

Modèle d'animation comportemental de piétons virtuels

A. Ebel, D. Hanon, B. Stanciulescu, P. Pudlo, E. Grislin, F-X. Lepoutre

LAMIH UMR CNRS 8530, Université de Valenciennes et Hainaut-Cambrésis
59313 Valenciennes cedex 9

aurelien.ebel@meletu.univ-valenciennes.fr

Mots-clés : Animation, Capture de Mouvement, Animation Comportementale, Intelligence Artificielle, Agents Autonomes, Planification de Trajectoire

1. Introduction

Ce papier s'inscrit dans le cadre du projet RESPECT (Route Empruntée en Sécurité par le Piéton -Enfant Confronté au Trafic) projet PREDIT, qui s'effectue en partenariat avec l'INRETS LPC, le CRP2C et l'entreprise CORYS TESS.

Ce projet consiste à développer un simulateur réaliste du trafic des piétons et de voitures en ville. L'objectif pédagogique vise à sensibiliser les jeunes enfants de 5-7 ans à se déplacer dans la ville en sécurité. Présenté dernièrement au salon de l'automobile de Paris (septembre 2002) au stand sécurité routière, il sera testé dans sa première version en janvier 2003 dans les écoles primaires.

Cette communication traite des deux principaux aspects que la modélisation de l'enfant-piéton comporte : la modélisation des mouvements du piéton et la modélisation comportementale.

La deuxième partie traite des mécanismes qui gèrent le comportement des piétons par rapport au trafic et aux événements qui l'entourent. Deux types de comportement sont modélisés : le comportement réactif du piéton face aux événements générés par son environnement dynamique et le comportement général du piéton en fonction du but global de celui-ci. A cette fin, un modèle orienté agent est utilisé. Le contrôle est basé sur une architecture à fusion d'actions généralisée.

Enfin, une démonstration pratique du stade de développement du projet clôturera notre communication (pas utile).

2. Modèle du piéton

Le modèle du piéton virtuel retenu (cf. figure 1) se compose de 18 corps rigides. Les 17 articulations sont de type pivot (1 DDL), cardan (2 DDL) et rotule (3DDL). Le modèle compte 41 degrés de liberté. Il ne correspond pas au modèle exhaustif du groupe H-ANIM (Humanoid Animation Working Group) : il est en restriction.

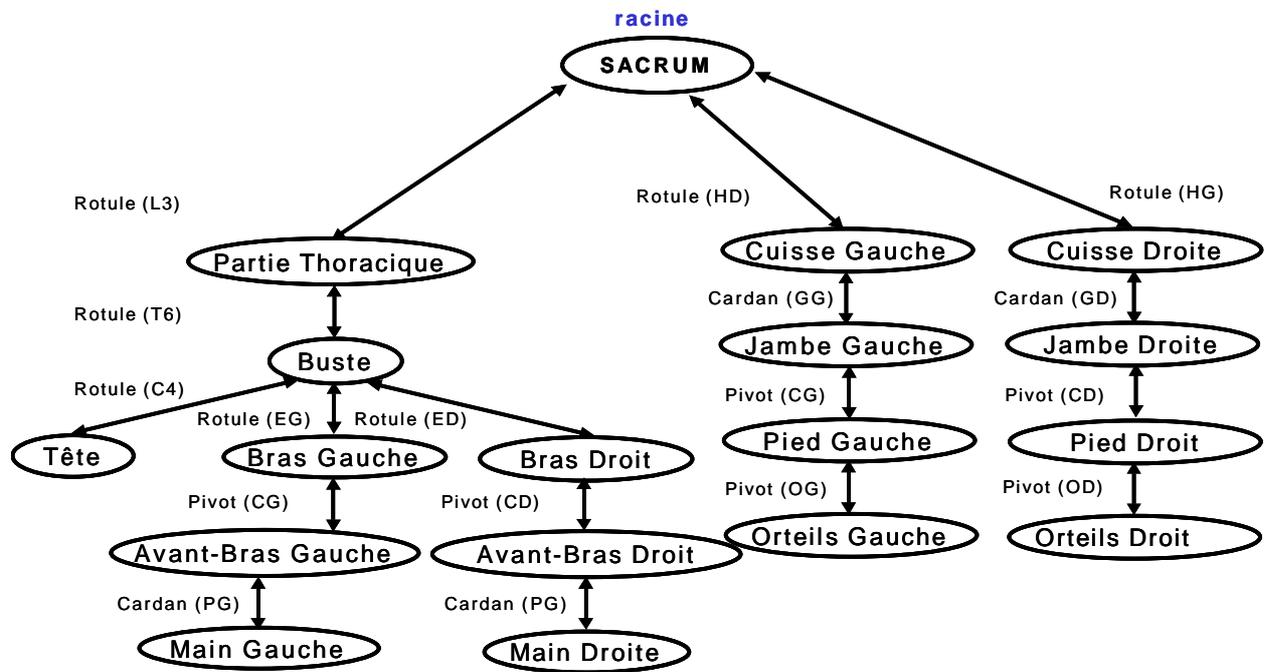


Fig. 1 : Hiérarchie des nœuds (segments corporels et articulations) pour le modèle générique de piéton

3. Obtention des données d'entrée nécessaires à l'animation

3.1. Principaux mouvements à générer

La table 1 présente les mouvements retenus pour l'animation réaliser des piétons virtuels en environnement urbain.

Marcher	Courir
Accélérer	Ralentir
Arrêter	Attendre
Monter un trottoir	Descendre un trottoir

Table 1 : Mouvements standards d'animation en environnement urbain

3.2. Capture des mouvements

Les mouvements considérés précédemment sont enregistrés à l'aide du système d'analyse gestuelle VICON, composés de 8 caméras CCD, à une fréquence de 100Hz .

Avant chaque expérimentation, il est demandé au sujet de se positionner dans une configuration enregistrée, dite de référence, coïncidant avec le modèle virtuel à l'état initial.

4. Recalage des données réelles

Les données mesurées expérimentalement doivent permettre d'animer et contrôler le piéton virtuel. Ce piéton peut être positionné " n'importe où " dans l'environnement virtuel.

Une méthode a été mise en œuvre, dite de « recalage », et consiste à identifier les matrices de cosinus directeurs, définissant l'orientation de chaque segment corporel du piéton virtuel par rapport au segment corporel père, à appliquer au modèle pour une animation du piéton virtuel coïncidant au mouvement réel du sujet lors de l'expérimentation. La méthode de « recalage » procède en deux temps : la coïncidence et le recalage .

- La coïncidence exploite l'expérimentation en position de référence afin d'identifier les corrections à appliquer aux données réelles.
- Le recalage applique ces corrections à l'expérimentation afin d'obtenir un mouvement du piéton coïncidant au mouvement réel.

5. Animation du piéton virtuel

Le modèle du piéton est hiérarchique et le sacrum en est sa racine. L'animation du piéton virtuel consiste à :

- positionner et orienter le sacrum du piéton virtuel dans l'environnement,
- orienter chaque segment corporel fils par rapport au segment corporel père respectif dans l'espace virtuel 3D.
l'orientation et la position des segments corporels fils dérivent de la position et l'orientation du sacrum

6. Modèle comportemental du piéton

Les piétons peuplant la simulation sont conçus dans l'objectif d'en faire des acteurs autonomes, capables de raisonner et d'analyser leur situation afin de choisir les actions appropriées en fonction de leurs objectifs.

Ces exigences conduisent naturellement à adopter une modélisation orientée agent. En effet, un agent est une entité réelle ou virtuelle, capable de percevoir, au moins partiellement, son environnement, d'agir sur son environnement et de se comporter de manière « rationnelle » : ses actions sont le produit d'un « raisonnement » (ou du moins, d'un ensemble de règles de comportement) dans le but d'obtenir un état souhaité de l'environnement [MAN 01]. La solution choisie consiste à associer un agent à chaque piéton. Chaque agent contrôle les mouvements du piéton associé.

Le fonctionnement d'un agent peut se résumer en trois sous-fonctions : percevoir, décider, et agir.

La fonction de perception d'un agent de la simulation est caractérisé par un besoin de production d'un comportement crédible. En effet, bien que toutes les informations associées aux objets de l'environnement soient a priori disponibles pour l'agent, il s'agit de restreindre la recherche au sous-ensemble des données compatible avec le champ de perception que possède le personnage dans le monde réel. Les personnages de la simulation sont ainsi dotés de capteurs virtuels [NOS 95].

Actuellement, ces capteurs sont limités au domaine visuel. Chaque capteur virtuel retourne les adresses des objets présents dans le champ de vision de l'agent. L'agent a alors accès à tous leurs attributs, qui décrivent la géométrie de l'objet : dimensions, position, orientation, etc. La figure 3 montre un exemple d'évitement entre deux agents. Chaque agent dispose de deux capteurs de proximité et d'informations sur la distance et la direction du point à atteindre.

L'agent met en œuvre également une forme de perception volontaire (ou "active") lorsqu'il recherche des informations dans un but précis. Par exemple, la perception volontaire s'appliquera lors de la recherche d'information avant la traversée : présence d'un feu tricolore, présence d'un passage protégé, position et vitesse des véhicules, etc.

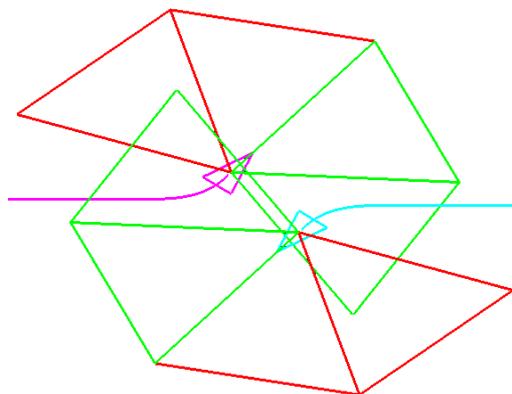


Fig. 3. Exemple d'évitement entre 2 piétons

Dans le cadre de l'animation d'humanoïde, les modèles décisionnels utilisés par les agents servent à déclencher les actions en fonction de leurs intentions et des informations perçues.

Selon Yves Duthen [DUT 02], il y a trois principales manières de programmer le comportement d'un personnage virtuel, ce sont les approches :

- Impératives : ce type d'architecture est généralement basé sur des scripts que l'agent rejoue ;
- Déclaratives : le comportement est déterminé par un système à base de règles. Le raisonnement provient des inférences réalisées ;

- Basées sur l'émergence : cette approche repose sur l'utilisation d'éléments simples qui s'organisent pour arriver à une solution.

D'un point de vue agent la première solution n'a pas de réel intérêt.

La seconde correspond à un agent cognitif (raisonnement sur des symboles abstraits). Cette solution présente les inconvénients liés à ce type de système : il n'est pas simple de constituer un ensemble de règles, celui-ci se limite souvent à un domaine particulier. Ce type d'approche est particulièrement remis en cause par l'approche animat [GUI 99] et la robotique [BRO 98]. Pour gérer les déplacements du personnage avec ce type d'architecture il faut, vraisemblablement, discrétiser l'environnement et contraindre les déplacements du joueur, ce qui n'est pas souhaitable.

La dernière solution envisage la construction d'un agent composé de plusieurs agents simples. Il s'agit d'une architecture à découpage horizontal (opposée à l'architecture verticale des agents cognitifs). Dans cette lignée, nous avons choisi de mettre en oeuvre une architecture basée sur la « fusion d'action généralisée » [ARN 00]. Ses principes sont particulièrement intéressants car ils permettent l'unification de trois architectures de contrôle :

- L'architecture à subsomption de R.Brooks [BRO 86]
- L'architecture à sélection d'actions de P.Maes [MAE 89]
- L'architecture orientée schémas de R.Arkin [ARK 98]

Comme toutes les architectures horizontales elle utilise le comportement comme élément de base. Un comportement est caractérisé par :

- une activité a . La valeur de a est un nombre décimal compris entre 0 (comportement inactif) et 1 (comportement actif). L'activité traduit la présence et l'importance des stimulus relatifs à ce comportement.
- Un vecteur de nombres décimaux R . Chaque élément de R correspond à une consigne sur « les actionneurs » de l'agent. En particulier la vitesse et la direction pour un robot mobile

Le vecteur de consigne appliqué aux « actionneurs » de l'agent est calculé par un réseau de nœuds. Cette notation permettant de décrire l'architecture du système dérive directement de la subsomption et utilise quatre types de nœuds : l'inhibition, la suppression, l'augmentation et le maximum. Les fonctions de transfert des nœuds permettent de réaliser un arbitrage entre les différents comportements et de calculer le vecteur de consignes en sortie du réseau.

Cette architecture est spécialement adaptée aux robots mobiles et peut être implémentée simplement. Néanmoins comme pour les Boids [REY 99], ce modèle nécessite des ajouts afin de gérer des déplacements étendus à l'ensemble d'une ville. Les agents sont construits sur le modèle présenté en figure 4. Les vecteurs de consignes sont : (vitesse, changement de cap).

L'architecture de contrôle reprend les comportements présentés dans [ARN 00] auxquels nous proposons l'ajout d'un comportement cognitif appelé "Contrôle de la traversée". Ce comportement analyse la circulation et inhibe les autres comportements lorsque l'agent doit attendre avant de pouvoir traverser une rue.

L'action de suivre le trottoir se compose de deux comportements qui vont tendre à positionner le piéton au centre du trottoir.

L'évitement de collision est prioritaire par rapport aux comportements "suivre le trottoir" et "aller au but". L'action qu'il propose subsume les actions proposées par les couches inférieures de l'architecture. Les deux comportements qui le composent font dévier le mobile de sa direction. " Éviter objet à droite " permet l'évitement des obstacles se trouvant à droite en proposant un virage à gauche, même chose pour l'évitement à gauche. Un nœud "maximum arbitre ces deux comportements : seule la proposition de comportement le plus actif est donc prise en compte. Les comportements d'évitement peuvent être plus ou moins réactifs, en effet une idée est d'introduire une mémorisation de l'état précédent afin de limiter les oscillations du personnage.

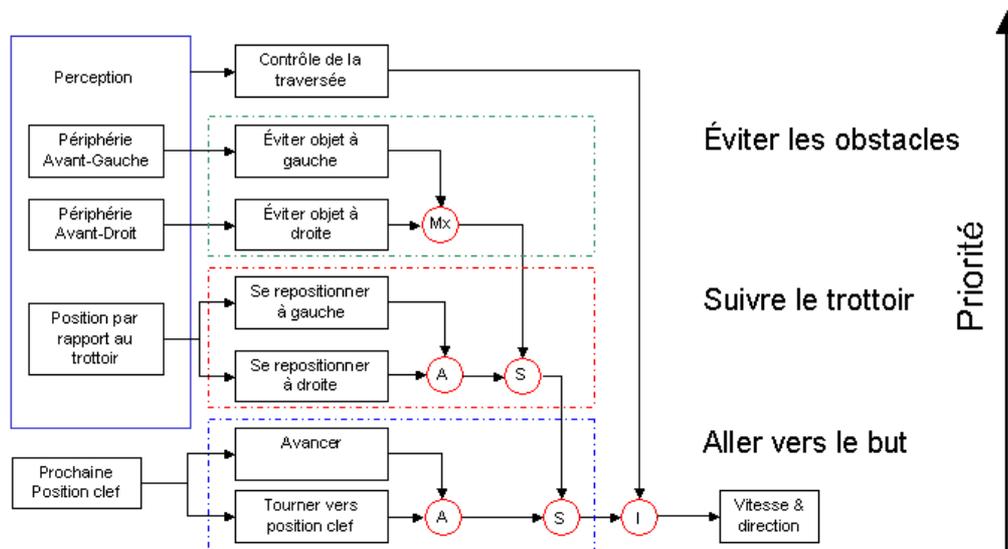


Fig. 4. Architecture

7. Conclusions et Perspectives

Dans ce papier les deux lignes générales du simulateur issues du projet RESPECT ont été présentés, à savoir la partie modélisation de piétons et la partie IA de la modélisation du contrôle de leur comportement.

Dans le cadre de la modélisation de piétons, nous avons introduit le modèle d'animation de l'humanoïde piéton. Ce modèle, dérivé du modèle h-anim¹, s'est révélé suffisant afin d'implémenter les capacités d'animation qu'un piéton réel suppose.

Un ensemble de mouvements d'animation qu'un piéton est supposé présenter a été enregistré par capture de mouvement à l'aide d'un système de capture VICON.

Les données ci-enregistrées ont été traitées de manière qu'elles puissent servir pour l'animation des piétons virtuels. Le premier traitement de données a été le calcul des positions articulaires à partir des positions enregistrées des marqueurs, suivi du calcul des angles articulaires correspondant aux différents types de mouvements et aux différents membres du piéton. Ces angles ainsi enregistrés et stockés sont ensuite injectés après dans le modèle du piéton, afin de réaliser les différents mouvements.

La deuxième partie de ce travail a consisté dans le développement de systèmes de contrôles comportemental du déplacement des piétons dans la ville. Pour cela nous avons choisi l'utilisation des réseaux à fusion d'actions. Le comportement d'un piéton est défini par deux composantes : la composante réactive qui gère l'interaction instantanée du piéton avec le milieu extérieur (évitement d'obstacles, évitement de collision avec un autre piéton, etc.) et une deuxième composante qui gère la stratégie longue-durée du piéton (suivi de trajectoire, traversée de rue, planning de trajectoire, etc.).

Comme perspectives immédiates du projet nous pouvons mentionner les points suivants :

- Au niveau de la modélisation du mouvement du piéton nous envisageons d'introduire des modules de commande adaptatifs en fonction des contraintes externes, au lieu d'utiliser des données préenregistrées pour chaque mouvement possible.
- Au niveau comportemental nous travaillons à l'affinement des stratégies de contrôle à moyen et long terme par l'introduction de composantes plus cognitives que les comportements gérés actuellement;

Références

- [ARK 98] R. ARKIN, "Behavior-based robotics", The MIT Press, 1998
- [ARN 00] ARNAUD P., "Des Moutons et des robots ", Presse polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2000
- [BRO 86] R. A. BROOKS "a robust layered control system for a mobile robot", IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2/1, pp. 14-23, mars 1986.
- [BRO 98] R. A. BROOKS, C. BREAZEL, R. IRIE, C. C. KEMP, M. MARJANOVIC, B. SCASELLATI, M. M. WILLIAMSON, "Alternative Essences of Intelligence", AAAI98.
- [CAU 96] F. CHAUMETTE, S. BOUKIR, P. BOUTHEMY, D. JUVIN. Structure From Controlled Motion. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 18(5): 492-504, May 1996.

- [DUT 02] Y. DUTHEN, "Behavioural Simulation and Artificial Life", 3IA 2002, Limoges.
- [FAU95] F. FAURE. Modélisation cinématique du contact pour la dynamique inverse. In 3èmes journées de l'AFIG. pages 15–22, Marseille, Novembre 1995.
- [GUI 99] GUILLOT A., "Pour une approche dynamique des animats", dans Drogoul et Meyer (Eds.). Intelligence Artificielle Située, Hermes, 1999
- [LH96] M. LEVOY, P HANRAHAN. Light Field Rendering. Proceedings of ACM Siggraph'96, pages 31–42, August 1996, New Orleans.
- [MAE 89] P. MAES, "The dynamics of action selection", proceedings of the international Joint conference on Artificial Intelligence, IJCAI-89, 1989
- [MAN 01] R. MANDIAU, E. GRISLIN-LE STRUGEON (2001). Systèmes multi-agents. In TI (Ed.), S 7216, Paris: Les Techniques de l'Ingénieur, pp. 1-17.
- [NOS 95] H. NOSER, D. THALMANN : "Synthetic vision and audition for digital actors", Proc.Eurographics'95, 1995, pp.325-336.
- [REY 99] C. W. REYNOLDS : "Steering Behaviors For Autonomous Characters", in the proceedings of Game Developers Conference 1999 held in San Jose, California. Miller Freeman Game Group, San Francisco, California. Pages 763-782, 1999.