



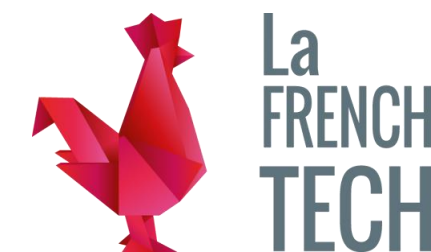
DMS

LOGISTICS

L'AIGUILLEUR DE LA LOGISTIQUE CONTENEURS

Taki Eddine KORABI, PhD

Présentation commune avec Dominique FEILLET
Mines Saint-Etienne et LIMOS





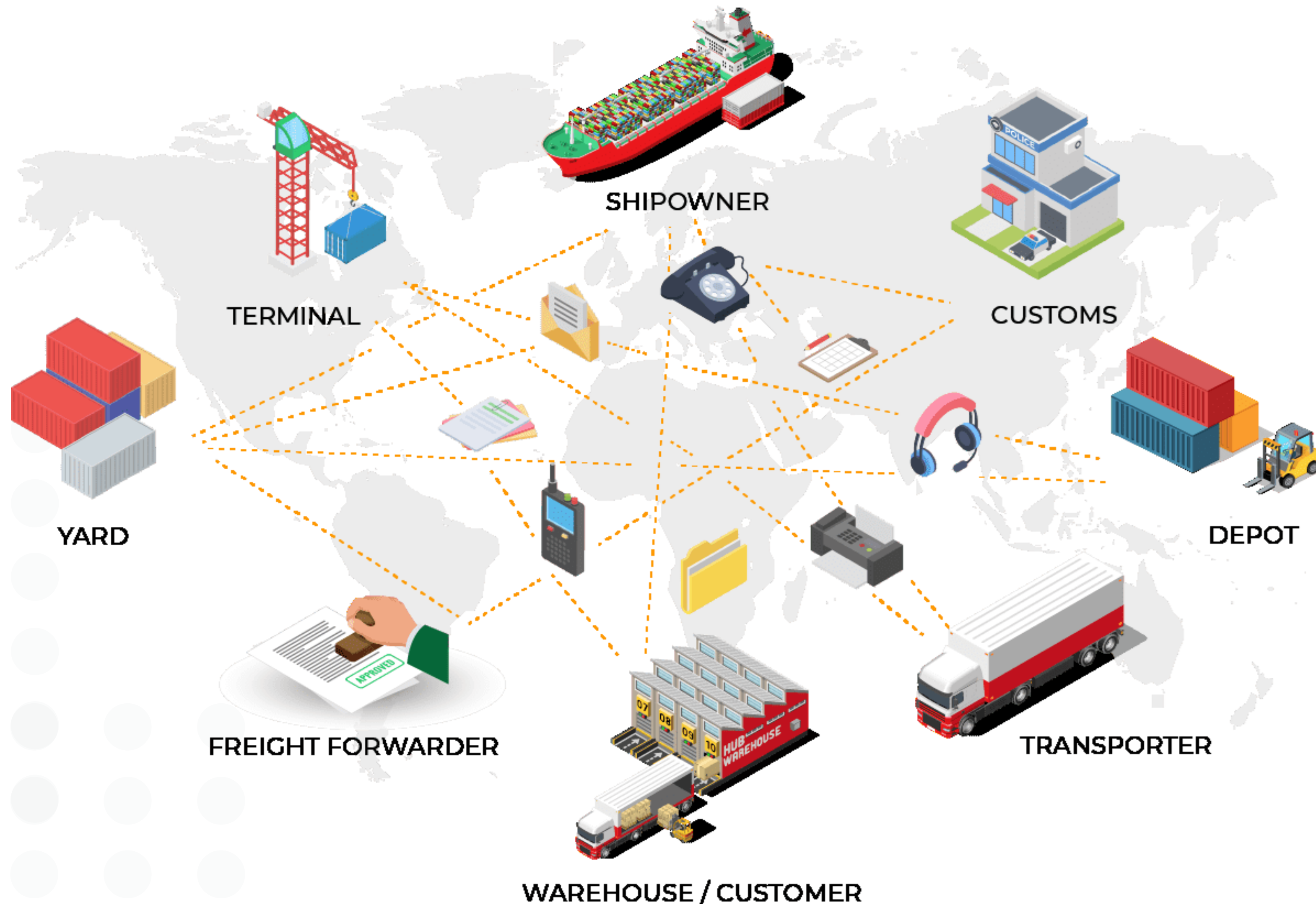
OUTIL D'AIDE A LA DÉCISION POUR

FLUIDIFIER LE TRAFIC DE CONTENEURS

DANS L'HINTERLAND

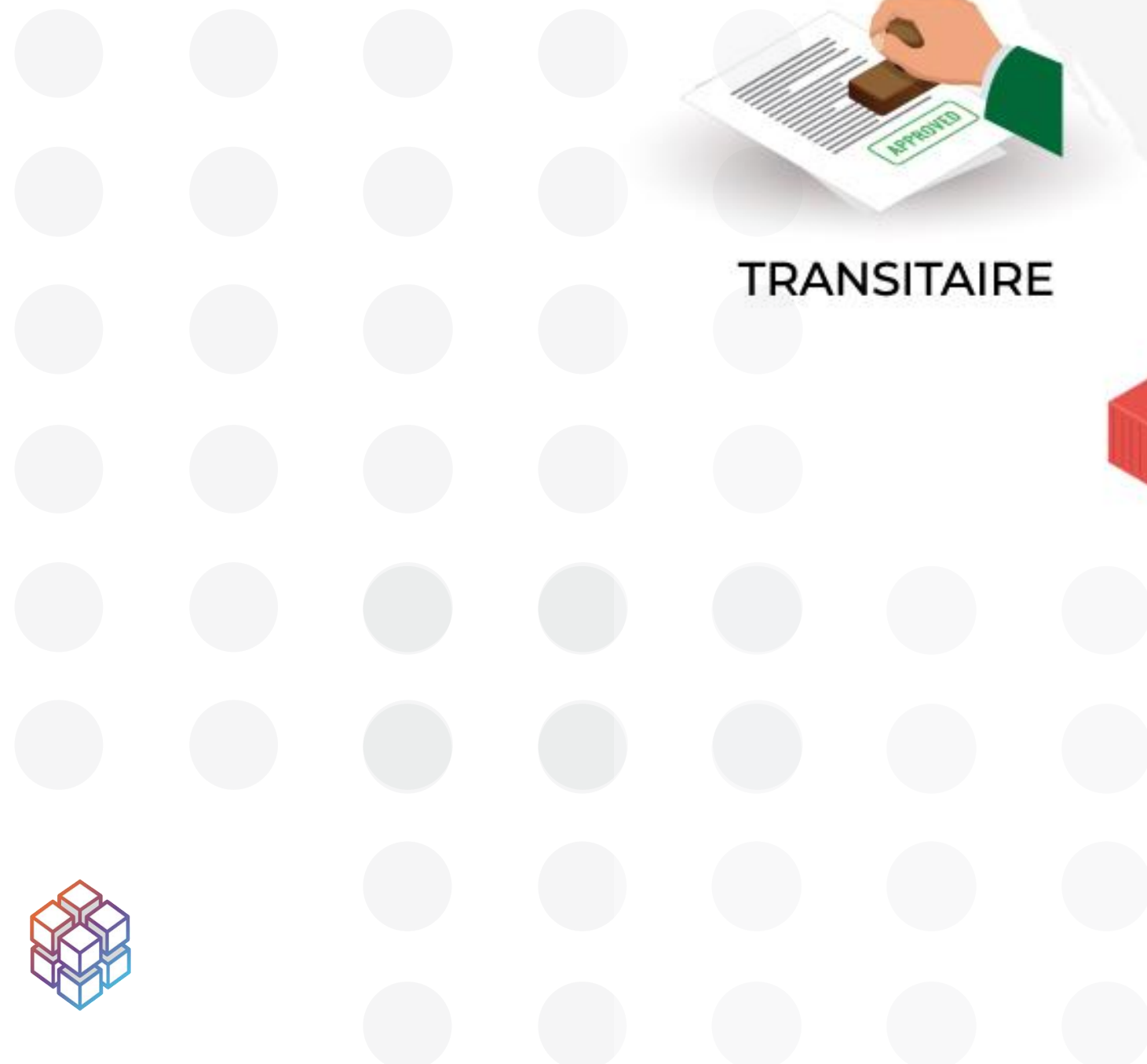
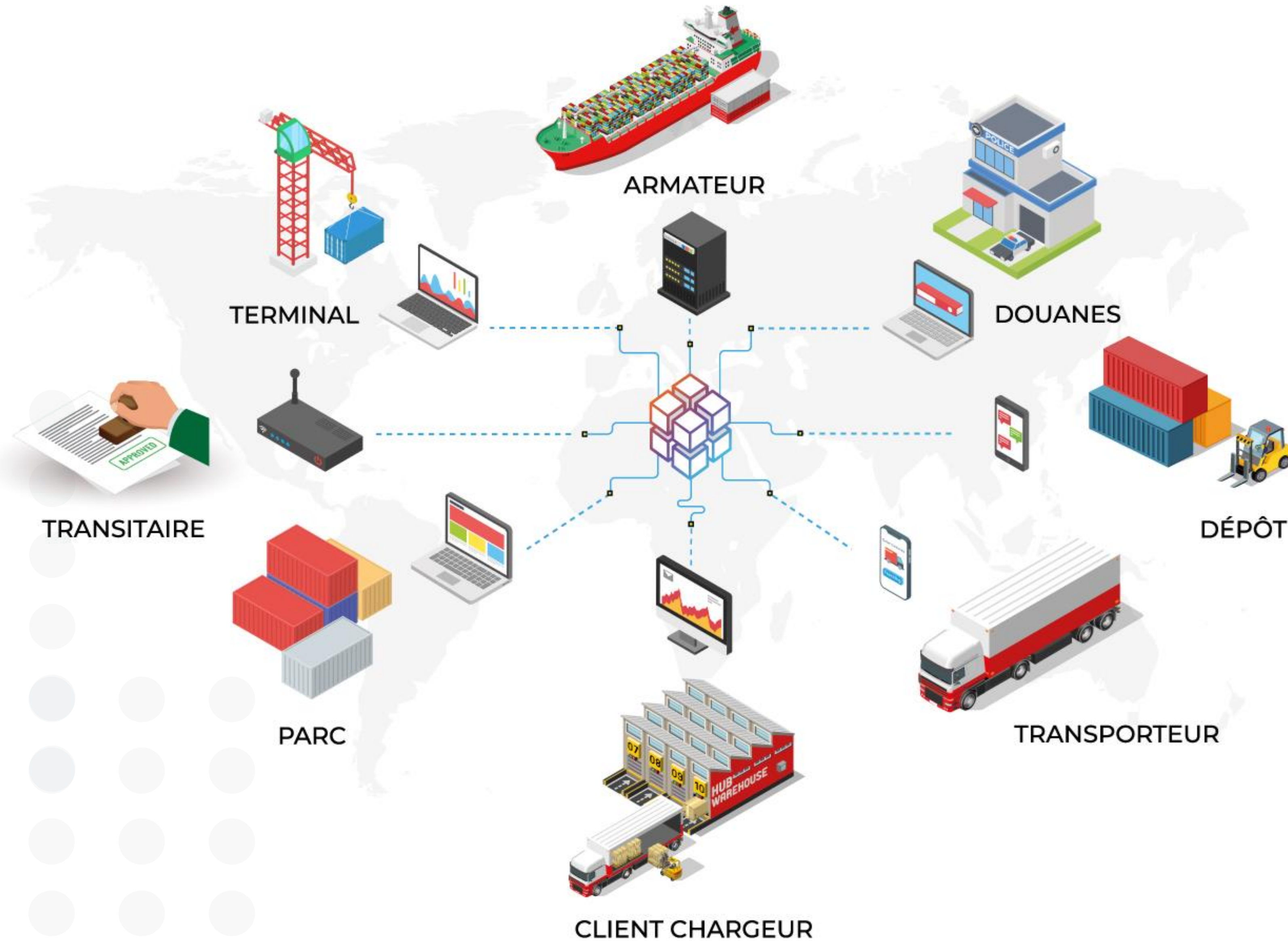


PROBLÈME : OPACITÉ DE L'HINTERLAND



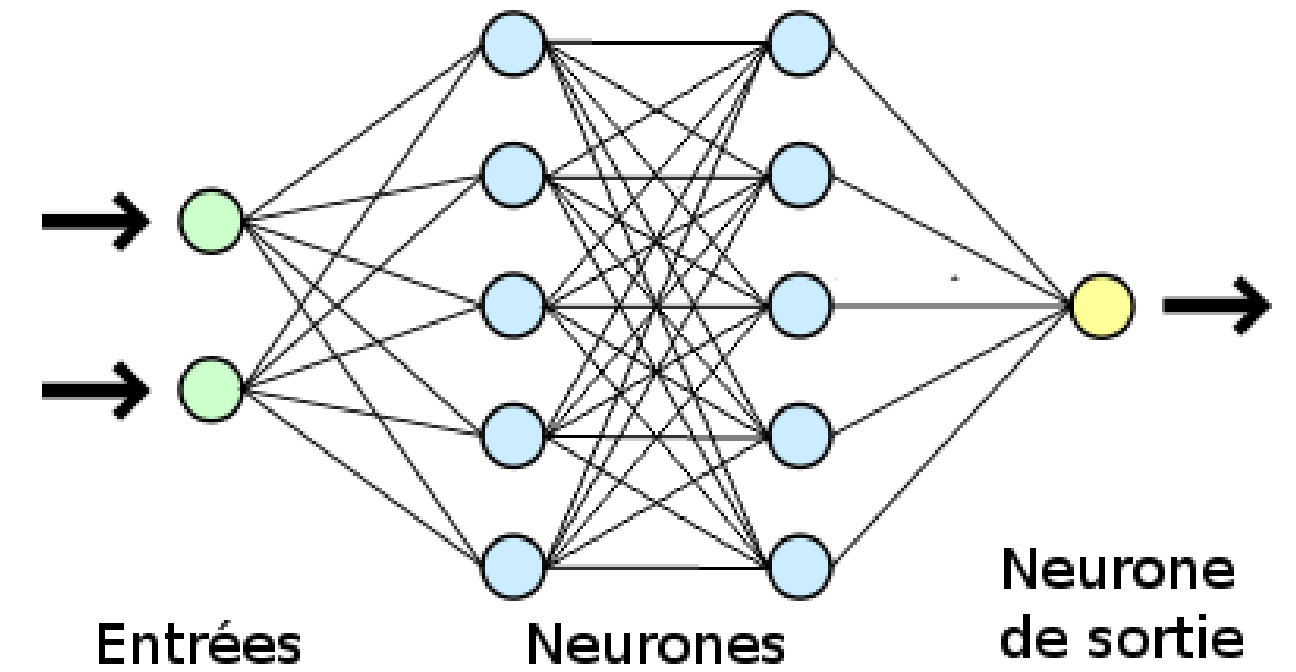
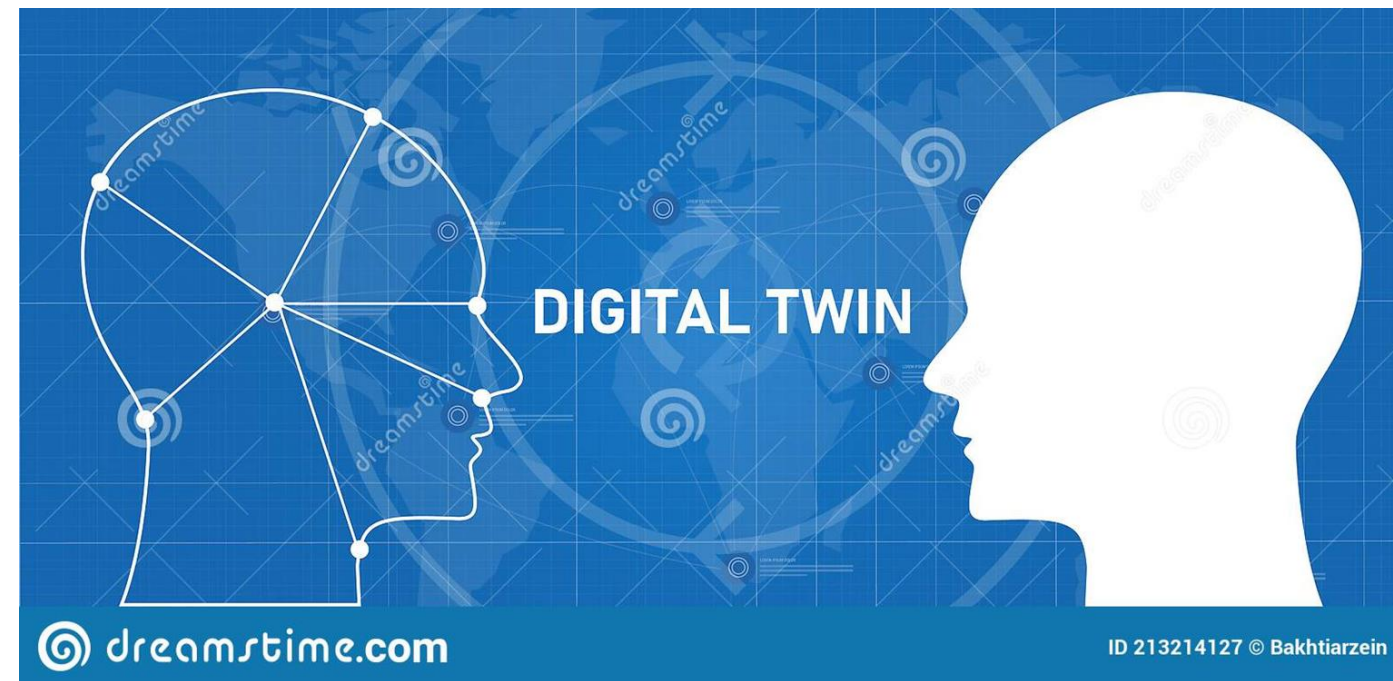


TIERS DE CONFIANCE COLLABORATIF





LES SOLUTIONS IA PROPOSÉES PAR DMS



Recherche opérationnelle et optimisation

- **Planification optimale** des opérations de transport de conteneurs
- Optimisation de l'**organisation des stocks** dans les dépôts et terminaux

Simulation et jumeau numérique

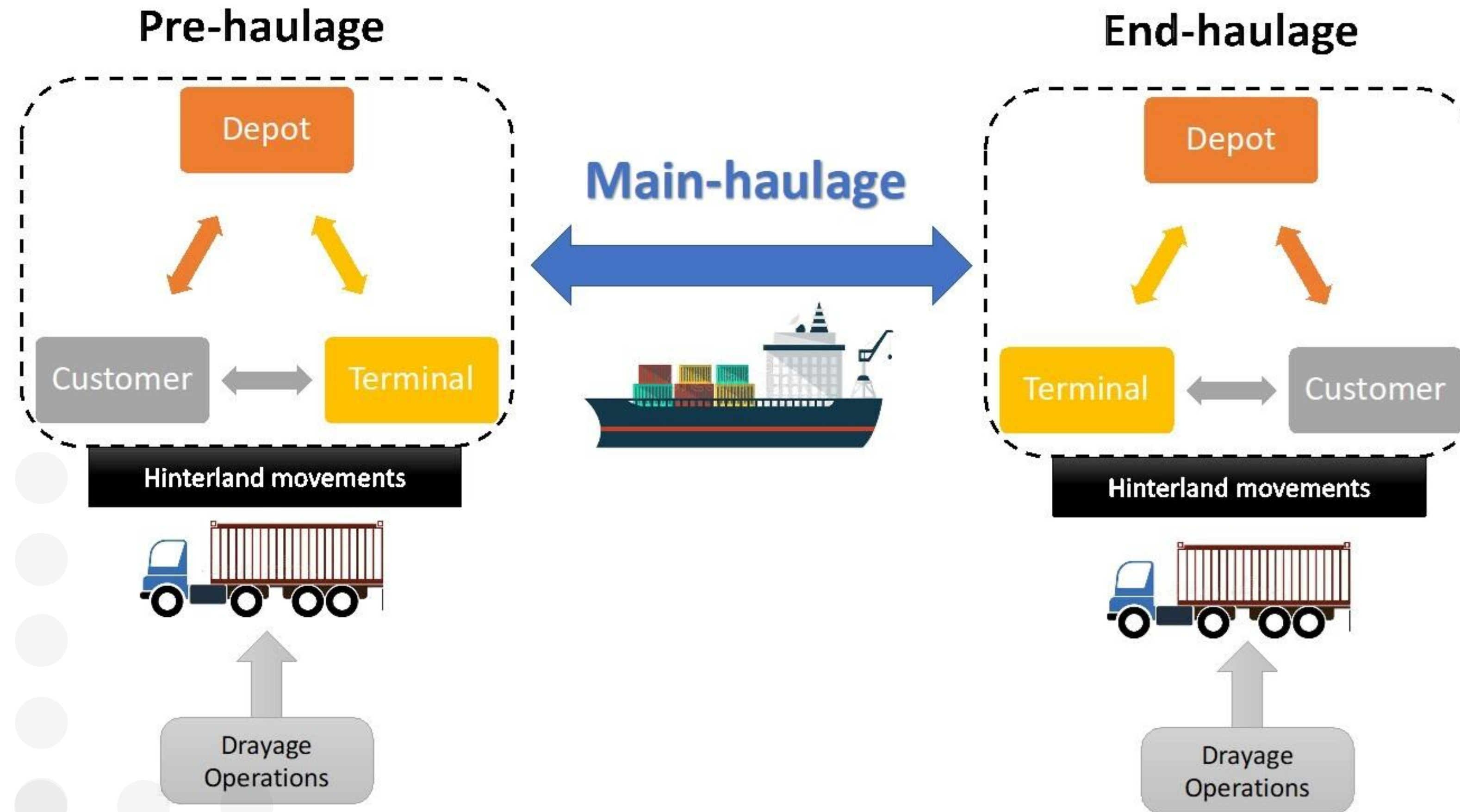
- **Evaluation économique, écologique et opérationnelle** de décisions stratégiques et leur impact sur l'écosystème
- **Simulation de périodes de crises** (grèves, météo ...) et évaluation de l'impact sur l'écosystème

Apprentissage automatique et deep learning

- **Prédiction** des opérations journalières des différents acteurs
- **Anticipation** des périodes de suractivité dans l'hinterland
- **Estimation** du temps de livraison d'un conteneur



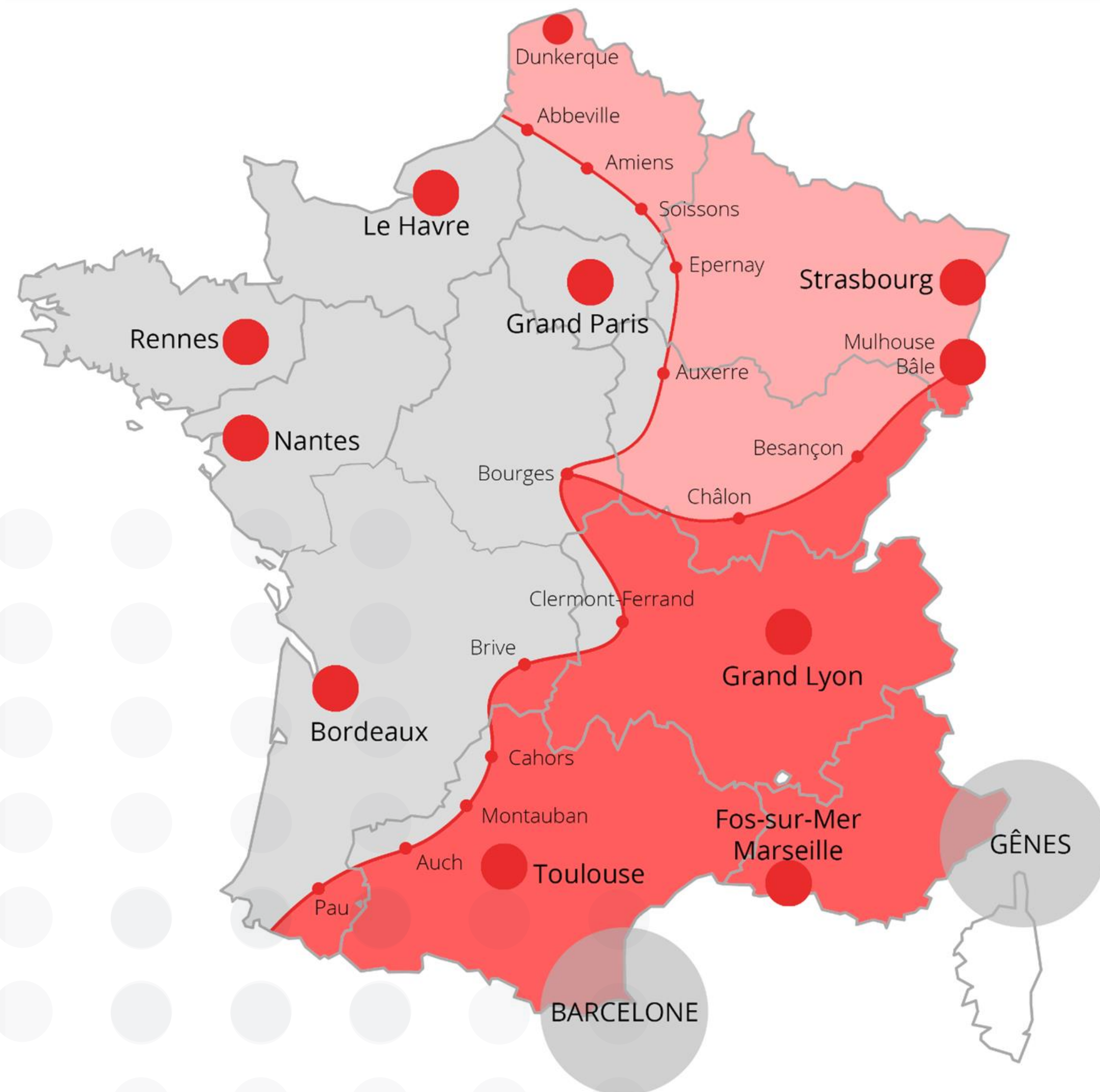
TRANSPORT DE CONTENEURS



- Une grande attention (industrielle et académique) à l'optimisation de la partie maritime
- Peu de travaux sur les opérations de factage qui représentent 80% du coût total



COMPÉTITIVITÉ DES HINTERLANDS



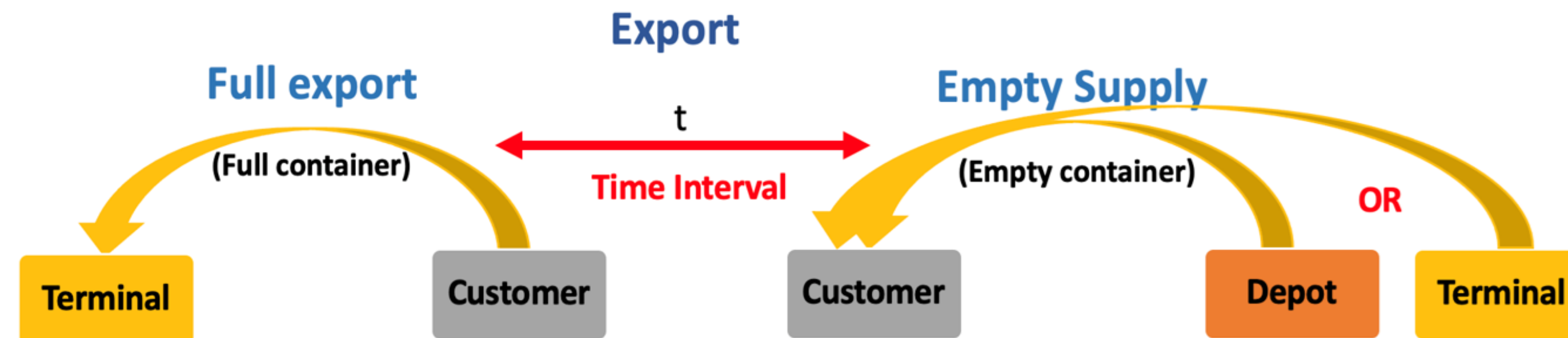
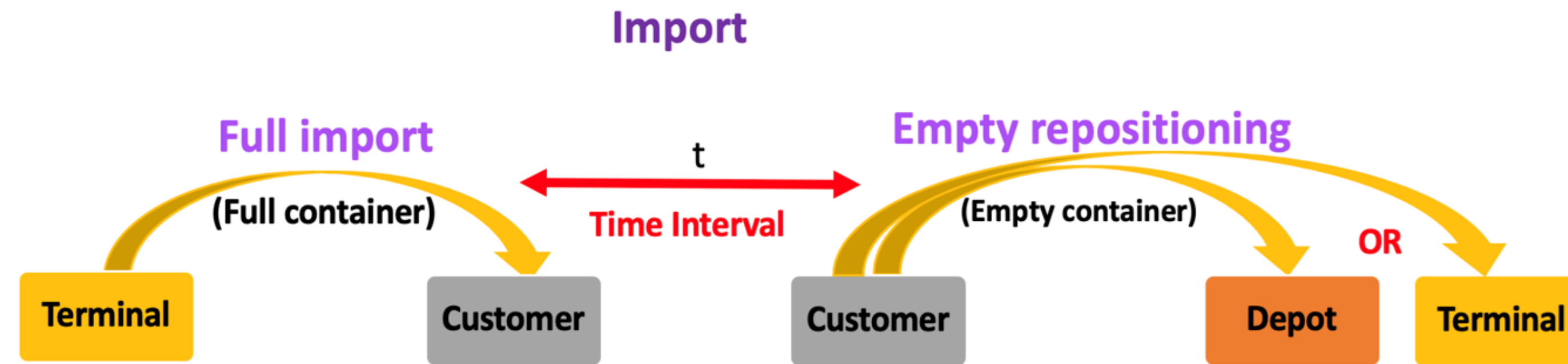
Problématique : *Sous-optimalité des opérations de factage*

- **Impact opérationnel**: congestions, retards, etc.
- **Impact économique**: pertes de gains pour tous les acteurs, réduction de la zone d'influence des ports
- **Impact écologique** : Hausse des émissions de CO_2 et de *particules fines*.

“Nécessité **d'optimiser** de façon **unitaire** les opérations des acteurs de la chaîne logistique hinterland avec des retombées **globales** sur l'écosystème”



LES FLUX IMPORT ET EXPORT



- Le transporteur gère le flux en entier
- Un temps d'emportage ou de dépôtage est nécessaire entre les 2 missions qui composent le flux
- La récupération (ou la restitution) des vides peut se faire soit au terminal soit dans un dépôt



LES CONTRAINTES DU FACTAGE

Contraintes de modélisation:

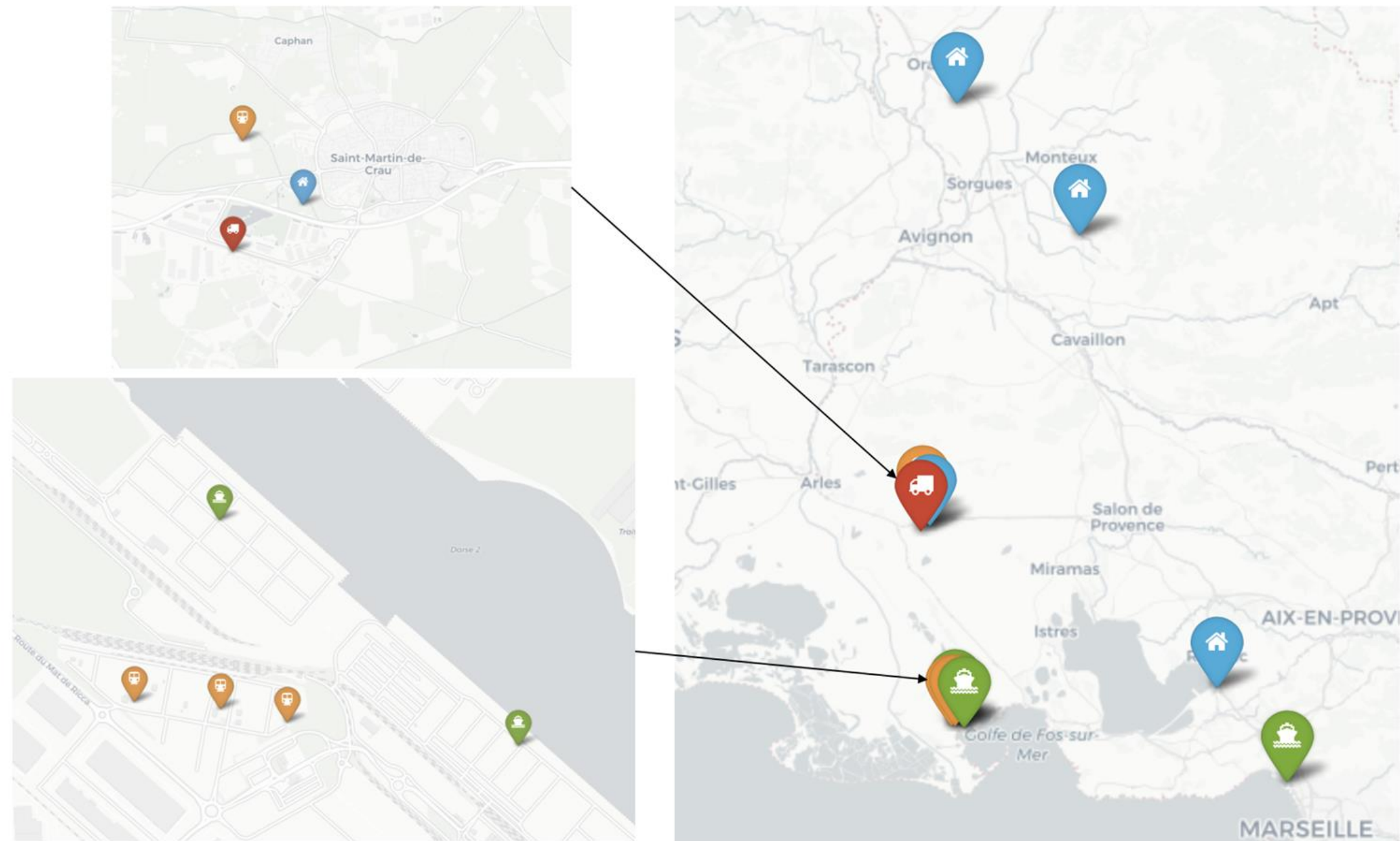
- Des conteneurs hétérogènes: taille (20 et 40 TEU), type (alimentaire, frigo, dangereux, etc.)
- Une flotte hétérogène: des remorques de capacité différentes (20 et 40 TEU)
- Un réseau réaliste: prise en compte des dépôts de vides et de tous les types de missions
- Des fenêtres de temps restreintes: système de prise de rendez-vous dans les terminaux
- Contraintes de législation sur le temps de travail
- Stochasticité des temps (temps de services, temps de traitement, temps de trajet, etc.)
- Respect du temps d'empotage / dépotage

Contraintes d'utilisation:

- Temps de calcul inférieur à 5 min
- Adaptation aux créneaux du VBS des terminaux



APPLICATION À MARSEILLE-FOS



POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE

Problème de tournées de véhicules avec collecte et livraison

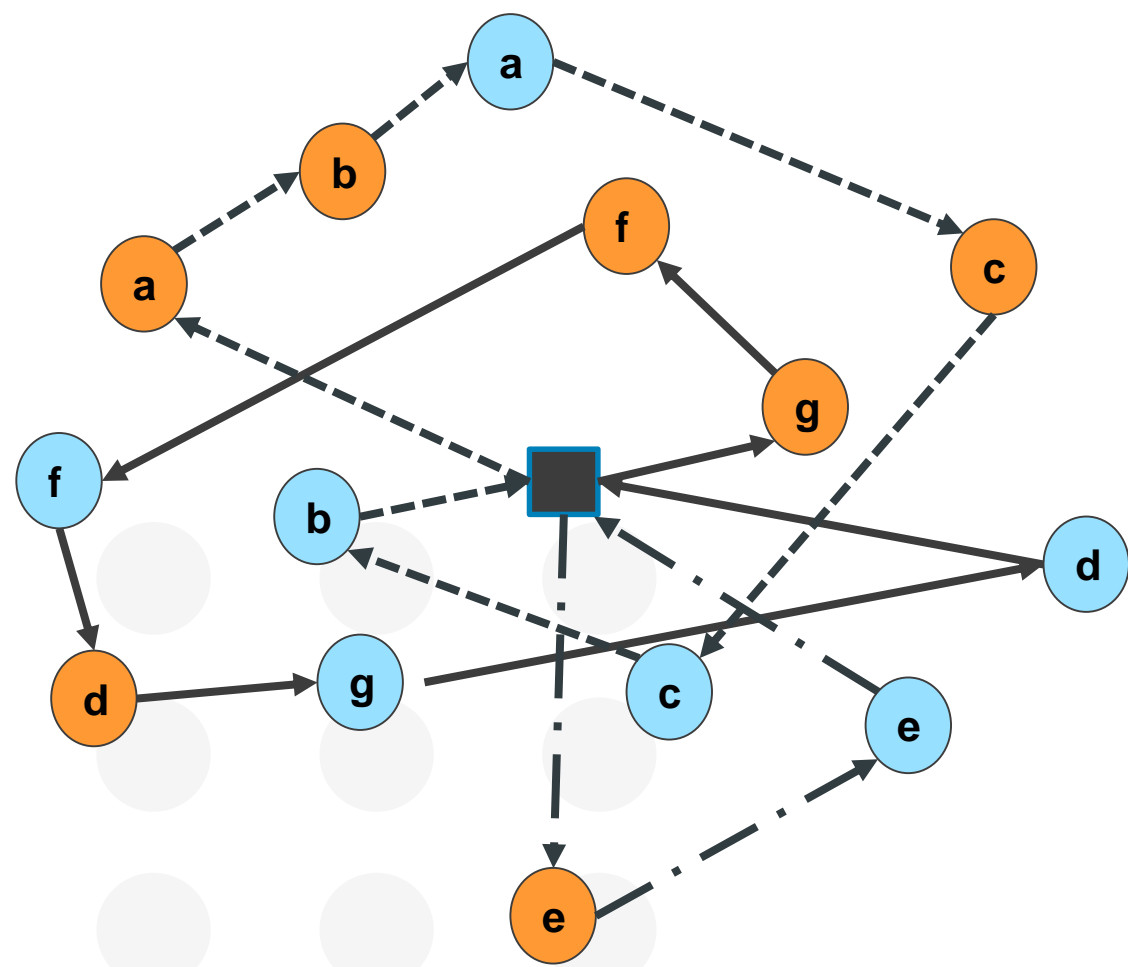
- Famille de problèmes très étudiés dans la littérature scientifique : une flotte de véhicule réalise des opérations de collecte et livraison, de marchandises ou de passagers (transport à la demande)
- Le cas spécifique du factage moins étudié, et dans des versions très éloignées des problématiques métiers réelles

Approche retenue : LNS (Large Neighborhood Search)

- Méthode **heuristique** : ne garantit pas l'optimalité mathématique de la solution
- Basée sur un principe de destruction / réparation



Principe de destruction / réparation



Solution initiale

R1 : 0 → a⁺ → b⁺ → a⁻ → c⁺ → c⁻ → b⁻ → 0

R2 : 0 → g⁺ → f⁺ → f⁻ → d⁺ → g⁻ → d⁻ → 0

R3 : 0 → e⁺ → e⁻ → 0

Suppression
(aléatoire)

R1 : 0 → a⁺ → b⁺ → a⁻ → b⁻ → 0

R2 : 0 → g⁺ → g⁻ → 0

R3 : 0 → e⁺ → e⁻ → 0

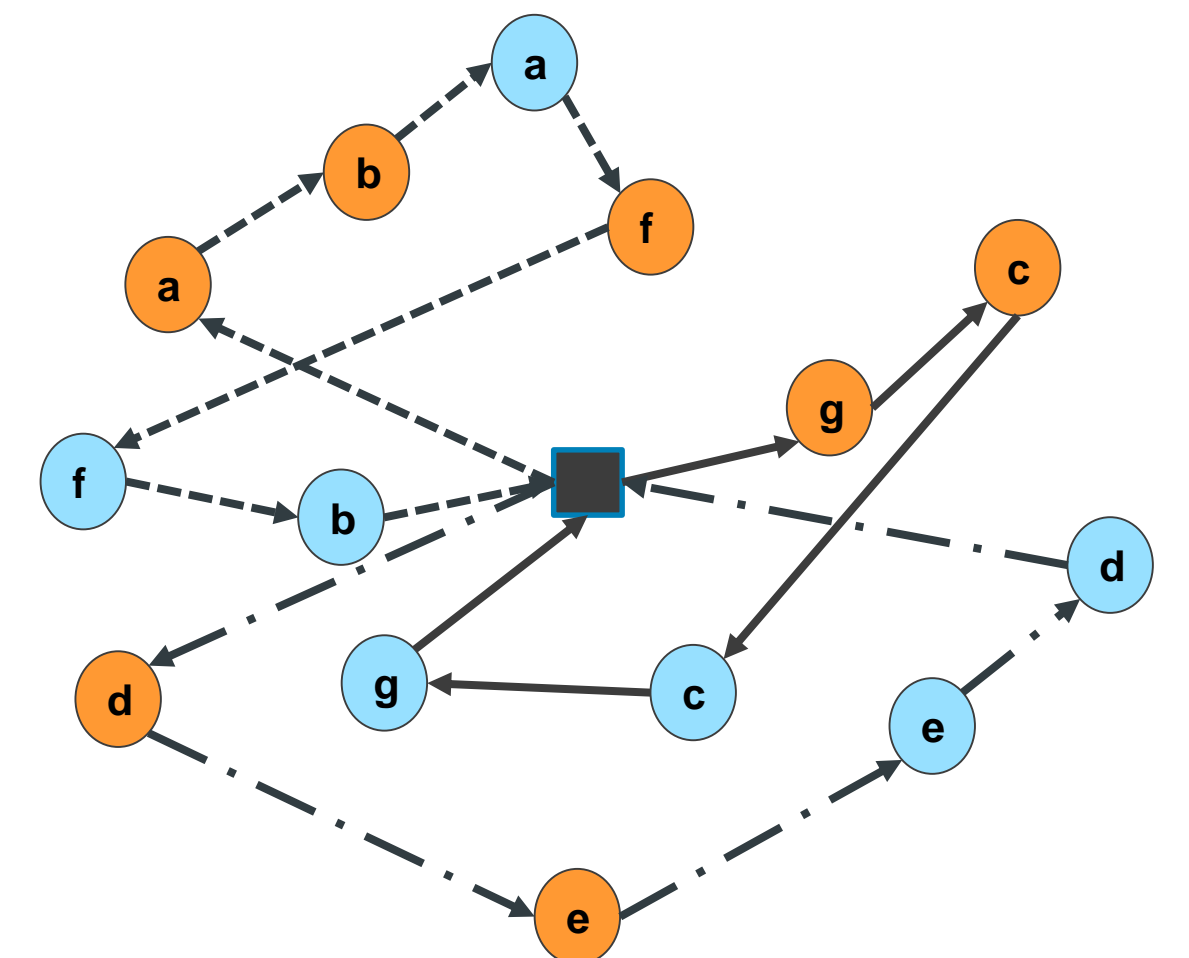
Réparation
(meilleure insertion)

Solution finale

R1 : 0 → a⁺ → b⁺ → a⁻ → f⁺ → f⁻ → b⁻ → 0

R2 : 0 → g⁺ → c⁺ → c⁻ → g⁻ → 0

R3 : 0 → d⁺ → e⁺ → e⁻ → d⁻ → 0



Algorithme LNS (schéma simplifié)

$S \leftarrow$ solution initiale

$S^* \leftarrow S$

Répéter

$S \leftarrow$ détruire S

$S \leftarrow$ réparer S

Si S meilleur que S^* , $S^* \leftarrow S$

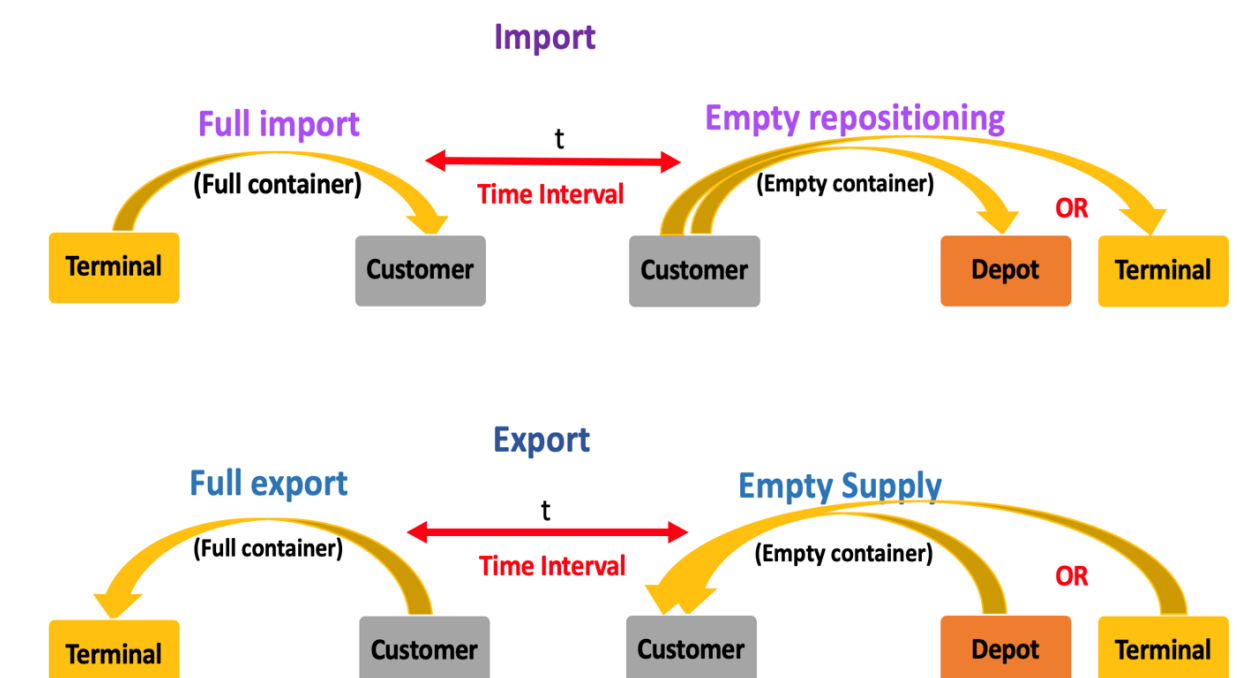
Tant que limite de temps non atteinte

Points-clés

- Mécanisme de calcul de meilleure insertion efficace
- Prise en compte du temps d'empotage / dépotage



Introduction d'une dépendance temporelle entre routes



Principe de destruction / réparation optimisé : utilisation de données incrémentales

- Pour chaque sous séquence de la solution courante : calcul de la date de fin au plus tôt, la date de début au plus tard, et la durée hors temps d'attente
- Permet de concaténer deux sous-séquences en temps constant $O(1)$
- Evaluation de l'insertion dans une route $R=(i_1, \dots, i_n)$, de P entre i_k et i_{k+1} et de D entre i_l et i_{l+1} à l'aide de 4 concaténations successives :

$$R' = (i_1, \dots, i_k) + P + (i_{k+1}, \dots, i_l) + D + (i_{l+1}, \dots, i_n)$$

METHODOLOGIE

Principe de destruction / réparation optimisé : utilisation de données incrémentales

Solution initiale

 **Suppression**
(aléatoire)

Solution partielle

Calcul des données incrémentales pour toutes les sous-séquences

 **Réparation**
(meilleure insertion)

1. Utilisation des données incrémentales pour évaluer la meilleure insertion
2. Mise à jour des données incrémentales quand l'insertion est réalisée

Solution finale

RESULTATS



Optimization of the hinterland in real-world container transportation

Artificial Intelligence for the optimization of real-world port logistics

Stakeholders



Authors

Diana Serhal, Abi-Nader, Nabii, Abou, Dominique Feillet, Thierry Garaix, Taki-Edine Korabi

Partners



> Context and Problem description:

- ▶ Intermodal container transportation growth
- ▶ Increase in CO2 emissions
- ▶ Tremendous delays
- ▶ All the supply chain is impacted: Gain losses
- ▶ Not much studied in the literature

▶ PhD thesis under CIFRE with DMS Logistics:

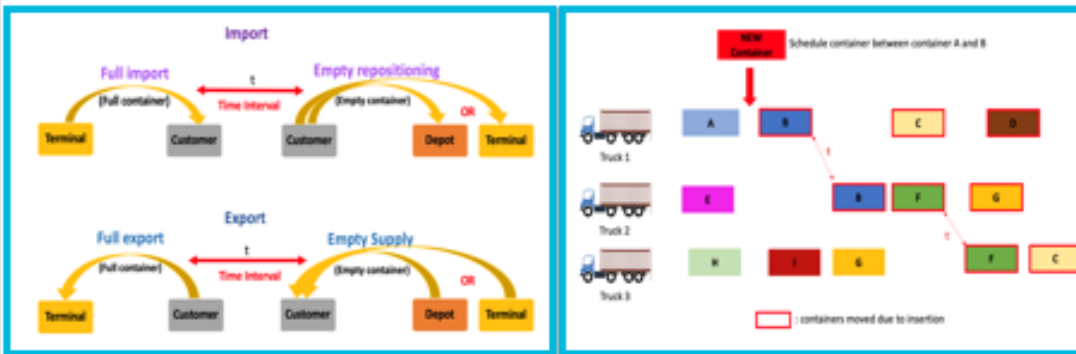
- ▶ Goal: Optimize the hinterland while considering **real-world data and constraints**, to complete the literature with more practice-oriented models and help **DMS Logistics** in **optimizing the global port logistics chain**. More specifically, we address **drayage operations** which are container movements realized by trucks of transportation companies (DMS Logistics clients).

> Specificities of the problem:

- Container missions can be (Figure 2):
- **Import requests:** a **full import** followed by an **empty repositioning**
 - **Export requests:** an **empty supply** followed by a **full export**
 - **Single requests:** **any movement** of an empty/full container

Import and export requests are composed of two single ordered requests with a **minimal time lag**, incurring **synchronization** for the same container when carried by a different truck (precedence constraint in figure 3).

- ▶ The **fleet** as well as **container sizes** are **heterogeneous**.



> Solution method:

We developed a **generalized** model to provide an **optimal planning** of a fleet of trucks to serve a set of container missions.

To solve large instances, we developed a dedicated **Large Neighborhood Search (LNS) heuristic**:

- destroy a part of the solution and repair with a **best insertion** procedure
- improve with **local search**
- iterate and control with **simulated annealing**

> Conclusion:

- We formulated a **real-world drayage problem** taking into account **requests precedence constraints** as well as trucks and containers **heterogeneity**.
- We developed a **dedicated LNS heuristic** that served requests in **less than a minute**.

> Perspective:

- Address terminal problems from which predicting the stochastic time of serving containers at terminals using **Machine Learning** techniques, optimize resources allocation, etc.

Contact : diana.serhal@emse.fr

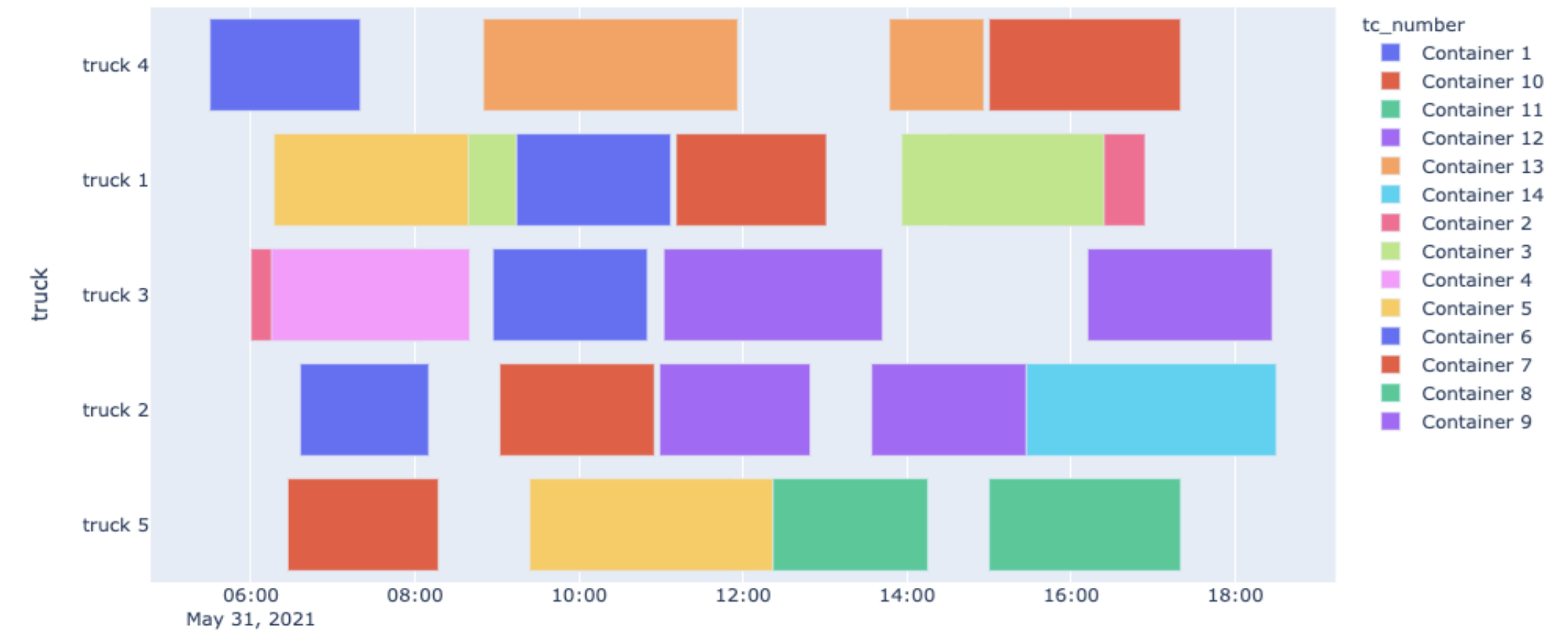
- Version simplifiée en production
- Version optimisée en phase de test
- Voir poster (Diana Serhal)



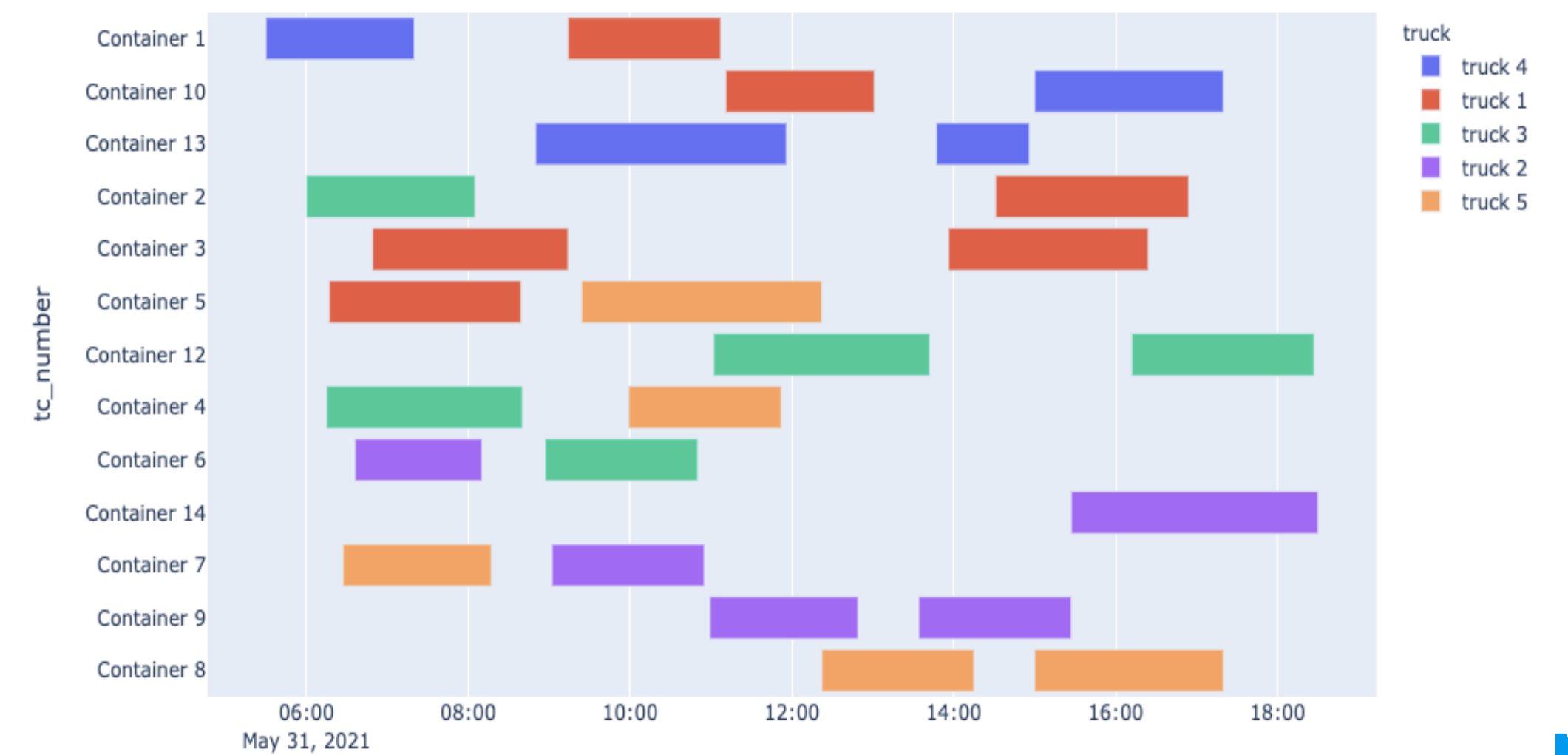
EXEMPLE D'APPLICATION

	from	to	tc_number	size	order	number
0	ARNAL FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 1	2	0	1
1	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 1	2	1	2
2	TCSI FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 2	1	0	3
3	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 2	1	1	4
4	ARNAL FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 3	1	0	5
5	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 3	1	1	6
6	ARNAL FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 4	1	0	7
7	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 4	1	1	8
8	ARNAL FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 5	1	0	9
9	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 5	1	1	10
10	TCSI FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 6	2	0	11
11	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 6	2	1	12
12	ARNAL FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 7	2	0	13
13	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 7	2	1	14
14	EUROFOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 8	2	0	15
15	ST MARTIN DE CRAU	SEAYARD	Container 8	2	1	16
16	ARNAL FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 9	2	0	17
17	ST MARTIN DE CRAU	EUROFOS	Container 9	2	1	18
18	ARNAL FOS	ST MARTIN DE CRAU	Container 10	2	0	19
19	ST MARTIN DE CRAU	SEAYARD	Container 10	2	1	20
20	ARNAL FOS	CHATEAUNEUF DU PAPE	Container 11	2	0	21
21	CHATEAUNEUF DU PAPE	SEAYARD	Container 11	2	1	22
22	SEAYARD	VITROLLES	Container 12	2	0	23
23	VITROLLES	EUROFOS	Container 12	2	1	24
24	INTRAMAR MRS	ST MARTIN DE CRAU	Container 13	1	0	25
25	ST MARTIN DE CRAU	SECOMOC	Container 13	1	1	26
26	EUROFOS	ISLES SUR LA SORGUES	Container 14	2	0	27
27	ISLES SUR LA SORGUES	EUROFOS	Container 14	2	1	28

Requêtes à satisfaire (input)



Vue "camions"



Vue "conteneurs"





DÉPLOIEMENT SUR LE SaaS

TS TypeScript

JS JavaScript

python™

