

INSPIRING INNOVATION | INNOVANTE PAR TRADITION



www.emse.fr

ROADEF 2011, Saint-Etienne



Affectation optimisée des ressources de (dé)chargement et de transport dans un terminal à conteneurs multimodal

Elisabeth ZEHENDNER

Nabil ABSI, Stéphane DAUZERE-PERES, Dominique FEILLET

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
DE L'INDUSTRIE ET DE L'EMPLOI



Plan

1. Introduction

- Transport conteneurisé
- Problème d'affectation de ressources

2. Modélisation comme PLNE

3. Etude de cas

4. Suite du travail

5. Conclusions et perspectives

Fonctions d'un terminal à conteneurs

Lieu de transbordement pour conteneurs import et export



Vue plongeante sur les terminaux à conteneurs du Grand Port Maritime de Marseille



Transport conteneurisé

- Croissance du transport conteneurisé
- Croissance de la capacité des porte-conteneurs
- Peu d'armateurs très puissants
 - Nécessité de procédures efficaces
 - Concurrence acharnée parmi les terminaux



Développements récents

- Importance croissante du transport intermodal et du transport door-to-door
 - Part du transport terrestre élevée par rapport au coût total de transport
 - Zones de livraison qui se chevauchent
- Transport terrestre performant et fiable augmente la compétitivité d'un terminal à conteneurs



Objectif de l'étude

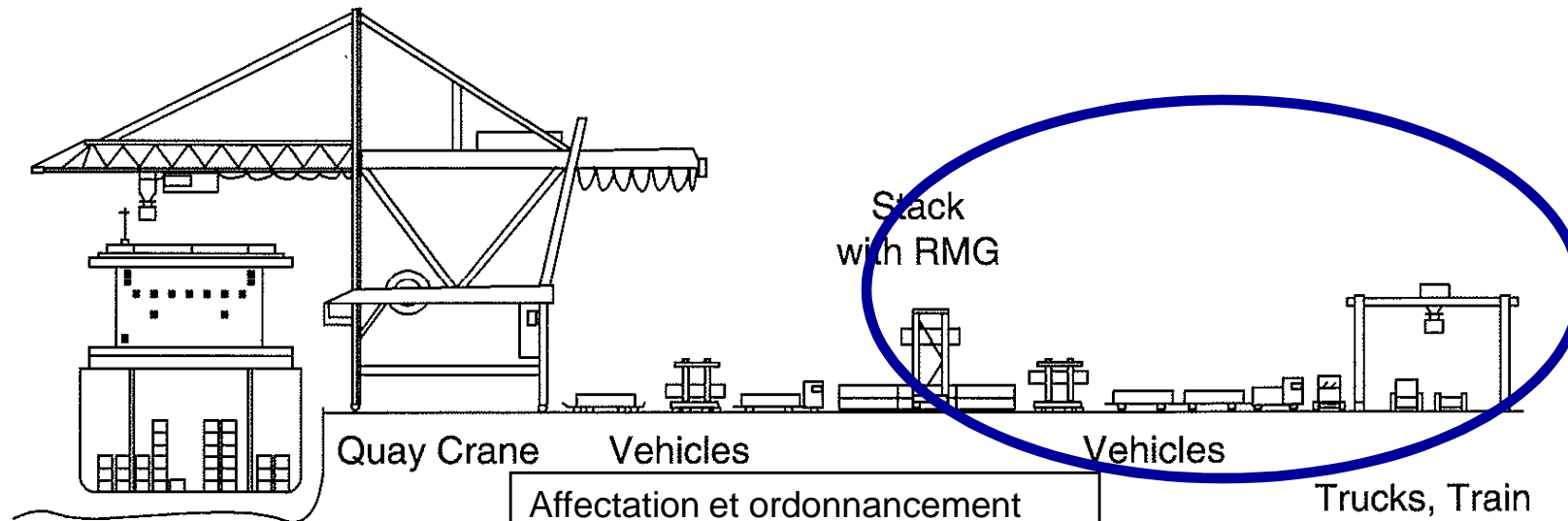
- Déterminer une affectation optimisée des ressources internes basée sur la charge de travail
 - Minimiser les retards des camions, trains et péniches
 - Servir tout navire dans les délais impartis
- Améliorer la connexion du terminal avec son arrière-pays



Problématiques étudiées dans le maritime

Quayside

Landside



Vessel
Affectation des postes d'amarrage et des grues de quais

Quay Crane
Affectation et ordonnancement des conteneurs sur les grues de yard et les moyens de transport

Affectation de campement, empilage et manipulation

Problème de tournées

Vehicles
Trucks, Train
Conception du réseau intermodal

Système de rendez-vous

Problèmes de tournées

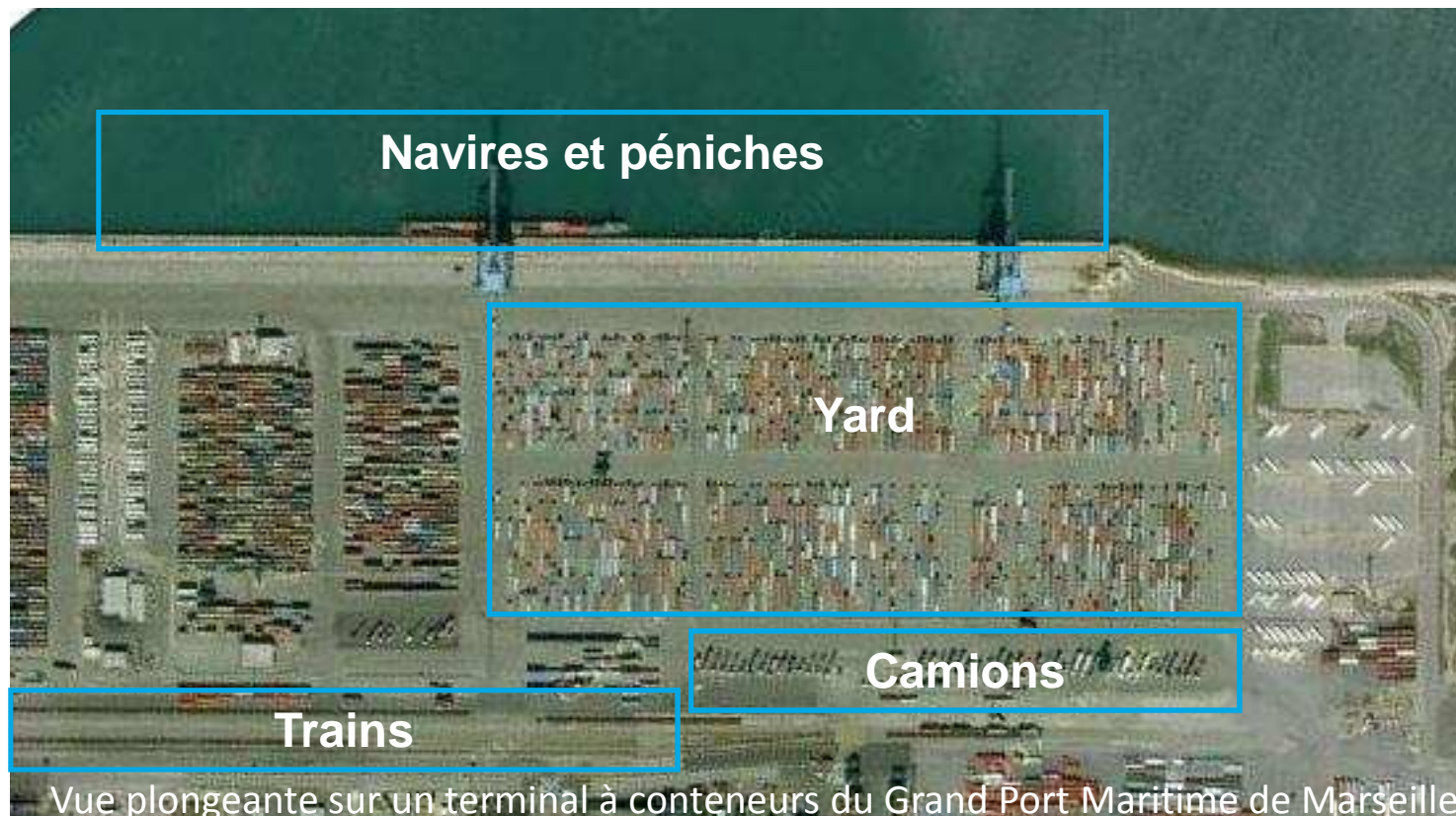
Simulation



Travaux concernant l'affectation de ressources

- Network flow models
 - Gambardella, L. M., Mastrolilli, M., Rizzoli, A. E. & Zaalon, M. (2001). An optimization methodology for intermodal terminal management, *Journal of Intelligent Manufacturing* 12: 521-534.
 - Kozan, E. (2000). Optimising container transfers at multimodal terminals, *Mathematical and Computer Modelling* 31(10-12): 235-243.
- Queuing models
 - Kang, S., Medina, J. C. & Ouyang, Y. (2008). Optimal operations of transportation fleet for unloading activities at container ports, *Transportation Research Part B: Methodological* 42(10): 970-984.
- Disjoint directed paths
 - Vis, I. F., de Koster, R. & Savelsbergh, M. W. P. (2005). Minimum vehicle fleet size under time-window constraints at a container terminal, *Transportation Science* 39: 249-260.

La problématique de l'affectation de ressources

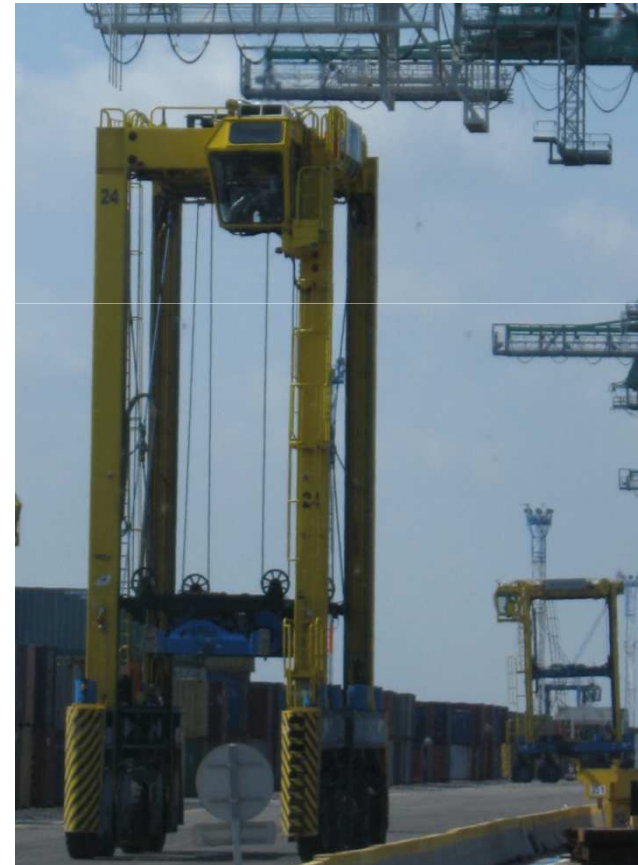




Restriction de l'étude

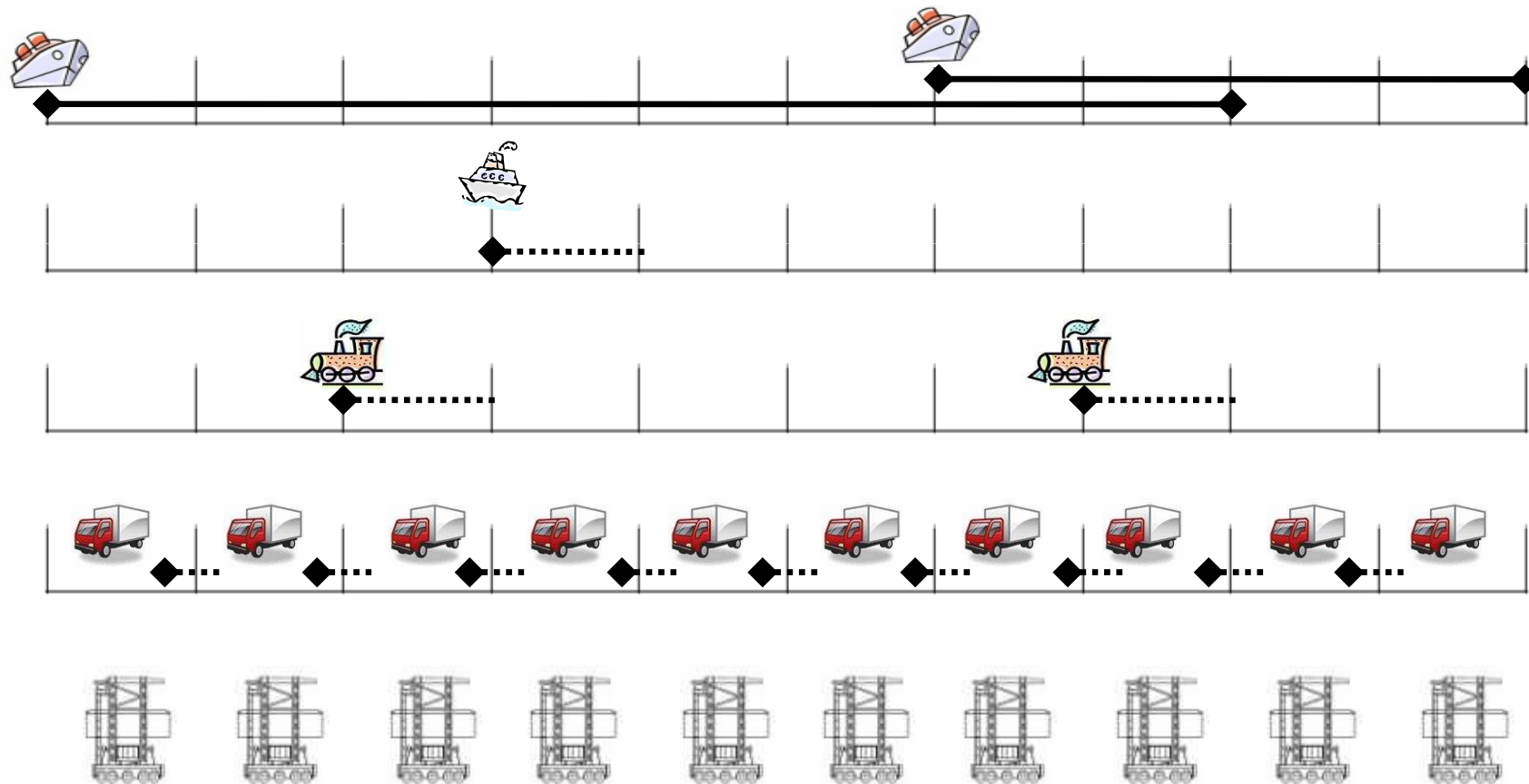
Terminaux utilisant des cavaliers pour le transport et le stockage

- Capacité variable (opérateur embauchés)
- Affectation à une tâche par période





La problématique de l'affectation de ressources





Description général de terminaux

- Introduction d'une notation afin de décrire le mode de service
 - Ressources partagées ou non
 - Autres contraintes
 - Date d'échéance, non-préemption,...
 - Fonction objectif
 - Servir le plus vite, servir dans la fenêtre de temps, pénaliser les tâches non-exécutées,...
- Formulation de chaque élément comme une contrainte du PLNE

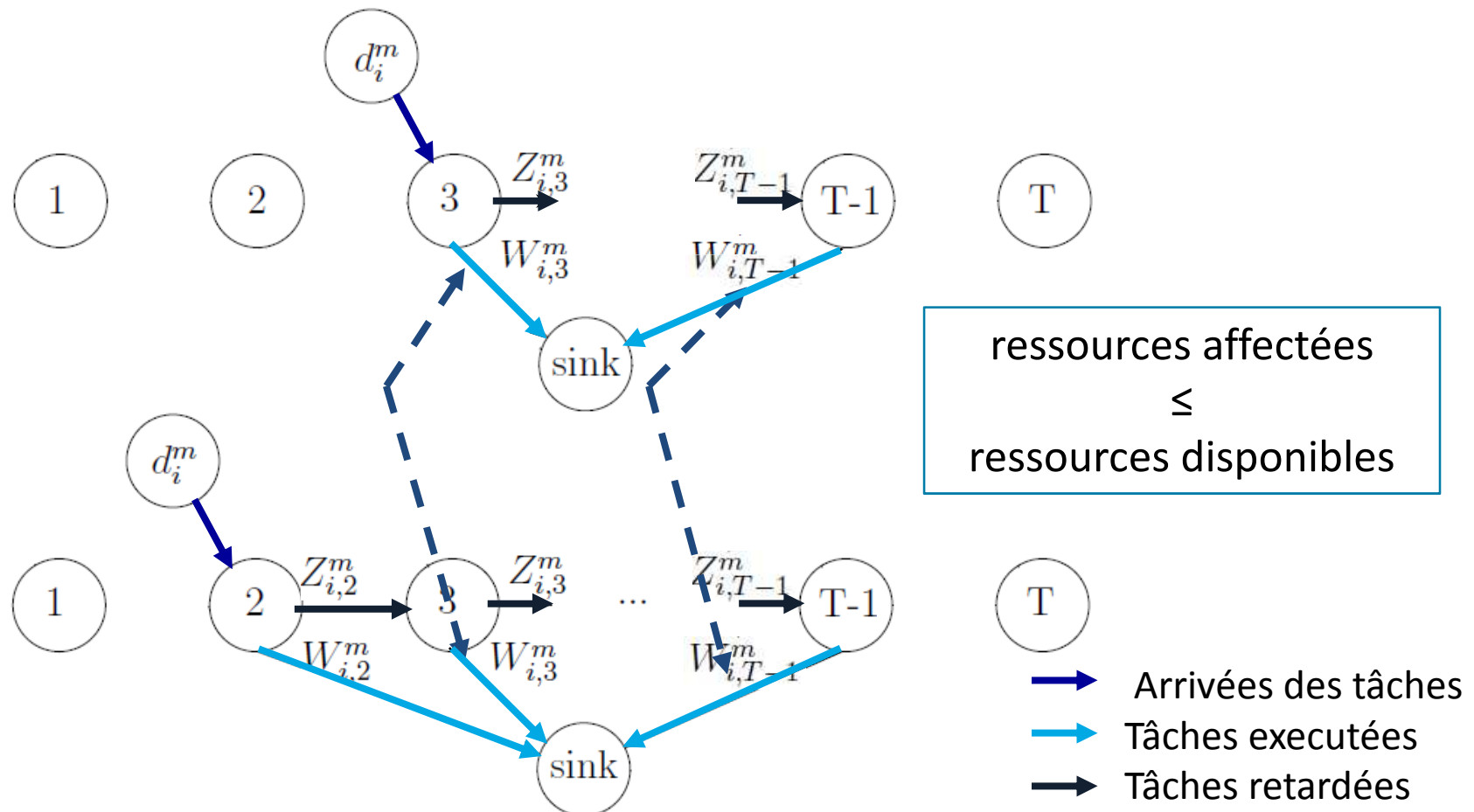


Idée de la modélisation

- Sous-modèles indépendants pour chaque véhicule
 - Contraintes de flot
 - Contraintes de capacité
 - Fonction objectif et contraintes spécifiques représentant le mode de service
- Le modèle du terminal est obtenu en reliant les sous-modèles par une contrainte limitant le nombre de ressources utilisées



Idée de la modélisation





Implémentation en PLNE

Données d'entrée

- r_i arrivée du véhicule
- p_i tâches à exécuter
- s_t nb. Ressources disponibles

Variables de décisions

- $X_{i,t}$ nb. ressources affectées
- $W_{i,t}$ nb. de tâches exécutées
- $Z_{i,t}$ nb. de tâches retardées

$$W_{i,t}^m \leq h^m \cdot X_{i,t}^m \quad \forall i = 1, \dots, I^m, t = 1, \dots, T$$

$$W_{i,t}^m \geq h^m \cdot (X_{i,t}^m - 1) + 1 \quad \forall i = 1, \dots, I^m, t = 1, \dots, T$$

$$Z_{i,t}^m = \begin{cases} 0 & t = 1, \dots, r_i^m - 1 \\ p_i^m - W_{i,t}^m, & t = r_i^m \\ Z_{i,t-1}^m - W_{i,t}^m, & t = r_i^m + 1, \dots, T \end{cases}$$

$$Z_{i,T}^m = 0, \quad \forall i = 1, \dots, I^m$$

$$\sum_{i=1}^{I^m} X_{i,t}^m \leq s_t \quad \forall t = 1, \dots, T$$

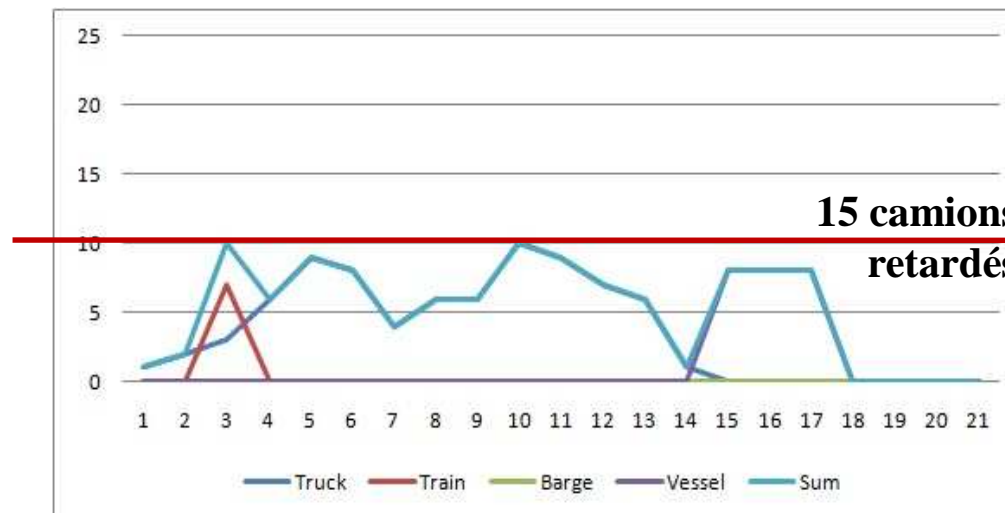
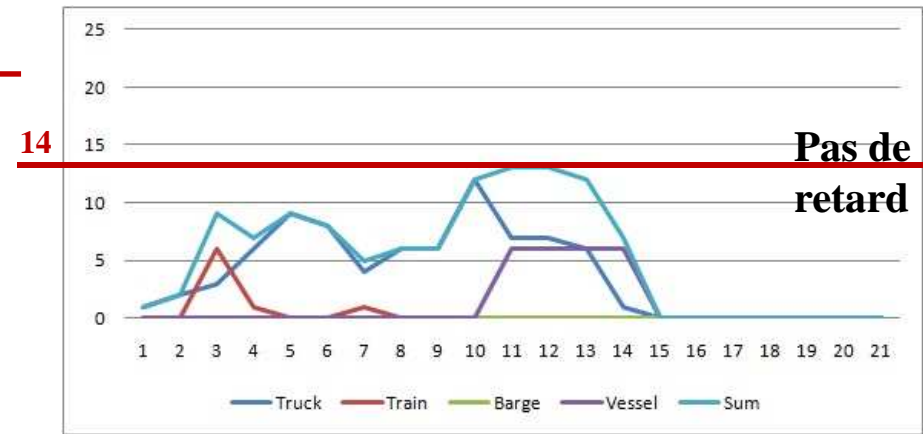
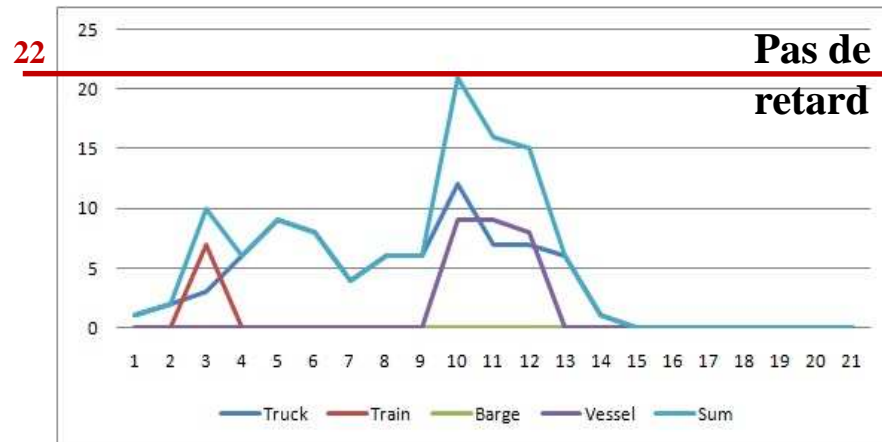


Etude de cas

- Implémentation du PLNE selon les caractéristiques du terminal à conteneurs du Grand Port Maritime de Marseille
- Analyse et comparaison de différents scénarios au niveau opérationnel
 - Affectation de ressources aux différentes tâches
 - Déterminer la capacité à demander pour le lendemain



Représentation graphique d'une solution obtenue





D'autres applications possibles

- Niveau tactique
 - Comparaison de différentes stratégies d'affectation de ressources
 - Comparaison de différentes règles de priorité
- Niveau stratégique
 - Conséquences d'une augmentation du volume transporté par train et péniche



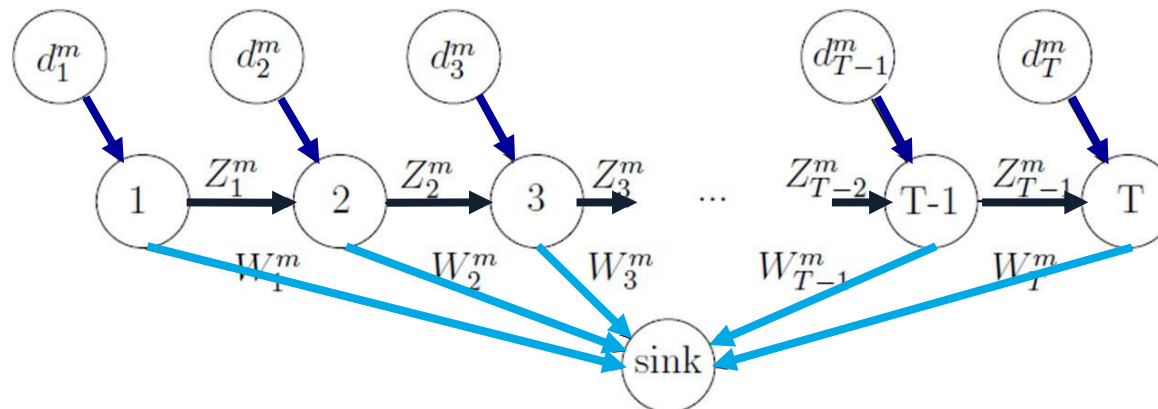
Analyse de sensibilité

- Nombre de périodes
- Nombre de véhicules
- Nombre de cavaliers disponibles



Modélisation alternative

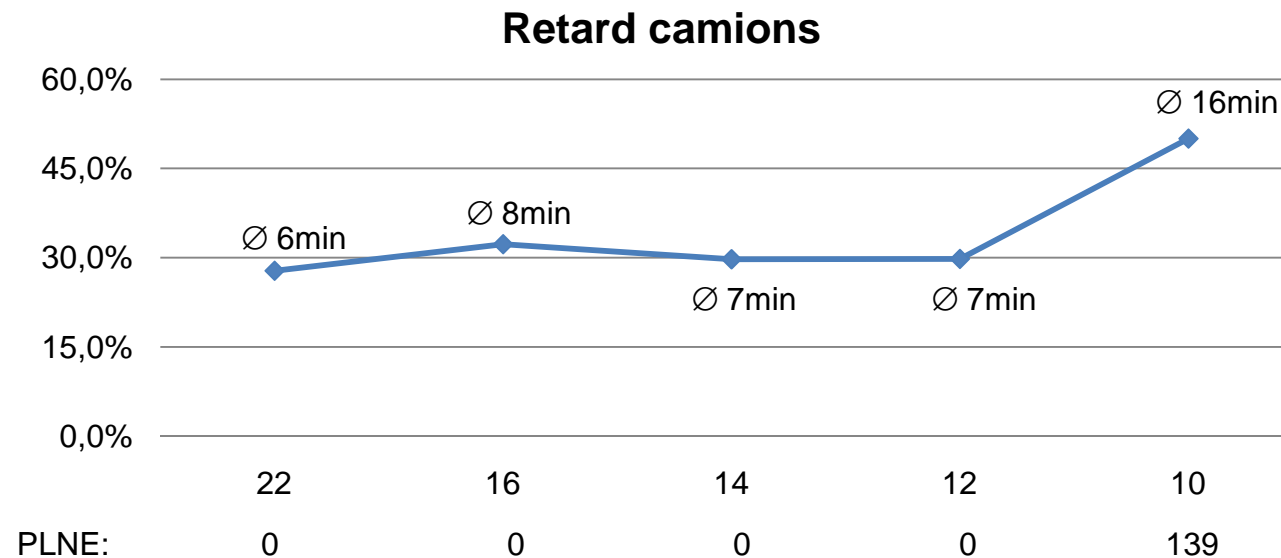
- Possibilité d'agréger plusieurs véhicules dans un seul modèle
 - Réduction de la taille du problème
 - Peu d'influence sur le temps de calcul





Validation par simulation

- Validation des résultats obtenus par le PLNE dans un environnement stochastique
- Premiers résultats prometteurs





Conclusion et perspectives

- Etude de l'affectation des ressources
 - Focalisation sur le côté terrestre
 - Notations pour décrire la situation d'un terminal
 - PLNE général permettant de représenter différents terminaux
 - Etude de cas sur le Grand Port Maritime de Marseille
- Perspectives
 - Etude de complexité, méthode de résolution
 - Arrivées et départs non-fixes