



HAL
open science

Approche heuristique pour la projection des encours de production (WIP) à capacité finie, application à l'industrie des semi-conducteurs

Emna Mhiri, Fabien Mangione, Mireille Jacomino, Philippe Vialletelle,
Guillaume Lepelletier

► To cite this version:

Emna Mhiri, Fabien Mangione, Mireille Jacomino, Philippe Vialletelle, Guillaume Lepelletier. Approche heuristique pour la projection des encours de production (WIP) à capacité finie, application à l'industrie des semi-conducteurs. 17ème conférence ROADEF Société Française de Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision, Feb 2016, Compiègne, France. hal-01450693

HAL Id: hal-01450693

<https://hal.science/hal-01450693>

Submitted on 31 Jan 2017

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.

Approche heuristique pour la projection des encours de production (WIP) à capacité finie, application à l'industrie des semi-conducteurs

Emna Mhiri¹, Fabien Mangione¹, Mireille Jacomino¹,
Philippe Vialletelle², Guillaume Lepelletier²

¹ Université Grenoble Alpes, G-SCOP, F-38000 Grenoble, France
{emna.mhiri,fabien.mangione,mireille.jacomino}@grenoble-inp.fr

² STMicroelectronics, F-38926 Crolles Cedex, France
{philippe.vialletelle,guillaume.lepelletier}@st.com

Mots-clés : *heuristique, projection, WIP, capacité finie, industrie des semi-conducteurs.*

1 Introduction

La projection des encours de production (Work In Progress (WIP) en anglais) est considérée comme une activité de planification de capacité. Son objectif est d'établir un planning de production réalisable sur un horizon de planification à moyen terme. Elle consiste à estimer les dates de début, les temps d'attente et les dates de fin pour les différentes tâches restantes du WIP ainsi que la charge accumulée sur les équipements sur chaque période de l'horizon de planification.

Dans cette étude, le problème de projection du WIP est considéré dans l'une des industries les plus complexes, la fabrication des circuits intégrés.

La fabrication des semi-conducteurs peut être décomposée en deux grandes phases : le Front End et le Back End. Le Front End (FE) correspond à la fabrication des puces sur la plaquette de silicium et le Back End (BE) correspond à l'assemblage, le test final et la livraison des circuits intégrés.

Nous nous concentrons sur la première phase de production. Cette phase est caractérisée par un processus de fabrication complexe composé généralement de plus de 200 opérations et de 1100 steps (tâches élémentaires). Ces derniers sont exécutés sur des machines ayant différents modes de fonctionnement. Les flux de production de semi-conducteurs sont de type ré-entrant, i.e. les plaquettes visitent les mêmes machines plusieurs fois [6].

Dans la littérature, peu sont les travaux traitant le problème de projection du WIP dans l'industrie des semi-conducteurs [1, 2, 3, 4]. Le travail présenté ici propose un algorithme de projection du WIP qui tient compte des dates d'échéance de livraison des lots et des contraintes de capacité des machines.

L'efficacité et la performance de l'heuristique développée sont évaluées par des tests en utilisant les données réelles de l'usine de fabrication de STMicroelectronics à Crolles.

2 Description de l'algorithme heuristique

L'approche heuristique est basée sur un algorithme itératif par période de l'horizon de planification. Cet algorithme est composé de deux modules principaux : (1) la projection du WIP à capacité infinie et (2) l'équilibrage de la charge des équipements en fonction de leurs capacités. Chacun de ses modules est présenté en détails dans les sections suivantes. Les données d'entrée pour ce système sont les dates d'échéance (due dates) des lots, la position et la quantité du WIP au début de chaque période de projection, les données de processus de fabrication (séquence de fabrication, steps, temps de process,...), le modèle de temps de cycle et le modèle

des équipements (disponibilité, qualifications, capacité, temps d'arrêt,...). La figure 1 présente le diagramme des flux de l'algorithme proposé.

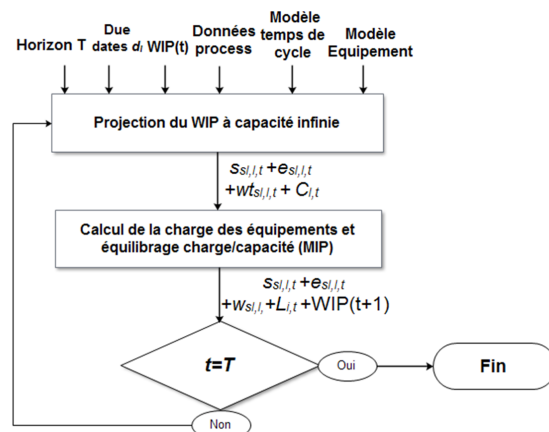


FIG. 1 – Algorithme de projection du WIP à capacité finie.

2.1 Projection du WIP à capacité infinie

Dans cette étape de planification, le WIP est projeté à capacité infinie à partir d'une période t jusqu'à la fin de l'horizon de planification. Le principe de cet algorithme est illustré dans [4]. A partir de ce module, on détermine les dates de début $s_{s_l,t}$, les temps d'attente $wt_{s_l,t}$ et les dates de fin $e_{s_l,t}$ des steps restants du WIP. Les dates de fin des lots projetés, sur la période t , $C_{l,t}$ sont aussi extraites à partir des résultats de projection. La variable $C_{l,t}$ est égale au minimum entre la due date du lot et la date de fin du dernier step du lot projeté pendant la période t . En plus, les steps projetés sur la période t sont identifiés.

2.2 Equilibrage charge/capacité des machines

Ce module consiste à refaire la projection des steps projetés pendant la période t à capacité infinie tout en considérant les contraintes de capacité. Pour ce faire, un programme linéaire mixte (MIP) est proposé dont la fonction objectif est de minimiser la somme des retards pondérés des lots. Ainsi, la résolution du MIP permet de mettre à jour les variables $s_{s_l,t}$, $wt_{s_l,t}$ et $e_{s_l,t}$ des steps restants du WIP et de déterminer la charge accumulée sur les équipements $L_{i,t}$ tout en respectant les contraintes de capacité. Elle permet aussi d'identifier le WIP à projeter pour la prochaine période.

Ces deux étapes sont répétées jusqu'à atteindre la fin de l'horizon de planification. L'algorithme de projection a été développé en JAVA en utilisant la librairie du solveur CPLEX pour résoudre le MIP. Il a été testé en utilisant les données réelles de l'usine 300mm de STMicroelectronics à Crolles. Il prend environ 1 heure et 30 minutes pour projeter plus de 2000 lots de 200 à 300 steps pendant un horizon de 5 semaines.

3 Conclusions et perspectives

Dans ce papier, un système de projection du WIP à capacité finie est présenté. La spécificité de ce système par rapport à l'existant est la considération des dates d'échéance de livraison et les contraintes de capacité des machines ainsi que l'application à l'industrie des semi-conducteurs. Bien que cet outil permette d'obtenir un planning de production réalisable en utilisant les données réelles, il ne satisfait pas l'objectif en terme de temps de calcul (5 minutes au maximum). Une autre méthode approchée est développée [5] ayant des performances similaires, en termes de qualité de solution, par rapport à l'heuristique présentée dans ce papier, mais il s'avère qu'elle est plus efficace au point de vue rapidité d'exécution.

Comme perspective à ce travail, il est intéressant d'intégrer d'autres contraintes de processus de fabrication des semi-conducteurs pour s'approcher davantage du cas réel. Parmi ces

contraintes, on cite les contraintes de traitement par batches i.e. le traitement de plusieurs lots sur une machine simultanément.

Références

- [1] Govind Nirmal and David Fronckowiak. Setting performance targets in a 300mm wafer fabrication facility. *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop* : 75–79, 2003.
- [2] Kim Jong Soo and Robert C Leachman. Decomposition method application to a large scale linear programming WIP projection model. *European Journal of Operational Research*, 74 (1) :152–160, 1994.
- [3] Lee Youngsu , Sooyoung Kim, Seunghee Yea, and Bokang Kim. Production planning in semiconductor wafer fab considering variable cycle times. *Computers Industrial Engineering*, 33(3-4) :713–716, 1997.
- [4] Mhiri Emna, Mireille Jacomino, Fabien Mangione ,Philippe Vialletelle, and Guillaume Lelapetier. Prise en compte des priorités des lots pour la projection des encours de production dans l’industrie des semi-conducteurs. *ROADEF2015*, Marseille, 25–27 Février 2015.
- [5] Mhiri Emna, Mireille Jacomino, Fabien Mangione ,Philippe Vialletelle, and Guillaume Lelapetier. Finite capacity planning algorithm for semiconductor industry considering lots priority. *INCOM2015*, Ottawa-Canada, 48(3) :1598–1603, 2015.
- [6] Mönch Lars, John W Fowler, and Scott J Mason. *Production Planning and Control for Semiconductor Wafer Fabrication Facilities : Modeling, Analysis, and Systems*, 2013.