
Une gestion réaliste du temps et de l'espace dans les simulations de foules

Benoît Lacroix — Philippe Mathieu — Sébastien Picault

LIFL CNRS UMR 8022
Université des Sciences et Technologies de Lille
Cité Scientifique bât. M3
F-59655 Villeneuve d'Ascq Cedex
{lacroixb,mathieu,picault}@lifl.fr

RÉSUMÉ. Nous proposons dans cet article une contribution à la prise en compte du temps et de l'espace dans les simulations à agents réactifs, notamment dans les simulations de foules en environnement urbain ou clos. Nous ne cherchons pas tant ici à aborder cette problématique au niveau de chaque agent qu'à faire le lien entre des contraintes spatiales et temporelles portant sur la globalité du système, et les comportements individuels qui doivent en résulter. Notre objectif est en effet de simuler des situations réelles de déplacements d'individus dans un environnement contraint en assurant l'adéquation des prévisions microscopiques et macroscopiques de la simulation aux données issues du terrain. Les problèmes de collisions, de changements de rythmes, de multiplicité de modèles de déplacements doivent donc être impérativement pris en compte. Nous présentons ici la nécessité de la synthèse entre la gestion du temps et celle de l'espace. Ce travail s'appuie sur notre modèle MISC qui permet de simuler sur un plan les déplacements d'individus à des rythmes spécifiés selon les types de populations et offre un contrôle statistique sur le cycle de vie des individus.

ABSTRACT. In this paper, we present a contribution to time and space management in reactive simulations, especially for crowd simulation in an urban or closed environment. We are not interested in mere individual scheduling, but rather in the link between global space and time issues and individual behavior. Our aim is to simulate real moving behaviours in constrained environments, taking into account the link between the macroscopic predictions of the simulation and experimental data. The simulation must deal with collision problems, rhythms variations or multiple moving models. We argue here that a synthesis between temporal and spatial features is needed. This work relies upon our MISC model which allows to simulate 2D-moves with different rhythms according to population classes, and gives a statistical control on the life cycle of the individuals.

MOTS-CLÉS : Simulation multi-agents, Génie logiciel, Émergence et Auto-Organisation

KEYWORDS: Multi-Agent simulation, Software Engineering, Emergence and Auto-Organization

1. Introduction : La simulation des déplacements

Nos travaux visent à simuler le déplacement d'individus au sein d'environnements complexes, avec des contraintes de temps simulé, en garantissant qu'il existe une transformation qui permette de passer de celui-ci à un temps « exact » pour lequel la simulation est constamment en phase avec la situation réelle. La validation du déroulement de la simulation est également au cœur de nos préoccupations, et implique d'avoir la capacité de confronter les données obtenues avec la réalité et de retrouver des comportements réels.

La modélisation du déplacement d'individus a été abordée suivant deux principales catégories de modèles. La première consiste à discrétiser l'espace en cellules, par exemple en représentant agents et environnement par des automates cellulaires [BLU 98]. Il est alors difficile de reproduire des comportements réels ou de décrire un espace complexe. La seconde approche, utilisée par exemple dans le Social Force Model [HEL 95], repose sur des règles comportementales individuelles. Ces dernières méthodes présentent des résultats très positifs, mais l'absence de prise en compte de données réelles rend leur paramétrage et leur validation ardues. De nombreuses plateformes mettent par ailleurs en application ces modèles. K. Teknomo tente de modéliser le comportement de piétons d'une manière aussi exacte que possible, en s'intéressant particulièrement aux possibilités de validation [TEK 02]. G. Keith Still se donne pour objectif d'obtenir une simulation émergente à partir de critères les plus simples possibles, basés sur le principe du moindre effort [STI 00]. Enfin, C. Reynolds, sans viser une simulation exacte mais seulement vraisemblable, suit une approche permettant l'utilisation par chaque agent de comportements élémentaires qui s'agrègent en comportements plus complexes [REY 99].

Ces travaux ne s'appliquent souvent qu'à des domaines restreints, et la conception de simulations de foules doit ainsi répondre à diverses problématiques que nous décrivons ci-dessous et qui font l'objet d'une implémentation dans la plate-forme MISC¹.

2. La prise en compte du temps et de l'espace : MISC

2.1. La prise en compte de l'espace

Différentes caractéristiques individuelles des piétons sont considérées comme prépondérantes : la taille des personnes ; l'espace personnel, zone privée que chaque individu tente de préserver autour de lui [SOM 69] et qui permet d'expliquer certains comportements irrationnels dans les foules ; la vitesse de déplacement « préférée », qui dépend de l'objectif poursuivi ; enfin les perceptions des agents, comme le champ visuel, qui traduisent leur capacité à prendre en compte leur environnement. MISC intègre ces différents points sous forme de profils individuels ou collectifs qui permettent une grande flexibilité dans les simulations.

1. pour « Modélisation d'Individus en environnement Spatialement Contraint »

La modélisation de l'environnement, outre les éléments statiques constituant l'architecture, peut inclure des éléments susceptibles d'interagir directement avec les agents en captant leur attention (distributeurs de billets, de tickets...), ainsi que des éléments purement informatifs, comme des panneaux de signalisation que des agents non familiers des lieux pourront exploiter pour atteindre leur destination. Ce type d'élément peut servir par exemple à caractériser l'influence de la connaissance des lieux sur le comportement des agents.

Quant aux modèles de déplacement existants, ils ne conviennent pas forcément à toutes les situations. Ainsi, un agent dont l'objectif est de prendre un train devra d'abord se rendre jusqu'au quai, puis patienter sur le quai jusqu'à son arrivée, avant de monter à bord. Un modèle classique pourra bien sûr convenir pour se rendre à une zone précise en tenant compte des contraintes de l'environnement. En revanche, dans la phase d'attente, l'agent ne souhaite pas forcément rester à un point précis, et s'autorisera probablement à graviter dans une zone tout en respectant des contraintes ; son déplacement se fera alors en fonction de l'augmentation de la densité dans la zone. Il peut donc s'avérer plus adéquat de changer de type de déplacement au cours du temps, plutôt que de chercher à concevoir un modèle complexe valable dans toutes les situations susceptibles d'être rencontrées. Ainsi, le modèle de déplacement utilisé dans MISC combine le suivi de chemin flou [REY 99] et le Social Force Model [HEL 95] qui dote les agents d'une grande capacité d'anticipation. Il utilise une logique à trois niveaux (stratégique, tactique, résolution locale) qui permet aux agents de remettre en question leurs choix.

2.2. La gestion du temps

Une première façon de prendre en compte le temps est de procéder à une simulation en temps réel, sans conserver de référence avec le phénomène modélisé au cours du déroulement de la simulation. Une autre approche vise au contraire à une simulation en temps « exact », i.e. dont la sortie est constamment en phase avec ce qui se passerait dans la réalité. Enfin on peut envisager, comme dans MISC, de se placer en temps simulé, où l'on préserve l'existence d'une transformation permettant de passer du temps de la simulation à celui du phénomène réel.

La dimension temporelle inclut également la capacité à rythmer la simulation, à travers le déclenchement d'événements ou l'introduction de flux d'agents. MISC utilise pour cela la notion de sources, qui régissent la création des agents par phases temporelles et permettent ainsi d'intégrer des données macroscopiques comme les flux d'entrée et de les traduire au niveau microscopique par les agents correspondants.

2.3. La validation

La question de la validation est une problématique majeure dans ce type de simulation. Elle suppose en premier lieu de disposer d'un ordonnanceur spécifique afin de garantir la maîtrise complète des expériences.

Elle peut ensuite être abordée au niveau macroscopique. Une foule est en effet caractérisée par divers paramètres : les flux, la vitesse moyenne et la densité. Ces caractéristiques macroscopiques sont bien souvent les seules qui puissent être confrontées à des données réelles, étant les seules disponibles. Les études menées par J. J. Fruin [FRU 71] reposent ainsi sur ces grandeurs, leurs relations permettant d'assurer la validité des résultats de la simulation. Cependant, comme le souligne Keith Still [STI 00], les études sociologiques menées sur le sujet correspondent le plus souvent à un contexte délimité, difficilement transposable, ce qui rend complexe leur confrontation avec des résultats de simulation.

Un second niveau de validation envisageable est le niveau microscopique, par exemple à travers la capacité du modèle à reproduire des phénomènes d'auto-organisation observés dans la réalité (formation de lignes dans des flux multi-directionnels de piétons, etc.). On voit ici l'intérêt d'un modèle de déplacement qui se base sur des données physiques réelles et mesurables : outre une calibration plus aisée, les paramètres d'entrée peuvent être directement fixés par des observations dans le monde réel.

3. Conclusion

La simulation de foules avec contraintes temporelles impose de résoudre simultanément les problématiques de prise en compte de l'espace, du temps et de validation. La plateforme MISC s'appuie en particulier sur la notion de sources d'agents rythmant la simulation, et sur la possibilité pour les agents de changer de système de déplacement en fonction du contexte. Enfin la validation de la simulation repose sur la mesure globale des flux de sortie des agents, afin de les confronter à des données réelles, étape qui reste à approfondir dans la suite de ces travaux.

4. Bibliographie

- [BLU 98] BLUE V. J., ADLER J. L., « Emergent fundamental Pedestrian Flows From Cellular Automata Microsimulation », *Transportation Research Record*, vol. 1644, 1998, p. 29-36.
- [FRU 71] FRUIN J. J., *Pedestrian Planning and Design*, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971.
- [HEL 95] HELBING D., MOLNAR P., « Social Force Model for Pedestrian Dynamics », *Physical Review E*, vol. 51, 1995, p. 4282-4286.
- [REY 99] REYNOLDS C. W., « Steering Behaviors For Autonomous Characters », *Game Developers Conference 1999*, San Francisco, California, 1999, Miller Freeman Game Group, p. 763-782.
- [SOM 69] SOMMER R., *Personal Space : The Behavioral Basis of Design*, Prentice Hall, 1969.
- [STI 00] STILL G. K., « Crowd Dynamics », PhD thesis, University of Warwick, 2000.
- [TEK 02] TEKNOMO K., « Microscopic Pedestrian Flow Characteristics : Development of an Image Processing Data Collection and Simulation Model », PhD thesis, Tohoku University Japan, Sendai, 2002.

Annexe pour le service de fabrication

Article pour les actes :

JFSMA'06

Auteurs :

Benoît Lacroix — Philippe Mathieu — Sébastien Picault

Titre de l'article :

Une gestion réaliste du temps et de l'espace dans les simulations de foules

Titre abrégé :

Gestion du temps et de l'espace

Traduction du titre :

Time and space management in crowds simulations

Date de cette version :

12 juillet 2006

Coordonnées des auteurs :

- téléphone : 03.20.43.45.04
- télécopie : 03.28.77.85.37
- Email : {lacroixb,mathieu,picault}@lifl.fr

Logiciel utilisé pour la préparation de cet article :

\LaTeX , avec le fichier de style `article-hermes.cls`,
version 1.10 du 17/09/2001.

Formulaire de copyright :

Joindre le formulaire de copyright signé, récupéré sur le web à l'adresse
<http://www.hermes-science.com>