

UNIVERSITÉ NATIONALE DU VIETNAM À HANOÏ
INSTITUT FRANCOPHONE INTERNATIONAL



Option : Systèmes Intelligents et Multimédia (SIM)

Promotion : XXI

Travail Personnel Encadré (TPE)

Thème : Simulation d'évacuation en cas d'inondation en zone urbaine

Rapport final

KOUADIO Kouamé Olivier

Encadrant Local :

M. HO Tuong Vinh

Encadrant Extérieur :

M. LE Van Minh

Année académique 2016-2017

Table des matières

1	Introduction générale	3
2	Analyse du sujet	5
2.1	Contexte	5
2.2	Domaine d'étude de notre sujet	5
2.3	Problématique	5
2.4	Définition des mots clés du sujet	5
2.5	Objectif du projet	6
2.6	Outils à utiliser	6
2.7	Travaux à réaliser	6
2.8	Difficultés à prévoir	7
2.9	Résultats attendus	7
2.10	Les acteurs du projet	7
3	Etat de l'art	9
3.1	Description état de l'art	9
3.2	Méthode de prévention et de guidage	9
3.3	Modèles Mathématiques	10
3.3.1	Modèle à Base d'Équation (EBM)	10
3.3.2	Modèle stochastique	10
3.3.3	Modèle programmation linéaire	10
3.3.4	Avantages et limites des modèles mathématiques	10
3.4	Modèles à Base d'Agents (ABM)	11
3.4.1	Avantages et limites des Modèles à base d'Agents	11
3.5	Modèles Hybrides (HBM)	11
3.6	Analyse de quelques travaux effectués sur le sujet	12
3.7	Conclusion partielle : Recherche Bibliographique	14
4	Proposition de solution et planification des tâches	16
4.1	Description de la solution proposée	16
4.2	Proposition de solution	16
4.2.1	Rappel des méthodes de l'État de l'Art	16
4.2.2	Solutions proposées	16
4.2.3	Avantages et limites de la solution	18
4.2.4	Les outils à utiliser pour implémenter la solution	18
4.2.5	Les données à utiliser pour implémenter la solution	19
4.2.6	Scénario de test	20
4.2.7	Critères d'évaluation du modèle	20
4.3	Planification des tâches	20
4.4	Conclusion partielle : Solution proposée	20

5	Modélisation du système	23
5.1	Extraction des Agents	23
5.2	Modèle de l'eau	23
5.2.1	Agent Nuage	23
5.2.2	Agent Pluie	23
5.2.3	Agent Eau	24
5.3	Modèle de l'évacuation	24
5.3.1	Agent Personne en danger	24
5.3.2	Agent Pluviomètre	24
5.3.3	Agent Refuge	25
5.3.4	Agent Panneau	25
5.3.5	Agent Pompier	25
5.4	Diagramme de classe du modèle de l'eau	27
5.5	Diagramme de classe du modèle de l'évacuation	28
6	Simulation	30
6.1	Environnement de simulation	30
6.2	Les données utilisées	30
6.3	Les scénarios à mettre en places	30
6.4	Implémentation	30
6.4.1	Implémentations des différents modèles	31
7	Expérimentations et Analyse des résultats	33
7.1	Expérimentations et résultats	33
7.1.1	Modèle de l'inondation	33
7.1.2	Modèle de l'évacuation	36
7.2	Analyse des résultats	42
8	Conclusion générale	43
9	Références	44

1 Introduction générale

Ces dernières décennies ont été marquées par des catastrophes naturelles de grandes ampleurs. Parmi ces catastrophes les plus récurrentes figurent les inondations. En effet, à cause du réchauffement climatique et la destruction des forêts, nous assistons aujourd'hui à de nombreuses inondations surtout dans les pays tropicaux. Ainsi, pour y faire face, les autorités ont jugé important de trouver des techniques préventives. En plus des systèmes d'alerte précoce, l'évacuation est l'une des premières procédures d'atténuation envisagée. De ce fait l'évacuation en cas d'inondation est devenue actuellement un champ de recherche qui connaît un important regain d'intérêt et qui fait appel à la simulation informatique afin de reproduire virtuellement des scénarios à partir des données réelles. C'est dans cette optique que s'inscrit le sujet soumis à notre étude, dans le cadre du module travail personnel encadré intitulé : simulation d'évacuation en cas d'inondation dans la zone urbaine. Ce module développe chez l'apprenant le sens de l'autonomie, l'initiative et le travail individuel. Ce présent rapport final présente le travail effectué dans la partie théorique et pratique de notre TPE. Il est structuré comme suit :

Partie I : **Analyse du sujet.**

Cette analyse du sujet à étudier nous permet de comprendre tous ses contours, de son contexte en passant par les différentes problématiques et les résultats attendus. Cette partie présente également les différents travaux à réaliser.

Partie II : **État de l'Art.**

Dans cette partie nous effectuons la recherche bibliographique, cette recherche consiste à étudier tous les travaux scientifiques (méthodes et techniques) qui ont été réalisés dans le cas de notre sujet. Cette étape est très importante dans la réalisation du travail scientifique car elle permet de savoir ce qui existe afin d'éviter de refaire les mêmes choses, elle permet également de réutiliser ce qui a été déjà fait pour avancer ou soit de proposer autre chose que ce qui existe déjà.

Partie III : **Proposition de solution et planification des tâches**

Après avoir pris connaissance de l'existant, cette étape consiste à proposer une solution pour atteindre les objectifs visés par le sujet.

Partie IV & V : **Modélisation et simulation**

Dans ces parties nous modélisons notre futur système et nous l'implémentons.

Partie VI : **Expérimentation et Analyse des résultats**

Après avoir implémenter notre système, dans cette étape nous faisons les expérimentations et analysons les résultats obtenus.

PARTIE I : ANALYSE DU SUJET

2 Analyse du sujet

2.1 Contexte

Aujourd'hui, à cause du réchauffement climatique et de la destruction des forêts, il y a souvent les inondations dans les pays tropicaux qui reçoivent une grande quantité de pluie chaque année. Ces inondations apportent tout sur leurs chemins, des habitations, des plantations, des hommes. L'eau sensée être une source de vie devient de plus en plus une source de mort. De ce fait, au lieu d'investir sur des solutions qui consistent à chercher et sauver les victimes, et qui semblent plus chers mais moins efficace pour les pays du sud, on pense plutôt à évacuer les gens avant que l'inondation n'arrive. De nos jours cette solution envisagée est possible grâce à la simulation informatique qui permet de l'expérimenter de manière virtuelle avec des données réelles afin de connaître tous les paramètres de cette solution d'évacuation. A cet effet l'objectif de ce travail est de mettre en place un système à base d'agents qui permettra de simuler l'évacuation en cas d'inondation dans une zone urbaine.

2.2 Domaine d'étude de notre sujet

Ce sujet soumis à notre réflexion dans le cadre ce TPE s'inscrit dans le domaine des systèmes multi-agents (SMA). C'est un domaine qui, en plus de l'informatique, recouvre plusieurs domaines de connaissances. Il est, de nos jours, très en vogue en raison de nombreuses recherches qui y sont menées par divers laboratoires et chercheurs. Relativement à ce TPE nous aurons principalement à utiliser les notions de systèmes multi-agents, de programmation orienté agent pour résoudre le problème soumis à notre étude.

2.3 Problématique

De nos jours, la simulation intervient dans tous les domaines car elle constitue une aide fondamentale à la prise décision. Nous savons que l'évacuation lors d'inondation englobe plusieurs problèmes tels que le problème de guidage des victimes sur les chemins qui mènent au refuge, l'augmentation rapide de l'eau, également les problèmes liés au secours des victimes. Le problème majeur auquel nous faisons face et dont nous nous intéresserons dans ce travail est l'augmentation ou le changement du niveau de l'eau qui cause beaucoup dégâts. D'où cette épineuse question comment peut-on simuler l'augmentation du niveau de l'eau afin d'étudier ses différents paramètres pour évacuer les personnes situées dans les zones à risque ?

2.4 Définition des mots clés du sujet

- Simulation : la simulation est un outil utilisé par le chercheur, l'ingénieur, pour étudier les résultats d'une action sur un élément sans réaliser l'expérience sur l'élément réel.
- Inondation : c'est une submersion temporelle d'un local, par de l'eau.
- Évacuation : c'est l'action de faire sortir, lorsque les circonstances l'imposent, toutes les personnes se trouvant dans un même lieu ; c'est aussi l'action de quitter ce lieu.
- Zone urbaine : signifie la ville

2.5 Objectif du projet

- Proposer une modélisation du processus d'évacuation en cas d'inondation.
- Utiliser la simulation à base d'agents pour implémenter cette modélisation.
- Analyser les résultats obtenus afin comprendre les facteurs qui influent de l'efficacité de l'évacuation en cas d'inondation d'une ville.
- Trouver les bons paramètres pour sauver le maximum de personnes en danger.
- Mettre notre modèle à la disposition des autorités afin d'être efficaces dans le secours de personnes victimes d'accidents.

2.6 Outils à utiliser

Nous utiliserons GAMA pour l'implémentation et la simulation de notre modèle. C'est une plate-forme de simulation multifonctionnelle et orientée agent qui convient parfaitement aux exigences de notre projet. Elle intègre aussi des fonctionnalités permettant d'utiliser les données géographiques (GIS) dans les modèles. C'est données géographiques quant à elles seront traitées avec QGIS. Ce qui nous sera très utile puisque nous nous intéresserons à la répartition spatiale des populations dans notre étude.

2.7 Travaux à réaliser

Travaux théoriques :

- Définir le domaine.
- Relever les différents problèmes posés par le sujet
- Définir les mots clés du sujet
- Faire une analyse du problème
- Faire une étude de l'existant
- Fixer les objectifs attendus
- Proposer une solution des problèmes posés
- Définir les paramètres d'entrées et sorties
- Proposer des scénarios la simulation du modèle
- Définir les données et outils à utiliser
- Planifier les tâches à réaliser

Travaux pratiques :

- Créer l'environnement de simulation.
- Créer les différents agents qui rentrent en ligne compte de la simulation.
- Créer les paramètres d'entrée.
- Lancer la simulation de l'eau.
- Faire varier les différents paramètres
- Observer et analyser les résultats sortis.
- Faire plusieurs expérimentations.
- Interpréter les résultats obtenus.
- Tirer les conclusions en fonction des objectifs fixés.

- Écrire les différents rapports
- Et faire la soutenance finale

2.8 Difficultés à prévoir

Comme tout travail scientifique, notre sujet regorge des difficultés de divers ordres. Parmi celles-ci nous pouvons énumérer les problèmes liés à :

- l'accès aux documents utiles
- la compréhension du système multi-agents.
- la prise en main et surtout la maîtrise de la plate-forme GAMA

2.9 Résultats attendus

Au cours de ce travail nous allons nous focaliser sur la question épineuse du changement du niveau de l'eau lors de l'évacuation en cas d'inondation. A la suite de cela nous allons implémenter l'évacuation des personnes en danger. Nous allons réaliser ce travail sur la plate forme GAMA avec les données de la ville de Danang au Vietnam. Les résultats issus de ce travail devraient constituer un outil d'aide dans la prise de décisions effective dans le cadre de la prévention des inondations dans les grandes agglomérations.

2.10 Les acteurs du projet

Les principaux acteurs de ce projet sont présentés dans le tableau (TABLE 1)

TABLE 1 – Acteur du projet

Groupe	Nom et prénom
Pilotage : Cette équipe est responsable de la conduite du projet. Il donne les directives à suivre et valide les choix d'implémentation.	<ul style="list-style-type: none"> — M. HO Tuong Vinh, Encadrant local (IFI). — M. LE Van Minh, Encadrant Extérieur
Projet : Ce groupe est responsable de la mise en oeuvre des choix du groupe de pilotage. Il doit faire des propositions pour la conception et l'implémentation du système au groupe de pilotage pour validation.	<ul style="list-style-type: none"> — KOUADIO Kouamé Olivier

PARTIE II : ETAT DE L'ART

3 Etat de l'art

3.1 Description état de l'art

Dans cette partie nous effectuons la recherche bibliographique, cette recherche consiste à étudier tous les travaux scientifiques (méthodes et techniques) qui ont été réalisés dans le cas de notre sujet. Cette étape est très importante dans la réalisation du travail scientifique car elle permet de savoir ce qui existe afin d'éviter de refaire les mêmes choses, elle permet également de réutiliser ce qui a été déjà fait pour avancer ou soit de proposer autre chose que ce qui existe déjà.

3.2 Méthode de prévention et de guidage

Au niveau de cet angle de notre sujet plusieurs travaux ont été effectués, nous nous référons au travail mené par K Matsuo et al, 2011 dans [1] qui a consisté à diffuser des cartes de risque. Ces cartes contiennent des informations qui renseignent sur les zones inondables, la profondeur de l'eau ainsi que les zones prévues pour sécuriser les victimes appelées zone de refuge. L'auteur et ces alliés ont conçu un modèle à base d'agent pour simuler l'évacuation des personnes en danger, l'objectif fixé était de maximiser la vitesse de marche des piétons pendant l'évacuation. Bien que cette approche ait eu beaucoup de succès nous pensons toute fois qu'elle a des limites parce que dans un cas où les évacués n'ont pas eu l'information les dégâts pourront être plus grandes, par ailleurs nous constatons dans cet article [1] les auteurs n'ont pas donné de précision sur le chemin à emprunter ce qui pourrait être fatale pour les victimes car dans la perturbation ils ne sauront pas quel chemin emprunté pour aller vers les lieux de refuges.

C'est sans doute les limites citées dans l'article précédent qui ont motivées Van-Minh Le et al en 2014 [2] à proposer une approche plus efficace. Dans cet article [2] les auteurs se basent sur l'algorithme génétique pour proposer une méthode plus optimisée de placement de panneaux de guidage. Cette méthode a été nommée cartes d'évacuation locale. Ce travail consistait à déterminer le plus court chemin et le plus proche lieu de refuge dans lequel la victime peut rapidement y accéder. La FIGURE 1 en est une parfaite illustration.

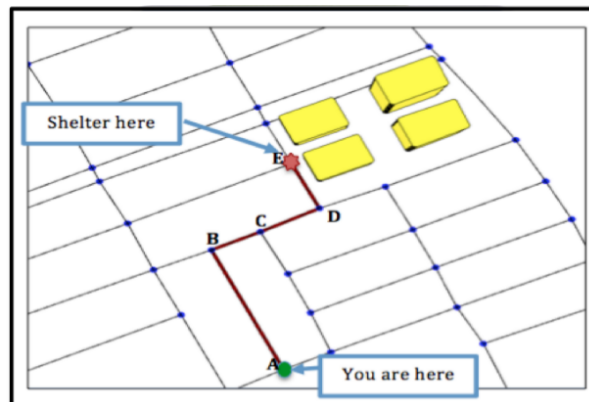


FIGURE 1 – Carte d'évacuation locale

Sur cette carte lorsqu'on se trouve à une position donnée (A) la carte présente le lieu de refuge le plus proche (E). Les résultats obtenus au cours de ce travail sont plus meilleurs que ceux des divers systèmes de guidage existent. Pour arriver à cette meilleure solution Van-Minh Le et ses alliés ont proposés deux méthodes à savoir la simulation basée sur l'agent et la formule de programmation linéaire. La dernière a eu pour fonction objective le pourcentage de survivants, c'est ce qui a fait la particularité de ce travail car les autres travaux ne se concentraient que sur comment éviter les morts. Tandis dans [2] les auteurs se concentrent sur l'optimisation du nombre de survivants. Cependant nous pensons que les cartes d'évacuation locale ont un coût élevé c'est pourquoi il faut se pencher vers d'autres solutions de guidage au cours de l'évacuation.

3.3 Modèles Mathématiques

3.3.1 Modèle à Base d'Équation (EBM)

Dans l'article [3] l'auteur et ses alliés ont proposé un modèle en s'appuyant sur les équations différentielles pour simuler une foule de piétons dans une situation normale. Cette approche a donné des résultats satisfaisant. Les méthodes à base d'équation ont permis dans plusieurs articles, de minimiser le temps d'évacuation ce qui a permis de régler aujourd'hui l'épineuse question de la lenteur de l'exécution du système lorsque le volume des paramètres augmentent vu dans [2].

Le souci majeur comme le montre, Thi Ngoc Anh Nguyen en 2014 dans [4] est que dans la pratique, les modèles à base d'équations ne permettent pas de visualiser les détails sur les mouvements et les comportements des piétons pendant l'évacuation. Ce qui est plus gênant, c'est que les modèles à base d'équation ne règle pas le problème d'hétérogénéité entre des entités aussi ces modèles n'intègrent pas l'environnement graphique, ils ne se limitent aux formules mathématiques qui parfois deviennent longues et incompréhensibles.

3.3.2 Modèle stochastique

Les modèles stochastiques quant à eux font appel dans leur intervention aux probabilités et les sorties sont aléatoires. Ces méthodes sont utilisées dans certains cas comme le montre dans [5] pour déterminer la probabilité de temps que peut mettre un piéton à se retrouver dans une zone de sécurité pendant l'évacuation

3.3.3 Modèle programmation linéaire

Dans cet article [2], la programmation linéaire a été la méthode utilisée par les auteurs pour régler la question de placement des panneaux sur les chemins qui mènent vers les lieux de refuge les plus proches.

3.3.4 Avantages et limites des modèles mathématiques

Les modèles mathématiques possèdent plusieurs avantages. Nous pouvons citer en outre pour étayer nos propos :

- possibilité d'étudier de manière analytique le modèle
- l'indépendance du nombre d'individus dans le système

Les modèles mathématiques possèdent également des limites. Nous avons :

- Difficulté de visualiser des détails
- Problème d'hétérogénéité des entités
- Non visualisation de l'environnement graphique.

3.4 Modèles à Base d'Agents (ABM)

Les modèles à base d'agents sont les modèles les plus utilisés dans le cadre de notre sujet car ces modèles offrent beaucoup de possibilités aux chercheurs, c'est cette raison qui a motivé Richard J Dawson et al en 2011 dans [6] de faire une étude comparant de l'ABM avec toutes les autres méthodes concurrentes. Dans cette étude les auteurs confrontent tous les avantages que possède l'ABM aux autres méthodes existantes. En résumé l'ABM est la meilleure méthode car ils prennent en compte plusieurs aspects des agents dans sa mise en oeuvre. Vu ces prouesses l'ABM est le modèle que nous avons rencontré le plus dans cette recherche de l'existant et ils donnent toujours des résultats satisfaisants et des modèles efficaces [1],[2], [4], [7], [8], [9], [10], [11].

3.4.1 Avantages et limites des Modèles à base d'Agents

Les modèles à base d'agents possèdent plusieurs avantages. Nous pouvons citer en outre pour étayer nos propos :

- Intégration environnement graphique
- Autonomie des individus
- Interaction entre les individus
- Comportement des individus
- Mouvement des individus
- Possibilité de visualisation graphique
- Proche de la réalité
- Visualisation des courbes.

Les modèles à base d'agents possèdent également des limites. Nous avons :

- Problème liés au temps de calcul
- Gourmand en ressources machines

3.5 Modèles Hybrides (HBM)

Les modèles hybrides quant à eux combinent les modèles mathématiques et les modèles à base d'agents. Dans ces articles [12], [13], [14], [15] les résultats obtenus à l'issue de ces travaux montrent que le modèle hybride est les meilleures méthodes car elle combine l'avantage des deux modèles précédemment décrits et donne des résultats très satisfaisants comparativement aux précédents modèles.

3.6 Analyse de quelques travaux effectués sur le sujet

Les tableaux (TABLE 2) et (TABLE 3) présentent 04 articles que nous avons examiné parmi plusieurs articles parcourus lors de cette recherche bibliographique. Cet examen consiste à présenter les avantages et les limites de ces 04 travaux.

TABLE 2 – Analyse de quelques travaux(1/2)

Articles	Type de modèles	Avantages	Désavantages
Kmatsuo, L Natania,F Yamada Conference on Flood, 2011 Flood and Evacuation Simulations for Urban Flooding	Modèle à base d'Agents	<ul style="list-style-type: none"> — Calcul la profondeur des zones inondées. — Prévention d'inondation par des cartes. — Simulation de la en fonction du débit de l'eau. — Prend en compte l'enregistrement des coordonnées des agents réfugiés. 	<ul style="list-style-type: none"> — Manque d'informations sur la carte (routes, bâtiments). — Ne prend pas en compte les données géographiques réelles. — Pas d'informations sur le chemin à emprunter lors de l'évacuation — Les zones de refuge limitées — Ne prend pas en compte les différents types de personnes ex :touristes, enfants, femmes.
Van-Minh Le, Yann Chevaleyre, Jean-Daniel Zucker, and Ho Tuong Vinh Approaches to optimize local evacuation maps for helping evacuation in case of tsunami	<ul style="list-style-type: none"> — Modèles à base d'agents — Modèles mathématiques 	<ul style="list-style-type: none"> — Bonne information sur les chemins qui mènent aux lieux de refuges. — Propose le plus court chemin. — pour objectif la maximisation du pourcentage de survivants — Bonne présentation des lieux de refuges. — Prend en compte les données GIS. — bonne définition du comportement des piétons. 	<ul style="list-style-type: none"> — Coût élevé des cartes d'évacuation. — Ne prend pas en compte la vitesse de déplacement des agents évacués. — Ne décrit pas la communication entre les individus. — Fait pas de distinction entre les personnes disposant la carte locale ou non. — Ne tient pas compte du groupe de personnes à évacuer (leader et suiveur).

TABLE 3 – Analyse de quelques travaux(2/2)

Articles	Type de modèles	Avantages	Désavantages
NGUYEN Thi Ngoc Anh et al. A Hybrid macro-micro pedestrians evacuation model to speed up simulation in road networks	<ul style="list-style-type: none"> — Modèles à base d'agents — Modèles mathématiques 	<ul style="list-style-type: none"> — Prend en compte le modèle a base d'équation. — Prend en compte le modèle a base d'agents. — Prend en compte un modèle hybride. — Bonne maîtrise du calcul du temps. — Évacuation rapide. — Nombre limité de dégâts. — Bon système de guidage. 	<ul style="list-style-type: none"> — Aucun système de guidage pendant l'évacuation. — Manque d'information sur les déferents. lieux d'abris (capacité, chemin y menant). — Manque de facteur seuil pour la simulation hybride. — Manque d'information sur la disponibilité des lieux d'abris.
DROGOUL Alexis et al Simulation of emergency evacuation of pedestrians along the road networks in Nhatrang city	Modèles à base d'agents	<ul style="list-style-type: none"> — Environnement hétérogène (SIG) — Prend en charge la simulation réaliste — Prend en compte le comportement entre les individus — temps global de sauvetage 	<ul style="list-style-type: none"> — la simulation devient compliquer lorsque les routes deviennent nombreux surtout les points d'insertions.

Les travaux sus-présentés résument assez bien les possibilités de simulation qu'offrent les différents modèles. Ils permettent également de mieux comprendre les principes de ces modèles et d'en connaître les caractéristiques, ce qui nous sera très utile dans notre travail. Globalement ces travaux prennent en compte les comportements des individus, leurs emplacements, leurs mouvements et leurs interactions. A partir de ces paramètres des résultats suffisamment réalistes sont obtenus mais peuvent être améliorés en intégrant, la densité de population à un emplacement donné et les facteurs environnementaux (précipitation d'eau, routes, bâtiments...).

3.7 Conclusion partielle : Recherche Bibliographique

Au cours de ce travail de recherche bibliographie nous nous sommes attelés à étudier tous les modèles qui ont été utilisés dans le cadre de notre sujet. Ainsi les modèles trouvés dans l'existant est de trois ordres à savoir : d'abord les modèles mathématiques en générale qui englobe les modèles à base d'équation, la programmation linéaire, les algorithmes génétiques, les modèles stochastiques. Ensuite les modèles à base d'agents, et en fin les modèles Hybrides qui combinent les deux modèles précédemment cités. Nous retenons que plusieurs modèles permettent de simuler l'évacuation des personnes et des biens en cas d'inondation. Alors deux interrogations importantes s'imposent à nous à savoir quelle est modèle le plus efficace à utiliser pour avoir un meilleur résultat lors de notre implémentions ? Aussi de quels outils allons-nous en servir pour atteindre les objectifs fixés ? Telles sont les grandes préoccupations auxquelles nous tenterons d'apporter des réponses précises dans la prochaine étape de notre TPE.

PARTIE III : PROPOSITION DE SOLUTION ET PLANIFICATION DES TACHES

4 Proposition de solution et planification des tâches

4.1 Description de la solution proposée

Après avoir pris connaissance de l'existant, cette étape consiste à proposer une solution pour atteindre les objectifs visés par le sujet.

4.2 Proposition de solution

4.2.1 Rappel des méthodes de l'État de l'Art

Il nous semble important de faire un résumé de notre état de l'art avant de parler de la solution que nous proposons. Ainsi dans tous les articles scientifiques que nous avons lus, « la simulation de l'évacuation en cas d'inondation » a été traitée à travers trois principaux modèles à savoir :

- **Les modèles mathématiques** : Ils permettent de transformer le problème réel en problème mathématique. A l'aide des équations différentielles les recherches ont été menées sur l'optimisation du système d'évacuation, l'idée c'est d'arriver à optimiser le temps requis pour réaliser une évacuation vers un refuge sûr ou une zone de sécurité, depuis une zone exposée ou potentiellement exposée à l'inondation. Ils prennent en compte les données telles que la vitesse de chaque individu à se déplacer vers les lieux de sécurité, la vitesse de la propagation de l'eau et la densité de personne par mètre carré etc. Le grand inconvénient de ce modèle est qu'il ne permet de visualiser en détail les mouvements des individus, en un mot les modèles mathématiques ne se rapprochent pas réellement de la réalité ce qui devient un handicap dans son utilisation.
- **Les modèles à base d'agent** : Contrairement aux modèles mathématiques les systèmes à base d'agents quant à eux se rapprochent plus de la réalité, chaque agent possède des caractéristiques et agit dans un environnement. Les modèles à base d'agent détaillent les comportements entre les agents, ils prennent en compte l'hétérogénéité des individus et gardent une trace de l'état de chaque agent.
- **Les modèles hybrides** : ces modèles combinent dans leur implémentations les deux modèles précédemment cités.

4.2.2 Solutions proposées

Au cours de ce travail, nous allons faire nos expérimentations sur la ville de Danang-Vietnam. L'eau que nous allons utiliser pour simuler l'inondation est l'eau de pluie. Cette eau sera un paramètre de notre modèle constitué d'une certaine quantité de précipitation que nous ferons rentrer dans le système. Il est bien de noter que notre sujet contient deux problèmes majeurs :

- Le problème lié au changement de niveau de l'eau c'est-à-dire l'augmentation de l'eau d'une zone à une autre zone. Aujourd'hui c'est le problème majeur auquel sont confrontés les chercheurs dans ce domaine. Pour notre part au cours de ce TPE, nous allons essayer tant bien que mal d'apporter des solutions idoines à cette épineuse question de la variation du niveau de l'eau.

- Nous avons le problème lié à l'évacuation des piétons, mais ce dernier a été traité par plusieurs auteurs selon l'état de l'art.

Alors la solution que nous proposons pour ce travail est de simuler la variation du niveau de l'eau après quoi nous allons la coupler avec la simulation de l'évacuation tout ayant pour objectif la maximisation du pourcentage de survivants. Donc notre solution aura les étapes suivantes :

- Nous allons extraire une carte géographique qui a une variation du niveau du sol.
- Nous allons rentrer en paramètre une quantité de précipitation (mm). Nous faisons varier ce paramètre pour examiner les différents niveaux que l'eau peut prendre en fonction du paramètre.
- Nous allons sauvegarder les différents données (latitude longitude et hauteur) que l'eau prend.

La (FIGURE 2) présente un peu notre tâche à accomplir, qui consiste à permettre à l'utilisateur de visualiser les changements du niveau de l'eau lorsqu'on simule l'inondation.



FIGURE 2 – Variation de niveau de l'eau

- Avec les données que nous aurons stockées nous lançons la simulation de l'évacuation et en sortie nous allons examiner le pourcentage de survivants et le temps d'exécution.
- Montrer une bonne visualisation du niveau de l'eau en fonction des données géographique.
- Système de guidage : pour optimiser le pourcentage de survivants nous allons utiliser le système de guidage proposé dans [2]. Il s'agit en fait d'installer les panneaux qui orienteront les piétons vers la zone de sécurité la plus proche.
- Méthode pour la modélisation : nous proposons de modéliser notre solution à l'aide de la

méthode des Systèmes Multi-Agents. En effet l'état de l'art nous montre que la méthode des SMA est la mieux adaptée à notre solution car elle nous rapproche de la réalité, nous permettra d'observer l'interaction entre les agents, et de connaître aussi le comportement de chaque agent lors de la simulation. Aussi et surtout elle nous permet de visualiser graphiquement l'environnement d'où nous observerons aisément les différentes hauteurs de l'eau.

Cette solution peut être dès sa mise en application, une aide à la prise de décision dans la lutte contre les inondations dans les pays tropicaux.

4.2.3 Avantages et limites de la solution

En plus de maximiser le pourcentage de survivant notre solution permet de visualiser les différentes variations du niveau de l'eau pendant la simulation. Elle prend en compte également l'environnement graphique d'une zone urbaine, et permet aussi de connaître le comportement des individus pendant l'évacuation. La seule limite est que notre solution nécessite une bonne capacité en mémoire pour faire tourner le programme et avoir un espace considérable sur notre disque dur pour stocker les données.

4.2.4 Les outils à utiliser pour implémenter la solution

— Choix de la plateforme de modélisation

Pour implémenter notre solution nous disposons plusieurs plateformes orientées agents. Avant de faire notre choix allons présenter les avantages de chacune d'elle à travers la (FIGURE 6).

Plateforme	P1 Intégration environnement	P2 manipulable	P3 généricité	P4 primitive	P5 CPU efficience
Swarm	Oui	Non	Oui	Non	
Cormas	Non (envi)	Non	Non	Oui	
Netlogo	Non (envi)	Oui	Oui	Non	Non
Repast	Oui	Non	Oui	Non	Oui
VLE	Oui	Non	Oui	Non	Oui
GAMA	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

FIGURE 3 – Tableau comparatif de six plates-formes de simulation orientées agents [16]

Nous avons fait le choix de la plate-forme GAMA pour l'implémentation de notre modèle à base d'agents parce qu'elle est plus performante que ses concurrentes connues et de surcroît open

source et multi-plate-forme. Elle intègre un grand nombre de fonctionnalités qui nous seront utiles comme la possibilité d'utiliser des fichiers de localisation géographique SIG. Nous utiliserons la dernière version GAMA 1.7 sortie en 2016



FIGURE 4 – Logo de GAMA

— Choix de l'outil du Système d'Information Géographique

Nous avons plusieurs outils open source à notre disposition tel que : gvSIG, PostGIS, OpenJump. Pour nos données géographiques nous allons utiliser l'outil QGIS à cause son ergonomie qui le rend simple à utiliser et en plus il est gratuite. Donc nous pourrons facilement générer des fichiers SHP (Shapfile) pour l'utiliser dans GAMA. Nous utiliserons la version 2.18.10 sortie en 2017.



FIGURE 5 – Logo de Qgis

— Choix de l'outil de gestion des projets.

Les outils de gestion des projets nous permettrons de faire le suivi quotidien de notre projet. Plusieurs outils s'offrent à nous parmi eux nous avons les applications web tel que BITRIX24 et les applications desktop. Nous avons choisi Project Libre à cause de sa facilité de prise en main.



FIGURE 6 – Logo de project libre

4.2.5 Les données à utiliser pour implémenter la solution

— Nous avons les données qu'on peut utiliser pour simuler l'augmentation de l'eau à Danang.

Source des données : ces données viennent de Mr Nguyen Hong Phuong de l'IGP.

— Nous avons également les données géographiques de ville de Danang (shapfile).

Source des données : extraction sur extract.bbbike.org

4.2.6 Scénario de test

Scénario 1 : Nous lançons la simulation de l'eau, nous observons les différents niveaux que l'eau peut prendre. Ensuite nous stockons les données en sortie (latitude longitude et hauteur)

Scénario 2 : Nous utilisons les données stockées pour simuler l'évacuation des piétons et nous examinons en sortie le pourcentage de survivants.

4.2.7 Critères d'évaluation du modèle

- Pourcentage de survivants élevé.
 - Faible temps d'exécution.
 - Visualisation de la variation du niveau de l'eau.
- C'est sur ces critères que nous évaluerons notre solution.

4.3 Planification des tâches

Pour le suivi quotidien de notre plan de travail nous allons utiliser l'outil ProjectLibre.

4.4 Conclusion partielle : Solution proposée

Dans cette étape de notre TPE nous avons proposé une solution pour résoudre le problème soumis à notre étude. Ensuite nous avons donné les différentes raisons de nos choix, tout en présentant les différentes outils et données dont nous avons besoin pour mettre en place notre solution. Enfin nous avons présenté les différents scénarios de test pour évaluer nos modèles et fait une planification de nous différentes tâches à réaliser.

TABLE 4 – *Tableau de planification des taches*

TRAVAUX	DESCRIPTION	DURÉES ESTIMÉES
Activités préalables	<ul style="list-style-type: none"> — Prise en main de GAMA (apprendre le langage GAML) — Prise en main de QGIS — Extraction et modification des Shapfile du lieu de la simulation 	04 semaines
Conception des Modèles.	<ul style="list-style-type: none"> — Identification des agents — définition des paramètres des deux modèles — Définition des interactions entre les agents et les conditions d'évacuation — Soumission du rapport de conception à l'encadrant — Correction 	02 semaines
Implémentation des différents modèles.	<ul style="list-style-type: none"> — Codage de la simulation de l'eau — Codage de la simulation l'évacuation des piétons — Test des différents programmes — Présentation des programmes à l'encadrant. — Correction des programmes. 	08 semaines
Expérimentation et analyse des résultats.	<ul style="list-style-type: none"> — Exécution des différentes modèles avec différents paramètres. — Analyse des résultats obtenus — Amélioration des codes — Présentation du projet final à l'encadrant. — Faire d'éventuelle correction. 	01 semaine
Rédaction du rapport final.	<ul style="list-style-type: none"> — Assemblage des différents sous rapports. — Soumission de la première version du rapport final à l'encadrant — Correction Soumission du rapport final et la présentation 	01 semaine

PARTIE IV : LA MODELISATION

5 Modélisation du système

5.1 Extraction des Agents

Pour implémenter notre système nous avons proposé deux modèles, alors pour mieux atteindre nos objectifs, nous avons procédé à une analyse approfondie de notre système à mettre en place pour dégager les différents acteurs qui y interviennent. Ainsi, nous avons distingué huit(08) agents principaux qui interviennent dans notre système à savoir six(06) agents mobiles (**Agent Nuage ; Agent Pluie ; Agent Eau ; Agent Personne ; Agent Pompier ; Agent Pluviomètre**) et (02) agents fixes (**Agent Panneau ; Agent Refuge**)

5.2 Modèle de l'eau

5.2.1 Agent Nuage

L'agent nuage est l'agent qui va nous permettre de créer la pluie comme dans la vie réelle. Il se positionne par hasard sur l'environnement. Sa taille peut augmenter jusqu'à atteindre un seuil pour former une pluie. tableau (TABLE 5)

TABLE 5 – *Attributs et Activité d'agent Nuage*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none">— Les coordonnées x,y,z— La taille— La vitesse— Le nombre	<ul style="list-style-type: none">— Se déplacer— Grandir (les nuages grossissent)— Disparaître après un moment que la pluie soit descendue

5.2.2 Agent Pluie

L'agent pluie représentera quant à lui la pluie qui tombe sur la carte. Nous illustrons ci-dessous ses attributs et ses différentes activités ou comportements dans le tableau (TABLE 6)

TABLE 6 – *Attributs et Activité d'agent Pluie*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none">— Une location— La taille— Le nombre— Vitesse	<ul style="list-style-type: none">— Descendre : sous forme de pluie qui tombe— Fin de pluie avec une condition d'arrêt

5.2.3 Agent Eau

L'agent Eau présentera l'inondation, le changement du niveau de l'inondation. Nous illustrons ci-dessous ses attributs et ses différentes activités ou comportements dans le tableau (TABLE 7)

TABLE 7 – *Attributs et Activité d'agent Eau*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none">— Une location— Une taille— Niveau de l'eau	<ul style="list-style-type: none">— Changer de niveau de l'eau pour permettre de montrer que l'eau augment.— Se Propager sur la carte.

5.3 Modèle de l'évacuation

5.3.1 Agent Personne en danger

L'agent personne ici représente la population qui se trouve la zone de danger. Nous illustrons ci-dessous ses attributs et ses différentes activités ou comportements dans le tableau (TABLE 8)

TABLE 8 – *Attributs et Activité d'agent Personne*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none">— Un location (par hasard dans la zone à risque)— La vitesse courante de déplacement— Le rayon d'observation	<ul style="list-style-type: none">— Évacuer— Trouver la position du refuge.— Suivre les panneaux qui mènent au lieu de refuge— Mourir.

5.3.2 Agent Pluviomètre

L'agent pluviomètre va présenter l'évolution du niveau de l'eau, c'est lui qui va déclencher l'inondation. Nous illustrons ci-dessous ses attributs et ses différentes activités ou comportements dans le tableau (TABLE 9)

TABLE 9 – *Attributs et Activité d'agent Pluviomètre*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none"> — Une position — taille — taille seuil — taille maximale 	<ul style="list-style-type: none"> — Augmentation

5.3.3 Agent Refuge

L'agent refuge constitue le lieu d'abri pour de l'évacuation. Nous illustrons ci-dessous ses attributs et ses différentes activités ou comportements dans le tableau (TABLE 10)

TABLE 10 – *Attributs et Activité d'agent Refuge*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none"> — Une position 	<ul style="list-style-type: none"> — Signaler sa position(target)

5.3.4 Agent Panneau

Les panneaux servent à guider les évacués vers la zone de refuge. Nous illustrons ci-dessous ses attributs et ses différentes activités ou comportements dans le tableau (TABLE 11)

TABLE 11 – *Attributs et Activité d'agent Panneau*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none"> — Les coordonnées courantes (x,y) 	<ul style="list-style-type: none"> — Montrer l'indication.

5.3.5 Agent Pompier

Les panneaux servent à guider les évacués vers la zone de refuge. Nous illustrons ci-dessous ses attributs et ses différentes activités ou comportements dans le tableau (TABLE 12)

TABLE 12 – *Attributs et Activité d'agent Pompier*

Attributs	Activités
<ul style="list-style-type: none">— Les coordonnées courantes (x,y)— Puissance— Vitesse— Rayon d'observation	<ul style="list-style-type: none">— Aider les personnes en difficultés— Contrôler la marche vers le refuge

5.4 Diagramme de classe du modèle de l'eau

Après cette analyse approfondie que nous avons faite le diagramme de classe du modèle de l'eau , la figure (FIGURE 7) ci-dessous présente le diagramme de classe obtenu.

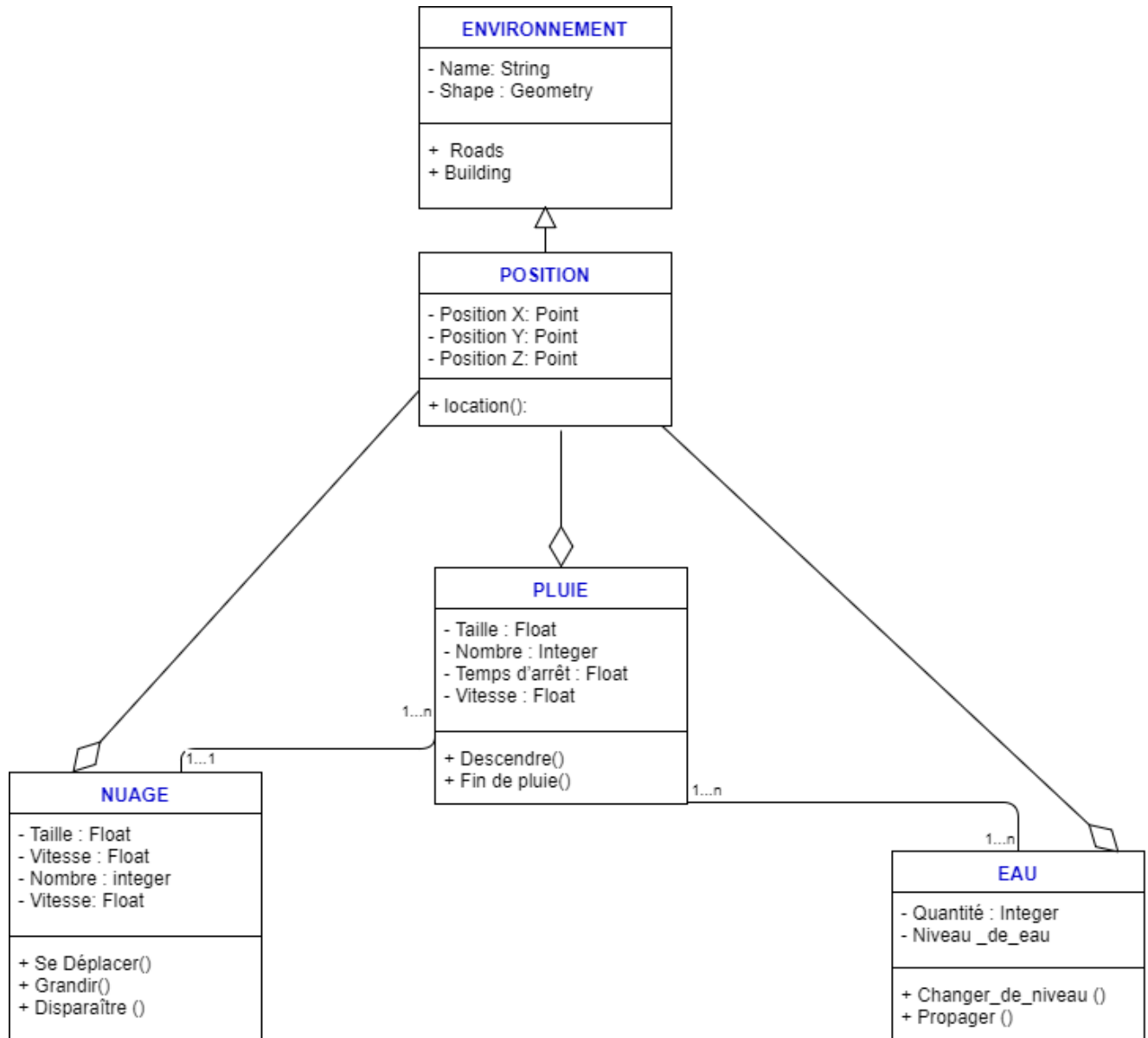


FIGURE 7 – Diagramme de classe de notre système

5.5 Diagramme de classe du modèle de l'évacuation

la figure (FIGURE 8) ci-dessous présente le diagramme de classe du modèle de l'évacuation .

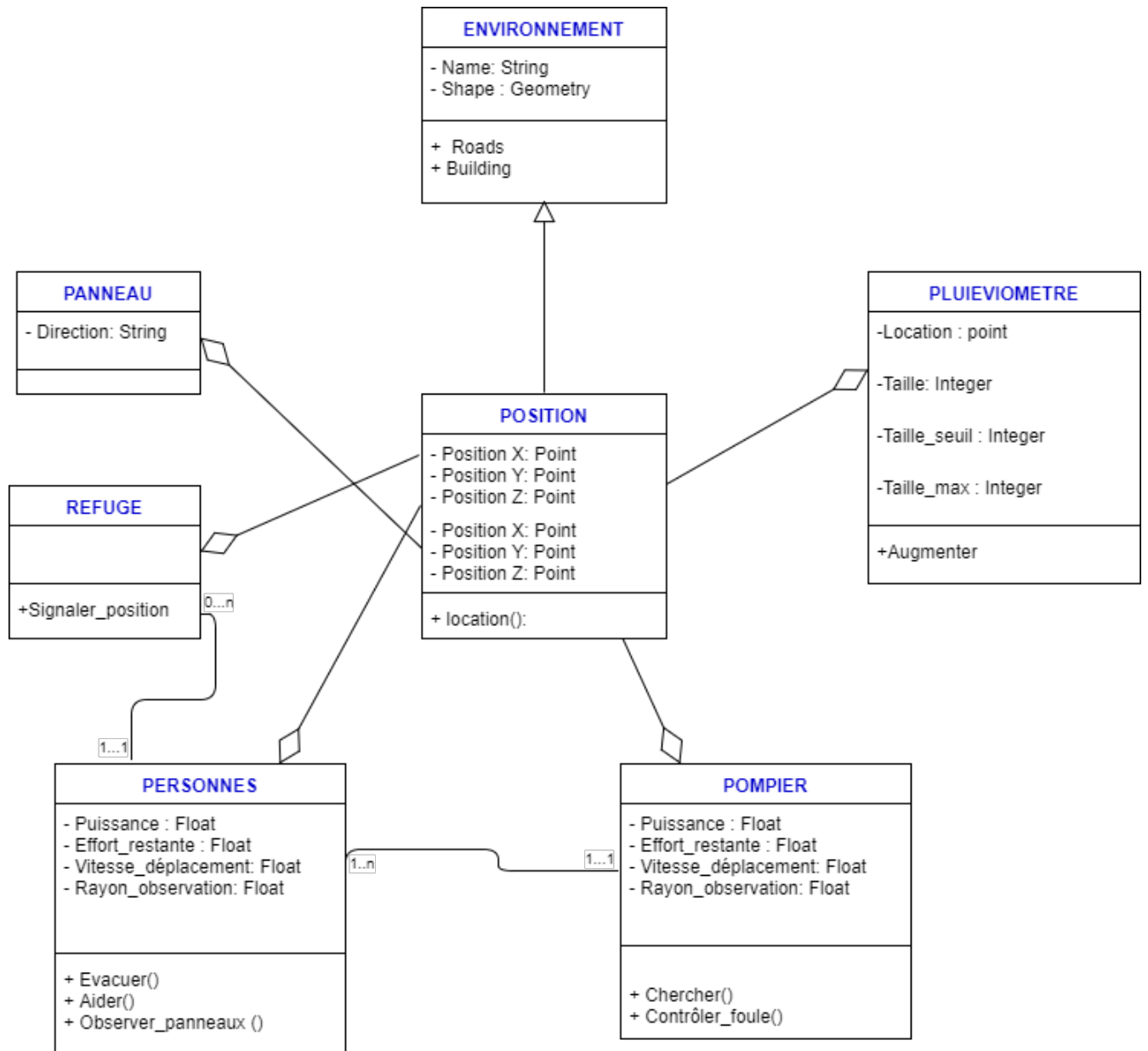


FIGURE 8 – Diagramme de classe de notre système

PARTIE IV : LA SIMULATION

6 Simulation

Après la phase de modélisation, nous procédons à celle de simulation. Au cours de cette phase nous allons définir notre environnement, les données et les différents scénarios que nous avons mis en place.

6.1 Environnement de simulation

Pour implémenter notre modèle nous avons utilisé la plateforme GAMA, la version 1.7 Nous avons également utilisé l'outil QGIS pour concevoir les shapefiles de notre environnement, sur ces dernières vous pouvez constater les polygones qui représentent les centre d'urgence, les routes.



FIGURE 9 – dessin shafile conçu sur Qgis pour le modèle d'évacuation

6.2 Les données utilisées

Au cours de cette implémentation, les données utilisées sont consignées dans ce tableau ci-dessus.

6.3 Les scénarios à mettre en places

- . Pour concevoir notre modèle nous nous sont basé sur deux(2) scénarios principaux.
- Senario 1 : Simulation d'un moment de pluie pour visualiser les différents changement de niveau de l'eau(augmentation de l'eau).
- Sénario 2 : Simulation de l'évacuation des personnes dans les zones à risque vers une zone de refuge.

6.4 Implémentation

Les codes sources de cette implémentation seront joint a ce rapport.

	INPUT	OUTPUT
Modèle de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nombre de nuage ✓ Quantité d'eau qui tombe ✓ Perméabilité du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Graphe niveau de l'eau
Modèle d'évacuation	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Niveau maximal de l'eau ✓ Nombre de Personne à évacuer 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de personnes sauvées

FIGURE 10 – Les données

6.4.1 Implémentations des différents modèles

- **Modèle de l'eau** : Nous avons dans un premier temps extraire le shapfile d'une zone de la ville de DaNang (Vietnam) et nous avons importer dans la plate forme GAMA. Ensuite nous avons crée nos agents nuages que nous avons positionné de manière hasardeuse sur notre environnement. Ces nuage grandissent et a une taille donnée elles créent la pluie qui tombe sur la carte. A une certaine quantité, cette pluie engendre l'inondation qui englouti les maison et les routes.
- **Modèle de l'évacuation** : Au lancement de l'application, nous avons un agent appelé pluviomètre qui montre l'augmentation du niveau de l'eau (inondation). Lorsque le niveau de l'eau atteint un seuil donné, nous déclenchons l'évacuation des personnes. Cette évacuation consiste a faire migrer toutes les personnes de la zone dite zone de danger vers un lieu de refuge et nous comptons le nombre de personne sauvée et décédée. En fait au debut de la simulation nous rentré le niveau maximal de l'eau que les personnes peuvent pas être évacuation donc lorsque ce niveau est atteint les personnes qui ne seront pas arrivées dans la zone de sécurité meurent. et le déplacement des personnes est en fonction de leurs vitesses et de l'environnement.

PARTIE VI : EXPERIMENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

7 Expérimentations et Analyse des résultats

7.1 Expérimentations et résultats

7.1.1 Modèle de l'inondation

Nous commençons les expérimentations avec le modèle de la simulation de l'inondation. Comme paramètre d'entrée nous avons :

- Nombre de nuage : 300 ;
- perméabilité du sol : 0.1 ;
- Nombre de pluie : 50 ;
- Vitesse de descente de la pluie : 1.0 ;

Après les paramétrages nous affichons les agents sur la carte (La FIGURE 11). Les sphères blanche et grise au dessus de l'environnement représentent les nuages. Les polygones multi-couleurs représentent les buildings et les lignes noires les routes.

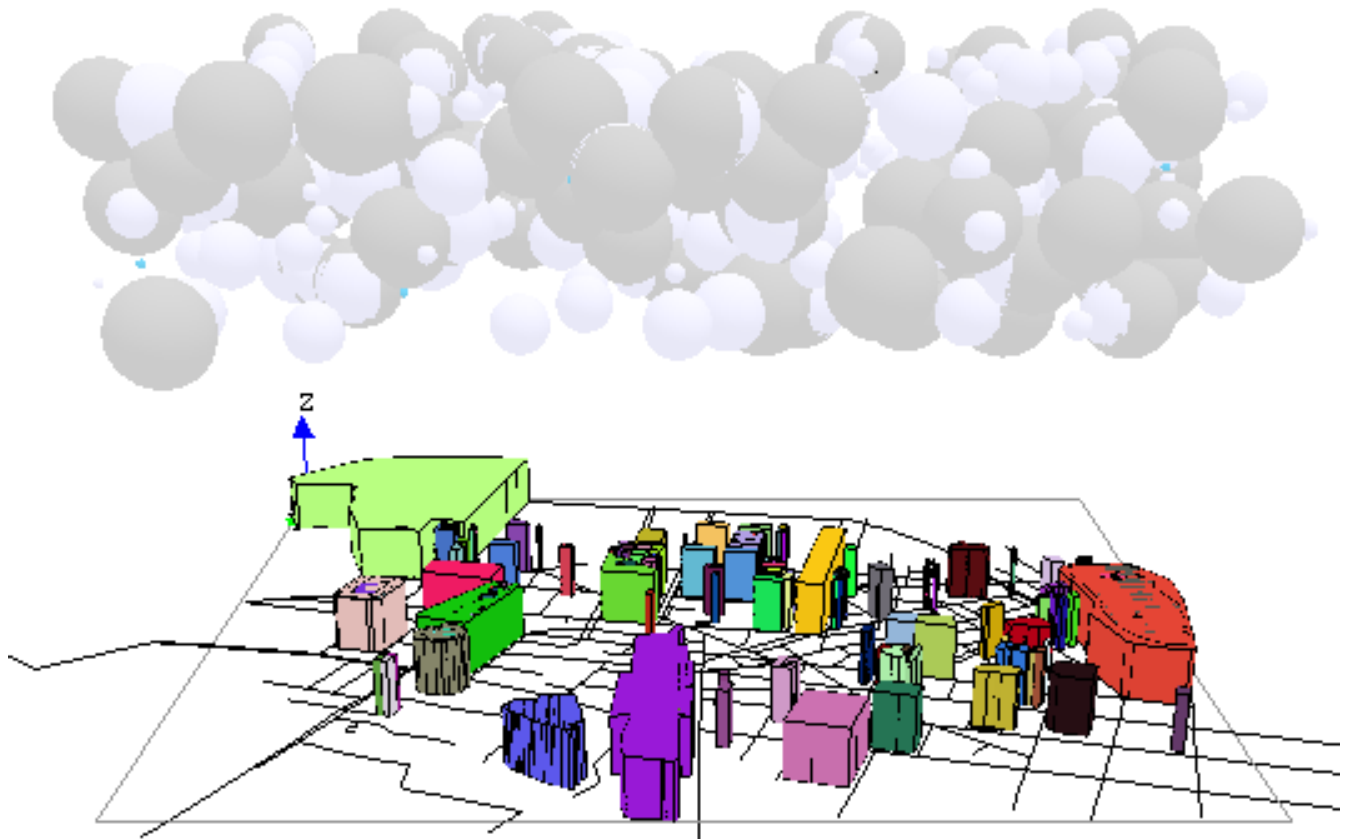


FIGURE 11 – *Visualisation des Agents au début de la simulation*

Alors nous lançons la simulation, la (FIGURE 12) présente le résultat obtenu, nous constatons la pluie qui tombe.

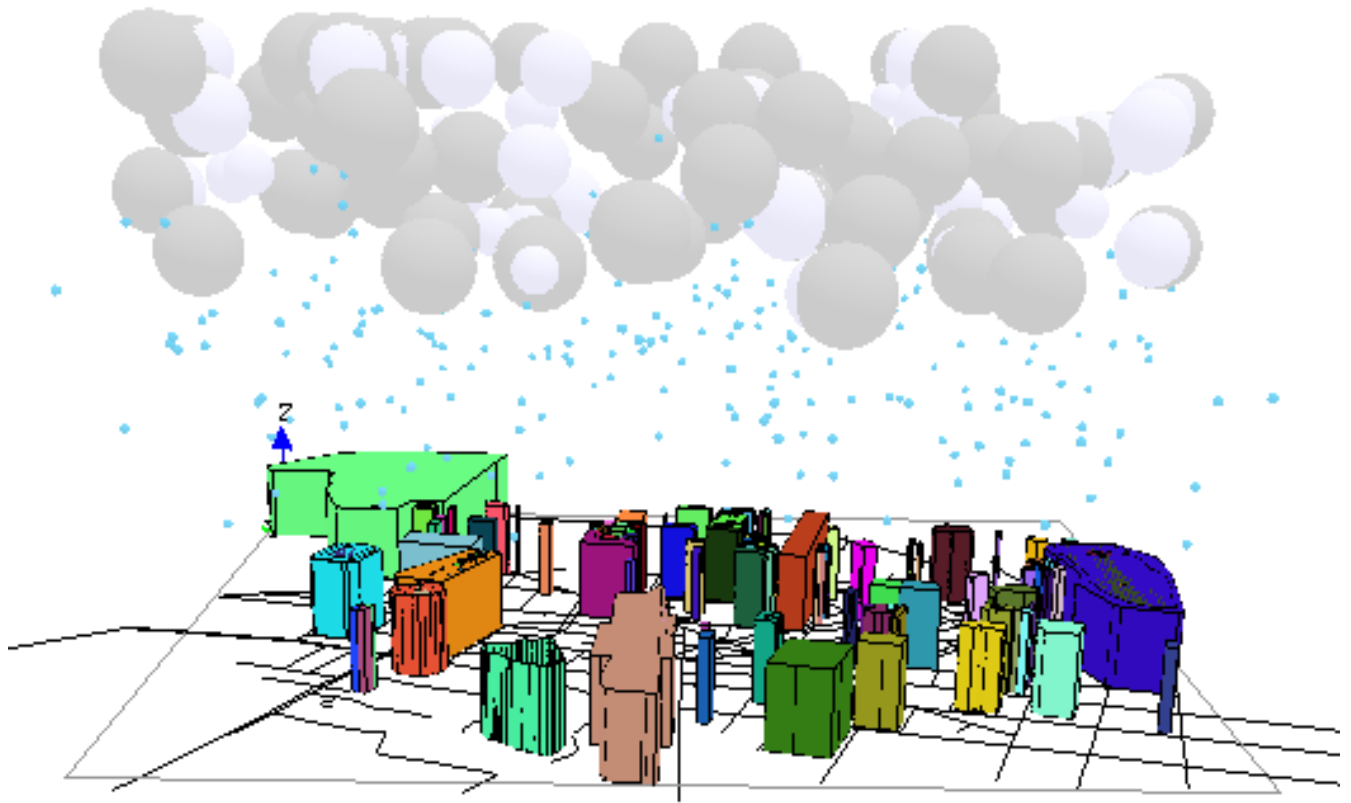


FIGURE 12 – *Affichage de la pluie*

En effet lorsque nous lançons la simulation, les nuages qui au départ ont une taille donnée grossissent et créent la pluie et disparaissent. Cette pluie arrivée sur la carte crée l'inondation qui engloutit la ville. comme nous l'observons sur la (FIGURE 13)

La (FIGURE 14) présente l'évolution du niveau de l'eau en fonction de la taille maximal que nous avons fixé.

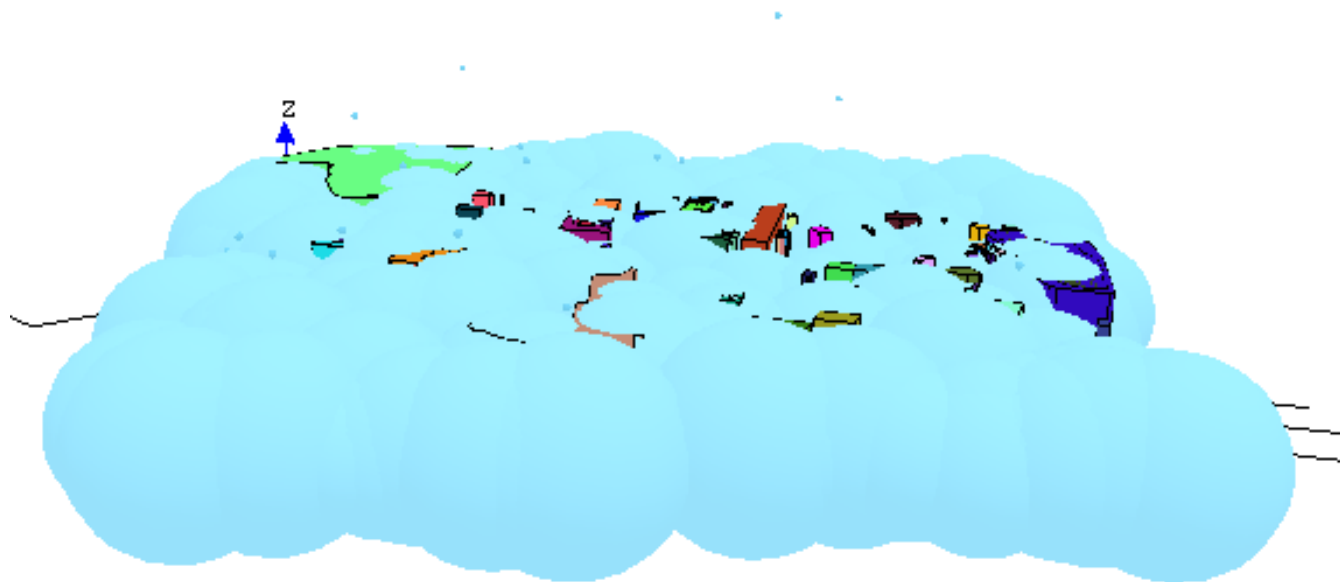


FIGURE 13 – Affichage de l'inondation

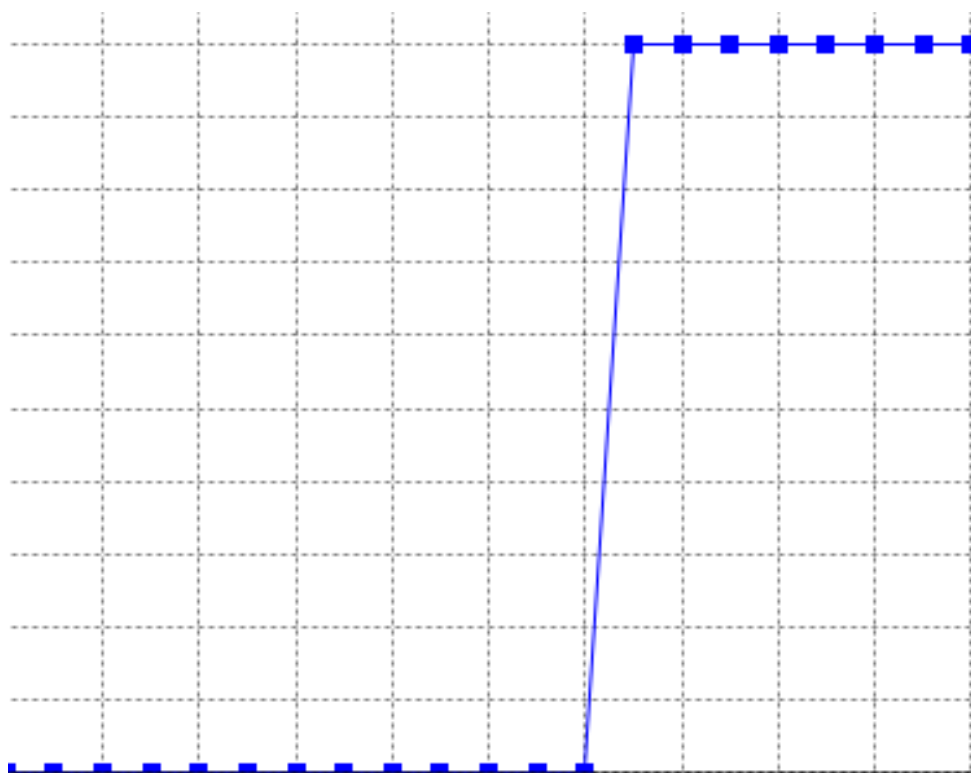


FIGURE 14 – Graphe d'évolution du niveau de l'eau

7.1.2 Modèle de l'évacuation

Dans ce modèle nous arrêtons la simulation dans deux cas de figure :

- lorsque toutes personnes arrivent dans la zone de refuge avant que l'inondation n'atteigne son niveau maximal(niveau de danger)
- lorsque l'eau atteint le niveau de danger, toutes les personnes qui sont pas arrivées dans la zone de refuge sont considérer comme morte et la simulation s'arrête.

Comme paramètre d'entrée nous avons :

- le niveau maximal de l'eau.
- le nombre de personne dans la zone de danger.

cela est illustré sur la (FIGURE 15) : Et en sortie nous avons le pourcentage de survivant.

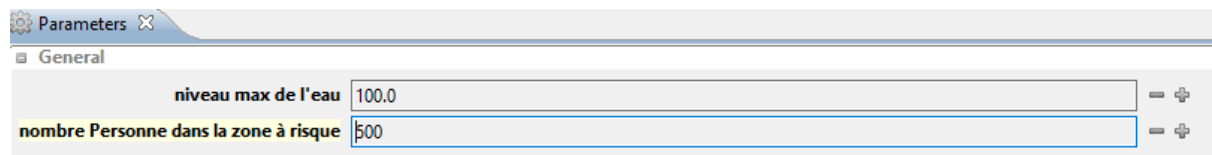


FIGURE 15 – Paramètres d'entrées

Sur la (FIGURE 16) nous, pouvons observer l'état initial de la simulation. Au début nous avons les personnes qui sont dans l'univers que nous avons dessus sous Qgis (les bâtiments, les routes, les panneaux de guidage). Sur cette même figure nous constatons que l'agent pluviomètre(entouré en rouge) est a l'état initial. Nous lançons la simulation et nous pouvons observer les résultats

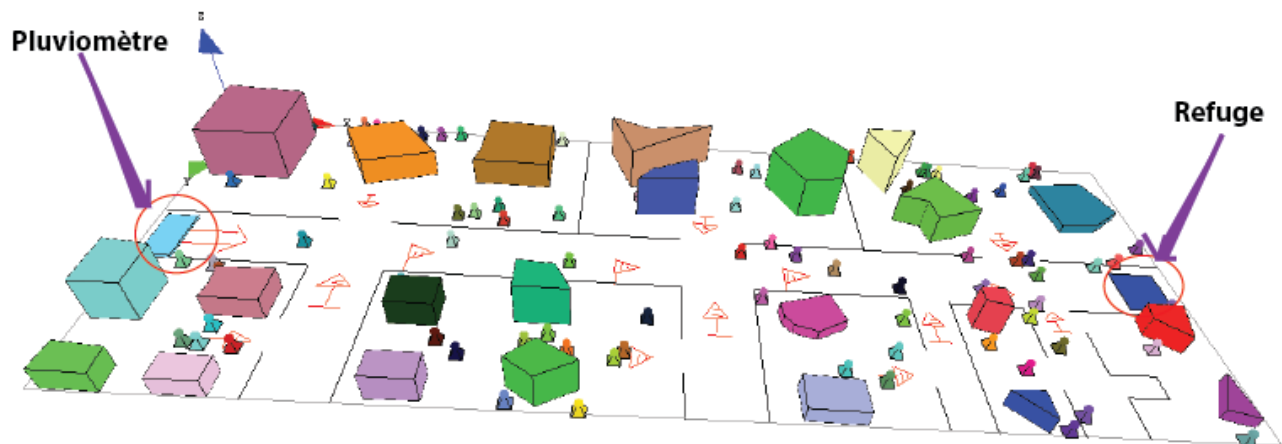


FIGURE 16 – Initialisation de la simulation avec 100 personnes

obtenus sur les (FIGURE 17) et (FIGURE 19).

Lorsque les personnes arrivent dans la zone de refuge nous comptons pour savoir on a pu sauver et combien sont mortes

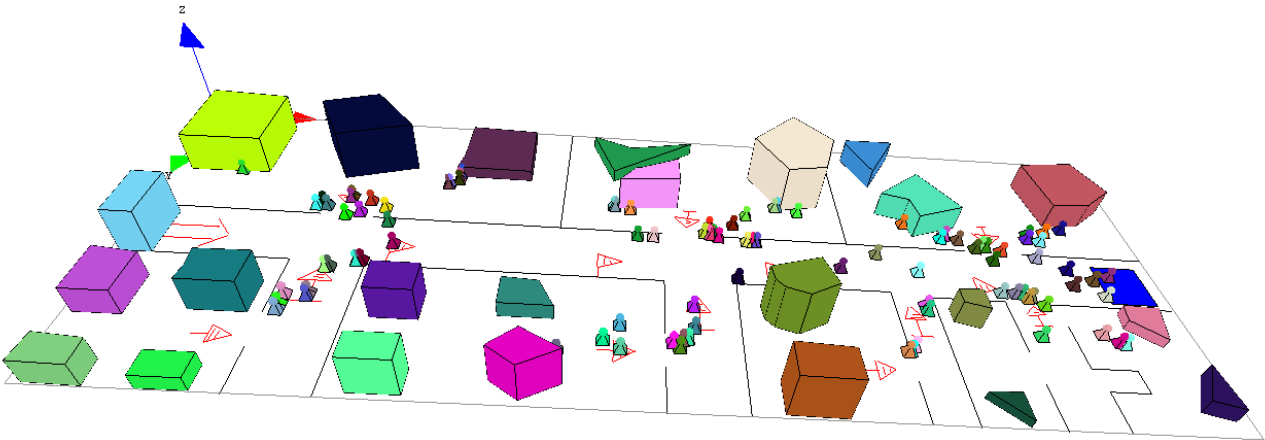


FIGURE 17 – Déclenchement de l'évacuation des 100 personnes

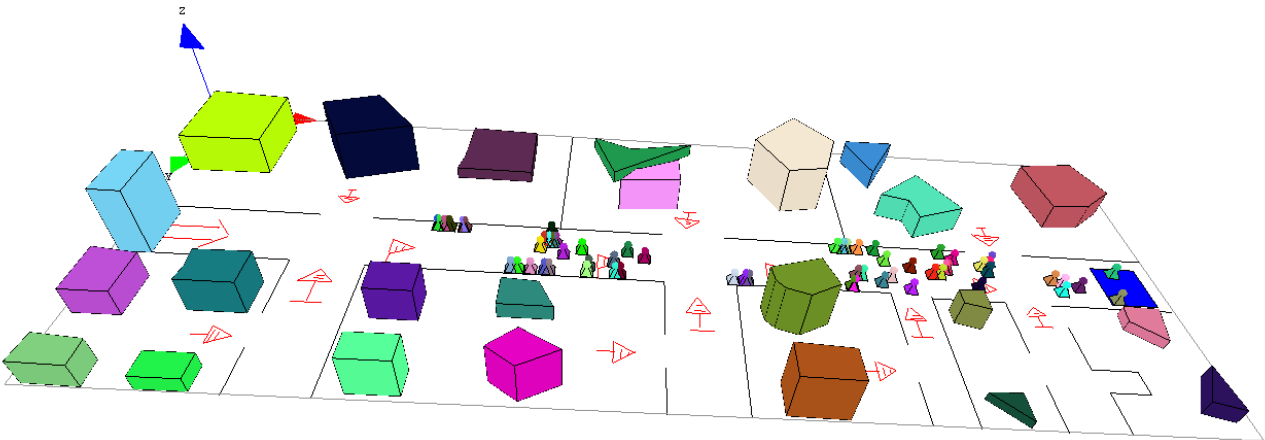


FIGURE 18 – Capture à l'arrivée au refuge

La (FIGURE 20) présente les statistiques obtenus.

- La courbe en Bleu représente le niveau de l'eau ;
- Celle en Jaune représente le nombre de personne à évacuer ;
- Quant à la courbe en rouge elle représente le pourcentage de personne sauvées.

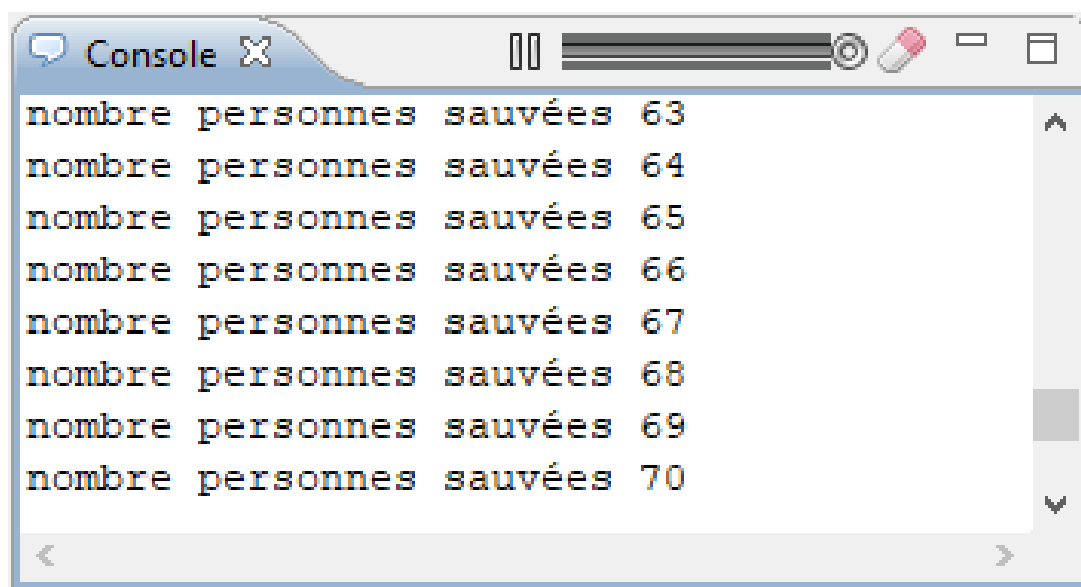


FIGURE 19 – Capture du compteur des personnes sauvées

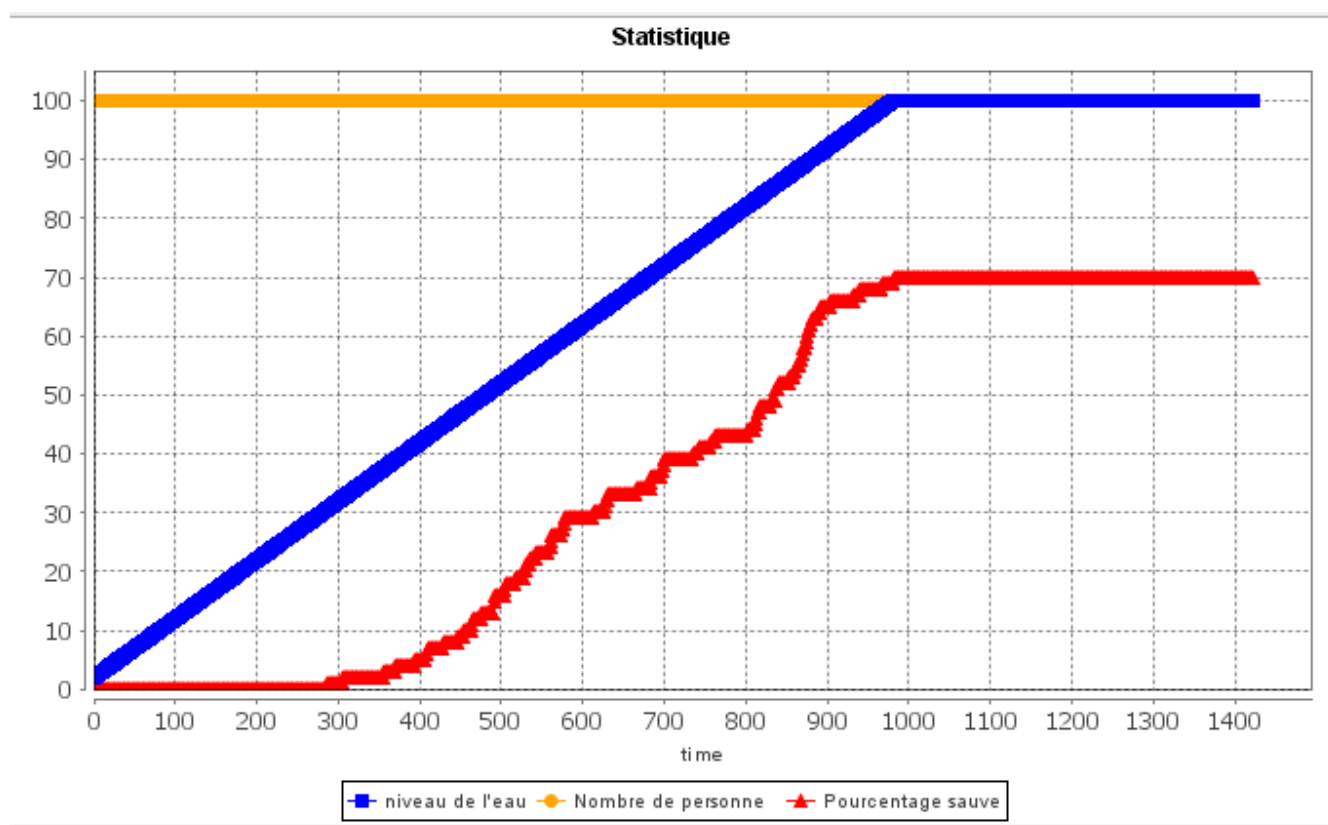


FIGURE 20 – Graphe des personnes sauvées(100 personnes)

Pour mieux analyser le comportement de notre modèle nous avons effectué plusieurs expérimentations dont les résultats sont sur les (FIGURE 21), (FIGURE 22), (FIGURE 23), (FIGURE 24), (FIGURE 25)

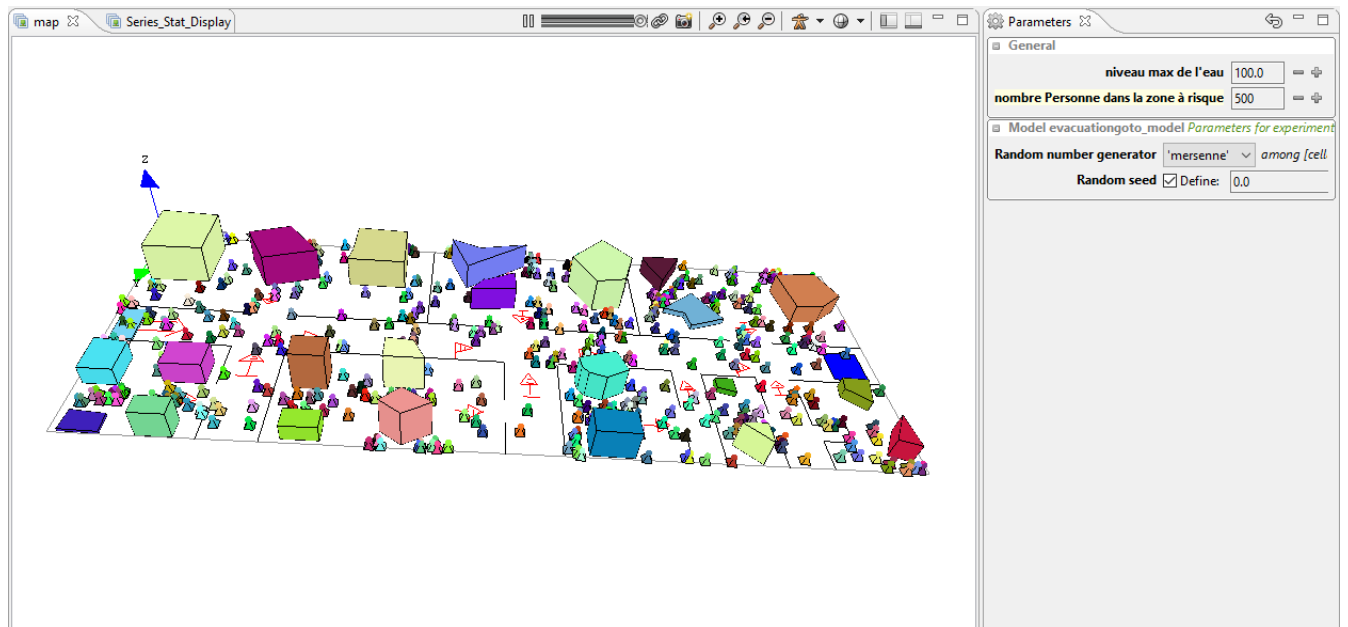


FIGURE 21 – Initialisation de la simulation avec 500 personnes

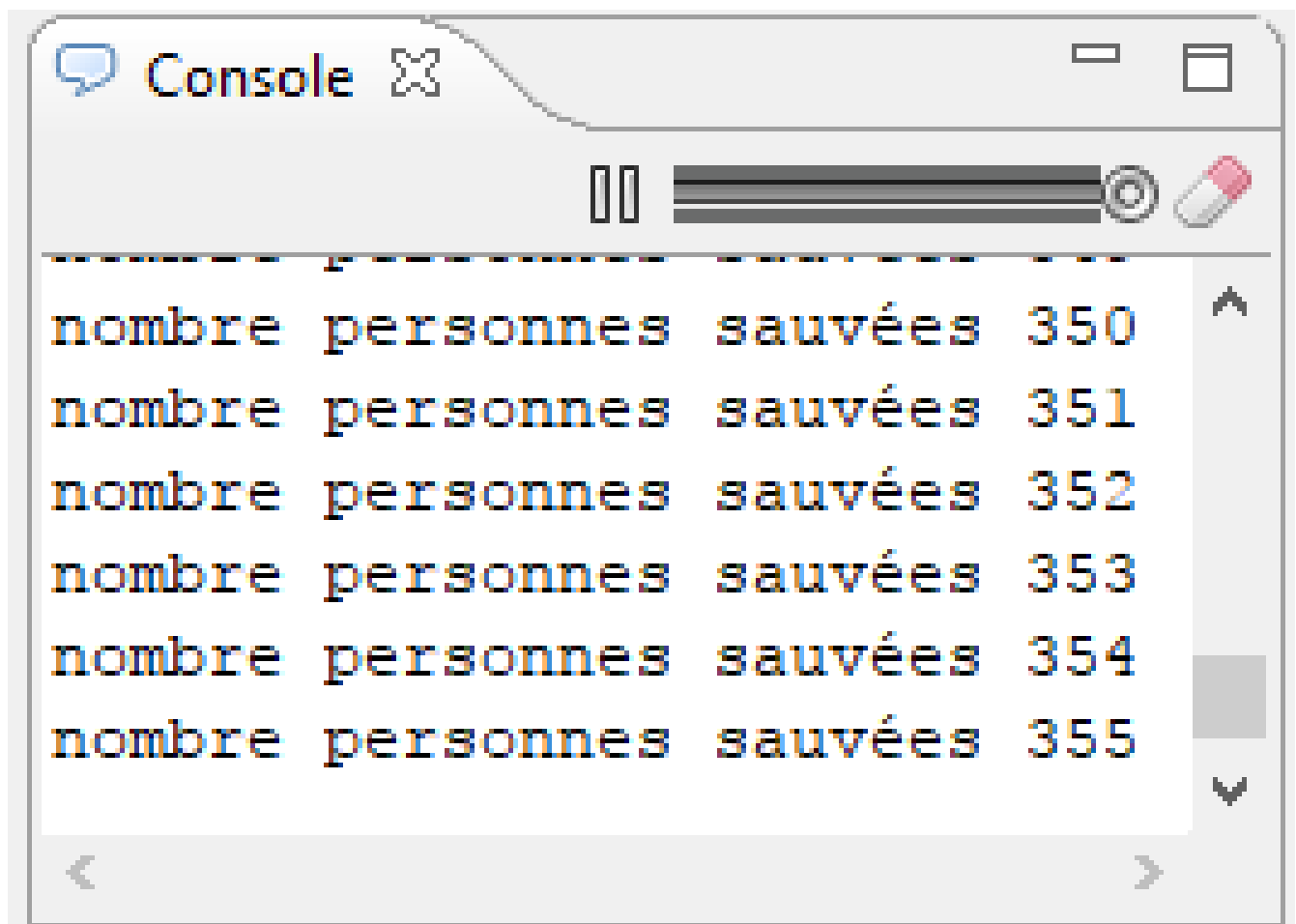


FIGURE 22 – compteurs des personnes sauvées(500 personnes)



FIGURE 23 – Graphe des personnes sauvées(500 personnes)

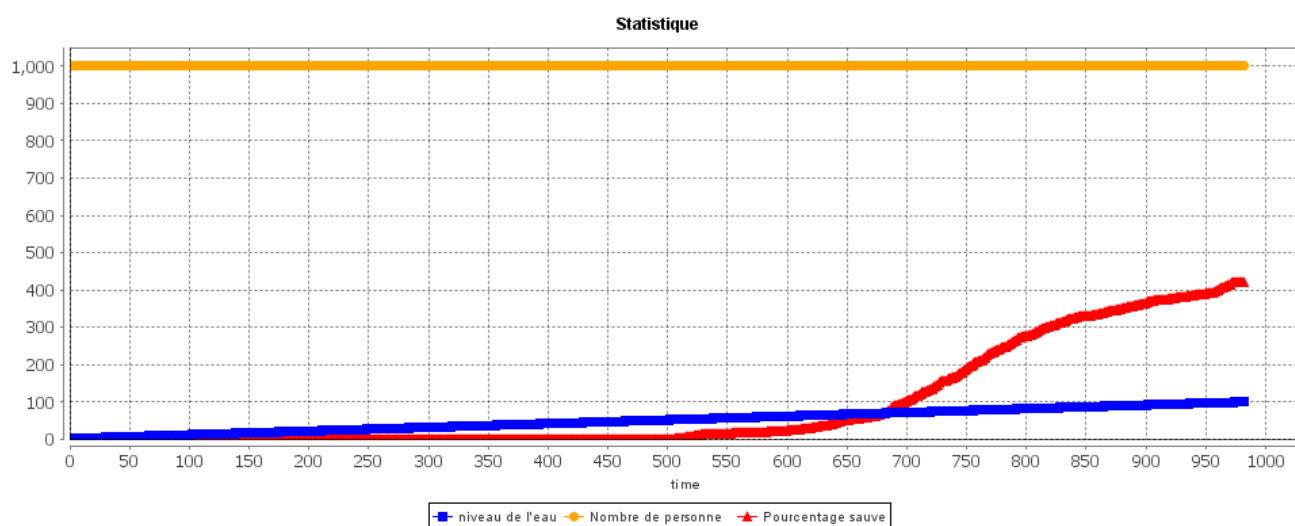


FIGURE 24 – Graphe des personnes sauvées(1000 personnes)avec niveau de l'eau à 100

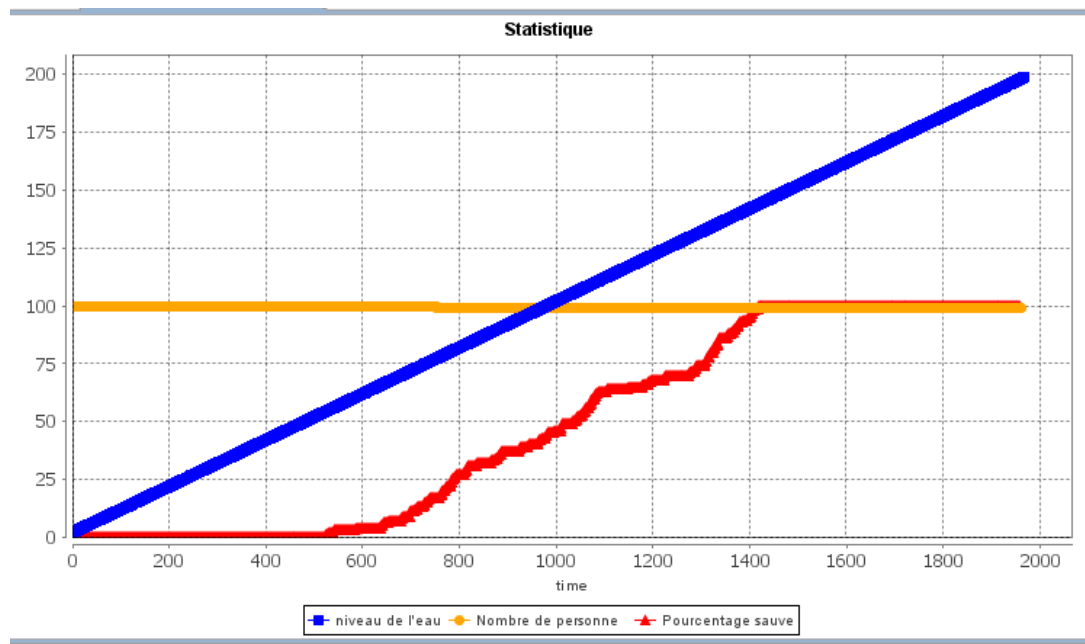


FIGURE 25 – *Graphe des personnes sauvées(1000 personnes)avec niveau de l'eau à 200*

7.2 Analyse des résultats

Le résultat de la première expérimentation indiqué dans la (FIGURE 20), donne 70% de personne sauvée. Le but étant de sauver le maximum de personne alors nous a amené à revoir le seuil du niveau que le peut atteindre avant de déclencher l'évacuation. Ce paramètre est très important dans la gestion des catastrophe d'inondations. Cela dit si nous arrivons à trouver le niveau auquel nous pouvons commencer à évacuation des personnes dans les zones à risque, nous arriverons à maximiser le nombre de survivant. Nous justifions nos propos en comparant les résultats de la (FIGURE 24) et la (FIGURE 25). Dans un premier temps nous simulons l'évacuation de 1000 personnes avec un niveau maximal de 100 d'eau et comme seuil les un tiers du niveau maximal de d'eau et au résultat nous constatons que la pourcentage de personnes sauvées atteind a peine les 40% . Par contre lorsque dans une seconde expérimentation, lorsque nous doublons le niveau maximal de l'eau (200) "cela dit le seuil qui est de un tiers sera augmenté dans cette étape", nous constatons que que toutes les personnes ont été sauvé (100% de survivants).

Au regard de toutes nos expérimentations que nous avons au cours de ce travail nous retenons si nous voulons sauver toutes les personnes qui se trouve dans une zone favorable à l'inondation, il y a quatre (4) paramètres qu'il faut maîtriser :

- le niveau d'eau pour alerter la population à évacuer
- la distance des points de refuges ;
- la communication entre les agents,
- la vitesse dans le processus d'évacuation.

8 Conclusion générale

Notre travail avait pour principal but de proposer un modèle de simulation à base d'agent permettant d'évacuer les personnes se trouvant dans une zone à risque dans une catastrophe d'inondation. Pour ce faire une étude théorique a été menée dans un premier temps. Au cours de cette étude théorique, nous avons d'abord effectué une analyse profonde de notre sujet : cette analyse nous a permis de dégager le contexte et les problèmes liés à notre sujet. Après avoir bien compris notre sujet nous sommes lancés dans la recherche bibliographique pour connaître ce qui a été effectué par les autres sur notre sujet afin d'apporter des améliorations ou de ne pas refaire ce qui existe déjà. Quand nous avons fini ces deux étapes précitées, nous avons proposé notre solution en accord avec nos encadrants.

Dans une deuxième partie : la partie pratique nous avons tout d'abord défini l'ensemble des agents (leurs activités de même que leurs attributs) qui composent notre système. Il s'agissait essentiellement des agents personne, pluviomètre, eau, etc... Après avoir défini nos agents, nous avons fait la conception du modèle dans laquelle nous avons illustré les différents diagrammes associés.

À l'issue de la conception nous avons implémenté le modèle et élaboré des cas de simulations. L'analyse des résultats obtenus nous permet de dire que notre modèle est optimal. Nous tenons à souligner également que les résultats en sortis dépendent fortement des paramètres d'entrées que sont le nombre de personnes en danger, le niveau maximal de l'eau.

Cependant, les modèles que nous avons implémentés sont des modèles simplifiés c'est pourquoi des améliorations considérables sont envisagées.

Perspectives : En perspective, nous comptons améliorer notre modèle en implémentant **un agent pompier** qui aura pour rôle principal d'aider les personnes à évacuer ce qui nous permettrait d'accroître le nombre de personnes sauvées. Aussi nous envisageons de prendre en compte la communication entre les agents afin d'atteindre le but principal.

Difficultés rencontrées : Au cours de ce travail nos difficultés ont été de trois(3) ordres :

- Au niveau matériel : l'ordinateur à notre disposition ne nous a pas permis de faire des expérimentations avec des données de grandes tailles.
- Au niveau de la méconnaissance du domaine des systèmes multi-agents au début du travail.
- Au niveau du temps de travail : nous avons rencontré beaucoup de problème car il fallait concilier les cours à l'IFI et le travail ce qui nous mettait en retard quelques fois.

9 Références

Références

- [1] K Matsuo, L Natainia, and F Yamada. Flood and evacuation simulations for urban flooding. In *5th International Conference on Flood Management*, pages 391–398, 2011.
- [2] Van-Minh Le, Yann Chevaleyre, Jean-Daniel Zucker, and Ho Tuong Vinh. Approaches to optimize local evacuation maps for helping evacuation in case of tsunami. In *International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management in Mediterranean Countries*, pages 21–31. Springer, 2014.
- [3] Dirk Helbing, Illes J Farkas, Peter Molnar, and Tamás Vicsek. Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations. *Pedestrian and evacuation dynamics*, 21(2) :21–58, 2002.
- [4] Francien Dechesne, Hiromitsu Hattori, Adriaan ter Mors, Jose Miguel Such, Danny Weyns, and Frank Dignum. *Advanced Agent Technology : AAMAS Workshops 2011, AMPLE, AOSE, ARMS, DOCM3AS, ITMAS, Taipei, Taiwan, May 2-6, 2011. Revised Selected Papers*, volume 7068. Springer Science & Business Media, 2012.
- [5] Richard D Peacock, Bryan L Hoskins, and Erica D Kuligowski. Overall and local movement speeds during fire drill evacuations in buildings up to 31 stories. In *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, pages 25–35. Springer, 2011.
- [6] Richard J Dawson, Roger Peppe, and Miao Wang. An agent-based model for risk-based flood incident management. *Natural hazards*, 59(1) :167–189, 2011.
- [7] Patrick Taillandier, Duc-An Vo, Edouard Amouroux, and Alexis Drogoul. Gama : a simulation platform that integrates geographical information data, agent-based modeling and multi-scale control. In *International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, pages 242–258. Springer, 2010.
- [8] Bharat Kunwar, Filippo Simini, and Anders Johansson. Large scale pedestrian evacuation modeling framework using volunteered geographical information. *Transportation Research Procedia*, 2 :813–818, 2014.
- [9] Yuling Liu, Norio Okada, Dayong Shen, and Shuoqi Li. Agent-based flood evacuation simulation of life-threatening conditions using vitae system model. *Journal of Natural Disaster Science*, 31(2) :69–77, 2009.
- [10] Erick Mas, Anawat Suppasri, Fumihiko Imamura, and Shunichi Koshimura. Agent-based simulation of the 2011 great east japan earthquake/tsunami evacuation : An integrated model of tsunami inundation and evacuation. *Journal of Natural Disaster Science*, 34(1) :41–57, 2012.
- [11] Keisuke Uno and Kazuo Kashiya. Development of simulation system for the disaster evacuation based on multi-agent model using gis. *Tsinghua Science & Technology*, 13 :348–353, 2008.

- [12] Slobodan P Simonovic and Sajjad Ahmad. Computer-based model for flood evacuation emergency planning. *Natural Hazards*, 34(1) :25–51, 2005.
- [13] Thi Ngoc Anh Nguyen, Jean Daniel Zucker, Manh Hung Nguyen, Alexis Drogoul, and Hong Phuong Nguyen. Simulation of emergency evacuation of pedestrians along the road networks in nhatrang city. In *Computing and Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future (RIVF), 2012 IEEE RIVF International Conference on*, pages 1–6. IEEE, 2012.
- [14] L Leclercq and S Moutari. Hybridization of a class of “second order” models of traffic flow. *Simulation modelling practice and theory*, 15(8) :918–934, 2007.
- [15] Nguyen Thi Ngoc Anh, Zucker Jean Daniel, Nguyen Huu Du, Alexis Drogoul, and Vo Duc An. A hybrid macro-micro pedestrians evacuation model to speed up simulation in road networks. In *International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pages 371–383. Springer, 2011.
- [16] Edouard Amouroux. *Kimono : une méthode de modélisation descriptive centrée agent pour l’explication des systèmes complexes, une application en épidémiologie*. PhD thesis, Paris 6, 2011.
- [17] Mordechai Haklay, David O’Sullivan, Mark Thurstain-Goodwin, and Thorsten Schelhorn. “so go downtown” : Simulating pedestrian movement in town centres. *Environment and planning B : Planning and design*, 28(3) :343–359, 2001.
- [18] Damienne Provitolo. Modélisation et simulation du risque d’inondation en milieu urbain méditerranéen. In *Analyse et modélisation des dynamiques*, pages 1–12, 2001.
- [19] AS Mordvintsev, VV Krzhizhanovskaya, MH Lees, and PMA Sloot. Simulation of city evacuation coupled to flood dynamics. In *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2012*, pages 485–499. Springer, 2014.
- [20] Jamal Abdul Naser Shokory, Jun-ichiro Giorgos Tsutsumi, and Kazuhito Sakai. Flood modeling and simulation using iric : A case study of kabul city. In *E3S Web of Conferences*, volume 7, page 04003. EDP Sciences, 2016.