



**HAL**  
open science

# Un système multi-agents pour la planification conjointe des activités de production et de maintenance prédictive

Ghita Bencheikh, Agnès Letouzey, Xavier Desforges

## ► To cite this version:

Ghita Bencheikh, Agnès Letouzey, Xavier Desforges. Un système multi-agents pour la planification conjointe des activités de production et de maintenance prédictive. 23ème congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, INSA Lyon, Feb 2022, Villeurbanne - Lyon, France. hal-03595437

**HAL Id: hal-03595437**

**<https://hal.science/hal-03595437v1>**

Submitted on 3 Mar 2022

**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.

# Un système multi-agents pour la planification conjointe des activités de production et de maintenance prédictive

Ghita BENCHEIKH, Agnès LETOUZEY, Xavier DESFORGES

Laboratoire Génie de Production, Université de Toulouse, INP-ENIT, 65016 Tarbes, France  
{ghita.bencheikh, agnes.letouzey, xavier.desforges}@enit.fr

**Mots-clés :** *Ordonnancement, gestion de production, maintenance prédictive, PHM.*

## 1 Introduction

Afin de réduire les conflits dans les systèmes de production, nous proposons un système multi-agent nommé « SCEMP » permettant la collaboration de deux fonctions souvent en désaccord par ce qu'elles partagent les mêmes ressources, il s'agit de la production et de la maintenance. SCEMP utilise des informations sur l'état de santé des ressources provenant du PHM pour réaliser une planification simultanée des tâches de production et de maintenance [2]. SCEMP est un système flexible qui offre aux différents agents la possibilité d'avoir leurs propres structure, contraintes, objectifs, méthode d'ordonnancement et capacité de prise de décision, de plus il est décentralisé pouvant ainsi être utilisé en cas d'entreprises en réseau.

## 2 Description du problème

Cette étude traite le problème d'ordonnancement job-shop sous contraintes d'éligibilités et de disponibilités. On considère un atelier composé de  $m$  machines,  $n$  ordres de fabrication ( $OF$ ) et  $k$  ressources de maintenance. Chaque  $OF_i$  est caractérisé par une séquence de tâches ( $TF$ ), une date de début au plus tôt  $R_i$  et une date de fin au plus tard  $D_i$ . Chaque  $TF$  est associée à une ou plusieurs activités précises. Chaque activité décrit un travail à réaliser (tournage, perçage, etc.) et a besoin pour être exécutée d'une fonctionnalité précise de la machine. Par conséquent, une  $TF$  ne peut être exécutée par une machine que si celle-ci possède toutes les fonctionnalités nécessaires pour réaliser toutes les activités qu'elle implique. La durée d'exécution  $p_{i,j}$  d'une  $TF_{i,j}$  dépend ainsi de la machine sur laquelle la tâche est exécutée et est calculée par l'équation  $p_{i,j,k} = \widehat{p}_{i,j} \times \max\{cap_{k,F}/F \in \Gamma_{i,j}\}$  (1).

$$p_{i,j,k} = \widehat{p}_{i,j} \times \max\{cap_{k,F}/F \in \Gamma_{i,j}\} \quad (1)$$

Avec,

$\widehat{p}_{i,j}$  : la durée opératoire estimée.

$cap_{k,F}$  : la performance de la machine pour réaliser la fonctionnalité  $F$ .

$\Gamma_{i,j}$  : les fonctionnalités requises par la tâche  $TF_{i,j}$ .

Les machines sont des systèmes complexes composées de plusieurs composants et plusieurs fonctions. Nous supposons que les machines sont sujettes à des maintenances prédictives et seules les défaillances progressives sont considérées. Les machines sont associées à des modules de PHM qui fournies des informations a propos des durées de vies résiduelles (RUL) des composants de la machine. Ces informations permettent ainsi de calculer une estimation de la durée de vie restante d'une fonctionnalité de la machine en suivant l'approche proposée dans l'article [3]. Ainsi, des tâches de maintenance préventive (TM) sont planifiées à l'avance afin d'augmenter la disponibilité des machines. Les TM sont exécutées par les mainteneurs qui, à leur tour, ont une liste de compétences leur permettant de réparer certains types de composants. Tout comme les  $TF$ , chaque tâche de maintenance  $TM_{i,j}$  ne peut être exécutée que par les mainteneurs disposant des compétences nécessaires pour réparer le composant en question. La planification des tâches de maintenance est également effectuée en fonction de la disponibilité des mainteneurs.

### 3 SCEMP

SCEMP est un système multi-agent hérité du modèle SCEP introduit par [1]. Il est à base de tableau noir qui correspond à l'agent environnement dans lequel les différents agents déposent et récupèrent les informations qui leurs sont nécessaires pour résoudre leurs propre sous-problème. En effet, cette division du problème en plusieurs sous-problèmes rend la méthode flexible en facilitant son adaptation aux changements qui peuvent survenir dans l'environnement. Chaque agent peut avoir ses propres caractéristiques, ses propres contraintes et objectifs à prendre en considération, ce qui est généralement le cas dans les systèmes de production.

#### 3.1 Description des agents

**Environnement** : Constitué d'un ensemble d'objets ayant tous la même structure. Chaque objet correspond à une tâche de production ou à une tâche de maintenance et est formé d'un triplet (PS, LP, PF), correspondant respectivement à la position souhaitée, la liste des propositions de position et à la position finale choisie pour la tâche en question.

**Client** : Associé à un ordre de fabrication OF, il contrôle la réalisation de l'OF en s'assurant que les contraintes de précédences sont respectées.

**Producteur** : Gère une machine. Il a accès à toutes les informations concernant son état de santé. Il est chargé d'ordonnancer les TF de sa liste en fonction de sa méthode d'ordonnancement tout en surveillant en permanence l'état de santé de sa machine.

**Mainteneur** : Gère une ressource de maintenance, il propose selon la disponibilité de sa ressource une date de début et de fin d'exécution pour chaque TM de sa liste.

**Superviseur** : Gère l'accès des agents à l'environnement.

#### 3.2 Principe de la méthode

La résolution du problème générale se fait à travers plusieurs itérations. Au début de chaque itération, le superviseur demande aux clients d'enregistrer sur l'environnement les TF à réaliser, puis donne accès aux agents producteurs pour les récupérer. Chaque producteur planifie les TF qu'il est capable de faire. D'après la prévision de l'état de santé de la machine sur un horizon de temps prédéfini, si à un moment la machine devient incapable d'exécuter une tâche, le producteur signale son besoin de maintenance sur les composants conduisant à la panne. Plusieurs mainteneurs traitent les différentes TM lancées par les producteurs et proposent une date de début et de fin de la réparation. Ensuite, chaque producteur accepte une seule proposition pour chaque ordre qu'il a lancé. Une fois les TM sont planifiés les producteurs poursuivent l'exécution de leurs tâches de production restantes. A la fin de cette phase, les producteurs enregistrent sur l'environnement leurs propositions pour chacune TF. Chaque client à ce stade valide les propositions qui réponds à son souhait.

#### 3.3 Références

- [1] Archimède, B., Coudert, T. (2001). Reactive scheduling using a multi-agent model: the scep framework. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 14: 5, 667–683. doi: 10.1016/S0952-1976(01)00025-2.
- [2] Bencheikh, G., Letouzey, A., and Desforges, X. (2018b). Scheduling of production and maintenance activities using multi-agent systems. In 2018 IEEE 23rd Inter135 BIBLIOGRAPHIE national Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), volume 1, pages 508–515. IEEE., doi: 10.1109/ETFA.2018.8502667
- [3] X. Desforges, M. Diévar, and B. Archimède, 'A prognostic function for complex systems to support production and maintenance co-operative planning based on an extension of object-oriented Bayesian networks', *Comput. Ind.*, vol. 86, pp. 34–51, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.compind.2017.01.002.