

2016

UFR Sciences Angers  
Master 1 Informatique



université  
angers

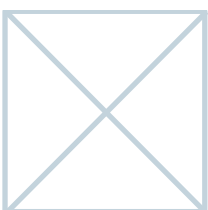
# Placement de routes

Urbanisme

**David Florian**

Sous la direction de M. Da Mota Benoit et M.  
Goëffon Adrien

Membres du jury



Soutenu publiquement le :  
23 juin 2016



**L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :**



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

**Consulter la licence creative commons complète en français :  
<http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/>**

+

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



# REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes enseignants encadrants, Adrien Goëffon et Benoit Da Mota, pour leurs conseil et leur accompagnement.

Il me faut également remercier mes camarades de promotions, plus particulièrement ceux présents à l'Université au cours de ces deux mois et demi de travail.

# Sommaire

## INTRODUCTION

- 1 Présentation du contexte :
- 2 Présentation du projet
- 3 Introduction au sujet du projet
- 4 Contextualisation
- 5 Etudes préliminaires :
- 6 Choix des outils :

## DÉMARCHE

- 1 Organisation
- 2 Représentation des données
- 3 Evaluation des solutions
  - 3.1. Nombre de cellules exploitables
  - 3.2. Calcul du ratio entre distance directe et distance par les routes
- 4 Recherche de solutions améliorant un objectif
- 5 Persistance des solutions non dominées
- 6 Affichage et Interactions
  - 6.1. Affichage
  - 6.2. Interactions

## CONCLUSION

## SITOGRAPHIE

# Introduction


Tableau 1: Inscrire une légende

## 1 Présentation du contexte :

Dans le cadre du Master Informatique, il nous est demandé de réaliser un projet de recherche sur 10 semaines, afin de valider nos acquis, d'approfondir certaines connaissances et compétence et d'avoir une première approche d'un travail sur un projet de recherche, réalisé en quasi autonomie, puisque encadré par nos enseignants-chercheurs.

## 2 Présentation du projet

Ce projet a été proposé par deux enseignants : Benoit Da Mota et Adrien Goëffon. Il utilise principalement des principes étudiés dans le cadres de l'Optimisation Combinatoire, et de l'option Résolution de Problèmes. De plus, la combinaison de ces deux domaines, et compte tenu de la complexité relative du sujet, un bon niveau en programmation performante. De plus, la visualisation d'une solution permet de mieux se rendre compte des résultat, la maîtrise de bibliothèques graphiques pouvait être un avantage.

## 3 Introduction au sujet du projet

<http://www.info.univ-angers.fr/~goeffon/TER2016/F-routes.pdf>

## 4 Contextualisation

Le sujet peut être appliqué sur différents domaines. Une des applications est l'organisation et l'accès à des parcelles d'une exploitation agricole, selon le placement des routes et chemins desservant les parcelles. Des ajouts pour se rapprocher de ce modèle pourrait être l'ajout de la gestion des entrées et sorties entre les parcelles et les accès ou des tailles de parcelles différentes, au lieu d'une unité fixe dans le cas présent (une route a la même dimension qu'une parcelle).

Une autre application serait la planification de l'urbanisation d'une ville, afin d'optimiser les emplacements pour habitations et bâtiments, tout en conservant une bonne circulation générale sur l'ensemble du réseau routier. Pour améliorer ce modèle, on pourrait ajouter des priorités sur certains bâtiments.

D'autres utilisations peuvent être imaginées, il suffit de modifier l'application afin d'ajouter les contraintes du problèmes que l'on veut étudier.

Méthodologie et outils de travail

## 5 Etudes préliminaires :

1. Réflexions sur les applications et enjeux du problème
2. Recherche de travaux similaires
3. Réflexion sur les langages, outils et approches du problème

## 6 Choix des outils :

Développement orienté multiplate-formes, j'ai donc choisi des outils fortement universels :

Langage C++, avec Kdevelopp, Cmake et Make, puis Qt pour l'interface graphique, avec Qt Creator, davantage adapté à ce framework. Des tests unitaires ont été réalisés avec la bibliothèque CppUnit.

Les outils de débogage utilisés sont Valgrind et ceux intégrés à Kdevelopp et QtCreator. Valgrind a également été utilisé afin de supprimer les fuites mémoires. De plus, couplé à Callgrind, il permet de générer des fichiers lisibles par Kcachegrind, pour l'analyse des performances de l'application. J'ai également utilisé l'outil CppCheck afin d'effectuer certaines micro-optimisations.

Le versionnage est géré à l'aide d'un dépôt Git, hébergé sur [github.com](https://github.com). La documentation est créée grâce à Doxygen.

Mes plateformes de développement et de test ont été Linux Mint et Windows 10.

# Démarche

## 1 Organisation

J'ai décidé de séparer le programme et ses fichiers sources en plusieurs parties. Ceci a pour but de pouvoir exécuter le programme sans utiliser obligatoirement une interface graphique, d'améliorer sa portabilité avec d'autres outils ou plateforme de destination. Cela améliorant également la maintenabilité et la poursuite éventuelle du programme par d'autres personnes.

Ainsi, le code du programme est divisé en trois parties, chacune représentant un niveau de fonctionnalités.

- Le cœur de l'application est appelé le moteur (« Engine »), il est chargé de représenter et de manipuler les données représentant les solutions ainsi que les paramètres d'une instance du problème. De plus, une classe « Coordinates » permet de pouvoir stocker et comparer des coordonnées lors des manipulations d'une surface.
- La partie algorithmique du projet est placée à la racine de celui-ci, car c'est elle qui est chargée de résoudre les instances du problème, de chercher des solutions, de les stocker et de évaluer pour les comparer. Nous avons donc une classe représentant une surface et son évaluation, « FieldEvaluation ». L'évaluation de la surface doit être à tout moment à jour, à partir du moment où la solution est réalisable. Il y a ensuite une classe permettant de trouver des voisins d'une solution, « LocalSearch » ; Il s'agit donc d'une recherche locale. Il serait envisageable de créer et d'utiliser d'autres méthodes de recherche de solutions telles que des algorithmes génétiques ou de la programmation par contrainte. Enfin, puisque le problème est multi-objectifs, il nous faut stocker et mettre à jour les solutions ayant une évaluation non dominée. Ceci est pris en charge par la classe « Resolution » qui est chargée de gérer quelle est la solution sur laquelle on travaille et de gérer les solutions trouvées précédemment, ainsi que d'exporter les résultats sous la forme d'un front Pareto.
- La dernière partie est la partie interface graphique. Elle comprend l'affichage et les interactions pouvant être effectuées par l'utilisateur de l'application.

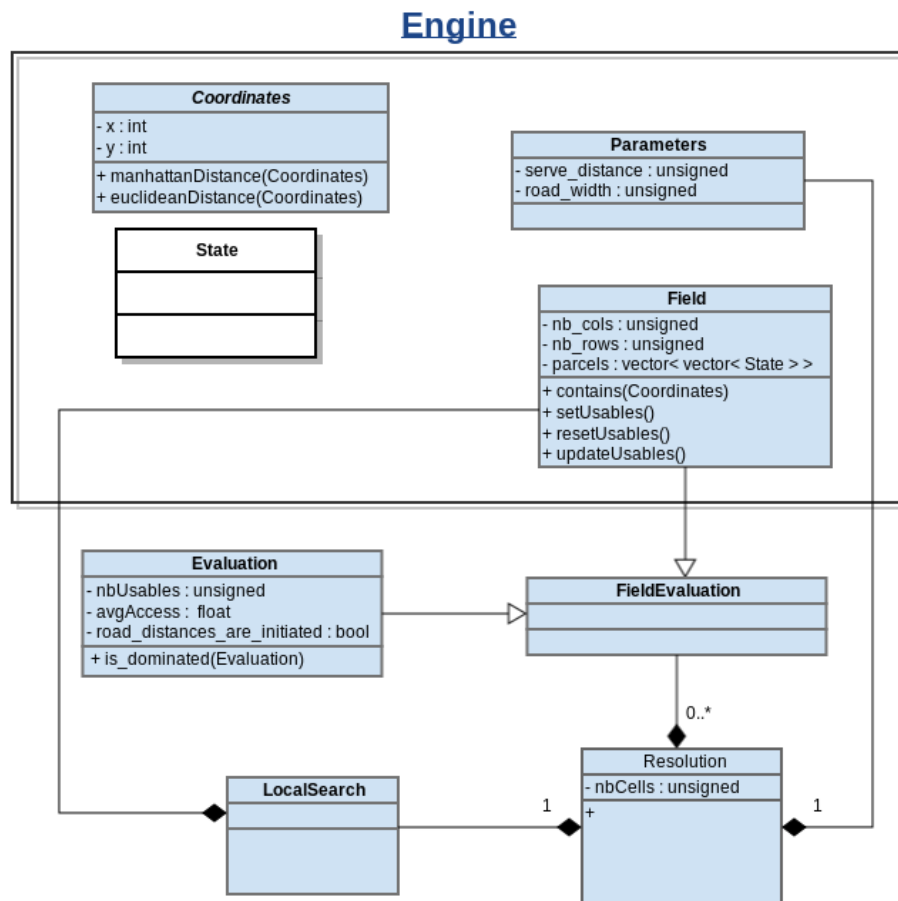


Illustration 1: Diagramme de classes du projet

## 2 Représentation des données

... stockée sous forme de matrice ... . S'est posée, à un moment, la question de l'intérêt de l'utilisation d'une représentation à base de graphes, plutôt que matricielle. Cette solution paraît davantage indiquée dans le cas de l'utilisation d'un algorithme génétique, du fait du croisement possible de « branches » du graphe. De plus, cela aurait permis de plus facilement changer la forme des cellules, avec une forme hexagonale par exemple. Malgré cela, cette représentation pouvait apporter une certaine confusion dans ce problème déjà complexe et vaste ; c'est pourquoi cette possibilité n'a pas été retenue

## 3 Evaluation des solutions

### 3.1. Nombre de parcelles exploitables

Il s'agit de vérifier qu'elles sont les parcelles accessibles, et donc exploitable. On applique cette règle : *Si une cellule, qui n'est pas une route, a une route à une distance inférieure ou égale à D cellules (D le paramètre de desserte, en distance Manhattan), elle est alors exploitable*. On compte ensuite le nombre de parcelles exploitables total.



### 3.2. Calcul du ratio entre distance directe et distance par les routes

Le ratio moyen définissant l'accessibilité est plus difficile à calculer. En effet, il s'agit de trouver, pour chaque parcelle exploitable, on cherche la distance par les routes pour aller à chaque autre parcelle exploitable, pour pouvoir diviser leur distance directe - Manhattan ou euclidienne - le ratio entre ces deux parcelles. Il faut ensuite faire la moyenne des tous les ratios obtenus ainsi. Il y a donc  $N \times (N-1)$  ratios à calculer,  $N$  étant le nombre de parcelles exploitables, pour obtenir le ratio total.

Or, pour calculer ce ratio, il nous faut, pour chaque parcelle, la distance vers chaque autre parcelle. Pour les obtenir, il nous faut donc trouver les chemins les plus courts pour aller d'une parcelle aux autres. Il s'agit donc d'un « pathfinding », opération coûteuse, surtout lorsque l'on travaille avec les valeurs exactes et minimales, comme c'est le cas ici.

De plus, lors d'une recherche locale, on évalue très fréquemment de nouvelles solutions, avec de légers changements. Une évaluation aussi peu performante aurait donc compromis la bonne avancée du développement. La solution a été d'utiliser le concept de programmation dynamique, vu cette année. En effet, lors du calcul des plus courts chemin, il arrive fréquemment que l'on calcul plusieurs fois le chemin minimal entre deux mêmes routes. Cela est dû fait que si deux routes sont coller, il y a de forte chances que le chemin le plus court vers une troisième route soit le même, à une route près.

Cette amélioration a permis de grandement améliorer les performances de l'application. L'évaluation reste malgré tout une part importante des ressources utilisées par l'application. La mise en place d'une potentielle évaluation incrémentale, pour calculer l'accessibilité d'une solution, dérivée voisine d'une autre dont on connaît l'accessibilité, s'est avéré bien plus restreinte et difficile à mettre qu'escompté et les tentatives sur ce sujet n'ont pas abouti. Cela vient du fait que l'ajout d'un chemin entre deux routes peut modifier la distance entre deux autres routes, qu'elles soient proches ou non du nouveau chemin.

## 4 Recherche de solutions améliorant un objectif

## 5 Persistance des solutions non dominées

## 6 Affichage et Interactions

### 6.1. Affichage

### 6.2. Interactions

## Conclusion

Le sujet demandait des compétences dans divers domaines. Ceux ci sont : l'optimisation combinatoire, la résolution de problèmes, la bonne utilisation - organisation et optimisation - du développement dans un langage adapté et performant, et la création d'une interface graphique complète.

Le développement de l'application a fait appel à plusieurs notions, types d'algorithmes et approches, étudiées durant l'année du Master 1 :

- ◆ La programmation dynamique
- ◆ La recherche de voisins grâce à une recherche locale
- ◆ Une utilisation importante de structures de données complexes : matrices à 4 dimensions, création et utilisation de graphes, listes d'éléments contenant d'importantes données calculées
- ◆ Gestion du partage des données, contenues dans les structures, entre les différents niveaux de l'application : affichage, interactions, résolution, export et sauvegarde ...

Il à été nécessaire de mettre en place et de respecter certaines méthodologies et de faire des choix : déterminer l'intérêt des algorithmes génétiques dans ce cas précis, la gestion du multi-objectifs et création d'un front Pareto à partir d'une évaluation des solutions, l'utilisation d'une ancienne solution, sans devoir recalculer ses données, gestion de la mémoire, mettre à jour les données lorsque c'est pertinent et seulement lorsque c'est pertinent pour éviter d'effectuer des longs calculs si ils ne sont pas utiles dans certains cas,

Il aurait été vain de tenter de traiter l'ensemble de l'étendue du problème. Il a donc fallu déterminer les éléments primordiaux à mettre en place et sélectionner ceux à traiter lors de la résolution. Il est donc possible de continuer le projet afin de comparer différents algorithmes et implémentations, ajouter des interactions et informations fournies à l'utilisateur.

La mise en place de tests et devoir maintenir un code clair et commenté était indispensable pour le bon déroulement du projet sur une période de temps plus étendue qu'à l'accoutumée.

# Sitographie

# Table des matières

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1      Présentation du contexte :.....</b>	<b>4</b>
<b>2      Présentation du projet.....</b>	<b>4</b>
<b>3      Introduction au sujet du projet.....</b>	<b>4</b>
<b>4      Contextualisation.....</b>	<b>4</b>
<b>5      Etudes préliminaires :.....</b>	<b>5</b>
<b>6      Choix des outils :.....</b>	<b>5</b>
<b>DÉMARCHE.....</b>	<b>6</b>
<b>1      Organisation.....</b>	<b>6</b>
<b>2      Représentation des données.....</b>	<b>6</b>
<b>3      Evaluation des solutions.....</b>	<b>7</b>
3.1.    Nombre de cellules exploitables.....	7
3.2.    Calcul du ratio entre distance directe et distance par les routes.....	7
<b>4      Recherche de solutions améliorant un objectif.....</b>	<b>7</b>
<b>5      Persistance des solutions non dominées.....</b>	<b>7</b>
<b>6      Affichage et Interactions.....</b>	<b>7</b>
6.1.    Affichage.....	7
6.2.    Interactions.....	7
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>8</b>
<b>SITOGRAFIE.....</b>	<b>9</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>11</b>

## Table des illustrations

Illustration 1: Diagramme de classes du projet.....	7
---	---

**mots-clés :**

Présidence de l'université  
40 rue de rennes - BP 73532  
49035 Angers cedex  
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00



# ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) .....  
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une  
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,  
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.  
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées  
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le

**Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint  
à tous les rapports, dossiers, mémoires.**

Présidence de l'université  
40 rue de rennes - BP 73532  
49035 Angers cedex  
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00

