

# Méthodes de décomposition pour un problème d'ordonnancement en fabrication de semi-conducteurs

André Rossi et Claude Yugma

Décembre 2017

## Contexte et résumé du sujet

Ce sujet de stage de fin d'études de master (ou d'école d'ingénieur) orienté recherche opérationnelle et informatique, vise à proposer des méthodes de décomposition pour l'ordonnancement des moyens de production dans l'industrie de fabrication des semi-conducteurs. Ce secteur d'activité se caractérise par un contexte économique très particulier, un cheminement complexe (ré-entrant) des produits dans l'atelier de production, et de nombreuses contraintes technologiques spécifiques, comme la qualification des équipements dont le maintien est très onéreux. On se propose de développer des méthodes de décomposition (basées sur la reformulation de Benders) afin de prendre en compte l'aspect décisionnel multi-niveaux de ces problèmes, pour produire des ordonnancements optimaux, ou approchés. Ces méthodes, qui combinent programmation mathématique et métathéuristiques relèvent des *matheuristiques*.

Ce sujet vise à relever le défi de l'ordonnancement des ateliers de production dédiés à la production de circuits intégrés, dans le contexte particulier dit "high mix low volume", où des produits très différents doivent être fabriqués dans une même unité de production, en quantités relativement faibles. Cependant, les moyens de production dans le secteur des semi-conducteurs sont très onéreux (une machine de photolithographie peut coûter plusieurs dizaines de millions d'euros), produisent des puces électroniques dont le prix de vente unitaire est très bas, et sont rapidement obsolètes en raison des progrès constants en matière de miniaturisation et de basse consommation que connaît la technologie des semi-conducteurs. Afin que cette activité de production demeure soutenable, il est impératif d'exploiter au mieux les équipements. L'ordonnancement de la production est un problème particulièrement difficile, en raison du très grand nombre d'étapes dans la gamme de fabrication des produits (qui doivent souvent visiter plusieurs fois le même atelier), de la grande variété des produits demandés par les clients, des délais de livraison, et de l'impact en cascade des retards ou imprévus sur les performances de l'unité de production. Améliorer, même modestement, l'ordonnancement d'un atelier de production critique (car il constitue un goulet d'étranglement dans le flux des produits) peut conduire à des gains substantiels en libérant du temps sur des équipements sur-chargés. Une autre particularité de ce domaine est la présence de contraintes de qualification : on dit qu'un équipement est qualifié pour un produit s'il est capable de participer à sa fabrication. Or qualifier un équipement pour un produit résulte d'un processus de réglage coûteux en temps et en matière, et cette qualification est perdue si l'équipement ne fabrique aucun produit en question pendant une certaine durée. Il est donc d'usage d'introduire des tâches fictives ayant pour seul but de maintenir la qualification d'un équipement pour un produit, lorsque l'on sait que ce produit devra être fabriqué dans un futur plus ou moins proche. Il convient

donc de trouver un compromis entre le temps perdu consacré à maintenir une qualification, et le coût de requalification d'un équipement. Le présent projet se donne pour objectif d'apporter des réponses exactes et approchées à ce problème d'ordonnement difficile.

## Travail attendu

Il existe des métaheuristiques pour ce problème d'ordonnement [1], mais aussi des méthodes exactes basées sur la programmation linéaire en nombres entiers [2]. Le candidat retenu devra développer une décomposition de Benders, qui distingue des « variables compliquantes », telles que si ces variables sont connues, alors il est « relativement facile » de déterminer la valeur optimale des autres variables. Nos résultats préliminaires sur ce problème ont montré le potentiel de la décomposition de Benders dans ce contexte, et nous souhaitons en explorer les performances plus systématiquement, en définissant éventuellement de nouvelles coupes en recourant à l'aide de métaheuristiques comme dans [3].

## Aspects pratiques

- Le stage dure 6 mois, de février à juin 2018.
- Les candidat(e)s intéressé(e)s sont prié(e)s de bien vouloir adresser leur relevé de notes du premier semestre (à défaut, leurs notes de première année de master) à :
  - `andre.rossi@univ-angers.fr`
  - `yugma@emse.fr`
- Le/la stagiaire sera basé(e) au LERIA, à l'Université d'Angers. Il/elle bénéficiera d'une mission d'une semaine à Gardanne, afin de travailler avec l'équipe Science de la Fabrication et Logistique (SFL).
- De bonnes capacités d'analyse, de modélisation et de codage en C et/ou C++ sont requises
- Une poursuite en thèse est envisageable.
- Rémunération : un tiers du SMIC par mois.

## Références

- [1] C. Yugma, S. Dauzère-Pérès, C. Artigues, A. Derreumaux and O. Sibille (2012), A batching and scheduling algorithm for the diffusion area in semiconductor manufacturing, *International Journal of Production Research*, Vol.50, No.8, 2118-2132
- [2] A. Obeid, S. Dauzère-Pérès and C. Yugma (2014), Scheduling job families on non-identical parallel machines with time constraints, *Annals OR*, Vol 2013, No. 2, 221-234.
- [3] A. Singh, A. Rossi, M. Sevaux, Matheuristic approaches for Q-coverage problem versions in wireless sensor networks, *Engineering Optimization*, 45 (5), pp.609-626, 2013.