



**HAL**  
open science

## IA & Jeux vidéos

Carole Adam, Nicolas Maudet, Philippe Morignot, Laurent Vercouter

► **To cite this version:**

Carole Adam, Nicolas Maudet, Philippe Morignot, Laurent Vercouter. IA & Jeux vidéos. Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 87, 2015, Association Française d'Intelligence Artificielle. hal-04595497

**HAL Id: hal-04595497**

**<https://ut3-toulouseinp.hal.science/hal-04595497>**

Submitted on 31 May 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

*BULLETIN*

*DE*

*L'AFIA*



JANVIER 2015

N° 87

*Association Française pour l'Intelligence Artificielle*

## Présentation du bulletin

Le Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle vise à fournir un cadre de discussions et d'échanges au sein de la communauté universitaire et industrielle. Ainsi, toutes les contributions, pour peu qu'elles aient un intérêt général pour l'ensemble des lecteurs, sont les bienvenues. En particulier, les annonces, les comptes rendus de conférences, les notes de lecture et les articles de débat sont très recherchés. Le Bulletin de l'AFIA publie également des dossiers plus substantiels sur différents thèmes liés à l'IA. Le comité de rédaction se réserve le droit de ne pas publier des contributions qu'il jugerait contraire à l'esprit du bulletin ou à sa politique éditoriale. En outre, les articles signés, de même que les contributions aux débats, reflètent le point de vue de leurs auteurs et n'engagent qu'eux-mêmes.

### Pour contacter l'AFIA

#### Président

Yves DEMAZEAU  
L.I.G./C.N.R.S., Maison Jean  
Kuntzmann, 110, avenue de la Chimie,  
B.P. 53, 38041 Grenoble cedex 9  
Tél : +33 (0)4 76 51 46 43  
Fax : +33 (0)4 76 51 49 85  
[Yves.Demazeau@imag.fr](mailto:Yves.Demazeau@imag.fr)  
<http://membres-lig.imag.fr/demazeau>

#### Serveur WEB

<http://www.afia.asso.fr>

#### Adhésions, liens avec les adhérents

Thomas GUYET  
Laboratoire Informatique d'Agrocampus-Ouest  
65, rue de Saint-Brieuc  
35042 Rennes cedex  
Mél. : [tresorier@afia.asso.fr](mailto:tresorier@afia.asso.fr)

#### Personnes morales adhérentes à l'AFIA

ENSMSE, Université Paris Dauphine, LORIA, LIRIS, LIMSI, IRIT/SMAC, EDF/STEP, LIPADE, IFFSTAR, LIRMM, TAO, LIFL, GREYC, LIG, ONERA, IRSTEA-TETIS, INRA, LITIS

#### Conseil d'Administration de l'AFIA

Yves DEMAZEAU, président  
Pierre ZWEIGENBAUM, vice-président  
Amélie CORDIER, vice-présidente  
Olivier BOISSIER, secrétaire  
Catherine FARON-ZUCKER, secrétaire adjoint  
Carole ADAM, secrétaire adjoint  
Thomas GUYET, trésorier  
Audrey BANEYX, trésorière adjointe  
Patrick REIGNIER, webmestre  
Cédric BUCHE, webmestre adjoint  
Florence DUPIN DE ST CYR - BANNAY, webmestre adjointe

#### Membres :

Patrick ALBERT, Sébastien KONIECZNY, Nicolas MAUDET, Davy MONTICOLO, Philippe MORIGNOT, Philippe MULLER, Laurent VERCOUTER, .

## Comité de Rédaction

#### Nicolas Maudet

##### Rédacteur adjoint

LIP6, Université Pierre et Marie Curie  
4, place Jussieu, 75005 Paris  
[maudetn@lip6.fr](mailto:maudetn@lip6.fr)

#### Philippe Morignot

##### Rédacteur adjoint

LIFEWARE, INRIA Rocquencourt  
Domaine de Voluceau,  
B.P.105, 78150 Le Chesnay  
[pmorignot@yahoo.fr](mailto:pmorignot@yahoo.fr)

#### Patrick Reignier

##### Rubrique « Résumés de thèse et HDR »

PRIMA, INRIA Rhône-Alpes  
655, avenue de l'Europe,  
38334 Saint-Ismier cedex  
[Patrick.Reignier@inrialpes.fr](mailto:Patrick.Reignier@inrialpes.fr)

#### Laurent Vercouter

##### Rédacteur en chef

LITIS, INSA de Rouen  
avenue de l'université,  
BP8 76801 St-Étienne-du-Rouvray  
[laurent.vercouter@insa-rouen.fr](mailto:laurent.vercouter@insa-rouen.fr)



## I.A. & Jeux vidéos

De nombreuses branches de l'Intelligence Artificielle se sont intéressées très tôt au domaine des jeux relevant notamment des défis sur la résolution automatique du problème posé ou sur la prise de décision d'un joueur artificiel. Naturellement, les mêmes questions apparaissent dans le cadre de jeux vidéos auxquelles s'ajoutent des besoins propres au support numérique. Le dossier spécial de ce bulletin est consacré à la présentation d'un ensemble de réalisations appliquant des méthodes d'Intelligence Artificielle au domaine des jeux vidéos. Ce dossier présente des approches issues à la fois du monde académique et de l'industrie et nous livre ainsi une intéressante confrontation de ces deux visions et de leur convergence. Notez que le thème de ce dossier sera poursuivi lors de la prochaine plateforme de l'Intelligence Artificielle à Rennes, avec l'organisation par l'AFIA et le Pôle Images & Réseaux d'un atelier "Jeux Vidéos et I.A." le 2 juillet 2015 (<http://pfia2015.inria.fr/journees-bilaterales/journee-jv-ia>).

Un compte-rendu des derniers événements et prix parrainés par l'AFIA vous est proposé avant ce dossier spécial. Il s'agit d'abord de la première journée de promotion de l'Intelligence Artificielle qui s'est tenue en octobre 2014 en l'honneur des cinq ECCAI Fellows français élus en 2014. Le second compte-rendu est un résumé des deux articles ayant reçu à égalité le prix de la meilleure contribution aux Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents. Notre rubrique récurrente présentant des résumés des thèses et HDR en I.A., soutenues dans le dernier trimestre, clôt ce bulletin.

Rappelons également le lien sur le site de notre association, où foisonnent annonces, cours et ressources en général :

<http://www.afia.asso.fr>

Bonne lecture.

**Laurent Vercouter, Nicolas Maudet & Philippe Morignot**  
Rédacteurs en chef

# Compte-rendu de la journée de Promotion de l'Intelligence Artificielle 2014

L'Association Française pour l'Intelligence Artificielle a organisé une journée d'interventions et de prospective en Intelligence Artificielle en l'honneur des ECCAI Fellows français élus en 2014. Cette journée s'est tenue sous le patronage du MESR DGRI (représenté par Pascal Estrailier, son Chargé de mission STIC), du CNRS INS2I (représenté par Michel Bidoit, son Directeur Scientifique), et d'Inria (représenté par Bertrand Braunschweig, Directeur du Centre de Recherche Rennes-Bretagne Atlantique). Lors de cette journée suivie par l'AG ordinaire de l'association, les participants ont pu avoir un aperçu de l'état des recherches, des avancées et des défis dans cinq domaines de recherche de l'Intelligence Artificielle : logique, créativité, décision sous incertitude, représentation des connaissances, et argumentation.

Andreas Herzig (IRIT, CNRS) a présenté un état de l'art sur les modèles logiques des systèmes multi-agents en se focalisant sur les concepts centraux : connaissance, croyance, temps et action. Dans une perspective de représentation des connaissances, il a discuté les aspects problématiques des approches standards et a posé la question de "Quelles logiques pour les systèmes multi-agents ?". Andreas a présenté les différents modèles qu'il a réalisés durant sa carrière et il les a positionnés dans cet état de l'art.

François Pachet (Sony CSL, Sony) à travers son exposé "Créativité et style : de nouveaux problèmes pour l'IA", a placé les questions de créativité, forme spécifique de l'intelligence humaine, et de style dans une perspective de renouvellement de la notion de problème, centrale dans notre discipline. L'exposé a décliné ces notions sous la forme de "bons" problèmes pour l'IA, qui soient à la fois bien posés et difficiles. Des applications dans le domaine des arts et de du divertissement ont illustré ses propos, plus particulièrement en relation avec la musique, sa spécialité.

Hélène Fargier (IRIT, CNRS) a offert un état de l'art des "Problèmes combinatoires de décision sous incerti-

tude". L'aide à la décision, et en particulier la décision sous incertitude, est un sujet aux traditions scientifiques anciennes, particulièrement en économie et en psychologie cognitive. Du fait de l'intérêt fondateur de l'IA pour les questions de représentation des connaissances et de raisonnement, de nouvelles approches logiques et qualitatives du problème ont été proposées permettant de raisonner non simplement pour savoir, mais aussi pour agir.

Jérôme Euzenat (LIG, Inria) dont la présentation intitulée "Représenter, communiquer, échouer" a abordé l'utilisation de connaissances dans la communication entre agents informatiques et humains. A partir du web sémantique, il a retracé les travaux visant à la mise en regard de représentations différentes. Réfutant le modèle d'ingénierie classique qui cherche à déterminer à l'avance les conditions de succès d'une communication, il a défendu la perspective de la communication interpersonnelle qui tire parti des multiples échecs pour être robuste et pour s'adapter à son contexte.

Leila Amgoud (IRIT, CNRS) a élaboré autour de "La théorie computationnelle de l'argumentation". L'argumentation est l'activité d'un agent lorsqu'il essaye de persuader un ou plusieurs agents (voire de s'auto-persuader) d'adopter un point de vue. La persuasion se fait par échange d'arguments soutenant ou réfutant le point de vue. Elle a montré les différentes manières de formaliser cette activité et de l'utiliser pour résoudre des problèmes bien connus en IA tels que le raisonnement en présence d'informations incohérentes et l'aide à la décision sous incertitude.

Cette journée fort appréciée des participants sera certainement renouvelée l'année prochaine pour continuer de promouvoir notre domaine à travers un panorama de travaux et des questions en Intelligence Artificielle qui sera dressé par d'autres intervenants, dont certains seront les nouveaux ECCAI Fellows des prochaines années.

Olivier Boissier & Yves Demazeau

# Prix du meilleur papier JFSMA 2014

## Contextualiser l'interaction entre agents en combinant dimensions sociale et physique au sein de l'environnement

S. Galland<sup>a</sup>, N. Gaud<sup>a</sup>, S. Rodriguez<sup>b</sup>, F. Balbo<sup>c</sup>, G. Picard<sup>c</sup> et O. Boissier<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire IRTES-SET, Institut IRTES, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 90010 Belfort, France*

<sup>b</sup> *Laboratoire GITIA, Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, San Miguel de Tucumán, CPA T4001JJD, Argentine*

<sup>c</sup> *Institut FAYOL, École Nationale Supérieure des Mines, 42000 Saint-Étienne, France*

L'environnement, en tant qu'espace partagé entre agents, est un élément essentiel d'un système multi-agent. Selon les systèmes, cet espace intègre des dimensions différentes comme une dimension physique support à l'ancrage spatial et à l'activité des agents, ou une dimension sociale support aux communications entre agents. Ces dimensions sont souvent traitées de manière indépendante et ne sont reliées qu'au sein de l'agent qui constitue alors le lieu de jonction et de combinaison des informations véhiculées dans ces différentes dimensions. Il s'avère cependant que la combinaison entre ces dimensions est à considérer également en dehors des agents pour pouvoir, par exemple, situer des communications. À cette fin, nous proposons un modèle assurant la combinaison des dimensions physiques et sociales pour la mise en œuvre d'interactions contextualisées entre agents.

### Interaction Agent-Environnement

L'interaction entre les agents et l'environnement est basée sur le cycle classique perception-décision-action. La perception est délivrée à un agent grâce à un ensemble d'événements. Ces événements représentent un changement de l'état de l'environnement dans lequel les agents sont situés. Un ensemble d'actions spécifiques et exécutable par des agents est appelé une capacité. Ainsi, nous proposons de doter chaque environnement d'une capacité que les agents doivent implémenter afin de pouvoir interagir avec l'environnement au travers de ces actions. Dans le cadre de ce travail, afin d'illustrer au mieux notre pro-

position, nous ne considérons que deux grandes catégories d'actions permettant ainsi de définir les deux dimensions considérées : contrôler un corps dans la dimension physique, et envoyer un message dans la dimension sociale.

### Combinaison des dimensions physique et sociale

Le modèle combinant les deux dimensions présentées ci-dessus est fondé sur la réutilisation de modèles existants (modèle JaSIM pour la dimension physique et un modèle d'échanges de messages pour la dimension sociale). Afin de permettre l'interaction entre ces deux dimensions et que des événements se produisant dans l'une aient un impact potentiel dans l'autre, nous proposons un mécanisme de transformation fondé sur un ensemble de règles. Cet ensemble est utilisé lorsqu'une influence (au sens du modèle Influence-Réaction proposé par Ferber) est émise dans la dimension physique, ou un message dans la dimension sociale. Lorsque la condition d'une règle est validée sur l'état courant de l'environnement, cette règle est activée et les actions ou le changement d'état de l'environnement décrit dans le corps de la règle est alors réalisé par l'environnement combiné.



## Vers une modélisation formelle basée sur le raffinement des systèmes multi-agents auto-organiseurs

Z. Graja<sup>a,b</sup>, F. Migeon<sup>b</sup>, C. Maurel<sup>b</sup>, M-P. Gleizes<sup>b</sup>, A. Hadj Kacem<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire de Recherche en Développement et Contrôle d'Applications Distribuées,  
Faculté des Sciences Économiques et de Gestion de Sfax, Université de Sfax, Tunisie*

<sup>b</sup> *Institut de Recherche en Informatique de Toulouse,  
Université Paul Sabatier - Toulouse III, France*

Les Systèmes Multi-Agents (SMA) auto-organiseurs sont constitués de plusieurs entités autonomes, appelées agents, situées dans un environnement et interagissant ensemble en vue d'accomplir une tâche bien déterminée. Le comportement global du système émerge des interactions entre les entités et leur environnement. L'un des principaux défis relatifs à l'ingénierie des SMA auto-organiseurs est de donner des assurances et des garanties liées à la **correction** du système, sa **robustesse** et sa **résilience**. La correction se réfère à la satisfaction des différentes contraintes liées aux activités des agents, notamment l'absence de blocage. La robustesse garantit que le système est capable d'atteindre son but (la convergence) et de le maintenir (la stabilité). La résilience est la persistance de la fiabilité qui exprime la capacité du système à fournir un service auquel on peut faire confiance.

Afin de promouvoir le paradigme des SMA auto-organiseurs dans l'industrie du développement de logiciel, il est essentiel de disposer d'outils et de méthodes efficaces pour donner de telles assurances. L'approche que nous proposons permet de tirer profit des techniques formelles et de leur pouvoir d'abstraction pour prouver les propriétés de robustesse et de résilience. Ainsi, après avoir exécuté le système et observé ses propriétés émergentes, sa formalisation permet de donner des preuves formelles assurant que ces propriétés seront atteintes.

L'objectif de notre travail est la réalisation d'un framework formel décrit en deux niveaux d'abstraction : le niveau micro et le niveau macro. Au niveau micro, une modélisation formelle pour le comportement local des agents est exprimée au moyen du formalisme *B-événementiel* [1]. Cette modélisation est basée sur des étapes de raffinements successifs garantissant la correction du système. La stratégie de raffinement commence par un modèle très

abstrait représentant un ensemble d'agents s'exécutant selon un cycle formé de trois étapes : perception, décision et action. Les étapes de raffinement permettent de préciser progressivement les actions, ensuite les décisions et enfin les opérations nécessaires pour la mise à jour des représentations locales des agents.

Au niveau macro, nous nous intéressons à prouver les propriétés globales souhaitées, liées à la robustesse et à la résilience en ayant recours à la logique temporelle des actions (*TLA* : Temporal Logic of Actions [2]) et ses règles de preuve sur l'équité. L'idée principale est de s'appuyer sur des hypothèses fortes d'équité entre les différents événements pour prouver que le système va atteindre un état donné. Ceci nous permet de prendre en compte le non déterminisme de la réalisation des actions (représentées en *B-événementiel* sous forme d'événements) des agents. Dans le cas d'étude des fourmis fourrageuses que nous avons considéré, l'utilisation de *TLA* a permis de prouver la stabilité qui renseigne sur la capacité des fourmis à exploiter entièrement une source de nourriture détectée. Les résultats encourageants permettent d'envisager d'accompagner un processus de développement de SMA auto-organiseurs tel qu'ADELFE [3] aux moyens d'outils formels inclus par transformation de modèles.

### Bibliographie

- [1] J.-R. Abrial, *Modeling in Event-B - System and Software Engineering*. Cambridge University Press, 2010.
- [2] L. Lamport. The Temporal Logic of Actions. *ACM Trans. Program. Lang. Syst.* 16(3), 872-923 (1994)
- [3] N. Bonjean, W. Mefteh, M-P. Gleizes, C. Maurel, and F. Migeon. *Handbook on Agent-Oriented Design Processes*, chapter ADELFE 2.0., Springer, 2013.

# Dossier “I.A. & Jeux vidéos”

## Introduction

Ce numéro présente un tour d’horizon des travaux français à la croisée entre les domaines de l’Intelligence Artificielle et du Jeu Vidéo. Le Jeu Vidéo offre à la fois un domaine d’application et de test des techniques développées par la recherche en IA, et de nouveaux challenges pour répondre aux problématiques des industriels du domaine.

Les travaux de la communauté française en IA représentés dans ce numéro se focalisent principalement sur le comportement des personnages ou entités dans les jeux vidéo : comportement crédible pour la création d’une ambiance immersive, rôle des émotions ; prise de décision des personnages non-joueurs pour offrir un challenge au joueur humain ; optimisation du comportement, par imitation de joueurs humains ou application de méthodes d’apprentissage ; planification d’actions et problèmes de passage à l’échelle.

Les applications visées concernent le comportement autonome crédible (y compris émotionnel) des personnages non-joueurs dans les jeux vidéo pour créer une ambiance favorisant l’immersion du joueur humain, mais aussi le choix d’une stratégie optimale dans les jeux vidéo (par exemple Galaxian, page 15) ou dans les jeux à 2 joueurs (par exemple jeu de go ou morpion, page 13). Une autre application concerne les jeux sérieux, que ce soit

pour la formation de vendeurs (Format-Store, page 15), de médecins (projet Genesys, page 29), ou de candidats aux entretiens d’embauche (projet TARDIS, page 19).

Ces recherches répondent ainsi à certains des besoins identifiés par les industriels (cf l’article d’Amplitude Studios page 40 qui liste les thématiques IA utiles dans le développement de leurs jeux vidéo). D’ailleurs, la recherche académique essaime parfois vers l’industrie (par exemple MASA group), et de nombreuses collaborations et projets communs avec l’industrie existent déjà (comme par exemple le projet TerraDynamica pour la simulation urbaine, page 19), ou se créent actuellement (avec la création récente de l’Expressive Game Lab à Metz, présenté par son responsable Sébastien Genvo page 22). Cependant cette coopération peut s’avérer difficile pour diverses raisons qu’un industriel tente d’expliquer à la fin de ce numéro (cf l’article d’Amplitude Studios page 45).

Je remercie vivement l’ensemble des contributeurs à ce dossier pour leur participation.

Enfin si cette thématique vous intéresse, je vous invite à participer à l’atelier IA et Jeu Vidéo qui aura lieu lors de la prochaine Plate-Forme IA 2015 à Rennes : <http://pfia2015.inria.fr/journees-bilaterales/journee-jv-ia>

Carole Adam

## MASA group

### Contact

---

Caroline CHOPINAUD - Directrice R&D.

[caroline.chopinaud@masagroup.net](mailto:caroline.chopinaud@masagroup.net)

8 Rue de la michodière 75002 Paris

Téléphone : 01 55 43 13 20

<http://www.masagroup.net>

---

### Présentation de MASA Group

MASA est une société éditrice de logiciels créée en 1996 et spécialisée dans le développement de solutions d'Intelligence Artificielle (IA) pour la modélisation et la simulation de comportements décisionnels autonomes et adaptatifs, destinés à différents secteurs d'activités tels que la simulation d'entraînement, les serious games et les jeux vidéo. Initialement, MASA a développé et breveté le système automatique de sélection d'actions «DirectIA» pour la prise de décision de personnages virtuels. Ce système a permis à MASA de développer en 2001, le jeu vidéo «Conflict Zone» (UbiSoft), ainsi que le serious games «Manager Studio» (CEGOS) dédié à la formation managériale. MASA a participé ensuite, en collaboration avec Thales, au projet «SCIPIO» qui a permis à l'Armée de Terre Française de se doter en 2005 d'une simulation d'entraînement automatisée. Cette dernière utilise une approche de simulation à base d'agents où chaque unité sur le terrain est dotée de son propre processus décisionnel lui permettant de réaliser de façon crédible des comportements respectant la doctrine militaire française. Actuellement, MASA développe deux produits : MASA SWORD une simulation d'entraînement pour la Défense et la Sécurité Civile, intégrant des unités automatisés, et MASA LIFE une plateforme d'IA pour la conception et l'exécution de processus décisionnels.

### MASA LIFE : modéliser et simuler la décision

MASA LIFE (<http://www.masalife.net/>) est une solution logicielle fournissant un ensemble de fonctionnalités dédiées à la modélisation, la simulation et le test de la prise de décision. Plus généralement, MASA LIFE se veut une plateforme de conception d'Intelligence Artificielle à destination d'un public plus large que les programmeurs et experts en IA. L'idée principale de MASA LIFE

est donc de fournir les moyens de rendre accessible la conception et l'intégration d'IA dans des applications cibles. A ce jour, MASA LIFE est principalement utilisée pour doter les personnages non-joueurs évoluant dans des environnements virtuels, de capacité de prise de décision autonome. Les deux principaux marchés visés par MASA LIFE sont la simulation et les jeux. Dans l'industrie du jeu vidéo, MASA LIFE vise à devenir un outil de conception à destination directe des game designers pour la réalisation des IAs du jeu, mais c'est surtout une plateforme de conception commune et un support de communication entre game designers et développeurs du jeu, dédiée à la réalisation de comportements décisionnels.

Les comportements des personnages non-joueurs conçus à l'aide de MASA LIFE utilisent le mécanisme des *Behavior Trees* [2] pour l'exécution de la décision. Les comportements produits sont adaptatifs en ceci qu'ils sont en mesure de réagir et de s'adapter aux modifications de l'environnement et aux interactions avec les autres personnages. Des moyens de communication ainsi que de gestion des connaissances sont proposés pour faciliter la conception d'IAs de haut niveau et complexe. Les comportements peuvent être conçus de façon hiérarchique ce qui permet de tirer parti de la réutilisabilité de certaines briques comportementales. L'objectif étant alors de pouvoir créer des bibliothèques de comportements à différents niveaux, que l'on peut imbriquer et réutiliser d'un développement à un autre, afin de simplifier la réalisation des IAs et laisser l'opportunité aux studios de jeux de porter leur effort sur la complexité et la crédibilité des IAs proposées.

Pour rendre accessible la conception de tels comportements, MASA LIFE fournit un éditeur graphique permettant de concevoir les arbres décisionnels à partir d'une grammaire simple de nœuds (Fig. 1 à gauche). Une simulation de tests intégrée permet de visualiser directement le résultat des comportements conçus (Fig. 1 à droite). Des solutions indispensables de debug et d'inspection adaptés aux arbres utilisés sont intégrés dans l'éditeur de conception permettant ainsi de contrôler et de comprendre aisément les sorties des comportements modélisés. Enfin, pour aller plus loin encore dans la simplification de conception d'Intelligence Artificielle, MASA LIFE propose des modules spécifiques pour l'intégration dans les moteurs de jeu utilisés par les applications cibles,

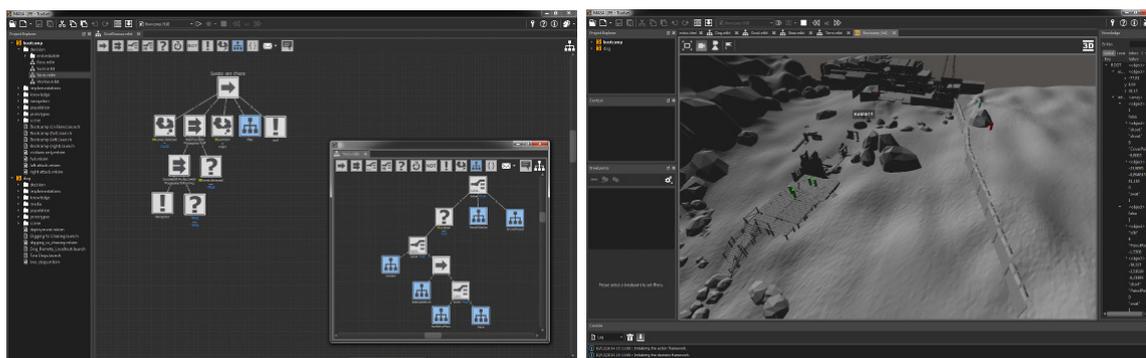


FIGURE 1 – MASA LIFE : Editeur de Behavior Trees et simulation de tests intégrée

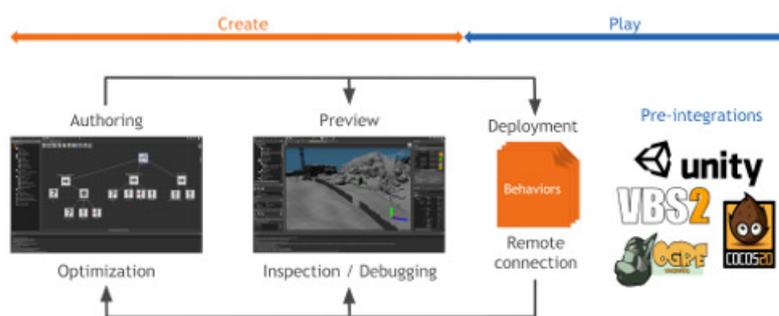


FIGURE 2 – MASA LIFE - Workflow complet : du design à l'intégration.

et en particulier Unity et Havok (Fig. 2).

Les travaux sur MASA LIFE visent essentiellement d'une part à améliorer la productivité des créateurs de comportements de personnages non-joueurs en proposant des outils dédiés, et d'autre part à augmenter la complexité et la richesse des comportements développés. Pour ce faire, MASA poursuit plusieurs activités de recherche pour répondre à ces deux problématiques tels que le raisonnement spatial [6], la modélisation de comportements stratégiques et la création d'ambiance de vie pour le peuplement d'environnement virtuel. Dans la suite nous décrirons plus précisément les travaux les plus avancés actuellement portant sur les stratégies et l'ambiance de vie.

### Activités de recherche sur LIFE

#### *Génération de comportements stratégiques*

**Objectifs** Ces travaux sur la génération de comportements stratégiques sont réalisés par Juliette Lemaître dans le cadre d'une thèse en contrat CIFRE entre l'Université

de Technologie de Compiègne (UTC) et MASA. Cette thèse dirigée par Domitile Lourdeaux et co-encadrée par Caroline Chopinaud, a débuté en Décembre 2013. Elle s'intéresse tout particulièrement aux jeux de stratégie en temps réel (RTS) et au moyen de rendre accessible la conception de stratégies impliquant plusieurs personnages non-joueurs pour la réalisation de buts donnés. En effet, s'il existe plusieurs compétitions d'IA pour ce type de jeu, en particulier autour du jeu *Starcraft* [7], permettant de mettre en avant des IAs de haut niveau et très performantes, leur application dans l'industrie du jeu vidéo reste encore assez marginale. La mise en œuvre de tels comportements est généralement trop complexe, coûteuse et difficile à contrôler pour garantir une bonne adéquation de l'IA avec les attentes des joueurs. La raison principale vient principalement du fait que ces modèles ont pour objectif à être efficaces (battre l'IA adverse) et non adaptés aux problématiques de gameplay. De ce fait, l'IA des jeux de stratégie actuels est souvent qualifiée de pauvre et répétitive par les joueurs eux-mêmes. Pour rendre possible l'amélioration des IAs des jeux, l'objectif de cette thèse est de proposer un modèle et un système de conception de stratégies permettant à un game designer de créer et modifier les stratégies désirées en fonction du

rendu attendu dans le jeu, tout en proposant des stratégies suffisamment complexes et adaptées au joueur pour garantir l'intérêt du jeu.

**Résultats** Dans le modèle proposé, une stratégie est vue comme un comportement général hiérarchique, composé de sous-comportements plus spécifiques de la stratégie, répartis en deux catégories : logiques et parallèles. Les comportements logiques permettent d'exprimer un choix de comportements appropriés en fonction de la situation courante, tandis que les comportements parallèles permettent d'allouer des actions à des ressources disponibles et adaptées aux besoins de réalisation de la stratégie. Le modèle inclut également une représentation des différentes ressources que peuvent manipuler les stratégies (*i.e.* objets, personnages non-joueurs...). Par la suite, un générateur de stratégies sera proposé pour permettre, à partir d'un ensemble simple de données sur le jeu ainsi que sur les objectifs de la stratégie, de proposer automatiquement au game designer une stratégie qu'il pourra tester et modifier directement par l'intermédiaire d'un éditeur dédié. Un premier article intitulé *Towards a resource-based model of strategy to help designing opponent AI in RTS games* a été accepté pour publication et présentation à la conférence ICAART 2015 [5].

*OCTAVIA : Création d'ambiance de vie*

**Objectifs** OCTAVIA est un projet de R&D dont l'objectif principal est de proposer un outil de conception pour la création de comportements des personnages de second plan [8], c'est-à-dire des personnages non-joueurs servant principalement à créer de l'ambiance et à peupler les environnements virtuels des jeux vidéo. Des jeux tels que « Assassin's creed », « Skyrim » ou « Watch Dog » utilisent assez simplement ce type de personnages pour l'immersion du joueur. La mise en œuvre de personnages non-joueurs aux comportements plus cohérents, adaptatifs et interactifs permettrait d'améliorer le sentiment de présence et la crédibilité des situations proposées. Pour ce faire, MASA travaille sur une extension de MASA LIFE ayant pour vocation de créer des « scènes d'ambiance de vie » et de les déployer dans le jeu final en couplant scénarisation et autonomie des comportements.

**Partenaires** Le projet OCTAVIA implique quatre partenaires : MASA Group, coordinateur du projet et ayant en charge l'étude et le développement du prototype d'outil de conception de scènes de vie ; BSE Group, fournisseur de villes virtuelles en ligne et ayant en charge la définition de scènes de vie pour la communication territoriale ; Black

Sheep Studio, studio de jeux ayant en charge la réalisation d'un prototype de jeu vidéo utilisant des scènes de vie dans la réalisation du game play ; le CNAM, pour la réalisation d'expérimentation sur l'apport de l'outil et des scènes de vie.

**Financement** Ces travaux d'une durée de trois ans ont débuté en Septembre 2012. Ils sont financés dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir, suite à l'appel à projets « Technologies des Contenus Numériques n° 2 ».

**Résultats** Une première version du prototype d'outil de conception de scènes de vie a été développée et intégrée dans Unity3D. Cette version utilise le concept de zones intelligentes [1] pour créer et gérer les scènes de vie sur le principe des *smart objects* [4]. Le game designer crée une zone dans l'environnement pour laquelle il définit un ensemble de rôles et de comportements qui vont permettre de réaliser la scène attendue. A l'exécution, un personnage non-joueur entrant dans une zone se voit proposé un rôle qui va induire les comportements à exécuter en tenant compte des autres personnages impliqués dans la scène. Cette première version a pu être évaluée dans le cadre de la réalisation de scènes d'ambiance pour une ville virtuelle symbolique en 3D (Fig. 3). Les prochains travaux vont porter sur l'amélioration du modèle conceptuel proposé et sur les processus de décision des personnages non-joueurs pour les choix de scènes. De plus, un effort sera porté sur le caractère paramétrable et réutilisable des instances de scènes de vie créées grâce à l'outil. Ces travaux seront sujets à une première publication intitulée *Smart Zones to Create the Ambience of LIFE* dans le volume 2 de « GAME AI PRO », qui paraîtra début 2015 [3].

## Conclusion

La première version de MASA LIFE a été lancée en 2013 lors de la Game Developer Conference (GDC) se déroulant à San Francisco. Depuis, MASA LIFE est évaluée auprès d'intégrateurs et de studios de jeux vidéo, ainsi qu'en tant que plateforme de développement d'IA pour la recherche et l'éducation. Le produit est également enrichi et évalué au travers de la réalisation de projet de recherche sur différents domaines d'application. Des démonstrations mettant en avant les avancées technologiques autour de MASA LIFE, sont régulièrement présentées lors de conférences dédiées aux jeux vidéo (GDC/AI Summit, Game AI Conference, Game Connection...).

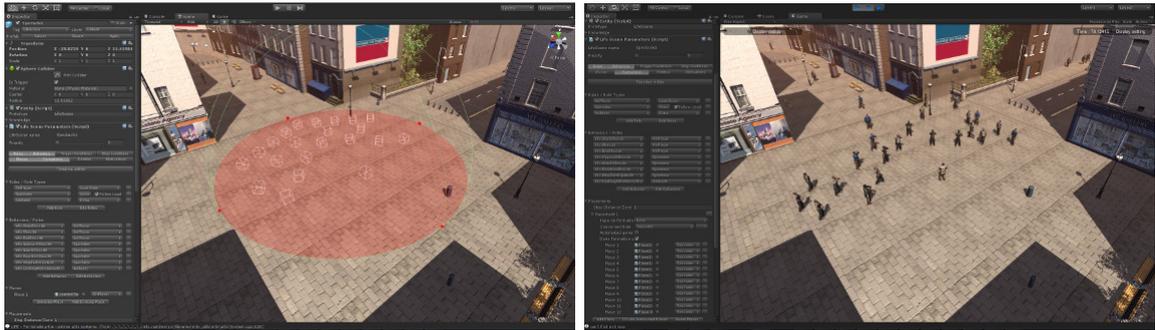


FIGURE 3 – OCTAVIA : Edition et exécution des scènes de vie dans Unity3D

## Bibliographie

- [1] M. Cerny, T. Plch, Ma. Marko, P. Ondracek, and C. Brom. Smart areas a modular approach to simulation of daily life in an open world video game. In *Proceedings of the 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART'14)*, pages 703–708, 2014.
- [2] A.J. Champandard. Understanding the second-generation of behavior trees. <http://aigamedev.com/insider/tutorial/second-generation-bt/>, 2012. [Online].
- [3] E. de Sevin, C. Chopinaud, and C. Mars. Smart zones to create the ambience of life. *Game AI Pro 2 : Collected Wisdom of Game AI Professionals*, 2015. To appear.
- [4] M. Kallmann and D. Thalmann. Modeling objects for interaction tasks. In *Proceedings of the 9th Eurographics Workshop on Animation and Simulation (EGCAS)*, pages 73–86, Lisbon, Portugal, 1998.
- [5] J. Lemaitre, D. Lourdeaux, and C. Chopinaud. Towards a resource-based model of strategy to help designing opponent ai in rts games. In *Proceedings of the 7th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART'15)*, 2015. To appear.
- [6] C. Mars. Environmentally conscious ai. improving spatial analysis and reasoning. <http://www.gdcvault.com/play/1020104/The-Simplest-AI-Trick-in/>, 2014. Presentation at Game Developer Conference (GDC'14), San Francisco.
- [7] S. Ontañón, G. Synnaeve, A. Uriarte, F. Richoux, D. Churchill, and M. Preuss. A survey of real-time strategy game AI research and competition in starcraft. *IEEE Trans. Comput. Intellig. and AI in Games*, 5(4) :293–311, 2013.
- [8] A. Shoulson and N.I. Badler. Event-centric control for background agents. In *ICIDS, LNCS 7069*, pages 193–198. Springer Verlag, 2011.

## IA et Jeux Video au LAMSADE

---

**Contact :** Pr. Tristan Cazenave

**Page web :**

<http://sma.lip6.fr/Csma/equipes/lamsade.htm>

**Email :**

[cazenave@lamsade.dauphine.fr](mailto:cazenave@lamsade.dauphine.fr)

---

Les recherches en intelligence artificielle et jeux au LAMSADE portent sur les algorithmes de recherche heuristique et sur la résolution de jeux. Les algorithmes de recherche sur lesquels nous travaillons sont essentiellement les algorithmes de recherche Monte-Carlo qui ont révolutionné la programmation de nombreux jeux ces dernières années. Les programmes actuels de Go utilisent tous avec succès la recherche Monte-Carlo. De même toutes les compétitions récentes de General Game Playing ont été gagnées par des algorithmes Monte-Carlo. A ce propos, la généralité des méthodes sur lesquelles nous travaillons est un critère important. Une méthode de recherche Monte-Carlo que nous développons pour plusieurs applications est la recherche Monte-Carlo imbriquée qui a été appliquée à plusieurs puzzles et à des problèmes d'optimisation. Cette méthode raffinée par Chris Rosin pour faire de l'apprentissage de politique de parties aléatoires a permis de

trouver des records du monde au Morpion Solitaire et pour des créations de mots croisés ainsi que des solutions qui sont l'état de l'art pour le voyageur de commerce avec fenêtres de temps. Nous utilisons aussi les algorithmes de Monte-Carlo pour les jeux à information incomplète comme le Phantom Go ce qui nous a permis d'avoir plusieurs médailles d'or aux olympiades des programmes de jeu.

Un autre axe de recherche concerne la résolution de jeux. Ainsi nous avons parallélisé l'algorithme de résolution Proof Number Search qui allié à des patterns de fin de parties a permis la résolution du Breakthrough 6x5. Nous travaillons aussi sur d'autres algorithmes de résolution comme l'analyse rétrograde ou la combinaison de la recherche Monte-Carlo et de la résolution de jeux. Les travaux d'Abdallah Saffidine qui a soutenu sa thèse en 2013 et qui est maintenant postdoc en Australie ont porté sur les algorithmes de résolution de jeux. Notamment en généralisant les algorithmes de recherche au jeux qui ont plus de deux issues mais aussi en séparant la forme de l'arbre des algorithmes de recherche, ouvrant ainsi la voie à de nouveaux algorithmes.

Enfin, nous vous invitons à soumettre vos papiers au workshop sur les jeux<sup>1</sup> de l'IJCAI qui aura lieu à Buenos Aires en juillet 2015 et que nous organisons.

---

1. <http://www.lamsade.dauphine.fr/~cazenave/cgw2015/cgw2015.html>

## Planification hiérarchique appliquée à la simulation tactique

---

Doctorant : Alexandre Menif

Superviseurs : T. Cazenave, E. Jacopin

[alexandre.menif@dauphine.fr](mailto:alexandre.menif@dauphine.fr)

[alexandre.menif@sagem.com](mailto:alexandre.menif@sagem.com)

Equipe : Lamsade, Paris Dauphine

---

La simulation informatique joue un rôle de plus en plus important au sein des forces armées en tant qu’outil de formation ou d’aide à la préparation de missions. Afin de remplir ces usages, la qualité du rendu graphique mais aussi la cohérence du comportement des unités simulées atteignent désormais les exigences des jeux vidéo grand public. Afin de permettre aux agents virtuels de réaliser des schémas tactiques complexes de façon autonome, la planification automatique a été introduite dans des applications ludiques comparables aux jeux sérieux destinés à un usage militaire, tels que les jeux de tir en vue subjective (F.E.A.R., *Monolith*, 2005), (*Killzone 2*, *Guerrilla Games*, 2009) ou les jeux de stratégie en temps réel (*Empire : Total War*, *Creative Assembly*, 2009). Cependant elle requiert une puissance de calcul significativement plus importante que d’autres techniques d’intelligence artificielle. Or, les environnements virtuels simulés par ordinateur sont déjà de gros consommateurs de temps de calcul. Par conséquent, l’utilisation de la planification automatique demeure limitée à de petites unités militaires (une dizaine de soldats) et les plans ne sont générés que pour accomplir des objectifs à court terme.

L’objectif de ces travaux est de mettre au point un système de planification capable d’élaborer des plans de manœuvres tactiques coordonnant les actions de plusieurs groupes de combats au sein d’une section d’infanterie (soit une quarantaine de soldats) [9]. Afin d’atteindre cet objectif, il est donc nécessaire de repousser les limites atteintes par les systèmes de planification actuels dans les jeux vidéo, à la fois en terme de temps d’exécution que de qualité de plan. À cet effet, la solution étudiée consiste à exploiter l’organisation hiérarchique de ces unités militaires. D’une part, en utilisant un planificateur de type HTN (« Hierarchical Task Network ») [3], qui génère des plans hiérarchiques par décompositions successives de tâches. Et d’autre part, en combinant cette approche avec

une hiérarchie de représentations abstraites des propriétés de l’environnement [4], où chaque niveau d’abstraction correspond à une représentation de la situation tactique adaptée à un échelon particulier de la chaîne de commandement militaire. Cette approche devrait permettre d’améliorer significativement les performances du planificateur, lui permettant de détecter les meilleures solutions potentielles parmi les plans de haut niveau, sans avoir à raisonner à partir d’une représentation trop concrète, et donc trop complexe, de la situation tactique.

Les travaux effectués jusqu’ici ont abouti au développement en C++ d’un planificateur HTN optimisé pour une utilisation dans le cadre des jeux vidéo / jeux sérieux, et calculant des plans avec un gain de temps d’exécution correspondant à un facteur polynomial par rapport aux implémentations académiques [10]. Ce planificateur a par ailleurs pu être intégré au sein d’un moteur de jeu de stratégie en temps réel commercial. Dans un second temps, un prototype de planificateur combinant décompositions HTN et hiérarchies d’abstractions a été implémenté. Les premiers résultats obtenus à partir d’expériences menées sur des exemples de problèmes hiérarchiques simples (navigation dans des graphes hiérarchiques) ont permis d’identifier des types de problèmes pour laquelle l’approche étudiée apparaît performante. Toutefois, ces résultats doivent encore être confirmés en reproduisant ces expériences sur des exemples de problèmes représentatifs des applications visées.

## Bibliographie

- [1] Malik Ghallab, Dana Nau, and Paolo Traverso. *Automated Planning : Theory and Practice*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [2] Alexandre Menif, Christophe Guettier, and Tristan Cazenave. Planning and execution control architecture for infantry serious gaming. In *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Planning in Games Workshop*, pages 31–34, 2013.
- [3] Alexandre Menif, Éric Jacopin, and Tristan Cazenave. SHPE : HTN planning for video games. In Tristan Cazenave, Mark Winands, and Yngvi Björnsson, editors, *Computer Games – 3<sup>rd</sup> Workshop in Computer Games (21<sup>st</sup> ECAI, 2014)*, pages 119–132. Springer-Verlag, 2014.
- [4] Earl Sacerdoti. Planning in a hierarchy of abstraction spaces. *Artificial Intelligence* 5(2), pages 115–135, 1974.

## IA, SMA et jeux vidéo

---

Contact : Philippe Mathieu, Sébastien Picault  
 Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (UMR  
 CNRS 8022),  
 Université Lille 1, Cité Scientifique, 59655 Villeneuve  
 d'Ascq, France  
 philippe.mathieu,sebastien.picault@univ-lille1.fr  
 Page web : <http://www.lifl.fr/SMAC>

---

L'équipe SMAC du LIFL/CRISTAL est spécialisée dans l'étude des systèmes complexes à l'aide des approches centrées individus. Les techniques dites « multi-agents » sont privilégiées par l'équipe pour simuler ou résoudre ce type de problème. L'équipe se place résolument au carrefour de l'Intelligence artificielle et du génie logiciel et propose, avec un objectif multi-disciplinaire, méthodes et outils adaptés à ces problèmes. Les jeux vidéo et les « serious games » font partie des domaines dans lesquels les outils de l'équipe sont particulièrement adaptés. Plusieurs projets réalisés par l'équipe entrent dans ce cadre. La méthodologie IODA, a par exemple été initiée par une collaboration avec l'industrie du jeu vidéo.

### Problématique

Parmi les divers champs d'application de l'Intelligence Artificielle, le jeu vidéo constituent un terrain d'exercice particulièrement fécond, dans la mesure où ils supposent de la machine qu'elle se comporte comme un adversaire crédible, ni trop puissant pour ne pas décourager le joueur humain, ni trop faible pour maintenir intact son intérêt. En témoigne d'ailleurs l'évolution parallèle des jeux sur ordinateur et de l'IA, qui tous deux sont passés d'un mode centralisé qui voyait s'affronter un humain et un programme, à un mode distribué, multi-joueurs, où un grand nombre de participants interagissent sans toujours connaître la nature de leurs adversaires ou de leurs alliés.

Dans ce contexte, les systèmes multi-agents, en tant qu'outil dédié à la modélisation et à la simulation de comportements d'individus dans un environnement commun, sont particulièrement adaptés pour la réalisation de jeux vidéo [5]. Néanmoins, il faut pour cela faire appel à des méthodes de conception capables d'offrir une réalisation graduelle et modulaire des scénarios des jeu, une extensibilité des comportements, des agents impliqués, etc. [1].

2. Pour plus de détails : <http://www.lifl.fr/SMAC/projects/formatstore>

L'équipe SMAC (Systèmes Multi-Agents et Comportements) du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL, Université de Lille) mène depuis plusieurs années des recherches destinées à concevoir les méthodologies, les algorithmes et les plateformes qui offrent aux simulations multi-agents une telle modularité. Pour ce faire, elle a développé une approche « orientée interactions » [2] qui, entre autres, importe dans le champ des SMA la séparation déclaratif/procédural qui avait été si féconde en son temps pour l'éclosion des systèmes experts.

Dans son principe, l'approche orientée interactions consiste à définir séparément des bibliothèques d'agents et des bibliothèques d'interactions (i.e. des règles conditions/actions qui s'appliquent à plusieurs agents simultanément), à partir desquelles le comportement voulu dans la simulation (dans le jeu) peut être spécifié de façon totalement déclarative, sous une forme matricielle (« qui fait quoi avec qui »). Ces informations sont ensuite traitées par un moteur de simulation générique.

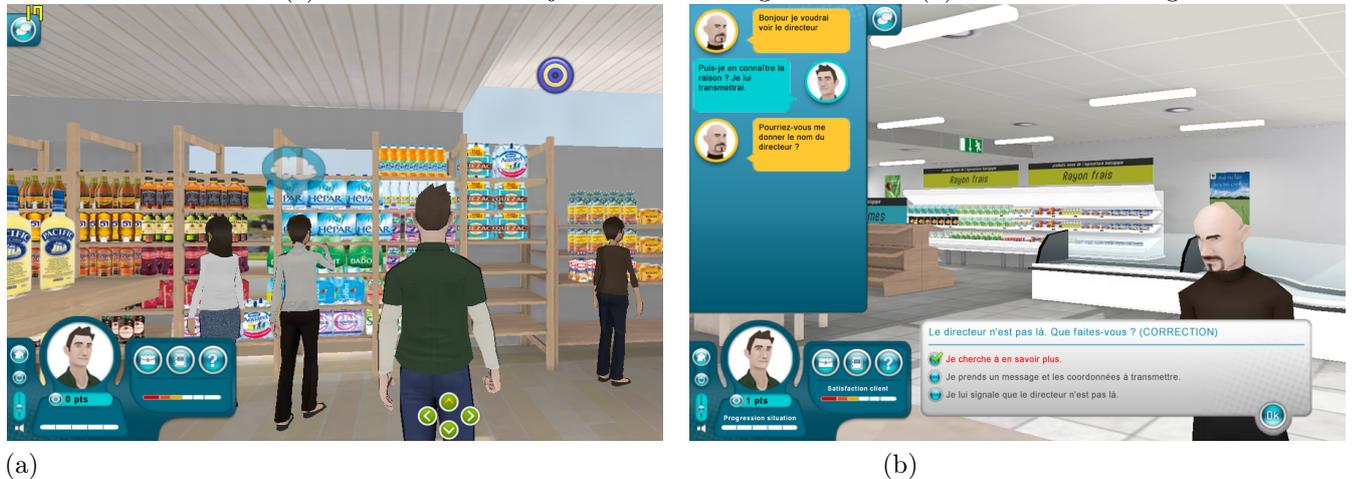
### Deux exemples

Cette approche a été appliquée avec succès à divers domaines (biologie, marketing, transports...), parmi lesquels le jeu vidéo. Notamment, nous donnons ici deux exemples assez différents dans leurs objectifs : un *Serious Game* (Format-Store) et une démonstration permanente (Galaxian).

**Format-Store** Format-Store est un *Serious Game* destiné à la formation des vendeurs à la relation clientèle [3]. Ce projet <sup>2</sup>, sélectionné parmi les lauréats de l'appel à projets *Serious Games* du ministère de la recherche en 2009, a fait l'objet d'une collaboration entre l'équipe SMAC, une société spécialisée dans la réalité virtuelle, Idées-3Com, et une école de commerce, Enaco.

Dans ce jeu, l'apprenant est immergé dans un magasin virtuel. Il y est confronté à diverses situations pédagogiques, auxquelles il doit répondre en mettant en œuvre ses connaissances. Le joueur contrôle les déplacements de son avatar dans le magasin au moyen du clavier et peut interagir avec les clients et les articles en se servant de la souris (figure 4a). Les dialogues reflètent diverses

FIGURE 4 – (a) Vue de l’avatar du joueur dans le magasin virtuel. (b) Interface de dialogue.



situations pédagogiques à problèmes et sont rendus au moyen d’une interface spécifique (figure 4b).

Une telle simulation fait appel à de nombreux agents de familles variées : outre les clients simulés, les articles, les caisses, les emballages, les éclairages, etc. sont des agents qui peuvent effectuer ou subir diverses interactions correspondant à une scénarisation appropriée aux problèmes pédagogiques à résoudre. Chaque situation peut s’exprimer comme une « matrice d’interactions » particulière où l’on exprime quelles interactions peuvent être effectuées, par quels agents, et sur quels agents (figure 5). On peut ainsi varier les scénarios à l’envi, les enrichir en ajoutant des interactions, selon les besoins pédagogiques.

**Galaxian** La simulation Galaxian [4], quant à elle, a été réalisée dans le cadre de la plateforme PIRVI (« Plateforme Interactions-Réalité Virtuelle-Images ») de l’IR-CICA à Lille, avec pour objectif de construire une application de démonstration capable de tourner en continu pendant des heures, sur un mur de réalité virtuelle de six mètres de large<sup>3</sup>.

Cette simulation a été réalisée en implantant au cœur d’un moteur de jeu professionnel (Unity3d) les algorithmes de l’approche orientée interactions, de façon à séparer la couche proprement graphique (rendu 3D, détection des collisions, physique, fluidité de l’animation) de la couche de choix des comportements. Deux équipes s’affrontent, principalement au moyen de chasseurs régénérés périodiquement par des croiseurs. Chaque agent est confronté à la perception d’un très grand nombre d’autres agents (figure 6), et dispose de peu de temps

pour prendre sa décision (attaquer, fuir, rechercher une cible...). L’équipe blanche dispose également de comportements d’équipe comme la formation d’une escouade, cette dernière étant réifiée dans le modèle par un véritable agent (sans représentation physique dans le moteur 3D) doté de comportements propres (l’attaque d’une frégate adverse).

Galaxian, conçu d’emblée à des fins de démonstration, encapsule par ailleurs son propre matériel pédagogique (écrans explicatifs sur les interactions, les diverses familles d’agents, et la matrice d’interaction utilisée) et permet une visualisation des comportements qui ont lieu en temps réel dans le simulateur (figure 7).

Galaxian a reçu le prix IBM de la meilleure démonstration scientifique à la conférence PAAMS 2014 à Salammanque.

## Bibliographie

- [1] Devigne, D., Mathieu, P., and Routier, J.-C. (2007). *Simulation de comportements centrée interaction*, chapter Simulation de comportements centrée interactions, pages 183–210. Hermès.
- [2] Kubera, Y., Mathieu, P., and Picault, S. (2011). IODA : an interaction-oriented approach for multi-agent based simulations. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, pages 1–41.
- [3] Mathieu, P., Panzoli, D., and Picault, S. (2013). Virtual customers in a multiagent training application. In *Transactions on Edutainment IX*, volume 7544 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 97–114. Springer.

3. Pour plus de détails : <http://www.lifl.fr/SMAC/projects/galaxian>

FIGURE 5 – La matrice d’interactions utilisée pour définir l’ensemble des comportements des agents de Format-Store.

Source/Target	∅	Employee	Customer	Door	Sign	Checkout	Item	Queue	Stain	Crate
Employee	Converse(0) Move(0)		StartConversation(1,0) EndConversation(1,0)				Remove(1,0) Supply(1,0) Order(1,0)		Clean(1,0)	PutAway(1,0)
Customer	Wander(0) GoTowards(1) Converse(13)	Wait(2,3)		Exit(1,12)		Pay(2,10)	Get(2,5)	StepIn(5,7) MoveOn(1,8) WalkOut(1,11)		
Door	SpawnCustomer(1)		Acknowledge(10,0)							
Sign			Acknowledge(10,0)							
Checkout			Acknowledge(10,0) CheckOut(2,0)							
Item	Expire(1) MakeStain(1) SpawnCrate(1)		Acknowledge(10,0) Upset(1,0) Ack_OutOfStock(1,0)							
Queue										
Stain			Upset(1,0)							
Crate			Upset(1,0)							

FIGURE 6 – Une vue de la simulation Galaxian. Les lignes vertes entre agents représentent leurs perceptions.

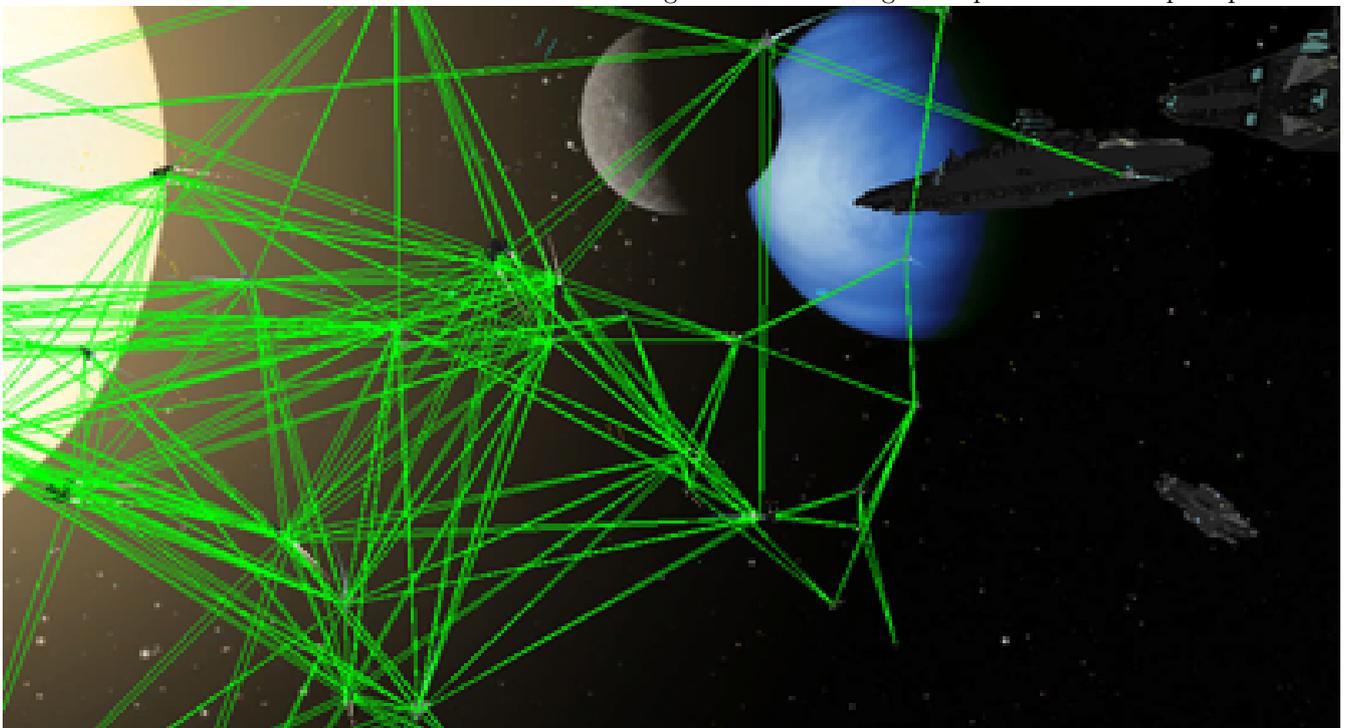


FIGURE 7 – Dans Galaxian, on peut visualiser dynamiquement les interactions réalisées (et leur cible) au moyen de cercles colorés autour des agents qui les effectuent et de lignes vers les agents qui les subissent.



- [4] Mathieu, P. and Picault, S. (2013). The Galaxian project : A 3d interaction-based animation engine. In Demazeau, Y., Ishida, T., Corchado, J. M., and Bajo, J., editors, *Proceedings of the 11th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAMS'2013)*, volume 7879 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 312–315. Springer. Demonstration paper.
- [5] Mathieu, P., Picault, S., and Routier, J.-C. (2005). Les agents intelligents. *Pour La Science*, (332) :44–52.

## IA et Jeux vidéo dans l'équipe SMA du LIP6

---

Contact pour l'activité Jeu Vidéo : Vincent Corruble

[vincent.corruble@lip6.fr](mailto:vincent.corruble@lip6.fr)

Equipe SMA - LIP6, Paris

Responsable : Amal El Fallah Seghrouchni

<http://www.lip6.fr/recherche/team.php?id=380>

---

**Contexte :** Le LIP6 bénéficie d'une longue histoire de travaux en Intelligence Artificielle portant sur le jeu et plus récemment sur le jeu vidéo. Sans remonter aux travaux sur les jeux les plus classiques, nous citerons sans prétendre à l'exhaustivité les activités de l'équipe de Jacques Pitrat dans les années 90 portant sur le Go (thèses de Bruno Bouzy et Tristan Cazenave) et sur le Tarot (thèse de JM Nigro) et plus tard sur les wargames (thèse de Tristan Pannérec). Au tournant du siècle s'est développé aussi au LIP6 une activité autour du jeu vidéo, à travers des collaborations avec des studios de jeu, en particulier à travers les travaux de Philippe Codognot, ainsi que dans l'équipe AnimatLab (Agnès Guillot, Olivier Sigaud). Dans ce contexte a été instauré un séminaire de recherche semi-régulier multi-équipes sur l'IA et le Jeu Vidéo, tout d'abord organisé par Philippe Codognot et Vincent Corruble, puis par Vincent Corruble et Olivier Sigaud. Dans ce cadre sont intervenus sur plusieurs années de nombreux acteurs, académiques et industriels, de cette communauté naissante. Ces rapprochements se sont trouvés encouragés ces dernières années dans le contexte du Pôle de Compétitivité Cap Digital, dont l'une des thématiques importantes est le jeu vidéo, et qui nous a souvent sollicités comme experts académiques pour sa commission thématique.

### Travaux de l'équipe SMA

#### *Projet Smart-E's – Approche STRADA*

Comme pour beaucoup de chercheurs en IA s'intéressant au jeu vidéo, la motivation initiale était de trouver, pour tester des techniques innovantes, des environnements riches mais contrôlables, suffisamment réalistes mais de complexité gérable, et enfin avec un nombre potentiel d'utilisateurs élevés pour réaliser des expérimentations et des évaluations. Cet écueil important pour toute recherche en IA qui souhaite aller au-delà des problèmes

typiques des années 70 et 80, sans pour autant s'atteler à des applications très spécifiques, et tout en évitant le monde complexe de la robotique, a trouvé en effet une réponse très prometteuse depuis une quinzaine d'année avec le jeu vidéo (cf. l'article de référence de J.E. Laird et M. van Lent (2001) [4]). Dans ce cadre, il devenait possible de considérer et d'expérimenter sur les capacités d'apprentissage d'une société d'agents réalisant une tâche très complexe, ce qui se trouve en particulier dans les jeux de stratégie (en temps réel ou au tour par tour). Nos premiers travaux conséquents dans ce domaine ont pu commencer grâce au projet Smart-E's (coordinateurs Vincent Corruble et Geber Ramalho), projet CAPES-COFECUB de collaboration entre le Brésil et la France, Université Fédérale du Pernambouc et Université Pierre et Marie Curie, de 2001 à 2007, focalisé sur les nouvelles opportunités pour l'IA et les agents intelligents sur internet - en particulier pour les systèmes de recommandation et de jeux. Ce projet a financé notamment la thèse de doctorat de Charles Madeira, étudiant brésilien maintenant professeur assistant à l'université de Natal, UFRGN, Brésil. Consacré à la série de jeu de stratégie et de simulation historique Battleground, en fait des wargames développés par des historiens pour reconstituer entre autres les grandes batailles napoléoniennes, l'objet du travail a été d'étudier la possibilité d'aborder le contrôle des centaines d'unités d'une armée par un apprentissage plutôt qu'en utilisant un ensemble de scripts figé (ce qui est fait le plus souvent dans l'industrie). Ceci représentait un défi certain d'échelle pour les techniques d'apprentissage, en particulier d'apprentissage par renforcement, qui jusqu'alors était essentiellement utilisés pour des problèmes très simples, même si l'on cite souvent l'exemple du backgammon traité par Tesauro avec TD-Gammon, qui restait en fait d'une complexité moyenne. Pour gérer les centaines d'unités (bataillons, escadrons, batteries d'artillerie) d'une armée napoléonienne dans un environnement riche et dynamique, il a fallu mettre au point une approche d'apprentissage multi-agent par renforcement hiérarchique gérant à la fois la décomposition de la prise de décision, l'abstraction automatique de la représentation de l'environnement, la conception d'un signal de récompense combinant l'individuel et le collectif et la conception de scénarii d'apprentissage pour affronter les difficultés en différents paliers. Ces travaux se retrouvent dans l'approche STRADA (Stratégie adaptative) de la thèse de Charles Madeira [6, 5].

*Projet DEEP – Moteur émotionnel (responsable LIP6, Vincent Corruble, participants : Nicolas Sabouret, Karim Sehaba, Magalie Ochs)*

Une majorité des travaux de chercheurs en IA voient le jeu comme un domaine d’application. Certains voient dans le jeu vidéo une source de nouveaux problèmes de recherche. C’est aussi notre parcours à travers en particulier le projet DEEP (2006-2008) financé par le réseau RIAM, collaboration avec le studio Quantic Dream (porteur), l’entreprise SpirOps et le CNAM. Le focus dans ce projet sur le jeu d’aventure est l’émotion – à terme celle du joueur, mais celle-ci peut-être influencée par une meilleure modélisation des émotions des personnages non-joueurs (PNJ), en contribuant à un univers plus crédible et donc plus propice à l’immersion. Plutôt donc que les performances d’un adversaire, nous nous sommes intéressés ici à la subtilité des émotions des personnages, autres que celui du joueur, qui contribuent à l’histoire. Nous avons proposé un modèle qui prédit l’évolution de l’état émotionnel d’un agent en fonction de sa personnalité, de son environnement et des événements auxquels il est confronté [11]. Cet état émotionnel en retour influence l’évolution des dialogues entre joueurs et PNJ. Nous avons de plus enrichi notre modèle pour qu’il prenne en compte la dynamique des relations sociales dans l’évolution de l’état émotionnel des personnages [9]. C’est à partir de ces travaux que l’équipe SMA du LIP6 s’est intéressée au domaine de l’informatique des affects (affective computing) qui y a tenu une place significative depuis.

#### *Dynamic game balancing*

L’équilibrage dynamique du niveau de jeu est une autre problématique qui nous vient directement d’interactions avec l’industrie du jeu vidéo, qui voit avec beaucoup de circonspection l’objectif classique des chercheurs en IA de créer des adversaires « les plus forts possibles » - c’est en effet une idée dangereuse d’un point de vue commercial. Dans le cadre de notre collaboration franco-brésilienne, lors d’un séjour de Vincent Corruble à Recife, nous avons choisi d’aborder ce problème comme un problème d’adaptation en Intelligence Artificielle. Nous avons pris le cadre classique de l’apprentissage par renforcement mais en le modifiant de manière assez fondamentale, en distinguant, inspirés par des théories linguistiques, l’amélioration du niveau de compétence par apprentissage, de l’adaptation du niveau de performance à l’adversaire, le tout dans un mécanisme unique [1]. Cette problématique assez nouvelle à l’époque est devenue depuis, sous le vocable de Dynamic Difficulty Adjustment, un thème important de recherche dans le domaine de l’IA et du Jeu Vidéo, qui

fait régulièrement l’objet d’ateliers (workshops) dans de grandes conférences.

#### **IA dans le Jeu vidéo et au-delà**

##### *Le projet TerraDynamica*

*(Porteur Thales, responsable LIP6 Vincent Corruble, participants Amal El Fallah Seghrouchni, Nicolas Sabouret, Aurélie Beynier, Etienne de Sevin, Sabrina Campano, Cyril Poulet, Quentin Reynaud, Patrick Simo)*

Le projet TerraDynamica (FUI 2010-2013) est un projet de collaboration porté par Thales, impliquant plusieurs entreprises et laboratoires et financé par un certain nombre de collectivités locales en Ile de France. Il se focalisait sur la simulation urbaine, en particulier sur les comportements des piétons et véhicules (le LIP6 y était en charge de l’intelligence artificielle de haut niveau, c’est à dire de la décision jusqu’à la gestion des déplacements), ce qui ne le cantonne pas au cadre du Jeu Vidéo. Ce projet important identifiait et explorait en effet 4 domaines applicatifs explicites : outre la sécurité, l’urbanisme et les transports, le jeu vidéo était mentionné comme pouvant bénéficié des technologies développées et parmi les nombreux partenaires se trouvaient des entreprises du jeu vidéo. En effet, nombre de jeux récents et futurs utilisent la ville (historique, moderne, ou futuriste) comme cadre pour les aventures qui sont mises en scène. De plus ces jeux vont animer souvent des milliers de personnages qui font « la vie dans la ville », ce qui pose des problèmes techniques et scientifiques passionnants pour les chercheurs en intelligence artificielles et en systèmes multi-agents. S’y pose en effet des problèmes de richesse des comportements, de cohérence entre comportements individuels et collectifs et évolution de l’histoire, ainsi que des problèmes de passage à l’échelle. Dans ce cadre, le LIP6 a proposé un nouveau modèle pour des comportements émotionnels, qui a donné lieu à la thèse de Sabrina Campano [2] et qui a comme avantage (parmi d’autres) pour les utilisateurs (programmeurs de jeu par exemple) d’éviter de manipuler des concepts difficile à appréhender comme celui d’intensité émotionnelle. Nous nous sommes aussi intéressés aux comportements collectifs dans la ville, en particulier à travers le problème de la patrouille multi-agents, par exemple pour des forces de sécurité et de secours, dans le cadre de la thèse de Cyril Poulet [10]. Insistons ici sur la problématique de l’architecture d’agent à mettre en œuvre pour pouvoir simuler des comportements variés et riches dans des domaines d’applications distincts en gardant à l’esprit le besoin de pouvoir passer à l’échelle. C’est dans ce contexte que nous avons proposé l’architec-

ture FlexMex [3], approfondie et mise en œuvre dans la thèse de Quentin Reynaud.

En marge de ce projet où le passage à l'échelle en terme de nombre d'individus simulés est une problématique centrale, nous avons travaillé dans une collaboration entre LIP6 et Thalès Theresis sur un modèle de simulation d'agents dans lequel le niveau de détail (la granularité des agents) est dynamique et ajusté de manière autonome par le système en fonction des ressources et de l'évolution de la simulation. Ce travail a donné lieu à la thèse de Laurent Navarro [7, 8].

## Conclusion

Le jeu vidéo a constitué ces dernières années un domaine de plus en plus important pour l'équipe SMA du LIP6. Outre les projets spécifiques cités plus haut, il faut mentionner de nombreuses interactions avec les entreprises (start-ups, studio, etc.) en particulier en région parisienne. Ces interactions débouchent parfois sur des séminaires de recherche ou quelquefois sur des interventions ponctuelles dans des enseignements de Master. Il faut en effet préciser que ces dernières années, le Master IAD de l'UPMC accueillait un cours dédié à l'IA et au Jeu Vidéo (intitulé IAJV, responsable Vincent Corruble) qui visait à présenter les deux aspects de ce domaine (Jeu Vidéo comme domaine d'application et comme source de problèmes nouveaux, ainsi que le spectre de techniques, de celles déjà utilisées dans l'industrie à celles constituant des axes de recherches pour les laboratoires). La spécialité de Master IAD a été remplacée en 2014 par la spécialité ANDROIDE, qui contient un nouveau cours intitulé EVIJV pour Environnements Virtuels Interactifs et Jeu Vidéo, reprenant une bonne partie d'IAJV tout en développant une partie spécifique sur la réalité virtuelle. Il est aussi pertinent de mentionner l'extension du domaine du Jeu Vidéo vers le Jeu Sérieux qui en reprend plusieurs problématiques tout en faisant passer l'aspect ludique au second plan derrière des objectifs pédagogiques. C'était en partie le cas avec le projet TerraDynamica et d'autres projets, ça l'est tout à fait avec le projet TARDIS, projet Européen (responsable N. Sabouret, 2012-2014) qui vise à simuler des entretiens d'embauche pour mieux y préparer les candidats.

## Bibliographie

- [1] Gustavo Andrade, Geber Ramalho, Alex Sandro Gomes, and Vincent Corruble. Dynamic Game Balancing : An Evaluation of User Satisfaction. In *AAAI conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, pages 3–8, 2006.
- [2] Sabrina Campano, Etienne de Sevin, Vincent Corruble, and Nicolas Sabouret. Evaluation of a Computational Model for Affective Behaviors. In *Twelfth International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2013)*, 2013.
- [3] Etienne de Sevin, Quentin Reynaud, and Vincent Corruble. FlexMex : Flexible Multi-Expert Meta-Architecture for Virtual Agents. In *First Annual Conference on Advances in Cognitive Systems*, 2012.
- [4] John Laird and Michael VanLent. Human-Level AI's Killer Application : Interactive Computer Games. *AI Magazine*, 22(2), 2001.
- [5] Charles Madeira and Vincent Corruble. STRADA : une approche adaptative pour les jeux de stratégie modernes. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 23(2) :293–326, 2009.
- [6] Charles Andrye Galvao Madeira. *Agents adaptatifs dans les jeux de stratégie modernes : une approche fondée sur l'apprentissage par renforcement*. PhD thesis, Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, 2007.
- [7] Laurent Navarro, Vincent Corruble, Fabien Flacher, and Jean-Daniel Zucker. A flexible approach to multi-level agent-based simulation with the mesoscopic representation. In Ito, Jonker, Gini, and Shehory, editors, *Proceedings of the Twelfth International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2013)*, pages 159–166, Saint Paul, Minnesota, USA, 2013. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- [8] Laurent Navarro, Fabien Flacher, and Vincent Corruble. Dynamic Level of Detail for Large Scale Agent-Based Urban Simulations. In *The Tenth International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pages 701–708. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2011.
- [9] Magalie Ochs, Nicolas Sabouret, and Vincent Corruble. 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, 2009.
- [10] Cyril Poulet, Vincent Corruble, and Amal El Fallah Seghrouchni. Travailler en équipe : le choix social appliqué au problème de la patrouille multi-agents. In *Actes des journées francophones sur les systèmes multi-agents (JFSMA '12)*, 2012.
- [11] Karim Sehaba, Nicolas Sabouret, and Vincent Corruble. An Emotional Model for Synthetic Characters with Personality. In *Affective Computing and Intelligent Interaction*, pages 749–750, 2007.

## Présentation de l'Expressive Game Lab

---

Contact : Sébastien Genvo

[sebastien.genvo@gmail.com](mailto:sebastien.genvo@gmail.com)

Web : <http://www.ludologique.com/>

---

Les jeux vidéo connaissent depuis plusieurs années une légitimation croissante et touchent à présent des publics de plus en plus diversifiés, comme l'affirme notamment un groupe de travail sénatorial ayant réalisé un rapport sur ce sujet<sup>4</sup> : « Objets culturels et artistiques autant que produits technologiques, les jeux vidéo font désormais partie intégrante de notre société. Avec des millions d'amateurs de tous âges, sexes et catégories socio-professionnelles, ils représentent même la première pratique culturelle des Français ». Cette étude témoigne d'un changement d'image des jeux vidéo au sein de la société. Cette évolution est notamment liée à une diversification des vocations et formes du jeu sur support numérique, qui s'imisce dans de nombreux secteurs d'activité (journalisme, communication politique, publicitaire, recrutement... ). L'émergence d'une production de jeux « indépendants »<sup>5</sup> offre également un environnement propice à l'expérimentation en terme de contenus, pour aborder des sujets plus difficiles et complexes (homophobie, problèmes sociaux, alcoolisme, etc).

Depuis quelques années un nombre de plus en plus important de jeux vidéo, fréquemment issus de cette scène alternative, montrent que ce domaine peut à présent exprimer et véhiculer un point de vue, de façon directe ou indirecte, sur des problèmes sociaux, culturels ou psychologiques et contribuer au débat social<sup>6</sup>. Il s'agit dans ces productions, que l'on peut désigner comme des jeux « expressifs », d'inciter les joueurs à explorer et à comprendre des problématiques relatives à un individu, un groupe d'individus ou une communauté, en se mettant à la place des protagonistes. En effet, une des spécificités des jeux vidéo en tant que média est de présenter au joueur des choix qui vont lui permettre d'explorer un « espace des possibles » et une narration. Les jeux expressifs cherchent à tirer parti de cette originalité du média en confrontant le personnage incarné par le joueur à des choix difficiles. Ces jeux expressifs comportent de la sorte des enjeux qui vont au-delà de l'industrie vidéoludique. Ces types de

jeux pourraient jouer un rôle déterminant dans la société de la connaissance, en participant de façon inédite et engageante à la sensibilisation et l'éducation des citoyens à des problématiques sociétales complexes. Pour les acteurs de cette industrie, ces jeux ont un fort potentiel pour accroître les types de public du fait de la diversification des thématiques. Ces jeux expressifs permettent également de faire évoluer l'image des jeux vidéo en montrant que le jeu vidéo n'est pas un moyen d'expression mineur. Malgré les enjeux sociaux, économiques, scientifiques des recherches sur les jeux vidéo en sciences humaines, il faut également souligner qu'à l'heure actuelle, il manque encore en France des lieux académiques dédiés à l'étude des contenus et pratiques vidéoludiques, alors que de nombreuses initiatives sont actuellement menées en ce sens dans un nombre croissant d'universités étrangères (Université de Montréal, Université de New York, Georgia Institute of Technology, MIT... ), ce qui contribue à renforcer fortement leur visibilité internationale sur ce champ.

La plateforme Expressive game lab entend répondre à ce manque. Mis en œuvre à partir de novembre 2014 à travers la collaboration conjointe de deux laboratoires lorrains de recherche – l'un orienté vers les sciences humaines et sociales (le CREM, centre de recherche sur les médiations) et l'autre vers l'informatique (le LORIA, Laboratoire Lorrain de recherche en informatique et ses applications) –, ce projet vise à fournir un équipement permettant d'étudier les facteurs renforçant l'engagement et la compréhension de l'utilisateur au sein de ce genre de jeux vidéo expressifs, qu'il s'agira de recenser dans l'histoire de cette industrie. Pour ce faire, plusieurs axes de travail structureront les travaux de recherche : analyses de contenus de jeux récents et anciens ; analyse de réceptions et d'usages au sein de différents publics ; initiatives de recherche ; création au cours de « game jam » visant au développement de jeux expérimentaux (en lien avec des artistes locaux) ; valorisation internationale des résultats à travers des manifestations, un site web bilingue avec bases de données en ligne, expositions. Ce projet a pour intention de créer des opportunités pédagogiques et de recherche au sein de plusieurs formations de l'université de Lorraine, notamment au sein du Master « Information et Communication » et du Master « Sciences cognitives et ses applications ». Le projet permettra de faire participer

---

4. [http://www.senat.fr/rap/r12-852/r12-852\\_mono.html](http://www.senat.fr/rap/r12-852/r12-852_mono.html)

5. Voir par ex. le site du festival international du jeu indépendant : <http://www.igf.com>

6. Voir entre autres Cartlife (Hofmeier, 2013), Papo & yo (Minority Media Inc., 2012), Façade (Mateas, Stern, 2005)

les étudiants à ces actions de recherche par l’intermédiaire de projets tuteurés et de stages. Un enjeu fort est donc également d’attirer et de former des étudiants qui pourront constituer un vivier de compétences sur le thème. L’intention est aussi d’attirer en région des chercheurs, des entrepreneurs ou artistes intéressés par cet environnement de recherche, qui comporte un volet orienté vers l’opérationnalisation des travaux, notamment à travers les initiatives de recherche-crédation. Il est à souligner que ce projet a remporté en avril 2014 un premier financement permettant l’acquisition de matériel à travers l’appel PEPS (Projets exploratoires premier soutien) mis en œuvre conjointement entre l’université de Lorraine et le CNRS.

L’Expressive Game Lab prend place au sein d’un Tiers-lieu de création messin, intitulé TCRM BLIDA. Par la présence d’une cellule de co-working, d’artistes et d’associations locales orientées vers les médias et le numérique, l’environnement offert par TCRM Blida constitue un atout fort pour la réalisation de ce projet. Il offre des opportunités de collaboration avec des artistes et des acteurs socio-économiques locaux, favorisant la mise en

opérationnalisation et la valorisation des travaux de recherche menés, que ce soit à l’échelle régionale, nationale ou internationale.

Le lab est sous la responsabilité de Sébastien Genvo, Professeur des universités au département Information – Communication de l’Université de Lorraine et rattaché au Centre de recherche sur les médiations. Game designer chez UbiSoft en 2001 – 2002, Sébastien Genvo a soutenu la première thèse (2006) puis la première HDR (2013) en France sur les jeux vidéo. Ses travaux ont donné lieu à plusieurs livres et publications au sein de revues scientifiques et dans plusieurs colloques internationaux<sup>7</sup>. L’Expressive Game Lab s’inscrit également en continuité d’une recherche-crédation menée et dirigée par Sébastien Genvo, qui consistait à tester la validité du concept de jeu expressif et qui a mené au développement du jeu indépendant *Keys of a gamespace*<sup>8</sup> (2011), jeu qui a notamment été désigné par le quotidien anglais The Telegraph<sup>9</sup> comme l’un des 12 meilleurs jeux gratuits de l’année 2011. Sébastien Genvo anime également une chaîne *Youtube* consacrée aux théories des jeux vidéo<sup>10</sup>.

7. Voir liste de publications : <http://www.ludologique.com>

8. <http://www.expressivegame.com/>

9. <http://www.telegraph.co.uk/technology/8958044/The-years-best-free-games.html?image=10>

10. <https://www.youtube.com/user/SebastienGenvo>

## CHAMELEON : Online Learning for Believable Behaviors based on Humans Imitation in Computer Games

---

Contact : Cédric Buche [buche@enib.fr](mailto:buche@enib.fr)

Equipe IHSEV - Interaction Humain Système et Environnement Virtuel

Partenaire : Virtualys

<http://www.virtualys.fr/>

---

### Objectifs

L’objectif de ces travaux est de concevoir un modèle de comportement pour le contrôle de personnages crédibles dans les jeux vidéo. Dans les jeux que nous étudions, joueurs humains et programmes peuvent contrôler des humanoïdes virtuels pour interagir dans l’environnement virtuel du jeu. Nous définissons un agent crédible comme un programme informatique capable de contrôler un humanoïde virtuel dans un environnement virtuel de telle façon que les joueurs humains pensent que l’humanoïde virtuel est contrôlé par un autre joueur humain.

Comme nous avons besoin de critères plus précis pour évaluer la crédibilité d’un agent. Tout d’abord, l’agent doit réagir à l’environnement et aux autres joueurs d’une façon cohérente. Le temps pris pour réagir doit aussi respecter les temps de réaction habituellement observés chez les humains dans des situations identiques. L’agent doit à tout prix éviter les comportements et les actions répétitifs mais il faut cependant que les intentions de l’agent soient clairement identifiables par les joueurs humains. Contrairement à ce qui est habituellement fait dans les jeux vidéo, les capacités perceptuelles de l’agent doivent être comparable à celles des autres joueurs. L’agent doit aussi être capable de gérer l’écoulement du temps à la fois en se souvenant des événements passés mais aussi en se projetant dans le futur en élaborant des plans. Finalement, l’agent doit être capable d’évoluer pour changer de comportement pour une efficacité et une crédibilité accrue. Cette évolution doit être assez rapide pour être remarquée par les joueurs, qui en déduiront que l’entité qu’ils observent est douée de facultés humaines.

Pour obtenir des personnages les plus crédibles possible nous avons déterminé que l’apprentissage le plus approprié est l’apprentissage par imitation : l’agent apprend son comportement en observant le comportement de joueurs évoluant dans le jeu. Selon notre définition de

la crédibilité, cette méthode est la plus adaptée puisque l’objectif de l’agent est de paraître le plus semblable aux joueurs.

En nous basant sur nos analyses des solutions existantes, nous avons déterminé que le modèle développé par Le Hy dans sa thèse répond à un grand nombre de nos critères. Ce modèle est probabiliste et se base sur les Input-Output Hidden Markov Models : un état caché est choisi en fonction des entrées et de l’état caché à l’instant précédent. Les sorties sont choisies selon les entrées et l’état caché courant. Dans le modèle de Le Hy, les états cachés représentent des décisions, les entrées sont des informations sensorielles et les sorties des actions. Plusieurs algorithmes d’apprentissage ont été développés pour ce modèle. Les travaux les plus aboutis combinent une loi de Laplace pour l’apprentissage des distributions concernant le choix des actions et un algorithme de type Expectation-Maximization (EM) pour l’apprentissage des probabilités markoviennes.

Cependant, le modèle ne répond pas à tous les critères que nous avons listés. Tout d’abord, le nombre de paramètres peut être réduit pour accélérer le processus d’apprentissage. En effet, plus il y a de paramètres, plus il y a de possibilités et donc plus l’apprentissage aura de chances de modifier des paramètres qui ne sont pas pertinents pour la crédibilité du personnage. Ensuite, les méthodes utilisées pour casser la complexité des distributions ont pour résultat de faire agir l’agent de manière trop aléatoire pour être crédible. Nous avons aussi besoin que le modèle puisse s’adapter rapidement à des environnements inconnus. Dans les travaux de Le Hy c’est aux concepteurs de définir les points de passage du personnage. Enfin, des hypothèses simplificatrices sont faites lors de la conception de l’algorithme d’apprentissage qui font que les capacités de l’agent pour apprendre sont assez limitées.

Dans ce projet nous proposons quatre modifications ou remplacements sur le modèle de Le Hy. Tout d’abord, pour réduire le nombre de paramètres, nous proposons un raffinement sémantique en groupant les informations sensorielles et les actions en fonction de leur rôle. Nous remplaçons ensuite les deux mécanismes pour casser la complexité par un mécanisme de sélection d’attention. Nous ajoutons au modèle la capacité d’apprendre la configuration topologique de l’environnement par imitation. Finalement nous reprenons les algorithmes d’apprentis-

sage du comportement pour appliquer une méthode EM sans hypothèses simplificatrices et réduire les deux algorithmes en un seul.

### Détails

Afin de s’assurer que l’apprentissage se fera rapidement, nous avons décidé d’ajouter un peu de connaissances a priori au modèle en faisant un raffinement sémantique des informations sensorielles et des actions. Ce raffinement sémantique consiste à ajouter des hypothèses d’indépendance entre des variables aléatoires du modèle. Nous introduisons la notion d’informations sensorielles de haut niveau, qui représente l’état global de l’environnement et du personnage, et les informations sensorielles de bas niveau qui donnent la position précise d’objets dans l’environnement. De même pour les actions, nous introduisons les action réflexives que le personnage fait sur lui-même et les actions externes que le personnage fait sur l’environnement. Les informations sensorielles de haut niveau permettent de choisir la décision et les actions réflexives alors que les informations sensorielles de bas niveau permettent de choisir les actions externes.

Comme l’environnement est perçu à travers de nombreux senseurs, nous avons dû trouver une solution pour gérer l’explosion combinatoire des valeurs des senseurs. Nous avons remplacé les mécanismes précédents par un mécanisme de sélection d’attention : à chaque instant, le personnage se focalise sur une information sensorielle de haut niveau et une de bas niveau. Pour choisir sur quelle information sensorielle se focaliser nous avons introduit des variables aléatoires qui vont permettre ce choix. Les distributions de probabilité de ces variables sont définies par des fonctions : plus haute est la valeur d’une fonction pour une information sensorielle, plus le personnage a de chances de se focaliser sur cette information, si celle-ci est visible.

Pour que l’agent puisse s’adapter à des environnements inconnus, nous avons amélioré et ajouté un modèle appelé Growing Neural Gas (GNG) au modèle de comportement. Ce nouveau modèle, appelé SGNG, est un modèle qui cherche à représenter des volumes par des graphes en apprenant grâce à des points tirés dans ce volume. Dans notre cas, ces points sont les positions d’un joueur. De cette façon, le SGNG peut apprendre le volume utilisable par le personnage et qui est utilisé par les joueurs. La représentation finale est seulement composé des nœuds du SGNG : chaque nœud représente une zone où le personnage peut aller. Afin de laisser le SGNG apprendre indéfiniment, et donc capable de s’adapter à des changements de comportements ou de configuration de

l’environnement automatiquement, nous avons modifié la condition d’ajout de nœud : un nœud est ajouté seulement si ses voisins ne représentent pas suffisamment bien leurs environs.

Finalement, pour apprendre les paramètres du modèle, nous avons appliqué une méthode EM pour concevoir notre algorithme : un joueur est enregistré pendant sa partie, chacune de ses informations sensorielles et actions est enregistré et donnée à l’algorithme d’apprentissage. Les distributions de probabilité sont mises à jour selon ces observations. Comme notre version ne fait pas d’hypothèse simplificatrice, elle utilise plus de ressources de calcul. Cependant, cet tendance est contrebalancé par le nombre de paramètres réduit grâce au raffinement sémantique. La principale limite de cet algorithme d’apprentissage est de ne pas pouvoir apprendre la valeur des fonctions d’attention.

### Résultats

Chacune de ces 4 propositions a été évaluée pour mesurer leur impact sur le modèle et les comportements résultants. Malheureusement, du fait que le comportement global n’est pas encore satisfaisant en terme de crédibilité, nous avons décidé de ne pas réaliser une évaluation complète du comportement, très coûteuse en temps et en ressources. Cependant, en se basant sur notre connaissance des jeux vidéo, nous avons pu trouver des limites concernant notre modèle.

Le raffinement sémantique a permis une réduction du nombre de paramètres. Dans notre application, cette proposition a permis de réduire le nombre de paramètres de l’ordre de 85%. De plus, ce raffinement ne réduit pas beaucoup l’expressivité du modèle puisque les actions effectuées dans l’environnement demandent de informations sensorielles précises. Il est intéressant de noter que notre proposition permet à notre modèle d’être équivalent, sous certaines conditions, au modèle de Le Hy. En effet, si les informations sensorielles de haut et de bas niveau sont identiques, les deux modèles sont exactement équivalents, notre modèle est donc une généralisation du modèle de Le Hy.

Le mécanisme de sélection d’attention permet à l’agent de se focaliser sur une information comme s’il n’y avait qu’elle. Cela permet de résoudre le problème dont souffre le modèle de Le Hy, à savoir une trop grande variabilité dans le comportement : l’intention de notre agent est claire alors que l’agent de Le Hy, en changeant constamment d’objectif, a un comportement difficile à interpréter.

Le SGNG réussit effectivement à représenter l’environnement avec les données issues d’un joueur. Nous avons

étudié l’impact de chacun des paramètres du modèle afin d’expliquer comment le paramétrer rapidement pour un nouveau jeu. Il est possible d’adapter la finesse de sa représentation en augmentant ou réduisant la densité des nœuds. Le modèle converge rapidement vers une solution, environ 10 minutes pour un environnement simple et 25 min pour un complexe. Il est aussi possible d’utiliser plusieurs joueurs pour améliorer la qualité de la représentation et pour diminuer légèrement le temps d’apprentissage. Finalement, le modèle peut être laissé indéfiniment à apprendre sans qu’il ne devienne trop volumineux en terme de nombre de nœuds. Cela permet à l’algorithme de s’adapter à des comportements de joueurs qui se modifient ou à une évolution de la configuration de l’environnement.

Notre dernière proposition, le nouvel algorithme EM, est celle qui a le plus d’impact sur les résultats finaux. En effet, le comportement de l’agent dépend principalement des paramètres du modèles qui sont appris par l’algorithme. Dans notre application, l’algorithme converge rapidement et est capable d’apprendre sur un joueur en temps-réel. Les distributions de probabilité convergent vers de bonne valeurs, excepté, bien sûr, les valeurs des fonctions d’attention puisqu’elle ne sont pas apprises. Les distributions apprises correspondent parfois à des règles

de comportement habituelles dans les jeux, et donc sûrement crédible, et parfois à des comportements clairement non crédibles.

## Références

- F. Tence, L. Gaubert, J. Soler, P. De Loor, and C. Buche. CHAMELEON : Online Learning for Believable Behaviors based on Humans Imitation in Computer Games. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 24(5) :477-495, 2013.
- F. Tence, L. Gaubert, J. Soler, P. De Loor, and C. Buche. Stable Growing Neural Gas : a Topology Learning Algorithm based on Player Tracking in Video Games. *Applied Soft Computing*, 13(10) :4174-4184, 2013.
- F. Tence, L. Gaubert, P. De Loor and C. Buche. CHAMELEON : A Learning Virtual Bot For Believable Behaviors In Video Game. *International Conference on Intelligent Games and Simulation*, pages 64-70, Eurosis, 2012.
- F. Tence, C. Buche, P. De Loor, and O. Marc. Learning a representation of a believable virtual character’s environment with an imitation algorithm. *First annual Pan-Arabic International Conference on Intelligent Games and Simulation*, pages 141-145. Eurosis, 2010.

## Planification d’actions et jeux-vidéos.

---

**Contact** : Eric Jacopin, Stéphan Cardon

eric.jacopin@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr

Centre de Recherches des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC)

---

Le Centre de Recherches des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC) est un centre multidisciplinaire d’une quarantaine d’enseignants-chercheurs qui sont d’abord regroupés en équipes disciplinaires puis en pôles.

Au sein de l’équipe informatique et mathématiques appliquées, qui fait partie du pôle Sciences et Technologies de la Défense, Stéphane Cardon et Éric Jacopin se sont fixés pour domaine de recherche la génération des comportements des personnages non joueurs (PNJs) dans les jeux vidéos. Jusqu’à maintenant, ils ont principalement envisagé cette génération sous l’angle de la planification d’actions. Cette planification doit être comprise comme une fonction réalisée par un composant d’un système temps-réel, auquel est attribué un budget en termes de temps d’exécution et d’utilisation de la mémoire.

Trois thèmes sont abordés dans ce cadre très applicatif : (i) le développement de composants de planification d’actions, (ii) la comparaison de composants du commerce, (iii) l’utilisation de cartes graphiques (GPUs) comme ressources de calculs. Pour ces trois thèmes, notre objectif est de formuler des questions et de proposer des réponses à ces questions dans des conditions d’exécutions matérielles du commerce.

Par exemple pour le premier thème : les composants de planification développés dans les studios de jeux-vidéos encodent les actions en des classes C++ ; mais, d’une part, ces mêmes studios cherchent à avoir des composants data-driven<sup>11</sup> et d’autre part la communauté de recherche en planification d’actions utilise des fichiers “textes” au format PDDL [3] pour ses diverses compétitions. Comment faire un composant PDDL ? De même pour le deuxième thème, quelques dizaines de jeux-vidéos ont utilisé la planification depuis son introduction dans le jeu F.E.A.R. en 2005 (Monolith) ; comment ces composants fonctionnent-ils ? Comment comparer ces composants ? Quels algorithmes sont mis en œuvre dans ces composants ? Enfin, pour le troisième thème, il s’agit de

répondre aux questions posées par le Cloud Gaming à base de GPUs : comment la planification d’actions peut profiter de la puissance de calculs des GPUs ?

**Développement de composants** Les algorithmes utilisés dans les composants sont, à notre connaissance, basés sur celui de Strips ou bien sur celui de SHOP [3] ; on peut voir ces deux algorithmes comme assez anciens, simples et peu sophistiqués en regard de l’état de l’art en planification. Mais il faut garder à l’esprit que les développeurs ont été capables de les implémenter de façon à ce qu’ils trouvent des plans en quelques millisecondes avec tout au plus quelques centaines de kilo-octets de mémoire disponible : nous avons là affaire à un état de l’art très différent de celui de la recherche actuelle qui, par exemple, ne s’est jamais soucié jusqu’à maintenant des contraintes mémoires [4]. Sur ces bases, un planificateur acceptant des données au format PDDL a été développé [1] puis fortement optimisé [5, 8] pour satisfaire les contraintes d’un jeu commercial. Dans ce cadre, avec une application à la génération de plans d’actions pour des PNJs organisés de façon hiérarchiques [9, 10], nous vous proposons de vous reporter à la description de la thèse d’Alexandre Ménif dans la présentation de Tristan Cazenave ; cette thèse, qui correspond à une inscription à l’Université Paris-Dauphine, bénéficie d’un financement Cifre de l’ANRT et se déroule dans les locaux de Sagem Défense et Sécurité à Massy-Palaiseau. La direction est co-assurée par Tristan Cazenave et Éric Jacopin.

**Comparaison de composants** Depuis 2011, plusieurs studios ont été contactés afin de récupérer des données du composant de planification utilisé dans un ou plusieurs des jeux développés par ces studios. C’est ainsi que nous avons pu récupérer des données venant du composant de planification du jeu Killzone 3 (Guerilla Games, 2011) et de Transformer 3 : Fall of Cybertron (High Moon, 2012). Des données sont en cours de production pour les jeux Tomb Raider (Crystal Dynamics, 2013) et Shadow of Mordor (Monolith, 2014). L’obtention de telles données relève de très longs échanges avec les studios et leurs propriétaires, et de pas mal de chance. Ces données ont permis de définir plusieurs métriques permettant de comparer les composants de planifications, tels des paramètres intensifs (par exemple, le nombre de plan par seconde par PNJ) ou extensifs (par exemple, le nombre

---

11. C’est-à-dire, les données des problèmes de planification sont encodées en des fichiers textes plutôt qu’en des classes C++, avec pour effet de faire varier l’expérience de jeu sans avoir à recompiler le composant.

de PNJs pouvant faire appel au composant de planification à un instant donné) de systèmes qu'on isole pour les étudier. Les premiers résultats [7, 6] montrent, par exemple, que depuis une dizaine d'années, le composant de planification fournit de plus en plus de plans à de plus en plus de PNJs<sup>12</sup> ; ils montrent aussi qu'il n'y a pas de corrélation entre les coûts des actions qui sont utilisées au cours de la recherche d'un plan et la probabilité d'apparition de ces mêmes actions dans un plan exécuté par un PNJ (autrement dit, le coût des actions ne permet que de trouver un plan plus rapidement et influe peu sur l'expérience du jeu). Ces résultats montrent également qu'environ 80% des plans n'utilisent qu'environ 20% des actions disponibles pour les PNJs, questionnant ainsi les coûts de développement et d'implémentation de dizaines et de dizaines d'actions différentes qui ne participent que très peu à l'expérience immersive proposée par le jeu.

**Composant sur GPUs** Comment assurer toujours de plus de plans pour toujours plus de PNJs ? La question se pose particulièrement dans le cadre de jeux en ligne pouvant faire intervenir des milliers de PNJs. À des fins de prototypage, nous avons fait le choix d'utiliser la puissance de calcul des GPUs. Il ne faut surtout pas croire que c'est un choix naturel car un jeu-vidéo utilise plus que pleinement les capacités d'une telle carte à des fins de visualisation graphique. Ainsi, la position des studios est plutôt : “Ne touchez pas à la carte graphique!”. Par conséquent, notre application concernait plutôt le cas du Cloud Gaming où des GPUs fourniraient une puissance de calcul dédiée. Dans ce type d'application, la cible de visualisation du jeu est un écran de faible encombrement, comme celui d'une tablette ou d'un smartphone. Plutôt que de tenter de porter les algorithmes des composants actuellement en usage dans les studios, nous avons fait le pari d'un composant de planification d'actions basé sur la programmation par contraintes<sup>13</sup>. En effet, les GPUs sont efficaces pour traiter des matrices et c'est justement une représentation matricielle que nous utilisons pour encoder des contraintes ; d'ailleurs, nos premiers résultats [2] sont encourageants.

## Bibliographie

- [1] Olivier Bartheve and Éric Jacopin. A real-time PDDL-based planning component for video games. In *Proceedings of the 5<sup>th</sup> AIIDE*, pages 130–136. AAAI Press, 2009.
- [2] Stéphane Cardon and Éric Jacopin. CUDA constraint programming for AI gaming in the cloud. Poster at the nVidia GPU Technology Conference, March 2015.
- [3] Malik Ghallab, Dana Nau, and Paolo Traverso. *Automated Planning : Theory and Practice*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [4] Éric Jacopin. A little of first person shooters and a lot of ai planning. Séminaire du thème Robotique, LAAS, Toulouse, France.
- [5] Éric Jacopin. Brute classical planner : Memory efficient forward-chaining. <http://aigamedev.com/ultimate/report/study-planning/>, February 2014.
- [6] Éric Jacopin. Game ai planning analytics : The case of three first-person shooters. In *Proceedings of the 10<sup>th</sup> AIIDE*, pages 119–124. AAAI Press, 2014.
- [7] Éric Jacopin. In-depth study of planning in top AAA games. <http://aigamedev.com/ultimate/release/brute-classical-planner/>, March 2014.
- [8] Éric Jacopin. *Optimizing Practical Planning for Game AI*, volume 2 of *Game AI Pro*, chapter 13, pages 117–127. CRC Press, march 2015.
- [9] Alexandre Menif, Christophe Guettier, and Tristan Cazenave. Planning and execution control architecture for infantry serious gaming. In *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Planning in Games Workshop*, pages 31–34, 2013.
- [10] Alexandre Menif, Éric Jacopin, and Tristan Cazenave. SHPE : HTN planning for video games. In Tristan Cazenave, Mark Winands, and Yngvi Björnsson, editors, *Computer Games – 3<sup>rd</sup> Workshop in Computer Games (21<sup>st</sup> ECAI, 2014)*, pages 119–132. Springer-Verlag, 2014.
- [11] Peter van Beek and Xinguang Chen. CPlan : A constraint programming approach to planning. In *Proceedings of 16<sup>th</sup> AAAI*, pages 585–590. AAAI Press, 1999.

12. Il faut comprendre là que les performances des composants de planification ont (très largement) augmenté indépendamment des performances matérielles.

13. Ce n'est pas la première fois que la programmation par contraintes est utilisée à cette fin [11]...

## Patient Genesys : Outil de création de cas cliniques de simulation médicale proposant des cas patients virtuels en 3D

- 
- Contact : Jérôme Leleu <jerome.leleu@interaction-healthcare.com>
  - Adresse : 134 rue Danton, 92300 Levallois-Perret
  - Web : <http://www.patient-genesys.com/>
  - Financement : Appel FUI16 du Fonds Unifié Interministériel : Banque Publique d'Investissement, Conseil Régional de Bretagne
  - Durée du projet : 2014–2016
- 

### Partenaires

- Interaction Healthcare (porteur), Levallois-Perret : Régis Caillat-Grenier, Jérôme Leleu, Nathalie Pierard, Philippe Rica
- CHU d'Angers, Angers : Jean-Claude Granry, Thierry Lehoussé
- VIDAL, Issy Les Moulineaux : Suzanne Pereira
- CNRS (LIMSI), Orsay : Éric Bilinski, Dhouha Bouamor, Leonardo Campillos, Brigitte Grau, Anne-Laure Ligozat, Sophie Rosset, Pierre Zweigenbaum
- Voxygen, Lannion : Philippe Bretier, Olivier Rosec

### Thème général du projet

L'objectif du projet PatientGenesys est de développer un outil de création de cas cliniques numériques de simulation médicale pour la formation des personnels de santé.

L'outil permet à des médecins/formateurs de créer des cas cliniques qui serviront à la formation d'étudiants, de médecins ou de spécialistes. Le concept pourra être ensuite décliné pour la formation d'autres personnels de santé comme les infirmières. Dans chaque cas, le médecin est mis dans la situation où il reçoit un patient en consultation et va le prendre en charge sur plusieurs consultations (ex : suivi d'un patient évoquant une hypertension artérielle, suivi d'un patient atteint d'infection pulmonaire). Cette situation est simulée dans un environnement 3D représentant le cabinet du médecin, dans lequel il peut interagir avec un avatar réaliste de patient. Le médecin conduit la consultation, pendant laquelle il peut entre autres interroger le patient, consulter son dossier médical et ses examens, l'examiner, lui prescrire un traitement,

etc. Une évaluation du cas est apportée en fin de chaque consultation sous forme de feed back en fonction des choix effectués par le médecin utilisateur.

### Description des travaux

#### *La formation en santé par la simulation numérique*

Dans un contexte où la sécurité du patient et la responsabilité des médecins sont au cœur des débats, la simulation devient un enjeu majeur de la formation des professionnels de santé. En effet, parmi toutes les causes d'accident médical, l'erreur humaine du professionnel de santé (« acte fautif ») est responsable dans 27 % des cas. On estime à 10 000 le nombre de décès par an en France à cause d'une erreur médicale, soit 2 700 pour lesquelles le professionnel de santé est responsable.

La Haute Autorité de Santé préconise de ce fait « Jamais la première fois sur un patient » : la simulation autorise l'apprentissage par l'erreur aux professionnels de santé. Répéter des procédures, multiplier les prises de décisions thérapeutiques, simuler les situations de stress sont autant d'objectifs pédagogiques majeurs auxquels la simulation numérique apporte une réponse innovante et pertinente.

La simulation numérique prend ainsi une place croissante dans la formation des professionnels de santé. Elle facilite l'acquisition de connaissances par ses aspects ludiques et interactifs et permet le développement de certaines compétences. Deux aspects de cette méthode de formation sont importants à considérer : l'accompagnement des professionnels par un « tutorat » et l'évaluation des programmes de formation.

#### *Un environnement de génération de « jeu vidéo » pour la formation par la simulation*

Les cas réalisés avec l'outil PatientGenesys génèrent des consultations virtuelles 3D grâce à l'utilisation d'un processus d'animation 3D temps réel. Dans le programme, quand le médecin utilisateur pose une question à son patient :

- la réponse est d'abord obtenue en texte grâce à l'agent conversationnel du LIMSI (section) ;
- le texte est traduit en son (voix du patient) grâce à la synthèse vocale de Voxygen (section) ;

- le patient est au final animé avec une synchronisation labiale correspondant à la voix grâce au développement d’Interaction Healthcare.

Ces actions se déroulent en temps réel en ligne au moyen du programme 3D Unity.

Sont proposés aux formateurs pour créer leurs cas des décors 3D correspondant à tous les environnements de consultation (hôpital, cabinet de ville, domicile) et une génération de personnages 3D pour les différents patients.

### Un patient virtuel dialoguant

Exemple de dialogue entre un médecin et le système actuel (en italiques). Les annotations en bleu ajoutées à la main montrent le schéma suivi.

Salutations  
 > Bonjour.  
 — *Bonjour, docteur.*  
 Questions sur le but de la consultation  
 > Vous venez parce que vous allez être opérée  
 — *C’est ça oui, une cholécystectomie sous coelochirurgie.*  
 Introduction de la consultation  
 > D’accord. Avant tout je vais vous poser quelques questions.  
 — OK.  
 Questions sur les données générales du patient  
 > Quelle est votre date de naissance ?  
 — *Je suis né le 18 3 1965*  
 > Et vous pesez combien ?  
 — *Je pèse 62 kilos*  
 > OK. Vous pratiquez quelque sport ou activité physique ?  
 — *eh... velo 1 fois par mois.*  
 > Et vous fumez ?  
 — *et bien oui. Environ 1 paquet par jour depuis 18 ans*  
 Questions sur les antécédents  
 > D’accord, vous avez déjà été opérée ?  
 — *Alors, j’ai eu une amygdalectomie, ligamentoplastie genou droit et une cure de hernie inguinale droite.*  
 > Avez vous bien supporté l’opération ?  
 — *Euh... quelle opération précisément ? J’en ai déjà eu 3, à laquelle vous vous référez, docteur ?*  
 > Je veux dire, vous avez bien supporté l’amygdalectomie ?  
 — *Aucun souvenir.*  
 > C’est bien, et comment s’est passée la cure de hernie ?  
 — *J’ai eu NVPO++ .*

L’interaction avec le patient se fait en langue naturelle : le médecin pose des questions libres au patient qui doit lui répondre naturellement. Cette interaction est gérée par un système de dialogue personne-machine (aussi appelé « agent conversationnel ») qui inclut un système d’analyse des phrases saisies par le médecin, un système de gestion de dialogue et de prise de décision incluant la recherche dans la base de connaissance, et un système de génération de réponses.

Les systèmes de dialogue ont été largement développés pour permettre l’accès par des utilisateurs à des informations [3]. Le domaine médical a vu de nombreux travaux se rapportant notamment à la surveillance de patients [6, 2].

Le cœur d’un tel système est constitué du gestionnaire de dialogue dont l’objectif est de gérer le flux de la conversation et les différentes actions du système. Le

gestionnaire de dialogue a un double rôle. Il doit d’une part prendre des décisions sur ce qu’il y a à faire et donc contrôler le flux du dialogue, et d’autre part s’appuyer sur une analyse contextuelle des différents éléments présents (en provenance notamment du système de compréhension mais aussi de l’état antérieur ou de la réponse fournie par un système de recherche d’informations). Deux modules composent donc en général le gestionnaire de dialogue : un contrôleur et une analyse contextuelle.

De nombreuses approches pour la gestion du dialogue ont été proposées. Sans les détailler toutes (cf. [3] ainsi que [6, 2]), nous retenons les approches fondées sur des schémas et les approches statistiques.

Depuis une dizaine d’années, une approche [9] largement utilisée maintenant s’appuie sur les Processus de décision markoviens partiellement observables (Partially Observable Markov Decision Process, POMDP). Les POMDP s’appuient sur des données obtenues suivant une méthode d’apprentissage par renforcement [7], dont l’objectif est de permettre à un système d’apprendre ce qu’il est le plus intéressant de faire étant donné une situation [5]. Ces approches ont cependant pour limite de nécessiter de grandes quantités d’exemples d’interactions.

Les approches fondées sur des schémas qui représentent ce que doit résoudre le système ne nécessitent pas de données d’apprentissage mais une tâche et un domaine très structurés. Un schéma peut inclure des informations sur l’état du dialogue, le locuteur, l’acte de dialogue en cours, le sujet en cours... Un schéma peut être structuré, et donc complexe [8, 4]. Pour manipuler les schémas, le système s’appuie sur un ensemble de règles qui sont en fait l’expression du modèle de la tâche et du modèle du dialogue. Ces approches sont particulièrement intéressantes dès que l’on a besoin de distinguer clairement les connaissances statiques (ici, la maladie du patient, l’état de santé simulé, éventuellement sa personnalité) des connaissances dynamiques (ce qui s’est dit en cours de conversation). C’est donc cette dernière approche qui a été choisie dans le cadre de ce projet. Les schémas s’appuient sur la structure du dossier patient correspondant au cas lié à la situation de dialogue. La gestion de l’interaction elle-même (le flux conversationnel) s’appuie sur des jeux de dialogue (voir par exemple [1]).

Les réponses du patient sont pour l’instant générées à partir d’un éventail de modèles de phrases instanciés selon le contenu du dossier du patient, tel qu’il a été fourni par le formateur qui a défini le cas. Elles sont ensuite prononcées avec une voix expressive par un système de synthèse vocale décrit ci-dessous.

L’un des enjeux de l’agent conversationnel est d’aller vers la programmation automatique de systèmes spéciali-

sés dans un domaine, à partir des spécifications du cas fournies par le formateur.

#### *La synthèse de voix expressives*

Le patient virtuel s’exprime via une technologie de synthèse vocale. La parole synthétisée est ainsi constituée de segments de parole (diphones) concaténés pour former le message souhaité. Cette technologie s’appuie un corpus de parole défini de façon à couvrir l’essentiel des phénomènes linguistiques d’une langue donnée tant dans ses dimensions phonétiques que prosodiques. Du fait de la richesse du corpus de parole, il est possible de sélectionner automatiquement des séquences acoustiques adéquates, qui ne nécessitent aucune déformation, offrant une qualité de timbre parfaitement naturelle.

Dans le cadre du projet Patient Genesys, un soin tout particulier a été porté sur l’optimisation des voix de synthèse de façon à garantir la bonne prononciation de termes médicaux. L’expressivité des voix de synthèse a également été ajustée de façon à refléter l’état de fatigue et d’anxiété du patient qui peut varier au fil de ses consultations : ainsi il s’exprime sur un mode tantôt neutre, fatigué ou inquiet. Le naturel de la voix multi-expressive est garanti par le procédé de création, basé sur l’enregistrement d’un acteur s’exprimant dans ces différentes expressivités. Pour les besoins du projet, plusieurs voix sont réalisées : garçon et fille, homme et femme adulte, homme et femme senior, en français et en anglais américain.

#### *Des sources de connaissances pour le formateur et le formé*

Le formateur comme le formé ont la possibilité de prescrire des médicaments aux patients et de vérifier les interactions médicamenteuses éventuelles. De plus, l’accès à des sources d’information comme les informations VIDAL permettent d’aider le formateur dans la création de son cas, et d’aider le formé dans la résolution du cas.

#### **État d’avancement et perspectives**

Au moment de la rédaction de ce texte, le concept du programme est entièrement défini, notamment sous la forme de deux maquettes :

- une pour le front office du programme (les écrans de l’apprenant) ;
- l’autre pour le back office (les écrans du formateur créateur de cas).

Plusieurs cas cliniques ont été conçus et seront intégrés prochainement dans l’outil.

L’élaboration d’un gabarit a permis à des médecins dans diverses spécialités de créer des cas cliniques comprenant chacun une ou plusieurs consultations simulées. Ils sont ensuite testés afin d’obtenir une présentation clinique proche de la réalité. Une auto-évaluation finale et un support pédagogique en rapport avec les bonnes pratiques sont fournis à la fin de chaque cas. Une version initiale du système de dialogue répond aux questions du médecin à partir d’expressions reprises telles quelles du contenu du dossier. Des expressions plus en rapport avec le registre d’un patient seront calculées dans la suite du projet. Les voix pour les patients ont été enregistrées, plusieurs d’entre elles sont prêtes à être employées. Les web services VIDAL sont en cours d’intégration.

Le prototype de Patient Genesys sera présenté en démonstration à Futur en Seine en juin 2015.

## **Bibliographie**

- [1] Guillaume Dubuisson Duplessis. *Modèle de comportement communicatif conventionnel pour un agent en interaction avec des humains : approche par jeux de dialogue*. Thèse de doctorat en informatique, INSA de Rouen, May 2014.
- [2] Toni Giorgino, Ivano Azzini, C. Rognoni, S. Quaglini, M. Stefanelli, Roberto Gretter, and Daniele Falavigna. Automated spoken dialog system for hypertensive patient home management. *International Journal of Medical Informatics*, 74 :159–167, February 2005.
- [3] Kristiina Jokinen and Michael F. McTear. *Spoken Dialogue Systems*. Synthesis Lectures on Human Language Technologies. Morgan & Claypool Publishers, 2009.
- [4] Michael F. McTear, Ian M. O’Neill, Philip Hanna, and Xingkun Liu. Handling errors and determining confirmation strategies - an object-based approach. *Speech Communication*, 45(3) :249–269, 2005.
- [5] Florian Pinault. *Apprentissage par renforcement pour la généralisation des approches automatiques dans la conception des systèmes de dialogue oral*. Thèse de doctorat en informatique, Université d’Avignon et des Pays du Vaucluse, 2011.
- [6] Lina Maria Rojas-Barahona and Toni Giorgino. Adaptable dialog architecture and runtime engine (AdaRTE) : A framework for rapid prototyping of health dialog systems. *International Journal of Medical Informatics*, 78s, 2009.
- [7] Richard S. Sutton and Andrew G. Barto. *Introduction to Reinforcement Learning*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1st edition, 1998.

- [8] Boris van Schooten, Sophie Rosset, Olivier Galibert, Aurélien Max, R op den Akker, and Gabriel Illouz. Handling speech input in the Ritel QA dialogue system. In *InterSpeech'07*, Antwerp, Belgium, 2007.
- [9] Steve Young. Using POMDPs for dialog management. In *in Proceedings of the 1st IEEE/ACL Workshop on Spoken Language Technologies (SLT'06)*, 2006.

## MinEsport : De la conception à l’application de techniques de fouille de données et apprentissage statistique pour répondre aux besoins de la filière du jeu vidéo.

---

Contact :

- **Mehdi Kaytoue**, maître de conférences à l’INSA de Lyon et chercheur dans l’équipe *Data mining and machine learning* (DM2L) du LIRIS CNRS UMR 5205. [mehdi.kaytoue@insa-lyon.fr](mailto:mehdi.kaytoue@insa-lyon.fr)
  - **Chedy Raïssi**, chargé de recherche, centre de recherche INRIA Nancy Grand Est, LORIA CNRS UMR 7503. [chedy.raïssi@inria.fr](mailto:chedy.raïssi@inria.fr)
- 

### Introduction

Durant la dernière décennie, les revenus générés par l’industrie du jeu vidéo (notamment grâce aux jeux en ligne) n’ont cessé d’augmenter allant même à dépasser ceux du cinéma et de la musique réunis. La production de jeux vidéos multi-joueurs est ainsi devenue un marché profitable avec divers enjeux.

La plupart des nouveaux jeux disposent d’outils d’accès et partage vers les réseaux sociaux les plus usuels ou dédiés. Cette ouverture sur les réseaux sociaux permet aux joueurs d’interagir, jouer ensemble ou les uns contre les autres, chacun pour soi ou en équipe. Naturellement, des communautés de joueurs ont vu le jour sur le Web et répondent au besoin naturel de partager l’expérience de jeu, les succès, les opinions et les stratégies en vogue. Ces communautés peuvent être composées de millions d’individus qui communiquent sur leur passion. Dans chaque communauté, certaines personnes développent des capacités étonnantes, comme l’agilité et la rapidité pour la manipulation des claviers et souris, ou encore un sens inné de la stratégie, ce qui pour la plupart demande une pratique régulière et intense. De la rencontre des meilleurs de ses individus et leurs affrontements au cours de compétitions est né le sport électronique (esport) [5]. Très présent en Corée du Sud au début des années 2000, il aura fallu attendre une décennie pour que le phénomène se généralise au delà des frontières du pays du matin calme. L’esport est composé de professionnels et amateurs, d’équipes, de championnats, de commentateurs et de sponsors, en bref, les mêmes éléments qui accompagnent les sports classiques tel que le football ou le judo. La principale différence est l’utilisation d’un appareil électronique comme

support. Cette nouvelle alternative (crédible ?) au sport traditionnel vise principalement les jeunes hommes de 18 à 35 ans au travers de compétitions en ligne. Les récompenses pour un vainqueur d’une compétition majeure dépassent régulièrement le million de dollars (on notera une récompense totale de de 10 millions de dollars pour *The International 4* avec près de 5 millions pour l’équipe des 5 gagnants).

Un des facteurs majeurs du développement de l’esport est la capacité de partager l’expérience ludique à travers une plateforme Web appelée TV sociale. Un joueur diffuse en continue et en live son jeu, commente la manière dont il joue, active sa caméra de bureau et interagit avec son audience via un tchat. Le système qui a connu l’essor le plus considérable est Twitch.tv [www.twitch.tv](http://www.twitch.tv). Lancé le 6 juin 2011, ce service a rapidement atteint une audience impressionnante [2]. Avec plus de 16 millions d’utilisateurs actifs par mois, le site a été racheté récemment par le géant Amazon pour près d’un milliard de dollars. Ainsi, il n’est plus rare de voir aujourd’hui des diffuseurs/joueurs professionnels, qui vivent grâce au support publicitaire et aux abonnements à leur chaîne par les fans.

### Objectifs

Cette évolution des mentalités au sujet des jeux vidéos en ligne et de l’esport apporte de nouvelles contraintes et soulève de nouveaux défis pour les éditeurs de jeu : (i) le jeu doit bien sûr continuer à être passionnant pour le joueur standard, mais il doit aussi être (ii) appréciable et hautement compétitif pour le joueur professionnel, (iii) diffusable sur les TV sociales et (iv) améliorabile en fonction du retour utilisateur et de la popularité du jeu sur les TV sociales et la scène compétitive.

Le projet *MinEsport* est à son balbutiement et cherche à fournir des outils pour répondre à ces défis. Il s’agit d’élaborer et d’utiliser des techniques de fouilles de données et d’apprentissage statistique pour répondre à diverses problématiques liées aux objectifs de la filière du jeu vidéo. On note principalement plusieurs axes :

- **La compréhension des interactions au sein des TV sociales de jeux vidéos** Il s’agit ici d’un excellent cadre pour analyser la fameuse maxime de Lasswell “*who says what to whom in what channel with what effect ?*”. Pour cela, on ana-

lyse les traces laissées par les utilisateurs du système Twitch.tv [2, 4], et on cherche à recommander et ordonner des chaînes, découvrir des trajectoires de visionnage propre à certaines populations (par exemple les hommes professionnellement actifs de plus de trente ans qui aiment les jeux de stratégies). Outre une meilleure compréhension des phénomènes sociaux liés aux jeux, la recommandation personnalisée et le placement publicitaire vidéo ciblé sont les enjeux majeurs qui intéressent des entreprises comme Twitch.tv ainsi que les plus grands groupes mondiaux qui se positionnent de plus en plus sur le marché. En effet, le suivi de la popularité d’un jeu ou d’un type de jeu sur les TV sociales donne des indices forts de son succès et des communautés qu’ils touchent, qu’ils restent à caractériser.

- **Découvrir automatiquement les stratégies dans les parties de grands maîtres.** Le but est d’étudier les mécaniques d’un jeu de stratégie en temps réel (comme Dota2, League of Legends ou StarCraft II). Alors que les règles et propriétés du jeu (*gameplay*) sont *a priori* établies par le développeur du jeu, ce dernier évolue constamment en fonction de comment il est joué et regardé. Par exemple, des stratégies anormales (déséquilibrées) peuvent être découvertes par les joueurs et le jeu est modifié en conséquence. Notre but est ici de découvrir les stratégies fréquemment jouées, statistiquement significatives et déséquilibrées de manière automatique [3, 1]. L’équilibre d’un jeu compétitif est en effet cruciale : tous les joueurs ont les mêmes chances au vue de l’état initial, sachant que les actions possibles dont ils disposent sont généralement différentes.
- **Détecter les cas de triche.** Dans le cas des jeux où s’affrontent des adversaires, les cas de triches sont monnaie courante et chassés par les éditeurs de jeux. En effet, lorsque ces cas sont constatés par les joueurs et non réglés, le jeu a alors une mauvaise réputation et disparaît dans l’oubli. Encore, de nombreux jeux ont des économies internes où la monnaie virtuelle peut s’échanger contre une

monnaie réelle. Il est alors primordiale de détecter un tricheur au plus vite et de le sanctionner. Nous attaquons le problème de la triche dans les jeux vidéos pour l’esport : la majorité des tournois (excepté les plus glorieux) se déroule sur le Web, et il est difficile de vérifier l’identité réelle d’un joueur. Nous comparons alors le profil du joueur avec celui supposé découvert dans une collection de traces de jeu du joueurs. On parle alors de signatures numériques du joueur : la manière dont il utilise le clavier et la souris sont relativement caractéristiques.

## Bibliographie

- [1] Guillaume Bosc, Mehdi Kaytoue, Chedy Raïssi, Jean-Francois Boulicaut, and Philip Tan. Mining Balanced Patterns in Real-Time Strategy Games. In Torsten Schaub, editor, *21st European Conference on Artificial Intelligence (ECAI)*, pages 975–976. IOS, August 2014.
- [2] Mehdi Kaytoue, Arlei Silva, Loïc Cerf, Wagner Meira Jr., and Chedy Raïssi. Watch me playing, i am a professional : a first study on video game live streaming. In Alain Mille, Fabien L. Gandon, Jacques Misselis, Michael Rabinovich, and Steffen Staab, editors, *Proceedings of the 21st World Wide Web Conference, WWW 2012, Lyon, France, April 16-20, 2012 (Companion Volume)*, pages 1181–1188. ACM, 2012.
- [3] Cécile Low-Kam, Chedy Raïssi, Mehdi Kaytoue, and Jian Pei. Mining statistically significant sequential patterns. In Hui Xiong, George Karypis, Bhavani M. Thuraisingham, Diane J. Cook, and Xindong Wu, editors, *2013 IEEE 13th International Conference on Data Mining, Dallas, TX, USA*, pages 488–497, 2013.
- [4] Gustavo Nascimento, Manoel Ribeiro, Loïc Cerf, Natália Cesário, Mehdi Kaytoue, Chedy Raïssi, Thiago Vasconcelos, and Wagner Meira Jr. Modeling and analyzing the video game live-streaming community. In *9th edition of the Latin American Web Congress, Ouro Preto, Brazil, October 2014*.
- [5] T. L. Taylor. *Raising the Stakes : E-Sports and the Professionalization of Computer Gaming*. MIT Press, 2012.

## GHOST : un solveur discret

---

Contact : Florian Richoux  
 Ecole des Mines de Nantes  
 Email : [florian.richoux@univ-nantes.fr](mailto:florian.richoux@univ-nantes.fr)

---

### IA dans les RTS

Les jeux de stratégie en temps réel (RTS) sont des jeux vidéos que l'on peut comparer aux échecs, mais avec deux différences de taille : les deux joueurs jouent simultanément, apportant une dimension de réactivité qui n'existe pas dans les échecs (du moins pas sur la même échelle) et surtout un brouillard de guerre tel que l'a théorisé Clausewitz empêchant les joueurs d'avoir une connaissance parfaite de l'état du jeu à tout moment. Ces jeux rentrent donc dans la catégorie des environnements dynamiques à information incomplète.

Développer une intelligence artificielle capable de jouer à ce genre de jeu à un niveau comparable à celui de l'être humain se révèle être un défi de taille, apportant son lot de problèmes scientifiquement pertinents : comment faire raisonner une machine là où l'intuition humaine entre en jeu ?

Outre son aspect ludique, il y a quatre bonnes raisons de s'intéresser à ce domaine :

- L'industrie du jeu est une vraie industrie, avec ses problématiques, ses besoins et ses attentes.
- Les jeux parlent à tout le monde, et il est aisé de faire passer des idées, des concepts ou d'expliquer des problèmes en se reposant sur eux. Ils sont également un formidable vecteur pour toucher et sensibiliser un large public à la recherche.
- Certains problèmes que l'on rencontre dans les jeux sont très similaires, voire les mêmes, que ceux rencontrés en robotique. Or, le côté dématérialisé des jeux vidéos facilite grandement les expérimentations par rapport à la robotique, ne nécessitant qu'un matériel basique (un ordinateur) et permettant un grand contrôle de la conduite des expérimentations (accélération du temps, parallélisation, ...).
- Enfin, l'une des principales motivations porte sur le fait qu'un jeu peut être vu comme un petit monde, avec ses règles plus simples, son espace plus restreint, ses interactions plus limitées, mais

qui reste tout de même assez riche et complexe pour y développer des techniques d'intelligence artificielle prometteuses dans l'optique de les appliquer à d'autres domaines avec succès.

Le lecteur intéressé par les problèmes et techniques d'IA pour les RTS trouvera une revue très complète de l'état de l'art dans les articles [3] et [4].

### GHOST

GHOST [1] est une bibliothèque C++ contenant un solveur de problème de satisfaction/optimalisation de contraintes (CSP/COP), spécialement conçue pour traiter les problèmes liés aux RTS, notamment pour le jeu StarCraft : Brood War, le jeu de stratégie en temps réel qui a rencontré le plus grand succès commercial avec plus de 11 millions de copies vendues dans le monde.

Les CSP/COP offrent un formalisme homogène pour modéliser des problèmes d'optimisation combinatoire. Ceci se fait en exprimant quels sont les variables du problème, leur domaine, c'est-à-dire l'ensemble des valeurs qu'elles peuvent prendre, et leurs contraintes, à savoir quelles sont les combinaisons interdites de valeurs (par exemple,  $x$  et  $y$  ne peuvent pas avoir la même valeur). Ce formalisme permet souvent d'exprimer naturellement et intuitivement de nombreux problèmes. Cependant, à part pour quelques ordonnanceurs de *build order* [3, 4], les CSP/COP sont assez peu utilisés dans les IA pour les RTS. Les chercheurs travaillant dans ce domaine viennent de différents horizons (*machine learning*, *case-based reasoning*, programmation bayésienne, ...) et appliquent souvent les méthodes qu'ils maîtrisent le mieux.

La bibliothèque GHOST est développée au sein du LINA à l'Université de Nantes. Sous licence GNU GPL v3, elle est librement utilisable et disponible sur [github.com/richoux/GHOST](https://github.com/richoux/GHOST). Elle vise deux types d'utilisateur :

- L'utilisateur lambda qui souhaite simplement utiliser le solveur de GHOST pour un problème déjà implémenté dans la bibliothèque.
- Le programmeur qui souhaite utiliser GHOST pour résoudre son propre problème. Dans ce cas, GHOST l'aide à implémenter son modèle CSP/COP simplement en faisant hériter les classes du modèle à partir des classes `Variable`, `Domain`, `Constraint` et `Objective`.

Actuellement, trois problèmes classiques des RTS sont implémentés dans GHOST :

- Le problème de *wall-in*, traité d’une manière ad-hoc dans [2] et dont le solveur et la structure de GHOST est une large extension. Il s’agit de placer ses bâtiments de manière à ce que l’entrée de sa base forme un goulot d’étranglement, facilitant ainsi sa défense en cas d’invasion.
- Le problème de *build order*, à savoir un problème d’ordonnancement de tâches à effectuer de manière à minimiser le temps total de réalisation d’un but fixé (par exemple, posséder 20 unités de tel type et avoir recherché telle technologie). Ce problème est rendu plus complexe par la structure de l’ensemble des bâtiments constructibles formant un arbre technologique, où la construction d’un bâtiment n’est possible que si toutes les dépendances sont satisfaites, et débloque à son tour de nouvelles possibilités de construction et d’action (recruter telle unité, rechercher telle amélioration, etc).
- Le problème de sélection de cibles, où il est question de maximiser les dégâts sur un groupe d’unités adverses par nos propres unités avoisinantes. Ce problème devient intéressant d’un point de vue optimisation combinatoire quand on sait que de nombreux paramètres rentrent en jeu pour faire varier les dégâts en fonction du type de l’unité qui attaque et qui reçoit l’attaque.

Par définition, les jeux RTS se déroulent en temps réel, ce qui fait que les temps de réaction doivent être très rapides. Un jeu comme StarCraft voit son temps discrétisé en 24 *frames* par seconde. Pour chaque *frame*, une IA dispose jusqu’à 50 millisecondes environ pour récupérer les données du jeu, les traiter, prendre des décisions et les exécuter. Un solveur CSP/COP pour les RTS se doit ainsi d’être très réactif et, sans chercher la solution la plus optimale possible, doit être en mesure de trouver une solution de bonne qualité en l’espace de 30 ou 40 millisecondes. C’est la raison pour laquelle le solveur implémenté dans

GHOST est une méta-heuristique de recherche locale. Les résultats sont d’ailleurs très satisfaisants, puisque GHOST trouve des solutions de qualité très convenable, au moins équivalente à ce que l’on peut trouver dans la littérature mais souvent bien plus rapidement [1].

Les variables des modèles traités par la bibliothèque prennent leur valeur dans  $\mathbb{N}$ , ce qui fait de GHOST un solveur discret. Cependant la nature des jeux RTS fait que beaucoup de problèmes ne sont pas modélisables par un CSP/COP classique, ces derniers ne prenant pas en compte le caractère dynamique et incomplet des informations manipulées dans un RTS. La prochaine étape est donc d’adapter cette bibliothèque à un formalisme de contrainte permettant de prendre en compte et modéliser l’incertitude intrinsèque aux problèmes que l’on retrouve dans les RTS. Ceci pourrait être fait à travers un formalisme tel que les CSP flous ou les CSP souples.

Notre objectif est de faire de GHOST le solveur CSP/COP de référence pour les IA dans les RTS, à commencer par les IA de StarCraft : Brood War. Notre propre IA pour ce jeu, AIUR ([github.com/AIUR-group/AIUR](https://github.com/AIUR-group/AIUR)), devrait inclure GHOST pour les prochaines compétitions d’IA de StarCraft des conférences AIIDE et CIG qui ont lieu chaque été.

- [1] Florian Richoux, Jean-François Baffier et Alberto Uriarte, GHOST : A Combinatorial Optimization Solver for RTS-related Problems, *Transactions on Computational Intelligence and AI in games*, à paraître.
- [2] Florian Richoux, Alberto Uriarte et Santiago Ontañón, Walling in Strategy Games via Constraint Optimization, *AIIDE 2014*.
- [3] Glen Robertson et Ian Watson, A Review of Real-Time Strategy Game AI, *AI Magazine*, 2014.
- [4] Santiago Ontañón, Gabriel Synnaeve, Alberto Uriarte, Florian Richoux, David Churchill et Mike Preuss, A Survey of Real-Time Strategy Game AI Research and Competition in StarCraft, *Transactions on Computational Intelligence and AI in games*, 5(4) :293–311, 2013.

## Equipes Projet DREAM / MIMETIC de l'IRISA

263 avenue du général Leclerc, 35042 Rennes CEDEX.

<http://www.irisa.fr/dream>

<http://www.irisa.fr/mimetic>

### Responsables :

Alexandre Termier (DREAM)

Franck Multon (MimeTIC)

### Membres concernés :

Fabrice Lamarche (contact, MimeTIC)

Philippe Rannou (doctorant, MimeTIC)

Marie-Odile Cordier (DREAM)

### Thèmes des équipes

L'équipe projet MimeTIC de l'Irisa (UMR 6074)/Inria Bretagne Atlantique regroupe des membres des laboratoires IRISA, INRIA Rennes et M2S (Mouvement Sport Santé, université de Rennes 2). Cette équipe travaille sur la simulation de l'humain en abordant des thèmes allant de l'analyse et la simulation du mouvement à la simulation du comportement. L'originalité de cette équipe réside dans sa pluridisciplinarité, en effet elle regroupe des informaticiens spécialisés en animation et simulation, ainsi que des biomécaniciens spécialisés dans l'étude du mouvement.

L'équipe projet DREAM de l'Irisa (UMR 6074)/Inria Bretagne Atlantique est une équipe d'Intelligence Artificielle qui s'intéresse à la surveillance et au diagnostic de systèmes évoluant dans le temps. L'approche utilisée s'appuie sur des modèles tels que des modèles à événements discrets, des graphes causaux temporels ou des ensembles de chroniques. Un des points importants étudiés par l'équipe est celui de l'acquisition des modèles, en utilisant en particulier des techniques de type apprentissage symbolique et la fouille de séquences temporelles.

**Thème :** Planification et opportunisme pour augmenter la crédibilité des comportements, en particulier dans les jeux vidéo.

Dans le contexte du jeu vidéo, une attention particulière concerne la modélisation du comportement des personnages non joueurs (PNJ) avec lesquels le joueur peut entrer en interaction. Dans ce domaine, la propor-

tion de temps de calcul dédié à la gestion l'intelligence artificielle augmente avec pour objectif de doter les PNJ de comportements de plus en plus réalistes et évolués. Ces PNJ peuvent souvent être vus comme des acteurs virtuels participants à un scénario global dans lequel le joueur est plongé. Ils doivent adapter leur comportement aux actions du joueur tout en étant contraints, dans leurs actions, à respecter une trame scénaristique leur imposant des objectifs.

Du point de vue d'un PNJ, l'environnement dans lequel il évolue est dynamique. En effet, beaucoup de changements peuvent intervenir de par l'action du joueur ou d'un autre PNJ. Pour être crédible, le comportement d'un PNJ doit s'adapter aux modifications imprévues de l'environnement, qu'elles soient favorables ou défavorables. Dans notre contexte, nous définissons la crédibilité du comportement par quatre propriétés majeures : la focalisation vers le but, la capacité à réagir aux échecs prévisibles, l'exploitation des opportunités offertes par l'environnement et la gestion intelligente des ressources (dans notre cas, les déplacements).

La focalisation du comportement vers le but suggère l'utilisation d'un planificateur capable de produire une suite d'actions menant au but. Ce plan est en général correct, autrement dit exécutable dans l'état courant des connaissances de l'agent. Après avoir étudié différentes approches [3] réactives telles que les ASM [5] ou les BDI [4], nous avons choisi la planification hiérarchique HTN (Hierarchical Task Networks) [1] pour sa capacité à justifier / expliquer les choix effectués lors de la planification. La capacité à réagir aux échecs prévisibles consiste à s'assurer que le plan reste correct en cours de réalisation. L'exploitation des opportunités (ou opportunisme) nécessite de pouvoir détecter, à tout instant, si de meilleures alternatives au plan courant sont devenues réalisables. Il faut donc (1) mémoriser les alternatives et (2) pouvoir les comparer, et donc définir une notion de préférence entre plans. Tout l'enjeu est alors de s'assurer que le plan en cours de réalisation reste correct et préféré par rapport à l'évolution perçue du monde. La gestion intelligente des déplacements implique que le choix des lieux dans lesquels les actions doivent être effectuées minimise en partie les déplacements de l'agent de manière à ne pas générer des détours irréalistes.

Cela nous a conduit à proposer une architecture couplant un planificateur et un moniteur. Le planificateur utilisé s'appuie sur JSHOP [6] qui a été modifié pour

permettre la mémorisation, en cours de planification, des différentes alternatives au plan sélectionné. Les alternatives sont explorées selon un ordre de préférence. Trois classes d’alternatives sont générées : les alternatives préférées mais non applicables, l’alternative choisie (la première préférée qui soit applicable) et les alternatives non explorées (forcément moins préférées).

En cours d’exécution du plan, le moniteur surveille les changements d’état de l’environnement. Lorsqu’un changement pouvant être exploité est détecté, plusieurs cas se présentent :

- Une alternative devient applicable et préférée. Le plan courant n’est donc plus préféré. Ce cas caractérise une opportunité que l’agent peut saisir. Le planificateur est alors relancé sur la sous-partie du plan concernée par cette opportunité afin de générer un nouveau plan correct et préféré.
- Un changement d’état de l’environnement rend fausse la précondition de la partie suffixe du plan restant à réaliser. Le plan n’est plus correct. Ce cas caractérise une situation d’échec prévisible est détectée. Le planificateur est alors relancé pour réparer la sous partie du plan concernée par l’échec.

Nous avons développé l’outil RePIEDE [7]. Cet outil consiste en une évolution du planificateur JSHOP couplée à un moniteur. Il a été intégré dans l’Unreal Development Kit (UDK), un environnement de développement de jeux vidéos, et combiné à Pogamut [2], un logiciel facilitant le contrôle d’agents virtuels en java et connecté à différents moteurs de jeux dont l’UDK. Cela nous a permis de contrôler un agent virtuel via RePIEDE tout

en réalisant le pont entre l’état de l’environnement et sa représentation dans le monde STRIPS. L’application test est celle d’un personnage autonome se promenant dans une ville (Cf. Fig. 8) et devant réaliser des tâches de la vie quotidienne. Dans ce prototype, l’agent est à même de remettre en cause son plan, en temps réel, en fonction des modifications perçues de l’environnement.

## Bibliographie

- [1] K. Erol, J. A. Hendler, and D. S. Nau. Htn planning : Complexity and expressivity. In *AAAI*, 1994.
- [2] J. Gemrot, R. Kadlec, M. Bida, O. Burkert, R. Pibil, J. Havlicek, L. Zemcak, J. Simlovic, R. Vansa, M. Stolba, T. Plch, and C. Brom. Pogamut 3 can assist developers in building ai (not only) for their videogame agents. In *Agents for Games and Simulations*, 2009.
- [3] F. Ingrand and M. Ghallab. Robotics and artificial intelligence : a perspective on deliberation function. *AI Communications*, 27(1) :63–80, 2014.
- [4] F. F. Ingrand, M. P. George, and A. S. Rao. An architecture for real-time reasoning and system control. *IEEE Expert*, 7(6) :34–44, 1982.
- [5] P ; Maes. The dynamics of action selection. In *IJCAI*, 1989.
- [6] D. S. Nau, Y. Cao, A. Lotem, and H. Muñoz-Avila. Shop : Simple hierarchical ordered planner. In *IJCAI*, 1999.
- [7] P. Rannou, F. Lamarche, and M.-O. Cordier. Enhancing the behavior of virtual characters with long term planning, failure anticipation and opportunism. In *Motion in games*, 2012.

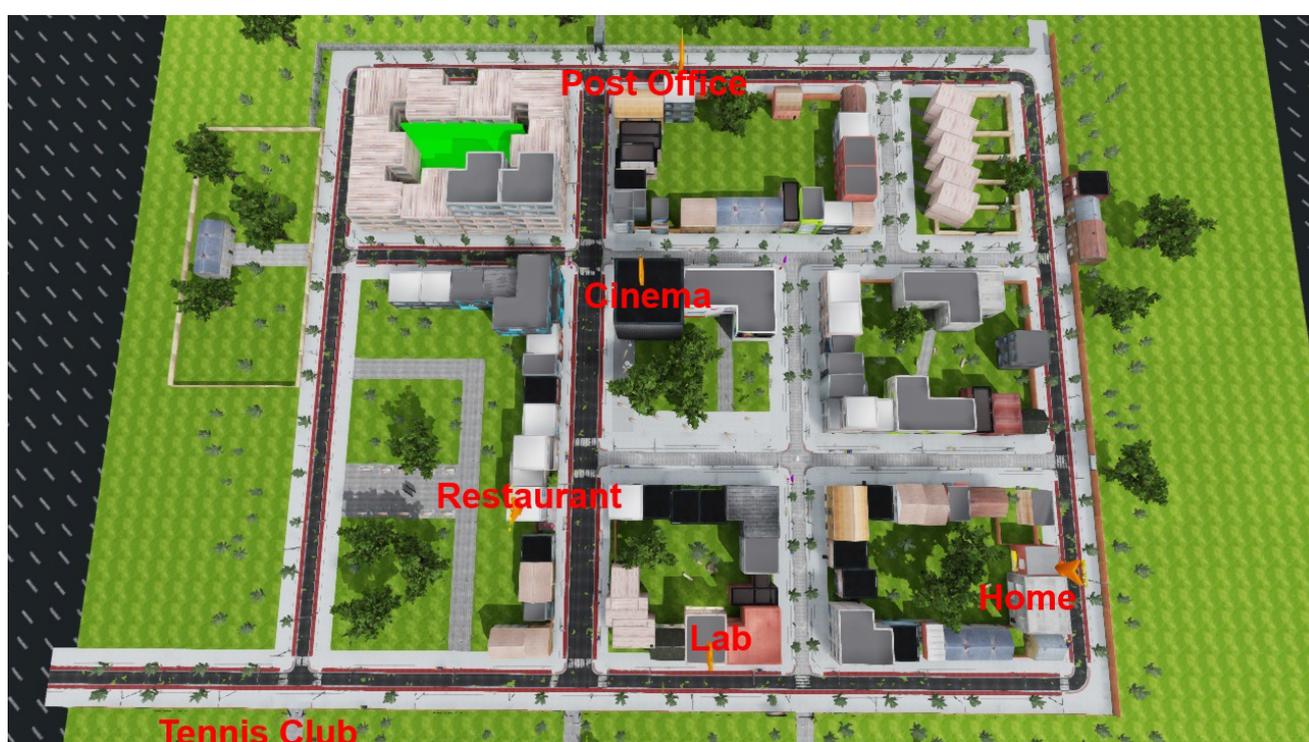


FIGURE 8 – Exemple d’environnement de simulation sous l’UDK (Unreal Development Kit).

## IA dans le jeu : où en sommes nous ?

### Contact

---

Adrien Allard [aallard@amplitude-studios.com](mailto:aallard@amplitude-studios.com) - Amplitude Studio

Florian Brulhart [fbrulhart@amplitude-studios.com](mailto:fbrulhart@amplitude-studios.com) - Amplitude Studio

Florent Dotto [florent.dotto.pro@gmail.com](mailto:florent.dotto.pro@gmail.com) - Freelance

---

### Introduction

En septembre 2014, Amplitude Studios a mis en vente sur Steam le jeu *Endless Legend* après environ 2 ans de production. Le développement de ce jeu de type 4X (eXplore, eXpand, eXploit, eXterminate) a impliqué la plupart des problématiques d’Intelligence Artificielle (IA) de l’industrie du jeu vidéo, pour gérer chacun des empires rivaux du joueur.

A partir des développements en IA réalisés sur *Endless Legend*, cet article propose une revue des techniques généralement utilisées pour résoudre les problématiques IA telles qu’elles sont définies dans l’industrie du jeu vidéo. Pour chaque problématique, un lien sera fait vers les recherches académiques associées.

**L’IA dans un jeu vidéo** L’industrie du jeu vidéo a fixé sa propre définition de l’IA, consistant en une liste de problématiques associées à l’autonomie d’un personnage virtuel dans un jeu, au cœur de la plupart des concepts du jeu (*game designs*) :

- recherche d’un chemin pour des entités aux caractéristiques connues, parfois variables, dans une topographie prédéfinie, connue et parfois dynamique,
- navigation d’entités aux caractéristiques connues, parfois variables, le long d’un chemin prédéfini, partiellement connu et parfois dynamique,
- contrôle des animations d’une entité dans un environnement prédéfini, interactif, parfois partiellement connu, parfois dynamique,
- comportement d’entités aux caractéristiques connues, parfois variables, dans un environnement prédéfini, interactif, partiellement connu et dynamique,
- prise de décision de niveau plus ou moins abstrait, plus ou moins multimodal, dans un environnement prédéfini, partiellement connu et dynamique

---

14. <http://aigamedev.com>

Cette liste n’est pas exhaustive et son découpage peut prêter à discussion. Mais elle regroupe 95% des problématiques considérées comme IA par de l’industrie du jeu vidéo. Des outils de productions (exemple : générateur de monde), des systèmes du *game design*, (exemple : simulation d’écosystème) peuvent aussi être considérés comme IA.

Du point de vue du monde académique, les techniques IA utilisées par la plupart des Studios sont souvent classiques, et leurs évolutions sont lentes et peu documentées. Les ouvrages de référence datant de 2005 et 2009 sont encore au goût du jour [10, 2]. En parcourant le site de référence pour les professionnels de l’IA dans le jeu vidéo, AIGameDev<sup>14</sup>, on constate que la proportion de communications sur des techniques à la pointe de la recherche reste faible aux regards de la production annuelle de jeux.

### Recherche de chemin

Le problème consiste à rechercher un chemin respectant au mieux certains critères (généralement, le plus court, mais aussi le plus sûr, le plus plat...) entre la position courante d’une entité et une destination qui peut être fixée par le joueur ou par l’IA d’une entité. Il y a une forte contrainte temps réel qui est problématique lorsque le monde est vaste.

La technique commune à tous les projets consiste à représenter la topographie du monde de manière exhaustive, sous la forme d’un graphe exploré à l’aide d’un algorithme A\*. En fonction du *game design* (type de jeu, environnement intérieur ou extérieur, entité individuelle ou groupe d’entités, ...), les programmeurs IA choisiront de représenter le noeud et les arêtes du graphe sous une forme spécifique. Ces deux structures de données portant différentes informations selon les besoins du *game design* (coût de franchissement, distance à une menace, ...).

Le cœur du travail des programmeurs IA consiste à implémenter les structures de données du graphe et l’algorithme A\*, mais également à générer le plus automatiquement possible ces données à partir du monde constitué des objets graphiques produits par les artistes et des objets logiques produits par les *level designers*. Les recherches académiques sur le sujet sont closes depuis longtemps et elles sont pleinement exploitées par l’industrie. Le travail de R&D porte maintenant sur l’optimisation et sur les heuristiques associées au A\*.

Sur *Endless Legend*, le monde est constitué d'un graphe d'hexagones généré automatiquement qui n'a pas posé de problèmes particuliers étant donnée la régularité de la forme du monde et le choix de l'hexagone comme unité spatiale. Chaque polygone porte des informations sur le type de terrain qui sont fournies lors de la génération procédurale de ce monde. Le coût de transition entre les cases n'est pas stocké sur les arêtes des hexagones mais est calculé à la volée : différentes paramètres sont utilisés (prise en compte ou non de différents éléments de terrain ou de règles du jeu) qui occuperaient trop d'espace mémoire. Le réglage de l'algorithme A\* a été plus complexe, il a fallu concevoir et mettre au point la bonne heuristique qui évite les minimas locaux, tout en garantissant un chemin optimalement court.

## Animation

L'IA comportementale de bas niveau d'un jeu est responsable de la gestion en temps réel des changements d'états physiques d'un personnage, en fonction des changements d'états logiques du monde (changement d'états du personnage ou de son environnement). Ce domaine est à cheval entre l'IA et l'Animation, mais il est important de l'aborder ici étant donné ses conséquences sur les progrès en IA.

Sur les jeux *mainstream*, c'est la *bottle-neck* du jeu vidéo depuis des années. Trois principaux facteurs expliquent cette situation :

- l'explosion du nombre d'animations d'un personnage liée à la quête de réalisme des créateurs occidentaux,
- l'explosion du nombre d'états logiques liée à l'accroissement de l'interactivité du monde dans lequel évolue un personnage,
- l'incapacité à passer à une technologie d'animation totalement procédurale, ce qui oblige les équipes à produire et gérer la combinatoire du nombre d'animations, multiplié par le nombre d'interactions possibles.

Le plus souvent, les animations ou les états logiques sont représentés sous la forme d'arbres d'animations ou machines à états, plus ou moins imbriqués. Le travail consiste à :

- exprimer dans le formalisme choisi toutes les possibilités d'interactions physiques d'une créature et toutes les transitions entre ces interactions, en considérant la nature dynamique et imprédictible du monde (exemple : notion d'interruption),
- écrire les opérations de transition entre animations en fonction des changements d'états logiques de la créature considérée.

Cette structure de données calculatoire est ensuite parcourue en temps réel pour chaque entité en prenant en compte son état courant.

De véritables technologies sont développées en interne de chaque studio pour bâtir des éditeurs d'animations/comportements qui permettent de gérer l'explosion combinatoire de cette approche. Les équipes s'inspirent essentiellement de leur propre expérience, même si les travaux de recherche sur l'animation procédurale sont scrutés depuis des années<sup>15</sup>.

Mais les recherches académiques sur ce sujet n'ont toujours pas réglé de manière satisfaisante la notion d'expressivité, fondamentale dans le jeu vidéo : on ne veut pas seulement qu'un personnage coure mais qu'il coure en mode stressé ou en mode effrayé. Et seul un animateur est capable de restituer cette émotion dans une animation produite trame à trame.

De leur côté, les éditeurs de logiciels d'animation (logiciels utilisés pour produire l'animation trame à trame) poursuivent leur effort pour créer des standards de données et de paradigmes afin de faciliter cette intégration animation/IA, et passer à une approche procédurale.

Dans le cadre d'*Endless Legend*, l'animation est plus caractérisée par la variété des créatures représentées que par le détail des animations. Les couches les plus basses de l'animation sont fournies par le moteur de jeu Unity (machine à états et éditeur). Le travail a consisté à définir les états spécifiques à notre *game design* (en fonction des allures et postures associées aux créatures du jeu) afin que les animateurs aient un maximum d'autonomie pour ajouter des données et faire les réglages visuels liés aux transitions entre animations. Une partie de la difficulté a porté sur la synchronisation entre animations, effets spéciaux et bandes sonores dynamiques.

## Navigation

L'IA de navigation peut être inexistante sur certains jeux, ou à l'inverse être fondamentale pour le *game design*. Elle consiste en une IA comportementale de bas niveau qui doit parcourir un chemin, et réagir aux contraintes qu'elle rencontre à l'aide des caractéristiques de l'entité qu'elle gère. Exemple :

- le déplacement d'un personnage dans un jeu de tir où rester caché à la vue des ennemis est fondamental,
- déplacement d'un groupe d'entités devant rester en formation malgré les obstacles sur le chemin.

La nature du problème est fortement liée au *game design*. Les techniques mises en oeuvre sont donc très variées :

- intégration d'informations supplémentaires au niveau de la recherche de chemin

15. <http://www.siggraph.org/>

- utilisation d'algorithme spécifique, comme le *flocking* pour le déplacement en formation

Sur *Endless Legend*, le problème de la navigation est réduit puisqu'il consiste pour une entité à éviter les autres entités mobiles du jeu. Pour résumer, sa résolution se fait en ajoutant des informations spécifiques lors de la recherche de chemin (hexagone occupé par une entité).

## Comportement

Le **comportement autonome** est le coeur de métier des programmeurs IA dans le jeu. C'est le niveau d'abstraction qui fait le lien entre l'IA de bas niveau (recherche de chemin, navigation, animation) et l'IA de plus haut niveau (décision). Pour une entité donnée, cela consiste à réaliser une série d'actions plus ou moins atomiques dans un environnement prédéfini, interactif, partiellement connu et dynamique afin de réaliser un objectif fourni par une IA de plus haut niveau. Au cours de cette réalisation, l'entité est plus ou moins autonome pour s'adapter aux changements de l'environnement.

Cette autonomie implique une part de décision. En règle générale, le couple IA (décision, comportement) peut apparaître à différent niveau d'abstraction d'un jeu : la partie comportement d'une IA de plus haut niveau incluant un couple (décision, comportement) de plus bas niveau. Exemple de comportement d'un personnage dans un *Shooter* :

- parcourir la zone de jeu à la recherche du joueur pour lui tirer dessus
- protéger une zone à capturer des incursions d'autres joueurs

Les techniques utilisées sont très variées et implémentées de manières simplifiées, afin de supporter les contraintes de production :

- Celles qui restent habituelles : heuristique, base de règles, machine à état fini, arbre de décision, paradigme de satisfaction de besoins...
- Celle plus rare mais qui se répand : planification (STRIPS, HTN) [4].

Elles sont toutes implémentées de manière simplifiée, afin de supporter les contraintes de production.

C'est le domaine où il y a eu le plus d'essais sur des techniques IA académique. On peut citer 2 des plus spectaculaires dans l'histoire de l'Industrie du jeu vidéo [3] :

- *Black&White* sorti en 2001 a mis en oeuvre des techniques de Réseau de Neurones et Machine Learning pour l'ensemble de la créature que le joueur avait à dresser,

- F.E.A.R sorti en 2005 a mis en oeuvre un algorithme de planification STRIPS pour l'IA de comportement.

Cependant l'Industrie concentre ses efforts de R&D sur la rationalisation du processus de production de comportement, en développant des outils pour exploiter et adapter des techniques IA classiques comme dans *Halo 2* [9] ou dans *FarCry 3* [6].

Chez Amplitude Studios, l'IA de comportement concerne les armées qui se déplacent dans le monde afin de réaliser différentes actions de jeu (explorer, attaquer une autre armée, attaquer ou assiéger une cité...). En fonction des objectifs qu'elle a définis, une IA de décision de plus haut niveau assigne à chaque armée un comportement sous la forme d'un arbre de décision et de ses paramètres (exemple "Attaquer[Cité 3]"). Chaque type d'arbre est décrit en XML et les noeuds qui le composent sont codés en dur. Les différents types de noeuds sont :

- générique : Selector, ...
- conditionnel : IsEnemyInRange,
- terminaux : MoveTo, Attack, ...

Ces arbres de décision ont la responsabilité de gérer les situations imprévues qui peuvent survenir lors de la réalisation du comportement par l'armée (rencontre avec une autre armée, cible devenue invalide...).

## Prise de décision

En termes d'effort de production, la prise de décision est un sujet qui arrive généralement après la recherche de chemin, l'animation et le comportement. Elle peut être de niveau plus ou moins abstrait, plus ou moins multimodal, dans un environnement prédéfini, partiellement connu et dynamique. Les problématiques les plus complexes sont posées par les jeux de stratégie et les 4X, par exemple :

- choix d'une séquence d'actions permettant d'amener le monde vers un nouvel état objectif,
- répartir une ressource partagée entre différentes affectations en fonction de critères multimodaux (topographique, temporel, coûts, priorités...),
- choisir un partenaire pour établir un nouveau type de relation en fonction de critères multimodaux (histoire de la relation, classement, relation aux autres partenaires, priorités...).

Lorsque la prise de décision est secondaire dans l'expérience de jeu, elle est souvent traitée dans le cadre de l'IA de comportement, et nous avons vu les techniques qui sont utilisées. Elle est souvent moins multimodale, car centrée sur une entité spécifique (un personnage, un véhicule) qui doit remplir un objectif en utilisant ses compétences et ses ressources et en prenant en compte les contraintes de l'environnement (menaces, alliés...).

Dans ce paragraphe, nous allons considérer les jeux où la prise de décision est centrale (stratégie, 4X), comme

c'est le cas pour les jeux développés par Amplitude Studios. Souvent, cela signifie que le problème est complexe au sens informatique du terme (NP-complet) :

- aspect multimodal des décisions à prendre,
- espace d'états très grand,
- nombreux cas particuliers produits par les spécificités de chaque *game design*,
- contraintes liées au comportement général de l'IA souhaité par les *game designers*, avec leurs limites en termes de formulation, de cohérence, de complétude, de consistance... Ils restent très humains.

Les 2 premiers aspects de ce problème correspondent à des sujets récurrents de l'IA académique : la décision est théoriquement le domaine IA du jeu vidéo qui est le plus proche des préoccupations de la recherche en IA. Dans la pratique, les 2 autres aspects du problème, ainsi que les contraintes de production, restreignent encore aujourd'hui l'exploitation complète des résultats de l'IA académique.

Les techniques utilisées sont souvent basées sur des **heuristiques** [1], encapsulées dans des structures de type machine à états ou arbre de décisions lorsque la problématique inclue différents niveaux d'abstractions ou différentes temporalités [9]. L'aspect multimodal est généralement traité par l'heuristique, au plus bas niveau de la décision. Les approches par **planification**, comme dans certains opus de la série TotalWar [4] restent rares de par la complexité du problème : l'espace d'états est énorme et sa description complexe. Enfin, des approches **probabilistes**, comme les arbres de Monte Carlo, commencent à être testées (réduction de l'espace de recherche) [5].

Pour les jeux d'Amplitude Studios, de nombreuses problématiques concernent la prise de décision :

- A. répartition de la population d'une cité entre les 5 moyens de production en fonction des besoins de la cité, de l'empire...
- B. choix de la recherche technologique parmi celles possibles en fonction des besoins de l'empire,
- C. proposition d'un traité diplomatique à l'un des autres empires de la partie en fonction des intérêts de l'empire IA,
- D. évolution des équipements de chaque type d'unité militaire en fonction des recherches, des ressources disponibles, des unités ennemies...
- E. choix des positions de déploiement d'une armée lorsqu'une bataille est engagée en fonction du terrain, des unités alliées, de la composition de l'armée ennemie,
- F. choix de production d'une unité militaire dans l'une des cités de l'empire en fonction des objectifs militaires, des armées existantes...

Face à cette importante liste de problèmes complexes et plus ou moins interdépendants, l'effort a été mis sur la conception d'une architecture qui permette une encapsulation et une collaboration des modules IA responsables

du traitement de chacun des sous-problèmes. Cette architecture s'inspire du paradigme *Entity-Component-System* où chaque composant est responsable de la gestion IA d'un pan du *game design*. Elle permet notamment d'entrelacer les calculs de chaque composant en fonction de leur dépendance, à l'intérieur d'une trame de calcul du jeu.

Pour chacun des problèmes, les techniques que nous avons utilisées sont principalement basées sur des heuristiques visant à réduire l'exploration de l'espace des solutions, à optimiser le temps de calcul et l'allocation mémoire, et à donner le contrôle aux *game designers* en respectant les paradigmes liés au *game design*.

La technique des AMAS (Adaptive Multi-Agent System [1] proposée par Upetec<sup>16</sup> a été exploitée et mise en oeuvre par Amplitude Studios sur la problématique A. Mais elle n'a pas été implémentée sur les problématiques où elle aurait eu plus de portée : l'arbitrage entre les heuristiques de plus haut niveau (production d'unités militaires versus croissance économique versus expansion par colonisation versus investissement en technologie) et la gestion des relations diplomatiques. Nous verrons pourquoi plus loin dans l'article.

### Apprentissage automatique

Les techniques de *Machine Learning* sont rarement utilisées dans le jeu vidéo. Le coût de développement, le temps de calcul et les limites prévisibles de ces techniques face aux attentes des joueurs (*deceptive marketing*) sont encore des raisons qui bloquent ces approches. Certaines problématiques semblent pourtant porteuses :

- réglage des paramètres du jeu : que ce soit en phase de production ou après la commercialisation, l'ajout de contenu dans le jeu (personnage, équipement, niveau...) nécessite de s'assurer que les équilibres fixés par les *game designers* sont maintenus. C'est un travail qui est actuellement fait manuellement. Et nous n'avons identifié qu'une seule entreprise semblant utiliser l'apprentissage pour gérer automatiquement cette problématique [8],
- analyse des informations *in-game* : il y a beaucoup à apprendre pour les *game designers* sur la manière dont leur jeu est véritablement joué par leur public. Mais les types d'informations collectées sont trop souvent macro car orienté marketing (nombre de sessions jouées, temps de jeu...)
- apprentissage du jeu par l'IA. C'est la pierre philosophale des programmeurs IA car cela permettrait de raccourcir les itérations de *game design* en simplifiant la mise au point de l'IA. Une des manières d'aborder ce problème est de modéliser le comportement du joueur

16. <http://www.upetec.fr/>

que l’IA doit imiter. Les *game designers* sont les mieux placés pour savoir comment jouer le jeu, et surtout comment ils veulent que l’IA joue. Ils sont donc de parfaits superviseurs pour un système d’apprentissage de l’IA. Certains *middlewares* proposent des outils en ce sens<sup>17</sup> mais leur utilisation en production n’arrive pas encore à satisfaire les contraintes que nous allons voir maintenant.

## Conclusion

Après avoir listé ce que recouvre le terme IA dans le jeu vidéo, nous pouvons constater que les techniques employées sont encore loin de l’état de l’art de la recherche académique. L’explication de cet état de fait nécessiterait de présenter le contexte du jeu vidéo (contraintes de production, culture métier) et ses conséquences sur l’implémentation de l’IA.

## Bibliographie

- [1] Hearthstone Building the ai for hearthstone, 2014. <http://goo.gl/Tp9qPJ>.
- [2] Buckland. *Programming Game AI By Example*. Wordware Publishing, 2004. ISBN 1-55622-078-2.
- [3] A. J. Champanard. Top 10 most influential ai games, 2007. <http://goo.gl/1er3ta>.
- [4] A. J. Champanard. Planning in games : Overview and lessons learned, 2013. <http://goo.gl/R9b9aD>.
- [5] A. J. Champanard. Monte-carlo tree search in total war : Rome ii’s campaign ai, 2014. [goo.gl/WHUPsJ](http://goo.gl/WHUPsJ).
- [6] G. A. conference. Far cry’s ai : A manifesto for systemic gameplay, 2014. <http://goo.gl/bDDCp0>.
- [7] G. Di Marzo Serugendo, M. Gleizes, and A. Karageorgos. Self-organisation and emergence in mas : an overview, 2006.
- [8] A. V. Dusen. Use of machine learning in video games, 2013. <http://goo.gl/Dz15CC>.
- [9] D. Isla. Handling complexity in the halo 2 ai, 2005. <http://goo.gl/wFa5Zi>.
- [10] Millington. *Artificial Intelligence for Games*. Morgan Kaufmann, 2005. ISBN 0-12-497782-0.

17. <http://www.trusoft.com/>, <http://www.spirops.com/>

## Recherche IA dans le jeu vidéo : comment s'y prendre ?

### Contact

---

Adrien Allard [aallard@amplitude-studios.com](mailto:aallard@amplitude-studios.com) - Amplitude Studio

Florian Brulhart [fbrulhart@amplitude-studios.com](mailto:fbrulhart@amplitude-studios.com) - Amplitude Studio

Florent Dotto [florent.dotto.pro@gmail.com](mailto:florent.dotto.pro@gmail.com) - Freelance

---

### Introduction

Amplitude Studios est spécialisé dans le développement de jeu vidéo de type 4X (eXplore, eXpand, eXploit, eXterminate) qui implique la plupart des problématiques d'Intelligence Artificielle ("IA") que l'on rencontre dans l'industrie du jeu vidéo.

Ayant une stratégie de capitalisation technologique, le studio n'hésite pas à investir en R&D sur le sujet de l'IA, que ce soit en interne ou par le biais de collaboration. Mais, comme pour les autres studios de jeu vidéo, les contraintes de production compliquent grandement l'organisation de cette activité de recherche.

Cet article vous propose un éclairage sur les causes de ces difficultés. Nous commencerons par une présentation du contexte du jeu vidéo (contraintes de production, culture métier) et ses conséquences sur l'implémentation de l'IA. Nous ferons ensuite le tour des différents points qui influencent la collaboration entre Recherche et Industrie du jeu vidéo. Nous finirons par un questionnement de la relation inverse : qu'est-ce que le jeu vidéo peut apporter à la Recherche ?

### Contexte du jeu vidéo pour l'IA

L'IA n'est pas le cœur d'une production de jeu, c'est un de ses composants, souvent la variable d'ajustement puisqu'elle arrive sur les derniers étages du millefeuille de l'interactivité : ajustement en termes d'effort de production, ou en termes de consommation de ressource machine (bien que les choses s'améliorent naturellement sur ce point avec les progrès constants du matériel). Une technique IA qui nécessite un investissement humain spécifique ou qui nécessite une organisation de production particulière a peu de chance d'être acceptée par une pro-

duction si l'IA n'est pas centrale dans le *game design*. En revanche, si les *game designer* sont convaincus d'avoir besoin de votre collaboration pour réaliser leur objectif, les contraintes de production deviendront secondaires.

L'IA est le cœur du métier des programmeurs IA dont le savoir-faire participe au capital technologique d'un studio. L'architecture IA qu'ils implémentent est considérée comme un des résultats de production d'un projet de jeu. Elle est généralement réutilisée pour les suites éventuelles du jeu. Les équipes ont donc du mal à envisager qu'une techno puisse être externalisée ou achetée. Pour illustration, aucun des *middlewares* IA commerciaux apparus dans les années 2000 n'a réussi à s'imposer sur le marché depuis. Cette relation à la technologie est commune à n'importe quel studio de jeu. Chez les *Majors* de l'Industrie, la gestion de la technologie n'est pas centralisée : les Directeurs de la Technologie n'ont qu'un rôle consultatif, parfois d'arbitrage. Les technologies utilisées par les productions en sont souvent issues : c'est la preuve qu'elles ont réussi à passer toutes les contraintes de développement d'un jeu. Les technologies viennent du bas, pas du haut. La R&D est réalisée dans les équipes de production. Une architecture IA fournie clé en main, ou une technique IA type *Boite Noire*, ou une sous-traitance de l'architecture IA sont antinaturelles pour les équipes de production. Plus fondamentalement, les classes de problèmes rencontrés dans les jeux 4X sont du domaine de la recherche et peu de technologies commerciales prétendent les gérer.

L'IA subit fortement les itérations du *game design*. Elle est au cœur du maelström de la création : chaque changement de *game design* nécessite une adaptation des entités chargées de jouer à ce jeu. C'est un des challenges de l'IA dans le jeu vidéo que de supporter les variations sur la nature du problème et sur les comportements attendus par l'observateur. Et la tendance est à l'accélération de ces itérations. Par exemple, Amplitude Studios a intégré la communauté des joueurs dans son processus créatif (concept *Games2gether* développé une simulation orientée 4X, totalement éditable en XML, afin de raccourcir le temps d'une itération du *game design*. Les techniques IA pas assez agiles pour digérer les changements de la définition des problématiques sont pénalisées (formalisme difficile à appréhender, phase de réglages trop longue, codage en dur trop complexe...).

18. <http://www.upetec.fr/>

C'est la limite que nous avons rencontrée sur l'utilisation d'une technique IA très avancée, proposée par Upetec<sup>18</sup> : AMAS, Adaptive Multi-Agent System AMAS (Adaptive Multi-Agent System) [1]. Nous avons manqué d'expérience sur le formalisme associé à la théorie AMAS pour pouvoir l'appliquer rapidement aux nouveaux problèmes que nous voulions résoudre. Nous allons voir dans le paragraphe suivant comment améliorer ce point.

L'IA est un des éléments devant être réglé pour obtenir une bonne expérience de jeu. Autant que possible, les programmeurs IA fournissent des outils d'édition aux *game designers* pour qu'ils soient les plus autonomes possibles à cette étape. Les techniques IA utilisées doivent exposer des paramètres de contrôle les plus explicites et les plus naturels possibles (associés aux paradigmes du *game design*, exprimés sous la forme de pourcentage, de priorité, de courbes, de tag...).

### Les écueils de la relation Recherche et Jeu vidéo

Les objectifs de l'IA dans le jeu ne sont pas les mêmes que ceux de l'IA académique. L'objectif de l'IA dans un jeu est fixé par le *game design* et par les intentions des *game designers* au regard de l'expérience de jeu du joueur (le *gameplay*). Les programmeurs IA sont guidés par cette fin, et contraints par les moyens. Malgré les discours de l'Industrie, le respect des contraintes que nous avons listées précédemment est plus important que l'innovation de l'IA. Les attentes sont plus importantes sur des techniques qui lèvent ces contraintes, plutôt que sur des techniques qui innovent sur l'expérience de jeu. Les recherches qui prennent en compte ces contraintes ont toutes les raisons d'intéresser l'industrie du jeu. Encore une fois, si une équipe de "game designers" est convaincue d'avoir besoin d'une technique IA spécifique pour atteindre ses objectifs de *gameplay*, alors cette règle ne tient plus.

Le cycle d'une production de jeu est très court à l'échelle académique : il s'étend de 1 à 3 ans. Sur *Endless Legend*, la partie IA a été développée en 12 mois avec environ 2,5 homme/mois. Cette différence de cycle avec la Recherche rend plus difficile une collaboration entre une équipe de recherche et une production de jeu vidéo. Il est certainement plus réaliste d'établir une collaboration entre une équipe de recherche et un studio, sur plusieurs itérations de production.

Les équipes IA des studios servent avant tout une production : elles disposent d'une phase de recherche généralement courte en regard des temps de recherche académique, et savent que le reste de leur travail va consister à gérer les contraintes de production (essentiellement

les itérations du *game design*). Il est préférable de proposer des collaborations entre studios et organisations de recherche académique sur des jeux dont la production est finie et qui sont susceptibles de recevoir une mise à jour uniquement. C'est la meilleure manière de réduire les contraintes de temps et les risques liés à l'intégration d'une nouvelle technologie.

Chez Amplitude Studios, la capitalisation technologique fait partie de la stratégie de l'entreprise, notamment sur l'IA qui a un rôle central dans l'expérience de jeu d'un 4X. Cela se traduit par une ouverture aux techniques d'IA académiques et à des efforts de R&D sur le long terme qui ne sont pas fréquentes dans l'industrie. C'est ainsi que nous avons testé la technologie AMAS en 2013, sur une mise à jour du jeu *Endless Space : Disharmony*, en l'intégrant sur la partie diplomatique de l'IA. Cela a permis de valider à moindre risque l'intérêt de cette technique sur cette partie de la problématique IA de jeu 4X.

Les productions de jeux vidéo ont un rythme très soutenu où les itérations s'enchaînent sans véritable pause (organisation Agile ou même la dette technique est gérée au plus juste). En IA, nous souhaiterions passer plus de temps sur la phase d'analyse mais les contraintes de la production d'un jeu ne nous le permettent pas. Pour la production, la règle est qu'il vaut toujours mieux une solution sous-optimale implémentée plutôt qu'une solution optimale qui ne l'est pas. Cette réactivité doit être centrale dans une collaboration avec une équipe de recherche : elle dispose du recul et de la connaissance théorique dont les programmeurs IA ont besoin du jour au lendemain lorsqu'un nouveau problème est proposé par les *game designers*. C'est sur ce point que nous pouvons améliorer notre organisation avec Upetec pour disposer d'un support en phase d'analyse (validation de la nature du problème, du design de l'Amas...). Pour généraliser cette gestion du rythme, une collaboration étroite devrait recouvrir au moins les 2 points suivants, le but étant de donner le plus d'autonomie possible aux programmeurs IA :

- Formation : éducation sur la théorie, simplification pour la sous-problématique particulière à un *game design* donné, recrutement d'un jeune chercheur en tant que programmeur IA...
- Support : validation en phase d'analyse, suivi ponctuel, aide au développement d'outils...

### Le Jeu vidéo : benchmark ? Outil d'expérimentation ?

Bien que le jeu vidéo soit devenu un sujet d'enseignement universitaire et de recherche, notamment la problé-

19. <http://www.ieee-cig.org/>

matique de l’Intelligence Artificielle<sup>19</sup>, il doit aussi être envisagé par les professionnels de la recherche sous un angle de vue.

Un jeu vidéo est le résultat d’un processus de production : il met à l’épreuve les idées, les hommes et les outils. C’est un test de réalité. Au sein de l’Industrie, une techno est validée par les décideurs et acceptée par les gens de la production seulement après avoir "shippé" (franglais pour "livrer au grand public") sur un jeu.

Un jeu vidéo est une vitrine vers le grand public. C’est un support de communication<sup>20</sup>, un agrégateur de communauté qui peut être utilisé comme puissance de calcul<sup>21</sup>, un *benchmark* compréhensible de tous [2].

Un jeu vidéo est un univers interactif : en fonction de son implémentation plus ou moins ouverte, il peut devenir un outil de travail pour les chercheurs en IA pour tester et valider des hypothèses [3]. Mais les modèles qui décrivent l’univers sont souvent simplistes.

## Conclusion

L’Intelligence Artificielle dans le jeu vidéo est très contrainte par ses objectifs de production et son environnement créatif hautement dynamique. Pour augmenter ses chances de succès, un projet de recherche en IA dans le jeu vidéo doit prendre en compte ces contraintes, dans la forme de la collaboration ou dans le sujet de recherche.

## Bibliographie

- [1] G. Di Marzo Serugendo, M. Gleizes, and A. Karageorgos. Self-organisation and emergence in mas : an overview, 2006.
- [2] M. Rose. Computers learn to play civilization by reading instruction manual. [goo.gl/4vNcfN](https://goo.gl/4vNcfN), 2011.
- [3] C. B. S. Liu, SJ. Louis. Evolving effective micro behaviors in rts game, 2014.

---

20. <http://ncase.me/polygons/>

21. <http://fold.it/portal/>

## Ce qui conduit les chercheurs en IA à s’intéresser au Jeu Vidéo

Vincent Corruble

Les raisons qui devraient pousser les chercheurs en IA à s’intéresser au domaine du Jeu Vidéo sont plus nombreuses que jamais. Les dernières réticences s’estompent. Les mentalités évoluent dans les milieux académiques, avec la pyramide des âges, sur la possibilité de réaliser des recherches sérieuses dans le domaine du jeu. Ce domaine de recherche, encore balbutiant au tournant du siècle, peut maintenant s’enorgueillir d’une communauté active, d’équipes spécialisées, de laboratoires dédiés, et surtout de conférences internationales régulières de premier plan (par exemple AIIIDE -Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, IEEE-CIG -Computational Intelligence in Games, . . .), et plus récemment de revues scientifiques de qualité comme T-CIAIG (IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games).

Mais peut-être la meilleure raison pour s’orienter vers ce domaine pour les chercheurs en Intelligence Artificielle a-t-elle trait aux problématiques qui l’animent. Les problématiques issues des jeux classiques, en particulier la conception d’un joueur artificiel de niveau équivalent ou supérieur à un joueur humain, sont toujours valables et parlent naturellement aux chercheurs en IA depuis les travaux classiques sur les échecs. Mais un coup d’œil sur les thématiques des conférences citées ci-dessus montre que celles-ci sont en fait beaucoup plus riches, et viennent en fait renouveler le domaine de l’intelligence artificielle académique, en lui faisant retrouver toute la richesse qu’elle pouvait avoir à l’heure des travaux précurseurs

d’Alan Turing. Listons quelques-unes de ces thématiques, importantes internationalement, mais encore peu ou trop peu représentées en France :

- *Personnages non-joueurs crédibles*. Comment concevoir des personnages dont les comportements contribuent à l’immersion du joueur dans un monde et dans une histoire.
- *IA et narration interactive*. L’histoire n’est plus figée mais dépend des interactions avec le joueur. L’IA doit jouer un rôle pour construire et adapter l’histoire dynamiquement.
- *Modélisation du joueur, esthétique*, adaptation du (niveau de) jeu au joueur.
- *IA pour la conception de jeux et pour la production de contenus*. L’IA peut constituer une aide ou agir de manière autonome pour proposer de nouveaux jeux (environnements, objectifs, règles, etc.), ou, pour un jeu donné, elle peut proposer de nouveaux contenus comme un niveau pour un jeu d’arcade, ou une quête pour un jeu de rôle.
- *Créativité computationnelle* pour les arts (peinture, poésie, musique, humour. . .).

Notons que ces exemples de thématiques donnaient lieu à de rares publications il y a une dizaine d’années mais font maintenant l’objet de workshops réguliers, de conférences spécialisées, ou de numéros spéciaux de revues internationales, et sont donc devenus des thématiques de recherche vivantes et très actives. Il est temps que de nombreux chercheurs français en IA les investissent.

# Résumés de thèses et d'HDR

## **Graph Based Knowledge Representation and Reasoning : Practical AI Applications**

**Madalina Croitoru**

**HDR**

**Soutenance en novembre 2014 à l'Université Montpellier 2 Montpellier**

**Jury :** Leila Amgoud, Directeur de Recherche CNRS, IRIT, Toulouse, Rapporteur ; Olliver Haemmerlé, Professeur, IRIT, Toulouse, Rapporteur ; Jan Top, Professeur, Vrije Universiteit, Netherlands, Rapporteur ; Marie-Laure Mugnier, Professeur, Université de Montpellier II, Examinatrice.

**Résumé :** My research interests are in the field of knowledge representation and reasoning (KRR). During and since my PhD (throughout my post-doc and lecturership) I have investigated graph-based KRR languages applied in different Artificial Intelligence (AI) fields. Syntactically, the objects I am interested in are graphs. Semantically these graphs represent different subsets of logics such that the logic operations are sound and complete with graph operations. This adds logical background to the well-known modelling capacity of graphs

## **Contributions à l'extraction de connaissances à partir de données biologiques**

**Malika Smaïl-Tabbone**

**HDR**

**Soutenance le 14 novembre 2014 à l'Université de Lorraine**

**Jury :** Christine FROIDEVAUX, Professeur Université Paris-Sud, Rapporteur ; Céline ROUVEIROL, Professeur Université Paris-Nord, Rapporteur ; Julie THOMPSON, Directeur de Recherche CNRS, Rapporteur ; Anne BOYER, Professeur Université de Lorraine, Examinatrice ; Bruno CREMILLEUX, Professeur Université de Caen, Examinatrice ; Marie-Dominique DEVIGNES, Chargée de Recherche CNRS, Examinatrice.

**Résumé :** La maîtrise et l'exploitation des données biologiques constituent un enjeu majeur de la biologie contemporaine. En effet, les techniques à haut débit ont conduit à une multiplication de bases de données qui servent à structurer et à entreposer les résultats des expériences mais aussi de programmes chargés de traiter

ces données et d'en produire des nouvelles. Ces gisements de données sont disponibles au plus grand nombre et les biologistes ont d'énormes espoirs quant à l'extraction de connaissances qui leur permettront de résoudre divers problèmes tels que l'identification de gènes responsables de maladies ou la caractérisation de médicaments du point de vue de leurs effets indésirables. Je propose des solutions méthodologiques et pragmatiques afin de faciliter cette analyse réputée difficile en raison de l'hétérogénéité des données. Ces solutions s'appuient sur le processus itératif d'Extraction de Connaissances à partir de Données (ECD) avec deux contraintes : l'exploitation des connaissances du domaine et la fouille de données relationnelles. Nos contributions peuvent être résumées selon les trois étapes de l'ECD : (1) Découverte de ressources et intégration de données dirigée par un modèle de domaine, (2) Fouille de données complexes pour découvrir notamment des règles grâce à la programmation logique inductive, (3) Aide à l'interprétation des modèles trouvés en permettant la structuration et la persistance des résultats de la fouille. Le dernier point est cohérent avec le cadre conceptuel des bases de données inductives et nous avons montré comment, sur des problèmes du monde réel, cela facilite les itérations du processus d'ECD

## **Approche sémantique de gestion des politiques de la vie privée. Application au contrôle des interactions entre les usagers et les environnements d'intelligence ambiante**

**Olfa Mabrouki**

**Thèse de Doctorat**

**Soutenance le 20 novembre 2014 au laboratoire LiSSi Créteil**

**Jury :** Yacine AMIRAT, Professeur (Université Paris-Est Créteil), Directeur de Thèse ; Patrick REIGNIER, Professeur (Grenoble INP), Rapporteur ; Saïd TAZI Maître de Conférences, HDR (Université Toulouse 1), Rapporteur ; Abdelghani CHIBANI, Maître de Conférences (Université Paris-Est Créteil), Examineur ; Nicole LEVY, Professeur, CNAM, Examinatrice.

**Résumé :** L'objectif de ce travail de thèse est de proposer un canevas sémantique intégrant un méta-modèle et des outils de raisonnement permettant à tout concepteur de système ubiquitaire de mettre en oeuvre facilement des

mécanismes de gestion des politiques de la vie privée. Le canevas proposé intègre une architecture middleware générique qui offre des composants pour définir, administrer et contrôler l'application des politiques de confidentialité. Notre approche proposée est hybride. Elle est fondée sur l'ingénierie dirigée par les modèles et sur un raisonnement à base d'ontologies et de règles d'inférence opérant selon l'hypothèse du monde clos. Le méta-modèle proposé est caractérisé par un niveau d'abstraction et d'expressivité élevé permettant de définir des politiques de gestion de la vie privée indépendamment du domaine d'application pouvant être adaptées à différents contextes. Il définit, aussi, un cadre conceptuel pour établir des modèles de règles génériques et décidables permettant de prendre des décisions de contrôle cohérentes pour la protection de la vie privée. Ces modèles de règles sont mis en oeuvre grâce au langage de règles SmartRules permettant de mettre en oeuvre un contrôle adaptatif. Ce dernier est basé sur un raisonnement non-monotone et une représentation des instances de concepts selon la supposition du nom unique. Nous avons validé le canevas proposé à travers un scénario typique mettant en oeuvre des services d'assistance ambiante sensibles à la vie privée de personne âgée.

**Ingénierie des connaissances pour traiter de l'hétérogénéité des données issues de systèmes sociaux - IA et Altérité radicale**

**Pierre Saurel**

**HDR**

**Soutenance le 2 décembre 2014 à l'Université de REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE**

**Jury :** Michael KRAJECKI, Professeur, CReSTIC, URCA Président ; Hugues BERSINI, Professeur, IRIDIA, U. Libre de Bruxelles Rapporteur ; Frédéric Fol LEYMARIE, Professeur, Goldsmiths, U. of London Rapporteur ; Jean-Guy MEUNIER, Professeur, U. du Québec à Montréal Rapporteur ; Daniel ANDLER, Professeur, SND, U. Paris-Sorbonne & IUF ; Danièle BOURCIER, Directrice de recherche émérite, CERSA, U. Panthéon-Assas ; François PELLEGRINI, Professeur, LaBRI, U. de Bordeaux ; Francis ROUSSEAU, Professeur, CReSTIC, URCA

**Résumé :** Ce mémoire d'habilitation présente l'état de mes travaux sur l'ingénierie des connaissances pour traiter de l'hétérogénéité des données issues de systèmes sociaux. Mes travaux ont d'abord porté sur des algorithmes d'apprentissage, puis sur des systèmes d'agents en co-évolution avant que je ne modélise et ne simule des systèmes plus sophistiqués d'acteurs sous la forme de modèles spatiaux à trois niveaux correspondant à des phénomènes sociaux réels comme la mobilisation de masse en

en 1989. Ces recherches étaient réalisées en coordination avec Wolf-Dieter Eberwein, spécialiste en Sciences Politiques. Cette modélisation m'a amené à identifier le concept d'hétérarchie pour modéliser des systèmes hétérogènes multi-agents et multi-niveaux. J'ai également utilisé cette notion d'hétérarchie pour concevoir des modèles d'évolution du système juridique de gestion des données personnelles. Toujours dans le cadre de l'étude des hétérogénéités des données issues de systèmes sociaux j'ai ensuite travaillé avec Francis Rousseaux et Eddie Soulier sur des modèles d'ingénierie des connaissances s'appuyant sur l'intelligence territoriale et l'hétérogénéité des lieux, les hétérotopies. Ces travaux se poursuivent avec Francis Rousseaux et Jean Petit, un doctorant nouvellement inscrit. Mes travaux les plus récents avec Francis Rousseaux et Guillaume Blot, un doctorant que j'encadre, portent sur les hétérogénéités temporelles constatées lors de parcours de contenus de connaissance accessibles en e-learning. Ces recherches sur les systèmes multi-agents présentant différentes formes d'hétérogénéités m'ont amené à les replacer dans le contexte des systèmes plus classiques d'intelligence artificielle construits sur les capacités rationnelles individuelles des agents. Je dégage dans ce mémoire la notion d'altérité radicale qui fédère ces travaux sur les systèmes multi-agents hétérogènes et produit des données elles-mêmes hétérogènes pour des systèmes d'agents. Pour cette hétérogénéité je propose des familles d'opérateurs et je présente brièvement quelques-unes de leurs propriétés. J'indique enfin des travaux qui pourront faire l'objet de sujets de thèses à venir ou qui sont déjà en cours de traitement par des doctorants et qui mettent en jeu différentes formes d'hétérogénéité présentées ici.

**Concilier Expressivité et Efficacité en Programmation par Contraintes**

**Thierry Petit**

**HDR**

**Soutenance le 4 décembre 2014, LINA, INRIA, Ecole des Mines de Nantes**

**Jury :** Christian Bessière, Dir. de Recherche CNRS, LIRMM, Montpellier, France Rapporteur ; Eric Monfroy, Professeur, Université de Nantes, France Rapporteur ; Claude-Guy Quimper, Professeur, Université de Laval, Québec, Canada Rapporteur ; Nicolas Beldiceanu, Professeur, Mines de Nantes, France Examineur ; Narendra Jussien, Professeur, Dir. Télécom Lille, France Examineur ; Pierre Lopez, Dir. de Recherche CNRS, LAAS, Toulouse, France Examineur.

**Résumé :** La programmation par contraintes (PPC) a pour objet de résoudre des problèmes ayant une structure

combinatoire, qui impliquent des contraintes de formes diverses. Les outils de PPC sont génériques et composables. Ils peuvent facilement être hybridés avec d'autres technologies. Depuis son apparition dans les années soixante-dix, la PPC a suscité un intérêt croissant dans la communauté scientifique. Une des raisons de son succès est qu'il s'agit d'un paradigme théoriquement déclaratif, comme l'avait souligné le Professeur Eugène Freuder : "Constraint Programming represents one of the closest approaches computer science has yet made to the Holy Grail of programming : The user states the problem, the computer solves it". Ce pouvoir expressif permet de modéliser un grand nombre d'applications proches les unes des autres sans avoir à implémenter plusieurs fois leurs composants algorithmiques les plus critiques. La PPC est largement employée pour résoudre des problèmes industriels, au détriment parfois, paradoxalement, de sa déclarativité. Il peut en effet s'avérer nécessaire, voire indispensable, de concevoir la modélisation du problème en exploitant fortement des propriétés qui lui sont propres. Cet état de faits comporte le risque d'éliminer à tort certaines idées scientifiques importantes mais trop novatrices pour pouvoir être employées à court terme dans un cadre industriel. Le compromis entre généralité et efficacité se situe donc au cœur de la recherche scientifique en programmation par contraintes. L'objet de cette habilitation est de synthétiser un ensemble de tentatives de réponses à cette problématique, ainsi que les perspectives qui s'en dégagent. Je présente notamment une sélection de contributions portant sur les problèmes d'optimisation : traitement des problèmes sur contraintes, de l'incertitude, ainsi que des outils conceptuels permettant une caractérisation des solutions plus fine qu'une notion d'optimalité fonctionnelle classique. Je mets en relief les motivations pratiques et théoriques de ces contributions, leur fil conducteur, ainsi que certaines questions qui demeurent ouvertes. En outre, j'évoque mes travaux sur l'aide à la modélisation de problèmes en programmation par contraintes, par apprentissage, et la génération de conditions de filtrage à partir de représentations génériques des contraintes globales.

**Hybridation d'algorithmes évolutionnaires et de méthodes d'intervalles pour l'optimisation de problèmes difficiles**

**Charlie Vanaret**

**Thèse de Doctorat**

**Soutenance le 25 Janvier 2015 au laboratoire**

**LIRIT-APO**

**Toulouse**

**Jury :** Nicolas Durand, ENAC, Directeur de thèse ; Jean-Baptiste Gotteland, ENAC, Co-encadrant de thèse ;

El-Ghazali Talbi, Université de Lille, Rapporteur ; Gilles Trombettoni, Université de Montpellier, Rapporteur ; Jean-Marc Alliot, IRIT, Examineur ; Jin-Kao Hao, Université d'Angers, Examineur ; Thomas Schiex, INRA Toulouse, Examineur ; Marc Schoenauer, INRIA Saclay, Examineur.

**Résumé :** L'optimisation globale fiable est dédiée à la recherche d'un minimum global en présence d'erreurs d'arrondis. Les seules approches fournissant une preuve numérique d'optimalité sont des méthodes d'intervalles qui partitionnent l'espace de recherche et éliminent les sous-espaces qui ne peuvent contenir de solution optimale. Ces méthodes exhaustives, appelées branch and bound par intervalles, sont étudiées depuis les années 60 et ont récemment intégré des techniques de réfutation et de contraction, issues des communautés d'analyse par intervalles et de programmation par contraintes. Il est d'une importance cruciale de calculer i) un encadrement précis de la fonction objectif et des contraintes sur un sous-domaine ; ii) une bonne approximation (un majorant) du minimum global. Les solveurs de pointe sont généralement des méthodes intégratives : ils invoquent sur chaque sous-domaine des algorithmes d'optimisation locale afin d'obtenir une bonne approximation du minimum global. Dans ce document, nous nous intéressons à un cadre coopératif combinant des méthodes d'intervalles et des algorithmes évolutionnaires. Ces derniers sont des algorithmes stochastiques faisant évoluer une population de solutions candidates (individus) dans l'espace de recherche de manière itérative, dans l'espoir de converger vers des solutions satisfaisantes. Les algorithmes évolutionnaires, dotés de mécanismes permettant de s'échapper des minima locaux, sont particulièrement adaptés à la résolution de problèmes difficiles pour lesquels les méthodes traditionnelles peinent à converger. Au sein de notre solveur coopératif Charibde, l'algorithme évolutionnaire et l'algorithme sur intervalles exécutés en parallèle échangent bornes, solutions et espace de recherche par passage de messages. Une stratégie couplant une heuristique d'exploration géométrique et un opérateur de réduction de domaine empêche la convergence prématurée de la population vers des minima locaux et évite à l'algorithme évolutionnaire d'explorer des sous-espaces sous-optimaux ou non réalisables. Une comparaison de Charibde avec des solveurs de pointe (GlobSol, IBBA, Ibex) sur une base de problèmes difficiles montre un gain de temps d'un ordre de grandeur. De nouveaux résultats optimaux sont fournis pour cinq problèmes multimodaux pour lesquels peu de solutions, même approchées, sont connues dans la littérature. Nous proposons une application aéronautique dans laquelle la résolution de conflits est modélisée par un problème d'optimisation sous contraintes universellement

quantifiées, et résolue par des techniques d'intervalles spécifiques. Enfin, nous certifions l'optimalité de la meilleure solution connue pour le cluster de Lennard-Jones à cinq atomes, un problème ouvert en dynamique moléculaire.

Adhésion individuelle et abonnement		<input type="checkbox"/> Demande	<input type="checkbox"/> Renouvellement
Nom :	Prénom :		
Affiliation :			
Adresse postale :			
N° de téléphone :	N° de télécopie :		
Adresse électronique :			
Activité (à titre professionnel / à titre privé ( <i>rayez la mention inutile</i> )) :			
Type d'adhésion			
<input type="checkbox"/> Simple :	30 €		
<input type="checkbox"/> Étudiant (sur justificatif) :	15 €		
<input type="checkbox"/> Soutient :	Sans objet		
Adhésions aux collègues :			
<input type="checkbox"/> Applications	<input type="checkbox"/> EIAH, IHM	<input type="checkbox"/> Robotique, Automatique	
<input type="checkbox"/> Apprentissage	<input type="checkbox"/> Jeunes Chercheurs	<input type="checkbox"/> Satisfiabilité, Contraintes	
<input type="checkbox"/> EGC	<input type="checkbox"/> Reconnaissance des Formes, Vision	<input type="checkbox"/> Systèmes Multi-Agents	
<input type="checkbox"/> IC	<input type="checkbox"/> Représentation et Raisonnement	<input type="checkbox"/> Traitement Automatique des Langues	

Adhésion personne morale		<input type="checkbox"/> Demande	<input type="checkbox"/> Renouvellement
<b>Organisme :</b>			
<b>Adresse postale commune aux bénéficiaires couverts par cette adhésion :</b>			
Nom et prénom du représentant :		Fonction :	
Mél :	Tél :	Fax :	
Adresse postale :			
L'adhésion morale donne droit à 5 adhésions pour les universitaires et à 15 adhésions pour les non universitaires.			
Nom, prénom	Mél.	Tél.	Fax
		Tarif de base fixe :	Tarif par bénéficiaire :
<input type="checkbox"/> Laboratoire universitaires/PME	150 €	Gratuit pour 5 personnes (30 € par bénéficiaire supplémentaire)	
<input type="checkbox"/> Personnes morales non universitaires	450 €	Gratuit pour 15 personnes (30 € par bénéficiaire supplémentaire)	
<input type="checkbox"/> Adhésion de soutien	600 €	Sans objet	
<input type="checkbox"/> j'accepte que les renseignements ci-dessus apparaissent dans l'annuaire de l'AFIA			
<input type="checkbox"/> j'accepte que les renseignements ci-dessus soient transmis à l'ECCAI pour constituer un fichier européen			
<b>Veillez trouver un règlement (à l'ordre de l'AFIA) de .....Euros</b>			

**Trésorier AFIA en charge des adhésions :** Davy MONTICOLO, ENSGSI, 8 rue Bastien Lepage, 54000 Nancy.  
**Mode d'adhésion :** De préférence, en ligne via le site Internet de l'AFIA : <http://www.afia.asso.fr>  
A défaut, cette page doit être envoyée au trésorier.  
**Modes de paiement :**

1. par Paypal
2. par bon de commande administratif, à l'ordre de l'AFIA, envoyé au trésorier ;
3. par virement bancaire sur le compte de l'AFIA : Société Générale, 1 place du Maréchal Foch, 35000 Rennes, France. Code banque 30003, code guichet 01902, numéro de compte 00037283856 clef RIB 39.
4. par chèque, à l'ordre de l'AFIA, envoyé au trésorier ;

# SOMMAIRE DU BULLETIN N° 87

<b>Editorial</b> .....	<b>3</b>
<b>Compte-rendu de la journée de Promotion de l'Intelligence Artificielle 2014</b> ...	<b>4</b>
<b>Prix du meilleur papier JFSMA 2014</b> .....	<b>5</b>
<b>Dossier "Jeux vidéos &amp; I.A."</b> .....	<b>8</b>
Introduction . . . . .	8
MASA group . . . . .	9
IA et Jeux Vidéo au LAMSADE . . . . .	13
Planification hiérarchique appliquée à la simulation tactique . . . . .	14
IA, SMA et jeux vidéo . . . . .	15
IA et Jeux vidéo dans l'équipe SMA du LIP6 . . . . .	19
Présentation de l'Expressive Game Lab . . . . .	22
CHAMELEON : Online Learning for Believable Behaviors based on Humans Imitation in Computer Games . . . . .	24
Planification d'actions et jeux-vidéos. . . . .	27
Patient Genesys : Outil de création de cas cliniques de simulation médicale proposant des cas patients virtuels en 3D . . . . .	29
MinEsport : De la conception à l'application de techniques de fouille de données et apprentissage statistique pour répondre aux besoins de la filière du jeu vidéo. . . . .	33
GHOST : un solveur discret . . . . .	35
Equipes Projet DREAM / MIMETIC de l'IRISA . . . . .	37
IA dans le jeu : où en sommes nous ? . . . . .	40
Recherche IA dans le jeu vidéo : comment s'y prendre ? . . . . .	45
Ce qui conduit les chercheurs en IA à s'intéresser au Jeu Vidéo . . . . .	48
<b>Résumés de thèses et d'HDR</b> .....	<b>49</b>

## CALENDRIER DE PARUTION DU BULLETIN DE L'AFIA

<i>Hiver</i>	<i>Été</i>
Réception des contributions: <b>15 décembre</b>	Réception des contributions: <b>15 juin</b>
Sortie le <b>31 janvier</b>	Sortie le <b>31 juillet</b>
<i>Printemps</i>	<i>Automne</i>
Réception des contributions: <b>15 mars</b>	Réception des contributions: <b>15 septembre</b>
Sortie le <b>30 avril</b>	Sortie le <b>31 octobre</b>