
Modèles bayésiens pour la génération de mouvement

Correspondant :

Pierre Bessière - SHARP/GRAVIR
Email : Pierre.Bessiere@imag.fr
Tél. : 04.76.61.55.09

Partenaires :

Projet SIAMES IRISA/INRIA de Rennes
Projet SHARP UMR GRAVIR - INRIA Rhône-Alpes
Équipe EVASION UMR GRAVIR

GRAVIR - INRIA Rhône-Alpes - ZIRST, 655 avenue de l'Europe -
Montbonnot - 38334 Saint Ismier Cedex

IRISA / CNRS - Campus de Beaulieu - 35042 RENNES CEDEX

Résumé

La Réalité Virtuelle propose de nouvelles formes d'interaction entre l'homme et les systèmes informatiques. Les mondes synthétiques créés et gérés par ces systèmes peuvent être peuplés à la fois par des acteurs humains et par des acteurs de synthèse pilotés par des ordinateurs. L'approche que nous proposons d'étudier consiste à *doter les entités virtuelles immergées dans ces environnements d'une autonomie de mouvement et d'action, ainsi que d'une réelle capacité de réaction et d'adaptation à certaines situations*. Afin d'atteindre ces objectifs, nous réunissons dans le projet des équipes spécialistes des différents domaines concernés : SHARP (GRAVIR) pour son expertise sur la *Planification de Mouvement*, l'*Inférence Bayésienne* et son expérience en *Robotique*, SIAMES (IRISA) pour l'*animation de personnages virtuels* et la *modélisation des environnements* dans lesquels ils évoluent, et EVASION (GRAVIR) pour son savoir-faire en *synthèse de scènes naturelles animées et interactives*.

Thèmes

- thème 2. Programmation de robots et d'entités autonomes
- thème 3. Planification, supervision et décision
- thème 4. Apprentissage
- thème 8. Planification de mouvement en environnements réels ou virtuels

1 Objectif scientifique

1.1 Présentation générale

La Réalité Virtuelle propose de nouvelles formes d'interaction entre l'homme et les systèmes informatiques. Les mondes synthétiques créés et gérés par ces systèmes peuvent être peuplés à la fois par des acteurs humains et par des acteurs de synthèse pilotés par des ordinateurs. L'animation de ces entités virtuelles est pratiquée depuis quelques années dans des applications diverses, parmi lesquelles : la production audiovisuelle, l'entraînement par l'utilisation de simulateurs, l'aide à la conception et le traitement de problèmes d'ergonomie, le divertissement interactif grand public comme les jeux vidéos.

Cependant, les besoins de réalisme et de nouvelles capacités d'interaction de ces applications deviennent de plus en plus importants et en dehors des possibilités offertes par les techniques actuelles. En effet, ces techniques nécessitent de prévoir et de programmer explicitement tous les mouvements et toutes les situations d'interaction possibles, ce qui limite évidemment le spectre des choses possibles. Ces limitations sont d'autant plus visibles et frustrantes pour le programmeur, que la puissance de traitement atteinte par les systèmes informatiques permet maintenant la simulation d'environnements virtuels d'une grande richesse.

L'approche que nous proposons pour contourner cette difficulté et accroître dans une large mesure les potentialités de ces systèmes, consiste à *doter les entités virtuelles immergées dans ces environnements d'une autonomie de mouvement et d'action, ainsi que d'une réelle capacité de réaction et d'adaptation à certaines situations*. Nous pensons combiner pour cela des techniques issues de l'Animation Graphique, de l'Intelligence Artificielle, et de la Robotique. Une entité virtuelle sera alors considérée comme un *Robot Virtuel* équipé d'une forme de perception virtuelle lui permettant de capturer les éléments pertinents de son environnement immédiat quelle que soit la complexité de la scène globale et le nombre d'agents en mouvement dans celle-ci, ainsi que de capacités décisionnelles et sensori-motrices lui permettant d'agir et de réagir de manière appropriée.

Plus précisément, nous nous intéressons ici aux *modèles comportementaux*, qui visent à reproduire le plus fidèlement possible le comportement animal ou humain, et à doter une entité virtuelle des structures de contrôle lui procurant le degré d'autonomie requis. Une conséquence de cela devrait être de produire des mouvements et des comportements réactifs plus "réalistes" ou "crédibles", et de rendre ainsi plus "naturelle" l'interaction entre l'opérateur humain et ces entités virtuelles.

Afin d'atteindre ces objectifs, nous réunissons dans le projet des équipes spécialistes des différents domaines concernés : SHARP (GRAVIR) pour son expertise sur la *Planification de Mouvement*, l'*Inférence Bayésienne* et son expérience en *Robotique*, SIAMES (IRISA) pour l'*animation de personnages virtuels* et la *modélisation des environnements* dans lesquels ils évoluent, et EVASION (GRAVIR) pour son savoir-faire en *synthèse de scènes naturelles animées et interactives*.

Le projet comporte également un collaborateur extérieur, le LPPA du Collège de France, avec lequel SHARP est associé dans le cadre du projet européen IST-FET BIBA.

1.2 Objectifs du projet

Nous proposons de développer une nouvelle méthodologie de programmation apte à doter des entités virtuelles de capacités de navigation et de comportements réactifs dans des environnements dynamiques de grandes dimensions. Nous proposons pour cela de rapprocher des roboticiens et des spécialistes de l'animation comportementale et de la Réalité Virtuelle. Ceci devrait permettre d'aborder le problème de l'animation graphique interactive sous un angle nouveau, et ainsi réaliser (en cas de succès) le saut technologique qui permettra de changer d'échelle sur les applications considérées. Dans cette optique, *l'inférence bayésienne* pourrait jouer le rôle de théorie fédératrice, en permettant de formaliser et d'exploiter les connaissances de ces deux domaines. Nous sommes confortés dans cet état d'esprit par le fait que de premiers résultats très encourageants ont déjà été obtenus pour contrôler des robots réels ou des personnages virtuels.

Les principaux problèmes soulevés auxquels nous pensons pouvoir apporter des éléments de réponse sont les suivants :

- Développement de relations agents-monde évoluées. Il s'agit de définir un niveau "physique" pour l'agent dont la composante essentielle est un *système sensori-moteur* : les agents qui évoluent dans cet environnement ne disposent alors que d'informations partielles sur celui-ci (principe de la *perception virtuelle*), et ils doivent être dotés de *capacités motrices* aptes à produire des mouvements "naturels".
- Développement de capacités cognitives. Il s'agit d'étudier l'articulation entre le niveau physique de l'agent (i.e. l'espace sensori-moteur accessible/disponible pour un agent donné) et le niveau cognitif (i.e. la capacité à structurer les relations sensori-motrices, à développer des niveaux d'abstraction, à élaborer des "cartes" dont la nature est en relation avec les capacités d'action et de perception propre à chaque agent, et à planifier des actions).
- Spécification de scénarios pour agents semi-autonomes : il s'agit de décrire les comportements de manière globale ou par contraintes, et de laisser le système générer les détails du mouvement.

Nous proposons de développer des modèles et des algorithmes aptes à apporter des éléments de solution aux deux problèmes précédents, en s'inspirant lorsque c'est possible des processus sensori-moteurs biologiques (ceux-ci étant très efficaces pour faire face à la complexité du monde réel).

Une évaluation du succès de cette méthodologie de programmation sera menée, en la comparant notamment aux techniques d'automates à états finis. Les points clef à étudier sont : le réalisme des comportements obtenus, le niveau de contrôle sur les agents (facilité de spécification des scénarios), ainsi que les performances obtenues (mémoire et temps de calcul). Enfin, afin de ne pas négliger l'aspect "portabilité" des contrôleurs de comportements, nous nous attacherons à les tester sur des modules de simulation très différents. Deux grands types d'environnements seront utilisés : des scènes structurées (scènes urbaines d'intérieur ou d'extérieur), et des environnements "naturels".

1.3 Produits existant et travaux similaires

Il existe relativement peu d'applications "middleware" proposées sur le marché pour l'animation comportementale :

- DirectIA® de MASA : module de gestion des comportements, des émotions et de l'Intelligence Artificielle, notamment agréé par Sony® pour la PlayStation2®. Cette technologie est intégrée dans plusieurs titres à venir tel que Conflict Zone (Ubi Soft) un jeu de stratégie temps réel (MASA GROUP <http://www.animaths.com/>).
- Virtools : logiciel d'édition de comportements interactifs pour apporter des solutions pour le jeu et les loisirs en ligne. (www.virttools.com/)
- Autonomous Character Engine de BioGraphic Technologies : middleware de gestion de comportements associé à la suite logicielle de modélisation et d'animation 3D MAYA (<http://www.biographictech.com>)
- The Motion Factory : boîte à outil pour l'animation de personnages par comportements réactifs à base de machine d'état finis. Cette API a été utilisée en particulier pour le jeu Prince of Persia 3D. (<http://www.motion-factory.com/>)
- Kynogon : société de service et R& D qui propose des solutions d'Intelligence Artificielle dans le domaine du jeux vidéo (<http://www.kynogon.com/>)
- KineoCAM : "spinoff" du LAAS-CNRS située à Toulouse propose un SDK (Software Development Kit) KineoWorks dédié à la planification et à la synthèse de mouvement d'artefacts réels ou virtuels en environnement tridimensionnel. (<http://www.kineocam.com/>)

Il existe différents projets de recherche portant sur des sujets proches :

- le projet *EXCALIBUR* du centre national allemand pour la technologie de l'information (GMD German National Research Center for Information Technology) ;
- les travaux de l'équipe dirigée par le professeur Daniel Thalmann du Computer Graphics Lab (LIG) de l'école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) ;
- le *Virtual Theater Project* à Stanford, dirigée par Barbara Hayes-Roth et Edward Feigenbaum ;
- le projet *Autonomous Agent Group* du Media Lab au MIT dirigé par Pattie Maes ;
- le projet *Oz* de Carnegie Mellon University (CMU).

1.4 Positionnement des partenaires

SHARP Dans le domaine de la robotique, les techniques bayésiennes sont de plus en plus largement appliquées : POMDP pour planifier des chemins dans des environnements complexes et partiellement connus (Kaelbling, Littman & Cassandra, 1996 ; Kaelbling, Cassandra & Kurien, 1996 ; Kaelbling, Littman & Cassandra, 1998 ; Lane & Kaelbling, 2001) ou dans le cadre de la sélection d'actions (Rosenblatt, 2000), les modèles markoviens (HMM) pour planifier des tâche complexes et faire de la localisation (Aycard, 1998, Thrun, 1998). Toutefois, à notre connaissance, l'application de techniques bayésienne dans le domaine des environnements virtuels n'as jamais été explorée. Les premiers résultats obtenus par SHARP sur ce sujet sont extrêmement encourageants.

SHARP possède de plus un savoir-faire reconnu en Robotique et Motion Planning. Ses tra-

FIG. 1 – Acteur virtuel, avec ses capteurs et en haut à droite une représentation de ses possibilités d'action (éviter les obstacles, se diriger vers le but, combinaison des deux)

vaux ont permis une collaboration avec la société XL-Studio dans le cadre d'un projet PRIAMM, sur le thème des "décors virtuels et dynamiques". En ce qui concerne la modélisation des processus sensori-moteurs biologiques, SHARP travaille déjà avec le LPPA du Collège de France (A. Berthoz et J. Droulez) dans le cadre du projet européen IST-FET BIBA.

SIAMES L'IRISA a développé plusieurs technologies exploitables dans le domaine de l'animation de personnages virtuels. Une des thématiques de son projet SIAMES est la synthèse de mouvements complexes réalistes d'humanoïdes. Le contrôle du mouvement humain, à plusieurs niveaux, a donné lieu à plusieurs thèses et DEA et continue à être l'un des axes principaux du projet. Ces travaux ont permis de nombreuses collaborations tant sur le plan de la recherche que sur le plan industriel : projet RNTL "Mouvement" en collaboration avec Infogrammes, CEA/LETI, RealViz et l'Université de Rennes 2 ; projet PRIAMM "Humain Virtuel Temps Réel" en collaboration avec CRYO et l'Université de Rennes 2. Les résultats principaux concernent la génération de mouvements élémentaires réalistes et leur combinaison pour former des mouvements complexes utilisables par des couches de plus haut niveau (comportement, scénario...).

EVASION Nouvelle équipe du laboratoire GRAVIR, EVASION s'appuie sur le savoir faire en animation développé dans l'ancienne équipe iMAGIS, en particulier en ce qui concerne la synthèse et le contrôle du mouvement d'objets interagissant les uns avec les autres (déformations, collisions, contacts). Plusieurs thèses ont été soutenues sur ces thèmes, dont l'une appliquée aux personnages animés.

Les travaux actuels de l'équipe se concentrent sur l'adaptation de ces techniques pour la synthèse de scènes naturelles animées et interactives, capables de réagir aux actions de l'utilisa-

teur ou de personnages virtuels évoluant dans le paysage. Ce type de travaux, complémentaire du contrôle du mouvement proprement dit des personnages développé chez SHARP, fait par exemple l'objet d'un projet RIAM en cours avec Infogrammes (animation temps réel d'une prairie et d'une forêt interactives).

2 Approche envisagée

2.1 Programmation Bayésienne

L'approche envisagée consiste à utiliser *l'inférence bayésienne* comme outil de base d'une part pour la programmation des comportements et des processus d'apprentissage, et d'autre part pour la modélisation des processus sensori-moteurs qui serviront de source d'inspiration. Cette approche repose sur les résultats récents du projet SHARP sur les modèles probabilistes en robotique, et plus particulièrement sur le principe de *programmation bayésienne* qui résulte de travaux en robotique autonome et en sciences cognitives. Cette approche devrait permettre de définir un système générique de programmation comportementale d'agents autonomes basé sur l'apprentissage et l'inférence bayésienne : la "Programmation Comportementale Bayésienne". Sur le plan du principe, cette approche permet de formaliser le raisonnement incertain à l'aide de la théorie des probabilités, et elle peut être considérée comme une extension de la logique classique. Elle a déjà été appliquée avec succès dans le cadre de la programmation de tâches simples pour des robots autonomes (voir la thèse de Olivier Lebeltel [Lebeltel99], cadre théorique et films de démonstration disponibles sur le site <http://www-laplace.imag.fr/>).

Cette nouvelle approche, que nous proposons d'étendre et de valider dans le cadre de ce projet dédié aux applications de la réalité virtuelle, propose en particulier un cadre approprié pour étudier les problèmes suivants : l'apprentissage de comportements réactifs par téléopération, la construction incrémentale de comportements par combinaison de modules, l'apprentissage de séquences temporelles.

Des travaux préliminaires ont été menés au sein du projet SHARP sur ces applications de réalité virtuelle :

- un stage de DEA (Ronan Le Hy) portant sur l'approximation d'automates à états finis par Programmation Inverse, appliquée au contrôle de "bots" dans un jeu vidéo (le jeu Unreal® distribué par la société EPIC) ;
- une thèse (David Raulo), portant sur la fusion par programmation bayésienne de comportements réactifs et de planification de trajectoire.

Ces travaux ont notamment permis de vérifier que la notion d'incertitude, centrale à l'approche bayésienne, reste pertinente en environnement de synthèse : elle est une conséquence de l'incomplétude des modèles de perception utilisés.

Il est cependant à noter qu'il reste un important travail de Recherche à mener pour effectuer le passage à l'échelle, l'approche ayant été jusqu'à présent testée uniquement sur des cas d'école.

FIG. 2 – Application de la programmation bayésienne en robotique autonome dans le cadre d’une tâche de veilleur de nuit. Le robot, KHEPERA, patrouille son environnement en stoppant régulièrement afin de détecter des mouvements suspects, détecte les incendies et intervient, retourne à sa base quand ses réserves d’énergie nécessitent d’être rechargées.

2.2 Détails de l’approche

La démarche que nous suivrons reposera sur la distinction entre :

- le monde : la simulation de l’environnement virtuel dynamique comprenant la gestion des incarnations dans le monde des différents acteurs et de leurs interactions ;
- l’interface : l’interface entre un agent particulier et l’environnement, ce que cet agent perçoit de son environnement et ce qu’il peut faire ;
- le contrôleur : comment sur la base des informations définies par son interface l’agent met à jour ses représentations internes et décide des ordres “moteurs” pour agir sur l’environnement.

Module monde Un prérequis à la conception de comportements crédibles nous semble être l’existence d’un monde virtuel “riche” et dynamique : l’environnement doit être une source d’information pour les agents et pas seulement un décor ; il doit également être à même de réagir aux actions de ceux-ci.

Nous utiliserons pour cela une plate-forme d’expérimentation commune que nous construirons à partir du système OpenMASK de l’Irisa et de modules logiciels issus du logiciel Aladyn3D de l’Inria Rhône-Alpes. Cette plateforme devrait permettre de combiner les outils de description de scénarios et de génération de contrôleurs de l’Irisa, et les mécanismes d’autonomie développés à l’Inria Rhône-Alpes. Deux types d’environnements seront étudiés :

- des environnements urbains utilisant les développements du projet SIAMES : simulation routière, scènes d’intérieur (appartements, magasins)... Ceux-ci seront particulièrement in-

téressants pour l'étude des techniques de planification car on se trouve dans un espace très contraint pour les déplacements.

- des environnements naturels intégrant les travaux développés au sein de l'équipe GRAVIR/EVASION : prairie, forêt, paysage de montagne, capable à la fois de réagir à l'action des personnages et d'agir sur ceux-ci (de l'herbe qui s'écrase et des buissons qui s'écartent aux éboulements et glissements de terrain).

Module interface Dans un souci de généricité et de "réutilisabilité" des développements en jeu, il nous semble particulièrement important de définir une interface entre les modules de simulation du monde et de contrôle des acteurs. Chacun des environnements étudiés aura ses spécificités en termes de choix des structures de données et de méthodes logicielles implémentant la simulation. Le rôle du module d'interface sera de proposer un média générique entre la simulation et la partie contrôle, offrant la couche d'abstraction nécessaire pour relier ces modules.

Nous proposons de suivre une démarche inspirée de la robotique. Dans cette optique, l'interface sera définie comme l'espace sensori-moteur de l'agent :

- l'espace sensoriel définira les informations de l'environnement auxquelles pourra accéder l'agent. Ceci implique le développement de *capteurs virtuels* capable d'extraire cette information de la scène ;
- l'espace moteur définira les capacités d'actions (ses degrés de libertés) dont disposera l'agent sur l'environnement : contrôle en force, en vitesse, capacité de déposer des signaux dans l'environnement. . .

Module contrôleur Pour ce dernier point nous nous inspirerons des travaux réalisés à la fois en robotique par le projet SHARP, et en animation par le projet SIAMES. Nous utiliserons les outils de description de scénarios et de génération de contrôleurs de l'Irisa associés à l'API de programmation bayésienne développée par SHARP.

L'objectif du module "contrôleur" sera de modéliser les processus sensori-moteurs de base de nos acteurs de synthèse par modèles bayésiens, en s'inspirant du vivant que ce soit au niveau des mécanismes de perception de l'espace et du mouvement (e.g. choix des amers ou des éléments pertinents de la scène, perception du mouvement d'une proie ...), ou à celui du contrôle du mouvement (e.g. se déplacer dans un environnement encombré, aller vers une proie en mouvement ...).

Sur le plan des réalisations et des expérimentations, nous proposons de développer les points suivants :

1. Comportements réactifs : Création d'une banque de comportements réactifs de bases (rechercher, fuir, poursuivre, éviter, suivre un contour), spécifiés à-priori ou utilisant de l'apprentissage par téléopération.
2. Combinaisons de comportements : Sur la base de l'ensemble des comportements précédemment réalisés, nous nous intéresserons à combiner ces comportements pour obtenir des comportements plus riches (i.e. Poursuivre tout en évitant les obstacles), apprentissages de combinaison, reconnaissances de comportements lors du contrôle d'un avatar par un joueur humain.

3. Séquences temporelles : Programmation de tâches de plus haut niveau définies sous la forme de séquences d'actions dans le temps, tel que explorer l'environnement en gérant son niveau d'énergie, patrouiller, ou protéger un autre agent.
4. La possibilité d'approximer une FSM (Finite State Machine) par programmation inverse.
5. La spécification de comportements de groupes ou foules en utilisant les capacités d'inversion de modèles de l'approche bayésienne.
6. L'apprentissage par renforcement (difficile pour un robot réel), et l'apprentissage par imitation dans le cadre de la programmation inverse.

Sur certains points, l'approche de modélisation classique (e.g. par machines d'états finis) et l'approche bayésienne peuvent être considérées comme complémentaires. Nous chercherons dans le cadre de ce projet, à les comparer, et les adapter à des modèles de perception et d'action inspirés du vivant, à étudier leurs apports mutuels, et enfin à les intégrer astucieusement dans un même processus.

2.3 Détail de l'organisation dans le temps et dans ses phases

Nous suivrons une démarche incrémentale. Dans un premier temps, nous proposerons d'étudier les concepts de programmation pour définir des comportements réactifs simples, ainsi que les capteurs et actionneurs virtuels associés. Puis, dans un deuxième temps, nous nous intéresserons au problème de la combinaison de ces comportements élémentaires et leur enchaînement dans le temps. Enfin nous étudierons plus en détail les problèmes posés par l'apprentissage par imitation et par renforcement.

Voici un calendrier prévisionnel des réalisations associées :

1ère année :

- GRAVIR/SHARP : travail préliminaire, mises en place plateforme logicielle et matérielle ; sur le module Contrôleur, réalisation du 1er point (c.f partie 2.2). Démonstrateur présentant des situations dans les deux environnements illustrant les différents comportements produits.
- Post doc SIAMES : définition et implémentation de la couche interface ; intégration dans OpenMask des modules comportementaux du système AlaDyn, en collaboration avec SHARP. Pour mener à bien cette collaboration, un membre du projet SHARP est présenté comme post-doctorant au sein du projet SIAMES de l'IRISA.
- GRAVIR/EVASION : paysage naturels végétaux : intégration des éléments existants (prairie, forêt) capable d'interagir avec un personnage, sous la forme d'objets de simulation OpenMask.

2ème année :

- GRAVIR/SHARP : module Contrôleur : points 2 et 3. Démonstrateur présentant des situations dans les deux environnements illustrant les combinaisons et les séquences temporelles

- SIAMES : ajout des capacités de planification de trajectoire ; test dans des environnements d'intérieur (bureau. . .)
- GRAVIR/EVASION : mise en place d'un module de simulation des mouvements du sols (rochers qui roulent, éboulements), et des éléments d'interaction avec des personnages animés.

3ème année :

- GRAVIR/SHARP : module Contrôleur : points 4, 5, 6 Démonstrateur présentant des situations d'apprentissage par renforcement et par imitation. Étude des points P6 et P7.
- SIAMES : adaptation des méthode de planification pour humanoïde à des sols inégaux
- GRAVIR/EVASION : intégration des sols animés sous forme d'un module OpenMask ; Application à l'animation d'un groupe de personnages dans un paysage naturel complet.

3 Partenaires

Les trois partenaires de ce projet sont :

3.1 Le projet SHARP de GRAVIR

Correspondant : Pierre Bessière

Le projet SHARP est un projet commun à l'INRIA Rhône-Alpes, le CNRS, l'Institut National Polytechnique de Grenoble et l'Université Joseph Fourier. SHARP centre son activité de recherche sur l'étude des problèmes liés à la modélisation et à la génération automatique du mouvement et des interactions physiques en robotique. Le terme "robotique" revêt ici un caractère particulier, dans le sens où il inclut à la fois des machines physiques (communément appelées "robots") capables d'actions autonomes dans le monde réel, et des agents mobiles ou articulés (ou "robots virtuels") possédant des capacités de mouvements propres leur permettant d'évoluer de manière autonome (ou semi-autonome) dans un monde virtuel possédant des lois physiques semblables à celles du monde réel.

Axes de recherche :

- Algorithmique pour la planification de mouvements (prise en compte de contraintes de non collision, contraintes cinématiques et dynamiques, incertitude) dans des mondes réels ou virtuels ;
- Méthodologie pour le développement d'architectures décisionnelles pour le contrôle de robots mobiles dans des environnements dynamiques peu ou pas connus a priori ;
- Modèles et algorithmes pour la simulation dynamique, i.e. la gestion des interactions physiques et la simulation de la dynamique des corps complexes en mouvement et en interaction (déformations, collisions, forces...);
- Outils de modélisation et de calcul probabiliste pour la géométrie, permettant de traiter correctement les incertitudes et leurs impacts sur les problèmes inverses et les problèmes d'interprétation de données sensorielles que nous rencontrons
- Programmation bayésienne (décrite section 2.1)

SHARP apportera au projet ses compétences sur les algorithmes de planification de mouvement et sur la programmation bayésienne.

3.2 Le projet SIAMES de l'IRISA

Correspondant : Stéphane Donikian

L'IRISA (UMR 6074) est un laboratoire public de recherche placé sous la tutelle de deux établissements de recherche : l'INRIA et le CNRS, et deux établissements d'enseignement supérieur : l'Université de Rennes 1 et l'Insa de Rennes. Au sein de l'IRISA, le projet de recherche intitulé SIAMES ("Synthèse d'Images, Animation, Modélisation Et Simulation"), dirigé par le

professeur Bruno Arnaldi, comprend environ 35 personnes dont 10 chercheurs ou enseignants-chercheurs, une douzaine de doctorants et une douzaine d'ingénieurs experts contractuels. Ce projet réunit de multiples compétences dans la modélisation, la synthèse d'images et l'animation. Son activité de recherche l'a conduit à réaliser une plate-forme logicielle de simulation capable d'intégrer les différents travaux de recherche dans un contexte de simulation temps réel distribuée. Cette plate-forme est maintenant distribuée en open source (<http://www.irisa.fr/siames/OpenMASK>) et est utilisée au sein d'un certain nombre de projets nationaux notamment autour de la réalité virtuelle.

Des travaux y sont menés sur l'animation comportementale depuis plus de dix ans. Afin de simuler le comportement humain lors de tâches spécifiques, nous nous intéressons à la réalisation d'outils de spécification et de simulation du comportement d'entités dynamiques, autonomes mais néanmoins contrôlables par un scénario, ainsi qu'à la modélisation de l'environnement dans lequel ces "acteurs" vont évoluer. Le modèle HPTS (Hierarchical Parallel Transition System) est un système réactif, multi agent, dans lequel les agents sont organisés sous la forme de systèmes de transition hiérarchiques, parallèles, temporisés et non déterministes. En ce qui concerne la coopération des différents comportements à un niveau donné de la hiérarchie, nous avons proposé d'automatiser le mélange des comportements en respect de leur importance relative, et pour ce faire trois nouvelles notions ont été introduites au sein du modèle HPTS : ressources, priorités et niveaux d'importance. Ce système permet de décrire les comportements de manière fine, avec toutes leurs possibilités d'adaptation. La description d'un nouveau comportement, grâce au mécanisme d'évitement des interblocages, ne nécessite pas la connaissance des comportements déjà décrits. La coordination de l'ensemble des comportements actifs devient ainsi générique et automatique.

Nous avons réalisé un atelier complet de modélisation et d'animation comportementale, composé d'un ensemble d'outils dédiés pour la production de code et de données pour notre plate-forme d'animation et de simulation. Ses outils ont jusqu'à présent été utilisés dans un certain nombre de projets sur la simulation du comportement des conducteurs de véhicules et des piétons en ville et sur autoroutes, sur l'animation de personnages dans un musée virtuel pour la nouvelle exposition permanente sur l'image de la cité des sciences et la réalisation d'une fiction interactive présentée au village de l'innovation lors d'Imagina'02.

OpenMASK est une plate-forme de développement et d'exécution d'applications modulaires dans les domaines de l'animation, de la simulation et de la réalité virtuelle. OpenMASK et OpenMASK-3DVis sont disponibles avec une licence open-source (QPL) et fonctionnent sous linux et Irix. Dans OpenMASK, l'unité de modularité est appelée objet de simulation. Il peut servir à décrire aussi bien le comportement et le contrôle du mouvement d'une entité ou d'un objet virtuel qu'un périphérique d'interaction. Avec OpenMASK, concevoir un environnement virtuel revient à choisir (ou programmer) les objets de simulation à utiliser, à les paramétrer pour les adapter au contexte et à choisir un noyau d'exécution conforme aux objectifs de réalisation. OpenMASK intègre des noyaux d'exécution multi-sites (pour des applications distribuées : réalité virtuelle, simulation ...) et/ou multi-processeurs (pour un calcul parallèle de l'exécution). Ces noyaux permettent aussi bien la simulation hors ligne que l'animation interactive. Pour de plus

amples informations, consulter la page : <http://www.openmask.org>.

3.3 Le projet EVASION de GRAVIR

Correspondant : François Faure Le projet EVASION (actuellement en demande de création, et qui vise à devenir un projet commun CNRS, INPG, INRIA et UJF), s'attaque au problème de la synthèse de **scènes naturelles**, animées ou statiques. Cet objectif nous conduit à travailler conjointement sur les aspects spécification, représentation, animation, visualisation et rendu de ces scènes. Il répond à une forte demande applicative, émanant notamment du secteur de l'audiovisuel (films de synthèse, effets spéciaux, jeux vidéo), mais aussi de celui de la simulation, dans le domaine de l'environnement en particulier (études d'impact, prévention des risques naturels). Ces demandes multiples nous conduisent à l'étude conjointe d'objets du monde minéral, végétal et animal, ces objets étant éventuellement combinés sous forme de scènes naturelles complexes. Selon les cas, l'objectif d'interactivité peut ou non primer sur celui de réalisme visuel, les applications visées allant de la réalité virtuelle (simulateurs immersifs) à la production d'images de qualité pour l'industrie de l'audiovisuel.

La synthèse de scènes naturelles animées a été relativement peu abordée jusqu'à présent en informatique graphique, davantage d'efforts ayant été consacrés à la création d'environnements virtuels manufacturés. Le principal verrou scientifique à lever est la gestion de la complexité de ces scènes, qui peut se traduire en nombre d'éléments, mais aussi en complexité des formes, des mouvements, ou de l'apparence locale des objets. Pour lever ces difficultés, nous adoptons les principes méthodologiques suivants :

- exploiter au maximum la connaissance à priori disponible, en s'appuyant autant que possible sur les modèles mathématiques proposés par d'autres sciences, ou sur des données réelles extraites à partir d'images ou de vidéos ;
- adopter une approche transversale aux clivages traditionnels de la synthèse d'images, en étudiant simultanément un même phénomène sous les angles de la modélisation, de l'animation et du rendu ;
- réduire les temps de calcul en développant des représentations alternatives aux modèles géométriques et aux techniques de simulation par éléments finis traditionnels : hiérarchies de modèles simples couplés plutôt qu'un unique modèle complexe, modèles et algorithmes au niveau de détail adaptatif.
- veiller à créer des modèles facilement contrôlables par l'utilisateur.
- valider nos modèles à travers une démarche de comparaison au réel, basée par exemple sur des critères perceptifs.

Les actions menées portent sur deux volets : la **définition d'outils fondamentaux** répondant aux principes énoncés ci-dessus, et la validation de ces principes et outils dans le cadre **d'applications à des scènes naturelles particulières**. Ces études ciblées rendent possible une valorisation industrielle des résultats ainsi que des collaborations avec des scientifiques d'autres disciplines (comme la mécanique, la physique ou la biologie).

4 Durée et budget du projet

Le projet s'étendra sur trois ans. On cherchera à faire chaque année une réunion dans chaque site, permettre aux équipes une présence dans les manifestations internationales et enfin leur donner les moyens humains et matériels d'assurer les engagements expérimentaux du projet. Les besoins financiers sont les suivants :

1. Missions

- Nationales : 6 missions par équipe (3 personnes par équipe) et par an.
nombre total de missions : 54 (370 euros par mission)
budget total missions nationales : 20 000 Euros.

- Internationales : une conférence internationale par équipe sur trois ans
nombre total de missions : 3 (2 333 euros par mission).
budget total missions internationales : 7 000 Euros

Budget total missions : 27 000 Euros soit 9 000 Euros par équipe.

- ### 2. Équipement : 1 station de travail graphique par équipe à 5 000 Euros.
- Budget total équipement : 15 000 Euros

3. Ressource humaine

- SIAMES 1 équivalent postdoc sur 1 an : 36 834 Euros ;
- GRAVIR/SHARP 1 équivalent bourse de thèse (25 617 Euros/an) : 76 850 Euros ;
- GRAVIR/EVASION 3 × 3 mois de stage ingénieur : 10 000 Euros.

Budget total ressource humaine : 123 684 Euros.

Budget total : 165 684 Euros.

Le budget équipement et mission de GRAVIR/SHARP sera financé sur le contrat BIBA : 14 000 Euros

Aide ROB EA demandée : 151 684 Euros.