

# Demande de bourse DGA/LABEX MS2T

---

## Titre :

**Modélisation de personnages virtuels autonomes cognitifs pour la formation à l'intelligence collective et à la cohésion d'équipe dans des environnements sociotechniques complexes.**

## Problématique :

Les travaux menés dans le domaine de la **réalité virtuelle** permettent aujourd'hui d'envisager son utilisation de manière efficace pour la **formation**. La réalité virtuelle permet aux utilisateurs de **voir l'impact de leurs décisions sur des systèmes** techniques, organisationnels et humains auxquels ils prennent part et dont ils ont pour partie, individuellement et collectivement, la charge. L'un des défis de demain est de pouvoir utiliser la réalité virtuelle pour former non plus seulement à des compétences techniques mais à des compétences non-techniques où la question des interactions sociales et des aspects collectifs est centrale pour la gestion de tels systèmes dans lesquels des aléas amènent les équipes à se réorganiser et décider vite et bien.

Afin de faciliter l'apprentissage de compétences collectives par l'expérience personnelle, nous posons l'hypothèse qu'il est nécessaire de favoriser la confrontation avec une diversité de situations, préalablement identifiées comme ressources potentielles de développement. Les travaux de l'équipe HUMANS ((H)Uman Models based Artificial eNvironments Software platform) du laboratoire Heudiasyc visent à proposer un moteur de génération dynamique de situations d'apprentissage virtuelles personnalisées prenant en compte les dimensions technique, humaine, sociale et collective. Nous ne souhaitons pas ici, former une équipe d'experts mais une équipe experte d'une activité. L'approche adoptée est donc de voir comment proposer des situations pertinentes pour former à l'intelligence collective et intégrer dans ces environnements virtuels des composantes liées aux processus décisionnels sous-jacents aux relations sociales, normes socio-culturelles, etc.

Les systèmes auxquels les opérateurs de terrain doivent être formés sont de plus en plus complexes, dynamiques et soumis à des aléas qui plus est quand il s'agit de **systèmes de systèmes dynamiques** (e.g. la gestion de crise environnementale ou NRBC, de menaces terroristes ou de conflits militaires, la maîtrise des risques dans les transports multimodaux, sur les sites à hauts risques). On citera par exemples, la formation des équipes de secours suite à des attaques terroristes où des informations de terrain orales ou provenant de systèmes peuvent être incertaines ou encore la formation des pilotes et/ou contrôleurs aériens où justement il est important d'apprendre à travailler dans des équipes variables pour éviter des prises d'habitudes ou des normes sociales qui peuvent amener à mal interpréter des signes. Dans de tels systèmes, les équipes doivent alors prendre des décisions complexes dans des environnements complexes (e.g. pressions temporelles, contexte multiculturel, manque de sommeil, etc.), avec des compositions complexes (e.g. équipes hétérogènes/multiculturelles, expertises diverses), dans des structures complexes (e.g. ad-hoc, leadership partagé/distribué, rotations d'équipes) [Salas, 2013]. De tels environnements nécessitent que les équipes soient réactives et s'adaptent rapidement aux aléas. Si l'on sait relativement bien comment un individu fait face aux aléas, on connaît moins bien la manière dont les équipes et les collectifs font de même.

Peu de travaux dans le domaine de la réalité virtuelle ou des serious games s'intéressent à cette composante humaine et sociale. En réalité virtuelle, les travaux se focalisent sur les aspects interaction et immersion. Bien souvent l'apprenant est seul face à un système technique. Lorsqu'il n'est pas seul, il doit réaliser des tâches plus en co-activité qu'en véritable coopération avec des personnages non-joueurs ou collaboratives avec d'autres apprenant réels [Lopez et al., 2013]. La problématique scientifique est alors centrée sur les aspects sensori-moteurs ou la représentation des connaissances pour la collaboration. Dans le domaine des serious games et de l'interactive storytelling, les personnages non-joueurs ont des caractéristiques humaines caricaturales. La modélisation de tels personnages ne s'appuie généralement pas sur des études en sciences humaines. Par ailleurs, dans ces approches dites orientées scénario, les comportements sont totalement scriptés et pour permettre le contrôle pédagogique et/ou narratifs, le contrôleur de scénario va modifier dynamiquement les caractéristiques de ces personnages sans cohérence entre leur états mentaux et ce qui se passe dans l'environnement [Magerko, 2005]. Or, [Si et al., 2010] ont montré que l'incohérence dans les motivations des personnages virtuels affectait l'expérience de l'utilisateur et sa compréhension de l'enchaînement des événements dans l'environnement virtuel. Le fait de scripter totalement ces environnements permet le contrôle et garantie certains apprentissages et/ou l'implication de l'apprenant dans l'histoire, mais ne permet pas une grande liberté d'action puisque l'apprenant est contraint d'évoluer dans un ensemble de possibles prédéfinis [Gerbaud et al., 2009]. Ces possibles peuvent être définis a priori (e.g. avec des réseaux de Petri [Delmas, 2007], des techniques de planification [Magerko, 2005]). Ce type de scénarisation ne permet pas l'apprentissage par l'erreur et modélise de fait des systèmes sociotechniques relativement pauvres où tout se passe « comme prévu » même sur le versant des éléments « indésirables » alors que de nombreux travaux en sciences humaines

et sociales montrent qu'il n'est jamais possible de tout prévoir et de tout prescrire en situation [Amalberti, 2001] et que l'enjeu se situe plutôt sur le versant de la résilience des systèmes sociotechniques et de son apprentissage [Hollnagel et al., 2006]. Pour proposer une plus grande liberté d'action, les concepteurs doivent prévoir une multitude de cas ce qui engendre des problèmes de maintenance, d'évolutivité et de réutilisabilité car ces derniers doivent définir des graphes d'actions possibles de manière exhaustive [Delmas, 2009]. Par ailleurs, si l'on souhaite ajouter des comportements cognitifs subtils liés à des caractéristiques humaines telles que la personnalité, les émotions ou les relations sociales, on tend vers une explosion combinatoire. A l'inverse les approches émergentes, comme [Shawver, 1997], [Cavazza, 2002], [Aylett, 2006] s'appuient sur une modélisation fine du système technique et sur des personnages cognitifs généralement autonomes pour permettre au système de s'adapter dynamiquement et permettre une très grande liberté d'action. Dans ce type d'approche, il n'y a pas de contrôle pédagogique et/ou scénaristique et les apprentissages/motivations ne sont pas garanties. Pour proposer un contrôle, les concepteurs développent alors des personnages semi-autonomes aux comportements pseudo-cognitifs [Niehaus et al., 2009]. Dans ce cas encore, la cohérence des comportements n'est pas assurée et, dans des contextes de formation, il est alors difficile avec ce type d'approche d'avoir des comportements explicables pour le rejeu et pour l'explicitation des comportements. Des travaux très novateurs sont menés dans Thespian à l'ICT, University Southern California pour proposer un système de calcul des caractéristiques des personnages virtuels et de planification des événements à l'initialisation et permettre ainsi de garantir le passage par des points clés de l'histoire [Si, 2009]. Toutefois, ce système ne permet pas l'adaptation dynamique du scénario en cours de session et la réorientation du scénario en temps interactif. Par ailleurs, ce système ne permet de gérer que peu de personnages virtuels autonomes et les chercheurs ne se focalisent pas sur les aspects collectifs et cohésion d'équipe.

Aussi, proposer une approche émergente, avec une adaptation dynamique et des personnages virtuels autonomes et capables de créer des situations d'apprentissage mettant en jeu des aspects collectifs et cognitifs fins est un problème difficile.

## Programme de recherche

L'objectif de cette thèse vise à **modéliser des personnages virtuels cognitifs pour la formation à l'intelligence collective et à la cohésion d'équipe dans des environnements socio-techniques complexes.**

Nous souhaitons proposer une **scénarisation adaptative en orientant dynamiquement** le scénario et le comportement de **personnages virtuels autonomes** dans un environnement virtuel vers des situations d'apprentissage personnalisées et pertinentes sans nuire à la **cohérence** et sans contraindre **l'émergence** de situations. Pour ce faire, nous souhaitons modéliser des personnages virtuels **cohérents, adaptables et explicables**. Nous souhaitons leur laisser une grande autonomie et pouvoir prévoir leurs comportements afin de pouvoir modifier certains éléments de l'environnement et les amener à créer des situations pertinentes.

Nous définissons la **cohérence** comme l'adéquation entre la situation, l'état mental des personnages virtuels, leurs comportements et les réactions du système techniques. Le processus d'**émergence** désigne la création situations ou de chaînes d'événements complexes via les interactions entre des comportements simples. L'émergence est nécessaire pour l'adaptabilité de la simulation et permettre la création de situations multiples et complexes. En effet, les simulations informatiques permettent de rendre compte de scénarios complexes dans lesquels évoluent de nombreux individus. Il est nécessaire de spécifier, pour chaque scénario, les interactions et les comportements des personnages virtuels afin qu'ils reflètent ceux observés dans les situations réelles. Ceci nécessite un énorme travail d'implémentation. Le personnage virtuel doit pouvoir **s'adapter** à de nouvelles connaissances et les intégrer dans son raisonnement. Il existe donc un réel besoin de proposer des personnages virtuels dont le raisonnement est indépendant d'un cadre d'application particulier. Cela nécessite que le personnage virtuel puisse **s'adapter** à de nouvelles connaissances et les intégrer dans son raisonnement. Il doit disposer de processus de raisonnements indépendants du domaine d'application et doit être capable d'interpréter des connaissances spécifiques modélisées dans un formalisme particulier. Pour que l'apprenant comprenne l'impact de ses actions et ses erreurs éventuelles, il est nécessaire de pouvoir **expliquer** le comportement des personnages virtuels, c'est-à-dire recenser les raisons de leurs actions et donc de pouvoir expliciter les différentes variables qui composent leurs états mentaux.

La majorité des simulations informatiques utilise des personnages virtuels dont les comportements sont scriptés, c'est-à-dire que la réponse comportementale est spécifiée pour chaque situation qu'il est possible de rencontrer. Les comportements obtenus sont donc cohérents et explicables car écrits en parfaite adéquation avec les besoins de la simulation. Ils ne sont cependant pas du tout adaptables. En psychologie cognitive, il existe de nombreux courants pour modéliser la **cognition humaine et proposer des comportements adaptables**. Nous nous sommes, plus particulièrement, intéressés à deux cadres théoriques forts. Le premier, la **psychologie cognitive**, considère la cognition humaine comme un système de traitement de l'information et met en évidence la place des représentations symboliques comme connaissances pour raisonner et agir. Cette approche vise à abstraire l'action de son contexte afin de proposer des mécanismes génériques pouvant prédire le comportement. Cette approche ne permet cependant de modéliser que l'activité prescrite, sans prendre en compte les facteurs humains ni la réalité du terrain. Le second, la **cognition située**, met en évidence la place de la contextualisation de l'action située et l'émergence des représentations à partir d'interactions sociales, i.e. en agissant. Cette approche stipule que toute action dépend étroitement des circonstances matérielles et

sociales. L'action étant par définition contextualisée, il est donc impossible de l'abstraire. À l'inverse de l'approche cognitiviste qui vise à prédire le comportement, l'approche cognition située vise à décrire l'activité humaine telle qu'elle est observée.

Les travaux sur la modélisation de personnages virtuels s'appuient essentiellement sur l'approche cognitiviste. On peut citer des architectures comme Soar [Laird, 1986] et BDI [Bratman, 1987] qui sont utilisés dans les travaux très célèbres des équipes de l'ICT/USC et plus particulièrement les travaux de Stacy Marsella et Jonathan Gratch [Gratch, 2004]. La principale difficulté réside dans l'intégration de dimensions humaines telles que la personnalité, les émotions ou les relations sociales. Cette intégration doit être réalisée de manière explicite afin de pouvoir expliciter l'état mental du personnage virtuel et pouvoir expliquer son comportement. EMA [Gratch, 2004] modélise explicitement les émotions et les processus mis en œuvre pour leur élicitation (*appraisal*) et leur influence sur le comportement (*coping*). Cependant, les autres dimensions humaines (comme la personnalité et les relations sociales) sont agrégées et intégrées directement dans le comportement et donc non explicites. Les personnages virtuels générés présentent un comportement cohérent et adaptable, mais, dans une certaine mesure, non explicable. Par ailleurs, dans les approches cognitivistes, les architectures s'appuient sur le paradigme de la théorie de l'esprit qui stipule que le caractère social de l'humain réside dans sa capacité à déchiffrer l'état mental des individus qui l'entourent. Cette théorie montre que l'humain peut inférer, à chaque instant, l'état mental des individus qui l'entourent (humains virtuels ou avatars qui représentent l'apprenant). Il doit donc disposer et maintenir en temps interactif un modèle de chacun d'entre eux, sur lequel il applique ses propres processus cognitifs afin d'inférer son état mental, en particulier son état émotionnel. Ce processus est très coûteux lorsque le nombre de personnages virtuels augmente ce qui pose un problème informatique de passage à l'échelle. De plus, nous ne pensons pas qu'un individu imagine consciemment l'état émotionnel de chaque personne lorsqu'il est entouré par un grand nombre d'individus, mais qu'il a conscience de cet état de manière naturelle. Par ailleurs, ce type d'approche postule l'invariance des opérations des modules (mémorisation, catégorisation, inférences, etc.) quel que soit le contexte. Ces travaux ont été remis en question et les chercheurs dans ce domaine ont apporté des évolutions menant à une forme plus « faible » du cognitivisme. Une première évolution est introduite par Gibson [Gibson, 1977], dans le domaine de la perception, avec la théorie des **affordances** visuelles. On retrouve la condition de l'opportunité de l'action (en opposition avec la planification de l'action) dans la notion d'affordance. [Donikian, 2004] a mené des travaux pour appliquer ce modèle en animation comportementale de personnages virtuels. A l'inverse de cette théorie, Ochanine défend l'idée que la représentation est le fait du sujet, qu'il ne retient de l'objet que les propriétés pertinentes pour l'action [Ochanine, 1978]. [Neisser, 1987] introduit la **psychologie écologique**. On sort le sujet du laboratoire pour prendre en compte 1) les situations dans lesquelles on veut étudier les processus cognitifs de base et 2) le fait que le sujet se constitue une représentation de la tâche dans laquelle on le place. On passe du sujet cognitif type système de traitement de l'information à un sujet écologique. [Borghi, 2004], défend l'idée que la cognition dépend du type d'expérience et que ces expériences découlent du fait que le sujet a un corps et un système sensori-moteur. Pour lui, les concepts doivent être conçus comme situés et incarnés (**embodied**), car ils varient selon la situation et les relations entre référents et notre corps. Le paradigme de l'énaction défend aussi l'idée que la cognition est d'abord incarnée, c'est-à-dire qu'elle prend en compte le fait que chaque espèce a son propre « Umwelt » (ou milieu), évolue dans son propre monde, avec ses propres règles. Toute activité cognitive sensori-motrice s'inscrit dans une interaction physique avec l'environnement. L'approche énactionnelle de la cognition est inspirée des travaux de F. Varela [Varela, 1996].

Le cadre théorique de la **cognition située**, introduit par [Suchman, 1987] et [Winograd et Flores, 1986], met en cause les modèles fondés sur une approche cognitiviste forte. Les auteurs montrent que les processus mentaux ne peuvent être isolés du contexte. Les auteurs s'attachent à développer une conception « située » de la notion d'action, qui « 1) insiste sur la détermination de l'action par différentes variables situationnelles, 2) limite le rôle fonctionnel des plans et 3) remet en cause l'existence de représentations symboliques internes comme support des activités cognitives » [Salembier, 2002]. [Suchman, 1987] critique la conception classique de la planification et du rôle fonctionnel des plans hérités de la tradition cognitiviste sur laquelle s'appuie l'intelligence artificielle symbolique classique. Selon cette tradition, le plan constitue non seulement une description mais aussi une prescription intégrale de l'action qui ne serait alors que la réalisation effective d'un programme totalement pré-déterminé. « Pour les tenants de l'Action Située au contraire, le plan n'est qu'une ressource qui ne détermine pas l'action ; c'est un épiphénomène, une propriété émergente de l'action située » [Salembier, 2002]. L'autre point de divergence entre Action Située et cognitivisme orthodoxe concerne la notion de représentation interne. Pour le cognitivisme orthodoxe la cognition peut être définie comme la manipulation formelle de représentations symboliques (l'accent est mis sur les processus de représentation et de traitement qui siègent dans la tête de l'agent). Pour l'Action Située, le rôle des facteurs situationnels (historiques, sociaux,...) est déterminant et la notion de traitement symbolique perd tout intérêt (l'accent est mis sur les processus d'interaction entre acteurs et entre acteurs et environnement). Dans le camp même des partisans de l'Action Située, il existe plusieurs positions : certains rejettent la notion même de cognition symbolique, alors que d'autres en font un cas particulier de l'activité cognitive [Greeno et Moore, 1993] ; certains acceptent l'existence de représentations internes mais refusent leur nature symbolique [Salembier, 2002]. Le courant de la **cognition située distribuée**, introduit par [Hutchins, 1995], s'intéresse à la structure des connaissances (aux représentations) et à leur transformation. Il se démarque des modèles traditionnels issus des sciences cognitives en ce que l'objet d'étude ne se trouve plus uniquement dans la tête des sujets mais inclut les processus de coopération et de collaboration entre les sujets. Par rapport à la théorie de la cognition située, l'accent de ce courant est mis sur les déterminants historiques et culturels des processus cognitifs. Il existe des modèles de la cognition distribuée/collective en sciences cognitives ou en psychologie ergonomique mais elles sont élaborées sur la base soit d'études expérimentales (hors situations réelles) soit d'études de situations de travail complexes mais généralement très

confinées. Des exemples de ces situations sont le modèle de [Hutchins, 1995] sur le pilotage d'avions ou les travaux de [Salembier, 2002] sur la régulation aérienne. Dans ces situations, les acteurs ne peuvent généralement pas transformer le cadre organisationnel, la structure du groupe et de ses rôles, ni les caractéristiques fonctionnelles des artefacts. Il est notamment reproché à ces modèles de sous-évaluer le rôle fonctionnel joué par les représentations externes dans l'environnement et de ne pas considérer les aspects socioculturels. Le courant de la Cognition Socialement Partagée (CSP) rejoint la Cognition Située avec l'idée de la réhabilitation du rôle du fonctionnement social dans l'étude de la cognition humaine [Resnick et al., 1991]. Pour la CSP, « *le social ne constitue pas seulement une composante d'arrière-plan ou un élément du contexte à prendre en compte dans l'étude des mécanismes cognitifs : il détermine largement la nature des processus cognitifs mis en œuvre et la performance d'un individu rapportée à un contexte social de référence* » [Salembier, 2002]. [Resnick et al., 1991] montrent que la cognition même individuelle peut être influencée par l'histoire, la tradition intellectuelle, le contexte culturel, etc. Dans ces cadres théoriques, la cognition est socialement distribuée. Chaque pensée ou action humaine est adaptée à son environnement, i.e. située. Toute action humaine est au moins partiellement improvisée par le couplage direct de la perception, de la conception et du déplacement. Le couplage direct de la perception, de la conception et du mouvement implique une sorte d'auto-organisation avec une mémoire que nous ne savons pas encore émuler avec un ordinateur. Notre comportement est toujours immédiat à un certain niveau, il n'y a pas d'intervention de représentations. Les représentations émergent des interactions sociales. La cognition située fait suite à la **théorie de l'activité** qui décrit trois niveaux : l'activité (motivation), l'action (buts) et l'opération (conditions). L'activité est une suite d'actions construites socialement et situées dans un contexte. Selon [Clancey, 2002], une personne n'effectue pas plusieurs tâches en parallèle mais plusieurs tâches vont se dérouler en fusionnant plusieurs intérêts parallèles. « *Clancey, à l'inverse de l'approche résolution de problème, défend l'idée qu'une activité n'est pas forcément interrompue lorsque le besoin s'en fait sentir comme, par exemple, si une activité devient pressente ou si une condition externe vient interrompre ce que la personne était en train d'effectuer. Un mécanisme d'activation compétitive est impliqué. La terminaison et le processus de démarrage d'une activité sont plus subtils qu'une décision purement orientée buts* » [Donikian, 2009].

**Notre approche consiste à trouver un équilibre entre l'approche cognitiviste visant à permettre une grande adaptabilité et à s'appuyer sur des représentations symboliques et l'approche cognition située distribuée visant à permettre la contextualisation, les aspects collectifs, la cohérence et l'explicabilité.** Par ailleurs, notre approche consiste plus à rendre compte de processus décisionnels variables observés sur le terrain et à pouvoir expliquer en partie les liens de cause à effet qu'à modéliser le raisonnement humain exact. Nous souhaitons donc pouvoir rendre compte le plus possible d'une activité humaine observée sur le terrain et d'essayer de rendre explicite les mécanismes sous-tendant l'action (e.g. contexte culturel, normes sociales). De même que l'activité humaine n'est pas parfaite, il peut être intéressant de simuler des personnages virtuels autonomes qui commettent des erreurs, des violations, des compromis, etc.

Dans ce cadre, notre équipe a proposé une première architecture **MASVERP** [Edward, 2011] qui permettait de rendre compte de tendances à l'action et plus particulièrement de compromis cognitifs entre productivité et sécurité en opérationnalisant les modèles d'Activités Limites Tolérées par l'Usage (ALU) [De la Garza et al., 2005] et de contrôle contextuel COCOM (COntextual COntrol Model) [Hollnagel, 1994] COCOM [Hollnagel, 1994]. Avec le LATI de l'Université Paris Descartes, nous avons travaillé sur la proposition d'un langage de description de l'activité humaine ACTIVITY-DL permettant de faire le lien avec les ALU et COCOM. Avec l'INERIS, nous avons travaillé sur un modèle de risques faisant le lien entre l'activité humaine et les risques en termes techniques, organisationnels et humain. Plus qu'un modèle de risques, nous avons proposé un langage de description permettant de décrire tous les liens de causes/conséquences menant à des événements redoutés à mettre en scène. Parallèlement, nous avons travaillé sur une autre architecture cognitive **REPLICANTS** [Lhommet, 2012] (dans le cadre d'une thèse financée par la DGA 2009-2012). Cette architecture intègre des modèles cognitifs plus fins en s'appuyant sur des modèles de personnalité (modèle OCEAN de [Costa et al., 1992], d'émotions (théorie de l'évaluation cognitive de [Lazarus, 1991]) et de relations sociales (modèle de [Ochs, 2009]). [Lhommet, 2012] a intégré dans cette architecture des mécanismes puissants pour permettre la modélisation de tendances à l'action comme développés dans MASVERP. Toutefois, REPLICANTS s'appuie sur l'architecture Soar et permet difficilement de rendre explicite le modèle de la cognition pour rendre cette cognition interprétable par notre moteur de scénarisation SELDON [Barot, 2013a] et par notre module de traces MONITOR [Amokrane, 2013]. Il est donc nécessaire de comprendre les conditions (techniques, organisationnelles, sociales), les processus et les états qui mènent les équipes à composer et gérer les aléas en situation. Comprendre les processus cognitifs nécessaires pour collaborer dans ces conditions est essentiel pour promouvoir l'accroissement des performances de l'équipe et ses marges de manœuvre dans des systèmes sociotechniques plus ou moins stables. Il faut pouvoir développer les capacités à comprendre les autres, leurs tâches, leurs manières de faire pour être efficace dans des situations fortement dynamiques qui demandent une grande réactivité. Il faut d'abord comprendre les processus cognitifs partagés par les normes sociales et comment ils se développent (e.g. perception, croyances, attentes, attitudes, modèles mentaux partagés), mais aussi les processus particuliers induits par chaque individu et les relations sociales qu'il entretient au sein du groupe, avec le groupe dans son ensemble et avec chaque membre (relations interpersonnelles).

**Dans cette thèse, il s'agira de proposer des une architecture cognitive permettant la modélisation de la cognition d'équipes et de générer des personnages virtuels autonomes, adaptables, sociaux, cohérents et explicables.** Notre démarche consistera à 1) réaliser un état de l'art plus complet, 2) collaborer avec des chercheurs en sciences humaines et sciences cognitives pour opérationnaliser leurs modèles et 3) s'appuyer des observations terrain. En particulier nous travaillons déjà avec le LATI de l'Université Paris Descartes sur la modélisation de l'activité humaine individuelle et souhaitons étendre ces travaux à la modélisation de l'activité collective. Aussi, nous avons initié une discussion avec

l'Institute for Simulation & Training - University of Central Florida, un laboratoire de sciences humaines travaillant sur la notion de cognition d'équipes, de simulation et de formation où nous avons un contact avec le chercheur Eduardo Salas grand expert dans le domaine de la team cognition (<http://www.ist.ucf.edu/people/salase/salas.htm>). Une rencontre avec la doctorante est envisagée. Nous avons aussi la possibilité d'envoyer la doctorante en stage à l'Institute for Creative Technology – University of Southern California sur la modélisation de personnages virtuels autonomes où est partie en postdoctorat Margaux Lhommet (<http://ict.usc.edu/profile/margaux-lhommet/>). Cet été 2013, nous envoyons une doctorante de l'équipe, Camille Barot, pour un stage de 3 mois financé par l'ICT, sur la scénarisation de personnages virtuels cognitifs en lien avec notre moteur de scénarisation SELDON [Barot, 2012]. D'autres stages et une forte collaboration avec Margaux Lhommet et Stacy Marsella, grand référent du domaine, sont donc en train de se consolider.

Concernant, les observations terrain, la doctorante pourra s'appuyer sur le projet NIKITA (financé par l'ANR) dans lequel le LATI et Heudiasyc sont impliqués. Ce projet a pour objectif la formation des opérateurs aéronautique à l'assemblage d'avions. Notre objectif dans ce projet concerne le moteur pédagogique pour la scénarisation et le suivi de l'apprenant. Dans ce projet, les compétences visées sont liées au geste professionnel et à la performance individuelle au sein d'un collectif. Des éléments sur la notion collective pourront donc être exploités. Un projet ANR Apprentissage est en cours de montage sur la formation à des compétences non-techniques d'équipes médicales dans des services d'urgence. La notion de comportements collective et d'intelligence collective pourrait alors être étudiée.

Il est à noter que nous souhaitons rendre compte de situations collective en vue d'améliorer la cohésion d'équipe et d'intelligence collective mais que pour le moment nous ne souhaitons pas mesurer la performance collective. En effet, cette question de la performance collective (souvent désignée sous les termes de teamwork performance) est récente et délicate, qu'il s'agisse de comprendre l'activité en vue de la conception ou de l'amélioration de la sécurité (e.g. [Burkhardt et al., 2008], [de la Garza & Lebot, 2006]), ou d'étudier des situations d'apprentissage collectif (e.g. [Annett et al., 2000], [Patrick et al., 2007], [Thiruvengada & Rothrock, 2007]), voire d'évaluer la qualité de collaboration à l'intérieur d'une équipe en situation d'apprentissage [Meir et al., 2007], [Spada et al., 2005]). Cette question de la performance collective est complexe du fait de l'intrication des niveaux individuels et collectifs, de la multiplicité des dimensions en jeu dans l'activité collective, et enfin du caractère dynamique, riche et en grande partie inobservable de l'information mobilisée par le collectif au cours de son activité.

D'un point de vue social, [Reynaud, 2001] considère que la compétence collective dépend du contexte et du secteur industriel et, de fait, la compétence collective d'un maçon dans le nucléaire ne sera pas équivalente à celle d'un maçon du bâtiment [Célérier, 2005]. La compétence collective est abordée de manière générique et elle s'acquiert au sein d'un groupe structuré. Elle dépend entre autres de la qualité des interactions et des capacités des travailleurs à mettre en commun leurs savoirs et savoir-faire [Bourrier, 1999].

D'un point de vue cognitif, la qualité des échanges et la justesse des représentations co-construites dans l'interaction dépendent, en partie au moins, de cette compétence collective qui s'échafaude par la pratique et dans la durée au sein d'un collectif constitué et stable. Les travailleurs s'appuient « *sur une compréhension intersubjective qui se manifeste par des comportements verbaux et non verbaux, des croyances mutuelles sur l'autre et des présupposés sur la compréhension de la situation* » [Mondutéguy, 2000].

Nous intéresserons, plus particulièrement à la théorie de la dissonance [Festinger, 1957]. Cette théorie s'appuie sur la concordance entre la représentation que l'agent se fait du monde dans lequel il évolue et les perceptions qu'il reçoit. Cette théorie pourrait donc s'opérationnaliser avec des techniques de logique floue et de théorie de l'incertain.

Concernant la cognition d'équipe, nous nous intéresserons aux modèles sur le travail collectif en psychologie cognitive et notamment les travaux de [Salas, 2013], [Hoc et al., 2000], [Woods et al., 1994] et [Hutchins, 1995] ainsi qu'aux modèles d'erreurs au sein d'un collectif et notamment les travaux de [Amalberti et Marc, 2002]. Nous nous intéresserons plus largement à la notion de cohésion sociale au sein des groupes avec les travaux de [Bruhn, 2009]. Nous nous intéresserons aussi à la modélisation des interactions sociales et des rôles sociaux, tels que : le degré d'appréciation d'un agent pour un autre [Isbister, 2006], [Prendinger et al., 2001], la dominance [Rousseau et al., 1998], [Prendinger et al., 2001], la solidarité [Bickmore et al., 2001] et la familiarité [Bickmore et al., 2001]. D'un point de vue informatique, nous nous intéresserons à un système de planification socio-émotionnelle basée sur des normes sociales évolutives et l'appartenance dynamique à des groupes par des techniques de logique floue.

La doctorante pourra bénéficier des travaux de l'équipe HUMANS ainsi que de la plateforme du même nom dans laquelle il existe déjà :

La doctorante bénéficiera aussi des travaux menés dans notre équipe sur les moteurs décisionnels de personnages virtuels autonomes MASVERP [Edward, 2011] et REPLICANTS [Lhommet, 2012] déjà décrits ci-dessus et des travaux menés dans le module Fuzz-PEP-BDI (Personality, Emotion and Physiology-driven BDI). Fuzzy PEP-BDI a permis d'intégrer dans nos personnages virtuels autonomes des techniques de logique floue pour l'intégration des aspects cognitifs (croyances et désirabilité).

## Financement (co-financement)

Ce sujet de thèse bénéficie déjà d'un co-financement accepté par la LABEX MS2T du laboratoire Heudiasyc UMR7253 (sous-réserve de l'acceptation d'un co-financement DGA).

## Liens avec l'appel DGA

Cette thèse s'inscrit dans le domaine scientifique « Homme et systèmes » piloté par Didier Bazalgette, dans lequel s'inscrivait déjà la thèse de Margaux Lhommet (2009-2012). Le sujet s'inscrit sur tous les axes de l'appel thématique :

- l'axe « Monitoring et modélisation », dans lequel nous proposons justement des modèles pour l'identification et la simulation des situations de risques comme situations d'apprentissage, pour la simulation et la formation dans des activités collectives à forte composantes humaines ;
- les axes « Interactions » et « Travail collaboratif », dans lesquels nous proposons des environnements virtuels pour former, comprendre, contrôler, améliorer la cohésion d'équipe et les compétences individuelles et collectives. Sur l'axe « Travail collaboratif », il existe peu de travaux en France en sciences humaines comme en informatique, aussi nous sommes très intéressés par une collaboration avec des travaux sur ce sujet qui pourraient être financés par cet appel thématique ;
- dans l'axe « Protection et vulnérabilité du combattant », on peut imaginer que notre plateforme permettrait de créer des environnements virtuels pour la formation en intégrant des composantes humaines et collective. D'ailleurs, les travaux menés dans des problématiques très proches des nôtres à l'ICT/USC sont menés sur le traitement PTSD. L'objectif étant de permettre de former des praticiens à des entretiens avec des anciens combattants grâce à des environnements virtuels. Ces travaux bénéficient de grands budgets outre-atlantique notamment suite aux retours de la guerre en Irak.

Il est à noter que le financement 100% DGA attribué à Margaux Lhommet a permis à cette dernière de mener des travaux de très grande qualité et de lui permettre d'être remarquée et prise en postdoctorat dans le plus grand laboratoire international dans notre domaine (l'Institute for Creative Technology – University of Southern California) avec Stacy Marsella.

## Liens avec le labex MS2T

Cette thèse s'articule avec plusieurs thèmes du LABEX MS2T : 1) Communication entre sous-systèmes autonomes (thème 1.3) et 2) Traitement de l'incertain (thème 2). En effet, les environnements virtuels peuvent constituer un réel atout pour la formation et l'aide à la décision dans les systèmes de systèmes et notamment autour de la résilience dans des systèmes soumis à de forts aléas. Il est possible de tester et former pendant les processus de conception et d'améliorer ces processus grâce à la modélisation de ces systèmes complexes (systèmes de systèmes et humain dans la boucle). L'élaboration d'une telle modélisation en environnement virtuel permettra par exemple de mettre en avant les dimensions ou caractéristiques importantes des opérateurs/utilisateurs pour une bonne adaptation de l'artefact au comportement de la population des futurs utilisateurs ou encore de valider ces modèles.

## Encadrants

Domitile Lourdeaux (Heudiasyc UMR7253 – ICI)

Jean-Paul Barthès (Heudiasyc UMR7253 – ICI)