

# Modélisation et Simulation Multi-Agents de Flux de Mobilité Urbaine à Cotonou

Aurel Megnigbeto

Université d'Abomey-Calavi

Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques

mercredi 6 octobre 2021

# Plan

- 1 Introduction
- 2 État de l'art
- 3 Modélisation
- 4 Implémentation
- 5 Résultats

Selon le rapport (SOMIK et al., 2017), la population des villes africaines est en forte croissance.

- La forte occupation des villes augmente la demande de déplacement et influe sur leur développement
- Un autre aspect influant le développement d'une ville est la qualité de la capacité de déplacement des personnes et des biens marchands.
- La fluidité des déplacements est impactée par les règles de régulation du trafic routier et par les changements au niveau des infrastructures routières.

- Les infrastructures routières et les outils de régulation du trafic doivent évoluer pour supporter la demande croissante de mobilité.
- Pour prendre des décisions sur l'évolution de ces infrastructures, il faut pouvoir évaluer l'impact sur la qualité de la mobilité :
  - de l'évolution des infrastructures routières
  - des changements des règles de régulation routières

## Problème

- C'est un travail fastidieux qui peut rapidement se complexifier
- Ce n'est pas évident de le faire manuellement

Mettre en place un simulateur permettant d'évaluer :

- l'impact de l'évolution des infrastructures
- des changements des règles de régulation

sur la qualité de la mobilité.

Pour ce faire, nous avons :

- modélisé l'activité de déplacement dans la ville de Cotonou à l'aide des systèmes multi-agents
- mis en place le noyau du simulateur pouvant être étendu pour simuler des scénarios de déplacement

“La problématique du transport urbain à Cotonou analyse et approches de solutions.” (ADONON et al., 2000)

Dans (ADONON et al., 2000), une série de solutions potentielles ont été proposées pour améliorer la mobilité à Cotonou. Il s'agit principalement de :

- Déconcentrer les activités et densifier l'espace urbain
- Mieux organiser l'espace urbain
- Atténuer la centralité de la structure des routes
- Améliorer les offres de transport publique

Mais les auteurs, n'ont pas pu mesurer les conséquences que peuvent avoir ces décisions sur la mobilité.

### Agent based simulator (ZARGAYOUNA et al., 2013)

- ✓ Outil permettant de comprendre et de prédire l'utilisation du réseau routier
- ✗ Ne modélise pas les activités économiques autour de la mobilité





### Plateforme de simulation pour l'aide à la décision (NGUYEN, 2015)

- ✓ Outil aidant à étudier l'impact des décisions de régulation sur la mobilité
- ✗ Il ne traite pas de l'évolution des infrastructures

### Etude stratégique du réseau routier classé et de la ville de Cotonou (LOUIS, 2017)

- ✓ Modèle permettant d'estimer la demande de mobilité (à partir de : la population, le PIB, le revenu disponible par habitant)
- ✗ Ne permet pas de comprendre les habitudes de transport

Les travaux existant ont des limites

-  Mesure de l'impact de l'évolution des infrastructures
-  Compréhension des habitudes de transport
-  Prise en compte les activités économiques autour de la mobilité
-  Prise en compte de la singularité de la mobilité dans Cotonou

La plupart des travaux existant se basent sur les systèmes multi-agents pour modéliser la demande de mobilité et un système qui repose sur deux composantes :

- Un planificateur de route
- Et des agents «voyageurs» pour représenter les individus.



Les transports à Cotonou sont caractérisés par :

- Une forte représentation des engins à 2 roues (entre 60% et 80% selon BRIOD et MILBERT (2011))
- Des feux de signalisations défectueux
- Des cycles de feux tricolore qui durent longtemps
- Des policiers qui, souvent jouent le rôle de régulation local du trafic
- Des arrêts brusques de véhicules pour s'approvisionner en carburant
- Des stationnements encombrant
- Des vendeurs ambulants qui profitent des moments d'arrêts des véhicules pour vendre leurs produits

Dans un réseau de transport, un acteur est une entité

- ❶ **autonome**
- ❷ qui **perçoit** l'environnement qui l'entoure
- ❸ qui **interagit** avec les autres acteurs du réseau
- ❹ capable de **réagir** aux changements de l'environnement (le réseau routier)

Les acteurs d'un réseau routier sont **hétérogènes** :

- Utilisent différents types de véhicule
- Ont différentes façons de conduire
- Réagissent différemment aux changements de l'environnement routier

Ces caractéristiques du réseau routier font du système de transport un **système complexe** et **constituent le fondement de la modélisation basée sur agent**.

Un système multi-agent est un ensemble composé des éléments suivant :

- Un **environnement**, un espace dans lequel peuvent interagir des acteurs
- Un ensemble d'**objets passifs** situés
- Un ensemble d'**agents** qui sont des objets capable d'interagir et de manipuler des objets passifs
- Un ensemble d'**opérations** permettant aux agents d'agir sur les autres composants du système
- Un ensemble de **relations** unissant les objets

Un agent est une entité autonome capable d'agir sur son environnement pour atteindre un objectif.

Dans le contexte de la modélisation, il s'agit par exemple d'un conducteur, ou d'un vendeur de carburant, ou d'une personne ayant comme objectif de se déplacer.

# Modélisation

## Modèles de rôle

Pour conduire l'analyse de notre recherche, nous utilisons la méthodologie de développement de systèmes multi-agents Gaia. Elle nous amène à définir un modèle abstrait des différents rôles présents dans notre système multi-agents :

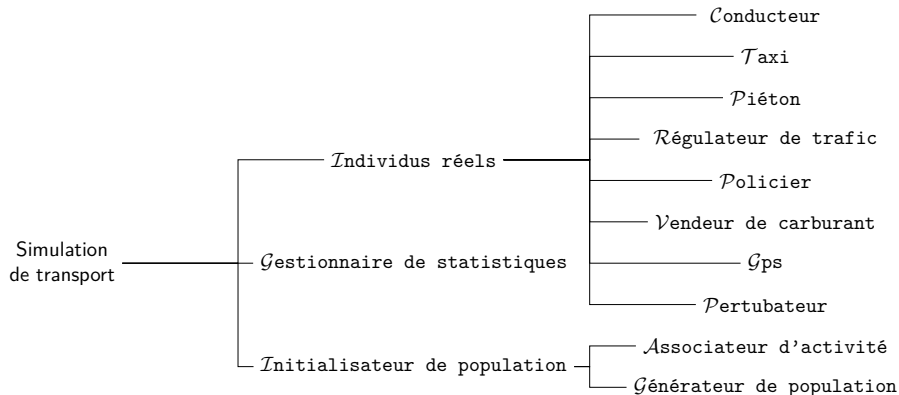
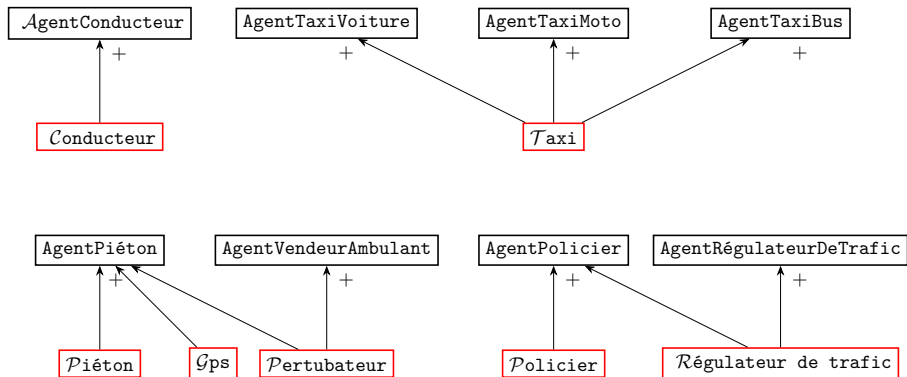


FIGURE – Hiérarchie de rôle de notre système

# Modélisation

## Modèles concrets

Des modèles abstraits définis plus tôt, nous devons extraire des modèles concrets.



Les rôles sont bordés d'un rectangle rouge tandis que les types d'agent sont bordés d'un rectangle noir.

FIGURE – Modèle d'agent

Pour mettre en place notre simulation, nous avons utilisé le simulateur GAMA :

- Une plateforme permettant de créer des simulateurs basés sur la technologie multi-agents
- Conçu particulièrement pour manipuler les données spatiales .

Notre système est composé de 2 modules :

- Module d'interface
  - Affichage
  - Configuration de paramètres
- Cœur du simulateur
  - Chargeur de configuration
  - Espèces d'agents
  - Unité de traitement

# Implémentation

## Architecture

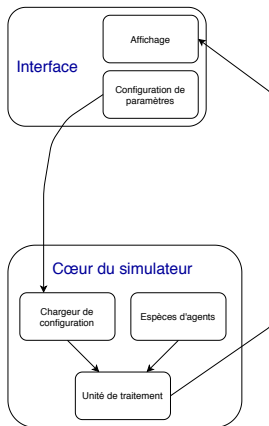


FIGURE – Architecture de notre système

### Chargeur de configuration

- charge les données (environnement) nécessaires pour la simulation. (Ex. un fichier shapefile décrivant les routes et les bâtiments)

### Espèces d'agent

- contient la définition des agents du système (Ex. AgentTaxiMoto, AgentTaxiBus, AgentPolicier)

### Unité de traitement

- construit l'environnement
- charge les agents définis dans Espèces d'agents
- ajoute les objets (artéfacts)



### Scénario

Pour tester le fonctionnement de notre modèle, nous avons représenté à l'aide de notre simulateur un scénario dans lequel nous représentons l'aller au travail des résidents de Cotonou. Un agent conducteur dans notre scénario

- Commence une journée à 6 h et se terminant à 21 h
- Se déplace pour aller au boulot et ensuite rentré à son domicile

Ce scénario nous permet de représenter une activité qui constitue une part importante des motifs de déplacements dans la ville de Cotonou.

# Résultat

## Vue sur notre outil de simulation

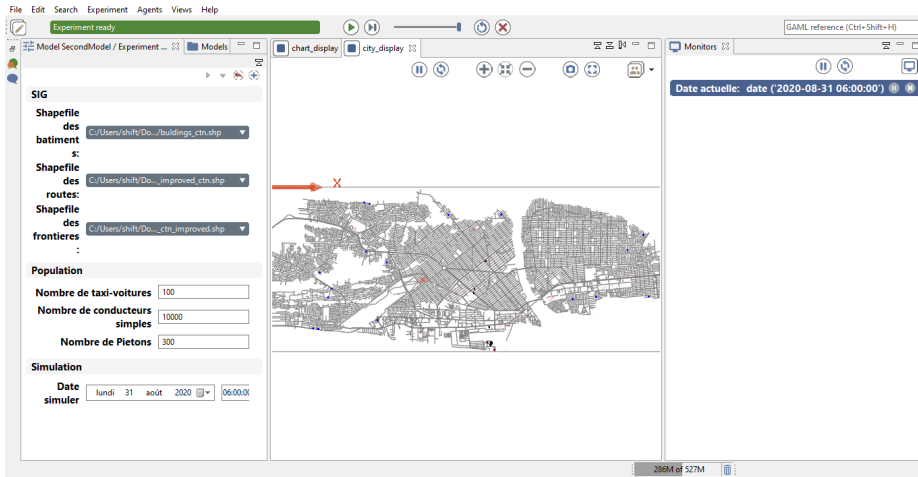


FIGURE – Vue sur notre outil de simulation

# Résultat

Vue sur notre outil de simulation



FIGURE – Annotation de certaines infrastructures de Cotonou

# Résultat

## Routes les plus utilisées pour le scénario simulé

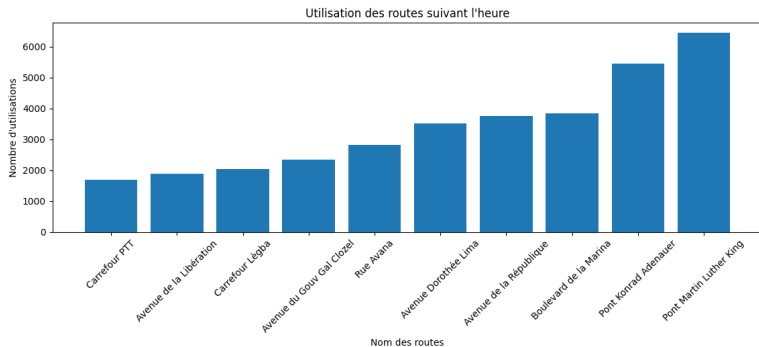


FIGURE – Routes les plus utilisées pour le scénario simulé

# Résultat

## Utilisation des routes suivant l'heure

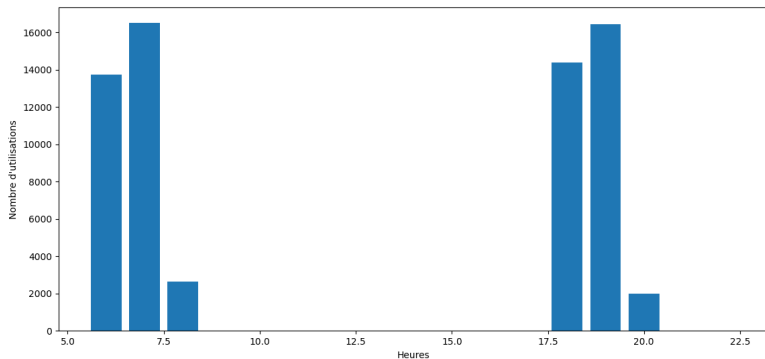


FIGURE – Utilisation des routes suivant l'heure

### Interprétation

Avec de tels graphiques, les décideurs peuvent connaître les infrastructures qui doivent être étendues, ou élargies pour améliorer la mobilité des personnes de ce scénario.

# Conclusion

Nous avons construit une base d'outil de simulation permettant de :

- ✓ Mesurer l'impact de l'évolution des infrastructures
- ✓ Comprendre des habitudes de transport
- ✓ Prendre en compte les activités économiques autour de la mobilité
- ✓ Prendre en compte de la singularité des déplacements dans Cotonou

## Limites

- Non prise en compte de la qualité de routes
- Le simulateur est gourmand en ressources (CPU, RAM)

## Perspectives

- Implémenter les scénarios qui sont dans les projets d'urbanisation du Ministère des infrastructures et des transports (Contournement nord de Cotonou)
- Implémenter des scénarios de mobilité plus complexe

# Références I

- ADONON, B., DA-MATHA, R. & ADEGNANDJOU, Z. (2000). *La problématique du transport urbain à Cotonou analyse et approches de solutions.*
- BRIOD, P. & MILBERT, I. (2011). Les Zemidjans de Cotonou, un obstacle à une mobilité urbaine plus durable? *Travail de séminaire I Semestre d'hiver 2011.*
- LOUIS, B. (2017). *Études stratégiques du réseau routier classé et de la ville de Cotonou* (rapp. tech.). Ministère des Infrastructures et des Transports du Bénin.
- NGUYEN, Q. T. (2015). *Plate-forme de simulation pour l'aide à la décision : application à la régulation des systèmes de transport urbain* (thèse de doct.).
- SOMIK, V., VERNON, H. & ANTHONY, V. (2017). *Opening Doors to the WorldAfricas Cities*. Récupérée 12 août 2020, à partir de <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25896/9781464810442.pdf>



ZARGAYOUNA, M., ZEDDINI, B., SCEMAMA, G. é. r. & OTHMAN, A. (2013).  
Agent-Based Simulator for Travelers Multimodal Mobility.. In  
*KES-AMSTA*. Citeseer.