

Recherche Operationnelle

An isometric illustration of several blue freight trains on tracks, viewed from a high angle. The trains are composed of multiple blue rectangular containers mounted on grey railcars with black wheels. The tracks are grey and run parallel to each other, receding into the distance. The background is a light grey grid.

Quentin CARBONNEL
Romain DHEM
François DAVID

Dans cette présentation

01

Présentation du projet

Technologies utilisées et
organisation

02

Partie 1

Analyse des résultats

03

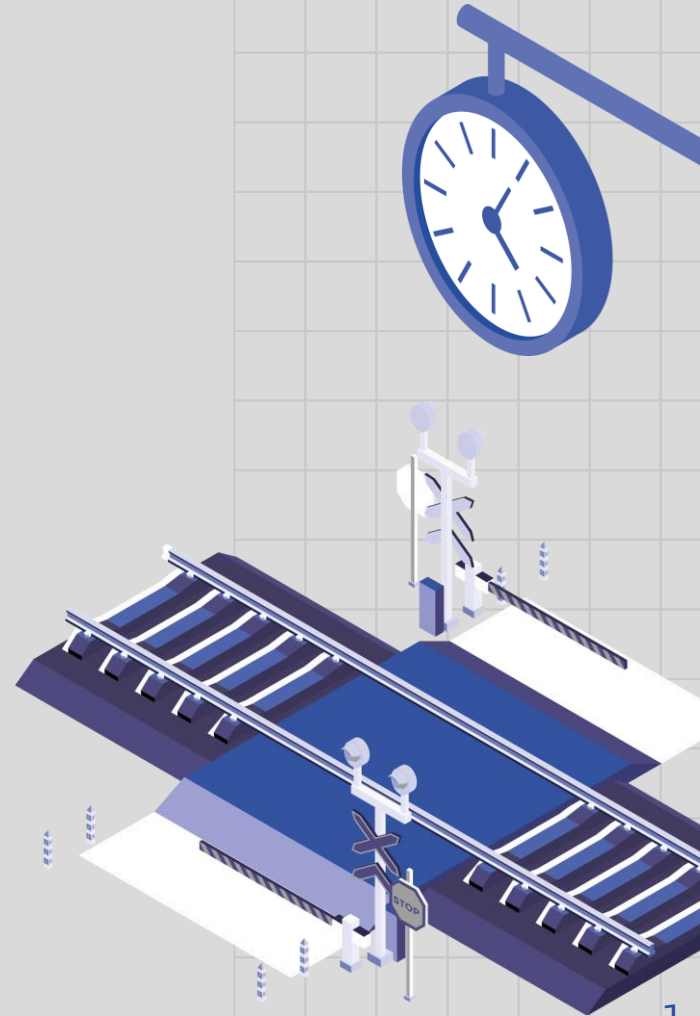
Partie 2

Description des algorithmes et
des résultats

04

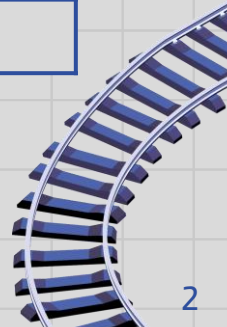
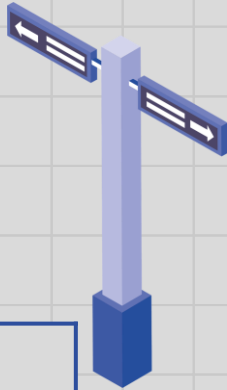
Conclusion

Retour d'expérience et analyse
de notre travail



Contenu du projet

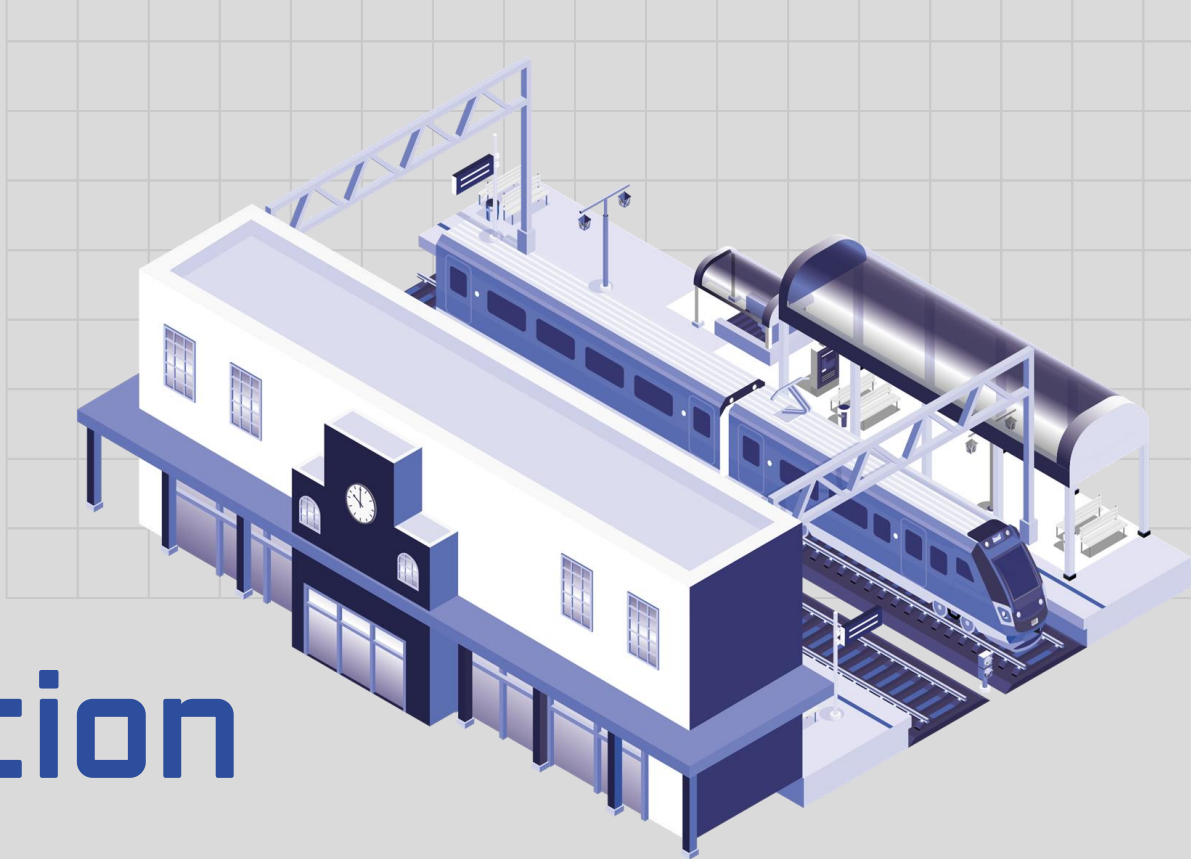
Partie 1	Exercices de compréhension et d'échauffement avec algorithmes papiers
Partie 2	Utilisation d'algorithmes de recherche opérationnelle pour optimiser le stockage de containers
1 dimension	Longueur des objets uniquement
2 dimensions	Largeur en plus
3 dimensions	Longueur, largeur et hauteur
Site internet de présentation	François a développé un site internet de visualisation très complet et dynamique



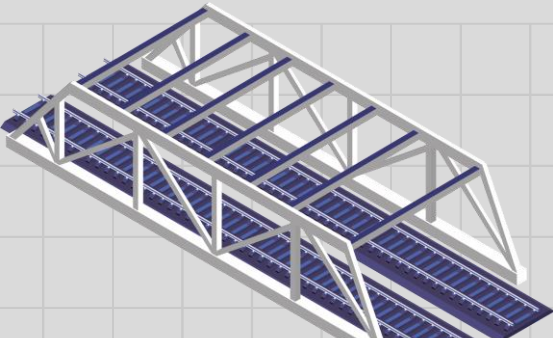
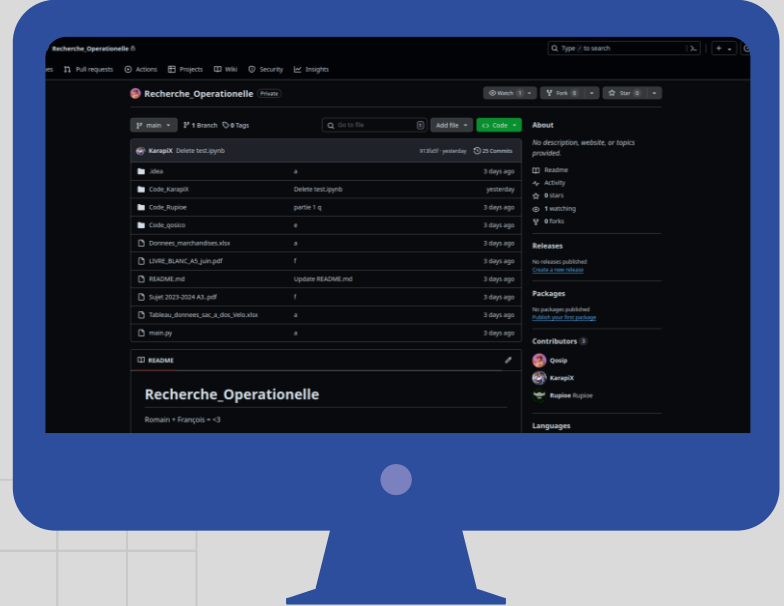


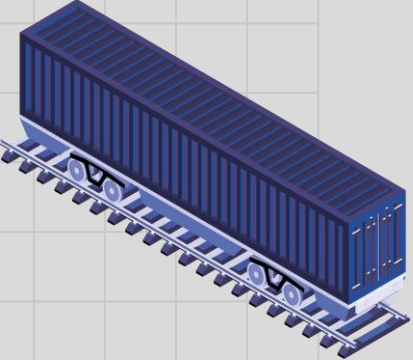
Présentation du projet

Technologies utilisées et organisation

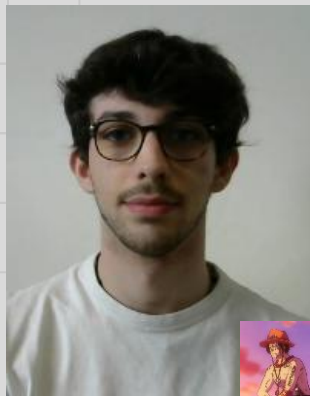
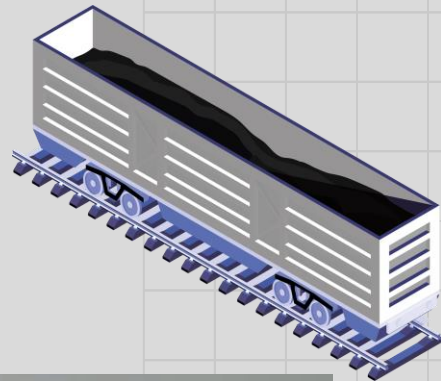


Technologies utilisées



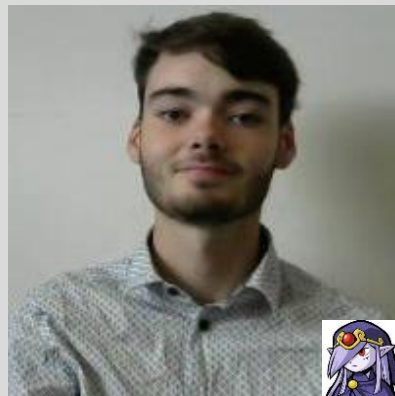


La répartition du travail



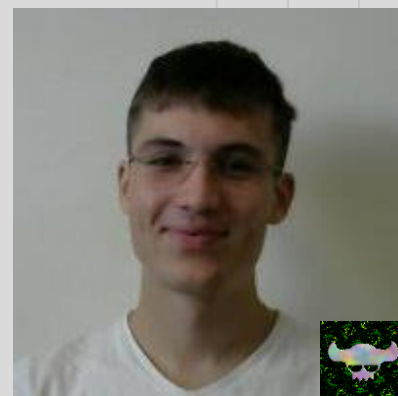
François

Visualisation web et dimension 2



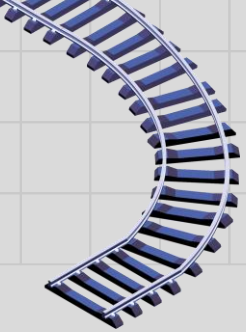
Romain

Dimension 1 et 3

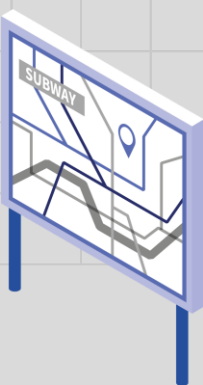


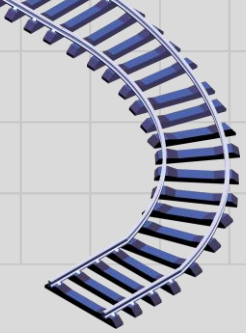
Quentin

Partie 1 et dimension 2

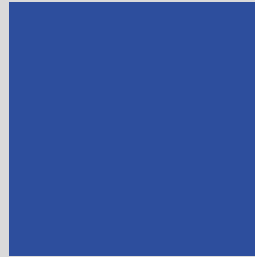
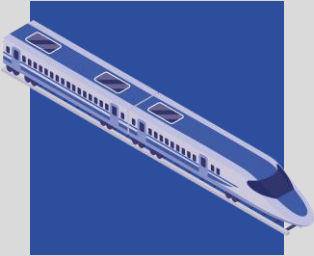
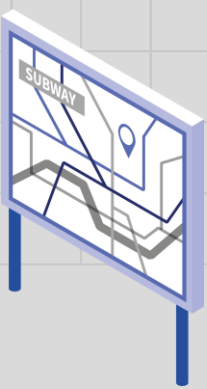


Notions





Notions

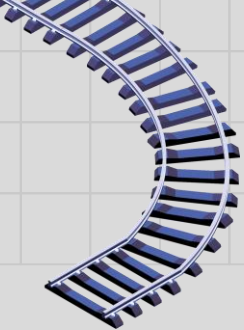


Bin packing

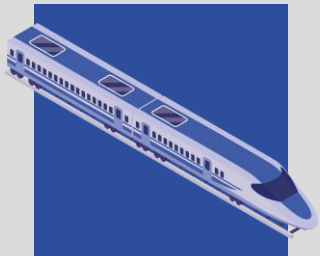
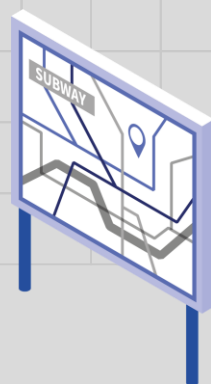
Problème d'optimisation
combinatoire classique

Solution

exactes compliquées
car problème NP-difficile



Notions

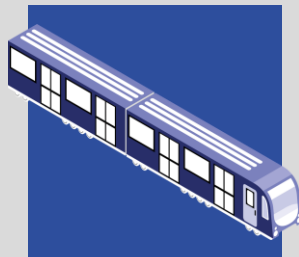


Bin packing

Problème d'optimisation
combinatoire classique

Solution

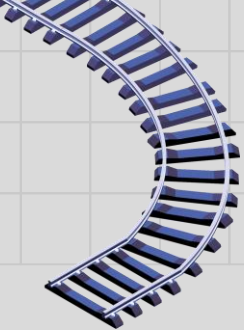
exactes compliquées
car problème NP-difficile



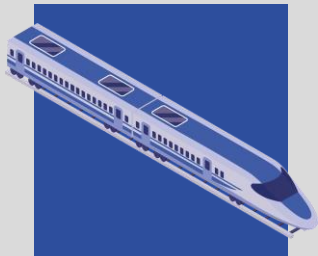
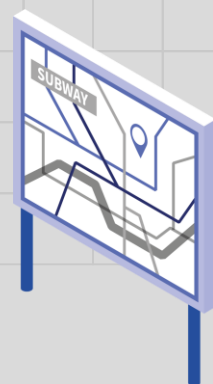
Heuristique

Méthode imparfaite mais
rapide





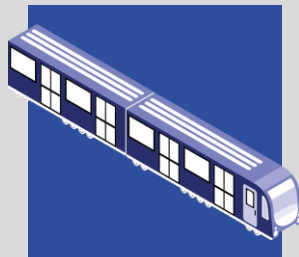
Notions



Bin packing

Problème d'optimisation
combinatoire classique

Solution
exactes compliquées
car problème NP-difficile



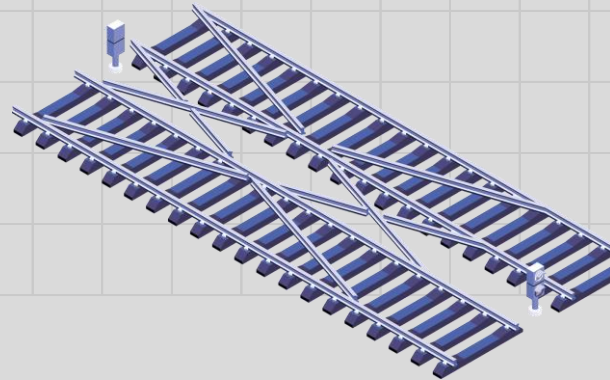
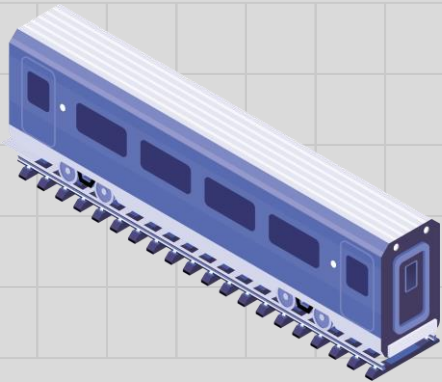
Heuristique

Méthode imparfaite mais
rapide



Précision/ Rapidité

Ratio temps d'exécution/
Précision du résultat



Partie 1

Questions et réponses



Mixed Integer Linear Programming



Caractéristiques :

- Fonction objectif
- -Contrainte
- Variables décisionnelles



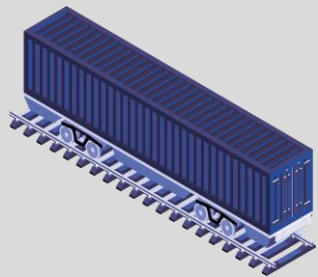
Utilité :

Le MILP permet de trouver la meilleure solution possible en respectant les contraintes données.

0-1 Integer Programming

	A	B	C
1	Objet	Masse	Utilité
2	Pompe	0,2	1,5
3	Démonte-pneus	0,1	1,5
4	Gourde	1	2
5	Chambre à air	0,2	0,5
6	Clé de 15	0,3	1
7	Multi-tool	0,2	1,7
8	Pince multiprise	0,4	0,8
9	Couteau suisse	0,2	1,5
10	Compresse	0,1	0,4
11	Désinfectant	0,2	0,6
12	Veste de pluie	0,4	1
13	Pantalon de pluie	0,4	0,75
14	Crème solaire	0,4	1,75
15	Carte IGN	0,1	0,2
16	Batterie Portable	0,5	0,4
17	Téléphone mobile	0,4	2
18	Lampes	0,3	1,8
19	Arrache Manivelle	0,4	0
20	Bouchon valve chromé bleu	0,01	0,1
21	Maillon rapide	0,05	1,4
22	Barre de céréales	0,4	0,8
23	Fruits	0,6	1,3
24	Rustines	0,05	1,5

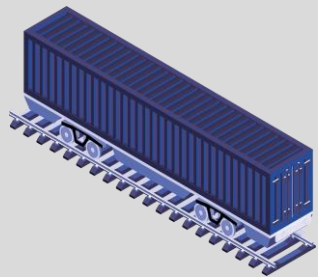
- **Fonction objectif** : La somme des utilités des objets sélectionnés, pondérée par la variable binaire x_o
- **Contrainte** : La somme des poids des objets sélectionnés ne doit pas dépasser la capacité C du sac à dos.
- **Variables décisionnelles** : x_o est une variable binaire pour chaque objet o, qui indique s'il est sélectionné.



Algorithme pour la solution exacte du sac à dos

- Idéal pour des données de petite taille.
- Temps de calcul élevé pour de grandes instances à cause de sa complexité exponentielle.
- Complexité exponentielle $O(2^n)$ où n est le nombre d'objets.
- Nécessite d'explorer toutes les combinaisons possibles.

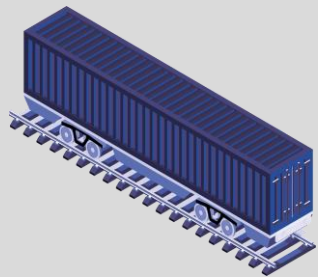
Algo A		
C	Utilité max	Temps calcul
2	15	1ms
3	17.85	1.3ms
4	19.95	2ms
5	22	2.5ms



Algorithme pour la solution heuristique du sac à dos

- Complexité moindre, $O(n \log n)$ à $O(n^2)$
- Pas besoin d'explorer toutes les combinaisons.
- Rapide, même pour de grandes instances.
- Convient lorsque des solutions approximatives sont suffisantes.
- Ne garantit pas une solution optimale.

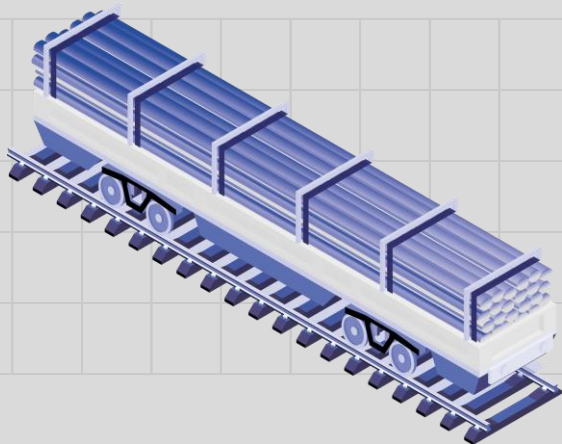
Algo B		
C	Utilité max	Temps calcul
2	14.75	18us
3	17.45	7us
4	19.75	6us
5	21.75	5us



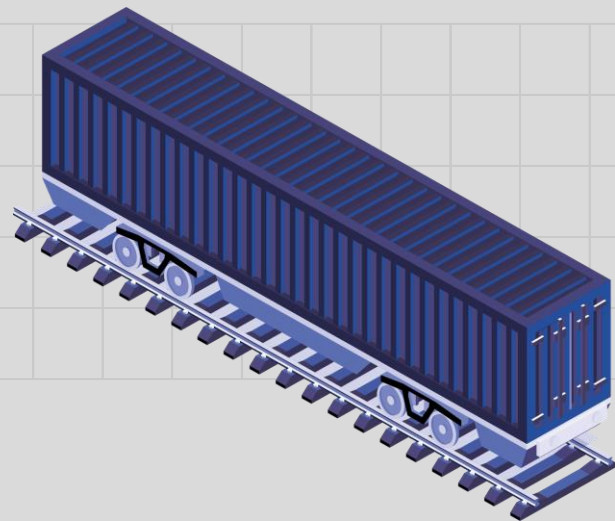
Comparaison

- > Algorithme A pour une précision absolue et si le temps de calcul n'est pas un problème.
- > Algorithme B pour un calcul rapide et si des solutions approximatives suffisent.
- Tout dépendra de la taille des données et des exigences de temps de réponse.

Algo A			Algo B		
C	Utilité max	Temps calcul	C	Utilité max	Temps calcul
2	15	1ms	2	14.75	18us
3	17.85	1.3ms	3	17.45	7us
4	19.95	2ms	4	19.75	6us
5	22	2.5ms	5	21.75	5us

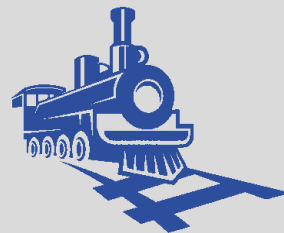


03



Partie 2

D1, D2 et D3



Algorithme 1D

Online :

```
Nombre de wagons nécessaires (d=1 Online ) : 45  
Dimension non occupée pour d=1 Online : 44.54 mètres  
Time taken: 0.0 seconds
```

Offline :

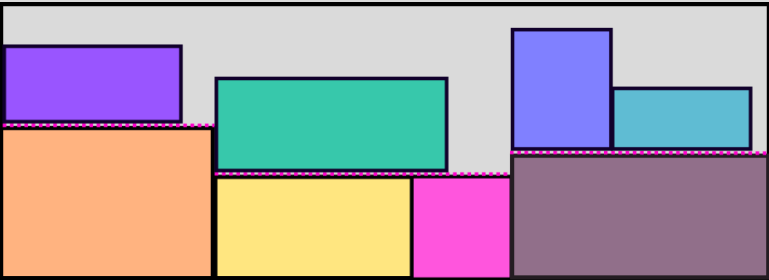
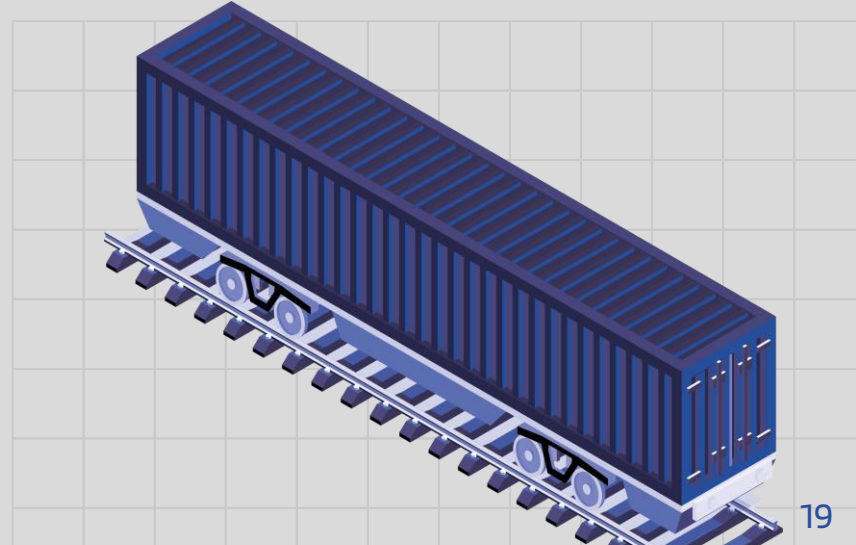
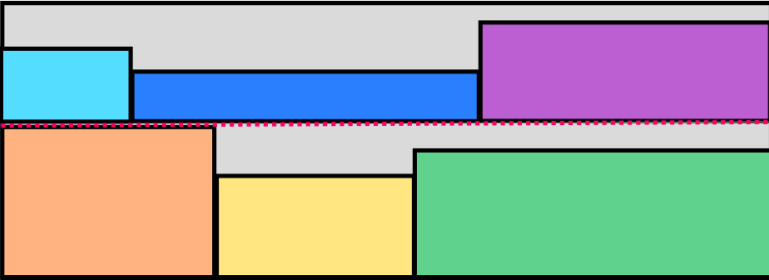
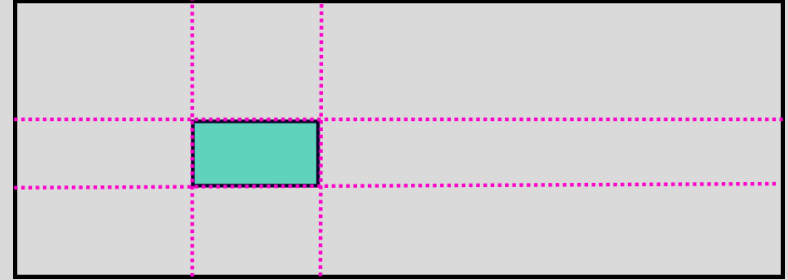
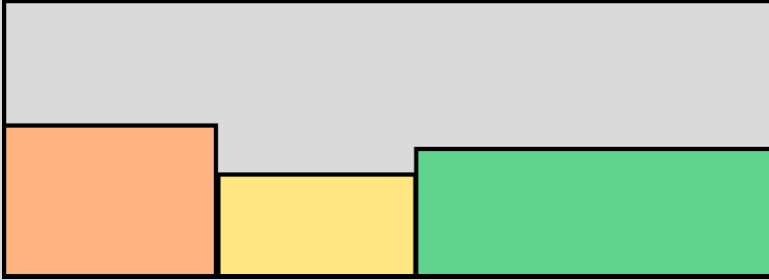
```
Nombre de wagons nécessaires (d=1 Offline) : 44  
Dimension non occupée pour d=1 Offline : 32.95 mètres  
Time taken: 0.0 seconds
```

Algorithme 1D

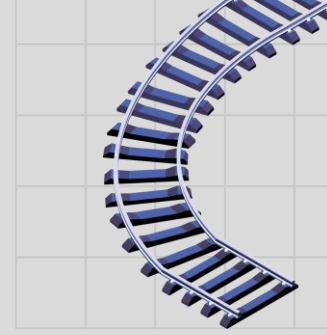
Combinaisons des marchandises dans les wagons (Online):

```
Wagon 1: [(10.0, 'Tubes acier'), (1.0, 'Acide chlorhydrique')]
Wagon 2: [(9.0, 'Tubes acier'), (2.0, 'Godet pelleteuse')]
Wagon 3: [(7.5, 'Tubes acier'), (3.0, 'Tubes PVC'), (1.0, 'Ardoises')]
Wagon 4: [(11.0, 'Rails ')]
Wagon 5: [(3.0, 'Echaffaudage'), (3.0, 'Verre'), (4.0, 'Ciment')]
Wagon 6: [(5.0, 'Bois vrac'), (6.0, 'Troncs chênes')]
Wagon 7: [(7.0, 'Troncs hêtres'), (4.0, 'Papier')]
Wagon 8: [(5.0, 'Pompe à chaleur'), (6.0, 'Cuivre')]
Wagon 9: [(5.0, 'Zinc'), (3.0, 'Verre brun vrac'), (3.0, 'Pièces métalliques')]
Wagon 10: [(7.0, 'Carton'), (2.0, 'Tuiles'), (2.2, 'Chanvre isolation')]
Wagon 11: [(9.0, 'Verre blanc vrac'), (2.0, 'Aluminium')]
Wagon 12: [(5.0, 'Briques rouges'), (6.0, 'Pièces métalliques')]
Wagon 13: [(7.0, 'Pièces métalliques'), (4.0, 'Vitreaux')]
Wagon 14: [(6.0, 'Carrelage'), (3.0, 'Tôles'), (2.0, 'Aluminium')]
Wagon 15: [(7.0, 'Tôles'), (3.0, 'Tôles')]
...
Wagon 42: [(3.0, 'Pneus '), (4.0, 'Pneus '), (3.0, 'Pneus ')]
Wagon 43: [(3.0, 'Pneus '), (5.0, 'Pneus '), (3.0, 'Pneus ')]
Wagon 44: [(4.0, 'Pneus '), (4.0, 'Pneus '), (2.0, 'Pneus ')]
Wagon 45: [(6.0, 'Pneus ')]
```

Algorithmes 2D - Approches



Algorithme 2D – Meilleure solution trouvée



load_data

Retourne le
DataFrame des
données

**pack_items (fonction
principale)**

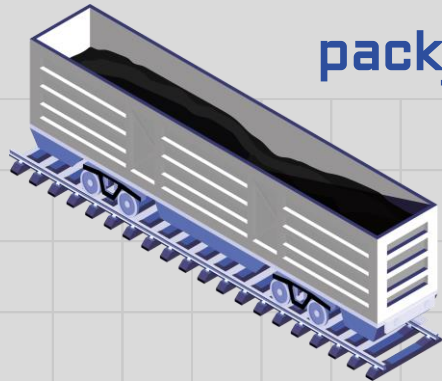
Essaye de placer un
item : `try_place_item`
Ou créer un wagon :
`create_new_wagon`

get_items

Extrait les données
voulue du DataFrame et
les stocke

create_new_wagon

Créer un nouveau wagon.
Initialise les espaces libres
initiaux. Place le premier item.



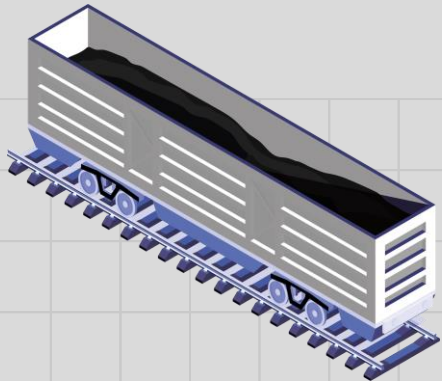
Algorithme 2D – Meilleure solution trouvée



5

try_place_item

Tente de placer l'item dans le wagon. Si placé, update_free_spaces est appelée



6

update_free_spaces

Met à jour les espaces libres d'un wagon après placement d'un objet

7

convert_to_json

Renvoie les données en json

Détail : update_free_spaces



Init

Initialisation d'une liste d'espace libre (Tout le wagon)



Verification

Vérifie l'intersection entre l'objet placé et chaque espace libre pour les mettre à jour



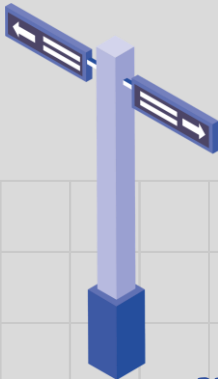
Division

Division de l'espace libre en 4 zones autour de l'objet



Filtrage

Elimination des espaces possédants des dimensions non positives

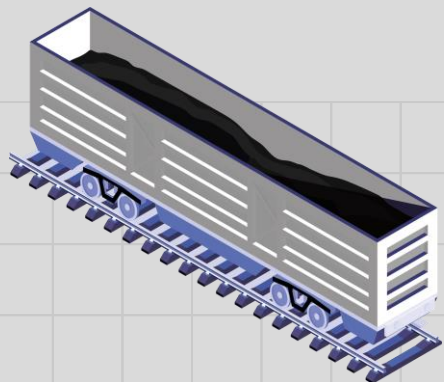


Algorithme 2D – Meilleure solution trouvée



try_place_item

Tente de placer l'item dans le wagon. Si placé, update_free_spaces est appelée



5

update_free_spaces

Met à jour les espaces libres d'un wagon après placement d'un objet

6

7

convert_to_json

Renvoie les données en json

Algorithme 3D

Marchandises lues depuis le fichier Excel et triées par volume décroissant:

Numéro d'objet: 51, Désignation: Semi conducteurs, Length: 6.1, Width: 2.2, Height: 2.3
Numéro d'objet: 38, Désignation: Batteries automobile, Length: 7.0, Width: 1.4, Height: 2.5
Numéro d'objet: 68, Désignation: Lithium, Length: 4.0, Width: 2.1, Height: 2.5
Numéro d'objet: 36, Désignation: Textiles à recycler, Length: 6.0, Width: 1.3, Height: 2.5
Numéro d'objet: 31, Désignation: Tôles, Length: 6.0, Width: 1.9, Height: 1.6
Numéro d'objet: 28, Désignation: Carrelage, Length: 6.0, Width: 1.2, Height: 2.5
Numéro d'objet: 19, Désignation: Verre blanc vrac, Length: 9.0, Width: 0.9, Height: 2.2
Numéro d'objet: 59, Désignation: Aluminium, Length: 4.0, Width: 2.1, Height: 2.1
Numéro d'objet: 60, Désignation: Aluminium, Length: 6.0, Width: 1.5, Height: 1.9
Numéro d'objet: 13, Désignation: Troncs hêtres, Length: 7.0, Width: 1.6, Height: 1.5
Numéro d'objet: 89, Désignation: Poutre , Length: 5.0, Width: 1.6, Height: 2.1
Numéro d'objet: 15, Désignation: Cuivre, Length: 6.0, Width: 2.0, Height: 1.4
Numéro d'objet: 70, Désignation: Lithium, Length: 6.0, Width: 1.3, Height: 2.0
Numéro d'objet: 30, Désignation: Tôles, Length: 9.0, Width: 1.7, Height: 1.0
Numéro d'objet: 50, Désignation: Semi conducteurs, Length: 8.7, Width: 1.3, Height: 1.3
Numéro d'objet: 32, Désignation: Tôles, Length: 3.0, Width: 2.2, Height: 2.2
Numéro d'objet: 87, Désignation: Poutre , Length: 6.0, Width: 1.2, Height: 2.0
Numéro d'objet: 79, Désignation: Contreplaqué, Length: 3.0, Width: 2.0, Height: 2.3
Numéro d'objet: 52, Désignation: Semi conducteurs, Length: 3.3, Width: 1.8, Height: 2.3
Numéro d'objet: 22, Désignation: Pièces métalliques, Length: 6.0, Width: 1.6, Height: 1.4
Numéro d'objet: 66, Désignation: Lithium, Length: 3.0, Width: 2.0, Height: 2.2
Numéro d'objet: 21, Désignation: Briques rouges, Length: 5.0, Width: 1.1, Height: 2.4
Numéro d'objet: 43, Désignation: Laine de bois, Length: 8.0, Width: 0.9, Height: 1.8
Numéro d'objet: 14, Désignation: Pompe à chaleur, Length: 5.0, Width: 1.1, Height: 2.3
Numéro d'objet: 2, Désignation: Tubes acier, Length: 9.0, Width: 2.0, Height: 0.7
Numéro d'objet: 42, Désignation: Acier , Length: 8.0, Width: 0.9, Height: 1.7
Numéro d'objet: 64, Désignation: Aluminium, Length: 6.0, Width: 1.8, Height: 1.1
Numéro d'objet: 12, Désignation: Troncs chênes, Length: 6.0, Width: 1.9, Height: 1.0

Algorithme 3D

Online :

Temps d'exécution pour charger les marchandises dans les conteneurs: 9.1417 secondes

Nombre total de wagons utilisés: 21

Espace non utilisé totale 486.582

Offline :

Temps d'exécution pour charger les marchandises dans les conteneurs: 12.9392 secondes

Nombre total de wagons utilisés: 18

Espace non utilisé totale 296.832

Algorithme 3D

Conteneur 4:

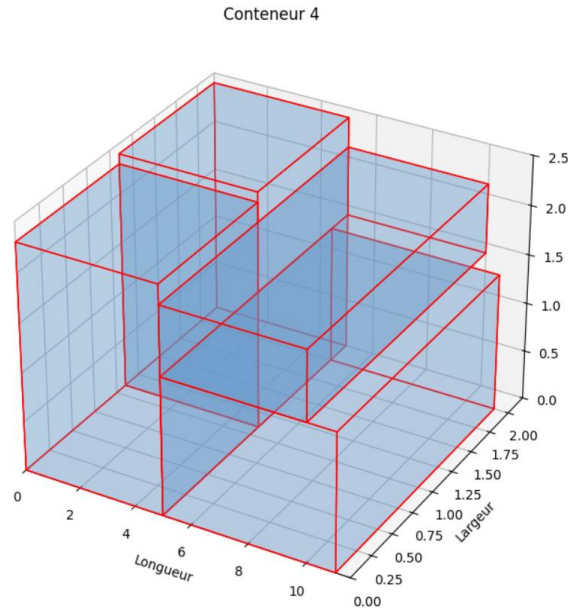
Marchandise ID: 31, Désignation: Tôles, Position: (0.0, 0.0, 0.0), Dimensions: (6.0, 1.9, 1.6)

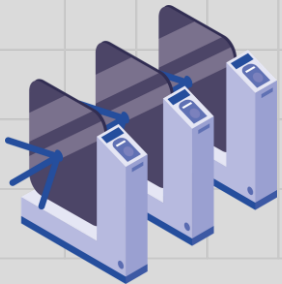
Marchandise ID: 89, Désignation: Poutre , Position: (6.0, 0.0, 0.0), Dimensions: (5.0, 1.6, 2.1)

Marchandise ID: 65, Désignation: Lithium, Position: (0.0, 0.0, 1.6), Dimensions: (6.0, 1.9, 0.9)

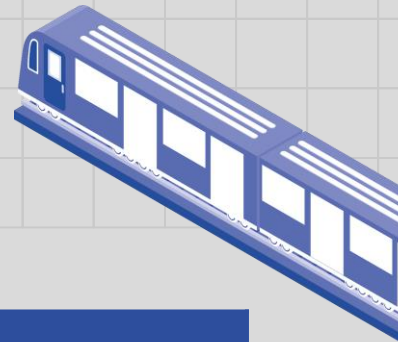
Marchandise ID: 74, Désignation: Contreplaqué, Position: (6.0, 1.6, 0.0), Dimensions: (5.0, 0.6, 1.8)

Marchandise ID: 73, Désignation: Contreplaqué, Position: (6.0, 1.6, 1.8), Dimensions: (5.0, 0.6, 0.5)





Quarter subjects

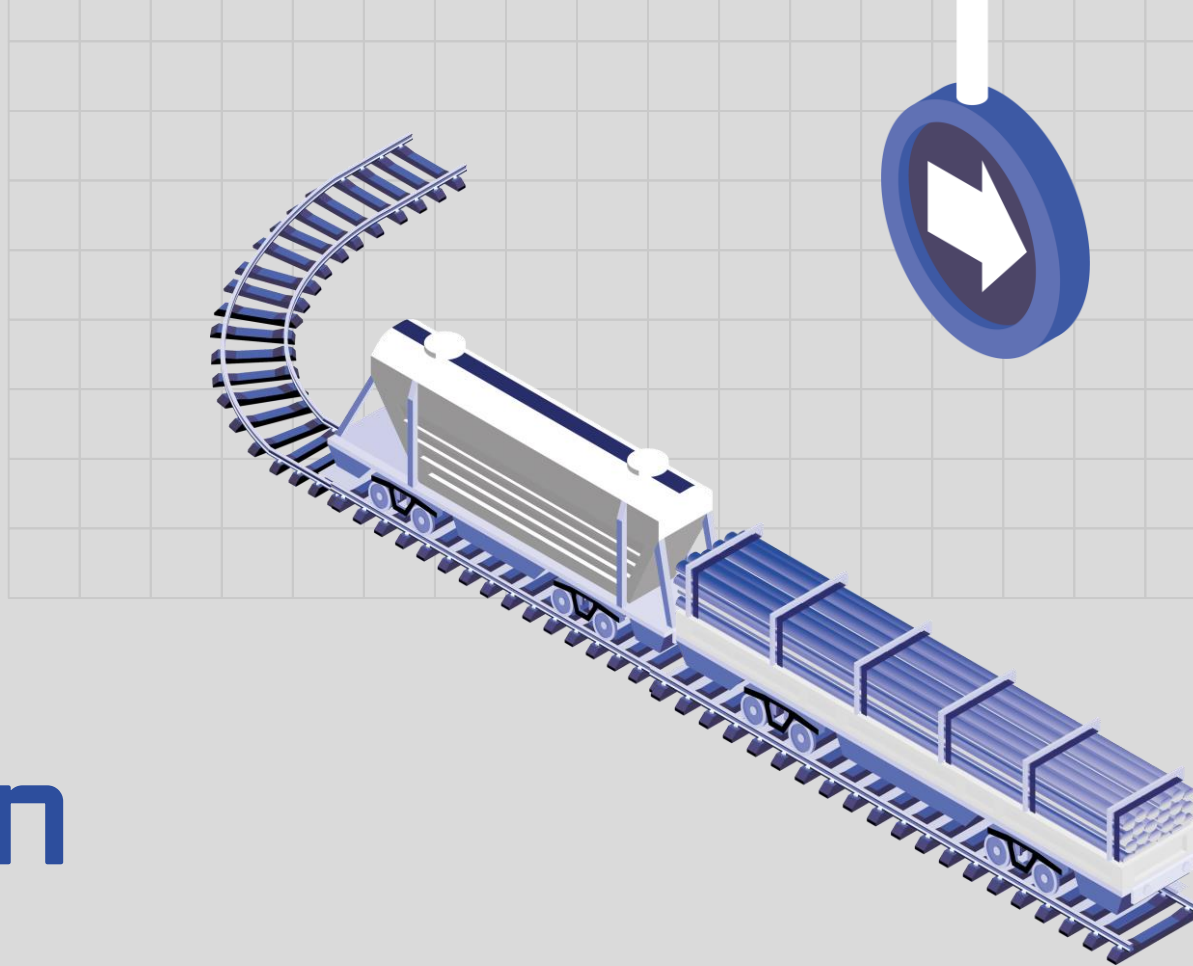


Catégorie	Wagons	Chrono
D1 Online	45	Environ 0 sec
D1 Offline	44	Environ 0 sec
D2 Online	32	Environ 0 sec
D2 Offline	29	Environ 0 sec
D3 Online	21	9.14 sec
D3 Offline	18	12.93 sec

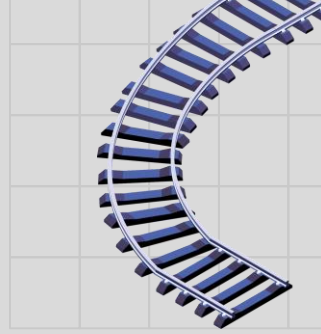
04

Conclusion

Présentation du site et Retour d'expérience

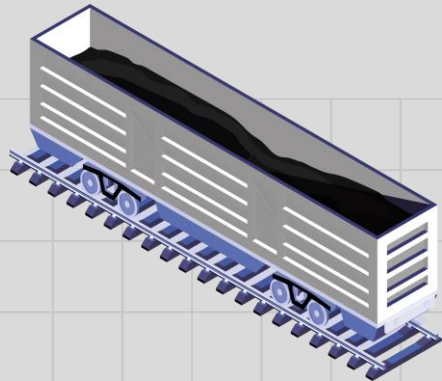


Retour d'expérience



Théorie

Au travers de ce problème concret, découverte d'un nouveau domaine



Coopération

Pas de méthode agile

Compétition

L'affichage des résultats au tableau

Approfondir

Sujet à priori simple mais complexe à optimiser

Avez-vous des Questions ?

