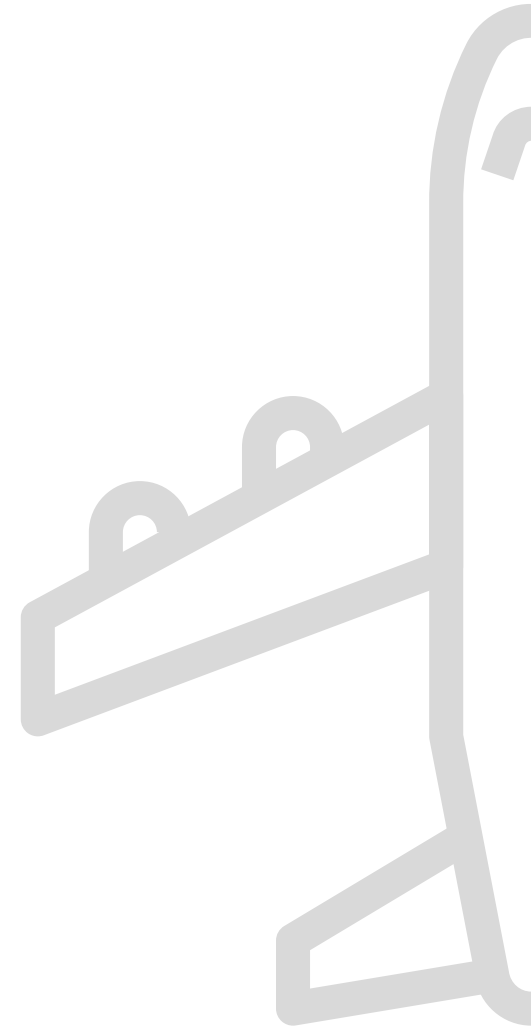
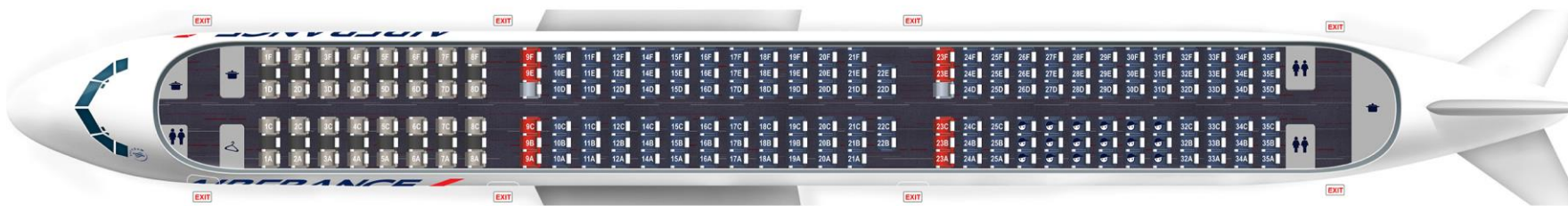




Thomas BOUQUET – Caio DE PROSPERO IGLESIAS – Quentin GUILHOT – Thomas MELKIOR – Tony WU **Groupe 2**

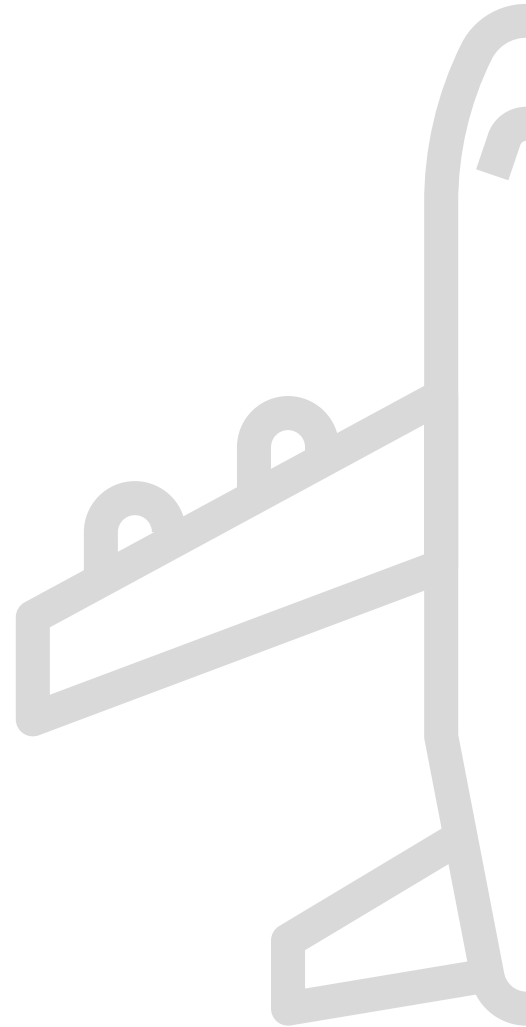
INTRODUCTION

- Etape essentielle mais d'une grande complexité
- Optimisation selon trois axes principaux
 - Bonheur des passagers
 - Prise en compte du temps de correspondance
 - Respect des normes de sécurité à bord
- Problème d'affectation (Programmation Linéaire)



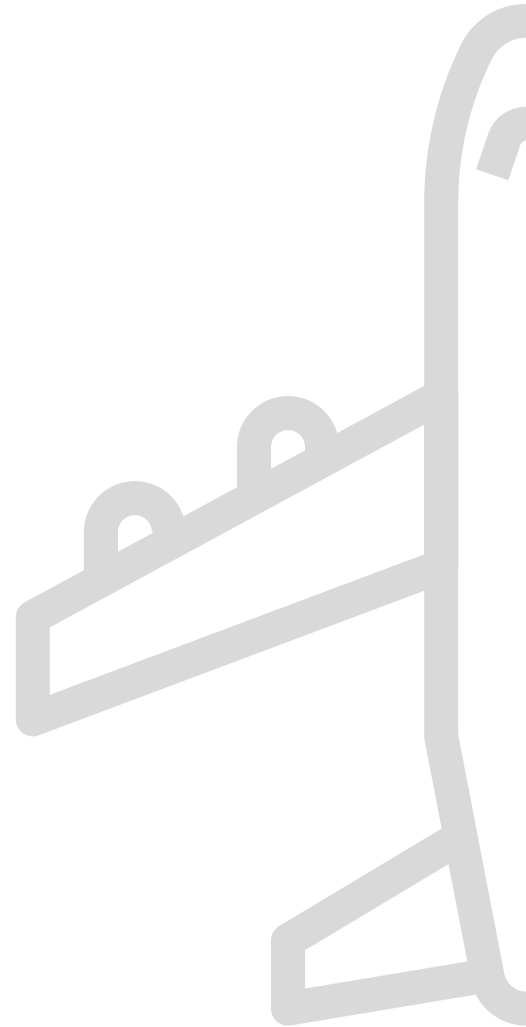
SOMMAIRE

- Objectifs
- Contraintes
- Modélisation mathématique
- Paradigme
- Présentation des résultats (modèle statique)
- Modèle dynamique
- Démonstration avec la WebApp



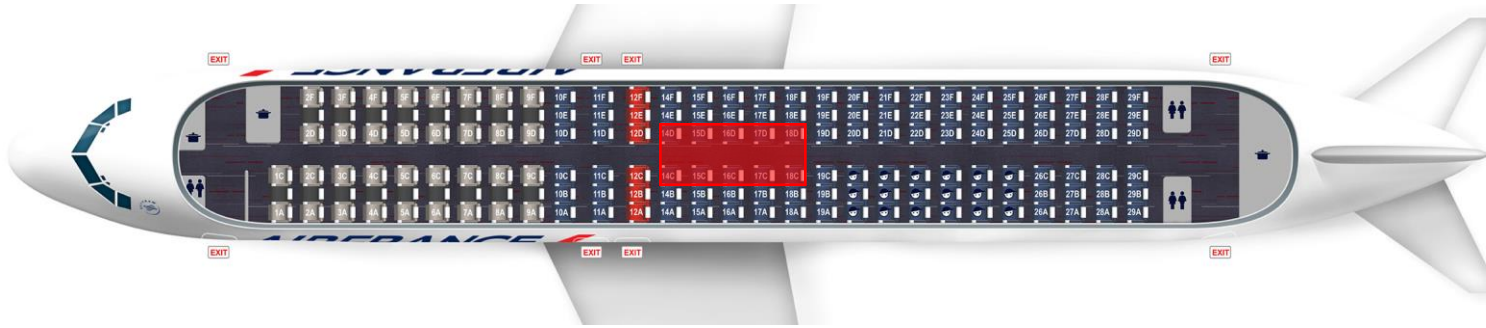
OBJECTIFS

- Respect de **contraintes de sécurité** pour le bien de tout le monde à bord
- Permettre aux passagers voyageant en **groupe** d'être assis **à côté** les uns des autres
- Assurer aux passagers en **correspondance** d'être à **l'avant de l'avion**
- Offrir des **aménagements personnalisés** pour certains passagers
- Présence d'une **cabine Business** pour certaines dates



CONTRAINTES

- Centrage de l'avion du point de vue des masses



- Pas d'enfant isolé de son groupe ou au niveau des issues de secours
- Tous les passagers sont assis et chaque siège est réservé par au plus un passager
- Séparation des cabines *Business* et *Economie*
- Plus d'espace réservé aux passagers en fauteuil roulant

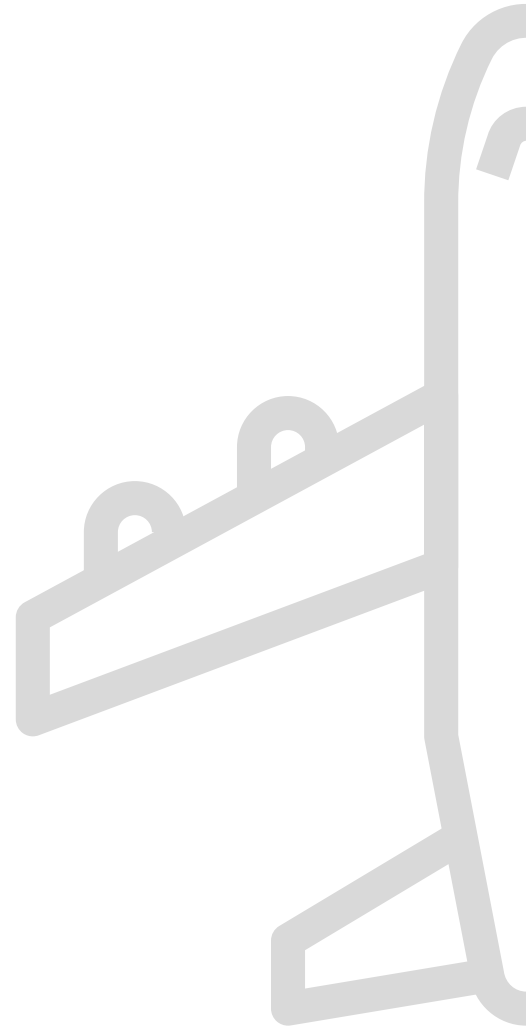


MODELISATION MATHEMATIQUE

- Problème d'affectation → **variables binaires**

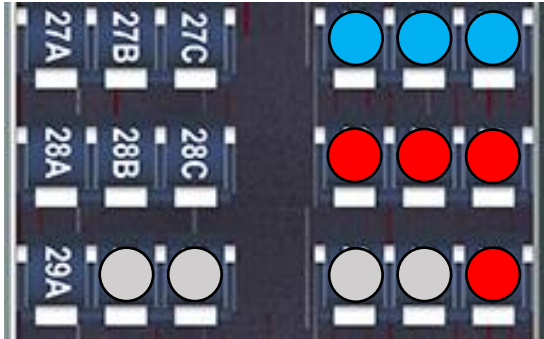
$$\forall x, y \in S, \forall p \in P, \quad \pi_{xyp} \in \{0,1\}$$

- **Briques de base** pour exprimer le fait qu'un passager soit assis sur un siège ou non
- Expression des **contraintes** aisée
- Récupération de **données importantes**
 - Abscisse du siège : $\forall p \in P, \quad X_p = \sum_{x,y \in S} x \pi_{xyp}$
 - Ordonnée du siège : $\forall p \in P, \quad Y_p = \sum_{x,y \in S} y \pi_{xyp}$
 - Passager assis sur le siège : $\forall x, y \in S, \quad P_{xy} = \sum_{p \in P} p \pi_{xyp}$



PARADIGME / Critères d'optimisation

- Proximité des passagers d'un même groupe
 - **1 point** par liaison latérale
 - **0,5 point** par liaison frontale



→ **2 points** pour le groupe **bleu**

→ **2,5 point** pour le groupe **rouge**

→ **3 points** pour le groupe **gris**

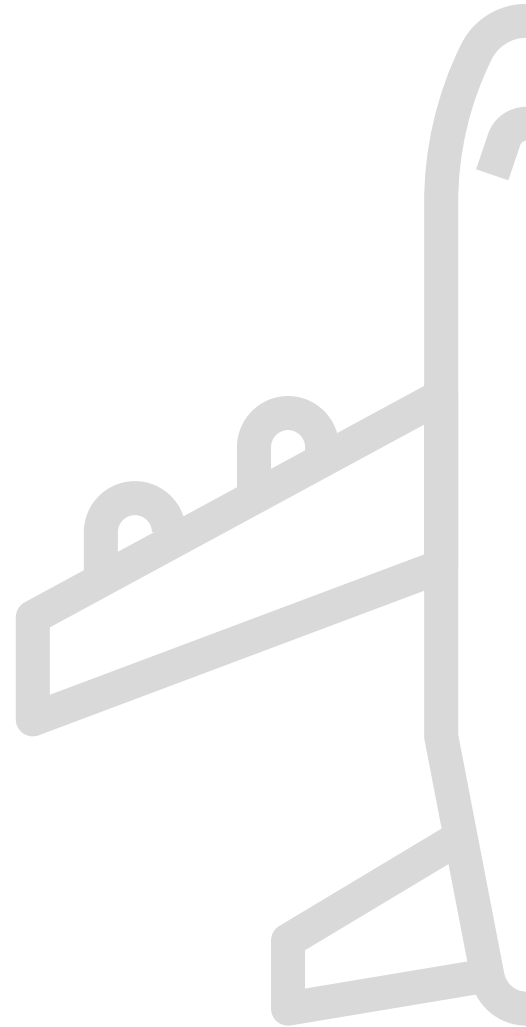
- *Score de correspondance* → pourcentage du temps de correspondance dédié à sortir de la cabine

$$\text{Constante de sortie} \leftarrow \frac{K_S X_p}{\tau_p}$$

Temps d'évacuation d'une rangée

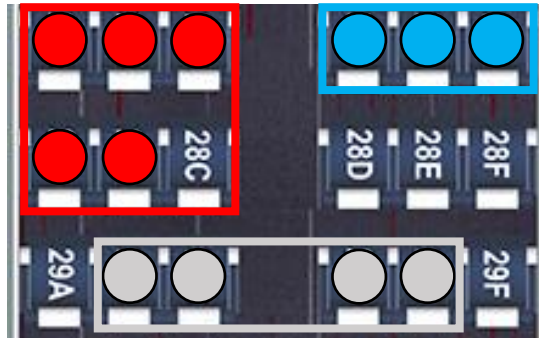
→ Rangée où est assis le passager

→ Temps de correspondance du passager

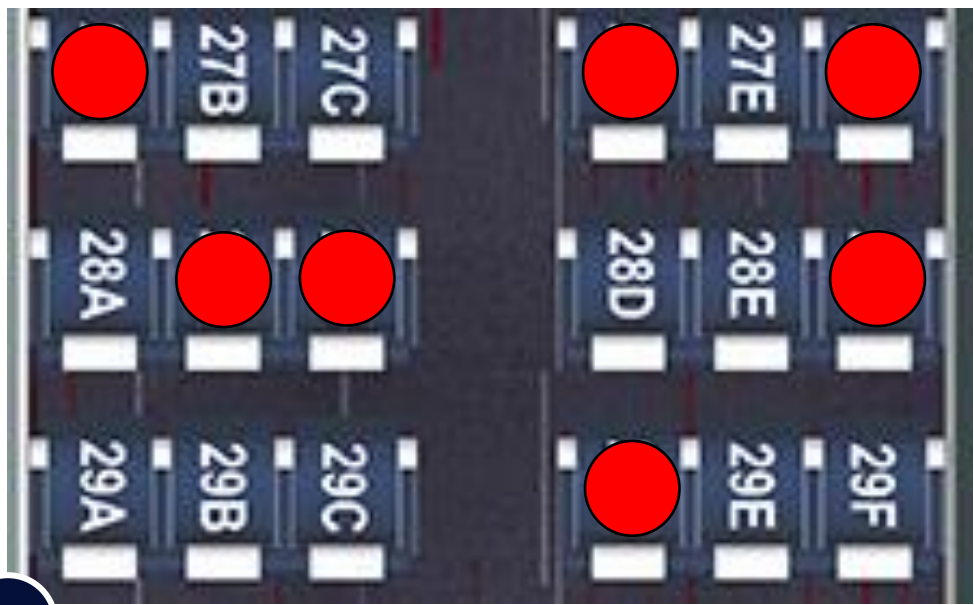


PARADIGME / Méthode de *Mise sous Vide*

- Calcul *naïf* trop long et pas adapté à la résolution
- Possibilité, compte tenu de la métrique, de déterminer à l'avance la *géométrie* optimale du groupe
- Tous les groupes tiennent dans un rectangle de taille minimale dont on connaît les dimensions



PARADIGME Méthode de *Mise sous Vide*

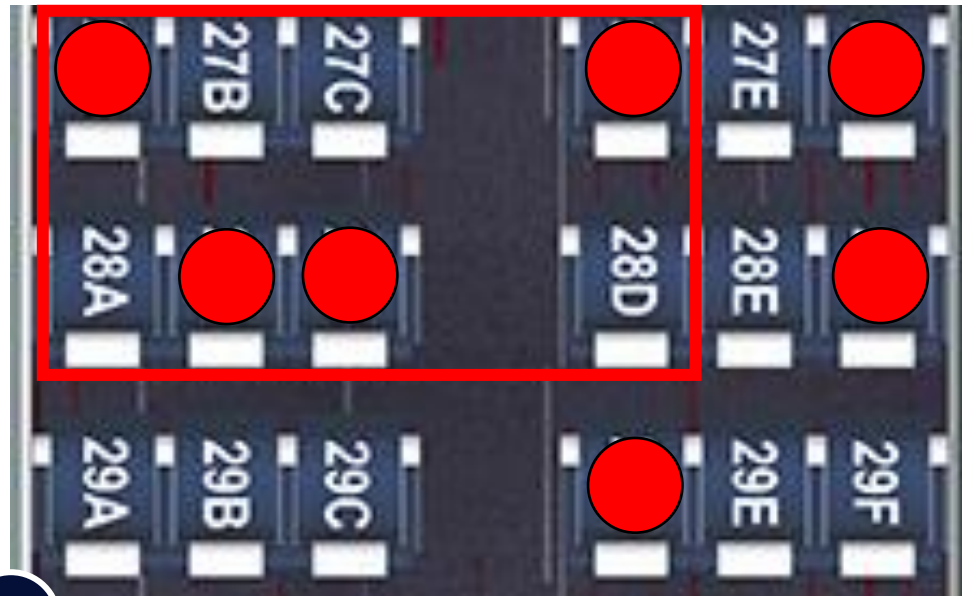


1

Sélection des passagers du groupe

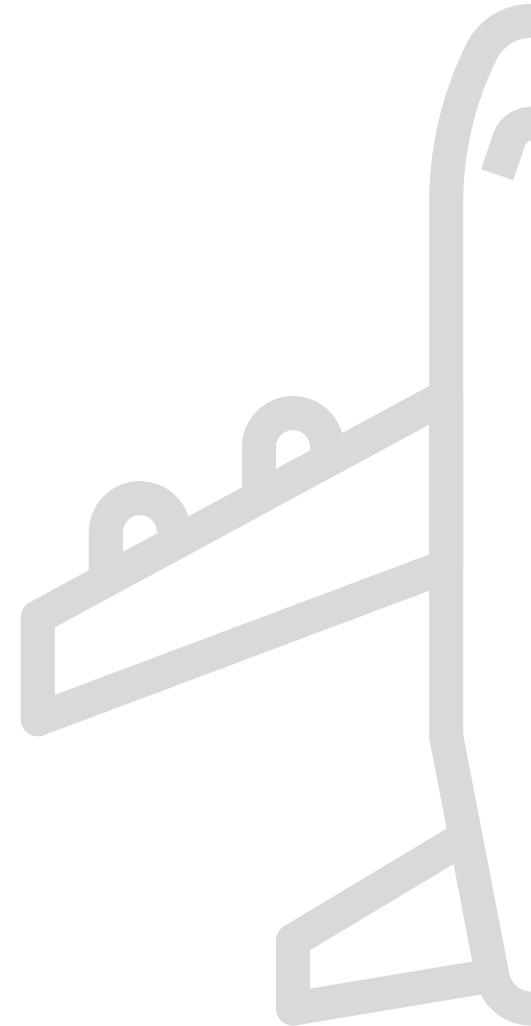


PARADIGME / Méthode de *Mise sous Vide*

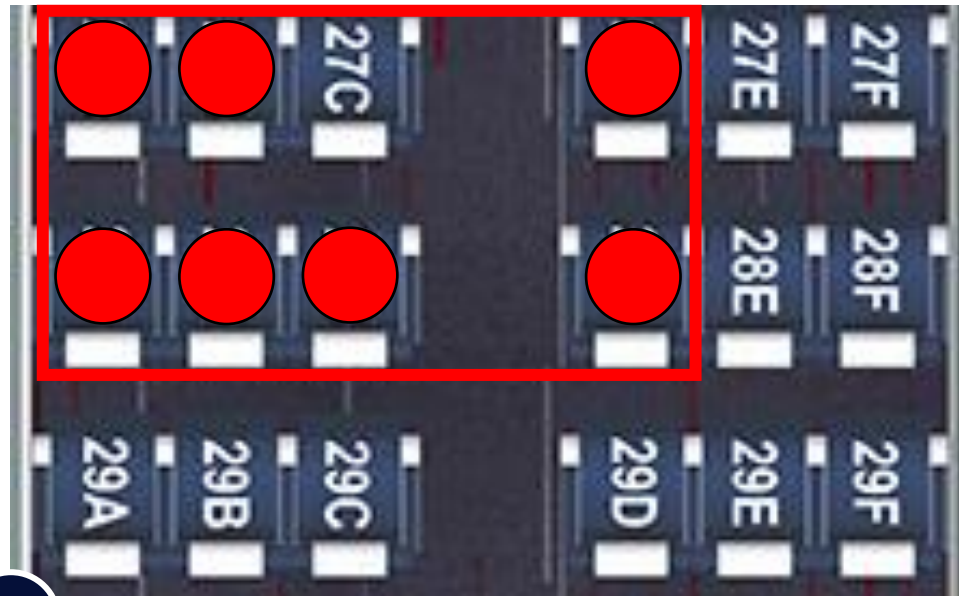


2

Détermination des dimensions du *sachet*

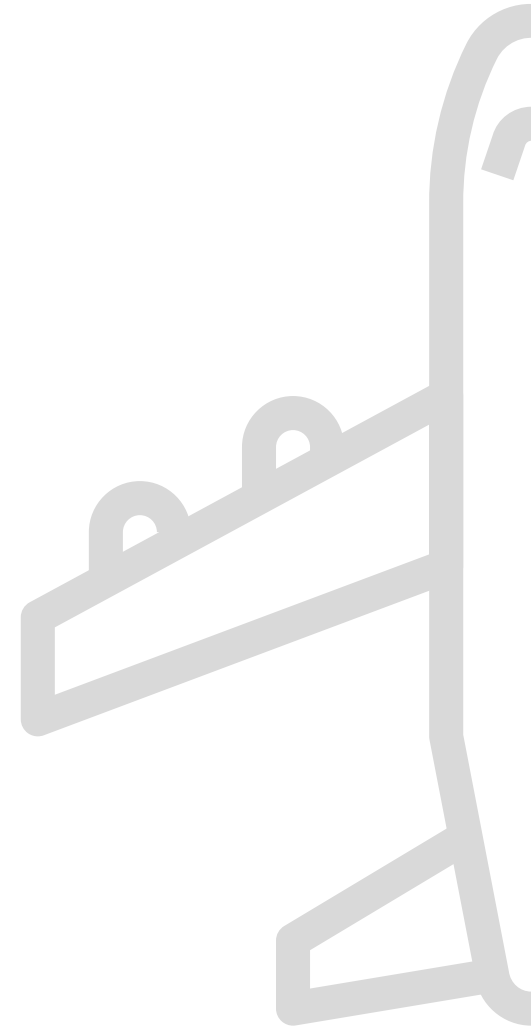


PARADIGME / Méthode de *Mise sous Vide*

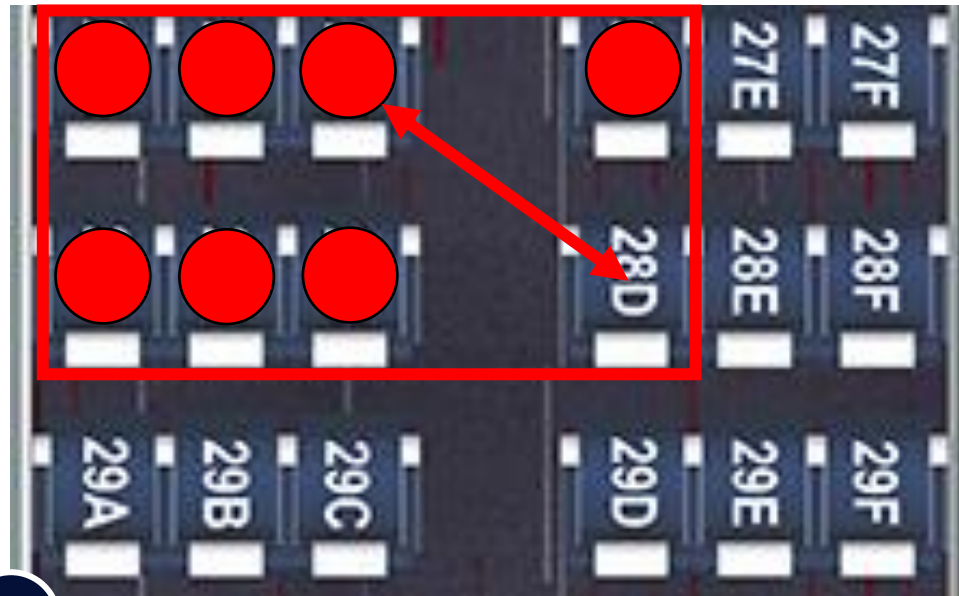


3

Rassemblement dans le *sachet*



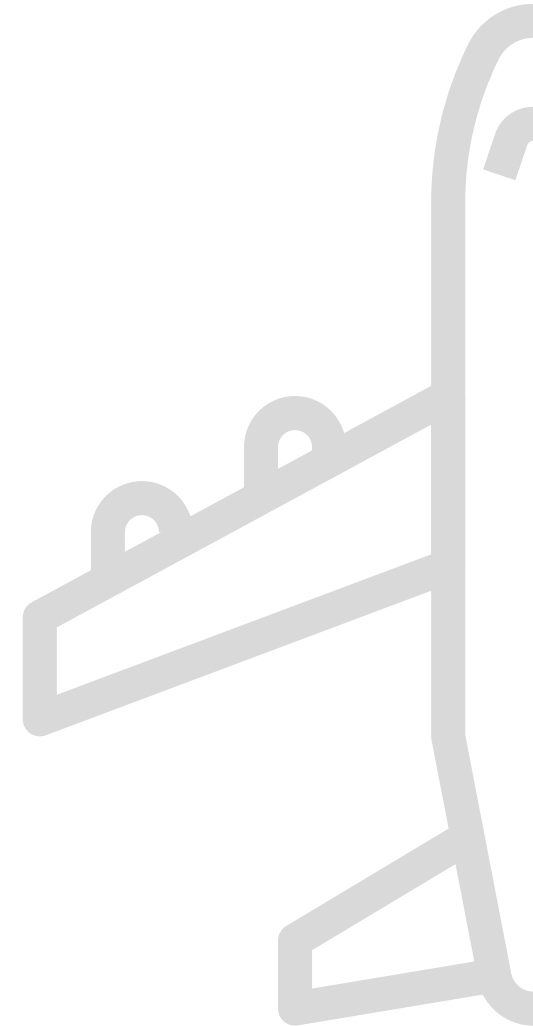
PARADIGME / Méthode de *Mise sous Vide*

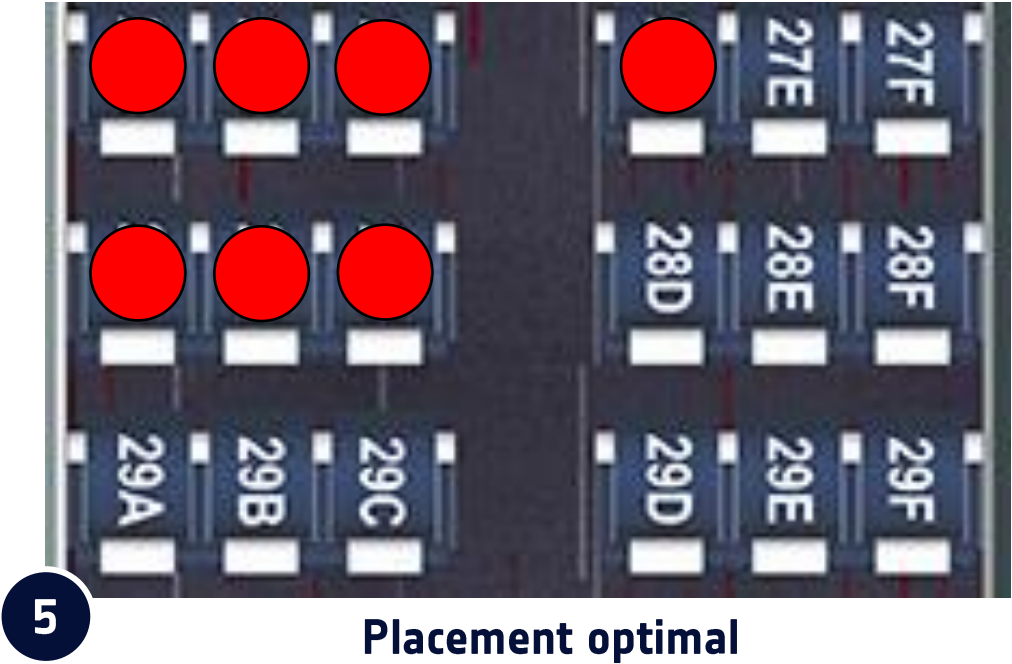


4

Retrait des *bulles d'air*

→ On vérifie que cette opération n'amène à aucune violation des contraintes





PARADIGME Méthode de Mise sous Vide

- Forcer le solveur *Gurobi* à placer les **groupes** dans des **rectangles optimaux**
- **Problème** : ne peut pas être imposé sous forme de **contrainte** car rien ne garantit l'existence d'une solution
- **Solution** : utilisation d'une **pénalité**

$$\left. \begin{array}{l} \Delta_X^g = X_{\max}^g - X_{\min}^g \longleftrightarrow H^g \\ \Delta_Y^g = Y_{\max}^g - Y_{\min}^g \longleftrightarrow L^g \end{array} \right\} \text{Dimensions optimales}$$

Minimiser $\lambda \left[\sum_g \Delta_X^g - (H^g - 1) + \sum_g \Delta_Y^g - (L^g - 1) \right]$

Coefficient de pénalité positif ↑



PARADIGME Prise en compte du temps de correspondance

- Ajouter le critère des **temps de correspondance** à la fonction objectif
- **Rappel** : pourcentage du temps de correspondance dédié à sortir de la cabine $K_S \frac{X_p}{\tau_p}$
- Uniquement des grandeurs positives → on peut **s'affranchir de la constante de sortie**

$$\text{Minimiser } \sum_p \frac{X_p}{\tau_p} + \lambda \left[\sum_g \Delta_X^g - (H^g - 1) + \sum_g \Delta_Y^g - (L^g - 1) \right]$$

→ On prend comme convention $\frac{1}{\infty} = 0$

→ Pénalité efficace pour $\lambda \gg \sum_p \frac{X_p}{\tau_p}$



PRESENTATION DES RESULTATS



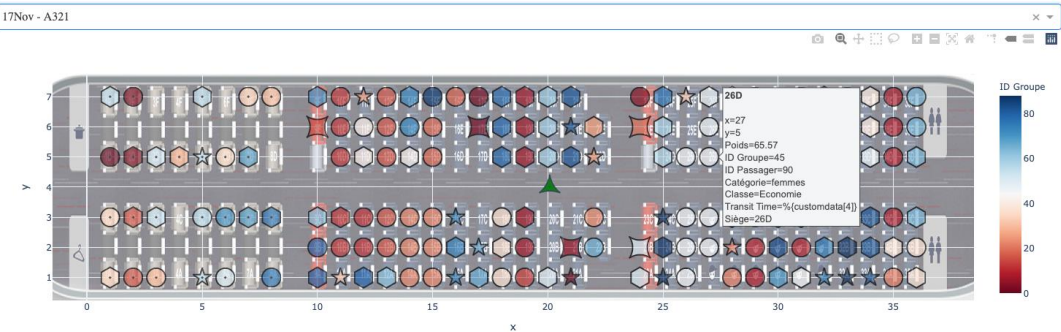
Projet AirFrance (ST7) - Groupe 2

Caio Iglesias, Thomas Melkior, Quentin Guilhot, Tony Wu, Thomas Bouquet

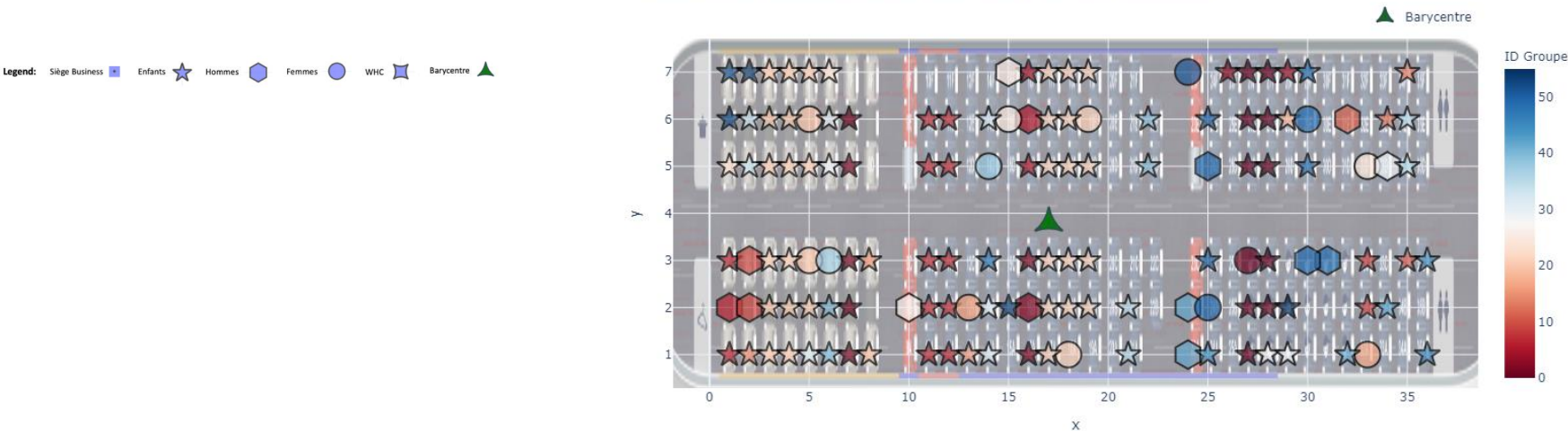


Visualisation des solutions optimales

Sélectionnez la date pour laquelle vous voulez regarder la solution ci-dessous :

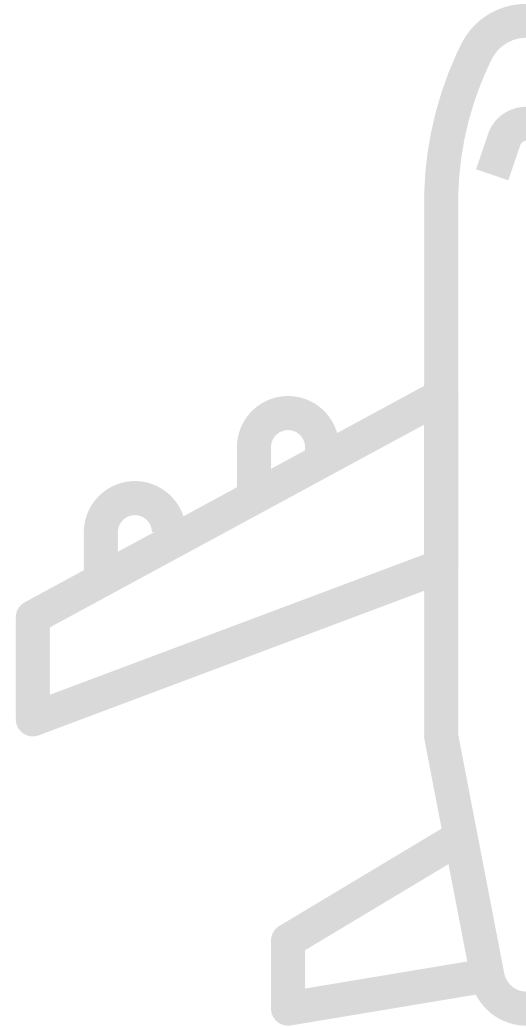


Placement de passagers optimal pour l'A321 pour le 15 Novembre



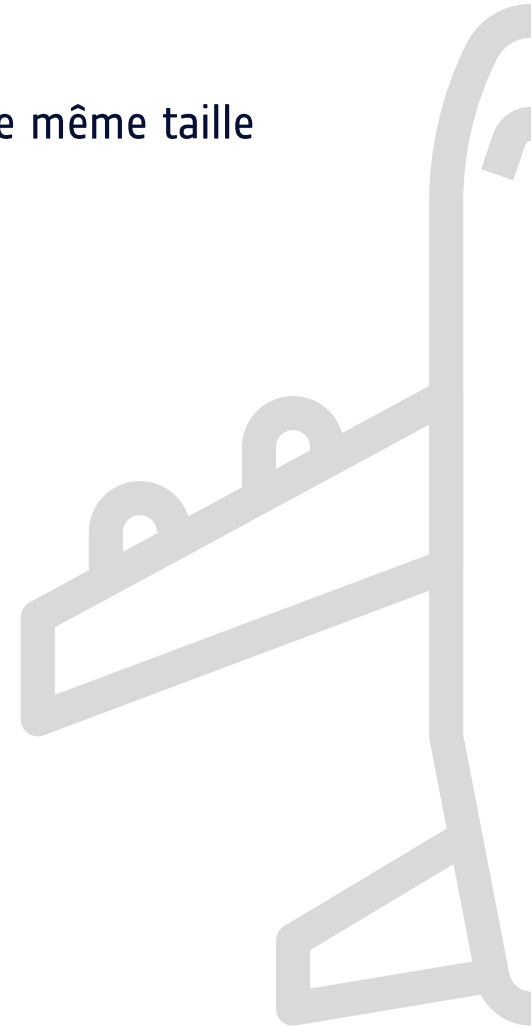
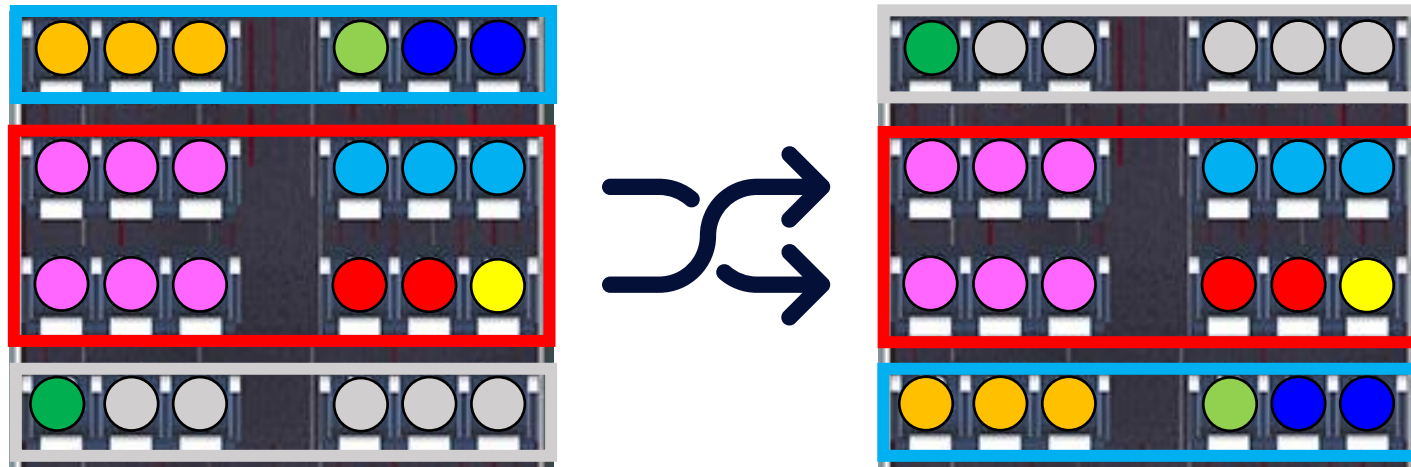
MODELE DYNAMIQUE Motivations

- Offrir des **choix de sièges** aux passagers
- Plus proche de la **réalité**
- **Ne pas dégrader** la solution obtenue avec le modèle statique
 - Ne pas toucher à l'**intégrité des groupes**
 - Ne jamais reculer les passagers en **correspondance**
- Basé sur des **permutations** de trois types entre **passagers équivalents**



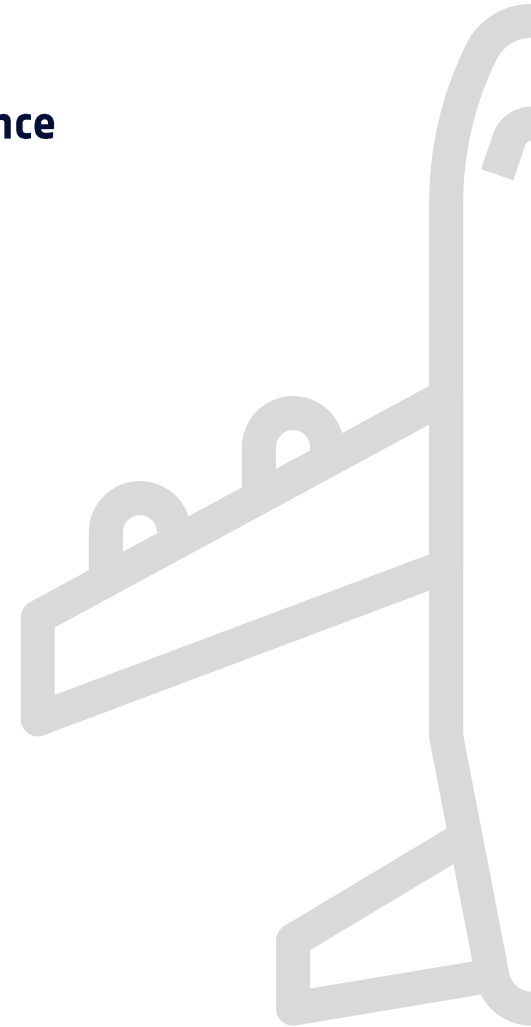
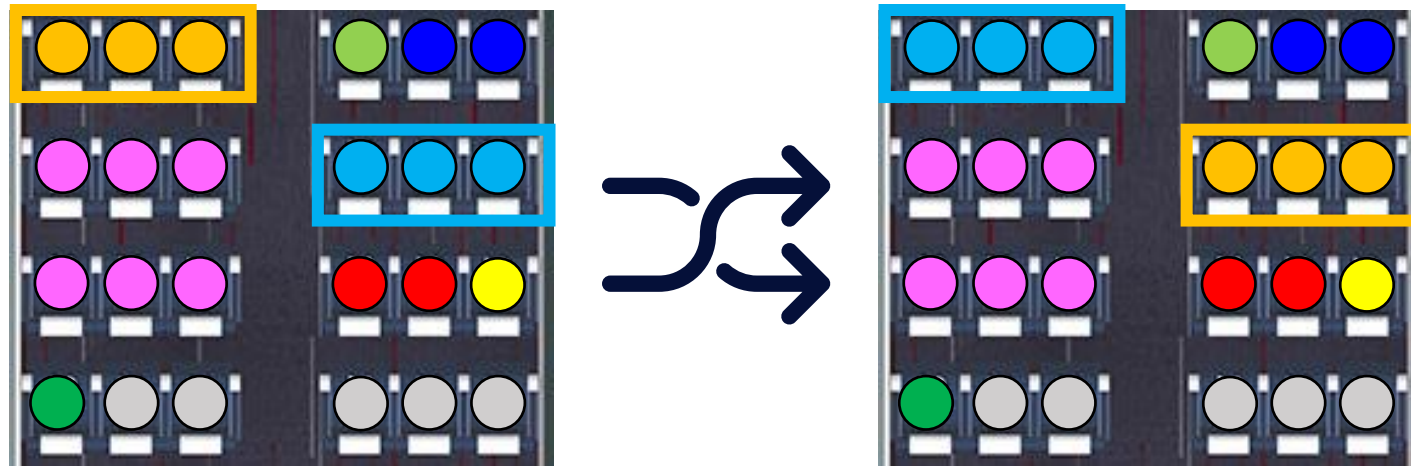
MODELE DYNAMIQUE Permutation par agrégation

- Identification d'ensembles de **lignes équivalentes**, i.e. de même temps de correspondance et de même taille
- Basé sur le temps de correspondance et la place occupée par les groupe de la ligne
- Vérification **systematique** du respect des **contraintes**



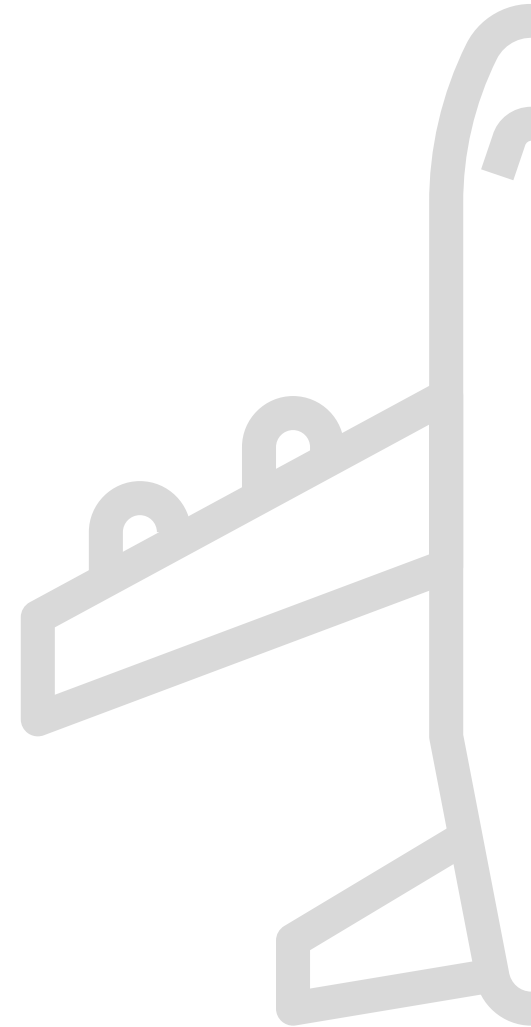
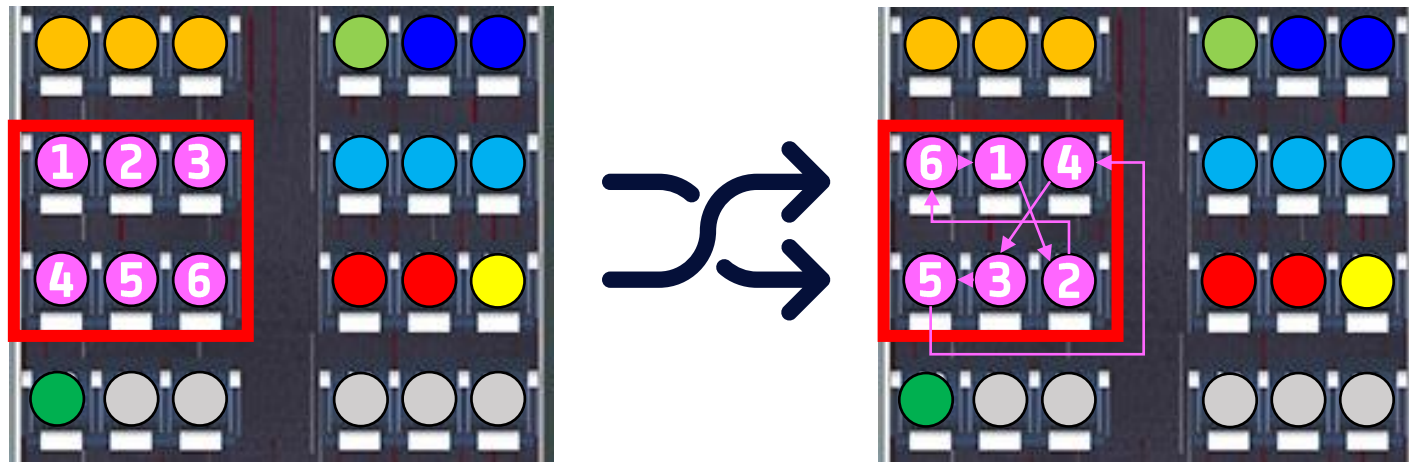
MODELE DYNAMIQUE Permutation inter-groupes

- Identification et permutation des groupes de **même taille** et de **même temps de correspondance**
- Vérification **systématique** du respect des **contraintes**



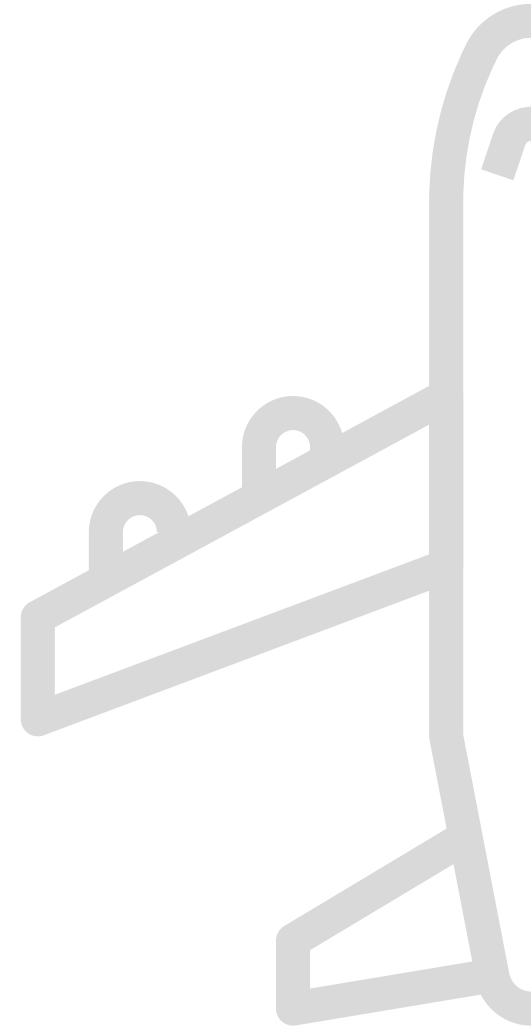
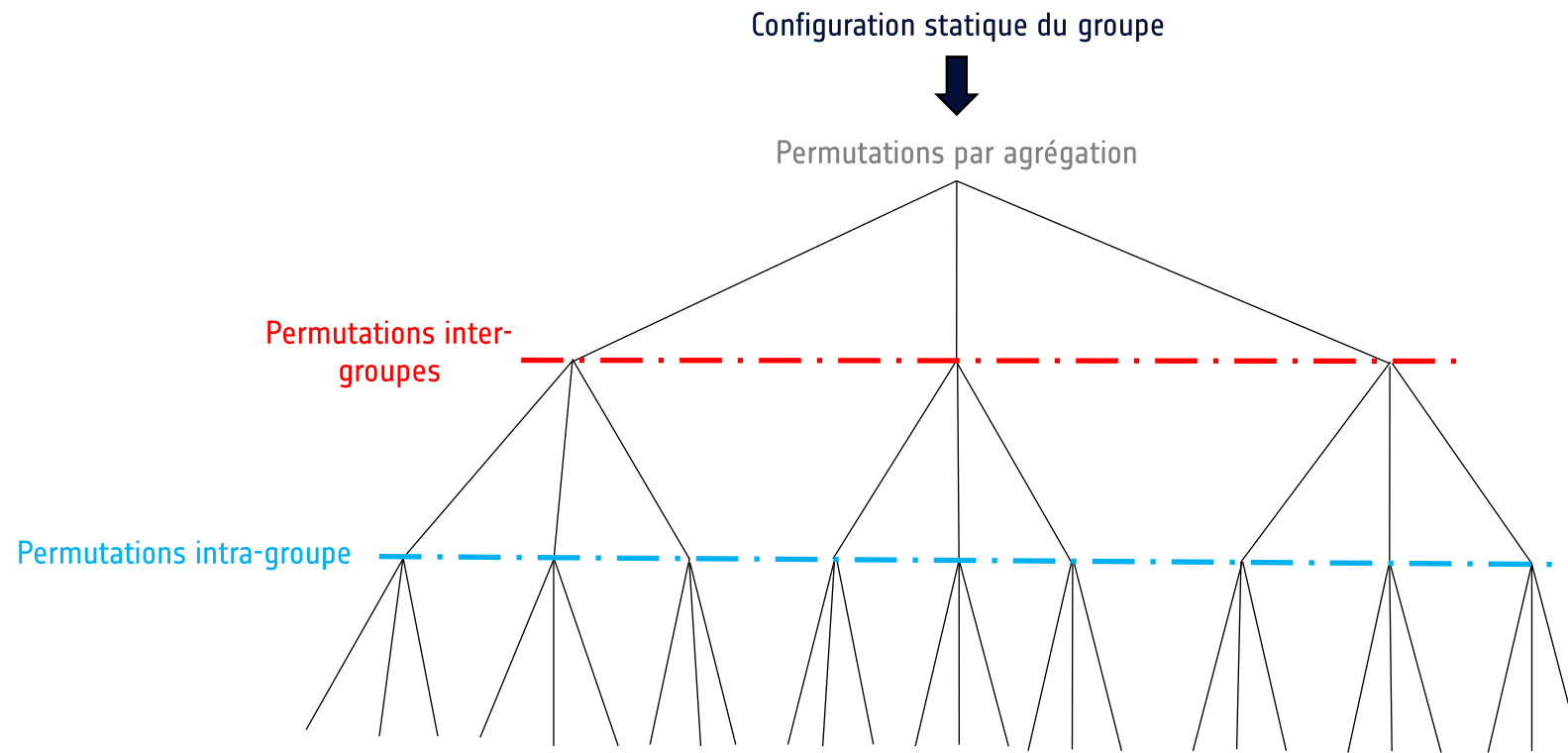
MODELE DYNAMIQUE Permutation intra-groupe

- Permutation entre les membres d'un **même groupe** et de **même catégorie** (enfants / adultes)
- Pas besoin de se soucier du temps de correspondance
- Vérification **systématique** du respect des **contraintes**



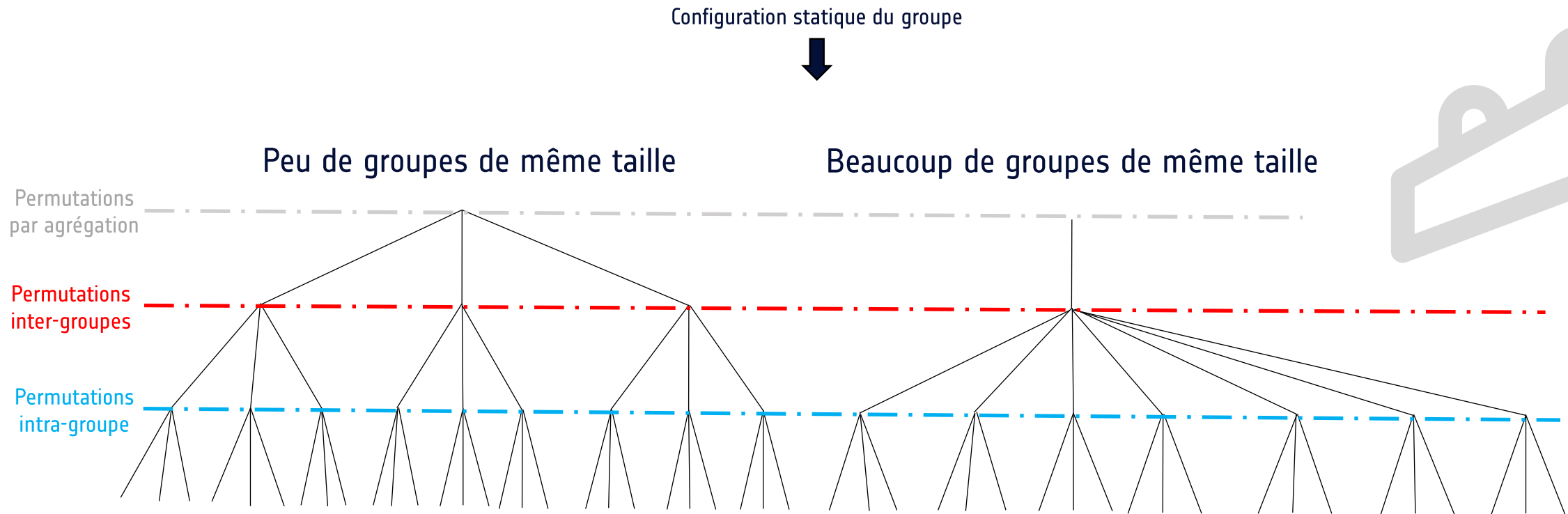
MODELE DYNAMIQUE Principe global

- Arbre de possibilités pour chaque passager
- Limite à **3 permutations** de chaque type, choisies **aléatoirement** (heuristique de **diversité**)



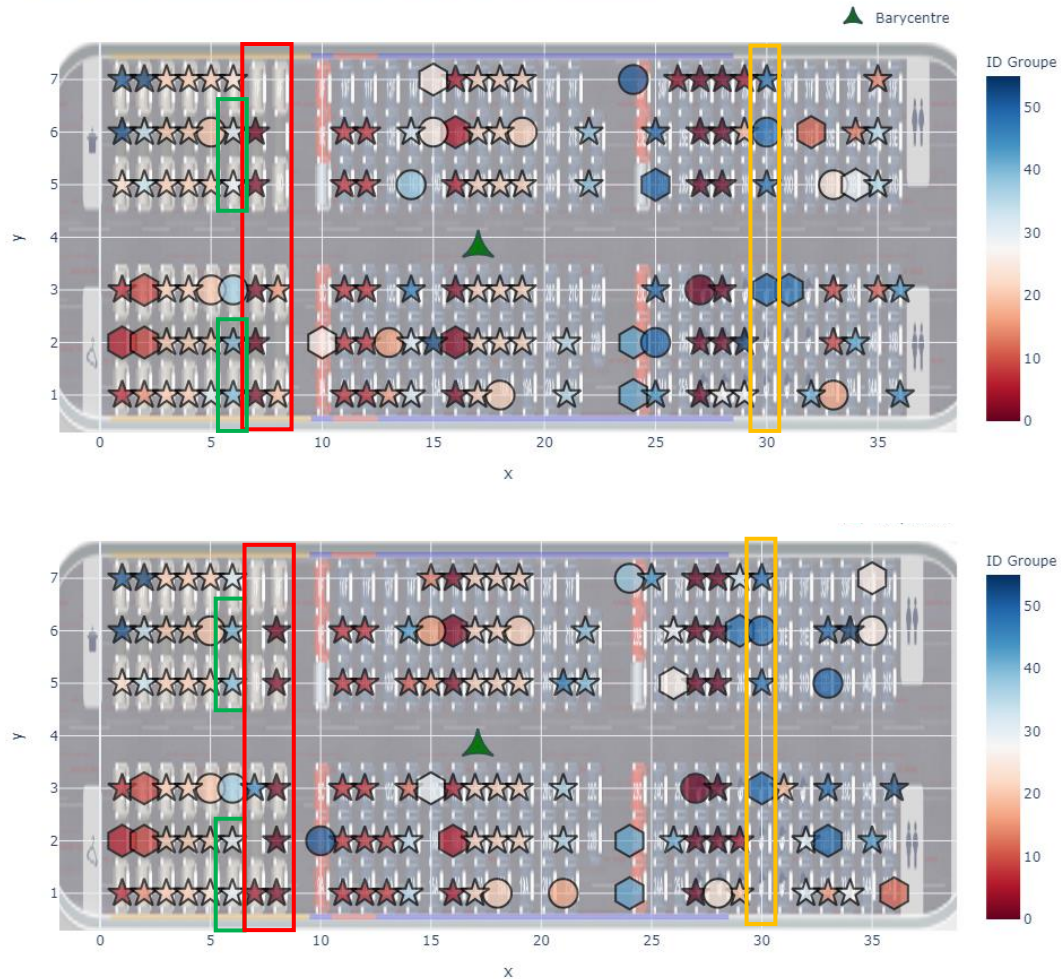
MODELE DYNAMIQUE Construction de l'arborescence

- Arbre de possibilités pour chaque passager
- Adaptation de l'**arborescence** en fonction de la **distribution des groupes** selon leur **taille**



PRESENTATION DES RESULTATS Dynamique

Placement de passagers optimal pour l'A321 pour le 15 Novembre



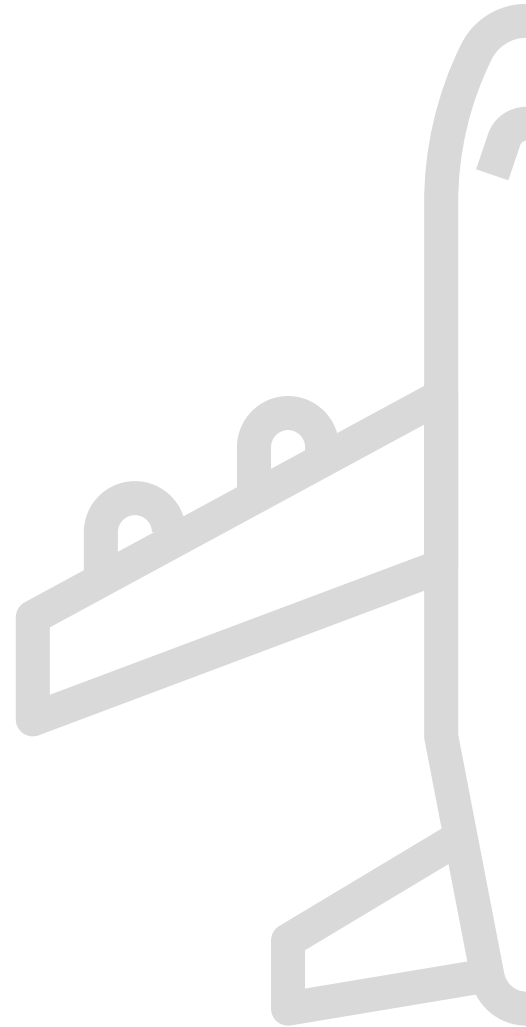
→ Placement des passagers obtenu par l'**algorithme statique**

→ Permutation d'**agrégats**

→ Permutation **inter-groupes**

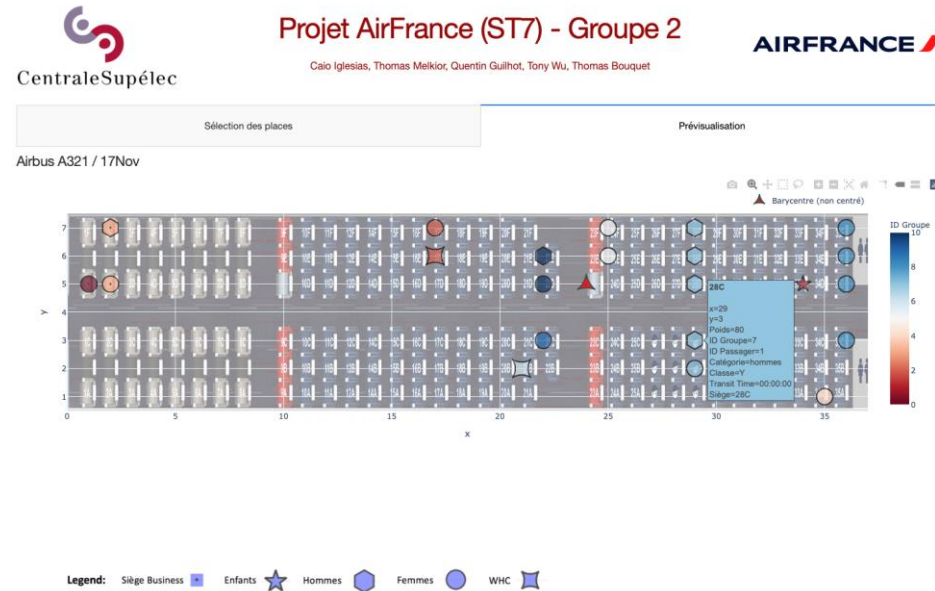
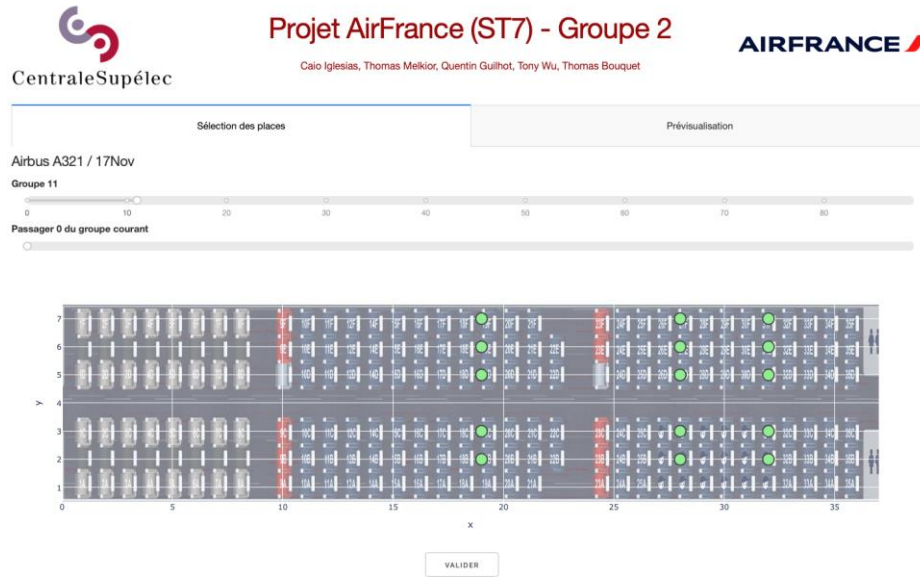
→ Permutation **intra-groupe**

→ Placement des passagers après **choix aléatoire** des sièges



DEMONSTRATION AVEC LA WEBAPP

- WebApp Dash pour une meilleure **visualisation** et plus d'**interactivité**



CONCLUSION

- Modèle **statique**
 - Solution toujours **optimale** et prenant en compte la **disposition des groupes** et les temps de **correspondance**
 - Méthode **originale** de résolution (*Mise sous Vide*)
 - **Très bonne performance** du code (jamais plus de 3 minutes)
- Modèle **dynamique**
 - **Continuité** du modèle statique
 - Garantie de la **faisabilité** de la solution
 - **Pas de dégradation** de la valeur de l'objectif obtenu en statique
 - **Grande variété** des sièges proposés
 - **WebApp** interactive de **visualisation** et de **sélection** reliée au code
- Projet **intéressant** et **motivant** couplé à une **très bonne expérience de groupe**



MERCI DE VOTRE ATTENTION 

