

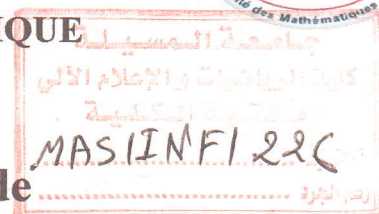
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**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: Zid elkheir Meryem

**SUJET**

**Simulation d'évacuation des personnes en utilisant la  
logique de floue**

Soutenu publiquement le : 01 / 06 /2016

Devant le jury composé de :

R.Mokhtari

Mr.Chatra Mohamed

N.Ouldmeahmedi

Université de M'sila

Université de M'sila

Université de M'sila

Université de M'sila

Président

Rapporteur

Examineur

Examineur

**Promotion : 2015 /2016**

# TABLE DES MATIERES

|   |    |
|---|----|
| <b>DEDICACE</b> .....                                       | I  |
| <b>TABLE DES MATIERES</b> .....                             | II |
| <b>LISTE DES FIGURES</b> .....                              | V  |
| <b>LISTE DES TABLES</b> .....                               | VI |
| <b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....                          | 1  |
| 1.1 Introduction .....                                      | 3  |
| 1.2 Intelligence artificielle (IA).....                     | 3  |
| 1.2.1 Définition.....                                       | 3  |
| 1.2.2 Caractéristiques de l'intelligence artificielle ..... | 3  |
| 1.2.3 Domaines d'applications de l'IA.....                  | 4  |
| 1.3 L'infographie .....                                     | 5  |
| 1.3.1 Définition de l'infographie .....                     | 5  |
| 1.3.2 Synthèse d'image 3D.....                              | 5  |
| 1.4 Animation comportementale .....                         | 6  |
| 1.4.1 Boucle d'animation comportementale .....              | 7  |
| 1.5 Conclusion .....  | 9  |
| 2.1 Introduction .....                                      | 10 |
| 2.2 L'environnement virtuel.....                            | 10 |
| 2.2.1 Représentation de l'environnement .....               | 10 |
| 2.2.2 Environnement virtuel informé .....                   | 13 |
| 2.2.3 Intégration des objets interactifs.....               | 13 |
| 2.3 Humain virtuel.....                                     | 15 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.3.1 | Modélisation des propriétés des humains virtuels.....  | 15 |
| 2.3.2 | Le comportement d'individu .....                       | 19 |
| 2.3.3 | La foule.....  | 23 |
| 2.4   | Différentes techniques de modélisation de foules ..... | 25 |
| 2.4.1 | Les modèles macroscopiques .....                       | 25 |
| 2.4.2 | Les modèles microscopiques .....                       | 28 |
| 2.5   | Conclusion.....  | 31 |
| 3.1   | Introduction .....                                     | 32 |
| 3.2   | Domaines d'applications .....                          | 33 |
| 3.3   | Logique classique et logique floue .....               | 33 |
| 3.4   | Principe.....  | 33 |
| 3.5   | Concepts et définitions .....                          | 33 |
| 3.5.1 | Sous ensembles flous.....                              | 33 |
| 3.5.2 | Opérateurs linguistiques .....                         | 35 |
| 3.5.3 | Fuzzification .....                                    | 35 |
| 3.5.4 | Les règles floues .....                                | 36 |
| 3.6   | Méthodes d'implication.....                            | 36 |
| 3.7   | Défuzzification .....                                  | 37 |
| 3.8   | Algorithme générale de fuzzification .....             | 39 |
| 3.9   | Conclusion.....  | 40 |
| 4.1   | Introduction .....                                     | 42 |
| 4.2   | Conception du système de navigation .....              | 42 |
| 4.2.1 | Évitement des obstacles statique .....                 | 43 |
| 4.2.2 | Évitement des obstacles dynamique (collision).....     | 44 |
| 4.3   | Structure de notre système.....                        | 50 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.4 Modélisation de la scène.....                        | 51        |
| 4.4.1 L'individu .....                                   | 52        |
| 4.4.2 L'obstacle .....                                   | 52        |
| 4.5 Définition de moteur de jeux .....                   | 52        |
| 4.5.1 Présentation de la plateforme Unity 3D .....       | 53        |
| 4.6 Implémentation du système de navigation .....        | 54        |
| 4.6.1 Méthode de simulation .....                        | 54        |
| 4.6.2 Implémentation de l'algorithme A* .....            | 54        |
| 4.6.3 Optimisation de l'algorithme A* .....              | 59        |
| 4.6.4 Implémentation de l'algorithme logique floue ..... | 62        |
| 4.7 Résultat .....                                       | 64        |
| 4.8 Conclusion.....                                      | 65        |
| <b>CONCLUSION GENERAL .....</b>                          | <b>66</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>                               | <b>68</b> |

# INTRODUCTION GENERALE

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 de comportements de foules de piétons est un sujet d'actualité dans le domaine de l'infographie. L'importance de lancer des simulations de comportement de foules dans différentes situations réside dans l'impossibilité d'accomplir, d'une manière rapide et concluante, le comportement réel avec des humains. Pour cette raison, la simulation de comportement de la foule des piétons concerne beaucoup de domaines d'applications tels que la sécurité, le génie civil, l'urbanisme...etc. En génie civil par exemple, on s'intéresse aux caractéristiques de flux de foules des piétons afin d'assurer une évacuation sécurisée dans des situations d'urgences. Dans l'urbanisme et la conception des bâtiments, la simulation des foules des piétons est utilisée pour tester la fiabilité des équipements publics et des conceptions architecturales. La simulation de foule des piétons trouve aussi d'autres applications dans l'industrie de divertissement tel que les jeux vidéo, où on s'intéresse à la simulation de foules de piétons pour créer un rendu et un mouvement réaliste des piétons.

L'objectif de ce mémoire est de réaliser un modèle basé sur la logique floue pour simuler des personnes virtuelles dans plusieurs situations. La nature de notre problématique nous a suggéré alors, de faire appel à un certain nombre d'approches et techniques :

- L'algorithme A\* pour calculer le plus court chemin et pour l'évitement des obstacles statique.
- La logique floue pour simuler les comportements d'évitement des obstacles dynamique (collision).

Le mémoire est organisé en deux parties :

La première partie présente l'état de l'art de tous les aspects qui entrent dans le domaine de la simulation de comportement de foules, elle s'articule sur trois chapitres :

i) Le premier chapitre est introductif, il présente une définition générale sur l'intelligence artificielle IA avec ses domaines d'applications, puis nous avons définie l'infographie et la synthèse d'image, et à la fin une description sur l'animation comportementale.

ii) Le deuxième chapitre présent les deux composants de la scène tel que l'environnement virtuel avec les objets statiques et dynamiques. Puis, nous avons défini la foule virtuelle et les deux approches de simulation (microscopique et macroscopique).

iii) Le troisième chapitre présent notre technique qui utilisé pour obtenir une animation réaliste (la logique floue).

La seconde partie du ce mémoire est dédiée à la présentation de notre approche de modélisation des structures de groupe d'une foule de piétons. Elle comporte un seul chapitre:

i) le quatrième chapitre se focalise sur la conception détaillée de notre système de simulation, il présente les deux technique d'évitement d'obstacles (A\* et la logique floue). Puis, nous avons présenté l'implémentation de notre système dans l'environnement Unity3D.

La conclusion générale synthétise les points abordés et fait trace des perspectives envisagées et potentielles de ce travail.

## CONCLUSION GENERAL

La simulation de foules d'humains virtuels a été étudiée depuis plusieurs années dans différents domaines d'applications tel que : la conception architectural (mise en situation d'un nouveau bâtiment pour des besoins d'illustration, estimation des niveaux de service), la planification urbaine (évaluation des impacts des modifications de l'environnement), la sécurité (simulation d'évacuation), la thérapie de troubles sociaux par la réalité virtuelle.

L'élément essentiel dans les simulations de foules de piétons est le modèle de comportement de la foule. Depuis de nombreuses années, les chercheurs ont développé de nombreux modèles de foules [35].

Le travail présenté dans ce mémoire a montré l'utilité d'une approche basée sur les concepts de la théorie de la logique floue pour aborder le problème complexe qui constitue l'animation des piétons virtuels. Il concerne la simulation des comportements innés d'humains virtuels dans leur environnement virtuel. La problématique que nous sommes confrontés, est celle de simuler les comportements d'entités autonomes « foule d'humains virtuels » en interaction dans un univers virtuel.

Nous avons proposé une architecture adressant le problème de simulation des piétons d'humains virtuels autonomes qui se déplacent naturellement dans un environnement virtuel non connu, notre modèle étudié et simule les mouvements des piétons dans un espace contient des obstacles.

Nous avons décomposé le problème en deux sous-parties, la recherche de plus court chemin en utilisant l'algorithme A\* c'est-à-dire l'évitement d'obstacles statiques et l'algorithme de la logique floue comme mécanisme d'inférence pour éviter les obstacles dynamiques (les autres agents).

Les mouvements de foule virtuelle dans ce modèle sont décrits par les actions qui sont captées et stockées dans une base d'actions, nous obtenons ces actions par un capture de mouvement.

### Perspectives

- Intégrer les différentes règles sociales et psychologiques tel que : la culture, l'émotion, la personnalité...etc.
- Développer la simulation pour étudier l'effet des structures de groupes sur le comportement de la foule dans d'autres situations.

- Améliorer l'affichage pour obtenir un rendu plus réaliste des agents, ainsi que des comportements plus réalistes.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Schadschneider. Cellular automaton approach to pedestrian dynamics-theory. In *Pedestrian and evacuation dynamics*, pages 75–86, 2001.
- [2] Archea (J.). – The Evacuation of Non-Ambulatory Patients from Hospital and Nursing Home First: A Framework for a Model. – Rapport technique, National Engineering Laboratory, Washington DC, National Bureau of Standards, Center for Building Technology, 1979.
- [3] Becheiraz (P.) et Thalmann, (D.). A Behavioral Animation System for Autonomous Actors personified by Emotions. Dans: *Proceedings of the First Workshop on Embodied Conversational Characters (WECC '98)*, Lake Tahoe, California. 1998.
- [4] Beer (R.D.). *Intelligence as Adaptive Behavior: Experiments in Computational Neuroethology*. New York: Academic Press. (1990).
- [5] Beer (R.D.). *Intelligence as Adaptive Behavior: Experiments in Computational Neuroethology*. New York: Academic Press. (1990).
- [6] Boulic (R.), Mas (R.) et Thalmann (D.). Position control of the center of mass for articulated figures in multiple support, Dans: *Computer Animation and Simulation'95*, éd. Par Springer-Verlag (New-York), pages 130-144, 1995.
- [7] Braun (A.), Musse (S.R.), de Oliveira (L.P.L.) et Bodmann (B.E.J.). Modeling individual behaviors in crowd simulation. - Dans: *CASA2003, 16th International Conference on Computer Animation and Social Agents*. pp. 143–148. – Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, USA, Mai 2003.
- [9] C. Burstedde, K. Klauck, A. Schadschneider, and J. Zittartz. Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton. *Physica A Statistical Mechanics and its Applications*, 295 :507–525, June 2001. 11, 12.
- [10] Chatra Mohamed, « Animation de phénomènes collectifs cellulaires par modèle physique particulière », mémoire de magister, Université Mohammed Khider, Biskra, 2010.
- [11] Cherif (F.) et Djedi (N.) - Collision Avoidance in Crowd Simulation with Priority Rules. - Dans: (**EJSR**) *European Journal of Scientific Research*. pp. 6-17, Vol. 15, N 1, Octobre 2006.
- [12] D. Dubois et H. Prade, “Fuzzy sets and systems: theory and applications”, Academy Press, New York, (1980).

- [13] D.Muller , « Intelligence artificielle et jeux», mars 2016.
- [14] D.Pastre , « L'intelligence Artificielle» , Université Paris 5, 1999/2000 .
- [15] Donikian, (S.). Modélisation, contrôle et animation d'agents virtuels autonomes évoluant dans des environnements informés et structurés, pages 236, 2004.
- [16] 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.
- [17] Hanspeter A. Mallot. "Spatial cognition: Behavioral competences, neural mechanisms and evolutionary scaling". pp 40-48. (1999).
- [18] Helbing (D.), Farkas (I.) et Vicsek (T.). - Simulating Dynamical Features of Bibliographie Escape Panic - Dans: Nature, vol. 407, pp. 487-490, 2000.
- [19] Henderson, L. F. "The Statistics of Crowd Fluids". Nature. 229, pp: 381-383.(1971).
- [20] Hoogendoorn, S. P. "Pedestrian Travel Behavior Modeling". In. Proc. Travel Behavior Research Lucerne, Elsevier, pp: 10-15. (2003).
- [21] J. Archea. The evacuation of non-ambulatory patients from hospital and nursing home fires: A framework for a model. Technical report. NBSIR 79-1906. 1.3.2 (11/1979).
- [22] Jean-Daniel Boissonnat et Mariette Yvinec, « Algorithmic Geometry ». Cambridge University Press, 1998.
- [23] K. Nishinari, A. Kirchner, A. Namazi, and A. Schadschneider. Extended floor field ca model for evacuation dynamics. 2003.).
- [24] 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).
- [25] L. A. Zadeh. « "Fuzzy sets", Information and Control », pp: 338-353, (1965).
- [26] LAMARCHE Fabrice, "Humanoïdes virtuels, réaction et cognition : une architecture pour leur autonomie" ; Université de Rennes 1. (19/12/2003).
- [27] Lovas, G. C. "Modeling and Simulation of Pedestrian Traffic Flow".Transportation Research 28(6), pp: 429-443. (1994).
- [28] Mallot (H.A). "Behavior-oriented approaches to cognition: theoretical perspectives". Theory in biosciences, pp: 196-200. (1997).

- [29] Melinek (S.J.) et Booth (S.). – An analysis of evacuation times and the movement of crowds in buildings. – Rapport technique n CP 96/75, Building Research Establishment, Fire Research Station, 1975.
- [30] Nuria Pelechano, Jan M. Allbeck, and Norman I. Badler. “Virtual crowds: methods, simulation, and control”. Book. University of California–Berkeley. [www.morganclaypool.com](http://www.morganclaypool.com). (2008).
- [31] Ortony (A.) et Turner (T.J.). What's basic about basic emotions? *Psychological Review*, pages 315-331, 1990.
- [32] Paris (S.), “Caractérisation des niveaux de services et modélisation des circulations de personnes dans les lieux d'échanges”, Thèse de Doctorat, Université de Rennes I, (10/10/2007).
- [33] Peschl (I.). – Flow capacity of door openings in panic situations. - *BAUN*, vol. 26, n2, pp. 62–67, 1971.
- [34] Renault (O.), Magnenat-Thalmann (N.) et Thalmann (D.). A vision based approach to behavioural animation. *Journal of Visualization and Computer Animation*, vol.1, no 1, pages 18-21, 1990.
- [35] Reynolds (C. W.). Steering Behaviors For Autonomous Characters. *GDC 99*, pages 763-782, 1999.
- [36] 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.
- [37] S.kadri, « Introduction à l'intelligence artificielle », université mohamed boudiaf ,m'sila,03.2016.
- [38] Sébastien (P.). Caractérisation des niveaux de services et modélisation des circulations de personnes dans les lieux d'échanges. PhD thèse. Université de Rennes I, IRISA, France, octobre 2007.
- [39] Septseault (C.). Représentation d'environnements virtuels informés et de leur dynamique par un personnage autonome en vue d'une crédibilité comportementale. PhD thèse. Université de Bretagne Occidentale. 2007.
- [40] Soraia Raupp Musse et Daniel Thalmann, “Hierarchical Model for Real Time Simulation of Virtual Human Crowds”, *Computer Graphics Lab, Federal Institute of Technology, Lausanne*, (2000).

[41] Stéphane Donikian, “Modélisation, contrôle et animation d’agents virtuels autonomes évoluant dans des environnements informés et structurés”, Université de Rennes 1. (26/08/2004).

[42] TPE, <http://sites.google.com/site/intelligenceartificielle/application-concretes>, consulté le : 12/04/2016 .

[43] Unity ,<http://www.unity3d-france.com/unity/unity-3d/>, consulté le : 10/05/2016.

[44] Unity, <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/19925>, consulté le : 10/05/2016.

## ملخص:

محاكاة سلوكيات الأشخاص يسعى إلى تقديم نماذج وأدوات لإنشاء كيانات مستقلة. هذه الكيانات تتحسس بيئتها، وتتفاعل فيها، ولا سيما اتخاذ قراراتهم فيما يتعلق بالحالة المشاهدة بهدف إظهار سلوك متناسق قريب من مجتمع الكائنات الحية المحاكاة. أنه يهدف إلى توليد الحركات، والأفعال وسلوك عدد كبير من الأفراد بسهولة. والغرض من هذه المذكرة هو تقديم نموذج يستند إلى المنطق الضبابي لمحاكاة اشخاص افتراضيين في كثير من الحالات. وقد ركزت مختلف التخصصات على دراسة ومحاكاة الناس (حالات اجتماعية دراسة الذعر أثناء الكوارث، ملء بيئة افتراضية في التصميم المعماري أو تطبيقات التخطيط الحضري).  
**كلمات مفتاحية:** سلوك المتحركات، الحشد، البيئة الافتراضية، المنطق الضبابي.

## Abstract :

The behavioral simulation of people looking to offer models and tools for the creation of autonomous virtual entities. These entities perceive their environment, act on it and especially take themselves decisions in relation to the perceived situation in order to exhibit consistent behavior close to the simulated living organism. It is designed to easily generate movements, actions and behaviors of large numbers of individuals.

The purpose of this brief is to provide a model based on fuzzy logic to simulate virtual people in many situations. Different disciplines have focused on the study and simulation of people (sociological study panic situations during disasters, populating virtual environment in architectural design or urban planning applications).

**Keywords :** behavioral animation, crowd, virtual environment, fuzzy logic.

## Résumé :

La simulation comportementale des personnes cherche à offrir des modèles et des outils permettant la création d'entités virtuelles autonomes. 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 de l'organisme vivant simulé. Il a pour but de générer facilement les mouvements, les actions ainsi que les comportements d'un grand nombre d'individus.

L'objectif de ce mémoire est de réaliser un modèle basé sur la logique floue pour simuler des personnes virtuelles dans plusieurs situations. Différentes disciplines se sont intéressées à l'étude et à la simulation de personnes (étude sociologique des situations de panique à l'occasion de catastrophes, peuplement d'environnement virtuel dans des applications de conception architecturale ou d'aménagement urbain).

**Mots clés :** Animation comportementale, la foule, environnement virtuel, la logique floue.