

## Projet Optimisation Combinatoire

### Résolution d'un problème d'Open-Shop multi-ressources flexibles

#### 1. Généralités sur l'open shop

Le projet s'intéresse à une variante d'un problème d'ordonnancement particulier appelé open-shop. L'open-shop est décrit dans la littérature comme un problème d'atelier dans lequel chaque produit (lot ou pièce) doit suivre plusieurs étapes de fabrication qui nécessitent chacune une ressource dédiée disponible en un seul exemplaire (on parle de ressource disjonctive ou de machine). La succession entre les différentes étapes n'est pas fixée a priori mais dans une solution toutes les étapes d'un même produit doivent être séquencées. On fera l'hypothèse que toutes les étapes nécessitent des ressources différentes et que tous les produits peuvent débiter à la date 0.

**Exemple :** Soit un atelier en open shop comportant 3 produits A, B et C à réaliser. Chaque produit nécessite 4 étapes (numérotées de 1 à 4) et il y a 4 ressources disponibles. Ce problème peut être représenté par le schéma de la figure 1. Dans cette figure, le rectangle  $A_i$  représente l'étape  $i$  du produit A (idem pour les produits B et C) et la longueur de chaque rectangle représente la durée de l'étape associée. De plus, les arcs en pointillé représentent les contraintes de partage de ressources disjonctives.

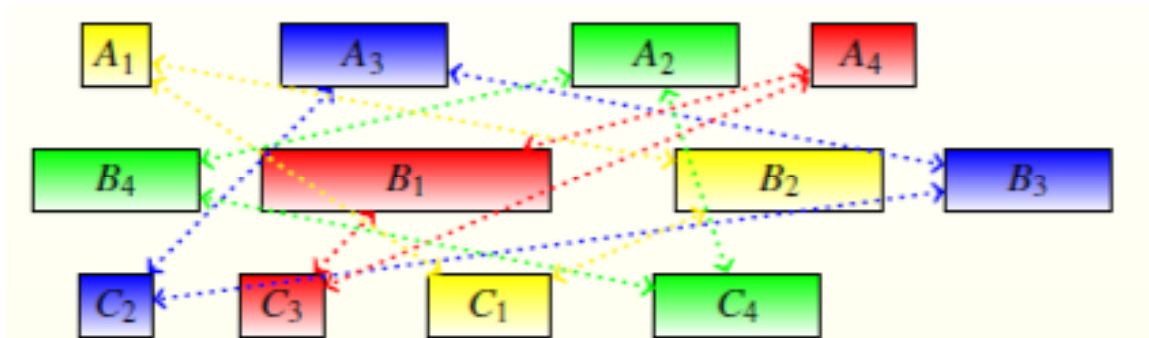


Figure 1. Exemple d'open shop à 3 produits, 4 étapes et 4 machines.

Une solution est obtenue lorsque les différentes étapes de chaque produit sont séquencées et le sens de chaque arc en pointillé est fixé sans créer de cycle

Un des objectifs usuels pour la résolution de problèmes d'ordonnancement est celui de la minimisation de la durée totale de l'ordonnancement. Cet objectif est aussi appelé makespan et noté  $C_{max}$ . Il a été montré que le problème d'open shop (avec plus de 2 machines) pour la minimisation du makespan était NP-difficile.

On trouve des exemples d'application de l'open-shop dans des problèmes de maintenance (automobile, avion). Par exemple, le véhicule doit passer sur différents postes d'un garage sans ordre préétabli.

#### Lecture pour en savoir plus :

Thèse Arnaud Malapert, Chapitre 4.

[http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/63/01/22/PDF/these-Arnaud\\_Malapert.pdf](http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/63/01/22/PDF/these-Arnaud_Malapert.pdf)

Documents sur l'ordonnancement et sur les méta-heuristiques.

## 2. Problème considéré

On s'intéresse pour ce projet à un open shop dans lequel chaque étape **nécessite simultanément 2 ressources disjonctives** pour sa réalisation. La première ressource disjonctive est une machine connue pour chaque étape de chaque produit (comme précédemment) et la deuxième ressource n'est pas connue a priori et doit être choisie parmi un groupe de ressources (ressources polyvalentes). Cet ensemble de ressources polyvalentes est totalement disjoint du premier ensemble de ressources.

De plus, toutes les ressources polyvalentes sont équivalentes et le choix d'une ressource n'a aucun impact sur la durée de réalisation de l'étape. Pour résoudre ce problème, en plus des décisions de séquençement, il est également nécessaire de prendre des décisions d'affectation pour les ressources polyvalentes. On parle dans la littérature de problème d'ordonnancement avec flexibilité de ressources.

Pour ce projet, nous ferons l'hypothèse que le nombre de ressources polyvalentes est inférieure au nombre d'étapes ainsi qu'au nombre de produits.

**Exemple.** Sur l'exemple précédent, supposons qu'il y ait 2 ressources polyvalentes (1 ressource noire et 1 ressource grise). Une solution est alors fournie sur la figure 2 dans laquelle :

- les étapes de chaque produit sont séquencées entre elles ;
- il n'y a pas de conflit sur les machines Rouge, Bleu, Verte et Jaune ;
- Il n'y a pas de conflit sur les ressources polyvalentes (la première ligne du diagramme ci-dessous donne l'affectation et le séquençement sur la ressource polyvalente « noire » et la deuxième ligne donne l'affectation et le séquençement sur la ressource polyvalente grise).

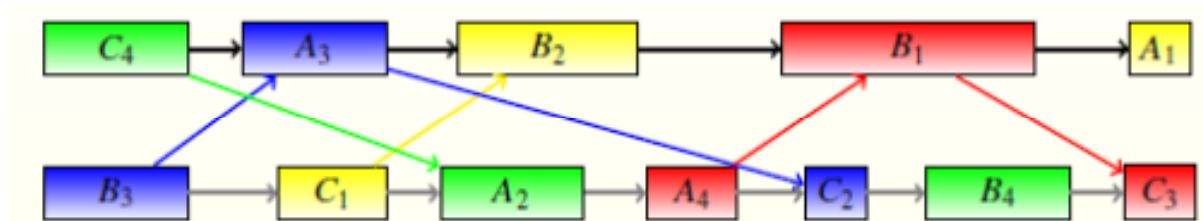


Figure 2. Solution d'un problème d'open-shop multi-ressources et ressources polyvalentes.

Un exemple d'application dans le contexte de la maintenance peut-être celui de la prise en compte d'un groupe d'opérateurs pouvant intervenir sur l'ensemble des étapes.

### Objectif du projet.

Le projet vise à résoudre un problème d'open-shop dans lequel chaque étape nécessite 2 ressources : d'une part une ressource disjonctive connue (machine) et, d'autre part, une ressource polyvalente (disjonctive) à choisir parmi un ensemble de cardinalité fixé.

Pour cette résolution, nous cherchons à minimiser la durée totale de l'ordonnancement et vous allez devoir proposer des méthodes approchées.

Parmi les méthodes approchées : toutes celles vues en cours peuvent être proposées. Les compétences attendues au terme de ce projet sont :

- Méthodologie d'analyse d'un problème d'optimisation combinatoire et des résultats de méthodes de résolution
- Compréhension des principes des méthodes approchées
- Conception et développement de méthodes correctes (les résultats obtenus sont des solutions admissibles) et performantes (en termes de fonction objectif et de temps de calcul).

### 3. Travail à réaliser

1. Analyse et compréhension du problème
  - a. Documentation : résolution du problème d'open-shop classique et résolution de problèmes d'ordonnancement
  - b. Utiliser un jeu de tests de la littérature (open-shop)
    - i. <http://www.emn.fr/z-auto/gueret/OpenShop/OpenShop.html>
    - ii. Expliquer (sur papier) les modifications nécessaires pour se ramener au problème considéré dans le projet (**Rendu 1**).
    - iii. Développer une procédure permettant la lecture des jeux de données ainsi modifiés.
    - iv. Il existe un second jeu de tests que vous pouvez utiliser si vous le souhaitez : <http://mistic.heig-vd.ch/taillard/problemes.dir/ordonnancement.dir/ordonnancement.html>
2. Conception et Implémentation d'une heuristique
  - a. (**Rendu 1**) Décrire votre heuristique sur le papier et simuler son déroulement sur un petit exemple avant de commencer à coder
  - b. Pour vérifier que votre heuristique obtient bien une solution admissible, concevoir et développer un vérificateur de votre résultat

#### *Rendu 1 : en fin de la séance TP2*

3. Conception et Implémentation d'une méthode approchée
  - a. (**Rendu 2**) Décrire votre méthode sur le papier en expliquant les points clés (par exemple : voisinages utilisés ou opérateurs de croisement/mutation, .....).
  - b. Implémenter cette méthode.
  - c. Vérifier les résultats obtenus avec le vérificateur développé à la question 2
  - d. (**Rendu 3**) Fournir un bilan synthétique des performances de votre méthode approchée (évolution de la solution au cours des itérations, apport des différents composants de votre méthode, etc.)

#### *Rendu 2 : au début de la séance TP4*

#### *Rendu 3 : en fin de la séance TP4*

4. Evaluation des performances de vos propositions
  - a. Mise à jour si besoin des documents (**Rendu2**) et (**Rendu3**)
  - b. (**Rendu 4**) Fournir un bilan synthétique des résultats obtenus en termes de qualité des solutions et de temps de calcul (pour les deux méthodes). Pour cela, faire évoluer le nombre de ressources polyvalentes pour en évaluer l'impact.
    - i. **Mettre au point une procédure permettant de réaliser les tests de manière automatique**
  - c. Peut-on estimer la qualité attendue s'il y a autant de ressources polyvalentes que de machines ?

#### *Mise à jour Rendu 2 et Rendu 3 : après la séance TP5*

#### *Rendu 4 : après la séance TP5*