

TRANSPORT FERROVIAIRE URBAIN DE MARCHANDISES DANS LA PERSPECTIVE DE MIXITÉ FRET / VOYAGEURS : MODÉLISATION ET OPTIMISATION



Walid BEHIRI, Sana BERRAF

CONTEXTE



La ville

Lieu de vie et de travail
de la majorité
de la population

* 54% : part de la population mondiale urbaine en 2014

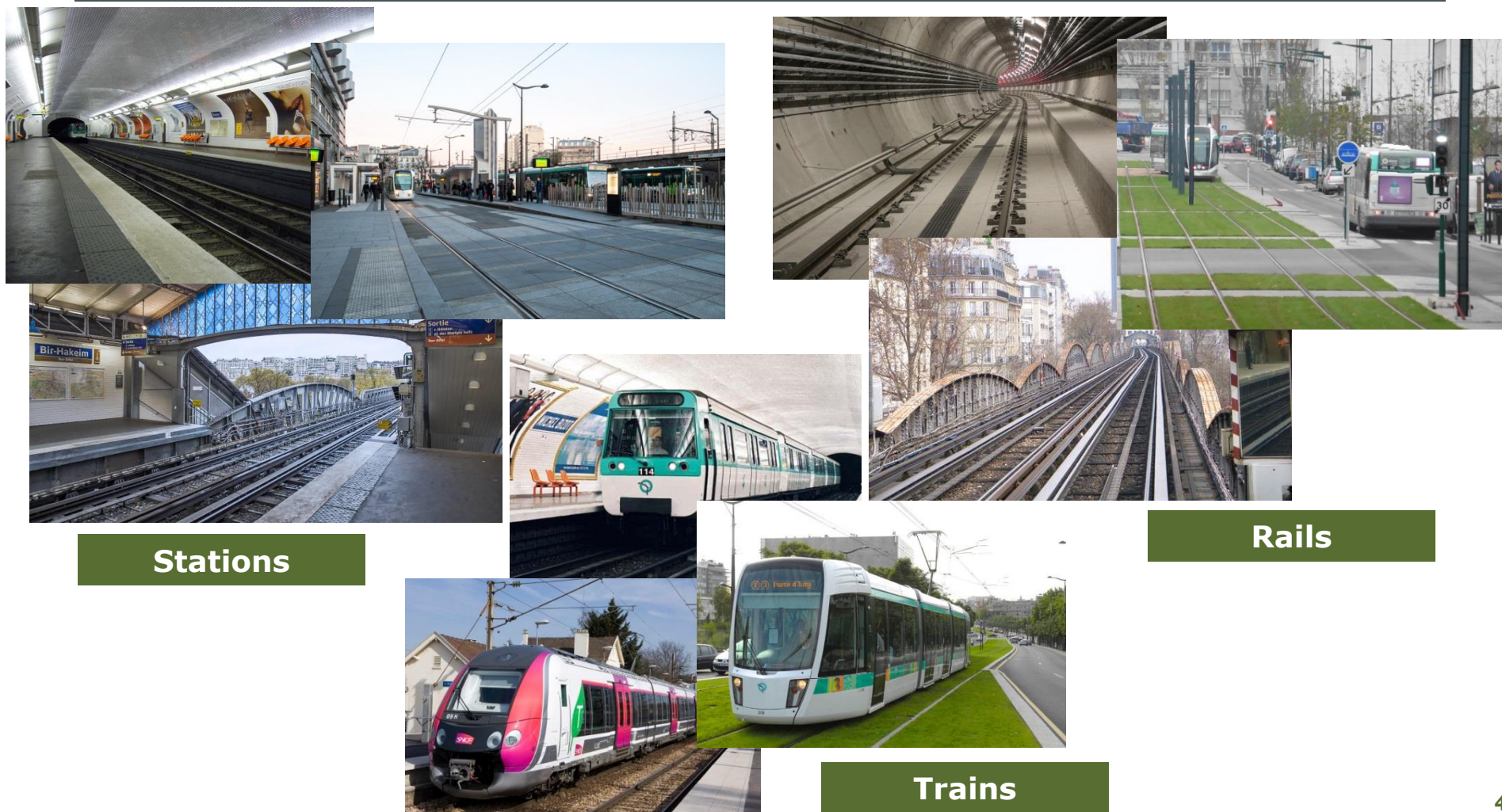


- Pollution – Air
- Pollution - Sonore
- Circulation très dense
- Stationnement difficile
- Coût de déplacement important
- ...

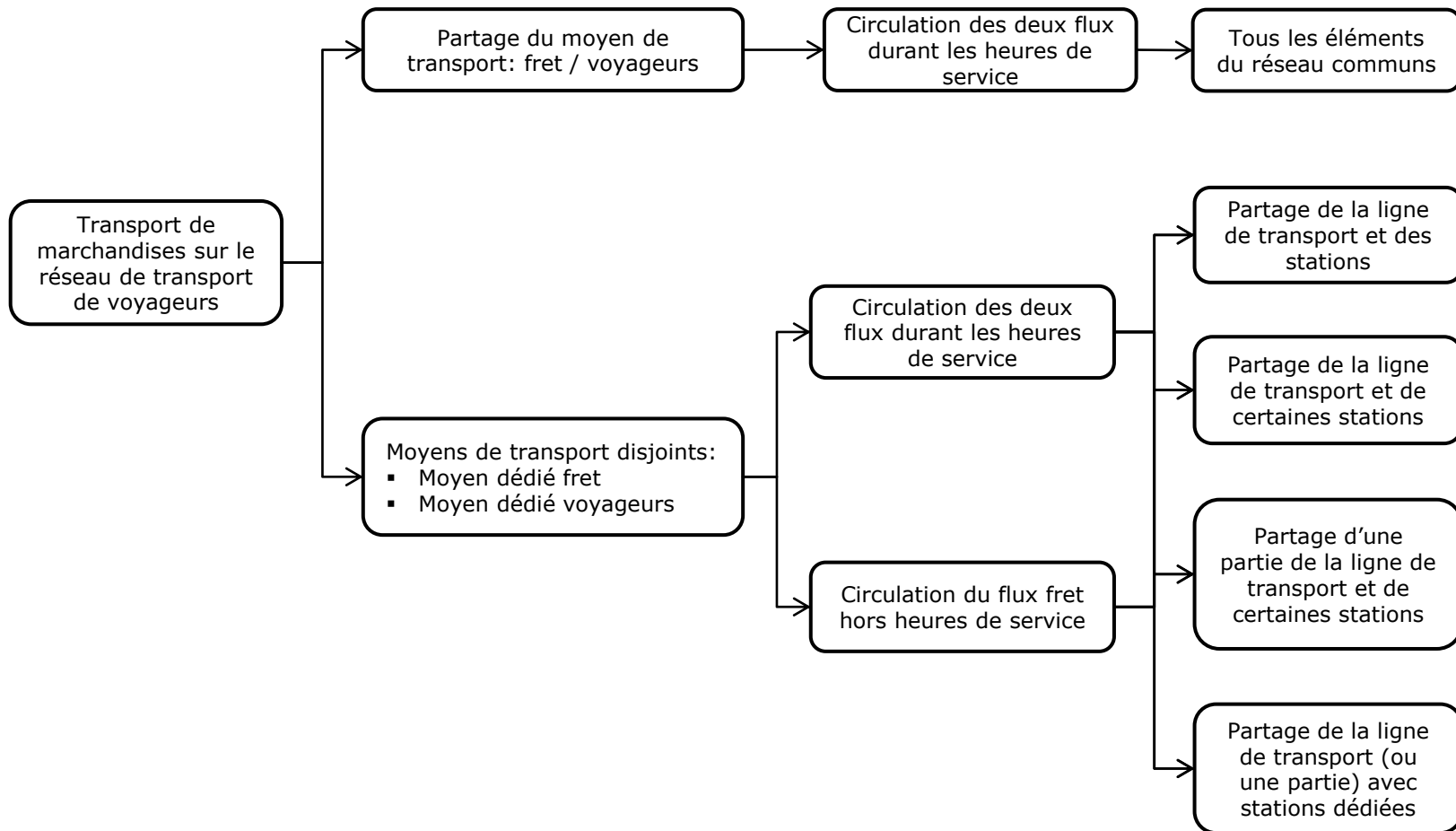
CONTEXTE

- ❑ Plusieurs études mettent en relief la dégradation de la qualité environnementale dans la ville :
 - Croissance du parc automobile
 - Croissance de la fréquentation en ville des moyens de transport de marchandises
- ❑ Transport de fret en ville en France : 20% du trafic urbain et 1/3 des émissions de polluants (source : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie)
- ❑ Réactions des autorités : ex.
 - Interdiction progressif des véhicules les plus polluants en milieu urbain
 - Paiement de l'accès aux villes importantes
 - Organisation de conférences sur le climat et engagements des Etats
- ❑ Transport de marchandises en ville **indispensable**.

COMPOSANTES DU TRANSPORT URBAIN PAR RAIL



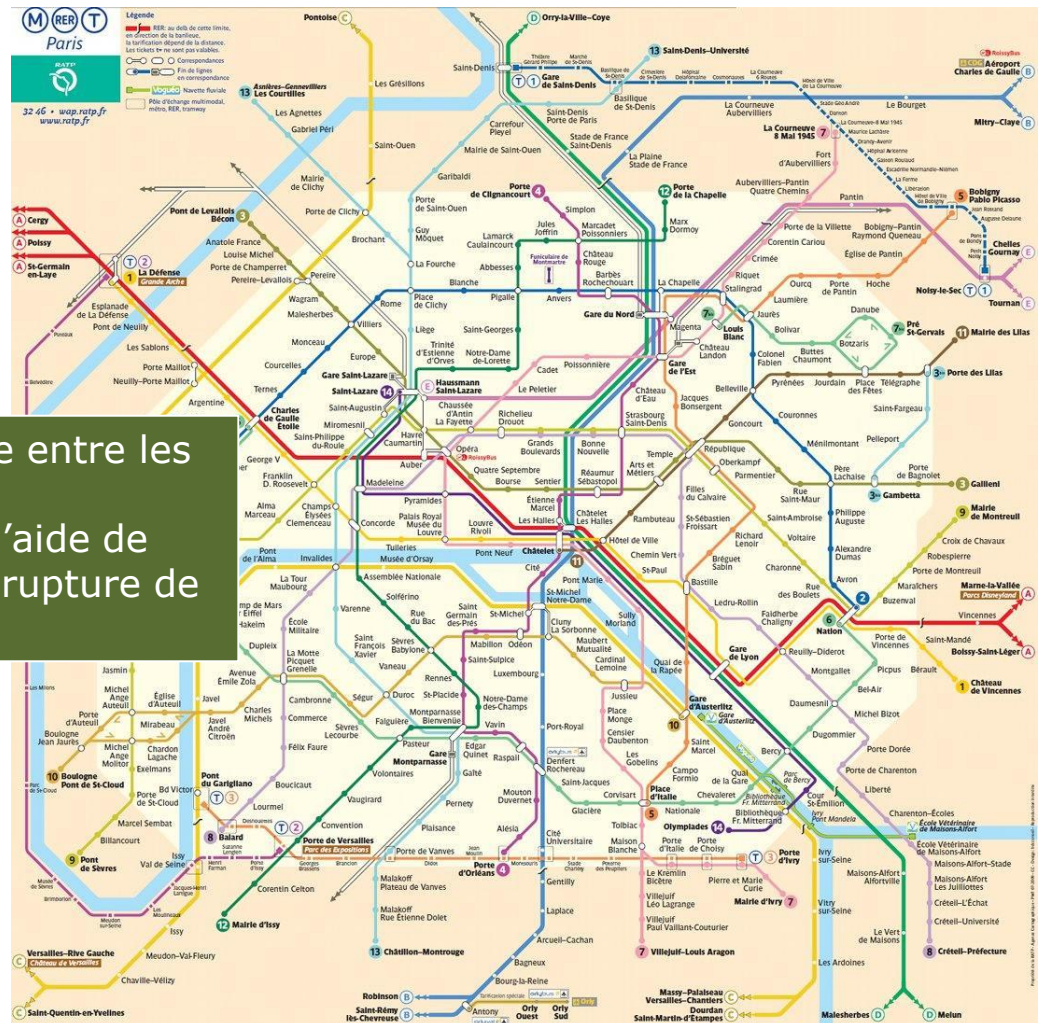
IDENTIFICATION DES DIFFÉRENTS CAS DE MIXITÉ FRET / VOYAGEURS

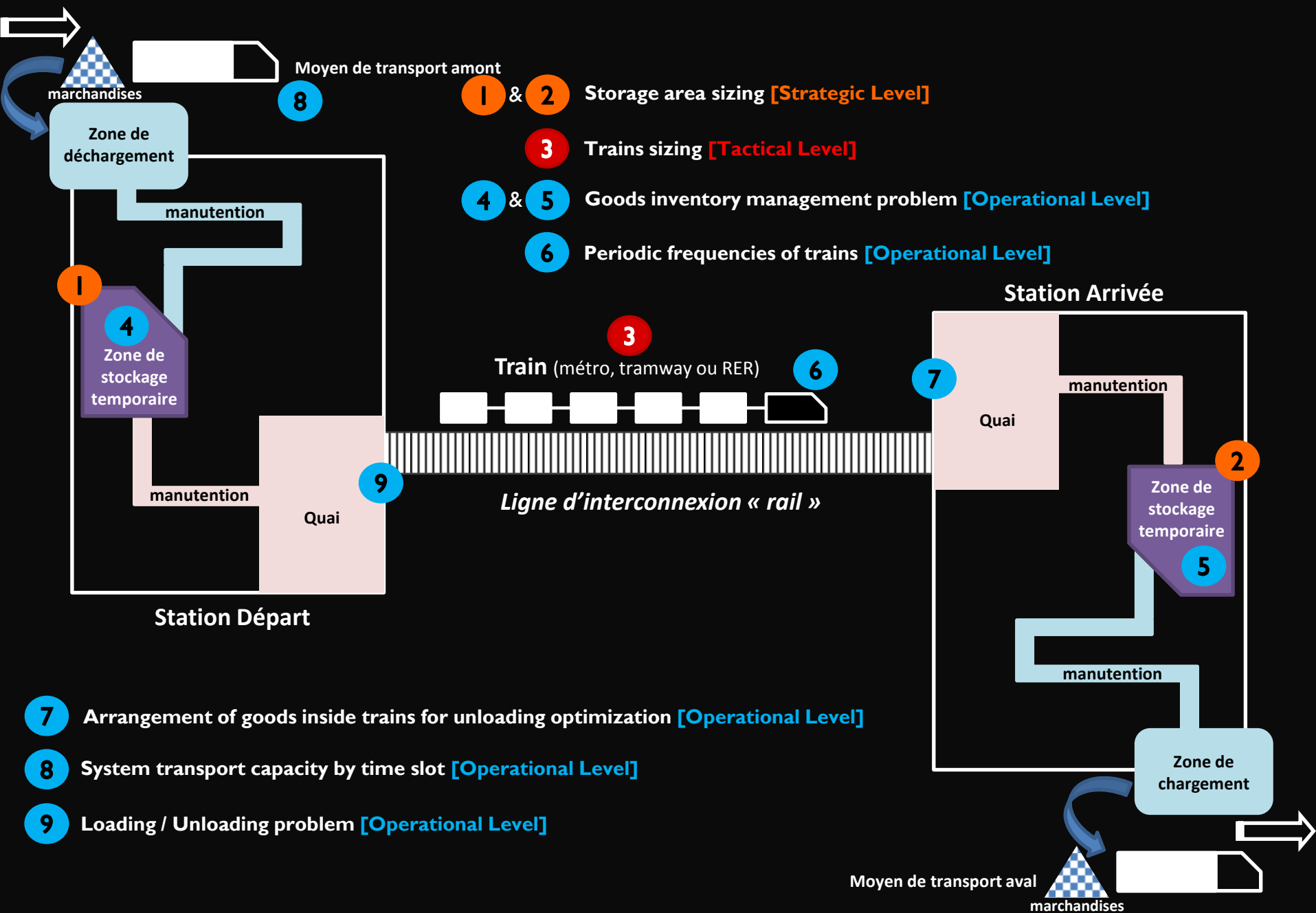


Augmentation du degré d'intégration de la composante
« marchandises » au réseau de transport de voyageurs

PROPOSITION D'UN MODÈLE DE TRANSPORT PAR RAIL MIXTE : FRET/ VOYAGEURS

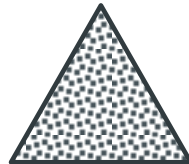
1. Il n'y a aucune dépendance directe entre les lignes.
2. Les lignes sont interconnectées à l'aide de stations de correspondances avec rupture de charge.





MODÉLISATION DE LA SOLUTION DE TRANSPORT

DESCRIPTION DU PROBLÈME



J: Nombre de clients

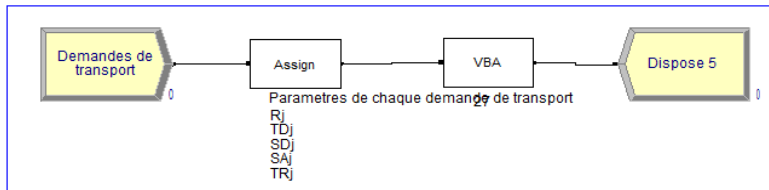
$$\left\{ \begin{array}{l} Q_j \\ r_j \\ time_{loading-unloading} \\ dep_j \\ arr_j \end{array} \right.$$


T: Nombre de trains

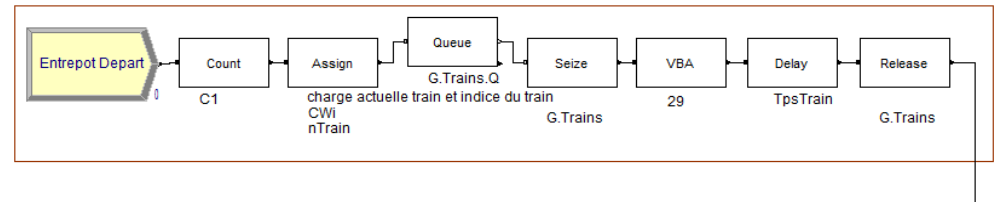
$$\left\{ \begin{array}{l} Cap \\ wait_{min} \\ wait_{max} \\ l_t \end{array} \right.$$

MODÉLISATION DE LA SOLUTION DE TRANSPORT AVEC ARENA

Generator of freight transport demand



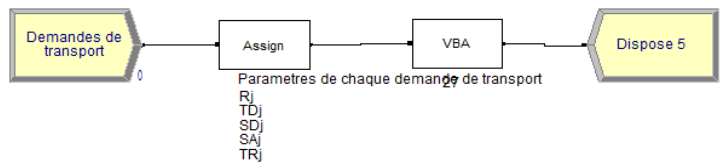
Trains generator



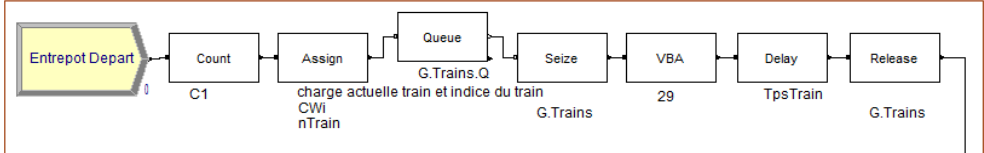
- Exploitation durant les heures creuses de la journée (de 10h à 15h)
- Nombre de commandes : entre 10 et 100 / période
- Dates de disponibilité des commandes : $r_j \in U[0,300]mn$ (avec $0 \rightarrow 10h$ et $300 \rightarrow 15h$)
- Taille des commandes : $Q_j \in U[1,5]boites$
- Stations de départ et d'arrivée: générées aléatoirement entre 1 et 10 pour chaque commande
- Nombre de trains : 30 trains / période (1 train chaque 10 minutes)

MODÉLISATION DE LA SOLUTION DE TRANSPORT AVEC ARENA

Generator of freight transport demand



Trains generator

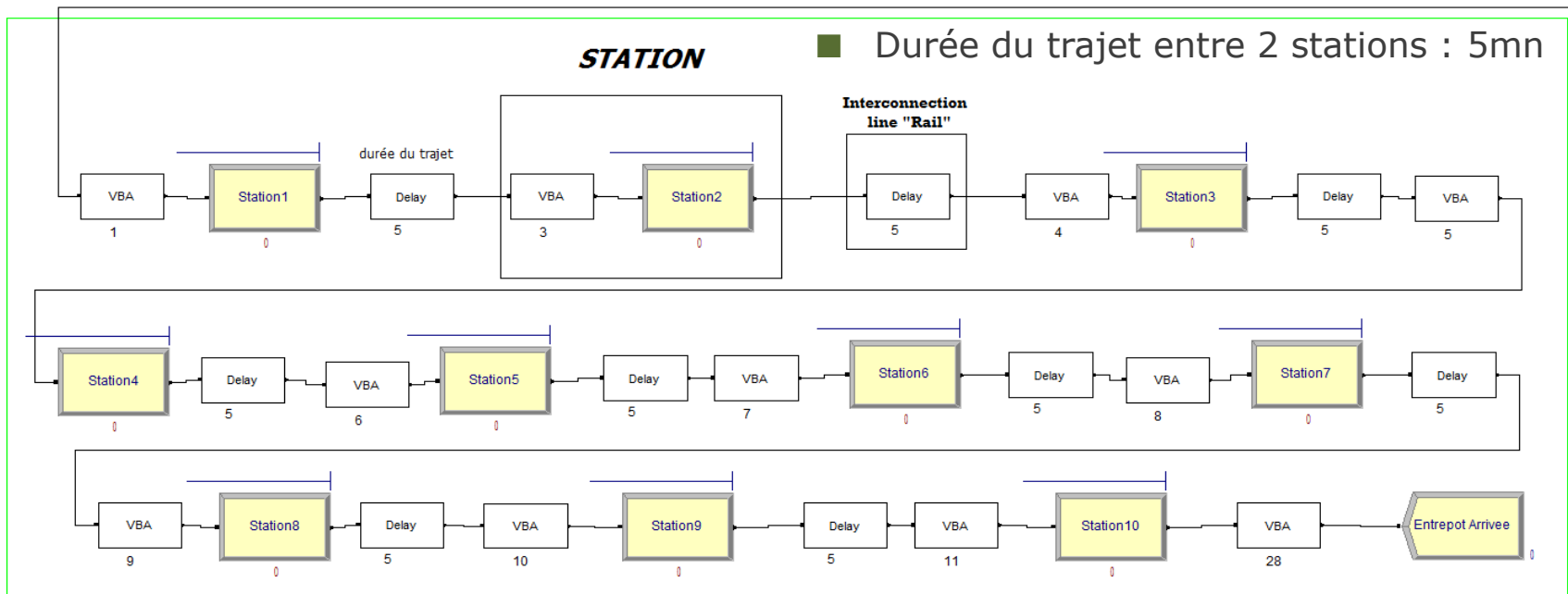


■ Nombre de stations : 10

■ Durée du trajet entre 2 stations : 5mn

STATION

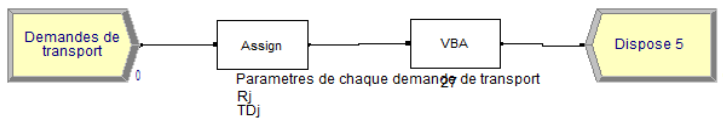
Interconnection
line "Rail"



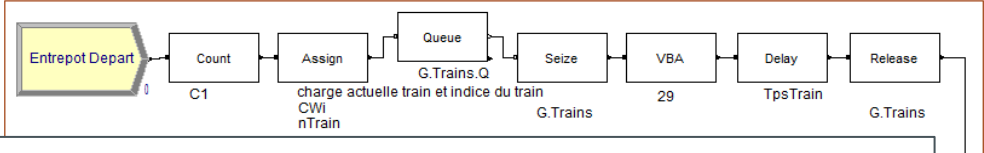
Railway line (Subway, Tram or Commuter/regional trains)

MODÉLISATION DE LA SOLUTION DE TRANSPORT AVEC ARENA

Generator of freight transport demand

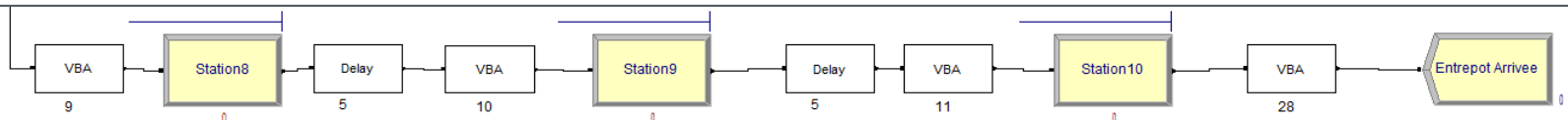


Trains generator



STRATÉGIES D'AFFECTATION DES MARCHANDISES AUX TRAINS

- Heuristique 1 : basée sur la règle FIFO
- Heuristique 2 : transporter les demandes de transport avec le plus grand nombre de boites en priorité
- Heuristique 3 : transporter les demandes de transport avec le plus petit nombre de boites en priorité
- Heuristique 4 : Optimiser le chargement de chaque train
- MILP → Couplage Optimisation / Simulation
- Métaheuristique : basée sur les colonies de fourmis



Railway line (Subway, Tram or Commuter/regional trains)

MILP FORMULATION

Variables de décision:

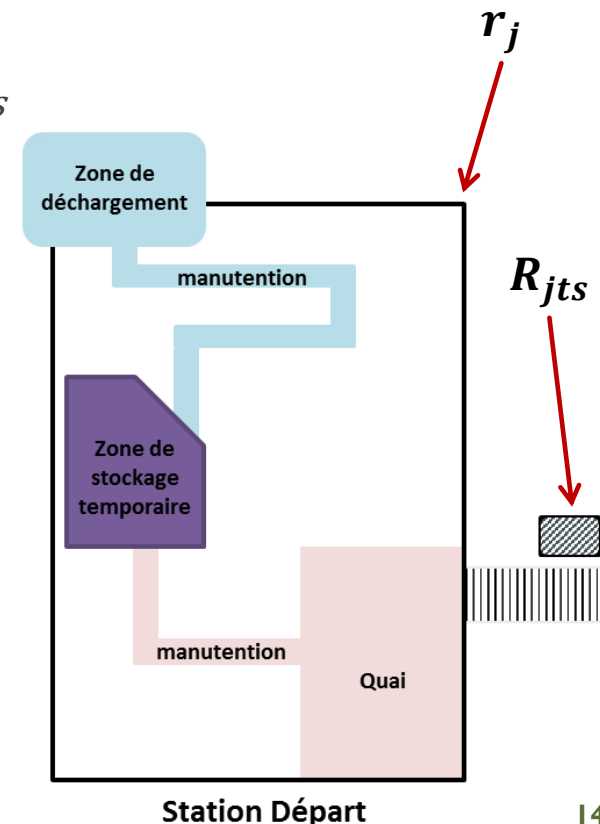
$$x_{jts} = \begin{cases} 1 & \text{si la demande } j \text{ est présente dans le train } t \text{ à la station } s \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

C_{ts} : temps d'attente du train t à la station s

R_{jts} : moment auquel le train t charge la demande j dans la station s

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (R_{jts} - x_{jts} * r_j) \quad s = dep_j$$

L'objectif étant de minimiser le temps d'attente total des marchandises dans leur station de départ avant leur transport par un train



MILP FORMULATION

$$\sum_{t=1}^T x_{jts} = 1 \quad \forall j \text{ and } s = dep_j \quad (1)$$

$$x_{jts} - x_{jts+1} = 0 \quad \forall j, t \text{ and } s \in [dep_j, arr_j - 1] \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J_s} x_{jts} * Q_j \leq Cap \quad \forall t, s \quad (3)$$

$$x_{jts} * r_j \leq l_t + (tt * (s - 1)) + \sum_{s'=1}^{s-1} C_{ts'} \quad \forall j, t \text{ and } s = dep_j \quad (4)$$

$$C_{ts} \geq Wait_{min} \quad \forall t, s \quad (5)$$

$$C_{ts} \geq \sum_{j \in J'_s} x_{jts} * Q_j * time \quad \forall t \text{ and } s \in \{dep_j, arr_j\} \quad (6)$$

$$C_{ts} \leq Wait_{max} \quad \forall t, s \quad (7)$$

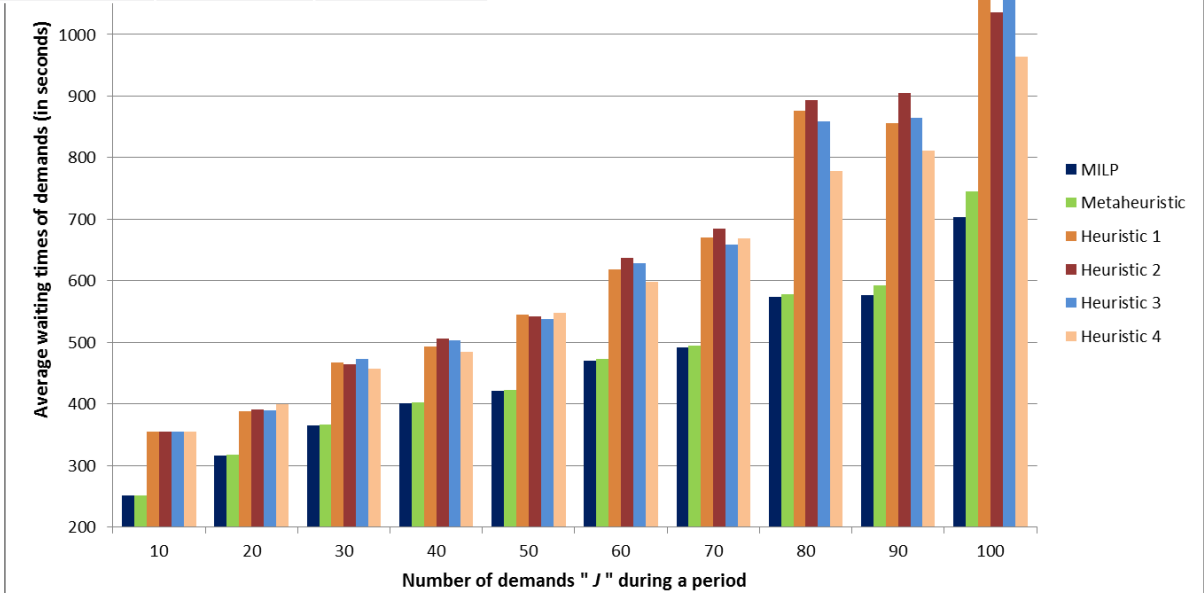
$$R_{jts} \geq l_t + (tt * (s - 1)) + \sum_{s'=1}^{s-1} C_{ts'} - M(1 - x_{jts}) \quad \forall j, t \text{ and } s = dep_j \quad (8)$$

$$x_{jts} \in \{0,1\}, C_{ts} \geq 0, R_{jts} \geq 0 \quad \forall j, t, s$$

RÉSULTATS

Gap

Demand Sizes	Heuristic 1	Heuristic 2	Heuristic 3	Heuristic 4	Metaheuristic
10	16%	16%	16%	16%	0,20%
20	31%	29%	31%	34%	0,42%
30	26%	26%	32%	29%	0,46%
40	22%	23%	23%	19%	0,52%
50	27%	31%	28%	32%	0,39%
60	38%	47%	37%	31%	0,65%
70	35%	51%	32%	40%	0,54%
80	56%	63%	48%	36%	0,66%
90	48%	57%	46%	35%	2,53%
100	47%	60%	48%	40%	4,93%



CONCLUSION

- ❑ Solution de transport non étudiée dans la littérature.
- ❑ Proposition et développement d'un modèle de transport de marchandises urbain mixant fret / voyageurs.
- ❑ Identification de plusieurs problématiques décisionnelles liées au déploiement et à l'exploitation de la solution de transport étudié.
- ❑ Développement d'un modèle de simulation avec plusieurs stratégies d'exploitation et couplage avec CPLEX pour l'implémentation d'une solution de transport optimale.

PERSPECTIVES DE LA THÈSE

- ❑ Considération des demandes de transport en temps réel et prise en compte des aléas d'exploitation (trains en retard, commandes annulées / retardées...).
- ❑ Considération d'autres objectifs d'exploitation.
- ❑ Résolution des différentes problématiques identifiées.



MERCI POUR VOTRE ATTENTION...