

# PFIA 2015

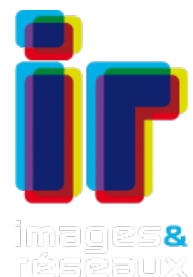
Plate-forme Intelligence Artificielle  
Rennes

## Actes JV & IA

Présidents CP : Carole Adam, Julie Hary & Cédric Buche



**Afia**  
Association française  
pour l'Intelligence Artificielle



# Control of Non Player Characters in a Medical Learning Game with Monte Carlo Tree Search <sup>1</sup>

Maxime Sanselone, Stéphane Sanchez, Cédric Sanza, David Panzoli, Catherine Lelardeux, Yves Duthen

University of Toulouse, Serious Game Research Network  
2 rue du Doyen Gabriel Marty, 31042 Toulouse, France

{maxime.sanselone, stephane.sanchez, cedric.sanza, david.panzoli,  
yves.duthen}@irit.fr  
catherine.lelardeux@univ-jfc.fr

## ABSTRACT

In this paper, we apply the Monte Carlo Tree Search (MCTS) method for controlling at once several virtual characters in a 3D multi-player learning game. The MCTS is used as a search algorithm to explore a search space where every potential solution reflects a specific state of the game environment. Functions representing the interaction abilities of each character are provided to the algorithm to leap from one state to another. We show that the MCTS algorithm successfully manages to plan the actions for several virtual characters in a synchronized fashion, from the initial state to one or more desirable end states. Besides, we demonstrate the ability of this algorithm to fulfill two specific requirements of a learning game AI : guiding the non player characters to follow a predefined plan while coping with the unpredictability of the human players actions.

**Categories:** I.2.8 [ARTIFICIAL INTELLIGENCE]: Problem Solving, Control Methods, and search

**Keywords:** Planning; Monte Carlo Tree Search; Serious gaming; Artificial intelligence

## 1. INTRODUCTION

The 3D Virtual Operating Room (3DVOR, <http://3dvor.univ-jfc.fr>) [5] project is a learning game aimed at training the operating room staff to communicate in the operating room. Through an immersive 3D operating room, the learners control their avatar and collaborate in a simulated operation. When the pedagogical interest of some roles is limited, an automated controller has to handle the behavior of Non-Player Characters (NPCs). The challenge here is to manage NPCs that have to react as close as possible to what a human would do, as described as fully equal partner by Thomas and al. [7].

We have chosen to focus on Monte Carlo Tree Search [1] to create the AI of the NPCs. This method combines generalization skills of evolutionary methods and the accuracy of decision trees. The algorithm only uses the authorized actions and the evaluation of final states. It creates coherent plans while being a *any-time* algorithm, capable of giving the best option in real-time [3, 2].

We show in this article how MCTS can be used to create an AI capable of controlling many NPC playing a predefined scenario the same way human players would do.

## 2. MCTS IN 3DVOR

The method known as Monte Carlo Tree Search (MCTS) is a search method aiming to take optimal decisions in a discrete finite environment, according to a search tree generated across multiple stochastic simulations. Inspired by both the Monte Carlo and the tree search methods, it rests on the postulate that a large enough number of simulations, chosen randomly and accordingly to the previous ones, lead a trustful picture of the search space. More details about the MCTS method and its variants can be found in [1].

The resolution method we present in this article is largely inspired by the MCTS method. It makes use of random simulations to evaluate best decisions in a particular situation.

The nodes of our search space are associated to states of the environment. The different actions that any character can perform are the transitions between nodes in the MCTS.

We use a Directed Acyclic Graph topology for the search space, using transpositions (see [6]), and the Upper Confidence Bounds for Trees heuristic (UCT).

In simulation phase, because nodes are registered and updated in previous simulation phases, we can use the tree policy as default policy for each node already in the hash map instead of an uniformly random default policy.

To avoid behavioral loops and useless actions, we add two more enhancements. Any selection of a previously selected node in the same exploration cycle leads to a dead end, with a back-propagated reward value of zero. As in [4], we use a decay mechanism to favors shortest plan of actions.

The scenarii scenarios are represented with BPMN diagrams. These diagrams are used to constraint our MCTS-

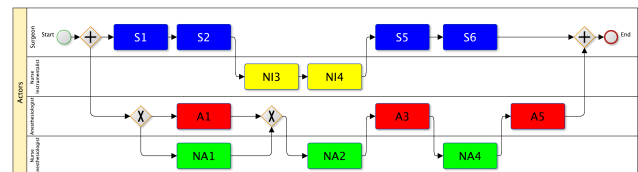


Figure 1: The learning scenario used in the experimental evaluation.

<sup>1</sup> La version originale de cet article a été publiée lors de la conférence GECCO'14, du 12 au 16 juillet 2014 à Vancouver, BC, Canada.

based approach as follows: The diagrams are interpreted to automatically generate mandatory nodes from the scenario, which are tagged as coming from the scenario and registered in the hash table. Any mandatory node has a fixed reward value, depending on the distance between the node and the initial node in the scenario. The reward of the nodes that represent the final states of the scenario has a maximal value of 1.0. Any other mandatory node receives a reward value equals to  $0.99^d$ , with  $d$  the minimal number of needed actions to end the scenario from this node. During exploration, he rewards from simulation steps are not back-propagated to the mandatory nodes. However, their presence in the search graph from the start of the game session, and their fixed reward value, ensure that these nodes are favored by our tree policies in exploration phase and selected as best option in exploitation phase.

### 3. EXPERIENCES

We define a sample scenario on which we apply the MCTS. The scenario is composed of 27 actions pertaining to 8 interactive objects in the virtual environment, making in total 12 binary properties defining the world semantic representation. The vector coding a state is represented by a 4 digit integer.

In this scenario, the surgical team prepares a neurological operation. Two sub-teams are asynchronous and one part of the job can be completed before the other. However, the members of each sub-team must coordinate their actions to accurately follow the aimed sub-plans.

We added in the research graph precomputed paths, issued from flow sequences from the BPMN model of the learning scenario. Our approach never proposes an action

that lead to a state outside of the precomputed paths of the scenario. This ensures that the non-player characters are playing accordingly to the surgical protocol and the aimed learning experience. Constraining the MCTS-based approach even helps to correct the inconsistencies of the environment modeling. The method does not propose one but several slightly different plans.

Our MCTS-based approach provides an action each time an idle NPC requests something to do. During computational time, the method performs as much as possible explorations to compute a best plan of actions from the actual state in the environment to the final state of the scenario. When any character ask for an action, the algorithm answers with the best so far evaluated action.

The last requested specification of the AI in 3DVor is that it must replace a player as a "fully equal partner". This means that the AI must acts in order to keep following the learning scenario as much as possible. In the last experiment, we still use the learning scenario previously described, but a human player plays as the surgeon.

Experiment shows that when the player deviates from the learning scenario (by playing moves out of the schedule), the AI performs as expected: as soon as possible, a NPC guides the player back in the learning scenario.

Thus simple, these last experience is promising because we can expect our MCTS-based AI to replace players and to guide them through the learning scenarios. However, we must validate our approach with larger scenarios and more players as soon as the advances in 3DVOR project allows multi-player gaming.

**Acknowledgement:** 3DVOR is a collaborative research project between Serious Game Research Network, KTM Advance, Novamotion and Toulouse Hospital. 3DVOR is directed by P. Lagarrigue and C. Lelardeux (SGRN), and V. Lubrano and V. Minville (Hôpitaux de Toulouse).

### 4. REFERENCES

- [1] C. Browne, E. Powley, D. Whitehouse, S. Lucas, P. Cowling, P. Rohlfshagen, S. Tavener, D. Perez, S. Samothrakis, and S. Colton. A survey of monte carlo tree search methods. *Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions on*, 2012.
- [2] T. Cazenave. Multi-player go. In *Computers and Games*, pages 50–59. Springer, 2008.
- [3] J. Kloetzer. Experiments in Monte-Carlo Amazons. *J. Inform. Process. Soc. Japan*, 2010-GI-24(6):1–4, 2010.
- [4] L. Kocsis and C. Szepesvári. Bandit based monte-carlo planning. In *Machine Learning: ECML 2006*, pages 282–293. Springer, 2006.
- [5] Lelardeux, Panzoli, Rodsphon, Cegarra, Galaup, Lagarrigue, Sanchez, Duthen, Lubrano, and Minville. 3d virtual operating room : un learning game pour former les professionnels à la prévention et à la gestion des risques. *Segamed*, 2012.
- [6] A. Saffidine, T. Cazenave, and J. Méhat. Ucd: Upper confidence bound for rooted directed acyclic graphs. *Knowledge-Based Systems*, 34:26–33, 2012.
- [7] D. Thomas and L. Vlasic. Collaborative decision making amongst human and artificial beings. In *Intelligent Decision Making: An AI-Based Approach*, pages 97–133. Springer, 2008.

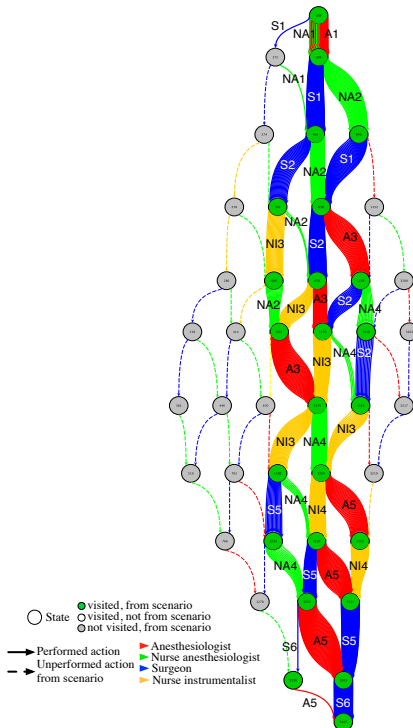
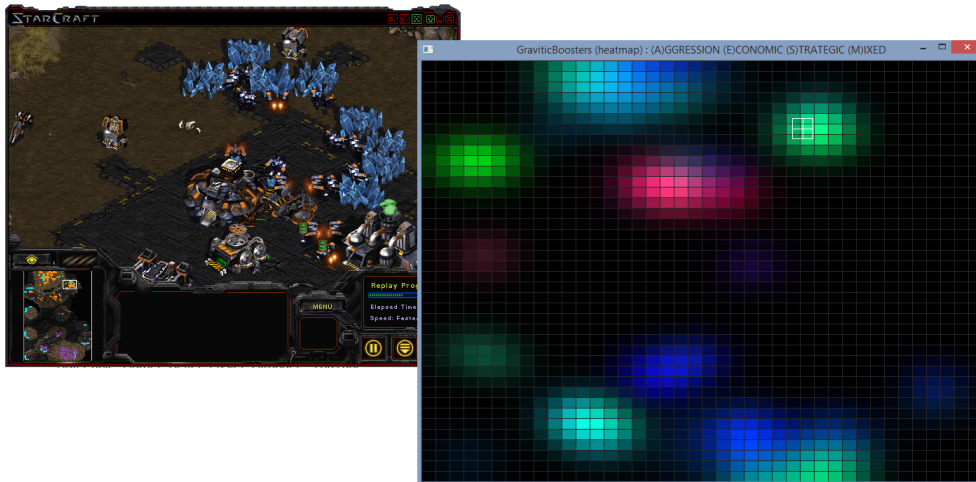


Figure 2: Performed actions in 100 gaming experiences with learning scenario.

# Automatic Observer For Real-Time Strategy Games

Emmanuel HADOUX      Thomas HURAUX  
emmanuel.hadoux@lip6.fr      thomas.huroux@lip6.fr

LIP6, CNRS UMR 7606,  
Université Pierre et Marie Curie, Paris, France



## 1 Context

Electronic sport (*e-sport*) is a not-so-young discipline slowly growing in western countries. It took root in South-Korea about 15 years ago and is currently experiencing an explosion of interest. The first game entering the closed category of e-sport was StarCraft 1. This fast-paced real-time strategy game (*RTS*) was released in 1998. Since then RTS games challenge many research works in AI such as planning in resource allocation, force deployment, and battle tactics [7, 4]; spatial reasoning [3] or opponent modeling [6].

During battles between armies, players can reach picks of 450 actions-per-minutes. For this obvious reason, viewers cannot follow the game by watching the screens of the players. Competitions thus require an external observer following the game and showing important actions. However, being an observer requires a comprehensive knowledge of the game as well as anticipation and entertainment faculties. Few persons are able to gather those skills, making them more famous than some professional players.

In this work, we propose an automatic observer able to catch every piece of action to assist or replace the human observer. The fol-

lowing section briefly describes our approach to answer this problem.

## 2 Overview of the method

We set ourselves two constraints to the realization of an automatic observer : on one hand real time calculation to be used in the context of a game with pro players, and on the other hand, to use only standard information that can be found in any RTS (position, unit price, damage, ...). As far as we know, no previous research works have been made on this topic in the video game context. Nevertheless, we found on TeamLiquid (a famous website about StarCraft) an attempt to automatically product Youtube videos from finished game logs [2]. However, this solution is based on simple *ad-hoc* rules and thus is only applicable to StarCraft 1. Our objective is to remove this assumption even though few games can be linked to user code due to legal issues.

In our model, each entity has 3 potentials computed in real time :

AGGRESSIVE POTENTIAL allows to anticipate the interest of an upcoming fight by taking into account the distance to the enemy and the damage per second

ECONOMIC POTENTIAL informs on base creation, workers training, etc.  
STRATEGIC POTENTIAL shows information-taking units (called *scoot*)

Those 3 features are the most important sides of a competitive RTS game. Indeed, players need workers and bases to gather resources allowing them to build an army. However, as they cannot train workers and units at the same time, they need to choose to go aggressive or economic based on gathered strategic information. The purpose of this model is to show where and when those choices are made and thus complementing the work of the casters (the commentators).

To that end, the map is discretized so that each cell aggregates the potentials of all entities composing it. The camera is then positioned at the maximum value of the resulting matrix. To adjust the positioning to the action, we smooth the potential matrix using a gaussian kernel. This allows, for instance, to position the camera between two armies facing each other. We also added two dynamic parameters to the camera : *commitment* and *weariness* in order to limit both too-frequent disturbing changes and over-attention to the same area.

### 3 Implementation

Based on this method, we develop an automatic observer called *Gravitic Boosters*<sup>1</sup>. We tested our approach on StarCraft BW<sup>2</sup> using the BWAPI API [1] which enables to retrieve all live information and take control of both the units and the game interface. As a side note, this API has been used for 5 years in several StarCraft AI Competitions, supported by the University of Alberta<sup>3</sup>.

The figure above shows a StarCraft game and a corresponding visualization of the 3 potentials as a heat map. RGB colors are used to encode the 3 components : red represents the aggressive potential, green the economic potential and blue the strategic one.

### 4 Perspectives

We consider several perspectives in the context of this work in order to increase the

accuracy of our observer. Firstly, we plan to take into account the spaciality of the events (unit creations, skirmishes, etc.). Self-Organizing Maps seem very adapted for such a purpose. Secondly, we could use clusterization to group similar game sequences. This will allow the automatic observer to not only follow the action, but also explain what it is going on. Those two perspectives are works in progress.

The video game industry continues to expand while almost no AI has been involved in this expansion [5]. Unfortunately, AI seems not to be a priority of publishers compared to e.g. graphics with a better marketing value. Nevertheless, we believe that AI can bring more to this media. We try to illustrate this point with our work presented in this paper. Recent competitions with over 10.000.000\$ in prize money and stadiums under construction are among indicators that video games and e-sport especially provide real life applied research opportunities. We argue that such research should be encouraged to take advantage of this recent expansion.

### Références

- [1] BWAPI. An api for interacting with starcraft : Brood war, 2015. <http://github.com/BWAPI/BWAPI>.
- [2] djsherman. Replay->vod tool, 2010. <http://www.teamliquid.net/forum/brood-war/142828-replay-vod-tool>.
- [3] Kenneth D Forbus, James V Mahoney, and Kevin Dill. How qualitative spatial reasoning can improve strategy game ais. *IEEE Intelligent Systems*, 17(4) :25–30, 2002.
- [4] Joshua McCoy and Michael Mateas. An integrated agent for playing real-time strategy games. In *AAAI*, volume 8, pages 1313–1318, 2008.
- [5] Risto Miikkulainen. Creating intelligent agents in games. In *Frontiers of Engineering : : Reports on Leading-Edge Engineering from the 2006 Symposium*, page 15. National Academies Press, 2007.
- [6] Frederik Schadd, Sander Bakkes, and Pieter Spronck. Opponent modeling in real-time strategy games. In *GAMEON*, pages 61–70, 2007.
- [7] Ben George Weber and Michael Mateas. Case-based reasoning for build order in real-time strategy games. In *AIIDE*, 2009.

1. <http://github.com/EHadox/GraviticBoosters>

2. <http://us.blizzard.com/en-us/games/sc/>

3. <http://webdocs.cs.ualberta.ca/~cdavid/starCraftaicomp/>

# En immersion avec des Personnages Non-Joueurs socio-émotionnels

Joseph P. Garnier<sup>1</sup>

Karim Sehaba<sup>2</sup>

Jean-Charles Marty<sup>3</sup>

Université de Lyon, CNRS

<sup>1</sup>Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

<sup>2</sup>Université Lyon 2, LIRIS, UMR5205, F-69676, France

<sup>3</sup>Université de Savoie, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

## Résumé

*Créer un sentiment d'immersion pour les joueurs est un défi majeur pour les concepteurs de jeux vidéo. Ce sentiment plonge les joueurs dans l'histoire mise en scène et contribue grandement à la réussite d'un jeu vidéo. L'un des moyens d'y parvenir est de créer un environnement, un monde, une histoire et des Personnages Non-Joueurs (PNJ) crédibles. Dans cet article nous présentons une approche visant la création de mondes plus immersifs dans lesquels les PNJ ont un comportement cohérent. Pour cela nous les dotons de capacités émotionnelles, de relations sociales et de traits de personnalité. Ces travaux sont inspirés de la psychologie où les émotions sont reconnues comme permettant aux êtres vivants de prendre des décisions rationnelles et cohérentes. Les résultats de ces travaux sont appliqués à un jeu vidéo simulant un centre aéré, où cohabitent un modèle cognitif et des techniques classiques d'IA du domaine du jeu vidéo.*

## Mots Clef

émotions, informatique affective, agents, jeu vidéo, personnalité, relations sociales.

## 1 Introduction

L'immersion est au coeur de l'expérience vidéo ludique [Arsenault and Picard, 2008]. Les jeux vidéo promettent en effet aux joueurs de vivre des situations "de l'intérieur". L'immersion peut être augmentée de plusieurs façons. Nous nous intéressons à l'approche qui consiste à plonger le joueur dans l'histoire et l'environnement virtuel à tel point qu'il s'identifie et devient émotionnellement attaché à son personnage. Pour cela, nous pouvons doter les Personnages Non-Joueur (PNJ) de comportements cohérents. Plus précisément, le comportement d'un PNJ doit être compatible avec ce que nous avons observé précédemment (cohérent dans le passé) et les PNJ doivent effectuer des actions adéquates et plausibles en réponse aux événements qui surviennent dans leur environnement (cohérent dans le présent).

Une façon d'atteindre cette cohérence consiste à intégrer dans le modèle décisionnel du PNJ une "couche émotionnelle" à travers laquelle les événements perçus seront évalués. Les personnages capables d'exprimer leurs senti-

ments et de réagir émotionnellement à des événements sont plus susceptibles de créer l'illusion qu'ils sont en quelque sorte "vivants". Les travaux de psychologie montrent que l'émotion chez les êtres vivants se trouve à l'interface entre l'organisme et l'environnement pour leur permettre de prendre des décisions rationnelles. Toutefois, l'émotion seule n'est pas suffisante pour assurer la cohérence recherchée puisque qu'elle est influencée par des dimensions stables et durables dans le long terme, c'est-à-dire des traits de *personnalité*. De plus, on peut introduire la notion d'*expérience individuelle* du PNJ, c'est-à-dire l'ensemble des événements auxquels le personnage a fait face et mémorisés, dans sa prise de décision. Dans un grand nombre de jeux vidéo, les PNJ ont des rôles et appartiennent à des groupes sociaux, cela implique qu'il y ait des *relations sociales*, supportées par des interactions sociales, dont il faut tenir compte dans les décisions.

Dans un jeu vidéo, l'intelligence artificielle est contrainte en raison de la volonté des "games designers" de vouloir maîtriser les comportements des personnages à des fins scénaristiques. Le raisonnement y est limité et le comportement est défini à priori au moment de la conception. Il faut prendre en compte ces contraintes lors de l'élaboration d'un modèle cognitif.

Dans ce contexte, nous exhiberons une architecture cognitive appliquée au jeu vidéo, qui intègre les relations sociales et la personnalité dans la perception et l'expression émotionnelle. De plus, les PNJ peuvent exprimer des émotions et prendre des décisions en accord avec leurs buts, leurs besoins, leur personnalité et leur relations sociales. Dans une première partie nous présenterons un état de l'art et une proposition du point de vue du domaine des agents cognitifs en affective computing, puis nous exposerons les contraintes auxquelles nous devons faire face lors du développement d'une IA pour un jeu vidéo. Finalement nous déroulerons un scénario mettant en oeuvre un PNJ dans une simulation de centre aéré développée par un studio partenaire de jeux vidéo.

## 2 L'émotion en affective computing

Que ce soit en psychologie, en sciences humaines et sociales ou en physiologie, la littérature sur l'étude des émotions et des relations sociales est très riche, et servira de



base à notre travail. Selon les psychologues, l'émotion se manifeste comme un processus dynamique [Arnold, 1960] qui consiste à :

1. évaluer subjectivement et constamment les objets, les comportements, les événements, et les situations, en fonction de leurs effets sur les valeurs, les buts, et le bien-être général de l'individu ;
2. préparer à l'action, physiologique et psychologique, appropriée au stimulus ;
3. communiquer des réactions, états et intentions de l'organisme.

L'organisme est ici remplacé par les PNJ, classiquement représentés par des agents. En informatique affective, la modélisation de processus émotionnels dans les systèmes computationnels est étudiée depuis les années 80, pour connaître aujourd'hui une application de plus en plus importante en robotique notamment. Les recherches en sciences affectives de ces dernières années ont permis l'émergence de modèles intégrant la composante "sociale" aux processus émotionnels en combinant plusieurs modèles [Ochs et al., 2009] issus des sciences cognitives tels que OCC [Ortony et al., 1988] et PAD. Cependant, bien que sa mise en application soit aisée, d'où sa grande popularité, OCC propose un nombre restreint de critères d'évaluation (dont aucun ne concerne l'aspect social de l'interaction) desquelles sont issus, après évaluation, un état émotionnel et une intensité sans fournir la réaction comportementale, appelée *coping*, à adopter ; il n'est pas proposé de préparation à l'action et d'expression de l'état émotionnel. En psychologie Scherer a proposé le *Component Process Model* (CPM) [Scherer, 2009] qui est un modèle complet partant de l'évaluation du stimulus par treize critères (dont deux en rapport avec les normes et les relations sociales) jusqu'à l'expression physiologique, motrice et facile de l'émotion. En outre, il propose une représentation de l'état émotionnel sous forme de vecteur correspondant à une émotion telle que la joie, la colère, etc. Cependant contrairement à OCC, CPM n'a pas été conçu pour être mis en oeuvre dans un système informatique mais pour modéliser le processus émotionnel présent chez les humains. Malgré cet inconvénient et outre sa reconnaissance par la communauté des psychologues, il a l'avantage non négligeable de fournir au concepteur du jeu vidéo, une explication de l'origine des réactions émotionnelles des PNJ, chose impossible avec OCC. Pour cette raison, nous avons choisi de nous appuyer sur le modèle CPM.

### 3 L'environnement contraint du jeu vidéo

Dans les jeux vidéo les actions des joueurs orientent la progression de la narration. Le concepteur ne peut donc pas prédire le cours pris par l'histoire car il ne peut dire à l'avance où le joueur va la mener. C'est pourquoi la crédibilité des PNJ devient complexe à garantir. Une approche est de considérer l'arbre des possibles, dans lequel

chaque choix du joueur (action, dialogue, etc.) correspond à un embranchement. Le comportement des PNJ est alors modélisé à l'avance à l'aide, par exemple, d'un *Behavior Tree* (BT) pour définir les embranchements. Les BT sont fréquemment utilisés contenu du fait qu'ils garantissent a priori un maintien du scénario dans la direction souhaitée. L'inconvénient majeur des BT est qu'ils peuvent devenir très denses et difficiles à maintenir à partir du moment où l'on désire donner un comportement complexe à un PNJ ; un comportement cohérent passe aussi par la remise en cause des buts et des décisions lorsque des nouveaux événements surviennent alors que le personnage parcourt l'arbre, les BT permettent difficilement cela.

## 4 Simulateur de centre aéré

Nous avons choisi d'illustrer nos travaux dans le cadre d'un jeu développé par un studio de jeux vidéo partenaire, qui propose au joueur de gérer un centre aéré/garderie peuplé de personnages de la mythologie, durant sept jours. Chaque journée représente une période de jeu et se termine par un bilan. Le but du jeu est de contenter un maximum les enfants et leurs parents. Le joueur incarne le directeur du centre, alors que les animateurs et les enfants sont des PNJ dirigés par le modèle CPM et des BT. Durant la journée le directeur propose aux animateurs d'organiser des activités aux enfants. Les enfants et les animateurs sont munis de plusieurs jauges de besoin et d'une hiérarchie de buts évoluant au gré des événements internes (les besoins) et externes (les ordres donnés par les animateurs). Ainsi lorsqu'un but imposé (tel que "participer à l'atelier peinture") rentre en contradiction avec un but choisi pour satisfaire un besoin (tel que "aller manger") des émotions vont être exprimées. Finalement, l'enjeu pour le directeur, et donc le joueur, est de rendre les enfants heureux en déterminant quelle activité est la plus adaptée pour quels enfants selon les émotions qu'ils expriment.

## 5 Conclusion et perspectives

Dans l'objectif d'augmenter l'immersion du joueur en ayant un jeu vidéo cohérent, nous proposons d'intégrer la capacité au PNJ d'évaluer les événements survenant afin d'exprimer des émotions et des comportements rationnels. Nous proposons également de définir des traits psychologiques constants aux PNJ, de la personnalité, ainsi qu'une prise en compte des normes et des relations sociales dans le choix des décisions. Après avoir justifié du choix du modèle CPM en tant que modèle émotionnel, nous avons exposé les contraintes imposées dans les IA des jeux vidéo lorsque l'on souhaite avoir des comportements complexes. Finalement, nous mettons en oeuvre dans un simulateur de centre aéré notre modèle issu du monde des agents cognitifs, en cohabitation avec des algorithmes usuellement utilisés dans les jeux vidéos.

## Remerciements

Ces travaux se déroulent dans le cadre du projet BeInG et d'une thèse CIFRE financée par le studio de jeux vidéo Artefacts Studio et par l'ANRT.

## Références

- [Arnold, 1960] Arnold, M. B. (1960). *Emotion and personality*.
- [Arsenault and Picard, 2008] Arsenault, D. and Picard, M. (2008). Le jeu vidéo entre dépendance et plaisir immersif : les trois formes d'immersion vidéoludique. *Proceedings of HomoLudens : Le jeu vidéo : un phénomène social massivement pratiqué*, pages 1–16.
- [Ochs et al., 2009] Ochs, M., Sabouret, N., and Corruble, V. (2009). Simulation of the Dynamics of Nonplayer Characters' Emotions and Social Relations in Games. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 1(4) :281–297.
- [Ortony et al., 1988] Ortony, A., Clore, G. L., and Collins, A. (1988). *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, first edit edition.
- [Scherer, 2009] Scherer, K. R. (2009). Emotions are emergent processes : they require a dynamic computational architecture. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1535) :3459–74.



# Competitions d'IA dans les jeux : un retour d'expérience

Florian Richoux  
Université de Nantes,  
`florian.richoux@univ-nantes.fr`

Depuis 2011, je participe aux deux compétitions annuelles d'IA pour le jeu de stratégie en temps réel [StarCraft](#), organisées au sein des conférences Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment ([AIIDE](#)) et Computational Intelligence and Games ([CIG](#)). Mes quatre années de participation m'ont permis de prendre en certain recul par rapport à ces compétitions, et d'en proposer une analyse caractérisant leurs points forts, leurs points faibles et comment on peut les améliorer.

## 1 StarCraft AI competitions

Les compétitions d'AI pour StarCraft de [AIIDE](#)<sup>1</sup> et [CIG](#)<sup>2</sup> sont finalement les mêmes, avec les mêmes règles, se déroulant plus ou moins dans les mêmes conditions, utilisant les mêmes outils d'organisation et gestion de match, et pratiquement avec la même liste de participants. En plus, elles ont toutes les deux lieu au même moment, entre le début et la mi août.

StarCraft est un jeu de stratégie en temps réel où le joueur doit gérer une ou plusieurs bases et exploiter des ressources, afin de produire des unités composant son armée et de se développer technologiquement, dans le but de raser les bases adverses. La partie se termine quand un joueur a perdu son dernier bâtiment. Dans le cadre des compétitions d'IA, un *timeout* d'une heure de jeu est en place, et les joueurs sont départagés aux points. Le système de point étant un peu complexe, je ne le détaillerai pas ici.

Chaque IA joue contre chaque autre IA, plusieurs fois, et sur différentes cartes (connues à l'avance, elles sont listées dans les règles). Un système de lecture/écriture de fichiers permet d'enregistrer des informations d'une partie

---

1. <http://webdocs.cs.ualberta.ca/~cdavid/starcraftaicomp>  
2. [http://cilab.sejong.ac.kr/sc\\_competition/](http://cilab.sejong.ac.kr/sc_competition/)

afin de les exploiter lors des parties suivantes. Il s'agit donc d'une mémoire qui permet de mettre en place des méthodes de *machine learning*, par exemple. La compétition terminée, les IA sont classées en fonction de leur taux de victoire.

## 2 Les bons points ...

- **Sexy.** StarCraft est le jeu de stratégie en temps réel le plus vendu de l'histoire, et malgré son âge (sorti en 1998) il reste très populaire. Ceci attire des participants, mais intrigue également des personnes lambda sur ce qui se fait en IA aujourd'hui. C'est un formidable vecteur de vulgarisation scientifique.
- **Complexe.** StarCraft est un jeu riche, complet. En soit, il est déjà difficile à gérer pour une AI, mais le brouillard de guerre masquant les faits et gestes de l'adversaire achève de rendre très *challenging* la conception d'une IA : cette dernière doit inférer un contexte à partir de bribes d'informations.

## 3 ... et les mauvais

- **Trop complexe en fait.** J'ai la conviction que le jeu est trop profond pour l'état de l'art en IA. Il est beaucoup plus efficace de faire une "IA" aux comportements quasi-intégralement pré-programmés que de faire quelques chose d'intelligent. Il n'y a qu'à voir les IA participants aux compétitions, stupides à souhait (même et surtout les plus efficaces). La mienne ne coupe pas à la règle.
- **La compétition pour la compétition,** pas pour la science. C'est un défaut que je retrouve dans beaucoup de compétitions académiques, par exemple les compétitions SAT ou MiniZinc : les participants font des programmes calqués pour remporter ces compétitions, pas pour faire progresser la science.

## 4 Une proposition

- Faire une compétition sur un jeu de stratégie plus simple, plus limité que StarCraft. Par exemple [Advance Wars](#) : jeu en tour par tour, sur

des cartes bien plus petites avec beaucoup moins d'unités. Les possibilités sont nettement plus restreinte que sur StarCraft, tout en gardant des concepts complexe à appréhender, comme la gestion de ressources et l'information incomplète. De plus, Advance Wars est également un jeu très populaire.

- Tirer des règles aléatoires à chaque début de partie (par exemple, des caractéristiques d'unités), afin de nullifier tout comportement pré-programmé.

À en débattre lors de la journée Jeux Vidéo et IA!

# Outils et modèles de conception de comportements de personnages non-joueurs pour simplifier la réalisation d'IA dans les jeux vidéo

Caroline Chopinaud\* & Juliette Lemaître\*\*,\*\*

\*MASA Group, 75002 Paris

{[caroline.chopinaud](mailto:caroline.chopinaud@masagroup.net), [juliette.lemaitre](mailto:juliette.lemaitre@masagroup.net)}@masagroup.net

\*\*Heudiasyc - UMR CNRS 7253, Université de Technologie de Compiègne, 60200 Compiègne, France  
[juliette.lemaitre@hds.utc.fr](mailto:juliette.lemaitre@hds.utc.fr)

## Introduction

L'industrie des jeux vidéo est confrontée à un besoin de productivité élevée face à un public toujours plus exigeant. De nombreux systèmes d'IA sont développés par la recherche académique, cependant rares sont les utilisations de ces systèmes dans les jeux commerciaux, ce qui suppose une méconnaissance de ces systèmes par les industriels ainsi qu'une incompatibilité entre les besoins de l'un et les promesses de l'autre. En effet, pour qu'un système de création d'IA soit utilisé par une entreprise de création de jeux vidéo, il est nécessaire qu'il respecte certains principes : laisser du contrôle au concepteur en lui laissant une grande liberté de conception tout en simplifiant la création à l'aide d'un outil intelligible. Le contrôle est nécessaire pour permettre au concepteur de créer l'expérience souhaitée pour le joueur et de la reproduire et ce sans limitation et interférence négative du système. L'intelligibilité quant à elle permet d'accélérer la prise en main de l'outil, en rendant transparente et donc compréhensible les modèles mis en œuvre et les résultats visualisés dans le jeu final. Ces aspects sont rarement traités par la recherche académique qui s'axe plus sur l'optimalité des solutions proposées au détriment du contrôle.

Dans ce contexte, le département R&D de MASA étudie des solutions de conception d'IA qui permettent aux game-designers de créer rapidement et simplement des comportements autonomes et adaptatifs de personnages non-joueurs. Notre principal objectif est de proposer des solutions d'édition, d'exécution et de debug de comportements par l'intermédiaire d'un éditeur graphique pour rendre accessible des concepts de mécanismes de prise de décision à des non-experts en IA et en programmation. Nous nous proposons de détailler plus principalement deux projets de recherche réalisés actuellement appliqués au domaine des jeux vidéo. Le premier projet sur la modélisation de comportements stratégiques est réalisé dans le cadre d'une thèse en contrat CIFRE avec l'UTC. Le second projet est un projet de R&D visant à offrir un outil de conception de comportements de personnages de second plan, financé dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir (PIA-FSN-2012) par la Direction Générale des Entreprises.

## Génération de comportements stratégiques

Ces travaux de thèse ont pour objectif de proposer un outil répondant aux caractéristiques de contrôle et d'intelligibilité et permettant de créer des intelligences artificielles stratégiques gérant un nombre important de ressources et les utilisant pour effectuer des actions. Ce type de gestion est par exemple présent dans les jeux vidéo de type 4X (i.e. *eXploration*, *eXploitation*, *eXpansion*, et *eXtermination*), où la gestion de la création et de l'utilisation des ressources sont les processus clés pour remporter la partie. Le nombre important de possibilités d'actions et l'imprédictibilité du jeu des adversaires rend impossible la détermination d'une stratégie optimale. Ajoutées à cela les multiples sources de victoires possibles (*Civilization* par exemple en présente 6 différentes) accroissant encore la complexité des stratégies mises en œuvre, il apparaît alors nécessaire, lors de la création des IA, de faire des choix de conception sur des préférences qui vont orienter la prise de décision et qui vont en quelque sorte refléter différentes personnalités des IAs et ainsi dans l'exécution des stratégies. La mise en œuvre d'IA dans ce type de jeu est un processus complexe, coûteux et difficile à contrôler pour garantir une bonne adéquation de l'IA avec les attentes du joueur. Dans cette thèse nous souhaitons proposer un modèle adapté à cette problématique permettant de concevoir des comportements dits stratégiques sous la forme d'un graphe de comportements hiérarchiques et d'un modèle de ressources adapté [1] auquel est associé un ensemble de valeurs reflétant les préférences de l'IA créée. Un générateur de stratégie vient compléter le système pour construire à partir d'un ensemble simple de données sur le jeu, d'objectifs et de contraintes sur les stratégies à mettre en œuvre, les stratégies attendues pour le jeu.

## OCTAVIA, un outil de création de scènes de vie

OCTAVIA est un projet de R&D dont l'objectif principal est de proposer un outil de conception de comportements scénarisés et orchestrés de personnages non-joueurs servant à la création d'ambiance et de peuplement d'environnements virtuels, en particulier pour les jeux vidéo. Ce type de personnages de second plan généralement regroupés pour réaliser des "scènes de vie" sont assez simplement utilisés dans des jeux comme *Assassin's creed*, *Skyrim* ou *Watch Dog*. Actuellement les comportements proposés sont encore assez répétitifs et peu interactifs. Dans le cadre de ce projet nous développons un outil dédié à la mise en place de ces scènes en couplant orchestration et autonomie des comportements pour améliorer la pertinence et l'adaptativité des scènes proposées au joueur [2]. Grâce aux concepts développés dans cet outil, la réalisation des scènes de vie est simplifiée et permet aux designers de contrôler et adapter le déroulement des scènes en fonction des besoins du jeu. En particulier, l'outil permet de créer des bibliothèques de scènes réutilisables et paramétrables lors de leur instanciation dans l'environnement virtuel cible. Une première version de l'outil a été développée dans Unity3D et sera expérimenté par les partenaires du projet (CNAM, BSE Group, Black Sheep Studio) sur différents cas d'usage (ville virtuelle, jeux vidéo stratégique...).

## Références

- [1] J. Lemaitre, D. Lourdeaux, and C. Chopinaud, "Towards a resource-based model of strategy to help designing opponent AI in RTS games," in *7th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2015)*, vol. 1, pp. 210–215.
- [2] E. De Sevin, C. Chopinaud, and C. Mars, "Smart zones to create the ambiance of life". *Game AI Pro 2: Collected Wisdom of Game AI professionals*, RCS Press, 2015

## **Les simulateurs de déplacements et jeux vidéos : l'interaction sujet – personnage non joueur peut elle être un objet d'intérêt commun ?**

Jean-Michel Auberlet  
Fabrice Vienne

Université Paris-Est, IFSTTAR, COSYS, LEPSIS, F-77447 Marne-la-Vallée, France

Depuis maintenant plusieurs décennies, dans le domaine des transports terrestres, les simulateurs de conduite ont vu leur développement et leur utilisation se démocratiser. Ces simulateurs peuvent se décliner sous plusieurs configurations allant des plus complexes comme les simulateurs dynamiques 6-axes équipés d'écran semi cylindrique (1) aux plus simples comme les simulateurs de table équipés d'un seul écran et d'un volant (2). Aujourd'hui, d'autres simulateurs de déplacements ont vu le jour, comme des simulateur moto, vélo et de marche. Ces deux derniers genres restent encore assez confidentiels dans leur développement et leur diffusion.

Les utilisations de ces simulateurs ont des objectifs qui peuvent majoritairement se classer en 3 catégories :

- l'enrichissement des connaissances sur le comportement des sujets – le simulateur est utilisé pour mettre les sujets dans une situation pour étudier ses comportements comme par exemple la conduite dans le brouillard, le franchissement d'intersections ou la traversée de rue (3);
- l'évaluation a priori de dispositifs – ces dispositifs peuvent aussi bien être des aménagements routiers que des systèmes d'aide à la conduite, dont on veut étudier l'impact sur les comportements (4);
- l'apprentissage et la formation – pour ces applications, le simulateur est un médium pour l'acquisition et/ou la mobilisation des compétences du sujet par rapport à une situation ou une tâche donnée (5).

Ces objets technologiques sont en évolution constante grâce aux progrès réalisés dans d'autres domaines, ce qui permet de dire qu'un simulateur de déplacements est une combinaison de technologies. Les axes de recherche et de développement concernent en majorité : 1) le visuel, tant par la qualité des images (la technologie High Dynamic Range par exemple (6)), que par les interfaces associées (utilisation des Head Mounted Displays) ; 2) la restitution du mouvement (accélération longitudinales, transversales et verticales, (7)) ; et 3) le rendu sonore (auralisation).

Si les simulateurs présentent de nombreux avantages, tel que le coût financier par rapport à des expérimentations en situation réelle, plusieurs freins viennent limiter leur essor. Le premier d'entre eux concerne la validité de ces outils. Malgré les nombreuses définitions autour du concept de validité, la question du transfert demeure : comment les résultats obtenus en simulation peuvent ils s'appliquer dans le monde réel ? Cette question dépasse les frontières du seul domaine des simulateur de déplacements. Une seconde limite concerne les interactions avec la scène virtuelle proposée aux sujets, et en particulier les interactions avec les personnages non joueurs (PNJ). La majorité des études réalisées sur simulateur de conduite le sont avec des PNJ scriptés, ie sans aucune autonomie. De fait les environnements proposés aux sujets sont souvent peu peuplés car la complexité des scénarios augmente avec le nombre de PNJ à coordonner. Pour certaines situations comme la conduite dans le brouillard ou la conduite de nuit sur autoroute, les situations ainsi simulées sont cohérentes avec celles que l'on peut rencontrer dans la vie réelle.

Par certains aspects, les simulateurs de déplacements peuvent s'apparenter à des jeux sérieux numériques. L'utilisation de systèmes immersifs, la réalisation de consignes, la vue subjective (ou « vue à la première personne ») sont autant d'éléments que l'on peut retrouver dans l'élaboration de jeux sérieux.

Les jeux sérieux numériques (digital serious games) sont devenus populaires dans les années 2000 (8). Leurs champs d'application sont très variés, allant des applications militaires à la psychiatrie (9) en passant par l'éducation. Une partie seulement des jeux sérieux utilisent des systèmes immersifs . Pour autant les progrès technologiques effectués ces dernières années notamment au niveau des interfaces visuelles (casques de réalité virtuelle) ouvrent de nouvelles perspectives, en particulier pour l'application à l'apprentissage et à la formation.

L'objectif de cette contribution est de proposer deux sujets de discussion qui pourraient favoriser le

rapprochement des communautés issues du monde des simulateurs de déplacements et des jeux vidéos.

Le premier sujet concerne les interactions entre le sujet/joueur et les PNJ. Dans le domaine du transport terrestre, le sujet doit pouvoir interagir avec d'autres usagers des transports, en particulier les usagers de la route, qu'ils soient piétons, cyclistes ou conducteurs d'engins motorisés. Selon nous un peuplement de scènes crédible et fidèle aux phénomènes physiques de groupe observables (lois de trafic, comportement de foules..., etc.), avec lequel un joueur pourrait interagir, permettraient d'élargir la variété des environnements et d'offrir ainsi de nouvelles perspectives dans le domaine de l'apprentissage et de la formation par exemple. Une autre perspective serait de pouvoir considérer des espaces simulés plus vastes.

Le second sujet concerne la validation des simulateurs et des jeux associés. Nous pouvons à minima distinguer deux types de validations. Le premier concerne le dispositif fourni au joueur/sujet. Un simulateur de conduite n'étant pas une voiture, une phase de familiarisation pour l'appropriation du dispositif est nécessaire. Les questions du contenu et de la durée de cette phase de familiarisation restent posées. Le second concerne les PNJ. Si les phénomènes physiques de groupes doivent être reproduits, la qualité individuelle des interactions doit également être reproduite (évitement de collision, conservation des liens de groupe pour des piétons, etc.). On se place alors dans une approche multi-échelle pour la validation. Si de nombreux travaux existent déjà dans la littérature, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour l'élaboration d'une méthodologie générique.

## **Bibliographie**

1. Mark Wilkinson, O.D., Timothy Brown, Ph.D., and Omar Ahmad, M.S. The National Advanced Driving Simulator (NADS) Description and Capabilities in Vision-Related Research. *Optometry - Journal of the American Optometric Association*; vol 83(6):79-84.
2. Florence Rosey, Jean-Michel Auberlet, Driving simulator configuration impacts drivers' behavior and control performance: An example with studies of a rural intersection, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 27, Part A, November 2014, Pages 99-111
3. Lobjois, R., Benguigui, N., & Cavallo, V. (2013). The effects of age and traffic density on street-crossing behavior, *Accident Analysis and Prevention*, 53, 166-175
4. J.-M. Auberlet, F. Rosey, F. Anceaux, S. Aubin, P. Briand, M.-P. Pacaux, P. Plainchault, "Impact of perceptual treatments on driver's behavior: from the driving simulators studies to the field tests - first results", In *Accident Analysis and Prevention*, Volume 45, March 2012, pp 91-98
5. Dommès, A., Cavallo, V., Vienne, F., & Aillerie, I. (2012). Age-related differences in street-crossing safety before and after training of older pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 44, 42-47.
6. J.Petit, R.Bremond, A high dynamic range rendering pipeline for interactive applications : in search for perceptual realism, *Visual computer*, 6-8, 26, 01/06/2010
7. A. Shahar, V. Dagonneau, S. Caro, I. Israël, R. Lobjois. Towards identifying the roll motion parameters of a motorcycle simulator. *Applied Ergonomics*, Volume 45, Issue 3, May 2014, pp. 734-740
8. Damien Djaouti, Julian Alvarez, Jean-Pierre Jessel, Olivier Rampoux: *Origins of Serious Games. Serious Games and Edutainment Applications 2011*: 25-43
9. Baus O, Bouchard S. Moving from Virtual Reality Exposure-Based Therapy to Augmented Reality Exposure-Based Therapy: A Review. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014;8:112. doi:10.3389/fnhum.2014.00112.



# Collecte dirigée d’information et jeux vidéo

Vincent THOMAS, Olivier BUFFET

Inria, Villers-lès-Nancy  
CNRS, Loria, UMR n° 7503, Vandœuvre-lès-Nancy  
Université de Lorraine, Loria, UMR n° 7503, Vandœuvre-lès-Nancy

Dans un certain nombre de jeux vidéo, des personnages non joueurs (PNJ) ont la capacité de planifier leur chemin vers un lieu désigné (adversaire visible ou point origine d’un bruit), capacité qui repose sur des algorithmes de recherche classiques (déterministes, voire pour MDP). Certains personnages pourraient être rendus plus réalistes en leur faisant adopter des comportements actifs de recherche d’information.

Nos travaux de recherche s’intéressent à la construction automatique d’agents intelligents en observabilité partielle. Dans ce contexte, des agents n’ont pas accès à toute l’information sur leur environnement (par exemple leur position reste inconnue), mais doivent, à partir d’observations, agir de manière à maximiser un critère de performance pré-défini.

Formellement, ce problème peut se représenter à l’aide du formalisme des POMDP (Partially Observable Markov Decision Processes). Un POMDP est défini par un tuple  $\langle S, A, T, r, O, obs \rangle$  [Smallwood and Sondik, 1973] où  $S$  désigne l’ensemble des états du système,  $A$  les actions possibles,  $T$  la fonction de transition qui à un état donné et une action associe une densité de probabilité sur les états suivants possibles,  $r$  la fonction de récompense dont on souhaite maximiser la somme le long de la trajectoire suivie,  $O$  l’ensemble des observations possibles et  $obs$  la fonction qui, à un état donné, associe une densité de probabilité sur les observations.

Trouver la politique optimale est un problème difficile car (1) pour décider de l’action optimale, il faut raisonner sur les conséquences à long terme de ses actions et (2), du fait d’une dynamique incertaine, on ne dispose pas de toute l’information nécessaire pour prédire à coup sûr les conséquences de ses actions. Ces éléments se traduisent par le fait que l’agent doit typiquement raisonner en calculant un état de croyance  $b$ , c’est-à-dire une distribution de probabilités sur les états possibles. Le calcul de l’état de croyance se fait simplement en appliquant la loi de Bayes, mais la recherche de la politique optimale doit requiert de raisonner sur l’espace continu des croyances possibles (à savoir un simplexe de dimension  $|S|$  si le POMDP a un nombre fini d’état). Les approches dites à base de points comme l’approche PBVI [Pineau et al., 2006] ou HSVI2 [Smith and Simmons, 2004] ont grandement contribué aux récents progrès dans la résolution de POMDP, ce qui a permis d’élargir l’applicabilité de ces modèles.

Cependant, le cadre des POMDP se limite à définir des problèmes pour lesquels l’objectif à atteindre peut être représenté par une fonction de récompense sur l’état du système. Ceci exclut en particulier les problèmes de collecte d’information pour lesquels le but n’est pas d’atteindre un état particulier mais de maximiser la connaissance dont on dispose sur l’état du système. Par exemple, le cadre des POMDP permet de modéliser un problème pour lequel on souhaite prendre un objet dissimulé initialement dans l’environnement, mais ne permet pas de représenter des problèmes dans lesquels on souhaite uniquement connaître au mieux la position de cet objet, sans nécessairement l’atteindre ou le percevoir. Ces problèmes de collecte d’information ont cependant de nombreuses applications comme les problèmes d’exploration et de cartographie en robotique ou les problèmes de diagnostic où l’objectif est de déterminer le plus rapidement et avec le plus de certitude l’état d’un patient.

Pour aborder les problèmes de collecte d’information, nous avons proposé un nouveau formalisme nommé “rho-POMDP” [Araya-López et al., 2010a] pour lequel la fonction de récompense

du système est dépendante non pas de l'état du système, mais de l'état de croyance maintenu par l'agent au fur et à mesure des actions faites et des observations reçues. La récompense dans ce cas est représentée par une fonction destinée à évaluer la quantité d'information associée à l'état de croyance, typiquement son entropie même si d'autres mesures sont possibles. Maximiser la somme des récompenses revient alors à agir pour réduire l'incertitude sur l'état du système.

Avant la proposition des rho-POMDP, de tels problèmes de collecte d'information étaient abordés à l'aide d'heuristiques ou d'approches gloutonnes sous-optimales consistant typiquement à choisir l'action permettant de réduire au mieux au pas de temps suivant l'incertitude sur l'état. En plus de définir le formalisme des rho-POMDP, Araya-López et al. [2010a] ont montré comment adapter les algorithmes classiques pour POMDP (comme PBVI) afin de résoudre les nouveaux problèmes ainsi formulés.

Nous pensons que ces travaux ont aussi des intérêts dans le cadre des jeux vidéos car ils permettent la construction de personnages non-joueurs réalistes capables de raisonner sur ce qu'ils peuvent voir du monde pour chercher à acquérir plus d'information et pour en déduire la localisation, les actions et les motivations de personnages joueurs.

Un des problèmes jouets que l'on pourra présenter est le problème de construction du comportement du prédateur dans un problème de type "jeu de cache-cache" [Araya-López et al., 2010b]. Dans ce problème, un fugitif et un traqueur se trouvent dans un labyrinthe. L'état du système est représenté par le couple contenant leurs positions respectives. Tous deux se déplacent simultanément de case en case. A chaque pas de temps, le traqueur peut observer les cases du labyrinthe qui ne sont pas occultées par les murs. Qu'il perçoive sa cible ou non, il peut à chaque instant mettre à jour sa connaissance de (sa croyance sur) la position du fugitif. La politique du traqueur consiste alors à explorer l'environnement pour connaître avec le plus de certitude possible la position du fugitif en intégrant les déplacements de ce dernier.

Les différentes approches citées précédemment (heuristiques ou variantes d'algorithmes pour POMDP) sont envisageables, selon le degré d'optimalité souhaité et les moyens de calcul disponibles. Des pistes de recherche restent ouvertes sur d'autres approches permettant de résoudre efficacement les rho-POMDP.

Nous pensons que de telles d'approches (basées sur des modèles de Markov et le raisonnement bayésien) pourraient aussi permettre de construire des croyances sur le comportement de joueur (et non pas de son personnage) et avoir des éléments pour tenter de modifier le jeu en fonction des attentes du joueur et nous espérons pouvoir échanger autour de ces approches lors de l'atelier proposé.

## Références

- M. Araya-López, O. Buffet, V. Thomas, and F. Charpillet. A POMDP extension with belief-dependent rewards. In *Advances in Neural Information Processing Systems 23 (NIPS-10)*, 2010a.
- M. Araya-López, V. Thomas, O. Buffet, and F. Charpillet. Des POMDPs avec des variables d'état visibles. In *Actes des cinquièmes journées francophones planification, décision, apprentissage pour la conduite de systèmes (JFPDA'10)*, 2010b.
- J. Pineau, G. Gordon, and S. Thrun. Anytime point-based approximations for large POMDPs. *Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR)*, 27 :335–380, 2006.
- R.D. Smallwood and E.J. Sondik. The optimal control of partially observable Markov decision processes over a finite horizon. *Operation Research*, 21 :1071–1088, 1973.
- T. Smith and R.G. Simmons. Heuristic search value iteration for POMDPs. In *Proceedings of the Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI)*, 2004.

# Energy Management in Buildings using Serious Games

Ayesha Kashif, Julie Dugdale, Stephane Ploix, Patrick Reignier

*ayesha.kashif@imag.fr<sup>a</sup>, julie.dugdale@imag.fr<sup>b</sup>, stephane.ploix@inpg.fr<sup>a</sup>, patrick.reignier@inria.fr<sup>b</sup>*

*<sup>a</sup>Laboratory of Grenoble for Sciences of Design, Optimisation and Production (G-SCOP), University of Grenoble, 46 Avenue Felix Viallet, 38031, Grenoble, France*

*<sup>b</sup>Grenoble Informatics Laboratory (LIG), University of Grenoble, 110, Avenue de la Chimie, 38400, Saint Martin d'Hère, France*

Inhabitants play a key role in buildings' global energy consumption. However, it is difficult to involve people in energy management. Our objective is to make energy consumption visible by simulating the energy impacting behaviours of inhabitants using EnergyPlus building simulation software and a 3D virtual environment. It will make energy consumption more obvious to people, thanks to a serious game. A methodology to build a serious game for energy management in buildings, is proposed. The occupants will experience the impact of their different behaviours on energy consumption, while playing the game. In this way, the game will not only provide awareness about energy management but also will motivate the occupants for energy savings. In this regard, there are certain levels of complexity proposed for the game. In the very first step, the game is run as a simulation where the player can drive the character and record the energy consumption and comfort levels. He can then change some external conditions and replay to analyse performance. In the next steps, however, the game would become more complex as the player would be given certain missions, and he has to drive the game character such as to achieve the goal. A mission could be, for example, cooking or washing while maintaining acceptable levels of cost and comfort. In this step, besides the human player some computer driven players would also be introduced. Further, to add more complexity and fun the player can provide energy advice to the computer driven players inside the game and can act as a building energy management system.

A methodology is proposed to build the serious game for energy management in buildings. It consists of 5 steps, the 3D modelling, animation, physical modelling, co-simulation, and game design. In order to build the game, 3D models of the character, the building or house, and objects and appliances are required. MakeHuman tool is used for character modelling that is an open source tool for making 3D models of virtual human characters. The 3D modelling of the house is done using SweetHome3D interior design application. The complex models (e.g. for an appliance) can be built inside Blender, which is a computer graphics application, used to create 3D visualizations.

Once 3D models have built, animations have to be applied on them. For the 3D virtual character, the animations could be anything that the game player wants the virtual character to do at home. For example, animations of walking around in the house, picking and putting things, opening and closing of doors, turning on/off buttons on appliances, etc. All these type of animations can be done in the graphics application i.e. Blender in this work.

The game engine that is selected to build the serious game is JMonkeyEngine that is a free, open-source software developed in Java. In JMonkey, transformation i.e. rotation, scaling and movements can be applied on 3D objects. It also allows to import 3D models and play animations. The character animation built in Blender can be loaded and played in JMonkey.

In order to analyse the impact of different activities performed by the occupants, the thermal and physical models of the building and appliances are required. EnergyPlus is used to build the physical models. It is a whole building energy performance simulation program used to model energy and water use in buildings. The physical model for the house in the game is built using Open Studio plug-in for Sketchup to make the sketch of the house.

After building the 3D models, and playing the animations in JMonkey, the physical models are attached to the 3D models to perform the Co-Simulation. This means that 3D game needs to be connected with EnergyPlus, and they can exchange the signals at run time. In this way the impact of the actions performed by the character in the game on different physical parameters e.g. temperature, CO2 levels and energy consumption, etc. would be measured. In order to interact with EnergyPlus model at runtime, it is required to export it as a Functional Mock-up Unit (FMU) that is based on the Functional Mock-up Interface (FMI) standard. FMI is a tool independent standard for the exchange of dynamic models and for co-simulation.

The last part of the methodology is game design. In game design, certain things are assured to make the game interesting. It is the most important part of the game where the player's continued motivation has to be ensured. In this work the things that motivate the player are the visualizations of how the different physical parameters change as he goes along in the game. The interest of the player is tried to maintain by the exploration of a 3D house equipped with different appliances and objects. These objects/appliances are not static; rather they change their visual and physical state as some action is performed on them. For example, the player can ask the character to pick the food on the table and put in the fridge, and empty fridge is now filled in with the food. The feedback of different actions in terms of the total energy consumption of the house also motivates the player to take such actions that could lead to minimum energy consumption.