

# CONSTRUCTION DES ROUTES SECONDAIRES DANS LA VILLE DE KINSHASA : APPROCHE BASEE SUR LA PROGRAMMATION MATHEMATIQUE MULTICRITERE

Par

**KIKOMBA KAHUNGU Michael** \*, \*\*\*  
**MABELA MAKENGO Roslin** \*\*, \*\*\*

\* Département de Mathématique Informatique, Section de sciences exactes, ISP/Gombe, R.D. Congo

\*\* Département de Mathématique Informatique, Faculté de sciences, UNIKIN, R.D. Congo

\*\*\*Centre de Recherche sur l'Enseignement de la Mathématique «CREM»

## RESUME

L'insuffisance et la mauvaise qualité des infrastructures routières font de la ville de Kinshasa la capitale la plus désorganisée d'Afrique centrale sur le plan administratif, économique et sociale. Le manque de routes secondaires pour pouvoir décongestionner les routes principales existantes entraîne souvent des embouteillages monstres. Ce qui empêche les contrôleurs routiers de bien réaliser leur travail d'une part et d'autre part les usagers (transporteurs) de maximiser le profit. Pour réguler cette situation, il faut un nouveau plan d'urbanisation en construisant des routes secondaires tout en sectorisant l'espace routier de la ville de Kinshasa. D'où les modèles mathématiques d'aide à la décision pour la résolution de ce problème.

Mots clés : Routes secondaires, Programmation mathématique multicritère, Sectorisation.

Summary : The insufficiency and poor quality of road infrastructure make the city of Kinshasa the most disorganized capital in Central Africa from an administrative, economic and social point of view. The lack of secondary roads often results in monster traffic jams. What prevents traffic controllers from carrying out their work well on the one hand and on the other hand ready the users (transporters) to maximize the profit to regulate this situation, a new urbanization plan is needed by building secondary roads while sectorizing the road space of the city of Kinshasa. Hence the mathematical models of decision support for the resolution of this problem.

Keywords : Secondary road, Multicriteria mathematical programming, Sectorization.

## Introduction

L'objectif de cette étude est de fournir un guide qui oriente vers les récents résultats d'une enquête menée au regard des usagers de transport routier dans la ville de Kinshasa et d'indiquer les directions de recherches potentiellement gratifiantes. La construction coloniale de la ville de Kinshasa avait pour objectif de faciliter le contrôle permanent de la population dans ses déplacements. L'administration qui emploie la majorité de la population est concentrée dans une portion de la ville qui est la commune de la Gombe. Il en est de même de grandes boutiques, de grands magasins et le Grand Marché communément appelé Zando. Ainsi, le déplacement de la population se fait dans le même sens, en aller comme au retour ; ce qui explique les bouchons observés. Tout le monde est pressé pendant les heures de pointe et veut être le premier à avoir la priorité. Enfin, il y a insuffisance de routes secondaires et la mauvaise qualité de l'infrastructure routière. Il n'existe pas de bonnes routes secondaires afin de décongestionner les routes principales. Pour résoudre ce problème, il nous faut recourir aux outils mathématiques d'aide à la décision afin de sectoriser l'espace routier de la ville de Kinshasa et faciliter l'affectation des véhicules dans les secteurs.

La structure de ce papier se présente comme suit :

La première section est consacrée à l'approche conceptuelle du transport. La deuxième section traite le problème multicritère de transport. A la troisième section, nous abordons le problème de sectorisation routière de la ville de Kinshasa. Enfin, à la quatrième et dernière section, un nouveau plan d'aménagement routier est proposé pour la ville de Kinshasa.

### **1. APPROCHE CONCEPTUELLE DE TRANSPORT**

#### **1.1. Définition de transport**

Etymologiquement, le transport, du latin « trans » qui veut dire au-delà et « portare » signifiant « porté », est le fait de porter quelque chose ou quelqu'un, d'un lieu à un autre. Dans l'acceptation la plus courante, le transport est le déplacement des biens ou des personnes sur une assez longue distance par des moyens spéciaux [1] [2].

#### **1.2. Catégorisation de transport**

On distingue deux catégories de transport : la première concerne le transport de personnes et de marchandises, la deuxième distingue le transport public du transport privé.

#### **1.3. Rôle de transport**

La comptabilité analytique du développement économique d'une nation ne se base pas seulement sur le niveau de la production et de l'avancée technologique qu'elle connaît, mais aussi en faisant l'inventaire des bâtiments et des infrastructures de transport que compte la nation.

Le transport intervient dans tous les rouages de la vie économique. Il correspond au besoin de l'homme de se déplacer et de déplacer ses biens. Ainsi, l'activité de transport peut cumulativement apparaître sous deux facteurs :

- Comme un facteur de progrès, véritablement instrument politique ;
- Comme un critère de développement économique d'une nation [2] [5] [7].

#### **1.4. Outils mathématiques d'aide à la décision en gestion de transport routier**

Le rôle de l'optimisation consiste à générer un ensemble de solutions optimales plutôt qu'une seule. La programmation mathématique est un outil puissant d'aide à la décision dans ce sens qu'elle permet de modéliser la conflictualité des objectifs à atteindre dans un processus décisionnel.

##### **1.4.1. Concepts de base**

Mathématiquement, un problème d'optimisation multi-objectif (POMO) est décrit comme suit :

Optimiser  $f(x) = [f_1(x), \dots, f_k(x)]$  (k fonctions à optimiser)

Avec  $g(x) \leq 0$  (m contraintes d'inégalités)

Et  $h(x) = 0$  (p contraintes d'égalités)

Où  $x \in \mathbb{R}^n, g(x) \in \mathbb{R}^m, h(x) \in \mathbb{R}^p$  et  $f(x) \in \mathbb{R}^k$

La résolution de ce problème consiste à minimiser au mieux ces k fonctions objectifs dans le but de ne pas trop dégrader les valeurs des optima obtenus par rapport à ceux obtenus lors d'une optimisation mono-objectif effectuée objectif par objectif. On remarque donc  $f_1, \dots, f_2, \dots, f_k$  désignent les différents objectifs à optimiser. Les variables  $x_1, \dots, x_2, \dots, x_n$  représentent les variables de décision. L'évaluation d'une solution  $x$  est décrite par un vecteur objectif :

$$f(x) = [f_1(x), \dots, f_k(x)]$$

D'où, on est en face de deux types d'espaces :

- L'espace de décisions. Optimiser  $x$  de dimension  $n$  qui désigne l'ensemble des solutions  $x = [x_1, \dots, x_n]$
- L'espace des objectifs de dimension  $k$  qui désigne l'ensemble des évaluations possibles correspondant aux vecteurs objectifs  $f(x)$  [5] [6].

##### **1.4.2. Multiplicité de solutions**

La résolution d'un problème POMO ne donne pas une solution unique, mais plusieurs solutions possibles car les POMO présentent des objectifs souvent contradictoires (la

minimisation d'un objectif peut entraîner la maximisation d'un autre). Ainsi, on obtient un ensemble de solutions non optimales, car elles ne minimisent pas toutes les fonctions au même moment. Ces solutions sont appelées solutions de compromis.

## 2. PROBLEME MULTICRITERE DE TRANSPORT

### 2.1. Définition et formulation

Le modèle de base du problème multicritère de transport est une extension du problème multicritère d'affectation.

Supposons qu'on doit transporter un produit à partir de  $r$  sources (usine, entrepôts,...) disposant de quantités  $q_1, \dots, q_r$  vers  $s$  destinations (ateliers, magasins, ...) où des demandes  $d_1, \dots, d_s$  doivent être satisfaits

(Avec bien sûr  $\sum_{i=1}^r q_i \geq \sum_{j=1}^s d_j$ )

On associe des valeurs  $C_{ij}^k$  (coût de transport, délai de livraison, sécurité de livraison, quantité fournie, risque de détérioration, demande non satisfaite, capacité non utilisée,...) au transport d'une unité de produit de l'origine  $i$  à la destination  $j$ .

Le problème multicritère de transport peut se formuler comme suit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{"min"} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s C_{ij}^k \cdot x_{ij} \quad ; k=1, \dots, k \\ \sum_{j=1}^s x_{ij} = q_i \quad ; i = 1, \dots, r \\ \sum_{i=1}^r x_{ij} = d_j \quad ; j = 1, \dots, s \end{array} \right.$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ Entier}, \forall i, j$$

## 3. SECTORISATION DE L'ESPACE ROUTIER DE LA VILLE DE KINSHASA

### 3.1. Algorithme d'exploration d'arbres appliqué au transport routier à Kinshasa

#### 3.1.1. Séparation et Évaluation (Branch & Bound)

##### Principe du B&B

Le principe de l'algorithme de séparation et évaluation, plus connu sous son appellation anglaise Branch and Bound (BB ou B et B), est assez simple [5].

Considérons un arbre d'états, avec des nœuds et des feuilles représentant des états solutions. Dotons-nous d'une fonction de coût ayant la propriété suivante : le coût des

solutions pouvait être atteint à partir de ce nœud. Le principe, si l'on cherche une solution de coût minimal, consiste à mémoriser la solution de plus bas coût rencontrée durant l'exploitation, et à comparer le coût de chaque nœud parcouru à celui de la meilleure solution. Si le coût du nœud considéré est plus élevé que le meilleur coût, on arrête l'exploration de la branche. Toutes les solutions de cette branche seront nécessairement des solutions déjà trouvées.

Si  $c(\text{nœud}) > \text{Best}_c$  alors couper la branche sinon continuer l'exploration. Ici,  $c$  est la fonction de coût, et  $\text{Best}_c$  est le meilleur coût trouvé pour une solution. Pour résoudre ce problème de manière concrète, on peut s'imaginer que les éléments sont des secteurs de contrôle, et les partitions de configuration de regroupement, et que l'on cherche à équilibrer la charge de travail entre les groupes des secteurs.

Le coût d'une transition entre le nœud père et un nœud fils est alors simplement la distance entre la dernière commune du nœud père et la nouvelle commune ajoutée dans le nœud fils. Choisissons comme heuristique la distance jusqu'à la commune d'arrivée. C'est une borne inférieure de tous les itinéraires menant à destination.

Pour chaque nœud fils, on peut donc calculer la somme des distances parcourues pour arriver à la dernière commune étape, et y ajouter la distance entre celle de cette commune et la commune de départ. Le nœud est ajouté dans la file d'attente avec une priorité qui est fonction de cette valeur.

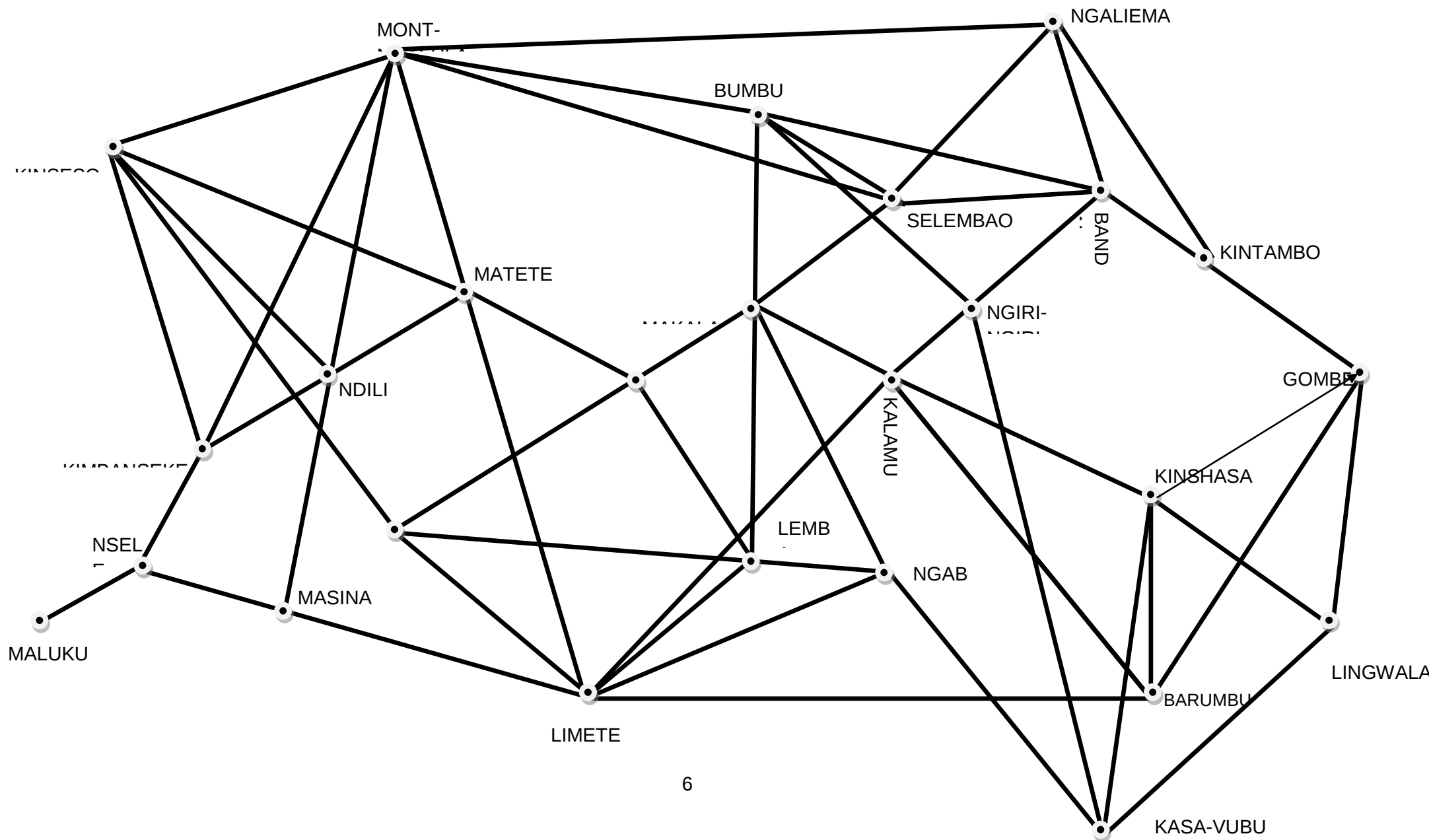
Lorsqu'un nœud fils est la commune de destination, la recherche est terminée. On a trouvé le chemin le plus court entre la commune de départ et celle d'arrivée [2] [3].

### **3.1.2. Illustration de B&B par une application à la ville de Kinshasa**

Considérons le réseau de transport routier reliant un certain nombre de communes de la ville de Kinshasa, et supposons que l'on cherche le parcours le plus direct entre la commune de départ et une destination.

Un nœud sera ici un chemin dans le réseau, dont une extrémité est la commune de MALAKU qui est celle de départ. On saura que l'on a atteint une feuille de l'arbre c'est-à-dire un état solution lorsque l'autre extrémité du chemin sera la commune de destination qui est celle de la Gombe car c'est l'un des chemins le plus long. La racine de l'arbre est un chemin de longueur nulle ne contenant que la commune de MALUKU. Les nœuds fils sont simplement les chemins obtenus en considérant les communes voisines de la dernière commune atteinte. On choisit comme fonction de coût la distance parcourue.

#### 4. NOUVEAU PLAN D'URBANISATION DE LA VILLE DE KINSHASA (ROUTES SECONDAIRES) ET SECTORISATION DE L'ESPACE ROUTIER PAR B&B



## Conclusion

Le pouvoir public étant responsable de la mobilité des individus sur le territoire national, a parmi ses rôles, celui de décider sur l'opportunité de la construction des routes secondaires et de la modification du réseau de transport sur le plan national. A travers cette étude, nous venons de montrer que, seuls les outils mathématiques peuvent aider les décideurs à trouver solution aux problèmes des embouteillages qui se posent dans la ville de Kinshasa. Grâce à l'algorithme de Branch and Bound, nous venons de mettre en place un nouveau plan d'urbanisation de la ville de Kinshasa où toutes les communes sont interconnectées. Ces arêtes constituent les routes secondaires à construire.

## Bibliographie

- [1]. Alter M. Droits de Transport, Paris 1978
- [2]. KIKOMBA M. : Exploration d'une extension du réseau de transport aérien congolais basée sur la programmation mathématique multicritère, Mémoire DEA, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa ; janvier 2013.
- [3]. KIKOMBA M. and al : Simultaneous optimization : sectorization and congolese air traffic assignment by the method of preferential reference of dominance. IJSIMR; vol 4, issue 2, pp 29-41, February 2016.
- [4]. Ministère de Plan (collectif), 1<sup>e</sup> plan quinquennal de développement économique et social, Kinshasa, muni plan, 1990.
- [5]. Theghem Jacques, Cours de Recherche opérationnelle. Tome 1, Université de Mons, Belgique, janvier 2010.
- [6]. Vinke Philippes, l'aide multicritère à la décision. Edition de l'Université de Bruxelles, 1989.
- [7]. Villiers J. contribution à une théorie du système de contrôle en route et ses perceptives d'évolution, technical report, DGAC, Paris 1984.