

# LP-TransportationPlanner : Planification des rotations du transport de tronçons d'avions

D. raynaud<sup>(1)</sup>, E. Jacquet-Lagrèze<sup>(2)</sup>, H. Djellab<sup>(2)</sup> et F. Fabien<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> AIRBUS SAS, Airbus Transport, 1 Rond point Maurice Bellonte 31707 BLAGNAC Cedex  
denis.raynaud@airbus.com

<sup>(2)</sup> EURODECISION, 9A, rue de la Porte de Buc 78000 Versailles  
{eric.jacquet-lagreze, housni.djellab, frederic.fabien}@eurodecision.com

**Résumé :** Cette présentation s'intéresse à la planification annuelle des rotations des Belugas entre différents sites du groupe Airbus, afin de transporter les tronçons d'avions vers les sites d'assemblage de Toulouse et Hambourg. Le problème consiste à éviter la livraison de tronçons en retard et à minimiser le temps de vol total. Nous avons adapté LP-TransportationPlanner (composant logistique ED) pour résoudre le problème. L'approche de résolution proposée est basée sur les techniques de génération de colonnes. Des tests et validation sont illustrés sur des cas réels.

**Mots-Clefs :** Logistique, optimisation combinatoire, génération de colonnes

## 1 Description du problème

Le problème à traiter est celui de la planification à moyen et long terme (l'horizon peut aller jusqu'à 3 ans) du système de transport par voie aérienne des principaux éléments des avions de la gamme Airbus vers leur site d'assemblage final (Toulouse ou Hambourg). Cela consiste à déterminer des rotations d'avions cargo « Beluga », en passant par un certain nombre de sites (Hambourg, Madrid, Broughton, St-Nazaire...).

Le réseau est composé au total de 8 sites de production et/ou d'assemblage.  
La flotte de Beluga est basée à Toulouse.

Une rotation est définie par :

- un ensemble de bâtis vides (moyens utilisés pour transporter les tronçons) à charger ou à décharger en chaque site
- une liste de tronçons à charger ou à décharger en chaque site
- un avion Beluga et son équipage assurant la rotation
- un horaire d'arrivée et de départ en chaque site.

Chaque tronçon à transporter est caractérisé par :

- un site d'origine et un site de destination
- une fenêtre de temps (3 à 4 jours) dans lequel il doit être transporté
- un bâti sur lequel il doit être chargé

Deux types de contraintes à respecter :

- Contraintes dures : contraintes à respecter impérativement :
  - Tous les tronçons doivent être transportés
  - Disponibilité des Belugas et de l'équipage
  - Disponibilité des bâtis
  - Capacité des Belugas
  - Fenêtres d'ouverture et de fermeture des sites (aéroports)

- Nombre de places de parking
- Temps d'espace entre deux départs d'avions, ...
- Contrainte facultative : contrainte à respecter dans la mesure du possible :
  - Fenêtre de temps de disponibilité des tronçons (au plus tôt, au plus tard)

La fonction objective à optimiser est composée de trois critères :

- Arrivée des tronçons au plus tôt dans leur fenêtre de disponibilité
- Minimiser le nombre de jours de retard des tronçons après la date de livraison au plus tard
- Minimiser le temps de vol total des Belugas

## 2 Méthode de résolution

La difficulté du problème à résoudre réside dans la prise en compte des caractéristiques suivantes :

- aspect combinatoire des circuits géographiques possibles et de l'aspect temporel pour dater ces circuits
- aspect combinatoire du chargement possible en tronçons et bâtis d'un avion Beluga
- prise en compte d'une gestion des stocks de bâtis et de leur retour au site d'origine

La méthode utilisée est basée sur les techniques de génération de colonnes. Le problème maître consiste à choisir les rotations en respectant entre autre les contraintes de disponibilité des équipages et des Belugas. En revanche le sous-problème a consisté à résoudre un problème de plus court chemin pour charger les Belugas.

Le choix de cette approche (techniques de génération de colonnes) a été motivé par la complexité, la taille du problème et par la qualité des résultats obtenus.

## 3 Tests et validations

Trois cas réels ont été testés et validés avec les experts Airbus :

- Jeu de données du premier trimestre 2001
- Jeu de données juin 2002
- Jeu de données 2003

A partir de ces cas réels nous avons réalisé des simulations pour :

- Comparer les résultats obtenus par LP-TransportationPlanner et les experts d'Airbus
- Etudier l'impact de la longueur de fenêtre de temps de disponibilité des tronçons
- Etudier l'influence des critères temps de vol total et nombre de jours de retard
- Etudier l'influence du nombre de bâtis disponibles

Dans le cadre du congrès nous présentons la problématique, le principe de la méthode et des résultats numériques obtenus pour trois cas réels.