ces moyens accessibles et bon marché. Même si ces applications autorisent une évolution autonome (sans formateur et avec des scénarios pré-construits), l'instruction ne se fait jamais en autoformation. Des instructeurs sont chargés d'accompagner les apprenants tout au long des séances. Un tel tutorat est nécessaire pour que les pilotes évitent un transfert des apprentissages négatifs (notion de *negative training*) ou ne soient soumis à une « déstandardisation » des procédures. En effet, les savoirs dispensés ne sont pas forcément identiques selon les logiciels. Il n'est pas rare, non plus, de trouver des procédures obsolètes enseignées par les formateurs virtuels. Enfin, les bases de données aéronautiques sont rarement mises à jour (fréquences radio avec les tours de contrôle, moyens de radionavigation, etc.).

Le cas de Digital Combat Simulator Black Shark est différent. Ce logiciel a été installé sur des ordinateurs intégrés

dans une maquette d'EC665 Tigre. L'objectif est ici de susciter des vocations militaires lors des différents salons aéronautiques accueillant les services de recrutement. Là encore, le joueur n'est pas laissé seul. Un recruteur, secondé par un instructeur de l'ALAT, l'accompagne afin de relier chaque action ludique aux activités réelles de l'aérocombat (concept de doctrine militaire français défini par l'intégration des tactiques, des missions, des modes d'action aéromobiles à la manœuvre aéroterrestre).

1.3.3. Les jeux vidéo modifiés pour le monde militaire

La BEGL a expérimenté de juin à décembre 2012 Virtual Battlespace 2 (VBS 2) de la société Bohemia Interactive Simulations. Ce simulateur en vue subjective est de catégorie AAA. Il bénéficie directement du budget de développement de sa version grand public, ArmA. Cette démarche industrielle de conversion d'un jeu vidéo de type *blockbuster* en outil de simulation professionnelle destiné au marché militaire semble très efficace et plus simple qu'une logique inverse. VBS 2 réunit au sein d'une même application les dernières innovations du jeu vidéo (comme le moteur 3D) et les modules professionnels qui constituent finalement les vrais atouts de la simulation : le ***offline mission editor*** est l'outil de création de *scenarii* incluant un langage de script, des fonctionnalités techniques de type ***High Level Architecture*** (HLA) assurent l'interopérabilité entre simulateurs différents, le ***real-time editor*** permet d'éditer en cours de jeu tous les éléments de la mission et le ***computer generated***

forces (CGF) donne accès aux modifications des actions des entités dirigées par l'ordinateur. Enfin, l'***after action review*** (ou analyse après action) est l'outil majeur du *debriefing* car il donne accès à la visualisation de toute la mission enregistrée selon n'importe quel point de vue.

Depuis le début de l'année 2014, les écoles militaires de l'armée de Terre sont progressivement équipées de VBS 2. Il remplace d'autres jeux du commerce plus ou moins modifiés sous la forme de greffons, appelés *mods* dans le monde du jeu vidéo, comme Operation Frenchpoint (*mod* français d'Operation Flashpoint) et Instinct (basé sur Ghost Recon). À titre d'exemple, VBS 2 est utilisé à l'école d'artillerie pour la formation des observateurs de tir et à l'école nationale des sous-officiers d'active pour le *drill* (exercices intensifs et répétitifs) de certains actes élémentaires et réflexes du combattant : progresser, désigner un objectif, communiquer, etc. Cependant, la faible représentativité des aéronefs simulés et surtout la présence généralisée d'EDITH dans l'ALAT restreignent l'intérêt de ce jeu pour la formation des pilotes.

1.3.4. Le système de simulation distribuée EDITH

EDITH est un simulateur de résolution de problèmes. Il ne cherche pas à reproduire avec le maximum de fidélité les situations de travail rencontrées par les équipages. Il est par exemple impossible de s'écraser au sol, de percuter un autre aéronef ou de pratiquer le *player versus player*. Le système EDITH est destiné à la formation et à

l'entraînement à la tactique ainsi qu'au commandement militaire. Dans le cadre de la formation en école, les apprenants sont de futurs chefs de bord (CB, équivalent au commandant de bord dans une compagnie aérienne civile), chefs de patrouille (CP, *leader* de deux ou trois appareils) et commandants d'unité (CDU, *leader* d'une dizaine d'aéronefs). En régiment, le système EDITH a deux usages principaux : la préparation opérationnelle des équipages au travers de missions issues des retours d'expérience des interventions réelles et la préparation des candidats aux tests d'admission à la formation de chef de bord. EDITH est un système de simulation considéré dans le monde de la simulation professionnelle comme « bas coût » (expression militaire officielle) car il est composé d'éléments informatiques grand public et il

n'intègre aucun logiciel ou modèle de vol réel.

Trois versions du simulateur EDITH se sont succédées depuis le début des années 2000. Les exercices peuvent être joués en réseau ou dans le cadre de la formation individuelle (le même exercice est joué sur chaque poste). Bien entendu, toutes les combinaisons intermédiaires sont envisageables. L'ALAT dispose de quatre systèmes EDITH. Chacun d'entre eux comprend six cockpits génériques à deux membres d'équipage modulables en version côte à côte ou tandem. Les écrans tactiles affichent les instruments spécifiques les plus importants de chaque aéronef. Il est donc possible de simuler la majorité des hélicoptères utilisés en opérations. Chaque cockpit est accompagné d'un poste dédié à l'animation, à l'instruction et à la créa-



Figure 2 : Une patrouille en entraînement avec le système EDITH V3 (image Thales©).

tion des *scenarii* (CREX). On trouve ensuite un poste de supervision informatique (DIREX) pour la configuration et le contrôle du réseau et des exercices ainsi qu'un poste d'analyse après action ou 3A qui possède des outils de rejeu et de *debriefing*. Enfin, un poste avec un traceur A0 est réservé à la conception de cartes (tactiques, de navigation, etc.).

I.3.5. Les simulateurs de vol classiques

Si les jeux vidéo et le système de simulation EDITH sont devenus des outils indispensables à la formation des pilotes, ils ne couvrent qu'une partie des moyens de simulation de l'ALAT. En effet, l'ensemble des écoles et régiments est équipé de simulateurs de vol classiques représentant plus ou moins fidèlement les cockpits des appareils.

Ces simulateurs sont de deux ordres. Tout d'abord, ils peuvent être qualifiés *flight simulator training devices* ou FSTD (European Aviation Safety Agency, 2012) par l'Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA). Ces simulateurs de vol sont soumis régulièrement à des audits qualité et à différents types d'évaluations. Les contrôles aboutissent à la délivrance d'un certificat autorisant, en fonction du niveau de qualification, le remplacement d'un certain nombre d'heures de vol réelles par des heures de vol simulées pour l'obtention de qualifications civiles obligatoires pour les pilotes militaires. Un cas particulièrement emblématique est celui de la qualification IFR. Pour autant, bon nombre de simulateurs ne sont pas qualifiés FSTD. C'est le cas par exemple du *full mission simulator* (EC665 Tigre) et du très récent *medium range training device* (NH90 Caïman).

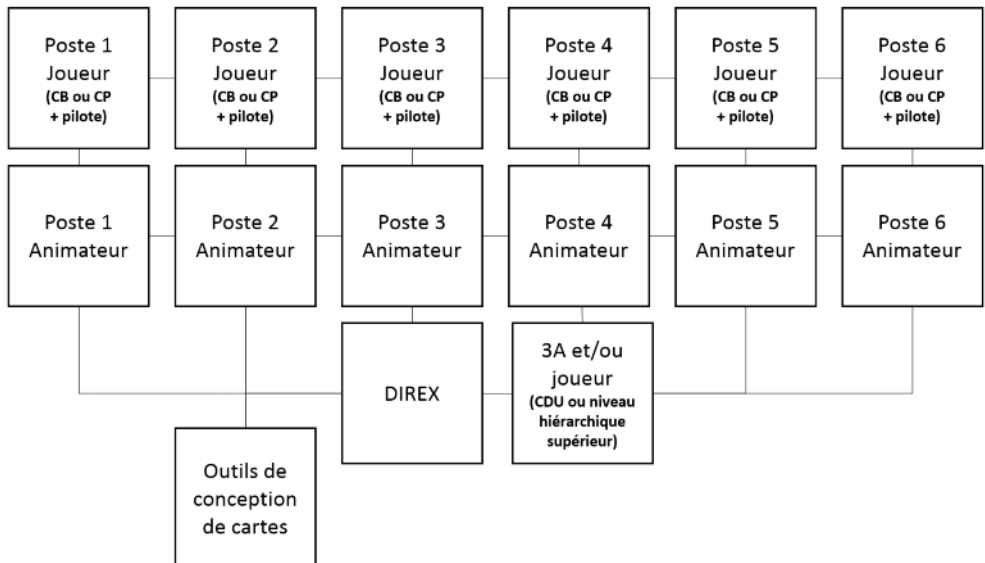


Figure 3 : Vue synoptique de l'entraîneur didactique interactif tactique hélicoptères (EDITH).

I.4. Objet de la recherche

I.4.1. Question de recherche

Le contexte précédemment exposé met en exergue un paradoxe complexe d'unicité de la formation des instructeurs en simulation et d'hétérogénéité des dispositifs de simulation (plus de quinze simulateurs différents coexistent). En d'autres termes, comment préparer correctement les spécialistes de la formation par la simulation (ISPN et pilotes instructeurs des centres de simulation) alors qu'il est quasiment impossible d'en trouver deux qui exercent leurs fonctions sur le même simulateur et dans le même centre de simulation ? Par conséquent, nous assistons à une course à la compétence technique qui dessert toute approche réflexive de la part des instructeurs sur leurs pratiques mais aussi toute prise en compte des travaux réalisés dans le domaine des sciences de l'éducation et de gestion, qu'ils soient académiques ou praxéologiques. Cette problématique récurrente identifiée sur le terrain forme les soubassements de notre question de recherche à visée exploratoire : quelles sont les pratiques génériques de formation par la simulation développées par les instructeurs ? Au travers de ce questionnement, nous pensons que la simulation dans l'ALAT doit dorénavant s'octroyer une étape de professionnalisation, après celle de son institutionnalisation, afin de capitaliser les réalisations locales et dépasser les lieux communs qui pénalisent toute réflexion sur ses usages.

I.4.2. Le système EDITH comme support de notre recherche

Si notre choix de départ s'est porté sur le logiciel VBS 2 du fait de sa sim-

plicité d'usage, c'est finalement le système EDITH qui fut l'artefact de notre recherche. En effet, outre son accessibilité (une unique grande salle) qui facilite une vision panoptique lors des observations, ses capacités pédagogiques sont les plus nombreuses : les niveaux d'acquisition des connaissances de la taxonomie de Bloom et de l'une de ses principales révisions (Krauthwohl, 2002) sont potentiellement tous atteignables (reconnaître, comprendre, appliquer, analyser, évaluer et créer). D'autre part, les fonctionnalités techniques couplées à sa modularité permettent de réaliser des exercices individuels et collaboratifs couvrant le spectre complet des missions ALAT. Enfin, les équipes qui utilisent EDITH regroupent l'ensemble des compétences et sont composées d'instructeurs pilotes (parfois extérieurs aux centres de simulation) et d'ISPN aux expériences et expertises multiples.

II. CADRE THÉORIQUE ET DESIGN DE LA RECHERCHE

II.1. Caractérisation des jeux vidéo de l'ALAT

II.1.1. *Serious game ou serious gaming ?*

Le premier champ théorique étudié a été celui des jeux vidéo pour la formation professionnelle dans l'objectif de clarifier les concepts utilisés dans l'ALAT. En effet, plus qu'une simple question de sémantique, la distinction entre les notions de *serious game* et de *serious gaming* nous paraît cruciale. Le terme de *serious game* est malheureusement utilisé dans le monde militaire pour définir n'importe quel jeu vidéo

utilisé à des fins professionnelles. Or, il y a une réelle différence : l'intention d'apprentissage se situe soit en amont, soit en aval de la conception du jeu vidéo (Alvarez & Djaouti, 2010).

Le *serious game* est pensé dès le début du projet comme outil d'apprentissage en autoformation. Il fait donc partie de la famille du *e-learning*. Les objectifs pédagogiques sont encapsulés dans les éléments de *gameplay* qui se retrouvent principalement sous la forme d'univers linéaires ou arborescents (Lhuillier, 2011). L'interactivité intentionnelle (Pera, 2010 ; Henri, 2010), concept indiquant l'aspect dialogique asynchrone (c'est-à-dire décalé dans le temps) entre le formateur / concepteur et l'apprenant, doit être en permanence recherchée dans ce genre d'outils. Dans l'ALAT, et plus généralement dans l'armée de Terre, il n'existe pas de *serious game* au sens canonique du terme, c'est-à-dire avec une intention *a priori* de transfert des apprentissages dans un contexte d'autoformation.

A contrario des *serious games*, le *serious gaming* est le détournement d'un jeu vidéo à finalité ludique dans un but d'apprentissage professionnel. De tels détournements d'usages sont régulièrement observés lorsque des pilotes

exploitent Microsoft Flight Simulator pour se préparer à des examens aéronautiques.

Si ces deux définitions semblent nous donner la capacité de caractériser n'importe quel projet d'apprentissage adossé à un jeu vidéo, elles ne nous permettent pas de classer les applications militaires pourtant issues plus ou moins ouvertement des technologies vidéoludiques comme VBS 2 et EDITH. En effet, ces deux simulateurs ont bien été pensés pour la formation dès l'origine mais n'ont pas été dimensionnés pour fonctionner dans un cadre d'*e-learning* ; en dépit de leurs outils de scénarisation poussés. Par conséquent, et afin de ne pas créer une troisième catégorie de jeu à visée professionnelle qui brouillerait inutilement les pistes, nous avons décidé d'inclure VBS 2 et EDITH dans le *serious gaming* plutôt que dans le *serious game*. Il y a bien en effet un certain détournement des technologies vidéoludiques au niveau du concepteur du produit et aucune de ces applications ne peut être utilisée en autoformation. Nous pouvons dès lors compléter la cartographie de la simulation virtuelle professionnelle de l'ALAT (Figure 4).

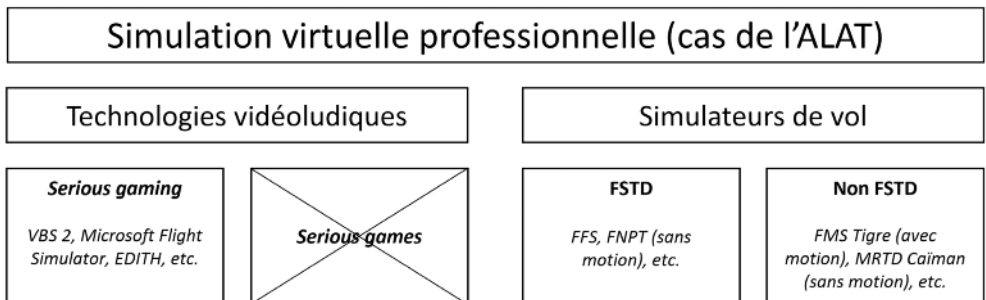


Figure 4 : Cartographie de la simulation virtuelle professionnelle dans l'ALAT.

II.1.2. *Skinning et Modding, deux évolutions pour améliorer l'immersion*

Si les jeux grand public détournés par l'ALAT intègrent nativement une partie non négligeable des besoins des équipages, certaines modifications sont toutefois accomplies par des développeurs militaires, voire par les utilisateurs eux-mêmes. Deux cas sont généralement rencontrés. L'ajout des appareils de l'armée française avec leurs différents camouflages tout d'abord. Microsoft Flight Simulator s'est vu augmenté des hélicoptères de type Gazelle et Puma tagués « armée de Terre » avec des tableaux de bord proches de la réalité. Cependant, aussi importantes que soient ces modifications pour une meilleure immersion des pilotes dans les missions simulées, ces appareils ajoutés à la liste de ceux proposés par défaut ne traitent finalement que d'esthétisme et d'isomorphisme visuel. En second lieu, nous assistons depuis peu de temps à une convergence entre les simulateurs et les outils de préparation de missions (sorte de systèmes d'information géographique collaboratifs). Il existe une demande forte des équipages pour que les bases de données des terrains réels soient intégrées aux jeux. Mais ce second type de modification est rarement possible. Seuls des logiciels professionnels tels que VBS 2 et EDITH le permettent. Cela nécessite cependant une organisation, un budget pour l'acquisition des outils propriétaires ainsi que des compétences infographistes et géomaticiennes substantielles. Il faut en effet mettre en place une chaîne de production complexe qui débute par la réception des données géogra-

phiques numériques brutes pour se finaliser par la création d'une base de données terrain au format du simulateur.

Dans les deux cas, l'institution militaire souhaite acquérir la maîtrise des *process* sans porter atteinte à la qualité des données et en garantissant une interopérabilité des bases de données (géographiques et modèles 3D). Cette capacité n'est actuellement pas encore stabilisée au sein de l'armée française. Plusieurs projets couvrent ce domaine et s'achèveront en 2015. Dans un tel contexte, l'outil de simulation virtuelle peut dépasser le cadre de la formation pour tendre vers un système de *rehearsal* : répétition d'une mission en simulation avant sa réalisation réelle.

II.2. Les sciences de l'éducation, ou un retour aux sources devenu indispensable

II.2.1. *La didactique professionnelle*

La didactique professionnelle est le courant de pensée majeur sur lequel s'appuient nos travaux. Il est en effet le seul à traiter clairement de problématiques liées à la formation par la simulation (Pastré & Rabardel, 2005; Fauquet-Alekhine & Pehuet, 2011). Néanmoins, l'approche choisie ici ne concerne pas directement la formation des apprenants par la simulation. Notre analyse porte sur le travail des instructeurs qui font appel aux simulateurs pour former les apprenants. Cette perspective originale va quelque peu à contre-courant de la focalisation excessive dans la simulation professionnelle sur l'apprenant au détriment de l'ins-

tructeur ; même lorsque celui-ci prend comme dénomination facilitateur ou animateur.

Le syntagme « didactique professionnelle » est apparu pour la première fois en 1992 dans la thèse de doctorat de Pierre Pastré dirigée par Gérard Vergnaud et intitulée « *Essai pour introduire le concept de didactique professionnelle* ». Depuis, un groupe de chercheurs issus de plusieurs courants scientifiques (psychologie ergonomique, ingénierie de la formation et didactique des disciplines principalement) a développé ce champ de recherche qui s'appuie sur une analyse du travail en situation afin d'améliorer la formation professionnelle (Pastré, 2004 ; Pastré, 2009 ; Pastré, 2011). L'étude des activités des hommes au travail cherche à identifier notamment des concepts organisateurs de l'action (caractéristiques communes et invariants de l'activité). Ces derniers seront ensuite réinjectés par transposition didactique dans la conception des actions de formation (utilisant la simulation dans notre cas). L'un des postulats fondateurs de la didactique professionnelle est que le développement des compétences et des connaissances se fait aussi en situation professionnelle, c'est-à-dire en situation adidactique. Toujours selon Pastré (2011), les concepts organisateurs de l'action sont de deux ordres : les concepts pragmatiques construits dans l'action et servant à la guider et les concepts pragmatiques issus de la transformation de savoirs scientifiques et techniques en concepts organisateurs. Cet ensemble de concepts, qui a pour fonction d'orienter et de guider l'action, permet la construction de la structure concep-

tuelle d'une situation, voire d'une classe de situations. Les résultats de nos travaux, bien que proposant des invariants dans l'activité des instructeurs, ne traitent toutefois pas de ces concepts organisateurs d'ordre cognitif mais plutôt de pratiques analysables au sens de Beillerot (Beillerot, 2003 ; Maubant, 2011) : « *la pratique est tout à la fois la règle d'action (technique, morale, religieuse) et son exercice ou sa mise en œuvre* ». Pour autant, la logique bipolaire des concepts organisateurs de Pastré se retrouve dans l'analyse des pratiques des formateurs en simulation. En effet, il est possible d'observer à la fois des pratiques issues de savoirs d'action et des pratiques construites sur la base de savoirs déclaratifs. Notre recherche est finalement la première étape indispensable à toute analyse approfondie du travail. Elle se situe en amont des travaux sur les compétences ou les référentiels de compétences. Il s'agit d'identifier et de caractériser, « *d'une part, les situations, et d'autre part, l'activité des professionnels, plus ou moins expérimentés et compétents, engagés dans ces situations* » (Mayen et al., 2010).

II.2.2. Le couple pédagogie et didactique

Parallèlement à l'approche de la didactique professionnelle, un autre chemin théorique emprunté pour atteindre nos résultats fut la différenciation nette entre les notions de pédagogie et de didactique. La pédagogie est l'art d'enseigner, elle est centrée sur l'action et le rapport entre l'enseignant et l'apprenant. La didac-

tique, quant à elle, relève d'une recherche disciplinaire, donc polarisée sur la matière à enseigner. Elle implique, entre autres, une transposition didactique, c'est-à-dire une reformulation du savoir savant en vue d'une transmission via des techniques pédagogiques adaptées au niveau des apprenants. Cette distinction est importante car elle permet rapidement de comprendre qu'il existe deux niveaux d'analyse dans les activités d'enseignement. Le premier, souvent invisible dans l'organisation, est d'ordre épistémologique. Il est destiné à imaginer une transposition et une articulation efficace des savoirs à transmettre aux apprenants. C'est le domaine de la didactique. Le second, directement observable et appréciable, est d'ordre pragmatique. Il est axé sur la mise en œuvre, en situation d'apprentissage, des techniques pédagogiques ; savoir-faire limités permettant de faciliter les apprentissages (Raynal & Rieunier, 2012). Bien entendu, il est légitime d'imaginer que les instructeurs perfectionnent ce genre de techniques grâce à leur expérience et aux formations classiques à la pédagogie. Toutefois, prises isolément, elles n'ont qu'une faible portée sur l'apprentissage. Il faut donc se déplacer vers un niveau d'analyse pédagogique plus structuré et réflexif. Ce niveau méso est celui des stratégies pédagogiques qui cherchent à organiser les techniques pédagogiques et les moyens disponibles afin d'atteindre un objectif identifié.

II.2.3. Le transfert des apprentissages

Le dernier champ théorique important pour nos travaux est celui du

transfert des apprentissages. En milieu organisationnel, cette notion peut être définie comme étant « *l'utilisation, par un individu, des connaissances, des savoirs et des habiletés appris en formation, dans le cadre de contextes de travail comportant un certain degré de nouveauté, et ce, afin d'améliorer, de façon prioritaire, sa performance* » (Roussel, 2011). Une autre définition intéressante est celle proposée par l'organisation internationale de normalisation que l'on retrouve dans la norme ISO 29990:2010 : « *mise en œuvre de ce qui a été appris dans le cadre d'un service de formation dans d'autres situations* » (International Organization for Standardization, 2010). Nous verrons que ce transfert des apprentissages ne dépend que très peu du simulateur. Il faut en particulier éviter de coupler trop rapidement esthétisme graphique et apprentissage. En d'autres termes, le seul attrait visuel des jeux, que ces derniers soient pensés ou non à l'origine pour la formation ou l'entraînement, ne doit pas servir d'unique alibi à leur acquisition et utilisation dans des domaines critiques comme celui de la défense où la vie des individus peut par la suite être menacée.

Outre sa définition formelle, il existe plusieurs types de transfert des apprentissages ; chacun ayant différentes caractéristiques qualitatives et/ou quantitatives : la charge, la direction, l'activation et la distance. Lauzier (2008) du centre d'étude et de recherche sur l'emploi, le syndicalisme et le travail (CEREST) de l'Université du Québec en Outaouais en a réalisé une synthèse exhaustive. De plus, des indicateurs quantitatifs comme le

transfer effectiveness ratio (Hays *et al.*, 1992 ; Allerton, 2009 ; Orlansky *et al.*, 1985) peuvent être utilisés en complément de l'approche qualitative de Lauzier.

II.3. Les limites des modèles décrivant l'enseignement par la simulation

L'ensemble des cadres théoriques précédents nous a amené à découvrir plusieurs modèles académiques et managériaux décrivant l'enseignement par la simulation. Toutefois, aucun ne permet d'appréhender sa complexité. Généralement, seule est détaillée la composition d'une séance de simulation au travers du triptyque classique « *briefing* – animation – *debriefing* ». L'approche de Samurçay (Samurçay, 2005 ; Vidal-Gomel *et al.*, 2011), via le concept de « situation de simulation » nous paraît aussi trop statique et cloisonnée. Ce dernier a malgré tout une vision sociotechnique intéressante en différenciant ce qui ressort de l'artefact (le simulateur), de la situation simulée et de la situation de simulation. Nous nous sommes aussi écartés de trois démarches séquentielles reconnues. La première est issue de Télécom & Management SudParis (2001) et parle de quatre processus de l'enseignement par les TICE (conception, scénarisation, médiatisation et enseignement). Cette vision ne traite pas ouvertement de deux concepts majeurs que sont la didactique et l'évaluation de la formation en elle-même par des pratiques collaboratives et réflexives des instructeurs. La deuxième démarche séquentielle est celle de Savoldelli et Boet (2013). Bien que particulièrement utile

pour des formateurs en simulation puisqu'elle subdivise la séance en sept actions très détaillées (*briefing*, *pre-brief*, pratique simulée, phase de réaction, phase d'analyse, phase de conclusion et conclusion de la séance), elle ne permet pas d'appréhender la place et l'articulation de la simulation dans un curriculum complet. Enfin, la troisième démarche séquentielle n'est pas spécifique aux TICEs et à la simulation. Elle provient de la norme ISO 29990:2010 « *Services de formation dans le cadre de l'éducation et de la formation non formelles – exigences de base pour les prestataires de services* ». Ce texte liste cinq processus qui concernent une action de formation (service de formation) dans son ensemble : détermination des besoins d'apprentissage, conception des services de formation, fourniture des services de formation, suivi de la fourniture des services de formation et évaluation réalisée par les prestataires de service de formation. L'approche de l'ISO 29990:2010 est donc beaucoup trop généraliste pour nos travaux. Malgré cela, comme elle n'est pas neutre pour les organisations qui souhaiteraient la certification, il était important que nos résultats n'engendrent aucune non-conformité par rapport à cette norme.

II.4. Type de recherche et méthodologie

Notre recherche qualitative s'est déroulée de janvier 2012 à mai 2013. Elle s'appuie sur les travaux dits de la théorie enracinée de Glaser et Strauss (1967). Par un processus d'induction via des observations non participantes,

l'objectif était double : généraliser empiriquement des données collectées tout en évitant le biais de reconstruction *a posteriori*. Pour cela, seules des données primaires ont été utilisées. Notre démarche méthodologique fut donc la suivante :

- *1^{re} étape : identification des pratiques des instructeurs (ISPN et pilotes instructeurs) par des observations passives de quarante dispositifs de simulation sur le système EDITH.*

Par ailleurs, nous avons réalisé dix observations sur des dispositifs de simulation utilisant d'autres simulateurs afin de s'assurer de la généralité des pratiques au sein de la BEGL (seuls des ISPN ont été ici concernés). Nous définissons le dispositif de simulation comme l'ensemble des activités, méthodes, ressources et contraintes qu'un instructeur œuvrant sur simulateur doit maîtriser pour que l'apprenant atteigne un haut niveau de transfert des apprentissages. Cette définition est construite à partir de celle proposée par Albéro (2010) et Lhuillier (2011) concernant un dispositif de formation : « *structure englobant les lieux, les méthodes, le cheminement que vont suivre les apprenants, l'ensemble fonctionnel des acteurs et les moyens mobilisés en vue d'un objectif de formation pour une population précise* ». L'enregistrement des données (rendues anonymes) a été réalisé *in situ* grâce au logiciel de création de cartes heuristiques FreeMind pour obtenir une vision synthétique et diachronique des résultats. Les contraintes sécuritaires fortes du milieu militaire ne nous ont pas permis de collecter les données via des enregistreurs audio ou

vidéo. La saturation a été atteinte lors de la trentième observation (Giroux, 2003 ; Journée, 2012).

- *2^e étape : revue de littérature pour caractériser scientifiquement, lorsque ce fut possible, les pratiques des instructeurs.*

Pour cela, nous avons utilisé l'éditeur d'ontologies Protégé pour cataloguer les données en sept classes : quatre à empan temporel limité qui caractérisent les quatre phases de notre modèle (projet, didactique, pédagogie et évaluation) et trois permanentes ou transverses (artefacts, organismes et ressources humaines). Notre choix s'est porté sur ce logiciel pour ses qualités intrinsèques mais surtout à cause de certaines contraintes techniques militaires : nous avons besoin d'un outil gratuit, *open-source*, multiplateforme et bénéficiant de représentations sous la forme de graphes facilitant d'autant la communication avec les praticiens (Figure 5).

- *3^e étape : à partir de l'identification des pratiques génériques des instructeurs, nous avons pu construire un outil conceptuel destiné à la fois aux mondes scientifique et professionnel : le modèle dynamique de structure générique d'un dispositif de simulation.*

Notre présence permanente sur le terrain depuis 2005, de formateur à officier adjoint de la division simulation, fait de nous un *insider* (Bartunek & Louis, 1996) qui a pu profiter de nombreux contacts formels et informels avec l'ensemble des personnels utilisant les simulateurs. Cette position nous a ainsi permis de capter davantage de données. C'est le cas par

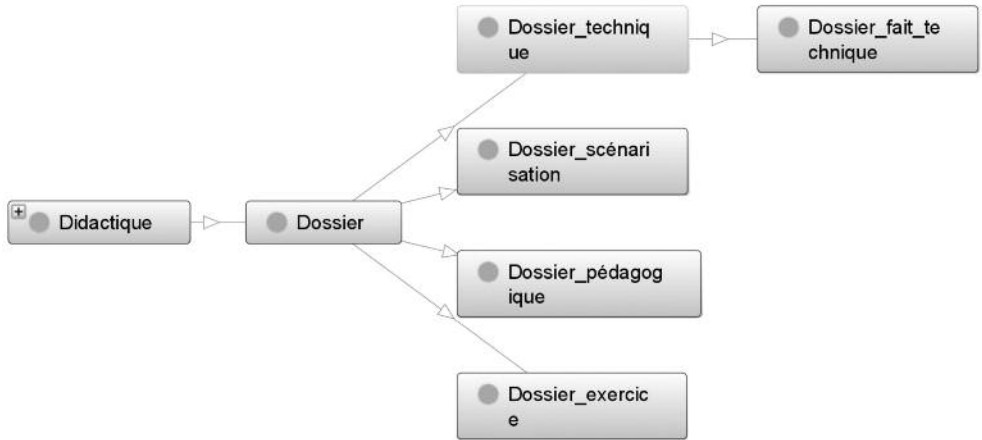


Figure 5 : Exemple de graphe (éditeur d'ontologies Protégé).

exemple des éléments tacites et des « résidus » dialogiques (Vidal-Gomel *et al.*, 2011 ; Scheller, 2001) apparaissant lors des rétrodictions en *debriefing* entre les instructeurs et les apprenants ; mais aussi entre les instructeurs eux-mêmes. Ces « résidus » peuvent se définir comme des sortes de scories dans les dialogues auxquelles personne ne porte généralement une attention particulière. Nous les avons parfois considérés comme de véritables signaux faibles afin de mieux comprendre certaines pratiques des instructeurs observables en situation. L'exemple le plus marquant est peut-être le développement d'une méthode de recueil des besoins de formation totalement informelle réalisée à la « popote » de la division simulation entre les instructeurs et les pilotes revenant d'opérations extérieures.

Nos travaux très ancrés dans la pratique quotidienne des sujets nous ont amené à nous positionner dans le cadre épistémologique du constructi-

visme pragmatique car la connaissance développée est et sera « *continuellement évaluée à l'aune de l'action* » (Avenier, 2011 ; Avenier, 2012). L'un des objectifs praxéologiques de notre recherche est de mettre des mots sur les activités et savoirs d'action (Olry & Wittorski, 2004) des praticiens afin qu'ils puissent sans cesse chercher à développer une attitude réflexive envers les simulateurs et les usages prônés par les simulatoristes (terme officiel pour désigner les concepteurs de simulateurs). Il est à noter que la co-construction des résultats est volontairement très limitée à cause de l'hypermotivation des instructeurs et de la jeunesse de la simulation de grande ampleur dans l'ALAT (moins de six années). Nous n'avons pas cherché la participation directe des praticiens dans l'élaboration de notre modèle de dispositif de simulation même si une relecture complète de nos travaux a été réalisée par trois ISPN de la BEGL afin d'en garantir la validité du construit (Avenier, 2012).

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Présentation du modèle

Notre modèle est le résultat volontairement dual de notre recherche. Nous avons en effet souhaité, dès le départ, éviter une construction différenciée des résultats selon le lecteur. Ce modèle se situe au niveau micro de l'organisation, c'est-à-dire lorsque les étapes stratégiques et macro-contextuelles de la formation ont déjà été identifiées et analysées. À la fois résultat académique et praxéologique, il est indépendant de toute technologie de simulation virtuelle (simulateur FSTD, *serious gaming*, etc.) et de tout objectif pédagogique particulier. Référentiel conceptuel pour les uns, guide pratique pour les autres, il est agencé en quatre phases : le projet d'apprentissage, la transposition didactique, la situation pédagogique et l'évaluation du

dispositif de simulation. Le détail fin des actions n'est pas recherché afin de s'interdire toute « procéduralisation » des activités encore en développement et d'enfermer par conséquent les instructeurs dans la reproduction d'une suite toujours identique de tâches, négligeant par là-même leurs capacités d'adaptation et la richesse de la simulation.

III.2. Les quatre étapes du modèle

III.2.1. Étape du projet d'apprentissage

Cette phase débute par l'analyse des besoins de formation. L'identification de certains d'entre eux par l'analyse des situations professionnelles de référence est l'un des procédés courants employés par les instructeurs (comme

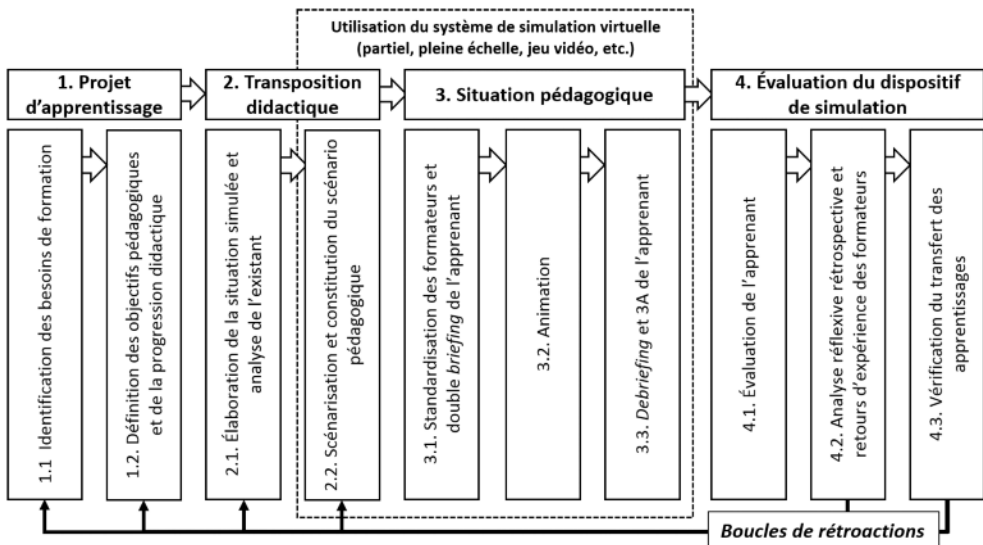


Figure 6 : Modèle dynamique de structure générique d'un dispositif de simulation.

l'indique la didactique professionnelle). Mais il n'est pas le seul. Selon nos observations, les besoins peuvent être recueillis par deux canaux supplémentaires. En premier lieu, ils peuvent apparaître d'une manière empirique suite à des retours d'expérience, des démarches d'amélioration continue ou des demandes directes des pilotes. D'autres besoins, d'origine institutionnelle cette fois-ci, émergent après l'acquisition d'un nouvel outil technique ou par l'imposition d'une nouvelle doctrine. À ce titre, nous avons participé à la création de plusieurs situations professionnelles de référence imaginaires comme le propose Fong dans ces travaux (2006). Il s'agissait de réaliser un *benchmarking* entre des équipages utilisant le prototype d'un système d'information embarqué et d'autres travaillant avec les outils traditionnels des pilotes comme le compas et la carte papier (Lépinard, 2012).

Les formateurs développent des pratiques proches de celles utilisées dans la recherche scientifique (méthodes d'entretiens, d'observations et d'enquêtes) mais aussi de celles employées en analyse fonctionnelle d'un nouveau produit. L'une des voies envisagées par les instructeurs pour le recueil des besoins en formation est l'élaboration avec les futurs apprenants de cas d'utilisation (*use cases*) ou de cas narratifs (*user stories*) réels ou virtuels. Une veille technologique, pédagogique et doctrinale est parfois mise en place afin d'anticiper au mieux les évolutions technologiques et doctrinales (liste de diffusion de l'EASA par exemple).

Dans un second temps, les instructeurs déterminent des objectifs pédagogiques grâce aux outils d'analyse

descendante (identification des objectifs généraux, intermédiaires et spécifiques). Enfin, l'étape du projet d'apprentissage se termine par les choix de la progression didactique qui doivent absolument s'articuler d'une manière cohérente au sein du dispositif de formation dans son ensemble, quelles que soient finalement les modalités d'apprentissage choisies (présentiel, enseignement à distance ou *blended learning*). Dans ce contexte, nous avons identifié trois approches, volontairement schématisées et à la complexité croissante, qui semblent correspondre à une démarche organisationnelle séquentielle.

Logique de substitution

C'est une approche quantitative encouragée par des objectifs de réduction budgétaire avec une transposition directe entre les séances réelles et les séances simulées. Malheureusement, ce tropisme semble naturel dans le contexte actuel de technoruptures permanentes et de contraintes budgétaires fortes. La simulation est donc considérée uniquement comme un pis-aller visant des économies financières importantes. À titre d'exemple, le coût d'une heure de vol sur un simulateur FSTD à base fixe de SA342M1 Gazelle correspond à 10% de l'heure réelle. Il descend même à 4% avec le simulateur EDITH.

Logique de complémentarité

C'est une approche qualitative mais avec une base quantitative. La BEGL se situe au début de cette étape. Chaque séance est optimisée afin d'améliorer

le transfert des apprentissages. L'agencement entre les séances réelles et les séances simulées n'est pas ou peu remis en question par rapport à la logique précédente mais un enrichissement mutuel est recherché. Le niveau d'appropriation de la simulation donne aux instructeurs de nouvelles possibilités d'apprentissage. Les parties prenantes commencent à se poser la question pertinente de l'intérêt de la simulation pour elle-même : que nous apporte la simulation qu'un autre moyen de formation ou d'entraînement ne nous apporte pas ? Même si l'argument budgétaire reste officiellement affiché, cette vision s'estompe à tous les niveaux opérationnels au profit des premiers bénéfices qualitatifs visibles.

Logique de synergie

C'est une pure approche qualitative. Tout est mis en œuvre pour générer un agencement optimal et réflexif entre les séances réelles et simulées. L'une des ambitions sera la redéfinition des pédagogies de chaque séance et de l'action de formation dans sa globalité afin de créer une synergie didactique et pédagogique entre les séances. Que ces dernières soient réalisées en virtuel ou en réel n'a finalement plus d'importance tant que les transferts d'apprentissage sont obtenus. Cette approche peut aboutir à des architectures d'actions de formation totalement contre-intuitives. Par exemple, sont envisageables, l'inversion totale du nombre de séances réelles / séances simulées ou l'usage de systèmes très éloignés du réalisme sensoriel recherché par des simula-

teurs contrôlés par la DGAC. La finalité de nos travaux tend vers cette logique de synergie.

III.2.2. Étape de la transposition didactique

La transposition didactique est une étape très appréciée des instructeurs car elle s'appuie sur des pratiques et compétences de haut niveau : conception, imagination, empathie, etc. Les instructeurs élaborent seul ou à plusieurs les situations simulées. Elles proviennent des situations professionnelles de référence mais peuvent aussi en être très éloignées pour mieux atteindre l'objectif pédagogique particulier. Qui plus est, une situation simulée ne peut provenir ni d'une situation de formation ou d'entraînement déjà réalisée sur simulateur, ni d'une séance d'enseignement traditionnellement opérée avec des moyens réels. Cette transposition peut devenir extrêmement ardue si le besoin en formation touche à l'arrivée d'un nouvel outil ou d'un nouveau règlement. À ce stade, les instructeurs procèdent à une analyse de l'existant qui consiste à rassembler les matériaux pédagogiques produits par leurs pairs. À la question « *pourquoi ne réalisez-vous pas cette analyse avant la transposition didactique ?* », un responsable de formation nous a répondu : « *parce qu'il ne faut pas brider l'imagination des formateurs. Cette analyse nous permet d'être innovants et d'apporter une vraie plus-value à la séance de simulation* ».

Les formateurs transposent ensuite les savoirs savants et professionnels en savoirs enseignables : c'est le moment de la scénarisation et de la médiatisa-

tion. La scénarisation fait référence au déroulement théorique de la séance d'instruction. L'objectif est de contrôler l'acquisition de connaissances, les composantes de la compétence cible et la complexité de la situation de simulation pour le sujet. Les cinq transformations des situations réelles de Samurcay (2005) sont à ce titre parfaitement adaptées et connues implicitement par les instructeurs : découpage en tâches, découplage des variables, focalisation, réalité virtuelle et tempo. Elles sont, si possible, envisagées dès la scénarisation, mais apparaissent aussi dans l'étape d'animation du modèle en fonction des capacités d'adaptation *in situ* des instructeurs.

Une période importante est généralement consacrée aux tests de la partie semi-automatisée du scénario (déplacements des ennemis, tirs d'artillerie, etc.). Les instructeurs viennent souvent en « temps masqué » prendre les places des futurs apprenants afin de vérifier que les automates s'activent bien au bon moment (vérification des *triggers*) et réagissent d'une manière adaptée au niveau des participants. Nul besoin en effet de rendre les ennemis agressifs si l'objectif de la séance est de découvrir une notion élémentaire de tactique nécessitant une exagération des manœuvres dans le temps et dans l'espace.

La notion de médiatisation s'axe, quant à elle, davantage sur la numérisation des notions à connaître au travers d'un média producteur de sens et ayant donc un impact spécifique, mais difficilement objectivable, sur les processus cognitifs des apprenants (cas d'un *serious game* ou de la conception de cours pour l'enseignement à distan-

ce). Toutefois, le terme média doit être précisé car il fait référence à deux définitions dans notre contexte d'apprentissage. La première, et la plus classique, est celle d'objet de transmission et de diffusion de l'information. La seconde convoque le continuum réalité – virtualité (Milgram *et al.*, 1995) et ses extensions dans lesquelles le média, ou *médium*, correspond au dispositif technique véhiculant les modifications du monde réel (comme les différents niveaux de réalité augmentée par exemple) jusqu'à la création d'un monde immersif (réalité virtuelle). Bien entendu, c'est cette seconde définition qui caractérise les simulateurs de l'ALAT. En tant qu'objets techniques et supports d'apprentissage, ils sont donc eux aussi des médias qui impactent nécessairement les processus cognitifs des apprenants. Au fur et à mesure de nos observations, nous avons constaté la pratique de plus en plus systématique de *brainstormings* entre instructeurs. L'objectif est de tenter de limiter, voire de maîtriser, les conséquences du *negative training* dans les trois domaines que nous avons discernés : biais sensorimoteurs, biais cognitifs comme la perturbation de la conscience de la situation et biais collectifs impactant le *crew/cockpit resource management*. Cependant, aucune procédure de mesure *a posteriori* du *negative training* n'est actuellement formalisée, si ce n'est l'étude des retours d'expérience issus des missions réelles, donc empirique.

L'étape de la transposition didactique se clôture par la constitution d'un ensemble de quatre dossiers dénommé parfois scénario pédagogique (Brasard & Daele, 2003). À l'ALAT, tous

ces documents existent mais sont rarement formalisés. Ils dépendent souvent de la bonne volonté du concepteur du scénario. Il s'agit donc ici de proposer une vision exhaustive de la production documentaire réalisée par les instructeurs.

- *Le dossier pédagogique ou scénario d'apprentissage destiné au formateur.*

Il renferme les objectifs pédagogiques, le système d'évaluation, les classes de restitution pédagogiques (Labrucherie, 2011) et la situation de référence. Certaines contraintes pouvant perturber la séance, comme le mal des simulateurs, apparaissent aussi dans ce premier document.

- *Le dossier d'exercice fourni à l'apprenant avant la séance d'instruction ou d'entraînement.*

En fonction de l'objectif de la séance, il peut prendre soit simplement la forme d'un ordre initial militaire soit indiquer des informations d'ordre pédagogique. Lorsqu'il n'est pas l'unique document du scénario pédagogique, il est généralement présent dans le dossier pédagogique de l'instructeur sous la forme d'une annexe.

- *Le dossier de scénarisation ou scénario d'assistance consigne d'une manière visuelle (Business Process Model & Notation 2 par exemple) les choix possibles de l'apprenant avec les réponses idoines des instructeurs.*

Ce dossier vise à une meilleure standardisation narrative entre les formateurs ; ces derniers ayant compris intuitivement l'importance que joue l'histoire (le récit) dans la simulation

sans pour autant encore le formaliser clairement.

- *Le dossier technique couvre les pratiques les plus cachées des acteurs.*

Il inclut les points pouvant faciliter la transférabilité du scénario entre les instructeurs avec notamment les contraintes géomaticiennes et organisationnelles. Ce dernier aspect deviendra dans les années à venir très prégnant car les exercices seront de plus en plus géodistribués aux niveaux national et international (via l'OTAN par exemple). Ce dossier supporte également le suivi obligatoire des pannes et des évolutions pour les simulateurs certifiés. À la BEGL, cette supervision est réalisée pour l'ensemble des outils de simulation grâce à un système de management intégré incluant les normes CS-FSTD(H) et ISO 9001:2008.

III.2.3. Étape de la situation pédagogique

La situation pédagogique correspond schématiquement au classique « *briefing* – animation – *debriefing* ». Néanmoins, deux actions de standardisation des instructeurs sont systématiquement observées avant le *briefing* : la standardisation technique (vérification des règlements militaires et aéronautiques détenus par tous les intervenants) et la standardisation pédagogique servant aussi de tutorat pour les novices. Par exemple, les instructeurs s'accordent sur les « ficelles » qui vont faciliter l'atteinte des objectifs pédagogiques et les partagent ainsi avec les plus jeunes.

La séance débute par le « double *briefing* ». Le premier est de type transmissif puisqu'il concerne la présenta-

tion de l'exercice par les instructeurs (individuellement ou collectivement) ainsi que certaines contraintes propres à la simulation. Le terme de « prep » est couramment utilisé. Les fiches antérieures d'évaluation et/ou le cahier de progression des apprenants sont alors examinés afin d'anticiper les points difficiles lors de la séance. Commence ensuite le second *briefing* qui est beaucoup plus interactif. C'est la personne ou l'équipage supervisé qui présente, soit ses choix tactiques pour une mission de combat, soit les connaissances qu'il devra être capable de restituer pendant la séance. À ce niveau, les instructeurs doivent régulièrement modifier plusieurs paramétrages du scénario et reformuler certains objectifs pédagogiques via leur concept de « didactique éclair ». Les plus expérimentés le font au cours de l'animation. Les novices doivent, à l'inverse, grever du temps sur l'exercice pour faire les modifications nécessaires. Puis, la séance sur le simulateur peut débuter. Afin de rendre les exercices plus immersifs, le *gameplay* des jeux vidéo est schématiquement remplacé par une théâtralisation parfois magistrale des missions afin de garantir un niveau de *flow* adapté ; ce dernier devant autant concerner les apprenants que les animateurs (des instructeurs qui jouent certains rôles). Pour cela, des spécialistes sont régulièrement invités à occuper plusieurs postes aux côtés des animateurs : contrôleurs aériens, météorologues, professeur d'anglais prenant les fonctions d'officier de liaison interallié et généralement toute personne qui rendra la mission plus crédible. Nous assistons aussi à une sorte de *gamification* car certains mécanismes ludiques qui permettent l'en-

gagement des joueurs dans la formation sont activés par les instructeurs afin de gagner l'implication maximale des équipages alors même que ces derniers sont face à des ordinateurs du commerce dans une salle climatisée ; environnement bien différent de celui de l'Afghanistan ou du Mali. La présence d'un plastron (ennemi), rarement déployé dans les manœuvres en terrain libre, est un élément qui participe finalement à la constitution d'une grammaire proche de celle des jeux vidéo.

L'ensemble de ce dispositif, auquel est confronté l'apprenant, ne correspond pourtant qu'à la seule partie émergée de « l'iceberg simulation ». C'est aussi celle qui est la plus abordée et donc détaillée dans les formations à la pédagogie, au point de masquer les autres étapes aux yeux de nombreux décideurs. Or, même dans ce contexte, certains points n'obtiennent pas l'attention qu'ils méritent, généralement par manque de temps car l'instructeur passe trop rapidement d'un élève à un autre. La simulation apporte son lot d'effets pervers comme une stratégie de planification et de rentabilisation très bureaucratique à l'image du concept dommageable de « *fast sim* » qui consiste à « *consommer comme au fast food* » de la simulation sans aucune préparation afin d'atteindre les objectifs horaires obligatoires ordonnés par la hiérarchie. La charge de travail supportée par les instructeurs, généralement en dehors des heures de service, afin de tenir le plan de charge prévu par l'école peut rapidement devenir inacceptable. Le parcours complet d'un dispositif de simulation, en excluant la toute dernière phase de l'étape d'évaluation (4.3. Vérification du transfert

des apprentissages) qui allongerait artificiellement les durées, peut consommer jusqu'à 85 jours-personnes dans le cas d'une séance de niveau escadrille créée *ex-nihilo*. Une autre illustration perverse concerne le carburant illimité de la simulation. Nous avons assisté à des séances sans pause de plus de 4 heures alors qu'un hélicoptère de combat dispose rarement d'une autonomie supérieure à 2 heures. Afin de limiter ce genre de mésaventure, Labrucherie (2011) propose de différencier explicitement, lors du contrat didactique exposé en *briefing*, les trois classes (de restitution) pédagogiques dans lesquelles l'apprenant va se situer pendant la séance.

Le *debriefing* est un autre exemple de sujet très développé en particulier dans l'apprentissage expérientiel (Silberman, 2007), la didactique professionnelle et la recherche en éducation médicale (Boet *et al.*, 2013). Ces auteurs nous apprennent entre autres que l'apprentissage se fait autant dans l'analyse de l'activité que dans l'activité elle-même. Réduire ou supprimer le *debriefing* reviendrait donc à ôter à l'apprenant au moins la moitié de ses chances d'acquérir de nouvelles connaissances et compétences. Il n'est pas rare que certaines séances d'instruction soient tronquées afin de ne pas réduire le temps du *debriefing* qui peut parfois largement dépasser celui de la séance dans le simulateur. Nous avons enfin constaté un *debriefing* en deux, voire trois temps. Le premier est un *feed-back* « à chaud », réalisé parfois dans le simulateur lui-même. Puis, les équipages se déplacent dans la salle de 3A où la séance de simulation est décortiquée collectivement. Enfin, de

nombreux instructeurs rejoignent les personnes dont ils avaient la charge afin de réaliser un *debriefing* à froid, souvent dans des locaux plus conviviaux (mess, salle de repos, etc.).

III.2.4. Étape de l'évaluation du dispositif de simulation

L'évaluation du dispositif de simulation s'intéresse au concept de docimologie (étude des différents moyens de contrôle des connaissances) et aux évaluations formatives et sommatives des apprenants. Après les séances, les instructeurs se regroupent afin de confronter les résultats atteints par leurs apprenants respectifs. Cette attitude entraîne une évaluation rétrospective par le formateur de son dispositif de simulation grâce à une première boucle de rétroaction. La seconde est activée en fonction de la réussite ou non de la recontextualisation des activités par les pilotes. Si cette démarche semble classique et conforme aux modèles à quatre niveaux d'impact de Kirkpatrick (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006 ; Gilibert & Gillet, 2010), il manque encore clairement aux instructeurs un outillage précis permettant d'évaluer les multiples formes du transfert. La simulation de grande ampleur dans l'ALAT est encore récente. Il ne faudrait pas alors attribuer hâtivement les succès des actions militaires à un transfert des apprentissages réussi ; la majorité des pilotes ne faisant pas encore partie de la « génération simulation » entrée en service au début de notre décennie.

L'évaluation du transfert des apprentissages clôture la présentation de notre modèle. Pour autant, l'améliora-

tion continue est au cœur de la démarche. En effet, au travers des multiples boucles de rétroaction de notre modèle, la roue de Deming (*plan, do, check, act*) et, plus largement, les exigences des normes ISO 9001:2008, ISO 29990:2010 et CS-FSTD(H) prennent tout leur sens et deviennent par conséquent une méthodologie qualité moins herméneutique (et hermétique) aux yeux des instructeurs.

III.3. Limites et perspectives de recherches

Notre étude n'est en fait que la première étape de l'analyse du travail des instructeurs en simulation dans l'ALAT. Il convient dorénavant d'œuvrer sur les concepts organisateurs abordés par la didactique professionnelle. Seule cette démarche permettra de créer un référentiel de compétences contextualisées conçu à partir du travail réel et donc des classes de situations que les formateurs rencontrent. Par la suite, il sera alors possible de réfléchir sur deux problématiques récurrentes que sont le recrutement et l'ingénierie des parcours de professionnalisation des formateurs. Actuellement, ni l'une ni l'autre n'a bénéficié de réponse opportune. La faible satisfaction professionnelle des ISPN mise en évidence pendant nos travaux démontre que les choix pris en termes de sélection du personnel et de parcours professionnels mériteraient d'être repensés en fonction des différentes recherches académiques et études professionnelles concernant la simulation. En effet, les ISPN sont majoritairement des candidats pilotes ayant échoué dans le parcours de formation de personnel navigant.

Pour autant, nous pouvons identifier au moins deux limites à nos travaux. La première concerne la validité externe de notre modèle. Comme toute recherche qualitative réalisée à partir d'un unique cas, il nous faut maintenant reproduire notre travail de recherche dans d'autres domaines d'activités afin de vérifier que la connaissance élaborée offre des repères adaptés pour comprendre d'autres dispositifs de simulation, si possible en dehors de l'ALAT, voire même de l'armée. Cette démarche nous semble relativement aisée à court terme. Des moyens importants sont mis en œuvre afin de promouvoir une intégration réfléchie de la simulation dans l'ensemble de l'armée de Terre. Nous pouvons citer, en premier lieu, la nomination en août 2013 au centre d'expertise de l'infovalorisation et de la simulation d'un *community manager* dont les fonctions sont de valoriser l'expertise importante, mais extrêmement morcelée, de l'armée de Terre en termes de simulation (au sens général, donc incluant autant les simulateurs pleine échelle ou partiels que les jeux vidéo). Ensuite, l'armée de Terre a décidé la création d'un nouveau métier, le maître de simulation, qui, même s'il ne sera pas strictement orienté vers la formation, participera à sa réussite grâce à son soutien technique et organisationnel (gestion du planning, suivi de la maintenance, etc.). Enfin, un groupe de travail dual (civil et militaire) dédié aux sciences de l'éducation appliquées à la simulation est actif depuis juillet 2014. Ces points méritent une attention toute particulière compte tenu de la réduction actuelle des effectifs militaires.

La seconde limite a trait à l'opérationnalisation de nos travaux qui nous paraît beaucoup plus difficile car l'application de notre modèle peut aboutir à une réingénierie des actions de formation déjà existantes. Il sera dès lors nécessaire de constituer des groupes expérimentaux et de contrôle afin d'évaluer les écarts de transfert des apprentissages selon l'architecture des actions de formation choisies. Il est certain que cette démarche n'est actuellement pas possible dans l'ALAT compte tenu du faible nombre d'instructeurs qu'il serait possible de détacher à ces activités. L'une des clés pourrait alors se situer à un tout autre niveau, celui du processus de gestion de projets de simulation appelé « vérification, validation et accréditation » ou VV&A (Rabeau, 2009 ; Youngblood *et al.*, 2000). Cette démarche qualité destinée à garantir l'adéquation des modèles et des données utilisés dans une simulation avec les usages qui en ont été définis pourrait peut-être étendre son périmètre d'intervention. En premier lieu, le processus VV&A aurait tout intérêt à intégrer les résultats académiques des sciences de l'éducation en ajoutant une étape de validation pédagogique par exemple ; la construction d'un simulateur se poursuivant aussi dans l'usage (Pastré & Rabardel, 2005). D'autre part, il pourrait prendre en compte les jeux vidéo qui ne seraient pas développés spécifiquement pour la défense et qui ne bénéficieraient donc pas pour l'instant de cette démarche qualité.

Dans le même ordre d'idée, mais plus en aval dans la vie des simulateurs, l'évolution de la formule du transfert des apprentissages est un autre axe de recherche possible. L'état initial de cette

formule reste cloisonné dans une vision quantitative et ne distingue pas les différentes modalités de simulation utilisées : toutes choses égales par ailleurs, une séance sur simulateur à pleine échelle ne peut pas être traitée comme une session de formation via un *serious game*. Dès lors, nous pourrions envisager d'y inclure d'autres variables pondératrices plus qualitatives comme l'impact organisationnel et la valeur pédagogique (une activité irréalisable dans le monde réel aurait une forte valeur pédagogique si le monde virtuel l'autorise). Cette réflexion apporterait un outil méthodologique de type micro opérationnalisant le concept militaire de DORESE si difficile à mettre en œuvre dans la pratique : mise en adéquation de la doctrine, de l'organisation, des ressources humaines, de l'entraînement, du soutien et des équipements. Cela permettrait en outre de dépasser l'approche quantitative de la simulation en définissant la notion de seuil simulation / réel non pas comme le résultat de contraintes budgétaires mais bien en identifiant les modalités de formation adéquates à partir du choix des capacités opérationnelles à créer ou à développer.

CONCLUSION

La simulation virtuelle de l'ALAT mène finalement à un paradoxe. D'un côté, les moyens matériels, humains et organisationnels mis en œuvre sont exceptionnels. Mais d'un autre côté, les spécialistes de la simulation n'ont pas le temps de capitaliser leurs savoirs d'action et ne bénéficient pas de l'accès aux avancées académiques et praxéologiques de certains secteurs d'activités

particulièrement moteurs dans le domaine. Par conséquent, la crédibilité des instructeurs est parfois remise en cause puisqu'ils n'ont à proposer qu'une connaissance technique des simulateurs face aux expériences opérationnelles du combat des pilotes. Pourtant, toutes les recherches académiques et études praxéologiques démontrent l'intérêt d'avoir des formateurs spécialement instruits aux théories et techniques d'apprentissage par la simulation, ne serait-ce que pour accompagner les opérationnels chargés de la réalisation des séances simulées. Rien ne nous assure en effet que l'expert de la tâche devienne aisément un expert de la simulation ou qu'il puisse cumuler efficacement les compétences des deux fonctions. Les logiques de substitution et de complémentarité reproduisent pourtant concrètement ce schéma mental et aboutissent parfois à une faible appropriation, voire au rejet, de la simulation. À trop vouloir chercher la fidélité des séances simulées, on en oublie que le simulateur ne permet que de... simuler. Dans ces conditions, les pilotes préféreront toujours monter dans leurs appareils plutôt que dans des « boîtes » ou « boules ». La richesse potentielle de l'outil est donc ailleurs, notamment dans l'analyse des relations cognitives plutôt que technologiques entre la situation réelle et la situation simulée. L'arrivée d'une nouvelle vague de technologies pour l'enseignement représentées par les *serious games* peut par conséquent être salvatrice. Ces outils ont un avantage majeur : leur simplicité de mise en œuvre donne l'opportunité aux formateurs de réfléchir à nouveau sur leurs activités d'enseignement. Toutefois, ces jeux vidéo ne pourront certainement jamais remplacer

les simulateurs à haute-fidélité présents dans l'aéronautique. Mais ils auront toute leur place pour faciliter le transfert des apprentissages au sein de *curricula* repensés dans leur globalité. La recherche actuelle, menée conjointement par l'école du génie et le CEISIM, est à ce titre particulièrement saillante. Il s'agit, en s'appuyant sur les résultats de l'étude présentée dans cet article, de concevoir un système de simulation s'appuyant sur VBS 2 pour faciliter l'appropriation des systèmes d'information embarquées dans les véhicules de combat (Lépinard & Meyer, 2014).

L'objet de cet article était donc de répondre à la question suivante : quelles sont les pratiques génériques de formation par la simulation développées par les instructeurs ? Après avoir mené une étude exploratoire pour capter et caractériser théoriquement les pratiques des instructeurs, nous sommes maintenant en mesure de les réinjecter dans leur formation initiale sous la forme d'un premier guide formel qui évoluera, nous l'espérons, parallèlement à la montée en compétence des instructeurs. Son utilité prendra toutefois tout son sens lors de la conception d'actions de formation ou d'exercices d'entraînement incluant n'importe quelle modalité de simulation virtuelle. Mais notre outil répond aussi aux deux autres attentes de notre recherche. Sa simplicité garantit en effet un cadre de réflexion commun aux acteurs de la simulation ; qu'ils soient instructeurs, simulatoristes ou scientifiques. Les perspectives de recherches envisagées dans les paragraphes précédents constituent d'ailleurs autant de travaux pouvant s'appuyer sur notre étude afin de ne pas omettre des notions acadé-

miques et praxéologiques fondamentales à tout projet de simulation. Enfin, notre modèle comble plusieurs *gaps* académiques en livrant aux lecteurs une vision à la fois plus large et peut-être plus intime de la formation professionnelle par la simulation virtuelle.

RÉFÉRENCES

- Albéro, B. (2010), "La formation en tant que dispositif : du terme au concept", in *Apprendre avec les technologies*, B. Charlier & F. Henri (Eds), Presses Universitaires de Paris, Paris, p. 47-60.
- Allerton, D. (2009), *Principles of flight simulation*, Wiley, Chichester.
- Alvarez, J. & Djaouti, D. (2010), *Introduction au Serious Game*, 1^{re} édition, Questions Théoriques, Mercuès.
- Avenier, M.-J. (2011), "Les paradigmes épistémologiques constructivistes : post-modernisme ou pragmatisme ?", *Management & Avenir*, Vol.3, N°43, p. 372-391.
- Avenier, M.-J. (2012), "Inscrire son projet dans un cadre épistémologique", in *Méthodologie de la recherche en sciences de gestion : réussir son mémoire ou sa thèse*, M. Gavard-Perret, D. Gotteland, C. Haon & A. Jolibert (Eds), Pearson France, Montrouil, p. 11-62.
- Bartunek, J. M. & Louis, M. R. (1996), *Insider/Outsider Team Research*, SAGE Publications Inc., London.
- Beillerot, J. (2003), "L'analyse des pratiques professionnelles pourquoi cette expression ?", *Cahiers pédagogiques*, N°416. (<http://www.cahiers-pedagogiques.com/L-analyse-des-pratiques-professionnelles-pourquoi-cette-expression>).
- Boet, S., Granry, J.-C. & Savoldelli, G. (2013), *La simulation en santé : de la théorie à la pratique*, Spinger, Paris.
- Bould, D. & Naik, V. (2013), "Le futur de la recherche en simulation : défis et opportunités", in *La simulation en santé : de la théorie à la pratique*, S. Boet, J. Granry & G. Savoldelli (Eds), Springer, Paris, p. 389-400.
- Brassard, C. & Daele, A. (2003), "Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC", *Colloque Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Strasbourg, 15 au 17 avril.
- Delacote, G. (1997), *Savoir apprendre. Les nouvelles méthodes*, Odile Jacob, Paris.
- European Aviation Safety Agency (2012), "Certification Specifications for Helicopter Flight Simulation Training Devices", *Official Publication of the European Aviation Safety*. ([http://easa.europa.eu/agency-measures/docs/agency-decisions/2012/2012-011-R/CS-FSTD\(H\)%20Initial%20Issue.pdf](http://easa.europa.eu/agency-measures/docs/agency-decisions/2012/2012-011-R/CS-FSTD(H)%20Initial%20Issue.pdf)).
- Fauquet-Alekhine, P. & Pehuet, N. (2011), *Améliorer la pratique professionnelle par la simulation*, Octarès Éditions, Toulouse.
- Fong, G. (2006), "Adapting COTS Games for Military Experimentation", *Simulation & Gaming*, Vol.4, N°37, p. 452-465.
- Gilibert, D. & Gillet, I. (2010), "Revue des modèles en évaluation de formation : approches conceptuelles individuelles et sociales", *Pratiques Psychologiques*, Vol.3, N°16, p. 217-238.
- Giroux, N. (2003), "L'étude de cas", in *Conduire un projet de recherche : une perspective qualitative*, Y. Giordano (Ed), EMS Management & Société, Condé-sur-Noireau, p. 41-84.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (1967), *Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*, Aldine Transaction, Chicago.
- Hays, R. T., Jacobs, J. W., Prince, C. & Salas, E. (1992), "Flight Simulator Train-

- ning Effectiveness: A Meta-Analysis”, *Military Psychology*, Vol.2, N°4, p. 63-74.
- Henri, F. (2010), “La formation à distance : enseigner et apprendre autrement”, in *Apprendre avec les technologies*, B. Charlier & F. Henri (Eds), Presses Universitaires de France, Paris, p. 157-168.
- International Organization for Standardization (2010), *Services de formation dans le cadre de l'éducation et de la formation non formelles – Exigences de base pour les prestataires de services*, Association française de normalisation (AFNOR), La Plaine Saint-Denis.
- Journé, B. (2012), “Collecter les données par l'observation”, in *Méthodologie de la recherche en sciences de gestion : réussir son mémoire ou sa thèse*, M. Gavard-Perret, D. Gotteland, C. Haon & A. Jolibert (Eds), Pearson France, Montreuil, p. 165-206.
- Kirkpatrick, D. L. & Kirkpatrick, J. D. (2006), *Evaluating Training Programs: The Four Levels*, 3^e édition, Berrett-Koehler Publishers, San Francisco.
- Krathwohl, D. (2002), “A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview”, *Theory Into Practice*, Vol.4, N°41, p. 212-218.
- Labrucherie, M. (2011), “Le pilotage des avions de ligne”, in *Améliorer la pratique professionnelle par la simulation*, P. Pastré, P. Fauquet-Alekline & N. Pehuet (Eds), Octarès Éditions, Toulouse, p. 10-36.
- Lauzier, M. (2008), *Le transfert des apprentissages : définition, système et principes diagnostics. Vers un modèle intégré des mécanismes sous-jacents au processus de transfert des apprentissages*, Centre d'Étude et de Recherche sur l'Emploi, le Syndicalisme et le Travail (CEREST) de l'Université du Québec en Outaouais, Gatineau.
- Lépinard, P. (2012), *Sociomatérialité et systèmes d'information : le cas de la numérisation de l'aviation légère de l'armée de Terre*, Atelier national de reproduction des thèses, Villeneuve d'Ascq.
- Lépinard, P. & Meyer, M. (2014), “Des jeux vidéo pour l'appropriation des systèmes d'information : Le cas de la numérisation de l'espace de bataille”, in *Actes de la 2^e journée AIM de recherche Serious Games et innovation*, I. Boughzala, D. Lang & S. Assar (Eds), Télécom École de Management, Paris, p. 15-25.
- Lhuillier, B. (2011), *Concevoir un serious game pour un dispositif de formation : pour réussir vos projets de formation innovants !*, FYP Éditions, Limoges.
- Maubant, P. (2011), “D'une approche impressionniste des pratiques enseignantes à une lecture compréhensive des fondements des savoirs professionnels des enseignants”, in *Fondements des pratiques professionnelles des enseignants*, P. Maubant & S. Martineau (Eds), Les Presses de l'Université d'Ottawa, Ottawa, p. 33-78.
- Mayen, P., Métral, J.-F. & Tourmen, C. (2010), “Les situations de travail : références pour les référentiels”, *Recherche & formation*, N°64, p. 31-46.
- McGaghie, W., Issenberg, B., Petrusa, E. & Scalese, R. (2010), “A Critical Review of Simulation-Based Medical Education Research: 2003–2009”, *Medical education*, N°44, p. 50-53.
- Michel, H., Kreziak, D. & Héraud, J.-M. (2009), “Évaluation de la performance des Serious Games pour l'apprentissage : Analyse du transfert de comportement des élèves virtuels de Vacheland”, *Systèmes d'information et management*, Vol.4, N°14, p. 71-86.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1995), “Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum”, in *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, H. Das (Ed), SPIE Proceedings, Boston , p. 282-392.

- Olry, P. & Wittorski, R. (2004), *Les savoirs d'action : une mise en mot des compétences ?*, L'Harmattan, Paris.
- Orlansky, J., String, J. & Chatelier, P. R. (1985), *The Cost-Effectiveness of Military Training*, Institute for Defense Analyses, Alexandria.
- Pastré, P. (2004), "L'ingénierie didactique professionnelle", in *Traité des sciences et des techniques de la formation*, 2^e édition, P. Carré & P. Caspar (Eds), Dunod, Paris, p. 465-480.
- Pastré, P. (2009), "Didactique professionnelle et conceptualisation dans l'action", in *Encyclopédie de la formation*, J. Barbier, É. Bourgeois, G. Chapelle & J. Ruano-Borbalan (Eds), Presses Universitaires de France, Paris, p. 793-825.
- Pastré, P. (2011), *La didactique professionnelle : approche anthropologique du développement chez les adultes*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Pastré, P. & Rabardel, P. (2005), *Apprendre par la simulation : de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*, Octarès Éditions, Toulouse.
- Peraya, D. (2010), "Médias et technologies dans l'apprentissage : apports et conflits", in *Apprendre avec les technologies*, B. Charlier & F. Henri (Eds), Presses Universitaires de France, Paris, p. 23-34.
- Rabeau, R. (2009), "Crédibilité des modélisations et des simulations", in *Simulation et modélisation des systèmes de systèmes : vers la maîtrise de la complexité*, P. Cantot & D. Luzeaux (Eds), Lavoisier, Paris, p. 121-183.
- Raynal, F. & Rieunier, A. (2012), *Pédagogie, dictionnaire des concepts clés : Apprentissage, formation, psychologie cognitive*, 9^e édition, ESF Éditeur, Issy-les-Moulineaux.
- Roussel, J.-F. (2011), *Gérer la formation, viser le transfert*, Guérin universitaire, Montréal.
- Samurçay, R. (2005), "Concevoir des situations simulées pour la formation professionnelle : une approche didactique", in *Apprendre par la simulation : de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*, P. Pastré & P. Rabardel (Eds), Octarès Éditions, Toulouse, p. 221-239.
- Savoldelli, G. & Boet, S. (2013), "Séance de simulation : du briefing au débriefing", in *La simulation en santé : de la théorie à la pratique*, S. Boet, J. Grandy & G. Savoldelli (Eds), Springer, Paris, p. 313-328.
- Scheller, L. (2001), "Les « résidus » des dialogues professionnels : le cas des facteurs d'un bureau de La Poste", *Éducation permanente*, Vol.146, p. 51-58.
- Silberman, M. L. (2007), *The handbook of experiential learning*, Pfeiffer, San Francisco.
- Télécom & Management SudParis (2011), "Guide de conception TICE", *Cellule des Ressources Multimédia pour la Pédagogie*. (<http://www.it-sudparis.eu/dpt/tice/>).
- Van West, J. & Lane-Cummings, K. (2007), *Microsoft Flight Simulator X for Pilots: Real World Training*, Wiley Publishing, Indianapolis.
- Vidal-Gomel, C., Fauquet-Alekhine, P. & Guibert, S. (2011), "Réflexions et apports théoriques sur la pratique des formateurs et de la simulation", in *Améliorer la pratique professionnelle par la simulation*, P. Pastré, P. Fauquet-Alekhine & N. Pehuet (Eds), Octarès Éditions, Toulouse, p. 115-141.
- Williams, B. (2006), *Microsoft flight simulator as a training aid: a guide for pilotes, instructors and virtual aviators*, Aviation Supplies & Academics, Newcastle.
- Youngblood, S. M., Pace, D. K., Eirich, P. L., Gregg, D. M. & Coolahan, J. E. (2000), "Simulation Verification, Validation, and Accreditation". *Johns Hopkins APL technical digest*, Vol.3, N°21, p. 359-367.