



Travail **P**ersonnel **E**ncadré

SUJET :

SIMULATION D'EVACUATION EN CAS D'INONDATION

RAPPORT PARTIE THEORIQUE

Rédigé par :

KOUADIO Kouamé Olivier

Encadrant local:

M. HO Tuong Vinh

Encadrant extérieur :

M. LE Van Minh

INTRODUCTION

GENERALE.....4

PARTIE I : ANALYSE DU SUJET

I-ANALYSE DU SUJET.....7

I.1- Contexte.....7

I.2- Domaine d'étude.....7

I.3- Problématique.....7

I.4- Définition des mots clés.....8

I.5- Outils à utiliser.....8

I.6- Travaux à réaliser.....8

I.7- Difficultés à prévoir.....9

I.8- Résultats attendus 9

PARTIE II : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

II-ETAT DE L'ART.....12

II.1-Avant-propos.....12

II.2- Méthode de prévention et de guidage12

II.3- Modèles Mathématiques13

II.3.1- *Modèle à Base d'Equation (EBM)*14

II.3.2- *Modèle stochastique*.....14

II.3.3- *Modèle programmation linéaire*.....14

II.3.4- *Avantages et limites des modèles mathématiques*.....14

II.4- Modèles à Base d'Agents (ABM).....14

II.4.1- *Avantages et limites des Modèles à base d'Agents*.....15

II.5- Modèles Hybrides (HBM)15

II.6- Analyse de quelques travaux effectués sur le sujet.....15

II.7- Conclusion.....17

PARTIE III : SOLUTION PROPOSEE ET PLANFICATION DES TACHES

III- SOLUTION PROPOSEE ET PLANFICATION DES TACHES.....	20
III.1- Avant-propos.....	20
III.2- Proposition de solution.....	20
III.2.1- <i>Rappel des méthodes de l'Etat de l'Art</i>	20
III.2.2- <i>Solutions proposées</i>	21
III.2.3- <i>Avantages et limites de la solution</i>	23
III.2.4- <i>Les outils à utiliser pour implémenter la solution</i>	23
III.2.5- <i>Les données à utiliser pour implémenter la solution</i>	25
III.2.6- <i>Scénario de test</i>	25
III.2.7- <i>Critères d'évaluation du modèle</i>	25
III.3- Planification des taches.....	26
III.4- Conclusion.....	27
CONCLUSION GENERALE.....	27
REFERENCES.....	28

INTRODUCTION GENERALE

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 présente le travail effectué dans la partie théorique 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 : *Eta 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.

RAPPORT ANALYSE DU SUJET

PARTIE I :

ANALYSE DU SUJET

Contenu

I.1- Contexte.....	7
I.2- Domaine d'étude.....	7
I.3- Problématique.....	7
I.4- Définition des mots clés.....	8
I.5- Outils à utiliser.....	8
I.6- Travaux à réaliser.....	8
I.7- Difficultés à prévoir.....	9
I.8- Résultats attendus	9

I.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.

I.2- Domaine d'étude

Ce sujet soumis à notre réflexion dans le cadre de 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 orientée agent pour résoudre le problème soumis à notre étude.

I.3- Problématique

De nos jours, la simulation intervient dans tous les domaines car elle constitue une aide fondamentale à la prise de 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 de 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 ?

I.4- Définition des mots clés.

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

I.5- 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.

I.6- 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.
- ✓ Ecrire les différents rapports
- ✓ Et faire la soutenance finale

I.7- 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

I.8- 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. Nous allons réaliser ce travail sur la plateforme 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.

RAPPORT ETAT DE L'ART

PARTIE II :

ETAT DE L'ART

Contenu

II.1 – Avant-propos.....	12
II.2– Méthode de prévention et de guidage.....	12
II.3– Modèles Mathématiques.....	13
II.3.1– <i>Modèle à Base d'Equation (EBM)</i>	14
II.3.2– <i>Modèle stochastique</i>	14
II.3.3– <i>Modèle programmation linéaire</i>	14
II.3.4– <i>Avantages et limites des modèles mathématiques</i>	14
II.4– Modèles à Base d'Agents (ABM).....	14
II.4.1– <i>Avantages et limites des Modèles à base d'Agents</i>	15
II.5– Modèles Hybrides (HBM).....	15
II.6– Analyse de quelques travaux effectués sur le sujet.....	15
II.7– Conclusion.....	17

II.1-Avant-propos

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.

II.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] 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 tout de même 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 [K Matsuo et al, 2011] 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 emprunter 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, 2014] à proposer une approche plus efficace. Dans cet article [Van-Minh Le et al, 2014] 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. L'image ci-dessous en est une parfaite illustration.

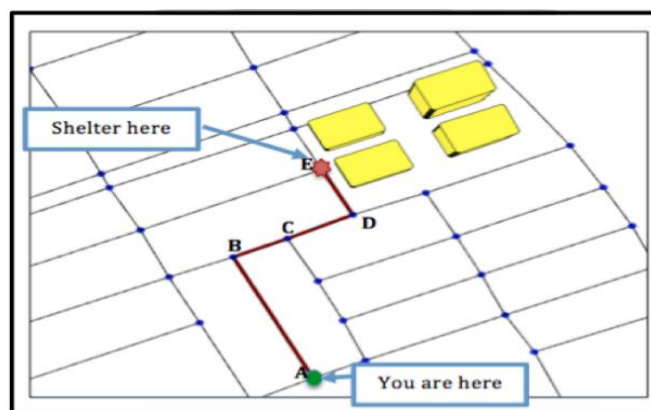


Figure 1 : carte d'évacuation locale

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 qu'ici [Van-Minh Le et al, 2014] 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.

II.3- Modèles Mathématiques

II.3.1- *Modèle à Base d'Equation (EBM)*

Dans l'article [Helbing et al, 2002] 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 augmente. [3], [6].

Le souci majeur comme le montre, la thèse de [Thi Ngoc Anh Nguyen, 2014] 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.

II.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 [Peacock, R. D et al 2011] pour déterminer la probabilité de temps que peut mettre un piéton à se retrouver dans une zone de sécurité pendant l'évacuation

II.3.3- *Modèle programmation linéaire*

Dans cet article [Van-Minh Le et al, 2014], 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.

II.3.4- *Avantages et limites des modèles mathématiques*

Les modèles mathématiques possèdent plusieurs avantages. Nous pouvons citer en autre 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.

II.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, 2011] 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 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 œuvre. 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 [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] [10], [11].

II.4.1- *Avantages et limites des Modèles à base d'Agents*

Les modèles à base d'agents possèdent plusieurs avantages. Nous pouvons citer en autre 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*
- Gourment en ressources machines

II.5- Modèles Hybrides (HBM)

Les modèles hybrides quant à eux combinent les modèles mathématiques et les modèles à base d'agents. Dans ces articles [3], [6], [20], [21] les résultats obtenus à l'issus 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.

II.6- Analyse de quelques travaux effectués sur le sujet

Le tableau ci-après présente 04 articles que nous avons examiné parmi plusieurs articles parcourus lors de cette recherche bibliographique. Cet examen consiste a présenté les avantages et les limites de ces 04 travaux.

Articles	Type de modèles	Avantages	Désavantages
Kmatsuo, L Natainia, 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 (touristes, enfants, femmes).
Van-Minh Le, Yann Chevalere, Jean-Daniel Zucker, and Ho Tuong Vinh Approaches to optimize local evacuation maps for helping evacuation in case of tsunami	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 % 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 disposants la carte locale ou non. -Ne tient pas compte du groupe de personnes à évacuer (leader et suiveur).
NGUYEN Thi Ngoc Anh et al. A Hybrid macro-micro pedestrians evacuation model to speed up simulation in road networks	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. -Evacuation 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 différents. 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...).

II.7- Conclusion

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 implémentation ? 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.

***RAPPORT SOLUTION
PROPOSEE ET PLANIFICATION
DES TACHES***

PARTIE III :

SOLUTION PROPOSEE ET PLANIFICATION DES TACHES

Contenu

III.1 – Avant-propos.....	20
III.2 – Proposition de solution.....	20
III.2.1 – <i>Rappel des méthodes de l'Etat de l'Art</i>	20
III.2.2 – <i>Solutions proposées</i>	21
III.2.3 – <i>Avantages et limites de la solution</i>	23
III.2.4 – <i>Les outils à utiliser pour implémenter la solution</i>	23
III.2.5 – <i>Les données à utiliser pour implémenter la solution</i>	25
III.2.6 – <i>Scénario de test</i>	25
III.2.7 – <i>Critères d'évaluation du modèle</i>	25
III.3 – Planification des taches.....	26
III.4 – Conclusion.....	27

III.1- Avant-propos

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

III.2- Proposition de solution

III.2.1- *Rappel des méthodes de l'Etat 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 implémentation les deux modèles précédemment cités.

III.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 différentes données (latitude longitude et hauteur) que l'eau prend.

L'image ci-dessous 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.

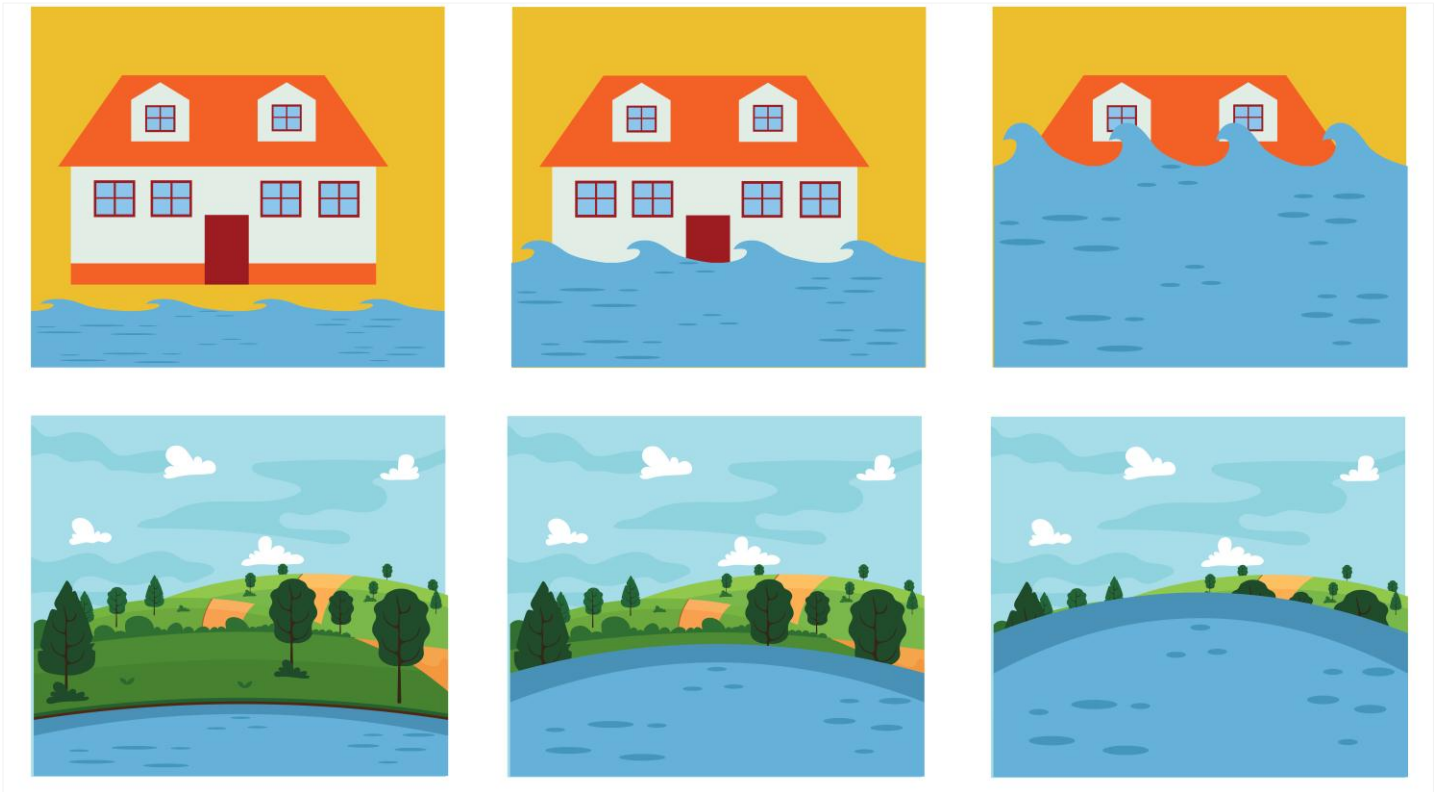


Figure2 : variation de niveau de l'eau.

- ✓ 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 [3]. Il s'agit en fait d'installer les panneaux qui orientera les piétons vers la zone de sécurité le 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.

III.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.

III.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 le tableau suivant.

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

Tableau1: Tableau comparatif de six plates-formes de simulation orientées agents [1]

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 3 : 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 pourrions facilement générer des fichiers SHP (Shapfile) pour l'utiliser dans GAMA. Nous utiliserons la version 2.18.10 sortie en 2017.



Figure4 : logo 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

ProjectLibre™

III.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.

III.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.

III.2.7- *Critères d'évaluation du modèle*

- ✓ pourcentage de survivants élevé.
- ✓ faible temps d'exécution.
- ✓ visibilité de la variation du niveau de l'eau.

C'est sur ces critères que nous évaluerons notre solution.

III.3- Planification des taches

TRAVAUX	DESCRIPTION	DUREES ESTIMEES
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 	4 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 	2 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. 	8 semaines
Simulation des modèles 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. 	1 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. 	1 semaine

Tableau2: Tableau de planification des taches

Pour le suivi quotidien de notre plan de travail nous allons utiliser l'outil **Project Libre**.

III.4- Conclusion

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 différents 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 nos différentes tâches à réaliser.

CONCLUSION GENERALE

Ce présent rapport met fin à la partie théorique de notre TPE, durant laquelle nous avons fait une analyse de notre sujet pour dégager ses différents contours. Puis s'en est suivi l'état de l'art qui nous a permis de connaître les différentes méthodes et techniques qui ont été utilisées dans le cadre de notre sujet. En fin nous avons proposé une solution pour résoudre les différents problèmes posés par le sujet. A présent commence la partie pratique du TPE qui sera consacrée la mise en œuvre de notre solution et au cours de laquelle nous développerons nos compétences techniques et nos facultés d'analyse.

REFERENCES

- [1]: Amouroux, E. (2011). *Kimono: une méthode de modélisation descriptive centrée agent pour l'explication des systèmes complexes, une application en épidémiologie* (Doctoral dissertation, Paris 6).
- [2]: Simonovic, S. P., & Ahmad, S. (2005). Computer-based model for flood evacuation emergency planning. *Natural Hazards*, 34(1), 25–51.
- [3]: Le, V. M., Chevaleyre, Y., Zucker, J. D., & Vinh, H. T. (2014, October). 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* (pp. 21–31). Springer, Cham.
- [4]: 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.
- [5]: 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.
- [6]: 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.
- [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]: LIU Yuling, Norio Okada, SHEN Dayong, and LI Shuoqi. Agent-based flood evacuation simulation of life-threatening conditions using vitae system model. *Journal of Natural Disaster Science*, 31(2):69–77, 2009.
- [10]: Mas Erick, 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]: 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.
- [13]: 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.
- [14]: FV Silva, NB Bonumá, and PK Uda. Flood mapping in urban area using hec-ras model supported by gis. In *Proceedings of the 6th International Conference on Flood Management (ICFM6'14)*, 2014.
- [15]: 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.

[16] : Damienne Provitolo. Modélisation et simulation du risque d'inondation en milieu urbain méditerranéen. CD Rom des Actes des 5ièmes rencontres de THEOQUANT, 2001.

[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] : Helbing, D., Farkas, I. J., Molnar, P., & Vicsek, T. (2002). Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations. *Pedestrian and evacuation dynamics*, 21(2), 21–58.

[19]: Peacock, R. D., & Averill, J. D. (Eds.). (2011). *Pedestrian and evacuation dynamics*. Springer Science & Business Media.

[20]: Leclercq, L., & Moutari, S. (2007). Hybridization of a class of "second order" models of traffic flow. *Simulation modelling practice and theory*, 15(8), 918–934.

[21] : Anh, N. T. N., Daniel, Z. J., Du, N. H., Drogoul, A., & An, V. D. (2011, May). A hybrid macro-micro pedestrian's evacuation model to speed up simulation in road networks. In *International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (pp. 371–383). Springer, Berlin, Heidelberg.