

Représenter l'urbain dans un modèle d'évacuation d'une population littorale face à un tsunami

Odile Plattard, Ludovic Chalonge

▶ **To cite this version:**

Odile Plattard, Ludovic Chalonge. Représenter l'urbain dans un modèle d'évacuation d'une population littorale face à un tsunami. CIST2018 - Représenter les territoires / Representing territories, Collège international des sciences territoriales (CIST), Mar 2018, Rouen, France. pp.578-583. hal-01854364

HAL Id: hal-01854364
https://hal.science/hal-01854364

Submitted on 6 Aug 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Représenter l'urbain dans un modèle d'évacuation d'une population littorale face à un tsunami

AUTEUR.E.S
Odile PLATTARD, Ludovic CHALONGE

RÉSUMÉ
Cette communication vise à exposer, à travers le cas d'un modèle de simulation multi-agents, les étapes d'implémentation et les choix de représentation qui ont dû être faits pour la mise en place du modèle. Il s'agit ici d'un modèle de simulation d'évacuation d'une population littorale face à un risque de tsunami à St-Laurent-du-Var (Côte d'Azur, France). La dimension urbaine de ce territoire a constitué le cœur de cette simulation, à travers la prise en compte de l'espace bâti comme obstacle à une bonne visibilité lors du cheminement piéton, de la praticabilité de l'espace de la rue avec l'intégration de la vulnérabilité des constructions et leur effondrement potentiel en cas de séisme précurseur et d'encombrement de la voie. Les données géographiques constituent la base environnementale du modèle et ont contraint son implémentation, aussi bien pour sa structure que ses aspects dynamiques, en amenant à repenser les choix de représentation au fur et à mesure tout en recentrant sur les objectifs du modèle.

MOTS CLÉS
Simulation multi-agents, territoire urbain littoral, risque naturel, évacuation piétonne

ABSTRACT
Through an agent-based model, this presentation will detail the implementation steps and representation choices that have to be made for the simulation of coastal urban population in a case of tsunami in St-Laurent-du-Var (Côte d'Azur, France). At the core of the simulation, the urban aspect of the area with issues of visibility for the itinerary of evacuation dealing with buildings as obstacles for agents, and of practicability of the street space in case of a forerunning earthquake which can make some buildings collapse and obstruct the path. The environmental structure constrained the GIS implementation, as did dynamic aspects, which led to thinking over representation choices according to model perspective.

KEYWORDS
Agents-based model, Urban coastal territories, Pedestrian evacuation, Natural hazard

INTRODUCTION
Dans un contexte urbain littoral confronté aux risques de submersions et plus spécifiquement de phénomène de tsunami, la simulation multi-agents permet de répondre à la demande de mise en place et d'optimisation de stratégies d'évacuation de la population. Le modèle présenté dans le cadre de cette recherche prend place à St-Laurent-du-Var, dans la région niçoise. Il a pour but de mettre en valeur des dysfonctionnements dans la bonne marche de l'évacuation afin, éventuellement, de cerner des stratégies plus pertinentes en se plaçant comme outil d'aide à la décision auprès d'élus ou aménageurs, ou encore comme modèle pédagogique pour l'information préventive de la population.

Il intègre des données structurelles, comme des SIG et des résultats d'enquêtes sur la population réalisées sur le terrain. Cette modélisation a pour objectif de questionner le processus

de mise en sécurité, à travers la morphologie urbaine et le cheminement piéton, avec des itinéraires privilégiés et leur praticabilité ainsi que le positionnement des zones refuges et leur visibilité.

Ces différentes données permettent de mettre en relation les résultats de terrain et les contraintes liées à l'implémentation du modèle. En effet, la modélisation nécessite un travail en amont sur les données SIG. La plateforme choisie peut avoir des contraintes ce qui impose de faire des choix lors de la mise en place du modèle en fonction de l'objectif recherché. De plus cette présentation reviendra sur les difficultés qui ont pu apparaître au fur et à mesure de l'implémentation et des compromis qui ont dû être fait. Enfin, le retour sur le modèle final pourra permettre de faire un état des lieux de la volonté initiale, des objectifs et de la mise en place du modèle.

1. QUELS BESOINS POUR QUEL MODÈLE ?

Le modèle mis en place concerne un territoire urbain littoral face à un phénomène de tsunami. L'intégration du relief est une donnée primordiale afin de pouvoir gérer l'inondation et la profondeur de la vague. De plus, il est aussi indispensable pour l'évacuation face à une submersion puisque l'individu va devoir chercher un point en hauteur pour se mettre en sécurité. Un modèle numérique de terrain (MNT) contenant les données nécessaires a donc été récupéré pour la commune de St-Laurent-du-Var.

Dans un second temps, le modèle intègre la notion de visibilité lors du cheminement dans l'espace de la rue (Hillier, 2007 ; Lynch, 1960), les bâtiments pouvant être considérés comme des obstacles à une vision de la zone refuge ou d'un point plus haut vers où fuir. Ainsi, le front de mer étant totalement construit d'immeubles de 4-5 étages, une personne se trouvant sur la plage de St-Laurent-du-Var sera face à un « mur » l'empêchant de distinguer ce qui se situe derrière. On part donc ici du constat qu'en fonction de la morphologie urbaine le choix de l'individu ne va pas forcément être d'aller vers le chemin le plus court. Il privilégiera peut-être sa connaissance du territoire ou un déplacement vers un élément marqueur. De plus, la modélisation veille à intégrer une dimension multirisques avec par exemple un séisme précurseur à la vague de tsunami qui apporterait des dommages sur les bâtiments en fonction de sa magnitude et de leur résistance ; des débris sur la voie suite à leur effondrement pourraient rendre certains itinéraires impraticables (Zacek, 2004). Pour ces deux notions de visibilité et de praticabilité, un fichier reprenant le bâti (hauteur et altitude du bâtiment) de St-Laurent-du-Var est donc nécessaire.

Enfin, ces informations doivent être complétées par le réseau de voirie. Un fichier avec le réseau viaire de la commune a donc été utilisé dans un premier temps. Puis, avec l'évolution du modèle, il vise à disparaitre, l'espace de l'évacuation étant l'espace libre sur l'entièreté de la voirie, en opposition avec les bâtiments qui forment les obstacles.

2. MÉTHODE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE AU MODÈLE

La première étape a consisté à choisir la plateforme pour l'implémentation du modèle car de ses caractéristiques dépendent l'adaptation et le travail en amont sur les SIG. Pour ce modèle multi-agents, le choix s'est porté sur NetLogo pour la simplicité du langage pour l'implémentation et la présence de l'extension SIG qui permet de répondre aux besoins d'implémentation pour ce modèle.

2.1. Le travail en amont et les choix d'implémentation

Les fichiers de données SIG ne peuvent être implémentés tels quels dans *Netlogo*, car il ne prend pas en charge tous les systèmes de coordonnées ; il faut donc veiller à ce que tous les fichiers s'inscrivent dans le bon SCR. De plus, il est nécessaire de les nettoyer pour que chaque entité soit unique, non dupliquée et bien positionnée dans l'espace. Ce fut particulièrement le cas pour les bâtiments où des données de la table attributaire allaient être appelées par la suite dans le modèle (hauteur, effondrement) pour lesquelles tout doublon ou information erronée impacterait le bon fonctionnement de la simulation.

Un choix de cadrage a été fait sur la commune de St-Laurent-du-Var en considérant le front de mer et une partie du territoire urbain, en fonction de la topographie du site (présence d'une partie du relief d'altitude supérieure à la plus haute inondation et des enjeux présents sur le territoire, à savoir le centre commercial Cap 3000 et le front de mer et sa plage drainant une forte population estivale. Le cadrage fut affiné au fil du temps avec le rendu souhaité et pour la bonne marche du modèle (fig. 1). Cependant, le modèle multi-agents doit avoir une emprise assez grande sur le territoire pour permettre de comparer différents scénarios ; dans le cas de St-Laurent-du-Var, cela concerne la mise à l'abri de la totalité de la plage avec la possibilité de placement des zones refuges à différents endroits (fig. 2).

L'implémentation nécessite le passage de la cellule du raster sous le logiciel de SIG au patch du modèle sous *Netlogo*. Une cellule vaut un patch, sa taille est donc déterminante puisqu'elle interviendra dans le calcul de la vitesse de l'eau et de déplacement des agents. Dans le cas de St-Laurent-du-Var, une cellule et donc un patch sera d'une dimension de 5 m, cette dimension étant la résolution du MNT utilisé (fig. 4).

2.2. Des difficultés pour l'implémentation de l'environnement du modèle ?

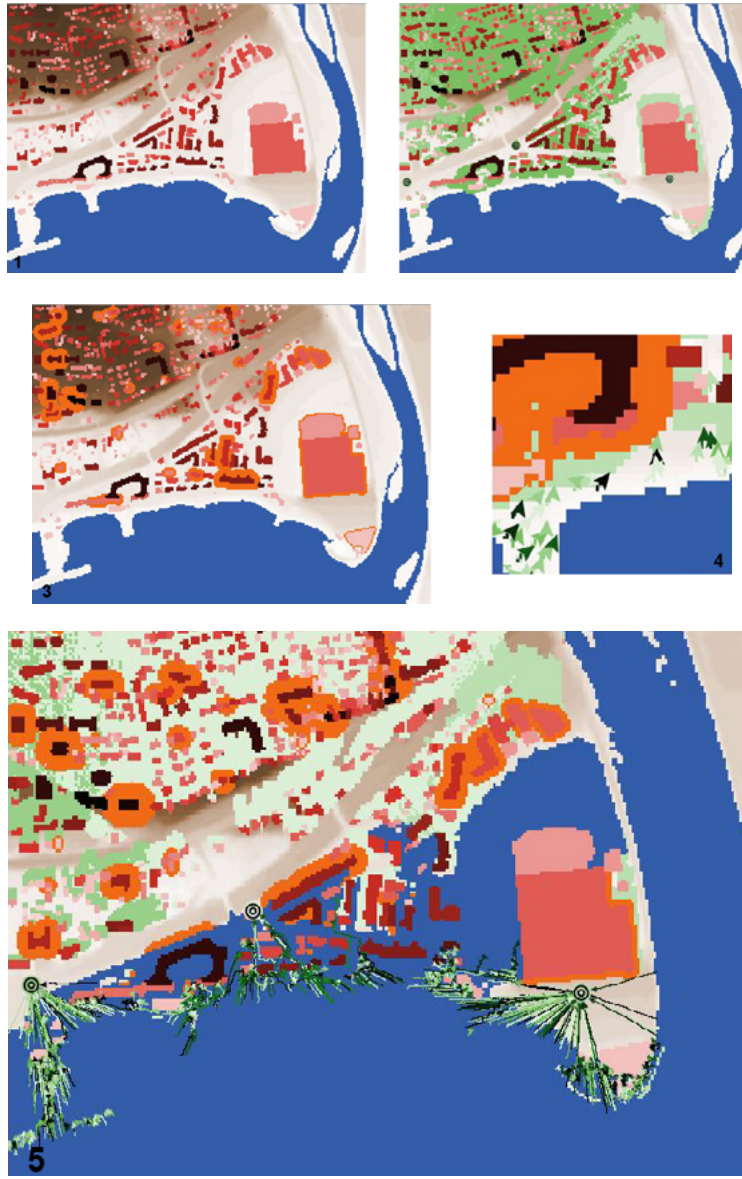
La plupart des difficultés rencontrées sur le passage du SIG au modèle au niveau de l'environnement ne sont pas insurmontables mais demandent de remettre en perspective l'objectif du modèle afin d'être le plus pertinent possible dans les compromis choisis. Ils concernent les éléments structurants du modèle. C'est pourquoi les choix qu'ils sous entendent conditionnent l'implémentation du modèle dynamique par la suite.

Certains problèmes peuvent apparaitre lors de la procédure de passage du SIG vers l'implémentation du modèle, notamment si la taille du cadrage entre les fichiers rasters et vecteurs ne sont pas exactement les mêmes, car cela peut déformer la représentation. Le premier fichier appelé est le fichier de référence de taille dans *NetLogo*. Il s'agit donc ici du raster.

Un choix de représentation est réalisé, plus ou moins contraint puisqu'il dépend de la taille du patch. À 5 m, cela ne permet pas d'aller dans le détail de la composition de la voirie (mobilier urbain, végétation…), mais des variables peuvent être intégrées pour contourner ce problème. Ce peut être le cas pour la praticabilité d'une voie où il est possible de spécifier un pourcentage d'encombrement et de définir une règle de comportement de l'agent face à cet encombrement même s'il n'est pas représenté visuellement sur le patch (fig. 4).

Cependant, dans le cas de cette modélisation, l'objectif de la simulation est de montrer l'influence de l'environnement urbain à travers la visibilité et la praticabilité. Ces dernières ont été représentées de manière binaire sur le modèle : ombrage pour les zones d'invisibilité de la zone refuge à atteindre (fig. 2), effondrement du bâtiment pour l'impraticabilité de la rue (fig. 3).

Figures 1 à 5. Représentations des différents éléments du modèle sur St-Laurent-du-Varr



1. Relief, MNT et Bâtiments. 2. La visibilité des zones refuges à travers les bâtiments. 3. Effondrements des bâtiments. 4. Zoom sur les agents et patches. 5. Modèle après une simulation d'une vague de 3m.

2.3. Des difficultés pour le modèle dynamique ?

Une fois faits les choix d'implémentation de la structure du modèle, l'ajout de la dynamique du modèle peut amener à d'autres adaptations. Les éléments dynamiques ici sont la vague du tsunami, l'effondrement des bâtiments en cas de séisme précurseur et les agents qui évacuent.

Lors de la mise en place de la vague, l'aspect hydrodynamique n'a pas été retenu ; seules la vitesse et la hauteur d'eau sont modélisées. Ces données ont été intégrées sur la base des scénarios modélisés dans le cadre du programme Astarte par le CEA. La vague se propage lorsque qu'un patch « eau » a des voisins d'altitude inondable et les contamine de proche en proche (fig. 5). La vitesse de la vague est pour un *worst-case* scénario de tsunami sur la côte de St-Laurent-du-Var d'environ 20 km/h.

En ce qui concerne les agents, ils se déplacent vers la zone refuge visible la plus proche d'eux. Cependant leur trajectoire n'est pas linéaire ; s'ils se trouvent dans une zone de non-visibilité d'une zone refuge, ils risquent d'errer afin de (re)trouver leur chemin. Ils évitent les obstacles que sont les bâtiments et les débris éventuels dus au séisme et fuient également lorsque la vague se rapproche trop d'eux, à une vitesse moindre (entre 5 et 10 km/h), mais avec un temps d'alerte pour se mettre à l'abri avant l'arrivée de l'eau.

Une fois les agents et la vague implémentés, les vitesses et déplacements respectifs furent testés afin d'être certain du bon déplacement – conformément à la vitesse choisie dans le scénario – de ces deux éléments du modèle, ce qui est primordial pour l'exactitude des résultats. Or il fallut ajuster car ce ne fut pas le cas dans un premier temps, les agents se déplaçant plus vite qu'il ne fallait et la vague pas assez vite. Cette différence résultait du fait que la commande de déplacement est différente pour les deux : la vague contamine les patches voisins tandis que les individus sont des agents qui se déplacent de patch en patch, par ailleurs il y avait déformation du raster lors de l'implémentation de l'environnement car dans le code, le fichier vecteur de bâti était appelé en premier et modifiait le cadrage et donc la dimension des patches par rapport à celle des cellules de départ. Recaler cette dimension a permis de résoudre une partie du problème. Puis, la dimension d'un patch étant de 5 m et un pas de temps (*tick*) correspondant à 1 s, cela sous-entend qu'en dessous d'une vitesse de 5 m/s – un patch par pas de temps –, l'eau ne pouvait pas se propager.

3. RETOURS SUR LA MODÉLISATION

Les choix et le peaufinage du modèle se réalisent tout au long de l'implémentation sans perdre de vue son objectif premier. Dans ce cas, la volonté d'un modèle simple mais permettant de révéler sa pertinence dans la prise en compte de certains éléments multirisques – effondrement lié au séisme et contexte urbain avec la visibilité et praticabilité – ont été retenues. De plus, le modèle se veut adaptatif à d'autres territoires urbains littoraux. Pour cela, il était nécessaire d'isoler les données géographiques indispensables et d'en définir une représentation simple et non spécifique à un cas d'étude.

La représentation simple proposée dans *NetLogo* permet assez efficacement de recentrer l'attention sur les éléments déterminant que sont la visibilité, les agents mis en sécurité, les zones endommagées par la vague et/ou le séisme. Il permet également, en jouant sur les paramètres comme la hauteur des zones refuges (plus ou moins de visibilité), l'intensité sismique (effondrement ou non), les vitesses respectives des agents ou de l'eau, ou encore le

délai de l'alerte, de pouvoir isoler les dysfonctionnements urbains et de perfectionner la mise à l'abri des populations présentent sur le territoire. À ces fins, le modèle pourrait être un outil de prévention des risques à travers l'aide à la mise en place de stratégies d'évacuation auprès d'élus locaux ou de sensibilisation aux risques auprès de la population littorale.

RÉFÉRENCES

Gallier A., Monnier A., Fontaine A., Loevenbruck A., Lavigne F., 2017, *Lessons learned on the Astarte test sites*, Deliverable 10.48, Astarte EU programme [en ligne : www.astarte-project.eu].

Hillier B., 2007, *Space is the machine*, London, Space Syntax.

Lagesse C., 2015, *Lire les lignes de la ville. Méthodologie de caractérisation des graphes spatiaux*, thèse de doctorat en géomatique physique, Université Paris Diderot.

Lynch K., 1960, *The image of the city*, Cambridge, MA, MIT Press.

Zacek M., 2004, *Évaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes des bâtiments existants. Conception parasismique*, L'Isle-d'Abeau, Les grands ateliers de l'Isle-d'Abeau.

LES AUTEUR.E.S

Odile Plattard
Université Paris 1 – Géographie-cités, LGP
odileplattard@gmail.com

Ludovic Chalonge
CNRS – Géographie-cités
ludovic.chalonge@parisgeo.cnrs.fr