

Localisation de plateformes logistiques en milieu urbain

12^{ème} congrès annuel ROADEF, 2011

O. Guyon, N. Absi et D. Feillet

École des Mines de Saint-Étienne - CMP Georges Charpak

02/03/04 mars 2011 - Saint-Etienne (France)



Sommaire

- 1 Contexte : les plateformes pour la logistique urbaine
- 2 Problématique
- 3 Modélisation(s)
- 4 Modélisation retenue
- 5 Prolongements

Plan

- 1 Contexte : les plateformes pour la logistique urbaine

Logistique urbaine

Logistique urbaine

- Fonctionnement d'une ville implique des échanges de marchandises
- Le Transport de Marchandises en Ville s'appuie sur des installations physiques : les Espaces Logistiques Urbains

Espaces Logistiques Urbains

- **Zone Logistique Urbaine**
plateforme visant à localiser les acteurs de la logistique urbaine à proximité de leurs clients
- **Centre de Distribution Urbain**
plateforme visant à grouper les flux en un site mutualisé, à un opérateur unique de desserte
- **Points d'Accueil des Véhicules**
places réservées et sécurisées à disposition des transporteurs
- **Points d'Accueil des Marchandises**
base à proximité des clients où se font dépôt et livraison
- **Boîte Logistique Urbaine**
interface reliant transporteur et client, sans que la présence d'une personne ne soit nécessaire

Positionnement des plateformes logistiques à usage urbain

Du passé...

Plate-formes ont quitté agglomérations pour diverses contraintes

- urbanistiques (impossibilité réglementaire de s'installer)
- politiques (rejets d'outils jugés créateurs de nuisance)
- économiques (coût du foncier prohibitif)

...vers le futur ?

↔ Ce positionnement éloigné dérange pour plusieurs raisons

- allongement des distances parcourues
- accroissement des Gaz à Effet de Serre
- congestion accrue de la voirie
- difficulté d'adaptation aux nouveaux modes de consommation

Plan

2 Problématique

Problématique

Positionnement

- En fonction d'un niveau de demande prévisionnel et de contraintes environnementales, budgétaires, matérielles et organisationnelles :
 - combien utiliser de plateformes logistiques urbaines ?
 - où les positionner ?
 - comment les dimensionner ?
 - comment organiser le transport à partir de ces plateformes ?

Premier cas d'étude

Premier cas d'étude

- Marseille, avec la plateforme SOGARIS d'Arenc



- transport de type messagerie et messagerie express
↳ envois de moins de 3 tonnes (poids moyen : ≈ 100 Kg)
constitués de colis (caisse, carton, roll, palette...)

Quelques chiffres autour d'une journée de fonctionnement

Volume traité

- livraison 1200 T/jour, ramasse 800 T/jour
- positions (clients desservis) : livraison 12500, ramasse 7000

Tournées

- 320 en livraison et 240 en ramasse (couplage $\approx 20\%$)
- taille des tournées : de 60 à 150 km
- zonage : ≈ 1 tournée / arrondissement (calibrage variable)
- véhicules : de tout gabarit, quasiment tous thermiques

Plateforme logistique

- besoin de 45000 m^2 en surface d'exploitation

Plan

3 Modélisation(s)

Difficultés de modélisation

Critères de choix

- multi-critères \Rightarrow développement durable
 - économie
 - environnement
 - sociétal
- Quels critères ? Comment les quantifier (nombre, classe ...) ?
- Pas de méthodologie référente reconnue

Difficultés de modélisation

Estimation des tournées

- gérer explicitement les tournées (*location routing problem*)
- inadapté pour notre problème stratégique
↔ durée de vie d'une plateforme : ≈ 10 ans
- choix retenu :
 - ville découpée en zones de demande (organisation actuelle)
 - estimation de la taille d'une tournée :
 $2 * \text{distance dépôt vers 1}^{\text{ère}} \text{ zone desservie}$
+ somme des distances des tournées de chaque zone desservie

Difficultés de modélisation

Différents acteurs impliqués

- collectivités
- aménageurs logistiques
- transporteurs

Plan

4 Modélisation retenue

Hypothèses

1 unique transporteur

- mutualisation de la demande dans le modèle

1 véhicule / zone de demande

- organisation actuelle des transporteurs
↔ ville découpée en zones de demande (arrondissement) :
simplicité pour triage

livraisons et ramasses gérées séquentiellement

- organisation actuelle des transporteurs
- livraison le matin et ramasse le soir

Données du modèle (1)

$d \in D$: zone de demande

- γ_d volume de la demande/jour sur d [en # de positions]
- δ_d distance moyenne d'une tournée sur d [en Km]
- $\Delta_d \subseteq D$ liste des zones de demande compatibles à d
 - $D_v = \{d \in D \mid (d \in J_v) \wedge (\beta_v \leq \gamma_d)\}$
 - $V_d = \{v \in V \mid (d \in J_v) \wedge (\beta_v \leq \gamma_d)\}$
- M_{ld} distance entre la localisation l et la zone de demande d [en Km]
- c_d^{cong} coefficient de congestion de d [note : A B C D E]

Données du modèle (2)

$l \in L$: localisation admissible pour une plateforme d'exploitation

- q_l nombre maximal de quais pouvant être créés sur l
 $\hookrightarrow q_l$ est fixé au préalable en fonction de la superficie de l
- θ_l nombre de positions qui peuvent être expédiées par un quai
- c_l^{selec} coût fixe du choix de l [en euros]
- c_l^{door} coût de construction d'un quai sur l [en euros]
- c_l^{acc} coefficient jugeant de l'impact d'acceptabilité de la construction de l [note : A B C D E]
- c_l^{poll} coefficient de pollution d'un quai sur l [note : A B C D E]

Données du modèle (3)

$v \in V$: catégorie de véhicules (1/2)

- β_v capacité de v [en nombre de positions]
- α_v^{dist} autonomie de v en distance [en kilomètre]
- α_v^{time} autonomie de v en temps [en minute]
- $J_v \subseteq D$ liste des zones de demande où le véhicule est autorisé à circuler
- S_{vd} temps nécessaire [en minute] à v pour desservir la zone de demande d
- T_{vld} temps de parcours [en minute] pour v pour joindre la zone de demande d depuis la localisation l
- T_{\max} durée maximale d'une tournée sur une demi-journée (matin ou soir) [en minute]

Données du modèle (4)

$v \in V$: catégorie de véhicules (2/2)

- c_v^{purch} coût d'achat de v [en euros]
- c_v^{driv} coût de fonctionnement de v [en euros/kilomètre]
- c_v^{poll} quantité de polluants émise par v [en g/kilomètre]
- c_v^{cong} coefficient de congestion du véhicule [note : A B C D E]
- c_v^{acc} coefficient jugeant de l'impact d'acceptabilité de v par la société [note : A B C D E]

Variables de décision

Variables de décision

- $u_l = 1$ si l est sélectionnée, 0 sinon
- $w_l =$ nombre de quais à construire sur l
- $x_{lvd} = 1$ si v est affecté à l et dessert d , 0 sinon
- $z_{lvd} = 1$ si v est affecté à l et dessert d en début de tournée

Contraintes

$$w_l \leq q_l \cdot u_l \quad \forall l \in L \quad (1)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{v \in V} x_{lvd} = 1 \quad \forall d \in D \quad (2)$$

$$z_{lvd} \leq x_{lvd} \quad \forall l \in L \forall v \in V \forall d \in D \quad (3)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{d \in D} z_{lvd} \leq 1 \quad \forall v \in V \quad (4)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{d \in D} x_{lvd} \leq M \cdot \sum_{l \in L} \sum_{d \in D} z_{lvd} \quad \forall v \in V \quad (5)$$

$$M \cdot \sum_{l \in L} x_{lvd} + \sum_{l \in L} \sum_{d' \in \{\bar{\Delta}_d \cap D_v\}} x_{lvd'} \leq M \quad \forall v \in V \forall d \in D \quad (6)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{d \in D} (2 \cdot z_{lvd} \cdot M_{ld} + x_{lvd} \cdot \text{dist}_d) \leq \alpha_v^{\text{dist}} \quad \forall v \in V \quad (7)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{d \in D} (2 \cdot z_{lvd} \cdot T_{vld} + x_{lvd} \cdot S_{vd}) \leq \min(\alpha_v^{\text{time}}, T_{\max}) \quad \forall v \in V \quad (8)$$

$$\sum_{l \in L} x_{lvd} \leq J_{vd} \quad \forall v \in V \forall d \in D \quad (9)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{d \in D} x_{lvd} \cdot \gamma_d \leq \beta_v \quad \forall v \in V \quad (10)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{d \in D} x_{lvd} \cdot \gamma_d \leq \theta_l \cdot w_l \quad \forall l \in L \quad (11)$$

Critères d'évaluation

$$\sum_{l \in L} (c_l^{\text{selec}} \cdot u_l + c_l^{\text{door}} \cdot w_l) \quad (12)$$

$$\sum_{v \in V} c_v^{\text{purch}} \cdot \left(\sum_{l \in L} \sum_{d \in D_v} z_{lvd} \right) \quad (13)$$

$$\sum_{v \in V} c_v^{\text{driv}} \cdot \left(\sum_{l \in L} \sum_{d \in D_v} (x_{lvd} \cdot \delta_d + 2 \cdot z_{lvd} \cdot M_{ld}) \right) \quad (14)$$

$$\sum_{v \in V} c_v^{\text{poll}} \cdot \left(\sum_{l \in L} \sum_{d \in D_v} (x_{lvd} \cdot \delta_d + 2 \cdot z_{lvd} \cdot M_{ld}) \right) \quad (15)$$

$$\sum_{l \in L} c_l^{\text{poll}} \cdot w_l \quad (16)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{v \in V} \sum_{d \in D_v} c_d^{\text{cong}} \cdot c_v^{\text{cong}} \cdot x_{lvd} \quad (17)$$

$$\sum_{l \in L} c_l^{\text{acc}} \cdot u_l \quad (18)$$

$$\sum_{v \in V} c_v^{\text{acc}} \cdot \left(\max_{v \in V} c_v^{\text{purch}} \sum_{l \in L} \sum_{d \in D_v} x_{lvd} \right) \quad (19)$$

Premières expérimentations

Premières expérimentations

- Cas d'étude : ville de Marseille
- MIP solveur : Ilog Cplex 12.1
- Principales caractéristiques de l'instance
 - 72 zones de demande
 - 2243 positions à servir
 - 5 catégories de véhicules (3 thermiques, 2 électriques)
- Difficultés à trouver une solution réalisable (mémoire)
- Méthodes *ad hoc* nécessaires pour instances de grande taille

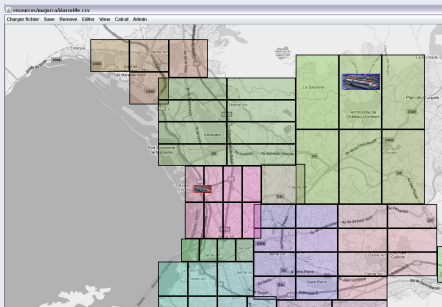
Plan

5 Prolongements

Prolongements

Prolongements

- Conception de méthodes multi-objectif dédiées
- Finalisation d'un simulateur ergonomique dédié aux collectivités, aménageurs logistiques et transporteurs



- Ecriture de modèles alternatifs