

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Cheikh Larbi Tbessi –Tébessa-**  
**Faculté des Sciences de l'Ingénieur**  
**Département Informatique**

Ecole doctorale Sciences et Technologies de l'information et de la communication,

N° D'ORDRE : .....

SERIE : .....



**MEMOIRE DE MAGISTER**  
**EN INFORMATIQUE**

Option : Ingénierie des systèmes informatiques

**Peuplement automatisé dans un environnement urbain**

**Présenté par : Saloua Difallah**

**Rapporteur : Dr. Cherif Foudil**

Soutenu le ...../2010

**Devant le Jury:**

Djedi Noureddine	Professeur, Université de Biskra	Président
Babahenini Med Chaouki	Maître de Conférences A, Université de Biskra	Examineur
Moussaoui Abdelwahab	Maître de Conférences A, Université de Setif	Examineur
Laouar Ridha	Maître de Conférences A, Université de Tébessa	Examineur
Cherif Foudil	Maître de Conférences A, Université de Biskra	Examineur

# Remerciements

*"Louange à dieu, le seul et unique"*

*Qui m'avoir donné le courage, la puissance et la patience pour terminer ce modeste travail.*

*Je tiens tout d'abord à remercier vivement mon encadreur Dr CHERIF Foudil, qui m'a apporté un appui constant tout au long de ce travail, et de me faire profiter de son savoir, ainsi de ses conseils, et pour toute l'aide, les remarques constructives qui m'a permet d'améliorer ce travail, je tiens à souligner sa disponibilité et sa gentillesse.*

*Un grand remerciement aux membres de mon jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger mon travail.*

*Je remercie spécialement mes chers parents pour leur encouragements durant toute ma vie, pour tous ce qu'ils ont faits pour j'arrive à ce jour là et que Dieu les protège. Je remercie, ma famille dans tout son ensemble pour l'aide et le soutien qu'on m'a donné.*

*Je tiens aussi à exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué scientifiquement et humainement à la réalisation de ce travail.*

*A tous merci*

---

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre 1: L'environnement urbain</b>	<b>04</b>
1. Introduction .....	04
2. Représentation de l'environnement et recherche de chemin .....	05
2.1 Représentation des parties statiques de l'environnement .....	05
2.1.1 Décomposition en cellules .....	05
2.1.2 Cartes de cheminements.....	08
2.1.3 Champs de potentiel.....	10
2.2 Représentation des zones de navigation.....	11
2.3 Planification de chemin.....	12
3. Définition générale d'un environnement virtuel.....	14
4. Les sources et les modèles d'une ville virtuelle.....	15
4.1 Modeleurs géométriques 3D .....	16
4.2 Modeleurs routiers.....	16
5. Subdivision de l'environnement .....	17
5.1 La représentation topologique .....	17
5.1.1 Subdivision spatiale informée .....	17
5.1.2 L'abstraction topologique .....	18
5.1.3 Les nœuds conceptuels.....	21
5.2 Un environnement informé .....	22
5.2.1 Informations statiques .....	22
5.2.2 Informations dynamiques.....	22

## *Table des matières*

---

6. Environnement informé dans un contexte urbain .....	23
6.1 Introduction .....	23
6.2 CITY.....	25
6.3 CROWD.....	28
6.4 Analyse.....	32
7. Conclusion.....	33
<b>Chapitre 2: Animation comportementale des piétons</b> .....	<b>34</b>
1. Introduction .....	34
2. L'animation comportementale: contexte et définition .....	34
3. L'humanoïde virtuel autonome.....	36
4. Animation comportementale des humanoïdes .....	37
4.1 Animation des humanoïdes .....	37
4.2 L'entité et son environnement .....	37
4.3 Principe de décision .....	39
4.3.1 Modélisation du comportement réactif .....	41
4.3.2 Modélisation du comportement cognitif .....	46
4.4 Perception.....	47
4.4.1 Les nœuds de perception .....	48
4.4.2 Interprétation des données et connaissance.....	49
5. Comportement du piéton.....	51
5.1 Le suivie de voie .....	51
5.2 La traversée de rue .....	52
5.2.1 Étape de la traversée.....	53
5.2.2 Traversée et risque .....	55
5.2.3 Traversée en groupe .....	56
6. Comportement de foules .....	57

---

## *Table des matières*

---

7. Conclusion.....	58
<b>Chapitre 3: Navigation d'humanoïdes</b>	<b>59</b>
1. Introduction .....	59
2. Le comportement de navigation piétonnier.....	60
2.1 Représentation mentale de l'environnement de navigation .....	60
2.2 Processus mentaux de navigation.....	63
3. Les bases de l'environnement.....	63
3.1 Règle de navigation.....	63
4. Détection de voisinage et évitement.....	63
4.1 Connaissance de l'entourage.....	64
4.2 Adaptation pour l'évitement .....	64
5. Modèles de simulation de comportement de navigation.....	65
5.1 Résultats d'observation sur le comportement piétonnier .....	66
5.2 Modèle à base de particules .....	67
5.3 Le modèle à base de règles.....	69
5.4 Modèle prédictif .....	70
5.5 Environnements urbain informés .....	72
6. Conclusion.....	73
<b>Chapitre 4: Contributions</b>	<b>74</b>
1. Introduction .....	74
2. Représentation de l'environnement .....	75
2.1 Reconstruction 3D par traitement d'images .....	75
2.2 Subdivision de l'environnement .....	75
3. Structure de notre système .....	78
3.1 L'interface graphique.....	78
3.2 Modélisation de la scène .....	80

---

## *Table des matières*

---

3.3 Initialisation de la scène .....	82
4. Recherche du chemin .....	84
5. L'animation.....	85
5.1 Perception.....	85
5.2 Réaction.....	87
5.3 Action.....	88
6. Conclusion.....	89
<b>Chapitre 5: Validation et Résultats</b>	<b>90</b>
1. Introduction .....	90
2. Le langage de programmation et la bibliothèque graphique utilisée .....	91
3. Modélisation de la scène .....	91
3.1 L'environnement.....	92
3.2 Le piéton.....	92
4. L'interface de notre système .....	93
5. Modélisation des comportements.....	95
5.1 Recherche du chemin .....	95
5.2 Comportement d'évitement de collision.....	97
5.3 Comportement d'évitement d'obstacle.....	98
5.4 Comportement attendre feu rouge.....	98
6. Analyse des résultats .....	99
6.1 L'évitement de collision .....	99
6.2 L'évitement d'obstacle .....	101
6. Conclusion.....	102
<b>Conclusion générale</b>	<b>103</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>105</b>

---

# Table des figures

## Chapitre 1: L'environnement urbain

<b>Figure 1.1:</b> La triangulation de Delaunay d'un environnement.....	06
<b>Figure 1.2:</b> Exemple de grilles régulières98 .....	07
<b>Figure 1.3:</b> Exemple de carte de cheminement .....	08
<b>Figure 1.4:</b> Graphe de visibilité.....	09
<b>Figure 1.5:</b> Carte de champs de potentiels .....	10
<b>Figure 1.6:</b> L'algorithme de Dijkstra .....	13
<b>Figure 1.7:</b> Sources et modèles pour une ville virtuelle.....	15
<b>Figure 1.8:</b> Subdivision spatiale préalable à 'abstraction .....	17
<b>Figure 1.9:</b> Graphe topologique extrait de la subdivision.....	18
<b>Figure 1.10:</b> Aléas géométriques se répercutant sur la subdivision .....	19
<b>Figure 1.11:</b> Déroulement de la première abstraction sur le cas de test.....	21
<b>Figure 1.12:</b> Représentation de l'Architecture du système .....	25
<b>Figure 1.13:</b> Un environnement informé.....	26
<b>Figure 1.14:</b> Circulation de piétons en environnement virtuel urbain .....	27
<b>Figure 1.15:</b> Architecture d'un système CROWD .....	29
<b>Figure 1.16:</b> Les points Internés et but pour conduire la foule .....	31
<b>Figure 1.17:</b> Différents groupes qui entraînent dans un stade.....	32
<b>Figure 1.18:</b> Simulation d'une rame de métro à une heure de pointe.....	33
<b>Chapitre 2: Animation comportementale des piétons</b>	
<b>Figure 2.1:</b> Pyramide de l'animation d'un humanoïde de synthèse .....	36
<b>Figure 2.2:</b> Boucle de rétroaction.....	39

---

## *Table des figures*

---

<b>Figure 2.3:</b> Pyramide décisionnel.....	40
<b>Figure 2.4:</b> Les réseaux SAN .....	42
<b>Figure 2.5:</b> Exemple d'arbre de décision .....	44
<b>Figure 2.6:</b> Structure du modèle comportementale .....	50
<b>Figure 2.7:</b> Définition d'une voie.....	51
<b>Figure 2.8:</b> Etapes de la traversée de rue.....	53
<b>Figure 2.9:</b> La traversée (configurations spatiales).....	54
<b>Figure 2.10:</b> Répartition des taches d'observation avant la traversée de chaussée.....	56
<b>Chapitre 3: Navigation d'humanoïdes</b>	
<b>Figure 3.1:</b> Aire de Goffman(en vert) .....	62
<b>Figure 3.2:</b> Quatre types de collision .....	64
<b>Figure 3.3:</b> Phénomène d'agglutination de particules .....	68
<b>Figure 3.4:</b> Règles comportementales du modèle Flocks of Boids.....	69
<b>Figure 3.5:</b> Modèle prédictif de navigation de Feurtey.....	70
<b>Chapitre 4: Contributions</b>	
<b>Figure 4.1:</b> Description géométrique de l'environnement.....	76
<b>Figure 4.2:</b> Graphe de zones.....	77
<b>Figure 4.3:</b> Organisation des menus de l'interface graphique .....	79
<b>Figure 4.4:</b> La définition des modèles d'objets .....	82
<b>Figure 4.5:</b> Caractéristiques d'un piéton .....	83
<b>Figure 4.6:</b> Modèle de piéton synthétique.....	84
<b>Figure 4.7:</b> Boucle d'animation comportementale .....	85
<b>Figure 4.8:</b> Module Perception.....	86
<b>Figure 4.9:</b> Les différentes zones de l'environnement .....	87
<b>Figure 4.10:</b> Réaction .....	87

---



## *Table des figures*

---

### **Chapitre 5: Validation et Résultats**

<b>Figure 5.1:</b> Le graphe de zone.....	92
<b>Figure 5.2:</b> Représentation d'un environnement vide.....	93
<b>Figure 5.3:</b> Construction des obstacles et des piétons.....	94
<b>Figure 5.4:</b> Un ensemble d'individus qui circulent dans une scène.....	94
<b>Figure 5.5:</b> Le comportement de processus d'évitement de collision entre 2 agents .....	100
<b>Figure 5.6:</b> Le comportement de processus d'évitement de collision entre les véhicules et les individus.....	101
<b>Figure 5.7:</b> Le comportement de processus d'évitement d'obstacle .....	102

---

# *Introduction générale*

Les environnements virtuels et les techniques de synthèse d'images sont de plus en plus médiatisés et utilisées au cinéma et dans la publicité. Le succès et les progrès des jeux vidéo rendent ces techniques accessibles à tous. Dans le cadre particulier de la modélisation de villes virtuelles, les applications sont très nombreuses. Un environnement virtuel urbain peut servir à valoriser un projet architectural ou à étudier la sécurité urbaine.

Lorsqu'il s'agit de peupler des environnements urbains, plusieurs caractéristiques sont à prendre en compte. D'une part, l'environnement possède une certaine sémantique (notion de trottoirs, de places, de rues, de passages piétons, de commerces, de feux de circulation ...), ce qui influe grandement sur le comportement piétonnier. D'autre part, une ville est peuplée par plusieurs milliers de personnes, cela pose un certain nombre de problèmes liés au passage à l'échelle des algorithmes de simulation. L'objectif de ce travail est double, d'une part, il s'agit de travailler sur les techniques d'information de l'environnement (informations sémantiques et comportementales) ainsi que leur extraction automatisée lors du traitement des bases de données 3D. D'autre part, il s'agit de proposer un modèle comportemental permettant de simuler le comportement piétonnier au sein de villes virtuelles en prenant en compte les différentes informations et leur influence sur le comportement.

Nous allons ici nous intéresser au domaine de la simulation d'agents autonomes au sein d'environnements urbains. Ces environnements 3D sont apparus dans un premier temps dépourvus d'entités mobiles et purement géométriques. Des personnages virtuels y ont, par la suite, été ajoutés, créant ainsi une pseudo-vie au sein même de ces environnements. Ces personnages n'étaient qu'animation, ils suivaient une trajectoire déterminée au préalable par leurs créateurs respectifs. Au fur et à mesure, ces personnages se sont dotés d'une certaine autonomie, ils étaient désormais capables d'analyser brièvement le monde extérieur afin de choisir la meilleure stratégie à adopter.

Dans ce type d'application, nous avons affaire parfois à des simulations de foules ayant un comportement commun, mais le plus souvent les personnages ont chacun une « vie » propre. Le but principal de cette simulation est de générer facilement les mouvements, les actions et les