

# **HUMANS : suite logicielle pour la scénarisation d'environnements virtuels pour la formation à des situations socio-techniques complexes**

D Lourdeaux, A Benabbou, L. Huguet, R Lacaze-Labadie

## **► To cite this version:**

D Lourdeaux, A Benabbou, L. Huguet, R Lacaze-Labadie. HUMANS : suite logicielle pour la scénarisation d'environnements virtuels pour la formation à des situations socio-techniques complexes. 3e Conférence Nationale sur les Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle (APIA 2017), Jul 2017, Caen, France. pp.61-68, 2017. <hal-01713199>

**HAL Id: hal-01713199**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01713199>**

Submitted on 20 Feb 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# HUMANS : suite logicielle pour la scénarisation d'environnements virtuels pour la formation à des situations socio-techniques complexes

D. Lourdeaux<sup>1</sup>

A. Benabbou<sup>1</sup>

L. Huguet<sup>1</sup>

R. Lacaze-Labadie<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne universités, Université de Technologie de Compiègne, CNRS

Heudiasyc UMR 7253, CS60319, 60203 Compiègne Cedex, France

{domitile.lourdeaux - azzeddine.benabbou - lauriane.huguet - remi.lacaze-labadie}@hds.utc.fr

## Résumé

*Les environnements virtuels permettent aux apprenants d'expérimenter, de s'entraîner et de voir l'impact de leurs décisions. L'un des challenges informatiques est de pouvoir scénariser ces environnements en orientant le scénario vers des situations d'apprentissage. L'approche HUMANS vise pour cette scénarisation un ensemble d'objectifs souvent considérés comme contradictoires : la liberté d'action pour favoriser l'apprentissage par l'erreur, le caractère dynamique et l'efficacité du contrôle exercé sur le scénario pour garantir des apprentissages, la cohérence des comportements pour permettre l'explicabilité et l'adaptabilité du système nécessaire pour la variabilité des scénarios.*

## Mots Clefs

Environnement virtuels, formation, scénarisation, situations complexes, personnalisation.

## Abstract

*Virtual environments can provide dynamic situational training by offering training subjects the possibility to experiment with different behaviors and outcomes. To enable several pedagogical strategies, such as a trial-and-error approach or a situated learning approach, the system has to be able to cope with user agency. Combining pedagogical control with user agency, all the while ensuring that the simulation stays coherent, is fundamentally problematic when complex situations are addressed. To tackle the authoring bottleneck, rather than making explicit the whole set of possible scenarios, the HUMANS approach involves the dynamic computation of situations that varies depending on pedagogical rules.*

## Keywords

Virtual environments, training, orchestration, complex situations, personalization.

## 1 Introduction

La réalité virtuelle permet aux apprenants d'expérimenter, de s'entraîner et de voir l'impact de leurs décisions. Elle est souvent utilisée pour former à des gestes techniques ou à des compétences techniques, mais elle est encore peu exploitée pour former à des situations socio-techniques com-

plexes (e.g. pressions temporelles, risques, équipes hétérogènes, expertises diverses). Dans ces situations où il n'y a pas toujours de solutions idéales, les opérateurs doivent s'adapter rapidement et prendre des décisions difficiles. Pour gérer ce type de situations, il est important de former les opérateurs à des compétences techniques mais aussi à des compétences non-techniques (e.g. leadership, travail en équipe, gestion du stress, prise de décision).

Afin de faciliter l'apprentissage de ces compétences par l'expérience personnelle, il est nécessaire de confronter l'apprenant avec une diversité de situations potentielles de développement [24], i.e. adaptées à son niveau de connaissance et de maîtrise de la tâche à réaliser en lui fournissant des ressources pour l'accomplir. Pour ne pas mettre l'apprenant en situation d'échec mais dans des situations de développement potentiel, les situations doivent être contrôlées pour être suffisamment difficiles mais pas trop et pour cibler les compétences adaptées à chaque apprenant.

Pour supporter ce type d'apprentissage, l'écriture des scénarios nécessite un travail conséquent. Cet effort nécessaire pour le passage à l'échelle de scénarios cohérents et précisément contrôlés constitue ce qu'on appelle l'*authoring bottleneck*<sup>1</sup> [22], et montre la nécessité de mettre en place des systèmes de scénarisation génériques et indépendants des applications, capables de créer des environnements adaptables, sans avoir à définir explicitement l'intégralité des scénarios possibles. Nous nous intéressons au processus de scénarisation de ces situations en environnement virtuel. La scénarisation est un processus comprenant à la fois la spécification du ou des déroulements possibles ou souhaitables de la simulation, et le contrôle (exécution, suivi et correction) du déroulement des événements en temps interactif. Un système de scénarisation est composé d'un ou plusieurs langages de scénarisation, pour modéliser le contenu scénaristique et les objectifs scénaristiques, et d'un moteur de scénarisation pour gérer dynamiquement la réalisation du scénario [3].

Dans cet article nous présentons la suite logicielle HUMANS (HUMAN Models based Artificial eNvironments Software platform), un système de scénarisation visant un ensemble d'objectifs souvent considérés comme contradictoires :

---

1. goulet d'étranglement de l'écriture

- la liberté d'action permettant l'apprentissage par l'erreur,
- le caractère dynamique et l'efficacité du contrôle du scénario pour garantir des apprentissages,
- la cohérence des comportements représentatifs de ceux observés sur le terrain et le transfert depuis et vers des situations réelles,
- l'explicabilité pour favoriser des apprentissages réflexifs, i.e. l'amener à réfléchir sur sa tâche et ses apprentissages,
- et l'adaptabilité du système, nécessaire pour la variabilité des scénarios.

## 2 Travaux connexes

Deux grandes catégories d'approches de systèmes de scénarisation sont souvent opposées : les approches orientées scénario et les approches centrées personnages. Les approches dites orientées scénario, mettent l'accent sur la qualité globale du scénario. Un contrôleur de scénario modifie dynamiquement les caractéristiques des personnages parfois sans cohérence entre leurs états mentaux et ce qui se passe dans l'environnement [16]. Or, [21] ont montré que l'incohérence dans les motivations des personnages affectait l'expérience de l'utilisateur et sa compréhension. Par ailleurs, dans des contextes de formation, il est alors difficile d'avoir des comportements explicables pour le jeu. Dans les approches centrées personnages, le scénario émerge des interactions entre l'utilisateur et les personnages virtuels. Le contrôle est distribué, chaque personnage étant responsable de ses propres prises de décision. Ces approches se focalisent sur la création de personnages virtuels dotés de processus décisionnels évolués (I-Storytelling [10], EmoEmma [18]). Si ces personnages s'adaptent dynamiquement et offrent une grande liberté d'action, le contrôle scénaristique reste difficile. De nombreux travaux visent des systèmes hybrides avec des personnages semi-autonomes aux comportements pseudo-cognitifs centrés scénario comme dans Scenario Adaptor [17], ISAT [16], IN-TALE [19] ou centrés personnages comme FearNot! [2], MRE [13]. Dans ces cas encore, il est difficile d'assurer la cohérence des comportements et d'avoir des comportements explicables. Des travaux novateurs ont été menés par [11] qui propose une planification sociale très évoluée avec un contrôle motivationnel ou encore dans Thespian qui propose un système de calcul des caractéristiques des personnages virtuels et de planification des événements à l'initialisation. Thespian garantit le passage par des points clés de l'histoire [21]. Toutefois, le système de [11] nécessite de définir explicitement des macro-actions de manière très contraignantes et Thespian ne permet pas l'adaptation dynamique du scénario et la réorientation du scénario en temps interactif.

**Positionnement.** Notre système de scénarisation doit assurer à la fois la liberté d'action de l'apprenant, le contrôle dynamique de la simulation, la cohérence des comportements présentés et l'adaptabilité de l'environnement vir-

tuel. Le verrou lié à ces travaux naît de l'incompatibilité entre ces différents objectifs : le contrôle s'oppose à l'adaptabilité, la liberté d'action va à l'encontre du contrôle, l'alliance du contrôle et de l'adaptabilité met en péril la cohérence, et ainsi de suite. Notre système de scénarisation doit être générique et indépendant des applications. Dans le cadre de nos travaux, le contrôle vise à personnaliser les situations d'apprentissage pour un seul apprenant.

## 3 L'approche HUMANS centrée personnages

Pour conserver la liberté d'action et assurer l'adaptabilité et l'explicabilité des comportements, nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de générer dynamiquement et automatiquement des situations d'apprentissage à partir de modèles de connaissances qui sous-tendent la simulation. L'originalité de nos travaux est de centrer notre approche sur l'activité humaine et les facteurs humains. La suite logicielle HUMANS vise à créer des **environnements virtuels informés** prenant en compte ou rendant compte des **comportements humains** variés, en particulier en situations dégradées impliquant des compromis, des actions pouvant être erronées ou non-optimales. HUMANS est composée de moteurs décisionnels s'articulant autour de modèles qui leur permettent de disposer de représentations communes (figure 1).

### 3.1 Moteurs HUMANS

HUMANS est composé de quatre moteurs décisionnels : REPLICANTS gère les personnages virtuels autonomes, SELDON la scénarisation à travers deux sous-moteurs (TAILOR et DIRECTOR), WORLD MANAGER l'exécution du monde et MONITOR les traces de l'apprenant.

**REPLICANTS : Personnages virtuels autonomes.** Pour faciliter l'adaptabilité, les personnages virtuels sont autonomes et dotés de processus cognitifs. Ils peuvent réaliser des activités individuelles ou collectives (co-activité, collaboration, coopération). Ils ont des émotions, des personnalités diverses, des relations sociales. Ils peuvent être stressés, fatigués, expérimentés. Ils ont des comportements « humains » et peuvent faire des compromis, transgresser des règles de sécurité, faire des erreurs, générer des perturbations, faciliter le travail d'équipe ou pallier les comportements erronés des autres personnages ou de l'apprenant [12], [15], [14], [8].

**SELDON : Scénarisation.** Pour contrôler les situations de développement et conserver la cohérence du monde, le modèle de scénarisation, SELDON, oriente indirectement le déroulement des événements en réalisant des ajustements ponctuels sur l'état du monde ou sur les personnages sans leur donner d'ordres [3]. SELDON se décompose en deux processus : TAILOR sélectionne les objectifs scénaristiques et DIRECTOR orchestre ces objectifs.

a. TAILOR utilise la trace d'activité de l'apprenant pour diagnostiquer un profil dynamique [9]. Pour créer ce

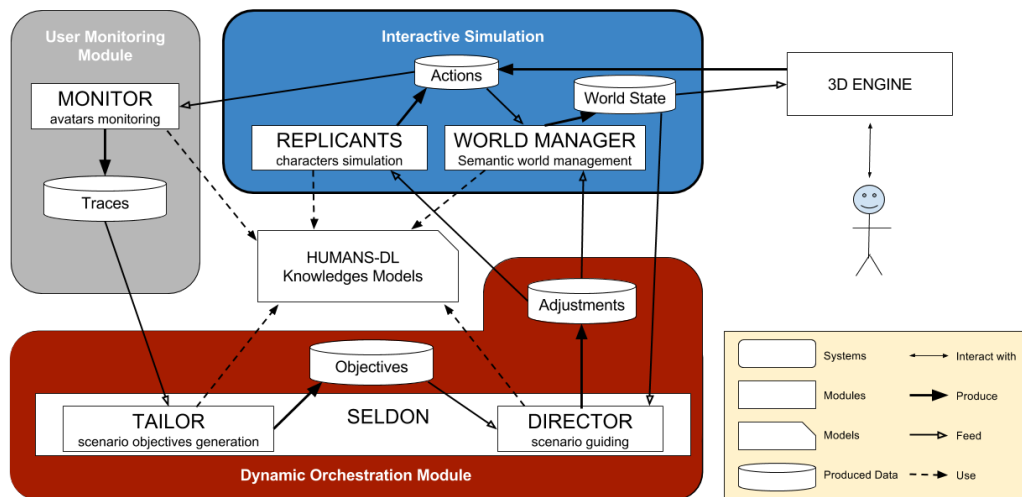


FIGURE 1 – Organisation générale de HUMANS

profil, nous proposons une formalisation mathématique et algorithmique de la théorie de Zone Proximale de Développement [24]. Un espace vectoriel de classes de situations est associé à des valeurs de croyance sur la capacité de l'apprenant à gérer ces situations. Les croyances sont calculées grâce à des mécanismes reposant sur la théorie des fonctions de croyances. À partir de ce modèle, un algorithme génétique sélectionne des objectifs scénaristiques sous la forme d'espaces de scénario dans la zone proximale de développement (figure 2). Il cherche à déterminer les situations et les propriétés du scénario jugées comme pertinentes pour l'apprenant. Par exemple, si l'apprenant n'arrive pas à gérer une classe de situation, le moteur sélectionne des situations du même ordre, voire plus simples. Au contraire, si l'apprenant gère correctement les situations, le moteur étend la zone proximale de développement avec des situations plus difficiles, plus critiques, etc. TAILOR propose alors à DIRECTOR des objectifs scénaristiques sous forme de valeurs de désirabilité sur des situations particulières et de contraintes globales sur les propriétés du scénario (e.g. complexité, criticité).

**b. Pour répondre à ces objectifs, DIRECTOR utilise les modèles qui sous-tendent la simulation pour prédire son évolution via un moteur de planification [3]. Il calcule un scénario à partir de prédictions et d'un ensemble d'ajustements possibles (figure 3). Trois types d'ajustements sont possibles : les happenings (déclenchement d'événements exogènes sans impact sur la cohérence du système), les late commitments et les contraintes d'occurrence. Le late commitment permet de préciser progressivement durant la simulation les états laissés incertains à l'initialisation. La modification des contraintes d'occurrence permet d'outrepasser les choix aléatoires des comportements probabilistes. Ces ajustements sont transmis aux moteurs d'exécution du monde et de génération des comportements des personnages virtuels pour influencer leur évolution. DIREC-**

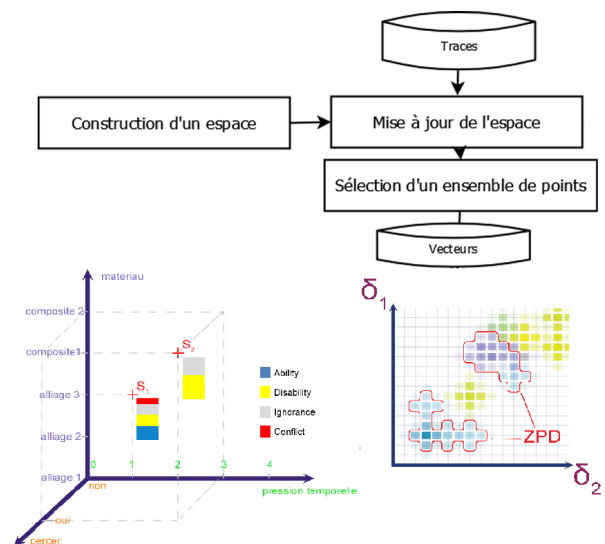


FIGURE 2 – TAILOR : sélection des espaces de scénario

TOR compare l'évolution de l'état du monde avec le scénario planifié. Dans le cas où le scénario effectif dévie du scénario planifié, le moteur planifie un nouveau scénario tenant compte des changements. DIRECTOR repose sur des opérateurs de planification et les modèles de connaissances.

**MONITOR : suivi de l'apprenant.** MONITOR enregistre les actions de l'apprenant, de détecter les bonnes et les mauvaises pratiques, les conséquences effectives ou les probabilités de conséquences sur le système technique et humain et de faire un retour en temps réel au formateur ou en mode « jeu » (figure 8) à l'apprenant [1].

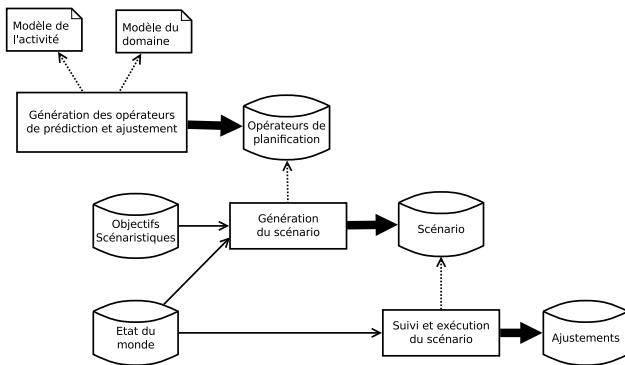


FIGURE 3 – Processus DIRECTOR

**WORLD MANAGER : gestion du monde.** Le moteur d'exécution du scénario, WORLD MANAGER maintient la cohérence et l'état du monde décrit par le modèle du monde. Il prend en compte les demandes d'action de l'apprenant ou des personnages virtuels pour mettre à jour l'état du monde en fonction des règles de fonctionnement [9]. Ce moteur offre également une interface aux autres moteurs décisionnels qui souhaitent obtenir des informations sur le modèle sémantisé du monde, ses règles de fonctionnement ou sur son état courant. Il crée automatiquement des faits qui sont valides avec l'état du monde courant. On dispose ainsi d'un pouvoir génératif suffisant pour générer procéduralement du contenu riche à la volée. Une ouverture des scénarios permise par l'indécision portée par les valeurs des états dits commitables (non initialisés au démarrage) offre un mécanisme de résilience face aux actions de l'utilisateur, ou des entités autonomes, allant à l'encontre du scénario prescrit.

### 3.2 Modèles de connaissance

Dès lors que l'on souhaite introduire dans des environnements virtuels des entités devant interpréter leur environnement, la question du raisonnement sur des connaissances structurées se pose. Pour raisonner HUMANS s'appuie sur des modèles de connaissances regroupés sous l'appellation HUMANS-DL : le modèle d'activité, le modèle du monde, le modèle de causes/conséquences. Ils sont directement interprétables par les moteurs décisionnels et s'articulent entre eux.

**Approche orientée connaissance.** Les connaissances à représenter et à exploiter dans les environnements virtuels pour l'apprentissage humain concernent trois domaines : la scénarisation pédagogique (diagnostic, rétroactions, adaptation, etc.), la génération des comportements des personnages virtuels et les différents objets composant la scène virtuelle, les actions qui y sont possibles et les effets potentiels. Une contrainte forte réside dans le fait que les connaissances dans ces domaines doivent pouvoir être traitées de façon coordonnée, ce qui implique des représentations et des processus de traitement compatibles qui communiquent ou partagent certaines des don-

nées. Par exemple, l'état du monde virtuel et les actions autorisées à un instant constituent des données importantes, à la fois pour permettre aux personnages virtuels d'adapter leur comportement au contexte et pour identifier les actions entreprises par l'apprenant. Ces connaissances doivent être exprimées par des représentations symboliques sémantiquement interprétables. Ces modèles sont souvent renseignés par l'informaticien : il est l'interface entre l'environnement virtuel et les experts (du domaine, formateurs, etc.). Il doit transcrire dans des formalismes interprétables des connaissances complexes qui nécessitent des analyses très pointues. En informatique, plusieurs formalismes graphiques ou mathématiques ont été proposés pour modéliser ces connaissances dans les environnements virtuels (réseaux à propagation de marques, automates, réseaux de Petri, etc. voir un état de l'art complet dans [3]). Même si les formalismes tels que les automates rencontrent un grand succès dans le domaine de l'animation comportementale, notamment grâce à leur puissance d'expression et le caractère calculable et vérifiable, ils ne favorisent pas toujours la prise en compte des facteurs humains. Par ailleurs, ces modèles sont souvent illisibles dès que la tâche décrite devient un peu complexe : la taille des automates ou des réseaux de Petri augmentant de manière exponentielle en fonction de la taille de l'application, ils deviennent illisibles même par un spécialiste. Enfin, hormis les automates hiérarchiques parallèles ou réseaux de tâches hiérarchiques, le pouvoir d'abstraction de ce type de représentation est faible. Notre approche est un peu différente car nous souhaitons proposer des langages auteur pour permettre aux experts, spécialistes de l'analyse d'activité, du domaine ou encore de la pédagogie, de décrire ces expertises. Nous avons souhaité, ne pas fournir un seul modèle et un seul formalisme capable d'unifier toutes ces connaissances que seul un informaticien serait capable de renseigner. Nous proposons ainsi des modèles qui facilitent la manipulation de concepts communs avec des vues différentes pour chaque domaine (ergonomie, risque, didactique, pédagogie, fonctionnement technique, etc.). Ces modèles visent une conception collaborative. Chaque expert peut ainsi saisir ses modèles avec le même outil et sur la base du même modèle mais avec des approches différentes et des regards croisés.

**ACTIVITY-DL** est le modèle pour décrire l'activité de l'apprenant et des personnages virtuels autonomes [3]. L'activité est la mise en œuvre d'une procédure ou d'un ensemble d'actions en contexte réel. La modélisation de l'activité décrit l'observation de cette activité. L'activité se distingue de la procédure prescrite en ce qu'elle intègre également les comportements non nominaux mais qui sont malgré tout observables en contexte réel. Ainsi, l'activité décrit les écarts à la procédure s'illustrant par des arrangements ou des violations. Ces écarts nécessitent d'être caractérisés pour préciser dans quelles conditions ces comportements sont tolérables du point de vue de l'activité observée. ACTIVITY-DL est inspiré des langages de modélisation ergonomiques (MAD, GTA) et des HTN (voir

un état de l'art sur ces formalismes dans [7]). Il repose sur une représentation des tâches sous forme d'arbre. Les tâches abstraites sont des compositions de sous-tâches sur plusieurs niveaux. Au niveau le plus bas, les feuilles correspondent aux actions effectives réalisées par les opérateurs, et donc réalisables dans l'environnement. Celles-ci sont directement liées aux actions décrites dans le modèle du monde en WORLD-DL. Ce langage permet de définir d'une part chaque tâche avec ses conditions (préconditions, conditions d'arrêt) et son contexte d'exécution, et d'autre part une organisation hiérarchique entre ces tâches suivant une dimension temporelle en s'appuyant sur les opérateurs temporels d'Allen et une dimension logique (figure 4).

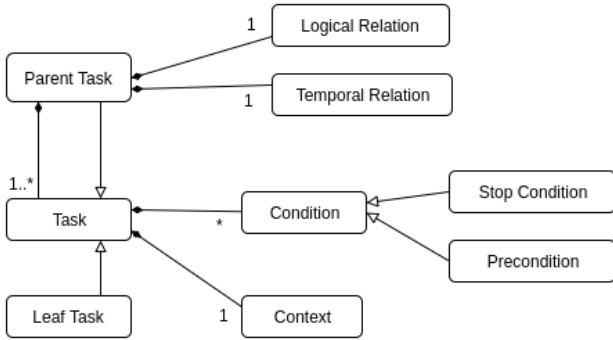


FIGURE 4 – ACTIVITY-DL

**WORLD-DL** permet de décrire à la fois les entités qui composent le monde, les actions possibles, les relations qu'elles entretiennent, mais également les comportements qui régissent l'évolution de ces entités, les conditions dans lesquelles les actions sont possibles et les effets qu'elles provoquent [9]. WORLD-DL s'appuie sur les standards de représentation OWL et RDF qui sont des formalismes informatiques, ce qui permet à la représentation d'être interprétable. En outre, la description des comportements du système dans une syntaxe telle que celle des règles JENA, un moteur de règles java, les rend explicites et donc accessibles et inspectables par des moteurs décisionnels tiers. Notamment, ces moteurs peuvent effectuer des requêtes et opérer des inférences sur le modèle pour générer leurs propres comportements. La posture ontologique, mise en œuvre au travers de OWL, offre une large expressivité. Et les primitives que nous avons définies pour la gestion de la partie dynamique du système offrent la possibilité de concevoir simplement des comportements non triviaux. Un des éléments important de ce méta-modèle est le late-commitment qui consiste à préciser progressivement durant la simulation des états laissés incertains à l'initialisation. Dans la plupart des environnements virtuels, le scénario de la simulation est limité par les conditions initiales. Cependant, il existe dans certains cas des états qu'il n'est pas nécessaire de définir dès le début de la simulation (états committable figure 5). Le late commitment, pro-

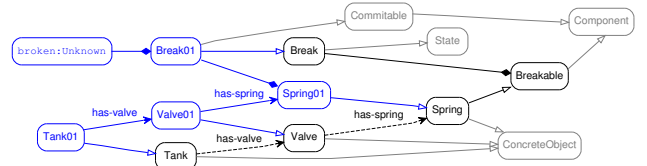


FIGURE 5 – Exemple d'état committable en WORLD-DL

posé par [23], consiste à ajouter, au cours de la simulation, un ensemble de faits qui seront considérés rétrospectivement comme faisant partie des conditions initiales. Ces faits sont ajoutés en fonction des besoins du scénario, à partir d'un ensemble de *framing operators* qui définissent les éléments pouvant y être ajoutés. Notre modèle du late commitment s'inspire de ce principe, mais se rapproche davantage des travaux de [20] sur l'Initial State Revision (ISR), en cela que ce dernier déclare explicitement les états considérés comme indéfinis et les ensembles de valeurs pouvant être prises par ces états. L'ISR propose la génération d'un scénario hors-ligne, la nécessité de spécifier les valeurs des états apparaît au cours du processus de planification, lorsque ces états interviennent dans les préconditions d'une action.

**CAUSALITY-DL** permet la description de chaînes de causalité significantes. Il ne s'agit pas de décrire exhaustivement les changements d'état du monde possibles, comme pourrait le faire un graphe d'état, mais uniquement ce qui est pertinent pour une application donnée. Il sert à spécifier les relations de causalité entre les événements d'intérêt qui peuvent survenir dans l'environnement virtuel, ainsi que les barrières qui peuvent empêcher la propagation de la causalité entre ces événements. CAUSALITY-DL utilise des éléments de l'ontologie du modèle du monde représenté en WORLD-DL, et est inspiré de formalismes d'analyses de risques : nœuds papillons et arbres de causes. Dans le cadre de la scénarisation, ce modèle permet de spécifier en amont un espace de trames scénaristiques d'intérêt (scénarios accidentels ressortis des analyses de risques, par exemple). Étant donné qu'il permet d'associer des valeurs aux événements (probabilité, complexité, etc.), il est également utilisé pour calculer les propriétés des différentes trames scénaristiques (crédibilité, complexité, gravité). La crédibilité est ici considérée comme la fréquence d'occurrence (événements courants, rares, improbables, etc.). Les modèles de causalité sont des graphes orientés acycliques dont les nœuds se réfèrent à des événements représentés dans le modèle du monde. Ces événements peuvent être liés par des relations de subsomption ou de causalité. Les relations de causalité sont également déterminées par des portes logiques indiquant la conjonction ou la disjonction, et sont conditionnées par la levée d'un ensemble de barrières, elles-aussi correspondant à des événements du modèle du monde (figure 6).



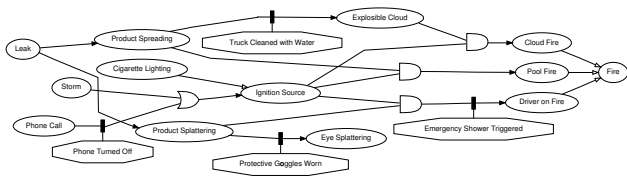


FIGURE 6 – Exemple représenté en CAUSALITY-DL

### 3.3 Généricité

HUMANS a été utilisée dans divers cas d'application de formation : prévention des risques, montage aéronautique, garde d'enfants, gestion de crise, sauvetage de blessés, gestion d'hémorragie post-partum et conduite automobile. HUMANS est modulaire, selon les applications ou besoins, tous les moteurs ne sont pas utilisés. Il est ainsi possible d'utiliser HUMANS comme soutien au formateur avec des conseils ou pour remplacer le formateur pour de la formation en autonomie. Nous détaillons ici certains de ces projets.

**Formation à la prévention des risques.** Le projet V3S a permis de développer deux environnements virtuels pour la formation à la prévention des risques : démontage de tuyaux et chargement de matières dangereuses sur des sites à haut risque [4]. Ce projet a permis de mettre en œuvre des personnages virtuels autonomes aux comportements erronés (e.g. compromis, violation, erreurs de connaissances), le suivi de l'apprenant et le moteur de planification DIRECTOR [3]. Pour illustrer le fonctionnement de DIRECTOR, imaginons que TAILOR souhaite déclencher une fuite. DIRECTOR pourrait choisir de déclencher une fuite de vanne. Il pourrait alors prévoir comme ajustements : un réservoir plein, un ressort usé pour empêcher la vanne de revenir et un événement pour stresser l'opérateur qui risque alors de ne pas accompagner la vanne (figure 7). DIRECTOR vérifie, ensuite, si tout se passe comme prévu.

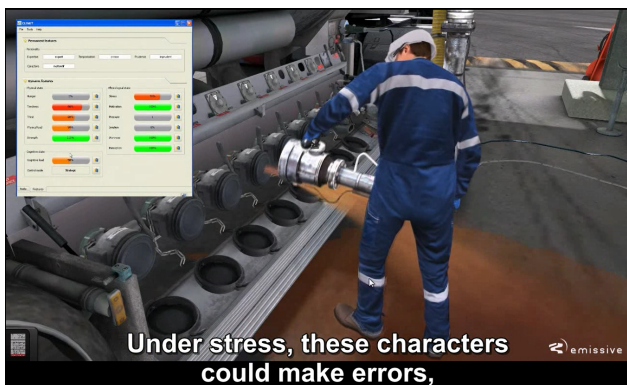


FIGURE 7 – Exemple d'ajustements - projet V3S

**Formation des assistantes de vie à la garde d'enfants.** Dans le projet SIMADV, le moteur de suivi de l'apprenant

détecte les actions erronées de l'apprenant, de déterminer les conséquences plus ou moins graves de ses actions, de sélectionner des événements perturbateurs et de proposer un jeu avec des explications sur les conséquences potentielles ou avérées des actions de l'apprenant [1] (figure 8).

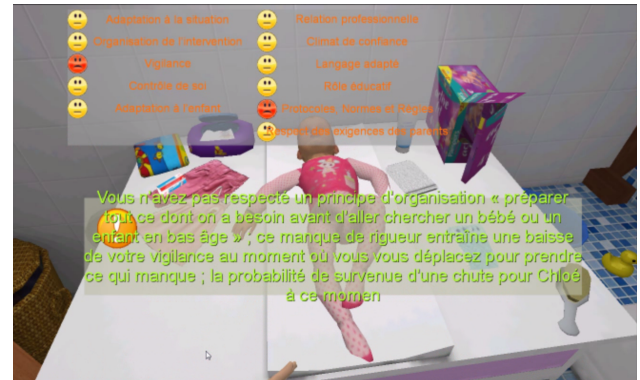


FIGURE 8 – Rejeu - projet SIMADV

**Formation au montage aéronautique.** Le projet NIKITA a permis d'élaborer le moteur de sélection d'objectifs scénaristiques, TAILOR. TAILOR identifie un profil dynamique de l'apprenant et sélectionne les situations mettant en jeu des compétences les plus adaptées (figure 9).

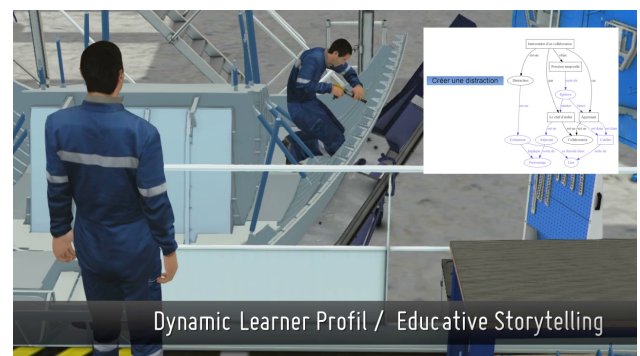


FIGURE 9 – Profil apprenant - projet NIKITA

**Formation au sauvetage de blessés.** Le projet VIC-TEAMS a pour objectif de former, en environnement virtuel, des leaders médicaux au sauvetage de blessés suite à un afflux massif de blessés (e.g. au combat, suite à des attentats ou catastrophes naturelles ou industrielles). Les membres de l'équipe sont joués par des personnages virtuels autonomes (figure 10). Dans ce projet les deux focus traités sont : la dimension collective et le stress. Le moteur décisionnel des personnages virtuels est capable de générer des comportements d'équipes variés. Ils peuvent reproduire des comportements erronés liés aux compétences non-techniques (e.g. croyances erronées sur le monde ou l'activité collective, mauvaises communications, comportements impactés par le stress). Le moteur de scénarisation

planifie, selon les compétences non-techniques de l'apprenant, des comportements "aidants" ou "perturbateurs" pour maintenir un certain niveau de difficulté et de stress. L'incertitude de l'évolution des situations est un facteur difficile pour prendre des décisions et notre objectif est non pas d'aider l'apprenant à trouver la solution idéale mais de l'aider à prendre conscience des choix qui s'offrent à lui et à prendre plus sereinement des décisions dans le futur.



FIGURE 10 – Équipes - projet VICTEAMS

**Formation aux situations critiques en conduite et en médecine.** MacCoy Critical est un projet pluridisciplinaire qui vise à étudier et à améliorer les dispositifs de formation utilisant la simulation et les environnements virtuels. Nous nous intéressons en particulier à l'entraînement aux compétences non-techniques dans les situations critiques. Le projet s'applique à deux domaines aux forts enjeux en santé publique et en sécurité qui sont la conduite automobile et la médecine. L'enjeu est de proposer un système de scénarisation capable de générer dynamiquement les situations critiques sans avoir à les écrire en amont. Nous avons défini, avec les partenaires du projet, des dimensions qui caractérisent ces situations. Parmi ces dimensions, nous trouvons les dilemmes [6]. Les situations dilemmatiques peuvent être définies comme étant des situations où il n'existe pas vraiment de "bonne" solution. C'est à dire des situations où le protagoniste est confronté à un choix exclusif dont les conséquences seront toujours négatives. Afin de générer ces situations, nous avons proposé une approche générative qui repose sur les modèles décrits précédemment [5]. Le modèle d'activité est utilisé pour identifier les tâches contradictoires, afin de garantir l'exclusivité du choix, et le modèle de causalité permet d'identifier les tâches dont la non-réalisation conduirait à des conséquences négatives. La figure 11 illustre un exemple de dilemme en conduite automobile.

## 4 Conclusion

Nous avons présenté l'approche HUMANS, un système de scénarisation d'environnements virtuels pour la formation qui répond à quatre objectifs : la liberté d'action de l'utilisateur, le caractère dynamique du contrôle, la cohérence

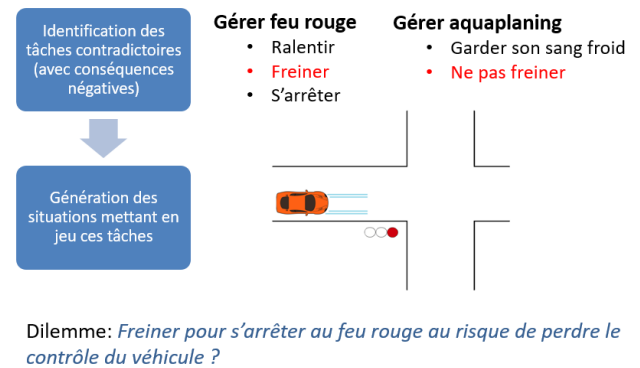


FIGURE 11 – Exemple de génération de dilemme - projet MacCoy Critical

des comportements et l'adaptabilité. HUMANS s'appuie sur une approche émergente et modulaire. La plate-forme a été exploitée dans des contextes de formation professionnelle variés.

Aujourd'hui, nous nous intéressons plus particulièrement à la scénarisation de situations critiques ou de crise impliquant des personnages virtuels autonomes engagés dans des décisions collectives. Nous visons à adapter ces situations selon le profil dynamique de l'apprenant (e.g. stress, compétences, émotions). La scénarisation que nous visons est une sorte de Kobayashi Maru inspiré de la simulation pour l'entraînement des officiers de Starfleet dans l'univers de fiction de Star Trek. Le but de cette simulation est d'analyser la réaction des officiers face à une situation sans issue. Le système cherche alors à générer des situations dans lesquelles il n'est pas possible de gagner. La différence ici est qu'en situation de formation, nous cherchons à générer des situations limites mais dans lesquelles l'apprenant ne doit pas sortir complètement perdant. Il faut donc trouver le compromis entre challenge, stress et apprentissage.

## Remerciements

Les auteurs remercient l'ANR, la DGA, la DGCIS, la Région Hauts-de-France et le FEDER financeurs de ces travaux. Les auteurs remercient les co-directeurs de thèse, tous les anciens doctorants qui ont contribué à construire HUMANS : Lydie Edward, Kahina Amokrane, Margot Lhommet, Camille Barot, Kevin Carpentier, Lucile Callebort et tous les étudiants qui ont contribué aux développements. Les auteurs remercient les partenaires des différents projets qui ont permis l'avancement de ces travaux.

## Références

- [1] K. Amokrane-Ferka, D. Lourdeaux, and G. Michel. Tracking and dynamic scenario adaptation system in virtual environment. In Springer, editor, *Proceeding of The 16th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, volume 7926, pages 758–761, Memphis, États-Unis, Jul 2013.



- [2] R. Aylett, R. Figueiredo, S. Louchart, J. Dias, and A. Paiva. Making it up as you go along-improvising stories for pedagogical purposes. In *Intelligent Virtual Agents*, pages 304–315, 2006.
- [3] Camille Barot. *Scénarisation d’environnement virtuel. Vers un équilibre entre contrôle, cohérence et adaptabilité*. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, February 2014.
- [4] Camille Barot, Domitile Lourdeaux, Jean-Marie Burkhardt, Kahina Amokrane, and Dominique Lenne. V3S : a virtual environment for risk management training based on human-activity models. *PRESENCE : Teleoperators and Virtual Environments*, 2013.
- [5] Azzeddine Benabbou, Domitile Lourdeaux, and Dominique Lenne. Dynamic generation of dilemma-based situations in virtual environments. In *Intelligent Tutoring Systems*, page 526. Springer, 2016.
- [6] Jean Marie Burkhardt, Valentin Corneloup, Catherine Garbay, Yannick Bourrier, F Jambon, Vanda Luengo, A Job, Ph Cabon, A Benabbou, and D Lourdeaux. Simulation and virtual reality-based learning of non-technical skills in driving : critical situations, diagnostic and adaptation. *IFAC-PapersOnLine*, 49(32) :66–71, 2016.
- [7] J.M. Burkhardt, D. Lourdeaux, S. Couix, and M. Rouillé. La modélisation de l’activité humaine finalisée. In *Le traité de la réalité virtuelle : Volume 5, L’humain virtuel*. Les Presses-Mines Paris, 2009.
- [8] Lucile Callebert, Domitile Lourdeaux, and Jean-Paul A. Barthès. A trust-based decision-making approach applied to agents in collaborative environments. In *Proceedings of the 8th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2016), Volume 1, Rome, Italy, February 24-26, 2016.*, pages 287–295, 2016.
- [9] Kevin Carpentier. *Scénarisation personnalisée dynamique dans les environnements virtuels pour la formation*. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, January 2015.
- [10] M. Cavazza, F. Charles, and S. J Mead. Character-based interactive storytelling. *IEEE Intelligent Systems*, 17(4) :17–24, 2002.
- [11] Hsueh-Min Chang and Von-Wun Soo. Planning to influence other characters in agent-based narratives. In *Integrating Technologies for Interactive Stories Workshop, International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment*, pages 12—17, 2008.
- [12] Lydie Edward. *Modélisation décisionnelle de personnages virtuels autonomes évoluant dans un environnement pour la présentation des risques sur les sites SEVESO*. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne, 2011.
- [13] R. Hill, J. Gratch, W. L. Johnson, C. Kyriakakis, C. LaBore, R. Lindheim, S. Marsella, D. Miraglia, B. Moore, J. Morie, J. Rickel, M. Thiébaux, L. Tuch, R. Whitney, J. Douglas, and W. Swartout. Toward the holodeck : integrating graphics, sound, character and story. In *Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents*, AGENTS ’01, pages 409–416, New York, NY, USA, 2001. ACM.
- [14] Lauriane Huguet, Nicolas Sabouret, and Domitile Lourdeaux. Simuler des erreurs de communication au sein d’une équipe d’agents virtuels en situation de crise. In *Rencontres des jeunes chercheurs en Intelligence Artificielle (RFIA 2016)*, Actes Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle, Clermont-Ferrand, France, June 2016.
- [15] Margot Lhomme. *REPLICANTS : Humains virtuels cognitifs, émotionnels et sociaux. De l’empathie cognitive à l’empathie affective*. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne, 2012.
- [16] B Magerko, R. E. Wray, L. S. Holt, and B. Stensrud. Improving interactive training through individualized content and increased engagement. In *Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (IITSEC)*, 2005.
- [17] J. Niehaus and M. Riedl. Scenario adaptation : An approach to customizing computer-based training games and simulations. In *14th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2009) Workshops Proceedings*, page 89, 2009.
- [18] D. Pizzi and M. Cavazza. Affective storytelling based on characters’ feelings. In *Proceedings of the AAAI Fall Symposium on Intelligent Narrative Technologies*, 2007.
- [19] M. O Riedl, A. Stern, D. Dini, and J. Alderman. Dynamic experience management in virtual worlds for entertainment, education, and training. *International Transactions on Systems Science and Applications, Special Issue on Agent Based Systems for Human Learning*, 4(2) :23–42, 2008.
- [20] Mark Owen Riedl. *Narrative generation : balancing plot and character*. PhD thesis, North Carolina State University, 2004. AAI3154351.
- [21] Mei Si. *Thespian : a decision-theoretic framework for interactive narratives*. PhD thesis, University of Southern California, 2010.
- [22] Ulrike Spierling and Nicolas Szilas. Authoring issues beyond tools. In *Interactive Storytelling*, pages 50–61. Springer, 2009.
- [23] Ivo Martinus Theodorus Swartjes. *Whose story is it anyway? : how improv informs agency and authorship of emergent narrative*. PhD thesis, Enschede, May 2010. SIKS Dissertation Series No. 2010-20.
- [24] L. S. Vygotsky. *Mind in Society*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1978.