

# Aide à la décision pour la localisation de stockeurs de réticules dans une unité de production de semi-conducteurs

Ali Ben-Salem<sup>1,2</sup>, Claude Yugma<sup>1</sup>, Jacques Pinaton<sup>2</sup>, Emmanuel Troncet<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ecole des Mines de Saint-Etienne, CMP - Site Georges Charpak, Gardanne, 13541, France  
{ali.bensalem, claude.yugma}@emse.fr

<sup>2</sup> STMicroelectronics Rousset, 190 Avenue Coq Monnet, F-13106 Rousset, France  
{emmanuel.troncet, jacques.pinaton}@st.com

**Mots-clés :** *simulation, semi-conducteurs, réticule, stockage.*

## 1 Introduction

La fabrication de puces électroniques sur des plaquettes de silicium (« *wafers* ») est l'un des processus les plus complexes dans l'industrie de semi-conducteur pour plusieurs raisons telles que par exemple le nombre d'opérations à effectuer et la nature réentrante des flux de production. Les unités de fabrication de semi-conducteurs (« *fab* »), en particulier celles travaillant avec des « *wafers* » de diamètre 200mm, ont été conçues et optimisées pour produire du fort volume avec une faible variété de produits (*High Volume-Low Mix* « *HV-LM* »). Une « *fab* » est divisée en plusieurs ateliers (photolithographie, gravure, etc.) où les « *wafers* » effectuent les différentes opérations. Après l'évolution dans le domaine de semi-conducteur du « *HV-LM* » vers « *LV-HM* », ces anciennes (« *legacy* ») « *fabs* » nécessitent une modernisation afin de rester rentables et compétitives face à un marché toujours plus concurrentiel. C'est pourquoi plusieurs approches ont été adoptées pour augmenter la standardisation et optimiser la production avec par exemple l'intégration d'un système de manutention automatisée (*Automated Material Handling System* « *AMHS* » [1]).

Dans ce cadre, la mise en place d'un « *AMHS* » est en cours d'étude pour la modernisation d'une « *fab* » 200mm de *STMicroelectronics Rousset*. Un « *AMHS* » à base de rails au plafond (*Overhead Hoist Transport* « *OHT* ») et une flotte de véhicules qui assurent le transport et le stockage des réticules est étudié pour équiper un atelier critique, appelé photolithographie. La conception et l'optimisation du système ont été abordées dans [2]. Dans ce travail, nous nous focalisons sur l'atelier de photolithographie et nous nous intéressons à l'utilisation d'une ressource auxiliaire, appelée « réticule ». Un réticule est un masque qui comporte le type (schéma ou motif) de circuit intégré à transférer sur la puce. Le réticule est indispensable à une opération (étape) de photolithographie. Ces ressources auxiliaires sont en général uniques et coûtent très cher. Le nombre de réticules utilisés dépend des opérations et des produits à traiter.

Dans cet article, nous proposons de déterminer par simulation la meilleure stratégie de positionnement des stockeurs de réticules dans la zone de photolithographie en fonction du flux de production. Peu de travaux de la littérature abordent ce type d'étude. La stratégie de positionnement proposée ne doit, en aucun cas, dégrader les indicateurs de performances de la production. Le fait de coupler ces derniers indicateurs avec ceux du « *AMHS* » (trafic des véhicules, temps de livraison) est parmi les principales contributions de cette étude.

## 2 Stratégie de stockage de réticules dans l'atelier photolithographie

## 2.1 Approche de simulation

Un modèle de simulation a été développé sous le logiciel « Anylogic 7 ». Le modèle est alimenté par des données industrielles. Différentes stratégies de localisation des stockeurs de réticules ont été évaluées selon des indicateurs de performance liés au trafic des véhicules et à la mission de livraison des réticules. Cinq emplacements possibles ont été définis pour recevoir les trois stockeurs. La Figure (1) présente les cinq configurations proposées.

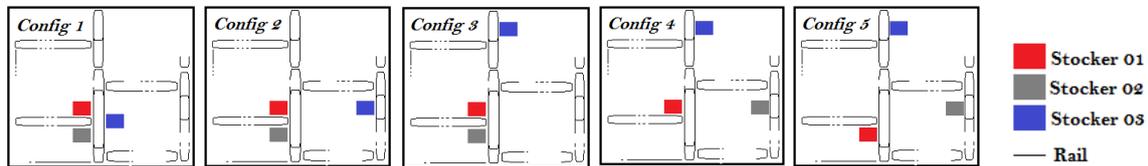


FIG. 1 – Différentes configurations de localisation des stockeurs

Selon la localisation des stockeurs, nous pouvons distinguer trois stratégies de stockage : centralisée (*Config. 1*), partiellement distribuée (*Config. 2 et 3*) et distribuée (*Config. 4 et 5*). Dans toutes ces configurations, une affectation aléatoire des réticules dans les stockeurs a été considérée.

## 2.2 Résultats et analyses

Les résultats des simulations ont montré que la stratégie de localisation a un effet direct sur la performance du « AMHS », et par la suite sur la performance du processus de photolithographie. Pour une politique de stockage centralisée (*config. 1*), un gain en temps moyen de livraison a été constaté comparé à la stratégie distribuée et partiellement distribuée. Cependant, cette stratégie provoque beaucoup de trafic au niveau des rails du milieu. En considérant plutôt une stratégie partiellement distribuée (*config. 2 et 3*), le trafic est allégé de façon générale, et en particulier au niveau des rails du milieu. Par contre, une augmentation du temps de livraison a été constatée. En adoptant une stratégie totalement distribuée (*config. 4 et 5*), nous avons obtenu une meilleure répartition du trafic de véhicules sur les rails dans l'atelier. Malgré la dégradation du temps moyen de livraison de réticules, cette configuration permet de mieux répartir le risque sur l'ensemble des rails en cas d'indisponibilité d'une portion (une panne d'un véhicule et intervention au voisinage).

## 3 Conclusion et perspectives

Grâce à cette étude, nous avons pu orienter le choix de l'entreprise vers une stratégie distribuée de stockage des réticules (*config 5*) dans l'atelier photolithographie. La décision est prise sur la base des avantages de cette stratégie en termes de réduction du trafic et de répartition du risque sur l'ensemble du réseau. Malgré la faible perte en temps de livraison comparativement aux autres stratégies, les résultats ont confirmé que la solution distribuée ne peut pas dégrader les performances du processus de production dans cet atelier. La prochaine étape est d'aborder la problématique d'affectation des réticules entre les stockeurs et à l'intérieur même d'un stockeur.

## Références

- [1] Koo, P. H., Jang, J., & Suh, J. (2005). Vehicle dispatching for highly loaded semiconductor production considering bottleneck machines first. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 17(1), 23-38.
- [2] Ben-Salem, A., Yugma, C., Troncet, E., & Pinaton, J. (2016, May). AMHS design for reticles in photolithography area of an existing wafer fab. In *27th Annual IEEE SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)*, 2016 (pp. 110-115).