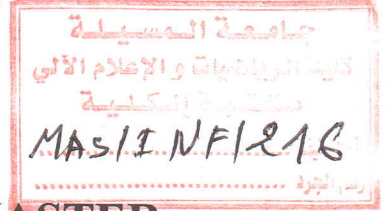




**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**  
**FACULTE DES MATHÉMATIQUES ET**  
**DE L'INFORMATIQUE**



**DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE**



**MEMOIRE de fin d'étude**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER**

**Domaine : Mathématiques et Informatique**

**Filière : Informatique**

**Spécialité : Technologie de l'Information et de Communication**

**Par: SEDDIKI Imane**

**SUJET**

**Modélisation du comportement de piétons en milieu urbain**

**Soutenu publiquement le : 01/06 /2016 devant le jury composé de :**

**Mr. N. Mouhoub**

**Université de M'sila**

**Président**

**Mr. CHATRA Mohamed**

**Université de M'sila**

**Rapporteur**

**Mr. R. Mokhtari**

**Université de M'sila**

**Examineur**

**Promotion : 2015 /20 16**

# TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
TABLE DES MATIERES.....	iii
LISTE DES FIGURES .....	vi
LISTE DES ABREVIATIONS .....	viii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>Chapitre 1 – la Synthèse d’image et l’animation comportementale</b>	
1.1. Introduction .....	3
1.2. Introduction à l’intelligence artificielle .....	3
1.2.1. Définition de l’intelligence artificielle .....	3
1.2.2. Origines de l’IA.....	3
1.2.3. Domaines d’application de l’intelligence artificielle .....	4
1.3. Introduction à l’infographie.....	4
1.3.1. Définition de l’infographie .....	4
1.3.2. La synthèse d’image .....	4
1.3.3. Le traitement d’image.....	5
1.3.4. Les domaines d’applications de l’infographie.....	5
1.3.5. Les techniques de la synthèse d’images 3D .....	5
1.4. Animation comportementale .....	7
1.4.1. La boucle d’animation comportementale .....	8
1.5. Conclusion.....	10
<b>Chapitre 2 - Humain Virtuel et Environnement Virtuel</b>	
2.1. Introduction .....	11
2.2. L’humain virtuel .....	11
2.2.1 Propriétés des humains virtuels .....	11
2.3. L’environnement virtuel.....	13
2.3.1. Représentations exactes de l’environnement.....	13
2.3.2. Représentations approximatives de l’environnement.....	16
2.4. La foule.....	19
2.4.1. Comportement de foule .....	19
2.4.2. Animation de foule .....	19
2.4.3. Les Approches de foule .....	21

2.5. Conclusion.....	24
----------------------	----

### **Chapitre 3 - Concepts Fondamentaux de la Théorie des Ensembles Flous et la Logique Floue**

3.1. Introduction .....	25
3.2. Domaines d'applications .....	26
3.3. Théorie de la logique flou.....	26
3.3.1. Caractéristiques d'un sous ensemble flou .....	27
3.3.2. Opérateurs sur les ensembles flous.....	27
3.3.3. Variables linguistiques .....	29
3.3.4. Opérateurs linguistiques .....	29
3.3.5. Les règles floues .....	30
3.3.6. Méthodes d'implication.....	31
3.4. Structure générale d'un système flou .....	31
3.4.1. La Fuzzification.....	32
3.4.2. Moteur d'Inférence floue .....	32
3.4.3. Défuzzification .....	33
3.5. Principe d'un contrôleur flou .....	34
3.6. Conclusion.....	36

### **Chapitre 04 - Conception et Implémentation du système**

4.1. Introduction .....	37
4.2. Conception du système de navigation .....	37
4.2.1. Planification de chemin avec A* .....	37
4.2.2. Evitement de collision (règles classiques).....	38
4.2.3. Evitement de collision avec la logique flou.....	41
4.3. Structure de notre Système .....	44
4.4. Modélisation de la Scène.....	45
4.4.1. L'environnement .....	45
4.4.2. Piétons .....	45
4.4.3. L'obstacle .....	45
4.5. Présentation de la plateforme Unity 3D .....	46
4.5.1. Le moteur de jeux .....	46
4.5.2. La plateforme Unity 3D :.....	46
4.6. Implémentation de l'algorithme A* sous Unity .....	48
4.6.1. Déroulement de l'algorithme .....	48

4.6.2. Diagramme de classe .....	49
4.6.3. Exemple de code.....	50
4.6.4. Optimisation .....	51
4.6.5. Test de l'algorithme.....	52
4.7. Implémentation d'un contrôleur flou en Csharp Sous Unity.....	53
4.7.1. Présentation de la bibliothèque fuzzy logic .....	53
4.7.2. Intégration des règles de navigation flou dans le contrôleur. ....	53
4.8. Résultats.....	55
4.9. Conclusion.....	56
CONCLUSIONS GENERALES.....	57
BIBLIOGRAPHIE .....	58

# INTRODUCTION GENERALE

L'évaluation des bâtiments et l'augmentation de la complexité des milieux urbains rendent la tâche de la navigation des piétons plus délicate et plus particulièrement les piétons qui ne sont pas familiarisés avec cet environnement. Les chercheurs dans plusieurs domaines (l'urbanisme, la cognition spatiale, l'informatique, etc...) ont étudié ce problème sous différents angles de sa position et de son point de vue [3] [21] [18] [1].

Les nouvelles technologies nous ont permis depuis quelques années de créer des humains virtuels et de les animer. Plus récemment, l'animation comportementale nous a amené la possibilité de s'immerger dans les mondes virtuels et d'y rencontrer des êtres virtuels. Enfin grâce aux recherches en intelligence artificielle et en vie artificielle, les humains virtuels sont capables d'une certaine autonomie.

La simulation d'un piéton virtuel navigant dans un environnement encombré est un problème fondamental et fait l'objet d'une grande attention de la communauté piétonnière. Il s'agit principalement de garantir au piéton virtuel un contrôle fiable lui permettant une navigation en toute sécurité, c.à.d. loin de tout risque de collision avec tous les objets statiques et dynamiques de l'environnement, ce dernier représente l'espace dans lequel le piéton peut se déplacer.

L'objectif de notre travail est de proposer un modèle de simulation comportementale, en utilisant comme application la navigation des piétons. La nature de notre problématique nous a suggéré alors, de faire appel à un certain nombre d'approches et techniques :

- Planification de chemin par l'algorithme A\*.
- La logique floue comme une technique de contrôle.

Nous avons utilisé l'algorithme A\* pour trouver les chemins initiaux pour chaque piéton et la logique floue comme une technique utilisée pour la modélisation des comportements, cela est dû que la logique floue résout des problèmes liés à certains domaines comme l'intelligence artificielle, l'animation comportementale et la robotique, et donne des résultats satisfaisants.

Ce mémoire est organisé en deux parties :

- La première partie est un développement de l'état de l'art sur tous les aspects qui entrent dans le domaine de l'animation comportementale, les piétons autonomes, leurs environnements et la navigation réactive, nous classerons en trois chapitres, nous commencerons avec des définitions générales sur l'intelligence artificielle avec ses domaines d'applications, et quelques définitions sur notre domaine (l'infographie et

l'animation comportementale), Puis nous présentons les propriétés des piétons virtuels, caractérisés par la perception, l'émotion, le comportement, l'action, et la mémoire, et nous définissons leur environnement virtuel ,la foule virtuelle et nous finissons avec les approches de simulation de foule macroscopique et microscopique ,Finalement, dans le troisième chapitre nous nous pencherons sur les concepts fondamentaux de la théorie des ensembles flous et la logique floue.

- La seconde partie du mémoire est une partie de conception et réalisation avec présentation de résultats, Elle présente la conception et l'implémentation de notre système de simulation de piétons.

En fin, nous concluons ce mémoire par une conclusion générale qui synthétise les points abordés et nous achèverons notre conclusion par quelques perspectives.

## CONCLUSIONS GENERALES

Notre travail s'inscrit dans le cadre de simulations de comportements des piétons virtuels et autonomes dans les environnements dynamiques. La simulation des piétons autonome est un sujet très récent dans la recherche en infographie, Nous avons abordé tout au long de ce mémoire, les problèmes relatifs à la description du comportement d'un piéton virtuel autonome et ses interactions avec l'environnement.

Notre système simule les mouvements d'un piéton dans un environnement comporte des obstacles. L'espace de simulation est décrit par les méthodes de représentation de l'environnement. Les mouvements de piétons virtuels sont décrits par les actions qui sont captées et stockées dans une base d'actions, nous obtenons ces actions par la capture de mouvement. Les comportements du piétons virtuels comme l'évitement de collision et l'évitement d'obstacles sont décrits par les deux techniques A\* et la logique floue qui s'appliquées sur chaque piéton.

L'application de la logique floue au niveau de résonnement de nos piétons virtuels, a donné des résultats encourageants dans le cas d'évitement de collision et l'évitement d'obstacles.

La réalisation de ce travail de mémoire de master a ouvert différents axes de réflexion et offre plusieurs perspectives envisagés pour faire évoluer les systèmes d'animation de piétons qui sont assez nombreuses. Celles qui nous apparaissent les plus importantes et qui, par conséquent, constituent la suite logique de cette étude, sont résumées par les points suivants :

- Amélioration du système pour qu'il soit adapté aux environnements dynamiques.
- Réalisation d'une bibliothèque des modèles des actions les plus fréquentes.

Pour conclure, il serait intéressant d'élargir le champ d'application de la méthodologie proposée à d'autres problèmes de l'animation des piétons.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Alex.Y, A. Stentz, S. Singh, et Barry L. Brumitt, Framed-Quadtree Path Planning for Mobile Robots Operating in Sparse Environment, Conference on Robotics and Automation (ICRA), Leuven, Belgium, Mai 1998.
- [2] Ashida (K), Lee (S), Allbeck (J.), Sun (H.), Badler (N.) et Metaxas (D.), Pedestrians: Creating agent behaviors through statistical analysis of observation data, Dans: Computer Animation, par Society (IEEE Computer), pp. 84-92, Seoul, Korea, (2001).
- [3] B. Kuipers, Modeling Spatial Knowledge, Cognitive Science, vol. 21, pp. 129-154, 1978.
- [4] Boles (W.), planning pedestrian environments: A computer simulation model, Man-Environment Systems, vol. 11, pp. 41-56. (1981).
- [4] Boles (W.), planning pedestrian environments: A computer simulation model, Man-Environment Systems, vol. 11, pp. 41-56. (1981).
- [5] Bouzid, M., Contribution à la modélisation de l'interaction agent/environnement, Modélisation stochastique et simulation parallèle, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, pp. 133 (2001).
- [6] Braun (A.), Musse (S.R.), d'Oliveira (L.P.L.) et Bodmann (B.E.J.), Modeling individual behaviors in crowd simulation, Dans: CASA2003, 16<sup>th</sup> International Conference on Computer Animation and Social Agents, pp. 143- 148, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, USA, (05/2003).
- [7] CHATRA. Mohamed, Animation des phénomènes collectifs cellulaires par modèle physique particulière, mémoire de magister, Université Mohammed Khider, Biskra, 2010.
- [8] Cherif, F., Animation comportementale : Simulation de foules d'humains virtuels, Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider de Biskra, pp. 131 (2006).
- [9] CHERROUN Lakhmissi, Navigation Autonome d'un Robot Mobile par des Techniques Neuro-Floues, Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider de Biskra, pp.68(2014).

- [10] Craig Reynolds, Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model, Proc. SIGGRAPH, Computer Graphics, v.21, n.4, Symbolics Graphics Division, Los Angeles, (1987), <http://www.red3d.com/cwr/> .
- [11] Engle, C., introduction IA, <http://intelligenceartificiellepe.e-monsite.com>, consulté le: 27/02/2016.
- [12] Fabrice Lamarche et Stéphane Donikian, Crowds of Virtual Humans: a New Approach for Real Time Navigation in Complex and Structured Environments, Computer Graphics Forum, Eurographics, volume 23(03), 2004.
- [13] Franco Tecchia et Yiorgos Chrysanthou, Real-time Rendering of Densely Populated Urban Environments, Eurographics Workshop on Rendering, pages 45-56, Czech Republic, 2000.
- [14] Goldenstein (S.), Karavelas (M.), Metaxas (D.), Guibas (L.), Aaron (E.) et Goswami (A.), Scalable nonlinear dynamical systems for agent steering and crowd simulation, Computer & Graphics, vol. 25, pp. 983-998. (2001).
- [15] Helbing (D.), Farkas (I.), and Vicsek (T.), Simulating Dynamical Features of Escape Panic Nature, pp.487-490, (2000).
- [16] Henderson, L. F. The Statistics of Crowd Fluids, Nature. 229, pp. 381-383. (1971).
- [17] [Http://www.bretagne-informatique.fr/infographie/](http://www.bretagne-informatique.fr/infographie/), consulté le : 26/02/2016.
- [18] K. Lynch, The Image of the City, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1960.
- [19] KADRI.Said, Cour intelligence artificielle (Stratégies de recherche).
- [20] L. A. Zadeh, Fuzzy sets as a basis for theory of possibility , Int. J. Fuzzy Sets Syst, vol. 1, n° 1, pp: 3-28, (1978).
- [21] L. Alien, Spatial abilities, cognitive maps, and wayfinding: Bases for individual differences in spatial cognition and behavior, In R.G. Golledge (Ed.) Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, pp. 46-80, 1999.
- [22] Lovas, G. C. Modeling and Simulation of Pedestrian Traffic Flow, Transportation Research 28(6), pp: 429-443. (1994).
- [23] Milgram (S.) et Toch (H.). The handbook of social psychology, chap. Collective Behavior: Crowds and social movements, pp. 507-610. Addison-Wesley, 1969.

- [24] Moulin (B.), Chaker (W.), Perron (J.) et Pelletier (P.), Mags project: Multiagent geosimulation and crowd simulation, Dans : COSIT 2003, éd. par Kuhn (W.), Worboys (M.F.) et Timpf (S.), pp. 151-168. Springer-Verlag, 2003.
- [25] Musse (S. Raupp), Human Crowd Modelling with Various Levels of Behaviour Control. Lausanne, Suisse, Thèse de doctorat, EPFL, (janvier 2000).
- [26] Nilson, N.J.: Principles of Artificial Intelligence. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1982.
- [27] Nuria Pelechano, Jan M. Allbeck, and Norman I. Badler. Virtual crowds: methods, simulation, and control, book. University of California–Berkeley, (2008).
- [28] O. Arikan, S. Chenney, et D. A. Forsyth, Efficient Multi-Agent Path Planning, Conference Computer Animation and Simulation, pages. 151–162. Springer-Verlag, 2001.
- [29] Peschl (I.). Flow capacity of door openings in panic situations, BAUN, vol. 26, n2, pp. 62-67. (1971).
- [30] Rasmus Andersen, Jean Louis Berrou, et Alex Gerodimos, On Some Limitations of Grid-Based (ca) Pedestrian Simulation Models, International Workshop on Crowd Simulation, 2005.
- [31] Reynolds, C. Steering Behaviors for Autonomous Characters, In. Proc. Game Developers Conference, pp: 763-782. (1999).
- [32] Russell, S. and P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall,
- [33] S. Paris, Caractérisation des niveaux de services et modélisation des circulations de personnes dans les lieux d'échanges, thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2007.
- [34] S. Thrun et A. Bücken, Integrating grid-based and topological maps for mobile robot navigation, Conference on Artificial Intelligence, pages 944–951, 1996.
- [35] Stéphane Donikian, Modélisation, contrôle et animation d'agents virtuels autonomes évoluant dans des environnements informés et structurés, Université de Rennes 1. (26/08/2004).
- [36] Stephen Chenney, Flow Tiles, Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, R. Boulic, D. K. Pai (Editors) University of Wisconsin, Madison, (2004). <http://www.cs.wisc.edu/~schenney/>.

Hashset = table

## ملخص

انشاء نموذج للمارة في بيئة حضرية بأخذ مساحة كبيرة في بحوث الهندسة المعمارية وعلوم الكمبيوتر نمذجة حركة المشاة الافتراضيين هو بحث حديث جدا في علم تقنيات الصورة، و يهدف الى توليد حركاتهم و سلوكهم. تدرك هذه الكيانات الافتراضية بيئتها و تتفاعل معها، خصوصا في اتخاذ القرارات بأنفسها حسب الحالة المدركة بهدف عرض سلوك متجانس يحاكي سلوك الكائن الحي.

لذلك عملنا على دراسة وفهم، ووضع نموذج لمحاكاة سلوك المارة في العثور على المسار في بيئة حضرية غير مألوفة باستخدام خوارزمية A\* و المنطق الغامض. وبالتالي، فإن هدفنا هو إيجاد المسار باستخدام خوارزمية A\* و معالجة حالات تجنب الاصطدام باستخدام المنطق الغامض.

**الكلمات المفتاحية:** الحركة السلوكية، المشاة، المحيط الافتراضي، المنطق الغامض .

---

## ABSTRACT

Pedestrian Modeling takes a large space in the field of architecture and computer science. Modeling of the navigation of virtual pedestrian is a very recent research in infography and is designed to generate easily their movements, actions and behaviors. These entities earn their environment, act on it and especially to take decisions by themselves in relation to the perceived situation in order to exhibit a coherent behavior near from the live pedestrians.

In this context, our work is to study, understand, model and simulate the behavior of pedestrian in an unfamiliar urban environment using the A\* algorithm and fuzzy logic. Therefore, our goal is to is the path planning with the A\* algorithm and the treatment of collision avoidance by the fuzzy logic.

**Key-words:** behavioral animation, pedestrian, virtual environment, A\*, fuzzy logic

---

## RESUME

La modélisation des piétons dans un environnement urbain prend un grand espace dans la recherche en psychologie, architecture et informatique. La modélisation de la navigation de piétons virtuels est un sujet très récent dans la recherche en infographie, et a pour but de générer facilement leurs mouvements, action est comportements. Ces entités perçoivent leur environnement, agissent sur ce dernier et surtout prennent d'elles-mêmes des décisions en rapport avec la situation perçue dans le but d'exhiber un comportement cohérent proche des piétons réels.

Dans ce contexte, notre travail consiste à modéliser et à simuler le comportement de piétons dans un environnement urbain non familier à l'aide de l'algorithme A\* et la logique floue. Notre objectif est, donc, c'est la planification de chemin avec l'algorithme A\* et le traitement de l'évitement de collision par la logique floue.

**Les Mots-clés :** animation comportementale, piéton, environnement virtuel, A\*, logique floue