



# Équilibrage des lignes de désassemblage sous incertitude en présence de composants polluants

Mohand Lounes Bentaha, Olga Battaïa, Alexandre Dolgui

► **To cite this version:**

Mohand Lounes Bentaha, Olga Battaïa, Alexandre Dolgui. Équilibrage des lignes de désassemblage sous incertitude en présence de composants polluants. Quatorzième congrès annuel de la Société Française de recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2013), Feb 2013, Troyes, France. Session S74 : Conception optimisée de lignes de production, 2013. <emse-00796776>

**HAL Id: emse-00796776**

**<https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-00796776>**

Submitted on 5 Mar 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Équilibrage des lignes de désassemblage sous incertitude en présence de composants polluants

Mohand Lounes Bentaha, Olga Battaïa, Alexandre Dolgui

École des Mines de Saint-Étienne, EMSE-FAYOL,  
CNRS UMR6158, LIMOS, F-42023 Saint-Étienne, France  
{bentaha, battaia, dolgui}@emse.fr

**Mots-clés :** désassemblage, équilibrage des lignes, algorithme du point intérieur.

## 1 Description du problème

Le problème d'équilibrage d'une ligne de désassemblage consiste en l'affectation des tâches de désassemblage,  $I = \{1, 2, \dots, N\}$ ,  $N \in \mathbb{N}^*$ , à une séquence de postes de travail,  $J = \{1, 2, \dots, M\}$ ,  $M \in \mathbb{N}^*$ , sous les contraintes de précédence et du temps de cycle,  $C_t$ . Certaines tâches impliquent le désassemblage des composants polluants. Les durées des tâches,  $\zeta_i$ ,  $i \in I$  sont des variables aléatoires indépendantes normalement distribuées avec des paramètres connus *i.e.*  $\zeta_i \sim \mathcal{N}(\mu_i, \sigma_i)$ ,  $t_i > 0$ ,  $i \in I$ . Les contraintes de précédence sont modélisées par un graphe AND/OR, [1]. L'objectif est de minimiser le coût total de la ligne, en minimisant le nombre de postes de travail, ainsi que le nombre de postes sur lesquels le désassemblage des composants polluants est effectué. En même temps, il est nécessaire d'assurer que la probabilité d'arrêt de la ligne à cause d'un dépassement du temps de cycle sur un poste de travail soit inférieur à  $1 - \alpha$ , où  $\alpha$  représente un seuil fixé par le décideur (de l'ordre de 5%).

## 2 Modélisation et résolution du problème

### Paramètres du problème

- $K$  : Ensemble des indices des sous-assemblages :  $K = \{0, 1, \dots, K\}$ ,  $K \in \mathbb{N}$ ;
- $A_k$  : Le sous-assemblage  $k$  généré lors du processus de désassemblage,  $k \in K$ ;
- $B_i$  : Tâche de désassemblage,  $i \in I$ ;
- $H$  : Ensemble des indices des tâches générant des composants polluants;
- $S$  : Tâche fictive servant au calcul du nombre de postes utilisés,  $t_S = 0$ ;
- $\zeta_i$  : Durée de la tâche  $B_i$ ,  $i \in I$ ;
- $F_c$  : Coût fixe d'exploitation des postes de travail;
- $C_h$  : Coût supplémentaire pour un poste traitant des composants polluants;
- $P(k)$  : Ensemble des indices des prédécesseurs de  $A_k$ ,  $k \in K$ , *i.e.*  $P(k) = \{i \mid B_i \text{ precedes } A_k\}$ ;
- $S(k)$  : Ensemble des indices des successeurs de  $A_k$ ,  $k \in K$ ,  $S(k) = \{i \mid A_k \text{ precedes } B_i\}$ .

### Variables de décision

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si la tâche } B_i \text{ est affectée au poste } j; \\ 0, & \text{sinon.} \end{cases}$$

$$x_{Sj} = \begin{cases} 1, & \text{si la tâche fictive } S \text{ est affectée au poste } j; \\ 0, & \text{sinon.} \end{cases}$$

$$h_j = \begin{cases} 1, & \text{si au moins une tâche générant un composant polluant est affectée au poste } j; \\ 0, & \text{sinon.} \end{cases}$$

$$z_j = \begin{cases} C_t, & \text{si } x_{S_j} = 1; \\ 0, & \text{sinon.} \end{cases}$$

### Modélisation du problème

$$\min \left\{ F_c \cdot \sum_{j \in J} j \cdot z_j + C_h \cdot \sum_{j \in J} h_j \right\} \quad (\text{MIPJPC})$$

s.t.

$$z_j = C_t \cdot x_{S_j}, \forall j \in J \quad (1)$$

$$\sum_{i \in S(0)} \sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 1, \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S(k)} \sum_{j \in J} x_{ij} = \sum_{i \in P(k)} \sum_{j \in J} x_{ij}, \forall k \in K \setminus \{0\} \quad (4)$$

$$\sum_{i \in S(k)} x_{iv} \leq \sum_{i \in P(k)} \sum_{j=1}^v x_{ij}, \forall k \in K \setminus \{0\}, \forall v \in J \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J} x_{S_j} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J} j \cdot x_{ij} \leq \sum_{j \in J} j \cdot x_{S_j}, \forall i \in I \quad (7)$$

$$h_j \geq x_{ij}, \forall j \in J, \forall i \in H \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I} \mu_i \cdot x_{ij} + \Phi^{-1}(\varrho^{y_j}) \cdot \sqrt{\sum_{i \in I} \sigma_i^2 \cdot x_{ij}^2} \leq C_t, \forall j \in J \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = 1$$

$$y_j \geq 0, \forall j \in J$$

$$z_j \in \{0, C_t\}, \forall j \in J \quad (10)$$

$$h_j, x_{S_j}, x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (11)$$

où  $\varrho = 1 - \alpha$  et  $\Phi^{-1}$  représente l'inverse de la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite. Une modélisation sous forme de Second-Order Cone Program du problème est ainsi obtenue. Ce problème est alors résolu par l'algorithme du point intérieur [2] en utilisant le solveur IBM ILOG CPLEX.

### Références

- [1] Ali Koc, Ihsan Sabuncuoglu, and Erdal Erel. Two exact formulations for disassembly line balancing problems with task precedence diagram construction using an AND/OR graph. *IIE Transactions*, 41(10) :866–881, August 2009.
- [2] Y. E. Nesterov and A. S. Nemirovski. *Interior-Point Polynomial Algorithms in Convex Programming*. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 1994.