

# Analyse par simulation d'une chaîne de production automobile multi-produit avec différenciation retardée

Xavier Fournier<sup>1</sup>, Bruno Agard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>École Polytechnique de Montréal, Département de mathématiques et de génie industriel, C.P. 6079, succ. Centre-ville, Montréal (Québec) H3C 3A7 – Canada  
[xavier.fournier@polytechnique.org, bruno.agard@polymtl.ca]

---

**RÉSUMÉ :** Cet article présente un modèle de simulation permettant de traiter le problème de reséquencement de véhicules d'une chaîne multi-produits. En considérant une liste initiale séquencée, on modélise le problème en trois ateliers: ferrage, peinture et montage, précédés de stocks tampons. Les deux premiers stocks permettent de cadencer la séquence en fonction des contraintes de l'atelier aval. Le dernier stock tente de retrouver la liste initiale ordonnée pour répondre aux contraintes de production synchrone. L'article montre l'intérêt de l'introduction de la différenciation retardée dans la chaîne de production.

**MOTS-CLÉS :** reséquencement, préséquencement, chaîne multi-produits, simulation, différenciation retardée

---

## 1. Introduction

En quelques années, les marchés ont fondamentalement changé: ils sont de plus en plus segmentés et turbulents, des incertitudes naissent sur les volumes, la date et l'endroit des commandes, avec une diversité de plus en plus accrue. Les marchés sont devenus globaux, l'unification européenne en est un très bon exemple, avec la libéralisation, l'élimination de barrières dans le domaine des transports, des frontières fiscales et le développement de l'informatique. Dans un contexte de juste-à-temps, les lignes d'assemblage multi-produits permettent alors de mieux répondre à la demande diversifiée des clients. Pour éviter un arrêt de la chaîne qui pourrait coûter très cher, il faut tenir compte des contraintes des ateliers et des différents processus qui peuvent présenter des temps d'exécution différents. Il est donc important de trouver la façon de produire qui satisfait au mieux les capacités de production.

Deux méthodes sont employées: l'équilibrage de la ligne et l'ordonnement. La première rend possible la fabrication des volumes prévisionnels. Nous supposons que la ligne est correctement équilibrée dans la suite. Nous nous intéresserons alors à la deuxième, l'ordonnement, qui détermine la séquence des items à produire, en prenant un exemple souvent étudié pour sa complexité: l'usine automobile. Une séquence optimale permet de respecter les contraintes d'usine, de lisser la charge de travail et de synchroniser les flux de constituants. Elle peut s'obtenir de deux manières: par le séquencement, qui tente d'ordonner jour par jour les items produits, ou par le cadencement qui permet de réordonner les flux de véhicules à l'aide de stocks entre les différents ateliers. Mais il est également possible de retarder l'affectation des différentes options de chaque véhicule. On parle alors de différenciation retardée.

La section 2 présentera un état de l'art de ces différents problèmes. Un modèle de simulation de séquencement en usine automobile sera ensuite développé en section 3. Puis la section 4 montrera dans quelle mesure la différenciation retardée apporte des améliorations dans ce problème précis. La dernière section conclura cette étude.

## 2. Revue de littérature

Dans la littérature relative au séquençement, différentes pistes ont été prises. En considérant que l'ordre des produits reste le même tout au long de la chaîne, les premiers articles étudient le séquençement en fonction de différents objectifs. Kubiak (1993) formalise les problèmes en deux catégories qui correspondent soit au nivellement de la charge de travail sur chaque station de la ligne (problème PRV : Product Rate Variation), soit à la minimisation de la variation des taux d'utilisation de chaque pièce (problème ORV : Output Rate Variation). Différents algorithmes ont été proposés pour résoudre ces problèmes : par exemple (Bautista, 2000) et (Karabati, 2003) pour le problème PRV et (Miltenburg, 1989) et (Ding, 1993) pour le problème ORV.

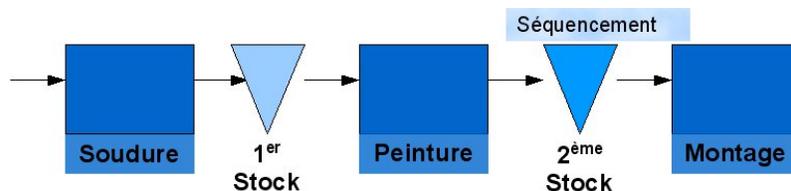
Kim et al. (2003) ajoutent un troisième objectif: minimiser les temps de changements de production. Duplaga et al. (1996) décrivent une approche de séquençement d'une usine de multi-produits utilisée par Hyundai Motor Company, afin de minimiser les délais de production. Kotani et al. (2004) tentent de garder un taux constant d'utilisation des pièces dans chaque station de travail et de minimiser le temps total d'arrêt de la chaîne.

Les problèmes de séquençement automobile traitent de chaînes de montage multi-modèles. Ils prennent en compte les contraintes des ateliers de montage comme précédemment, mais aussi des contraintes d'ateliers comme la peinture ou le ferrage, antagonistes à celles du montage. Ce problème a été introduit par Parrello et al. (1986) (qui ont formulé des contraintes d'espacement au montage, en termes de ratios). Les deux objectifs cités précédemment sont traités simultanément avec le regroupement des véhicules en rafales pour la peinture et le ferrage. Kis (2004) montre que ce problème est de classe non polynômiale.

Bolat (1994) modélise une chaîne d'assemblage automobile sans stock tampon entre les postes de travail pour déterminer un séquençement journalier. Giard et al. (2004a) traitent également ce problème et donnent une très bonne revue de littérature du problème de séquençement. Bergen et al. (2001) étudient le séquençement pour une période d'un mois en considérant des contraintes dures, inviolables, et des contraintes douces, dont la violation entraîne un certain coût. Nguyen (2004) présente la problématique associée à la planification et à l'ordonnancement de la production dans les usines de carrosserie-montage de Renault (avec respect de la capacité des fournisseurs, limitation des modifications d'ordres et optimisation des coûts des différents ateliers). Les véhicules sont tout d'abord placés dans une journée de fabrication, ensuite chaque journée est ordonnancée. Hindi et al. (1994) cherchent comment choisir un ensemble de véhicules à produire, dans une période de planification, et ensuite séquençent les véhicules de cette période. So (1990) introduit des petites variations du temps des processus et développe une étude d'absorption de ces variations dans la chaîne.

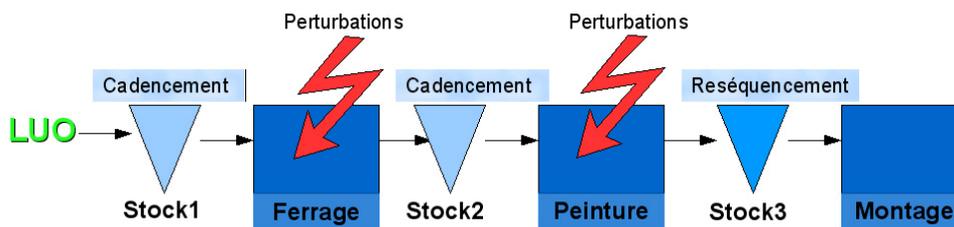
D'autres articles considèrent que l'ordre des produits peut être modifié tout au long de la chaîne, il s'agit des problèmes de reséquencement. Il y a deux possibilités. Soit il s'agit d'une modification volontaire entre deux ateliers pour satisfaire les contraintes de l'atelier aval. Soit il s'agit d'une perturbation au niveau d'un atelier. Ces changements d'ordre des véhicules peuvent créer de nombreux problèmes sur la ligne, on tente alors de les contrer.

Guerre-Chaley et al. (1995) modélisent la production de véhicules d'une usine de Citroën (Cf Figure 1). Les véhicules sont pré-séquencés avant la soudure, puis il y a entre les ateliers des stocks tampons permettant de changer l'ordre des véhicules d'un atelier à l'autre. Le stock après la peinture permet de reséquencer les véhicules pour minimiser la violation des contraintes de montage et maximiser le nombre de véhicules arrivant au moment prévu. Un algorithme de séquençement est étudié par simulation à partir de données réelles.



**Figure 1.** Modélisation d'une chaîne automobile par Guerre et al. (1995)

Danjou et al. (1999) présentent une méthodologie d'analyse de la robustesse de ce type de lignes de production avec des données de Renault. Lahmar et al. (2003) considèrent un problème de reséquencement rencontré dans une usine de camions Ford. Baratou (1998) et Bernier (2000) ont élargi l'étude des stocks tampons entre les ateliers (Cf Figure 2).



**Figure 2.** Modélisation d'une chaîne d'assemblage par Bernier (2000) et Baratou (1998)

On considère trois ateliers, dans l'ordre: le ferrage, la peinture et le montage. Des stocks tampons avant le ferrage et la peinture permettent de cadencer la séquence de production, alors que le stock précédent le montage tente de réordonner celle-ci pour retrouver l'ordonnancement initial, la liste unique ordonnancée (LUO); on parle de reséquencement. Baratou (1998) propose une méthode combinée de recuit simulé et recherche par faisceaux pour le séquencement dans des environnements chaotiques. Il présente également une étude de l'organisation des stocks tampons à accès direct ou à tiroirs et introduit la notion de métrique de séquence permettant de choisir le véhicule à lancer de façon prioritaire.

Bernier (2000) a également utilisé des données de PSA Peugeot-Citroën. Il développe la question de reséquençabilité. Il montre par simulation d'une usine sans contraintes qu'il n'est pas possible de retrouver la liste initiale, il redéfinit alors l'objectif de reséquençabilité d'une manière plus permissive avec une avance maximale à ne pas dépasser et un retard maximal pouvant être dépassé jusqu'à une valeur maximum. Après l'étude de cas théoriques, il étudie la mise en œuvre dans une usine terminale en simulant cette dernière avec contraintes. La méthode proposée permet de calculer les objectifs minimaux à atteindre en tout point de l'usine pour respecter (selon l'objectif défini) la liste initiale en entrée de montage.

Dans les articles précédents, les produits sont définis à leur entrée de la ligne d'assemblage. Il est cependant possible d'utiliser des pièces communes pour ensuite personnaliser les véhicules à des points de différenciation. Si on tente de repousser au plus tard ces points on parle alors de différenciation retardée. La différenciation retardée permet d'accroître la flexibilité et de raccourcir le temps de mise à disposition. En réduisant la variété des composants et des procédés on diminue les coûts: il s'agit de fournir la diversité sans trop diversifier les processus de fabrication. Cette notion a été introduite dans la littérature par Alderson (1950).

À l'échelle globale, Hoek et al. (1999b) détaillent les processus de changement de management associés à une stratégie d'implémentation de la différenciation retardée. L'importance relative de la différenciation retardée par rapport aux pratiques en management de chaînes d'approvisionnement est également développée par Li et al. (2005).

À l'échelle locale, des articles développent les bénéfices apportés au sein d'une usine par l'implémentation de la différenciation retardée. Swaminathan et al. (1999) présentent un modèle permettant de quantifier les bénéfices opérationnels apportés par l'intégration du design et des opérations dans un contexte de différenciation retardée. Le but est de concevoir une séquence d'assemblage d'un produit et de déterminer le type et le niveau d'inventaire de produits semi-finis permettant la différenciation retardée.

Ernst et al. (2000) introduisent un cadre conceptuel pour évaluer les chaînes d'assemblage dans le contexte de conception modulaire et de différenciation retardée. Ils quantifient l'impact économique de l'emploi des différentes structures. Les limites de différentes mesures de la performance d'une chaîne d'approvisionnement sont énoncées par Beamon (1999).

Garg et al. (1997) étudient l'impact de la différenciation retardée sur un système de distribution à 3 niveaux. Ils déterminent pour des modèles proposés quel point de différenciation retarder afin de minimiser l'inventaire de produits finis. Krajewski et al. (2004) présentent une étude de quelques cas traitant de la relation entre un fabricant et ses fournisseurs. Ils développent les stratégies de réponse des fournisseurs à une variation de la demande du fabricant à court terme. Giard et al. (2004b) traitent de la synchronisation des processus productifs dans une chaîne logistique. Il s'agit de la coordination en temps réel du fonctionnement de plusieurs systèmes: on parle d'approvisionnement synchrone. Le fournisseur reçoit quelques dizaines d'heures en avance les informations lui permettant de produire ce qui est demandé. Ceci peut être amélioré grâce à la modification du point de pénétration de commande en différenciation retardée.

### 3. Modélisation du problème

#### 3.1. Modélisation de la liste de véhicules à produire

La chaîne présentée en Figure 2 est modélisée sous Matlab. Pour chaque véhicule seul deux caractéristiques auront une influence: le type de carrosserie et la couleur de la peinture. Les caractéristiques liées au montage n'interviendront pas. La liste initiale LUO sera supposée correctement séquencée, l'objectif est de retrouver la liste initiale le mieux possible en entrée du montage. On modélise la liste des véhicules séquencés à produire par un tableau (Tableau 1) à trois lignes décrivant les deux caractéristiques énoncées et la position dans la LUO.

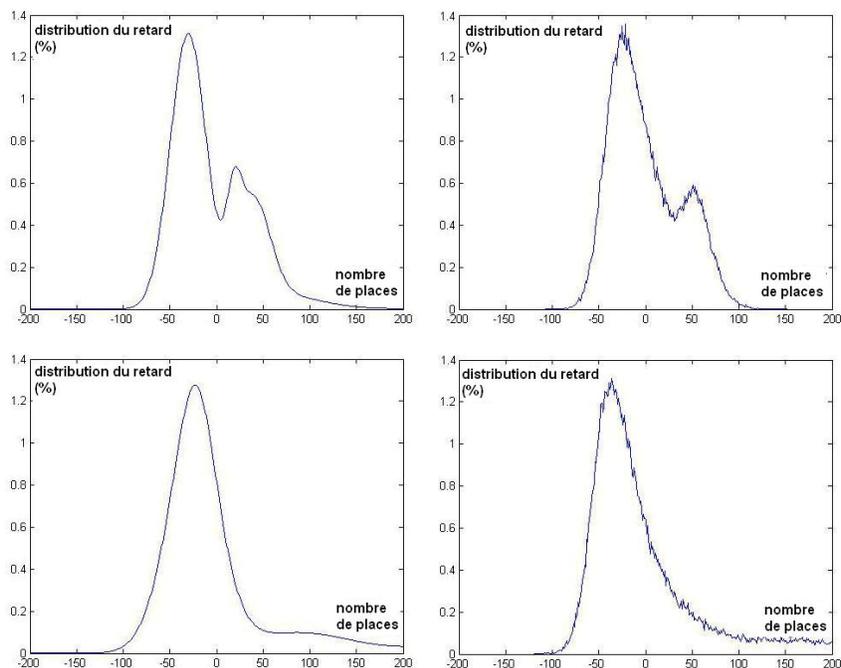
Position initiale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Carrosserie	6	3	7	1	5	8	9	2	10	4	3	8	1	5	7
Couleur	10	4	1	6	7	3	2	9	8	5	3	6	2	9	10

**Tableau 1.** Modélisation de la liste séquencée à produire

La chaîne de montage est supposée produire 10 types de carrosseries différentes, avec 10 couleurs de peintures. Ces caractéristiques seront considérées indépendantes. La liste est générée aléatoirement et itérativement.

#### 3.2. Modélisation des perturbations dans les ateliers

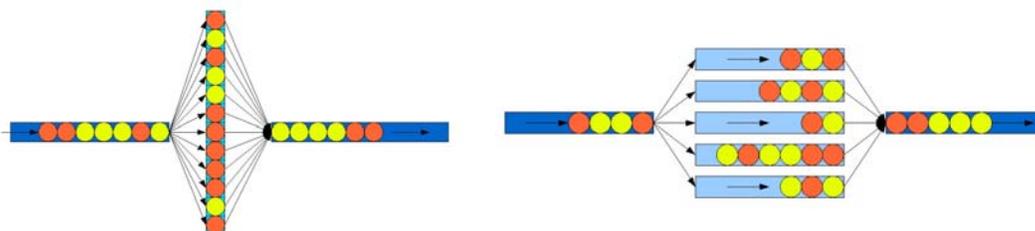
Les perturbations dans les ateliers sont modélisées par des permutations de lignes qui correspondent à des modifications dans la séquence des véhicules. La modélisation des perturbations utilisées, présentée sur la Figure 3, s'appuie sur deux gaussiennes. Ces perturbations correspondent aux perturbations réelles observées chez un constructeur automobile (Bernier, 2000).



**Figure 3.** Modélisations (à droite) des perturbations réelles (à gauche) de l’atelier de ferrage (en haut) et de l’atelier de peinture (en bas)

### 3.3. Modélisation des stocks

Deux types de stocks sont considérés : stocks à accès direct et stocks à tiroir (Figure 4). Si le nombre de tiroirs d’un stock à tiroirs est égal à la capacité du stock, on se ramène au cas du stock à accès direct.



**Figure 4.** Modélisations des stocks : stock à accès direct (gauche) stock à tiroirs (droite)

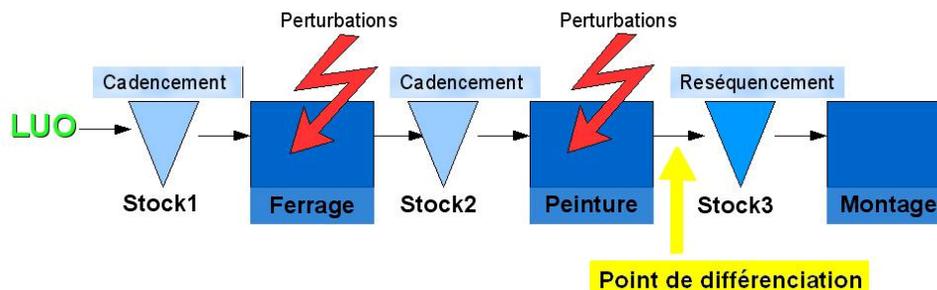
Les stocks 1 et 2 ont pour but de former des lots pour les ateliers de ferrage et de peinture. Pour ces deux stocks, la règle de gestion pour le cas d’un stock à accès direct sera de prendre les produits qui forment le lot avec le retard moyen le plus grand. Pour un stock à tiroirs on considèrera le lot le plus grand (si plusieurs sont égaux, ce sera celui avec le retard cumulé le plus grand).

Dans le cas du 3<sup>ème</sup> stock, avant l’atelier de montage, le but est de replacer les véhicules dans l’ordre de la LUO. Si le stock est à accès direct, le véhicule le plus en retard passera en premier. Si le stock est à tiroirs on prendra le produit en bout du rail dont le retard moyen est le plus grand.

### 3.4. Modélisation de la différenciation retardée

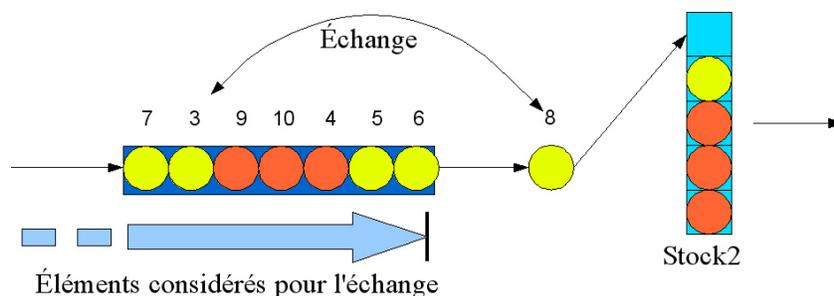
À la sortie de l’atelier de peinture, il peut y avoir des véhicules de carrosserie et de couleur identiques mais dont l’ordre de précedence n’est pas celui donné par la liste initiale. Plutôt que

de tenter de rattraper ce retard au niveau du stock 3, on peut introduire un échange d'ordre de commande de deux véhicules. Les caractéristiques des véhicules sont alors redéfinies (cela peut être réalisé par exemple grâce à des puces RFID qui seront reprogrammées le long de la ligne). Le véhicule qui était destiné par un ordre de commande à une personne précise change de propriétaire. On crée donc un point de différenciation pour les caractéristiques de ferrage et de peinture afin de minimiser les avances et retards avant le montage. Un point de différenciation retardée sera considéré en entrée de l'atelier de montage (Cf Figure 5).



**Figure 5.** Introduction d'un point de différenciation retardée

L'échange lors de la différenciation retardée considère l'ensemble des véhicules en amont du point de différenciation (Figure 6).



**Figure 6.** Fonctionnement de l'échange global des ordres de commande

Supposons que les véhicules 3 et 8 (chiffres correspondant à leur position dans la liste initiale) partagent la même carrosserie. Supposons que le véhicule 3 se retrouve en 11<sup>ème</sup> place et le 8 en 5<sup>ème</sup> place à l'issue du ferrage. Lorsque le véhicule 8 sort de l'atelier de ferrage, s'il y a des éléments qui le suivent, qui ont le même type de carrosserie et qui ont une position initiale plus petite, alors il échangera son ordre de fabrication avec celui qui a la position initiale la plus faible, le véhicule 3 ici. Deux retards de +2 et +3 remplacent un retard de +8 et une avance -3 (en nombre de places). Cela améliore donc les avances cumulées de 3 places et les retards cumulés de 3 places à cet endroit. Cela améliore également le deuxième indicateur de respect de la LUO à  $\pm n$  places. Cela ne modifie pas les possibilités de cadencement au niveau du stock tampon puisque les caractéristiques des véhicules ont été considérées indépendantes et que le cadencement est effectué sur la couleur de peinture.

### 3.5. Indicateurs de performance

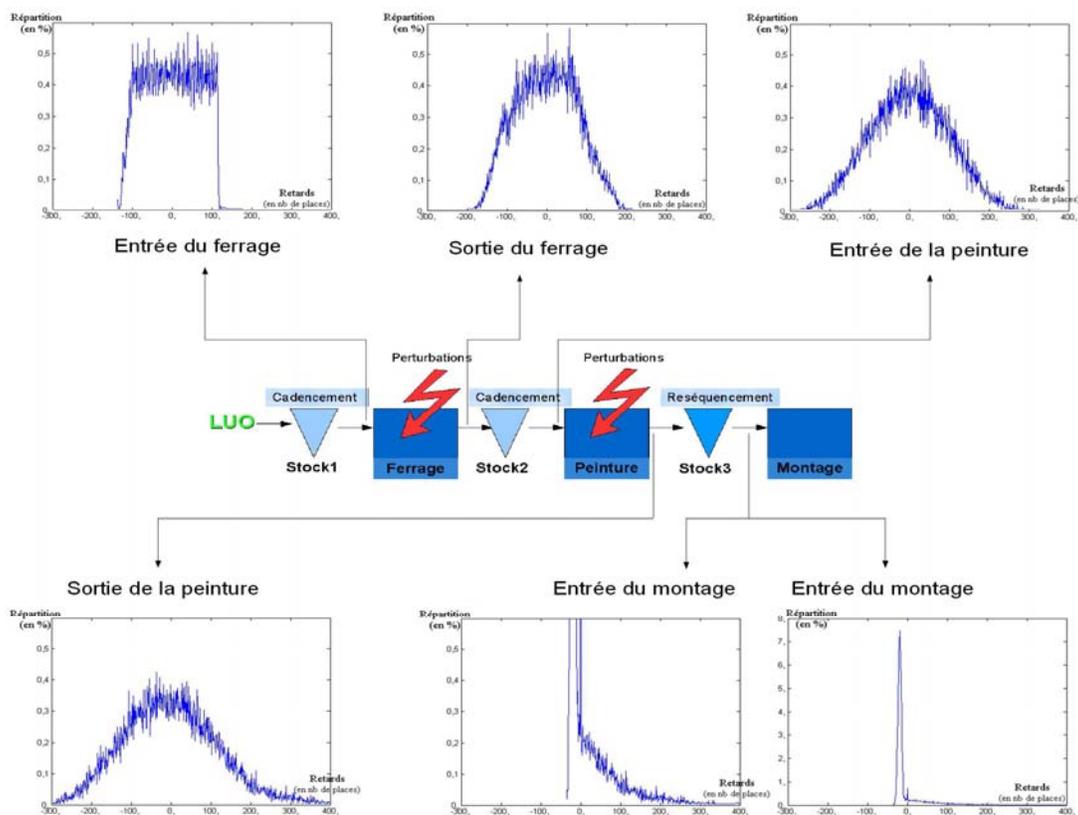
Les indicateurs de performance définis par Bernier (2000) sont mis en place. Les avances et retards maximaux à x% donneront l'évolution des perturbations tout au long de la chaîne. Le respect de la LUO à  $\pm n$  places indiquera le chemin qu'il reste à parcourir pour reconstruire la liste initiale. Seront ajoutés les avances cumulées et retards cumulés à x% qui permettront de comparer globalement l'ensemble des modifications intervenues dans la liste.

## 4. Résultats

Les résultats ci-dessous sont obtenus par simulation. Des listes de 20 000 véhicules à produire sont lancées en entrée de la chaîne. Différents essais sont effectués avec chaque configuration, les résultats affichés sont les moyennes.

### 4.1. Évolution des performances le long de la ligne

Tout d'abord nous considérons que tous les stocks sont à accès direct (solution la plus flexible). Les stocks 1 et 2 contiennent 150 places, le stock 3 contient 100 places. Ceci permet de tracer l'évolution des retards et des avances en différents points de la chaîne de production (Figure 7).



**Figure 7.** Répartition des avances et retards le long de la ligne

La Figure 7 montre l'influence importante des perturbations apportées par les stocks 1 et 2 qui visent à former des lots de véhicules identiques. Aussi les perturbations dans les ateliers ont tendance à amplifier les perturbations mesurées. Il apparaît en entrée du stock 3 une très grande dispersion dans les avances et retards des véhicules. On observe une très nette amélioration dans le reséquencement à la sortie du stock 3. Ceci était prévisible puisqu'il s'agit exactement de la fonction de ce dernier stock. Un changement d'échelle dans la représentation du dernier graphique (en bas, à droite) permet de mieux appréhender l'effet bénéfique du stock de reséquencement. Le nombre de places en avance (retard négatif) est contenu en deca de 30 places et le nombre de véhicules en retard est de beaucoup diminué.

Ces mêmes résultats sont représentés sous une forme agglomérée dans la Figure 8. Ces résultats sont en conformité avec la littérature du domaine.

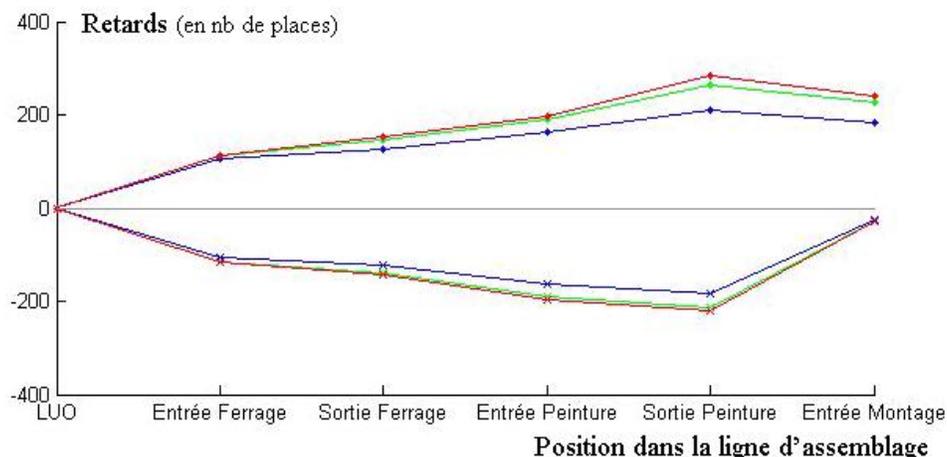


Figure 8. Évolution des performances le long de la ligne

#### 4.2. Introduction de la différenciation retardée

Tel que présenté sur la Figure 5, un point de différenciation est introduit avant le stock 3. On procède à l'échange entre les ordres de commande.

La Figure 9, représente la répartition des avances et retard sans (à gauche) et avec différenciation retardée (à droite). Les stocks 1 et 2 sont à accès direct (150 places) le stock 3 aussi à accès direct dispose de 100 places. La figure de gauche est donc la même que celle de la Figure 7, avec un changement d'échelle.

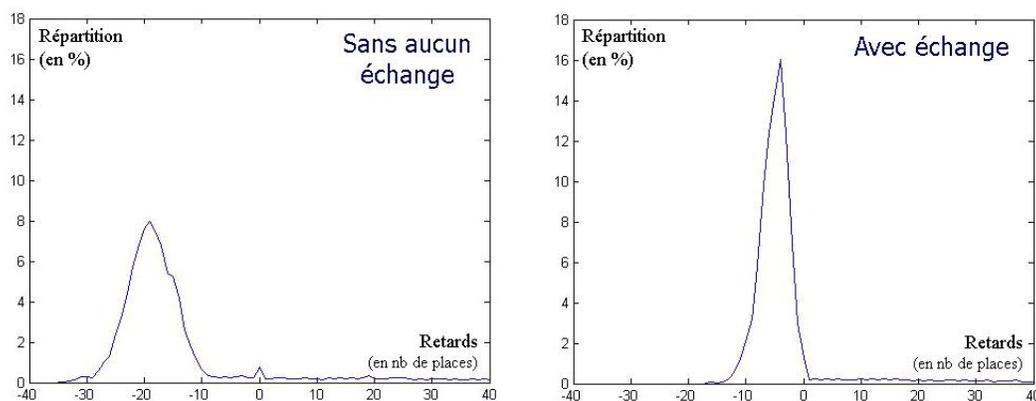
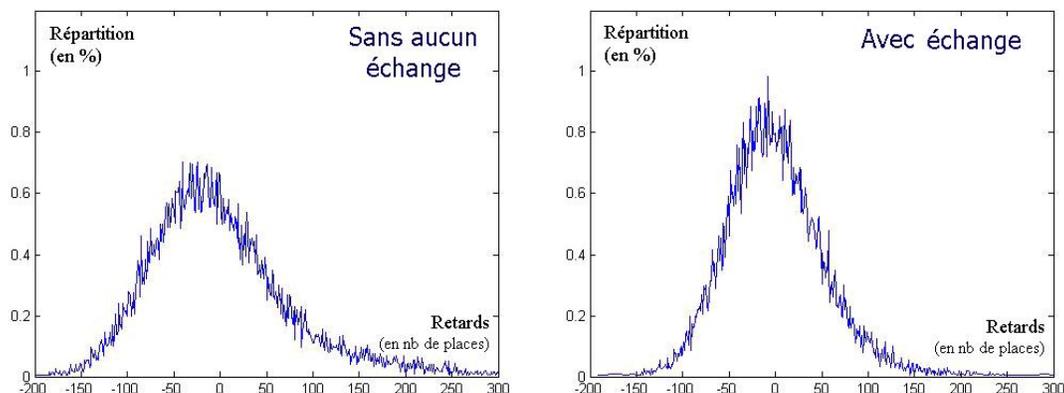


Figure 9. Répartition des avances et retard avec et sans échange, les stocks 1 et 2, à accès directs, disposent de 150 places, le stock 3, accès direct, possède 100 places

La Figure 9 montre l'intérêt de l'introduction du point de différenciation retardée en amont de la chaîne d'assemblage. L'avance est maintenant contenue en deca de 15 places (ce qui permet de diminuer par deux la taille des stocks de sécurité en bord de chaîne de production). Il reste néanmoins des véhicules en retard, à peu près équirépartis jusqu'à 40 places (pour lesquels les composants vont devoir attendre en bord de chaîne).

La Figure 10, représente les mêmes résultats pour une configuration de stock différente. Les stocks 1 et 2 sont à tiroirs (5 rails de 30 places = 150 places) le stock 3 est aussi à tiroirs et dispose de 100 places (5 rails de 20 places).



**Figure 10.** Répartition des avances et retard avec et sans échange, les stocks 1 et 2, à tiroir, disposent de 5 rails de 30 places, le stock 3, à tiroirs, dispose de 5 rails de 20 places

Les Figure 10 permet de montrer l'influence d'utiliser des stocks moins flexibles sur la chaîne de production. La répartition des avances et retard va de -200 à +300 places. Bien que l'introduction de la différenciation retardée améliore sensiblement le reséquencement en amont de l'assemblage, la situation est moins intéressante.

## 5. Conclusions

Dans cet article, un modèle de simulation d'une chaîne de production automobile multi-produits a été présenté. La modélisation comprend le cadencement pour les ateliers de ferrage et de peinture, les perturbations au niveau de ces deux ateliers, le reséquencement en entrée du montage, tout en considérant les différents types de stocks tampons : à accès direct ou à tiroirs. Ce modèle a permis de montrer que la différenciation retardée peut être d'une grande utilité pour améliorer la reséquenceabilité. Elle permet d'obtenir une forte diminution des retards et avances. Ceci permet un plus grand respect du séquencement initial à l'entrée de l'atelier de montage. Le gain de coût peut être considérable.

Des recherches futures pourront s'intéresser à l'analyse croisée des types de stock (et de leur capacité) et de la différenciation retardée. Aussi un second point de différenciation retardée peut être introduit au niveau du stock 2, pour améliorer les retards et avance au niveau de l'atelier de peinture. Il serait également intéressant de travailler sur la mise en oeuvre pratique dans une usine multi-produits par l'implantation par exemple de puces RFID. Un élargissement de cette approche pourrait ensuite amener à travailler sur la production à la commande virtuelle ou l'intégration d'un tel fonctionnement dans la chaîne d'approvisionnement, du concessionnaire à la chaîne d'assemblage directement, pour une meilleure gestion des commandes de véhicules et une réduction des délais de commande.

## 6. Références bibliographiques

- ALDERSON W., (1950) « Marketing efficiency and the principle of postponement », *Cost and Profit Outlook*, vol. 3.
- BARATOU P., (1998) « Gestion réactive des stocks intermédiaires d'un flux de production automobile », Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, Laboratoire d'Automatique et Informatique Industrielle.
- BAUTISTA J., COMPANYS R., COROMINAS A., (2000) « Note on cyclic sequences in the product rate variation problem », *European Journal of Operational Research*, vol. 124, p. 468-477.
- BEAMON B., (1999) « Measuring supply chain performance », *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 19, no 3, p. 275-292.

- BERNIER V., (2000) « Sur une nouvelle politique de gestion des flux, le cadencement reséquenceable », Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- BERGEN M., VAN BEEK P., CARCHRAE T., (2001) « Constraint-based vehicle assembly line sequencing », *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2056, p. 88-99.
- BOLAT A., (1994) « Sequencing jobs on an automobile assembly line : objectives and procedures », *International Journal of Production Research*, vol. 32, no 5, p. 1219-1236.
- DANJOU F., GIARD V., ROY E. L., (1999) « Analyse de la robustesse des ordonnancements/réordonnements sur ligne de production et d'assemblage dans l'industrie automobile », GREGOR, IAE de Paris, vol. 05.
- DING F.-Y., CHENG L., (1993) « An effective mixed-model assembly line sequencing heuristic for Just-In-Time production systems », *Journal of Operations Management*, vol. 11, p. 45-50.
- DUPLAGA E., HAHN C., HUR D., (1996) « Mixed-model assembly line sequencing at Hyundai Motor Company », *Production and Inventory Management Journal*, vol. 37, no 3, p. 20-26.
- ERNST R., KAMRAD B., (2000) « Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement », *European Journal of Operational Research*, vol. 124, p. 495-510.
- GARG A., TANG C., (1997) « On postponement strategies for product families with multiple points of differentiation », *IIE Transactions*, vol. 29, p. 641-650.
- GIARD V., JEUNET J., (2004a) « Modélisation du problème général d'ordonnement de véhicules sur une ligne de production et d'assemblage », *Annales du LAMSADE*, vol. 2, p. 235-256.
- GIARD V., MENDY G., (2004b) « Le passage de l'approvisionnement synchrone à la production synchrone dans le chaîne logistique », *Annales du LAMSADE*, vol. 2, p. 257-276.
- GUERRE-CHALEY F., FREIN Y., BOUFFARD-VERCELLI R., (1995) « An efficient procedure for solving a car sequencing problem », *ETFA'05*, vol. 2, p. 385-394.
- HINDI K., PLOSZAJSKI G. (1994) , « Formulation and solution of a selection and sequencing problem in car manufacture », *Computers and Industrial Engineering*, vol. 26, no 1, p. 203-211.
- HOEK R. V., VOS B., COMMANDEUR H., (1999) « Restructuring european supply chains by implementing postponement strategies », *Long Range Planning*, vol. 32, no 5, p. 505-518.
- KARABATI S., SAYIN S., (2003) « Assembly line balancing in a mixed-model sequencing environment with synchronous transfers », *European Journal of Operational Research*, vol. 149, p. 417-429.
- KIM H.-G., CHO H.-S., (2003) « Sequencing in a mixed-model final assembly line with three goals : simulated annealing approach », *International Journal of Industrial Engineering*, vol. 10, no 4, p. 607-613.
- KIS T., (2004) « On the complexity of the car sequencing problem », *Operations Research Letters*, vol. 32, p. 331-335.
- KOTANI S., ITO T., OHNO K., (2004) « Sequencing problem for a mixed-model assembly line in the Toyota production system », *International Journal of Production Research*, vol. 42, no 23, p. 4955-4974.
- KUBIAK W., (1993) « Minimizing variation of production rate in just-in-time systems : a survey », *European Journal of Operational Research*, vol. 66, p. 259-271.
- LI S., RAO S., RAGU-NATHAN T., RAGU-NATHAN B., (2005) « Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices », *Journal of Operations Management*, vol. 23, no 6, September, p. 618-641.
- MILTENBURG J. (1989), « Level schedules for mixed-model assembly lines in just-in-time production systems », *Management Science*, vol. 35, p. 192-207.
- NGUYEN A., (2004) « La planification et l'ordonnement de la production dans les usines de carrosserie-montage Renault ».
- PARRELO B., KABAT W., WOS L., (1986) « Jop-shop scheduling using automated reasoning : a case study of the car-sequencing problem », *Journal of Automated Reasoning*, vol. 2, p. 1-42.
- SO K., (1990) « The impact of buffering strategies on the performance of production line systems », *International Journal of Production Research*, vol. 26, p. 2293-2307.
- SWAMINATHAN J., TAYUR S., (1999) « Managing design of assembly sequences for product lines that delay product differentiation », *IIE Transactions*, vol. 31, p. 1015-1026.