

Mise en place d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des tunnels de contraintes temporels

Alexandre Lima^{1,2}, Valeria Borodin¹, Stéphane Dauzère-Pérès¹, Philippe Vialletelle²

¹ Ecoles des Mines de Saint-Etienne, SFL, F-13541 Gardanne, France

{dauzere-peres, valeria.borodin}@emse.fr

² ST MICROELECTRONICS, F-38926 Crolles, France

{alexandre.lima, philippe.vialletelle}@st.com

Mots-clés : *gestion de la production, aide à la décision, ordonnancement, semi-conducteur.*

1 Introduction

Cette communication a pour but de décrire un système d'aide à la décision pour la gestion des tunnels de contraintes temporels -TCTs- mis en place dans une unité de fabrication de semi-conducteurs faisant de nombreuses gammes de produits avec des faibles volumes. Dans ce type d'unité plusieurs centaines de gammes sont produites à la fois, chacune avec son lot de contraintes de temps à respecter. Le but de l'outil est donc de construire un jeu d'informations permettant à la fois la gestion de ces contraintes du point de vue opérationnel mais aussi par la suite une extension à des approches prédictives sur les chances de sortie à temps d'un lot d'un tunnel de contraintes. Nous présenterons ici la composante prédictive de l'outil mis en place.

2 Description de l'outil d'aide à la gestion des TCTs

Le domaine des semi-conducteurs est un domaine très concurrentiel, en évolution perpétuelle et qui subit une pression constante pour la réduction des coûts de production. Dans ce milieu le rendement des plaques de silicium –ou wafers- sur lequel sont fabriqués jusqu'à plusieurs milliers de puces est une donnée critique de la production. Celui-ci va être fortement impacté par des réactions de surface survenant entre les étapes du process. On définit donc des limites de temps à respecter, des contraintes afin de garantir un rendement constant. Celles-ci sont devenues de plus en plus nombreuses avec l'évolution des technologies. Pour les technologies les plus fines elles vont jusqu'à s'enchaîner et se chevaucher formant de véritables tunnels de contraintes (CF FIG.1). On définit ainsi un tunnel de contrainte par une étape de début, de fin, et un ensemble de contraintes à respecter. Chaque étape du tunnel est recouverte par au moins une contrainte.

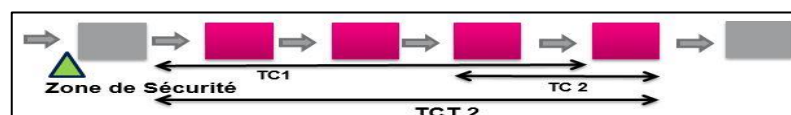


FIG. 1 - Modélisation d'un tunnel de contraintes temporelles

Dans l'unité étudiée la gestion de ces contraintes est essentiellement manuelle avec peu d'outils existants pour aider à cette gestion. Cette gestion est source d'erreur, donc de pertes de rendements. Nous avons donc mis en place un outil permettant améliorant la gestion des contraintes et voulons à terme aller vers l'automatisation de la gestion de celles-ci en utilisant une approche prédictive.

L'approche adoptée pour cette composante prédictive repose sur le problème d'ordonnement associé au passage d'un lot dans un tunnel de contrainte. Il s'agit de prendre en compte l'encours dans le tunnel pour déterminer s'il existe des ordonnancements permettant une sortie à temps du lot évalué. La résolution de ce problème n'est cependant pas simple, il s'agit d'un job shop flexible avec flux réentrants et fenêtres de temps. La modélisation de fenêtres de temps multiples non disjointes dans ce contexte n'a pas à notre connaissance été étudiée en détail dans la littérature. On retrouve souvent des hypothèses simplificatrices telles que la limitation des contraintes à deux étapes consécutives et pas de chevauchement comme dans [2]. [1] présente cependant des travaux avec une modélisation des contraintes de temps adaptées au milieu du semi-conducteur. Nous nous appuyons donc sur les travaux de [1] et y contribuons par l'optimisation de l'algorithme présenté en intégrant des contraintes industrielles qui n'avaient pas encore été considérés et de nouvelles métriques d'évaluation.

L'algorithme décrit repose sur une modélisation en graphe orienté des couples lot-étape du process. Chaque nœud représente une étape du process et des contraintes de précédence modélisent le chemin du lot sur sa route ainsi que l'enchaînement des lots sur les machines. On assigne une date de début et de fin à tous les nœuds du graphe en les sélectionnant aléatoirement parmi une liste de nœuds disponibles en respectant les contraintes de précédence jusqu'à obtenir un ordonnancement faisable. Le plus long chemin dans le graphe depuis un nœud jusqu'à un autre pour un même lot nous donne le temps de cycle entre deux étapes de sa gamme (cf. FIG. 2). On peut ensuite évaluer ces temps et les comparer aux contraintes de temps. En répétant l'opération un grand nombre de fois on obtient des probabilités de sorties à temps pour chaque couple lot - contrainte. Il est ensuite possible de prendre une décision en fonction de celles-ci. Notre contribution consiste en l'intégration de la gestion de priorités variables pour les lots et de métriques d'évaluation supplémentaires tel que le step le plus bottleneck, le chemin critique, etc. et l'analyse de celles-ci. Nous présenterons les résultats dans la communication complète et les comparerons avec les données réelles constatées.

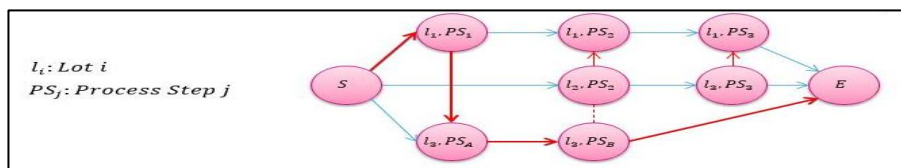


FIG. 2 - Modélisation des couples lot-étape sous forme de graphe orienté conjonctif

3 Conclusions et perspectives

Un premier outil mis en place permet de détecter les interruptions de flux de lots dans les tunnels. Cet outil a permis d'entamer un changement dans la façon dont les tunnels sont gérés dans l'unité de production. L'algorithme a également été intégré à l'outil de production et bien qu'encore en test les premiers résultats sont encourageants. Si l'application traitée ici est spécifique, l'algorithme utilisé se veut générique et pourrait être utilisé pour d'autres problèmes d'ordonnement. Nous sommes confiants que nous pourrions poursuivre notre démarche et atteindre une automatisation de la gestion de ces contraintes par la suite.

Références

- [1] R. Sadeghi S. Dauzère-Pérès, C. Yugma and G. Lepelletier. "Production Control in Semiconductor manufacturing with Time Constraints", 2015 26th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC), 29-33, 2015.
- [2] S.F. Attar, M. Mohammadi, R. Tavakkoli-Moghaddam, S. Yaghoubi. "Solving a new multi-objective hybrid flexible flowshop problem with limited waiting times and machine sequence-dependent set-up time constraints", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 27:5, 450-469, 2014.