

# Une approche de modélisation des environnements virtuels

Amina BOUGUETITICHE

Laboratoire LESIA – Département d’informatique –  
Université de Biskra  
Biskra, Algérie  
Amina.bouguetitiche@hotmail.fr

Foudil CHERIF

Laboratoire LESIA – Département d’informatique –  
Université de Biskra  
Biskra, Algérie  
foud\_cherif@yahoo.fr

**Résumé** — Dans ce papier les environnements virtuels sont vus comme un espace multidimensionnelle peuplé d’entités autonomes. Ces entités sont capables de se déplacer au sein de l’environnement, d’interagir avec les objets y présents.

L’objectif est de supprimer l’aspect omniscient des agents. Pour cela, le modèle proposé présente des informations concernant un endroit, des localisations d’objets ou de lieux. Ceci est fait à travers la subdivision des surfaces navigables de l’environnement en un ensemble de zones interactives selon le type de la zone: passage piéton, trottoir, porte, ascenseur .... Et en associant les informations nécessaires à l’interaction des agents avec ces zones.

Suivant cette approche, nous proposons un outil de modélisation d’environnements virtuels. Ce logiciel concrétise le modèle présenté. Il permet ainsi de gérer la chaîne de modélisation complète, depuis la définition des zones interactives, jusqu’à la génération de la représentation de l’environnement.

**Mots clés:** *environnement virtuel;agent autonome;maillage de navigation;zones interactives.*

## I. INTRODUCTION

On peut observer dans notre vie de tout les jours, que notre manière de nous déplacer et de focaliser notre attention varie en fonction de l’environnement ou l’on évolue. Un piéton fera plus attention au trottoir sur lequel il se trouve et il délaissera la surveillance de la route. Lorsqu’il arrive au niveau d’un passage piéton, il va changer de comportement. Ce nouveau comportement va respecter les étapes logiques pour croiser la chaussée; il va attendre le feu vert, puis il va vérifier qu’il n’y a pas de voiture qui gêne pour traverser, enfin, il va traverser. D’autres éléments de l’environnement comme les ascenseurs ou les tapis roulants nécessitent aussi une adaptation du comportement. Ces quelques exemples illustrent le concept d’affordance introduit par J.J.Gibson (cité notamment dans [1]). Ce concept représente le fait qu’un endroit ou un objet offre au humains ou au animaux des possibilités de s’y déplacer ou de l’utiliser. Modéliser un environnement virtuel fournissant aux humanoïdes les informations nécessaires à la reconnaissance des lieux et l’emplacement d’objets divers est le problème adressé par cet article. Un tel modèle d’environnement va permettre des comportements différents pour les humanoïdes en fonction de l’endroit où ils se trouvent.

L’approche proposée consiste à décomposer les surfaces navigables d’un environnement une décomposition exacte sous

forme de cellule convexe. A ces cellules on associe des informations sur le type de la zone à laquelle elles appartiennent. En suivant une telle démarche nous allons enrichir les connaissances topologiques de l’agent. Ainsi nous allons permettre, concernant l’interaction de l’agent avec l’environnement, l’adaptation de son comportement selon le type de la zone et l’intégration de ce dernier directement dans la procédure de planification de chemin.

Dans le reste de ce papier, nous commencerons par donner un aperçu des différentes approches pour représenter les environnements virtuels. Ensuite, section 3 présente le modèle proposé. Finalement, section 4 conclue et section 5 présente les perspectives.

## II. TRAVAUX RELATIFS

Un environnement virtuel est une scène 3D. La structure de donnée utilisée la plupart du temps est un ensemble de points placés en 3 dimensions. Ces points sont associés pour former les facettes triangulaires qui composent les objets de la scène. Ces données brutes sont très coûteuses à parcourir pour prédire les collisions et planifier un chemin. Il faut donc découper et simplifier cet espace pour en extraire les caractéristiques qui nous intéressent pour l’animation.

Divers travaux ont proposé de renseigner l’environnement pour simplifier l’acquisition de sémantique:

Les environnements urbains considérés par Thomas [2] sont créés par un logiciel dédié: VUEMS. Ce logiciel ajoute lui-même l’information identifiant les voies de circulation. Mais, l’utilisation d’un logiciel dédié s’est avérée restrictive au concepteur.

Pour pallier à cette limitation, N.Farenc [3] étiquette l’environnement grâce aux informations données lors de la conception, et à une base de données. Elle calcule grâce aux informations concernant les voies de circulation des cartes de cheminement différentes pour chaque type d’agents (bus, voitures, piétons), elle ajoute aussi la possibilité de passer d’un graphe à l’autre à certains endroits; un piéton peut prendre en compte un passage par le bus, qu’il prendra à un arrêt.

En s’intéressant aux travaux concernant la manipulation d’objets par des humanoïdes virtuels, on trouve des travaux proposant de modéliser la manière dont un humanoïde va

interagir avec un ascenseur ou un distributeur de boisson. Nous présenterons ici deux modèles d'objets "affordants":

- Les Smart Objects sont issus des travaux de Marcello Kallman [4]. L'information concernant la manipulation des objets est entièrement contenue dans l'objet, tout agent souhaitant interagir avec l'objet effectuera les actions fournies par l'objet. L'objet contrôle l'agent, c'est pourquoi on parle d'objets pilotants.
- Partant de l'idée que l'humanoïde doit rester autonome, Badawi [5] a introduit STARFISH. Dans cette approche chaque agent sait effectuer plusieurs actions de base (attraper, bouger, déplacer,...) et a sa manière de les réaliser. L'objet propose à l'agent des actions complexes qu'ils peuvent effectuer sur lui. Chaque action complexe est une composition des actions de base, les agents auront donc une manière de les réaliser qui leur sera propre. Il parle alors d'objets informants ; l'objet informe l'agent des actions qu'il va devoir réaliser.

P.Doyle [6] propose d'« annoter » les objets avec les connaissances spécifiques liées à l'environnement et de ne laisser dans l'agent que les compétences abstraites. S.Aubry [7] utilise lui aussi la notion d'annotation d'environnements virtuels. Contrairement aux travaux de Doyle, les annotations servent ici de moyen de communication avec l'utilisateur, dans le cadre, par exemple, de travail collaboratif.

Nous avons ainsi présenté une série de modèles proposant des environnements informés. Mais l'un des points assez peu abordé par ces approches concerne l'aspect situé du raisonnement, son lien avec la topologie des lieux. Les deux modèles de Thomas et Farenc se contentent d'introduire des informations utilisables pour le cheminement. Ils n'introduisent pas d'informations sur les comportements en eux-mêmes.

Les modèles de Kallman et Badawi rejoignent ici la théorie écologique de J.J.Gibson [1], plaçant les capacités d'interactions à l'intérieur des objets qui la proposent. Ces modèles sont donc essentiellement axés sur l'affordance d'objets et non pas des lieux.

Il nous semble donc intéressant de partir dans la direction de stimulation du concept d'affordance des endroits. Nous souhaitons notamment pouvoir intégrer dans la description de l'environnement des zones interactives, et donc la sémantique qui y est associée, pour permettre la mise en oeuvre des aspects incarné et situé du comportement, c'est à dire permettre à l'agent d'effectuer le choix en se basant fortement sur la topologie.

### III. MODÈLE PROPOSÉ

Notre modèle de l'environnement renferme des informations topologiques et géométriques. Il présente également des associations entre les lieux (surface géométrique) et de l'information sémantique. L'information géométrique provient directement à partir du modèle en trois dimensions: la scène. Une fois la scène créée on en extrait les informations topologiques, au cours de ce processus on lui associe des informations sémantiques. Ainsi, l'idée principale est d'ajouter une couche sémantique sur une base correspondant

à un modèle topologique (Fig 1). La couche sémantique associe aux surfaces navigables des propriétés utilisables lors d'une simulation.

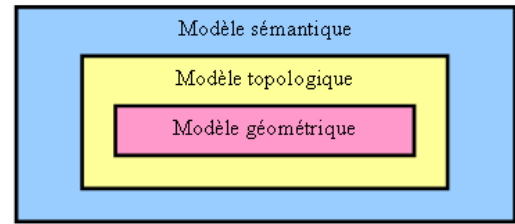


Figure 1. Schéma de modélisation

L'élément essentiel de notre modèle concerne les connaissances à fournir à l'agent. Par exemple, pour l'activité de navigation dans un environnement virtuel, les informations nécessaires à la simulation de l'humanoïde sont :

- La hauteur du sol pour positionner correctement les pieds de l'humanoïde. Ces informations sont donc nécessaires à l'activité de marche.
- Le type d'un lieu influence le choix de l'itinéraire et le comportement de l'humanoïde lorsqu'il le parcourt. Si on prend l'exemple d'un environnement urbain ou le comportement du piéton est complètement différent selon qu'il soit sur un trottoir ou au milieu de la route. La théorie des affordances de J.J. Gibson [1] corrobore la manipulation d'informations symboliques dans l'environnement qui seront exploitées par le modèle décisionnel. Les lieux seront caractérisés par leur configuration, leur type, mais aussi par les objets qu'ils contiennent. Dans un esprit proche de celui de M. Badawi et de ses objets synoptiques [5], il est possible d'associer des informations symboliques et procédurales à des zones d'interaction.
- La topologie de l'environnement permet à l'humanoïde de planifier ses parcours. Ces informations sont exploitées par le modèle décisionnel de l'humanoïde qui possède donc une carte mentale de l'environnement grâce à la structure topologique.

#### A. Les zones synoptiques

Notre modèle sémantique de l'environnement correspond à un ensemble de zones environnementales définissant une base de données. Les zones interactives de notre approche offrent une description résumée des interactions qu'ils proposent, un synopsis d'actions à interpréter par l'agent. C'est pourquoi nous appelons ces zones des Zones Synoptiques. Nous distinguons deux types de zones synoptiques en fonction de l'activité effectuée par l'agent.

- Les zones de circulation sont les lieux par lesquels un humanoïde doit passer pour arriver à une destination donnée. Ces espaces sont caractérisés par leur type: rue, passage piéton, gazon ...etc. Le mode de circulation des acteurs synthétiques dépend des espaces traversés ; suivre un trottoir, traverser une route, déambuler dans un parc, sont les principaux exemples, voir Fig. 2.

- Les zones d'interaction: ces surfaces n'appartiennent pas à la géométrie de l'objet. Elle décrit l'espace entourant l'objet affecté par le processus d'interaction. La Fig 4 montre une surface d'interaction associée à un siège. L'agent doit se placer dans la zone marquée en jaune pour s'asseoir dessus.

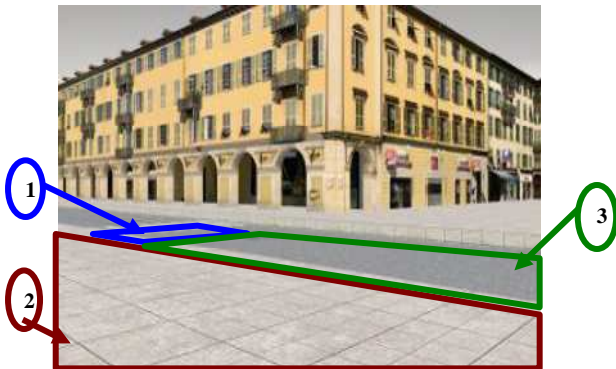


Figure 2. Exemples de zones de circulation (1) passage piéton (2) trottoir (3) rue.

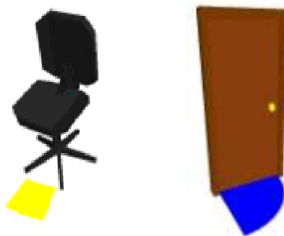


Figure 3. Zones d'interaction.

Les zones interactives sont représentées par un ou plusieurs polygones au sol (la surface navigable). L'intérêt d'une telle approche est que chaque endroit ou objet définis soit géolocalisé, i.e. il connaît sa position dans l'espace, mais aussi le noeud du graphe topologique qui lui correspond. Le but premier de cette géolocalisation est de rendre les objets et les lieux accessibles aux algorithmes basés sur notre définition topologique, dont notamment la planification de chemin.

En caractérisant les lieux, on peut ainsi adapter le comportement de l'humanoïde en fonction de son emplacement. Ces caractéristiques supplémentaires vont permettre de traiter des déclarations comme « Allez au parc » ou des définitions spécifiques de comportement ou d'action comme "Dans un parc, on lit, on joue".

### B. Structure topologique

Plusieurs méthodes de description de la topologie existent déjà dans la littérature, provenant toutes de recherches sur la robotique: les champs de potentiel [8], les cartes de cheminement [9], ou encore la décomposition en cellules [10]. C'est cette dernière méthode que nous avons privilégiée, les deux premières n'offrant pas assez de flexibilité dans notre cadre d'application: représentation des zones interactive sous forme de polygones.

Ainsi, le modèle topologique proposé consiste en une représentation sous forme d'un maillage de navigation. C'est l'une des meilleures méthodes et la plus communément utilisée

pour fournir de l'information sur l'espace navigable aux agents [11].

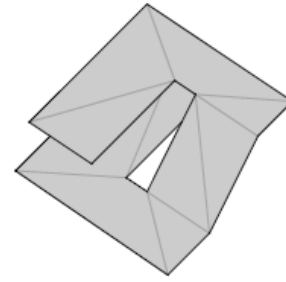


Figure 4. Un maillage de navigation.

Dans le domaine de la robotique on appelle le maillage de navigation Meadow maps. C'est un ensemble de polygones convexes qui décrit l'espace de navigation d'un environnement virtuel [11].

L'utilisation d'un maillage de navigation comme structure de données qui va représenter la topologie de l'environnement possède plusieurs avantages:

L'avantage le plus fondamental est l'amélioration de la performance de recherche de chemin fournit à l'agent en réduisant l'espace libre où l'agent peut naviguer depuis des milliers ou des millions de points vers des dizaines ou des centaines de régions présentes dans un maillage de navigation. Il en résulte une amélioration du temps d'exécution pour la plupart des algorithmes de recherche de chemin [12].

Un autre avantage aussi intéressant est que un maillage modélise le monde comme un espace continu. Cette représentation donne à l'acteur synthétique beaucoup plus d'informations sur le monde qui l'entoure. Cela signifie que les entités sont libres de se déplacer sur une surface plutôt qu'être coincés sur les arcs unidimensionnels.

La plupart des structures représentant l'environnement sont en 2 dimensions. Ces techniques ne prennent en compte aucune notion de hauteur, et sont donc contraintes à manipuler des zones de navigation planes. Un maillage de navigation représente une solution en deux dimensions et demi (2D1/2) permettant d'ajouter une notion de hauteur aux zones navigables ce qui offre la possibilité de conserver la simplicité des algorithmes en 2D tout en permettant de distinguer, par exemple, le trottoir de la route.

Technique de construction du maillage de navigation Le maillage de navigation est construit à partir de la géométrie de l'environnement selon de nombreuses méthodes. La technique adoptée est celle de D. Miles [13]: Automatic Navmesh Generation via Watershed Partitioning.

### C. La planification de chemin

Nous avons présenté dans la section précédente la manière de représenter les parties statiques de notre environnement, les calculs de chemin se font sur cette représentation. Il existe pour cela différentes méthodes telles que le parcours de graphe ou la descente de gradient pour les champs de potentiels. Puisque notre méthode de représentation de l'environnement est le maillage de navigation donc la structure topologique résultante

est un graphe de triangles. Pour calculer le chemin entre deux points nous aurons besoins d'un algorithme de parcours de graphes. On propose d'utiliser l'algorithme A\* vu sa rapidité calculatoire.

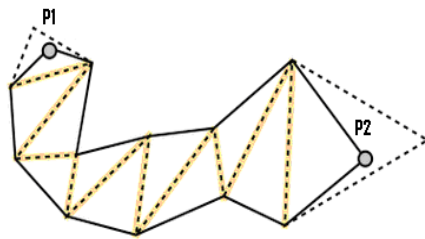


Figure 5. Canal obtenu à l'aide de l'algorithme A\*.

La méthode proposée pour calculer le chemin peut être divisée en deux étapes principales:

Étape 1 Étant donné deux points P1 et P2, un parcours de graphe est réalisée sur le graphe du maillage de navigation, en définissant le plus court canal (selon le graphe) reliant P1 et P2. Ce processus repère d'abord le triangle contenant P1, et applique ensuite l'algorithme A\* sur le graphe du maillage jusqu'à ce que le triangle contenant P2 soit trouvé. Si l'ensemble du graphe est parcouru et P2 n'est pas atteint, le triangle le plus proche de P2 est choisi.

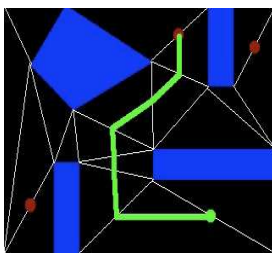


Figure 6. Utilisation les milieux des bords des triangles

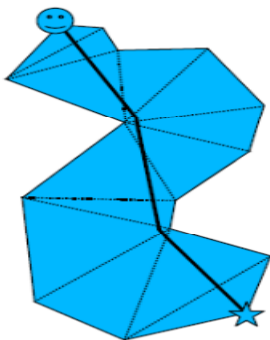


Figure 7. Chemin calculé en utilisant l'algorithme de l'entonnoir "Funnel Algorithm".

Étape 2 Les canaux obtenus sont équivalents à un ensemble de polygones triangulés, voir Fig. 5, et donc la façon la plus simple pour traverser un ensemble de triangle consiste à utiliser les milieux des bords des triangles comme des nœuds constituant le chemin final, voir Fig. 6. Il est clair que le chemin obtenu n'est pas optimal. L'algorithme de l'entonnoir

Funnel Algorithm [14] est donc appliqué afin de déterminer le plus court chemin joignant P1 et P2 dans le canal.

#### D. TopoSyn

Nous avons, jusqu'à maintenant, proposé un modèle d'environnement qui permet d'atteindre un certain niveau de crédibilité du comportement humain. Néanmoins, une dernière étape est nécessaire afin de concrétiser ce travail. En effet, ce modèle ne peut être utilisé sans être intégré dans une application. Du nom de TopoSyn, cette application concrétise le travail présenté et démontre sa faisabilité.

**TopoSyn (Topologie Synoptique)** donc, est un outil qui permet la modélisation d'environnements virtuels. Au cœur de TopoSyn des zones synoptiques qui contiennent des informations qui décrivent la manière de se comporter dans ces zones. Ces informations sont disponibles à travers deux composants:

- Un maillage de navigation qui représente la topologie de l'environnement.
- Des zones synoptiques qui représente des zones spécifiques de la topologie de l'environnement.

L'environnement est importable directement depuis un fichier contenant son modèle géométrique. De ce modèle est extrait directement l'ensemble des informations topologiques. La génération du maillage de navigation est faite automatiquement, par contre les zones interactives sont définies par le concepteur, pour être intégrées au maillage. Ce modèle est ensuite sauvegardé pour une utilisation ultérieure. La Fig 8 récapitule la chaîne de modélisation d'un environnement virtuel avec TopoSyn.

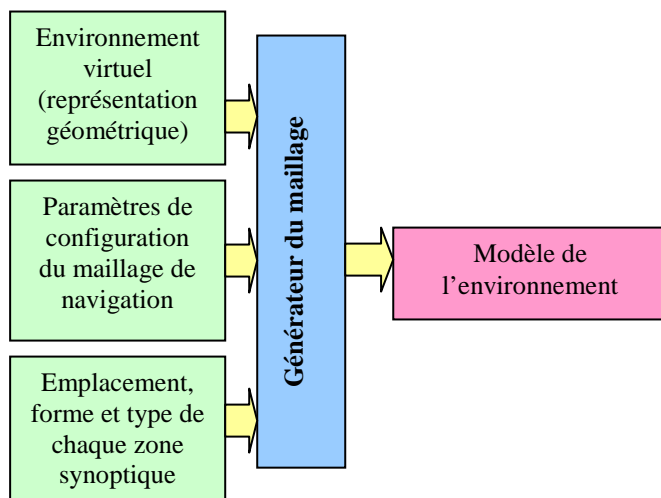


Figure 8. La chaîne de modélisation avec TopoSyn.

Les zones synoptiques ne sont rien d'autres qu'une sous partie de la surface navigable. La Fig. 9 montre un exemple simple de création de trois zones synoptiques de type "Gazon". L'utilisateur charge un environnement virtuel quelconque dans l'outil puis sélectionne une région en 3D à l'écran. Cette sélection est ensuite intégrée au volume englobant l'environnement. Avec la génération du maillage de navigation, le type de la zone, le coût de passage par cette zone



et les comportements qu'elle permet à l'agent sont ajoutés automatiquement à la structure de données représentant cette zone. Créant ainsi une base de données des zones existantes dans l'environnement chargé, voir Fig. 10.

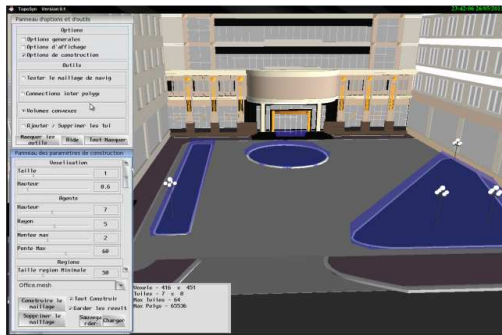


Figure 9. Création des zones synoptiques.



Figure 10. Génération du maillage de navigation.

#### IV. RÉSULTATS ET EXEMPLES

Le premier exemple montre un environnement virtuel pour lequel on a généré le maillage de navigation après avoir designer les zones interactives comme: trottoir, rue, gazon, porte, parking ...etc, voir Fig. 11. L'agent pour "aller au parking" doit chercher la zone de type "Parking".



Figure 11. Trouver un lieu.

Le deuxième exemple montre la recherche d'un objet "Porte", pour cela l'agent doit trouver la zone interactive de type "Porte". Ainsi il va trouver l'objet recherché et en même temps la surface ou il doit se positionner pour l'utiliser, voir Fig. 12.

Le troisième exemple montre la recherche de chemin d'un point à un autre. Le chemin est calculé en prenant en compte le

type de la zone; les zones de type "Rue" sont évitées, les zones prises en compte sont les zones de type "Passage piéton" et "Trottoir" uniquement, voir Fig. 13.

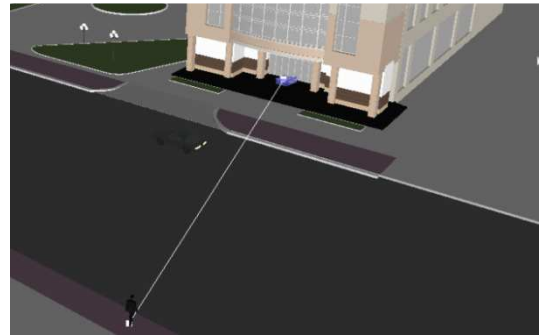


Figure 12. Trouver un objet.

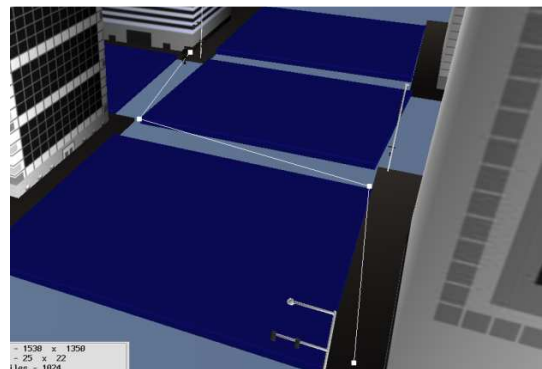


Figure 13. Recherche de chemin.

Le quatrième exemple montre une zone interactive de type "Piscine". L'agent en "connaissant" le type de cette zone il va adapter son comportement de telle manière qu'il va nager pour passer d'un coté à un autre, voir Fig 11.

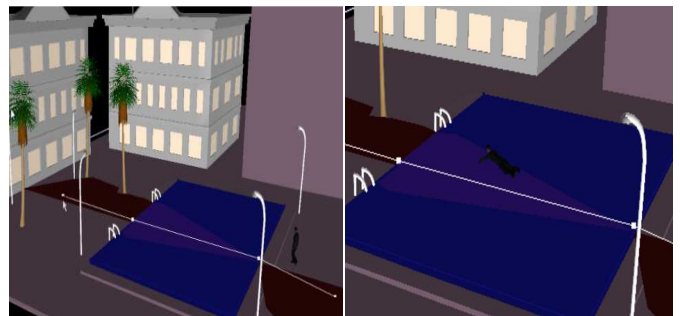


Figure 14. Adaptation du comportement selon le type de la zone.

#### V. CONCLUSION

Nous avons proposé un modèle de représentation de l'environnement virtuel. Celui-ci se base sur une représentation exacte de la géométrie des lieux, en utilisant un maillage de navigation comme la structure de données symbolisant les surfaces navigables. Cette représentation est générée en utilisant la méthode de voxélisation et des bassins versants, afin de représenter les surfaces navigables sous forme d'un maillage de polygones tout en conservant l'information de hauteur.

Une typologie est associée à certaines surfaces de ce maillage, permettant de caractériser globalement les zones de circulation ainsi que les zones d'interaction avec les objets, tout en gardant un lien avec leur emplacement topologique. Permettant ainsi de situer l'interaction dans l'espace.

Pour finir, nous avons proposé un outil de modélisation d'environnements virtuels. Ce logiciel permet ainsi de gérer la chaîne de modélisation complète, depuis la définition des zones interactives, ensuite la génération du maillage de navigation, jusqu'à le test du modèle généré.

## VI. PERSPECTIVES

Afin d'accroître les performances de ce modèle, il peut être important de se pencher sur différents autres points. Nous en avons relevés deux permettant d'obtenir un modèle encore plus réaliste:

Le premier point, notre modèle ne s'intéresse pour le moment qu'à situer ces zones dans l'environnement, et laisse donc de côté la description des interactions. Son couplage à un modèle spécialisé dans cet objectif permettrait donc d'étendre son champ d'application.

Le deuxième point concerne les zones de circulation. Puisque, un humain lorsqu'il pense à une région, il pense d'abord à la région entière, puis s'il cherche un endroit particulier, il va affiner progressivement la recherche par composant de la région. Il est donc envisageable d'exprimer un environnement sous forme d'une structure hiérarchique, chaque nœud de l'hiérarchie représentant une typologie de zone de circulation différente : par exemple la ville dans son ensemble (ses rues), les habitations, et des bâtiments spécifiques (gare, stade, métro, etc.).

## RÉFÉRENCES

- [1] J.J. Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception*, Lawrence Erlbaum Associates, Etats-Unis, 1986.
- [2] G. Thomas, *Environnement virtuels urbains: modélisation des informations nécessaires à la simulation de piétons*. Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1, France, 1999.
- [3] N. Farenc, *An informed environment for inhabited city simulation*, Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 2001.
- [4] M. Kallmann, *Object Interaction in Real-Time Virtual Environments*, Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 2001.
- [5] M. Badawi, *Synoptic objects describing generic interaction processes to autonomous agents in an informed virtual environment*, Thèse de Doctorat, INSA de Rennes, France, 2006.
- [6] P. Doyle, *Annotated Worlds for Animate Characters*, Thèse de Doctorat, Université Stanford, Etats-Unis, 2004.
- [7] S. Aubry, *Annotations et gestion des connaissances en environnement virtuel collaboratif*, Thèse de Doctorat, Université de Technologie de Compiègne, France, 2007.
- [8] C. Gloor, P. Stucki, et K. Nagel, "Hybrid techniques for pedestrian simulations", 4th Swiss Transport Research Conference, Monte Verità, Ascona, 2004.
- [9] M. Sung, L. Kovar, et M. Gleicher, "Fast and accurate goal-directed motion synthesis for crowds", Eurographics/ ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, 2005, pp. 291-300.
- [10] C. Andujar, P. Vazquez, et M. Fairen, "Way-finder: guided tours through complex walkthrough models", Computer Graphics Forum, Eurographics'04, 2004.
- [11] P. Tozour, *AI Game Programming Wisdom 2*, Charles River Media, Etats-Unis, 2004.
- [12] D.H. Hale, G.M. Youngblood, et N. S. Ketkar "Using Intelligent Agents to Build Navigation Meshes", FLAIRS Conference, 2010.
- [13] D. Miles, "Crowds in a Polygon Soup Next-Gen Path Planning", Game Developers Conference, 2006.
- [14] D. Demyen et M. Buro, "Efficient Triangulation-Based Pathfinding", the 21st national conference on Artificial intelligence, 2006.