



HAL
open science

Modélisation globale de la chaîne logistique d'un constructeur automobile

Fabien Petitjean, Patrick Charpentier, Jean-Yves Bron, Alexandre Villeminot

► **To cite this version:**

Fabien Petitjean, Patrick Charpentier, Jean-Yves Bron, Alexandre Villeminot. Modélisation globale de la chaîne logistique d'un constructeur automobile. e-STA Sciences et Technologies de l'Automatique, 2008, 5 (1), pp.Revue électronique. hal-00332088

HAL Id: hal-00332088

<https://hal.science/hal-00332088>

Submitted on 20 Oct 2008

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.

e-sta : N°1 Spécial JD-JN-MACS'07 2ème partie
**Modélisation globale de la chaîne logistique
d'un constructeur automobile**

FABIEN PETITJEAN^{1,2},
PATRICK CHARPENTIER¹, JEAN-YVES BRON¹, ALEXANDRE VILLEMINOT²

¹ Centre de Recherche en Automatique de Nancy, Nancy-Université, CNRS, Faculté des Sciences
BP 239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

² PSA Peugeot-Citroën Site de Sochaux, Case courrier SX3 S53.01
57 avenue du Général Leclerc, 25600 Sochaux France

fabien.petitjean@mps.com , patrick.charpentier@cran.uhp-nancy.fr

Résumé — L'industrie automobile est aujourd'hui caractérisée par la variété des produits proposés, le cycle de vie toujours plus court des modèles et une concurrence accrue entre l'ensemble des constructeurs généralistes. Satisfaire le client passe par la maîtrise du triptyque « Qualité, Coût, Délai ». Dès lors, pour rester compétitif, il est indispensable d'utiliser au mieux l'appareil industriel pour être économiquement performant. Optimiser la production de manière locale n'assure pas la performance globale. Aussi, dans cet article, nous proposons une modélisation globale de la chaîne logistique du constructeur automobile PSA Peugeot Citroën, permettant de mettre en évidence et d'évaluer les impacts globaux de prises de décisions sur des périmètres locaux. Au final, nous introduisons un outil d'aide à la décision pour le pilotage des usines.

Mots clés — Modélisation, Simulation proactive, Aide à la décision, Chaîne logistique, Production automobile.

I. CONTEXTE INDUSTRIEL ET PROBLEMATIQUE

A. Caractéristiques de l'industrie automobile

Après des débuts proches de l'artisanat, l'industrie automobile a longtemps été basée sur une économie d'échelle, comme bon nombre de secteurs industriels. La rationalisation de la fabrication permettait de produire des véhicules à une cadence élevée, sur des chaînes de montage.

Aujourd'hui, ce concept n'est plus approprié. Les clients recherchent des modèles à forte personnalité, configurables presque à souhait. L'accroissement de la concurrence a poussé les entreprises à s'orienter naturellement vers une économie de variété, caractérisée par de courts cycles de vie du produit. Puisque la palette de composants optionnels offerts aux clients s'étendait, la diversité des véhicules potentiellement fabricables a explosé.

Pour des raisons économiques, ces modèles différents sont assemblés sur une même ligne ; on parle de « mixed model assembly line ». Ces unités visent à réduire l'écart entre la production de grandes et petites séries (concept de « mass customization » [1]) et permettent le déploiement d'une production en juste à temps.

En raison du coût élevé de la modification des infrastructures et des flux physiques dans l'usine, différents travaux de recherche ont été lancés afin d'optimiser la gestion des ressources de production et l'approvisionnement en composants.

B. Travaux de recherche liés à la production automobile

Une classification des travaux précédents peut être établie :

- La construction d'une liste de production de référence. Il s'agit d'un problème statique et prévisionnel de séquençement des ordres de fabrication (OFs) qui vise à établir la meilleure séquence de véhicules en prenant en compte les contraintes des ateliers de production (ferrage, peinture et montage), tout en lissant la consommation des pièces [2]. Chez PSA Peugeot Citroën, cette liste est appelée LUO (Liste Unique Ordonnée) ;
- Le cadencement et le re-séquençement des véhicules en cours de production. C'est une phase dynamique de réordonnement du flux de véhicules [3]. Elle permet d'adapter la séquence de fabrication aux perturbations du flux de production, dit « flux véhicules », en lui-même (retouches, gammes dites longues...) ou sur les flux d'approvisionnement, ou « flux constituants » (ruptures d'approvisionnement, retards de transports...) [4]. Ce cadencement dynamique est réalisé en temps réel au sein de stocks de véhicules inter-ateliers [5] ;
- L'équilibrage des lignes de montage. En fonction d'un mix de production prévisionnel sur une période donnée, les opérations d'assemblage sont affectées aux postes de travail répartis le long de la ligne de fabrication. Cette opération est réalisée de manière à respecter les contraintes industrielles dictées par le processus de fabrication (minimisation du nombre de postes, lissage de la charge de travail...) [6][7] ;
- La synchronisation et la tension des flux sur l'ensemble de la logistique d'approvisionnement. Les objectifs sont alors de dimensionner la logistique d'approvisionnement au plus juste et d'évaluer l'impact des perturbations sur et entre les flux d'approvisionnement [8][9].

Cependant, pour améliorer la performance globale de la chaîne logistique, il ne faut pas se limiter à une optimisation locale des différents domaines fonctionnels tels que ceux présentés auparavant. Il convient de les combiner pour arriver à une gestion économiquement plus rentable, sans pour autant bouleverser la structure de l'entreprise, de manière à considérer les interactions nombreuses et difficilement appréhendables existant au sein de la chaîne logistique.

C. Nécessité d'une vision plus globale sur les interactions au sein de la chaîne logistique

Au sein des usines terminales, des décisions sont prises tous les jours, sur différents horizons. Outre leur expertise, les centres de décisions locaux peuvent se baser sur les outils existants résultant de travaux précédents, qui permettent d'évaluer des impacts locaux d'un aléa ou d'une prise de décision concernant le pilotage de la chaîne logistique. Cependant, chaque action ayant des impacts sur les domaines environnants, il est difficile d'évaluer ces interactions.

Par exemple (figure 1), le fait de régler un problème d'approvisionnement attendu (1) en reportant la fabrication de véhicules consommant les pièces concernées (2) peut provoquer un engorgement des lignes (3), des ruptures de stocks sur d'autres références de composants sur-consommées (4), une surcharge de travail aux postes de montage (5) ce qui peut amener à retoucher les véhicules en sortie de chaîne...

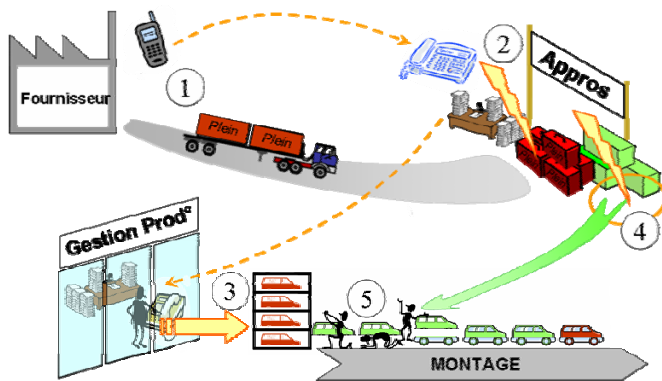


Figure 1. Baisse de potentiel suite à un aléa fournisseur.

Economiquement et qualitativement, la solution proposée n'est donc pas toujours la meilleure. Afin de piloter plus efficacement la chaîne logistique, il est crucial d'apporter une perception globale de l'état du système. Nous nous proposons donc d'évaluer les interactions au sein de la chaîne logistique d'un constructeur automobile, considérée dans sa globalité.

Cela impose en premier lieu de modéliser globalement la chaîne logistique de manière à cerner les mécanismes mis en jeu entre périmètres opérationnels distincts.

II. PROPOSITION D'UNE METHODOLOGIE DE MODELISATION GLOBALE DE LA CHAINE LOGISTIQUE

A. Audit de l'entreprise basé sur « l'Organicube »

Le processus de décision est la démarche visant à analyser et modéliser une situation en vue d'en dégager les éléments pouvant conduire à la prise de décision [10]. Il s'agit bien sûr d'identifier les alternatives, mais également les conséquences de chacune d'entre elles.

Dans ce sens, différents modèles existent ; ils donnent soit une image générale de l'entreprise, soit une vision plus précise en se concentrant sur un domaine restreint. Ces modèles permettent alors de recueillir des informations sur l'entreprise, afin de la décrire textuellement ou graphiquement.

Différentes architectures de référence (CIMOSA, GRAI, GERAM), des modèles liés à l'interopérabilité (Zachman's Framework, MDA, Safira) et à l'allocation de ressources (matrice TEAF, modèle DoDAF) ont été examinés. Ces techniques de modélisation permettent de formaliser les connaissances afin de les rendre exploitables par un outil d'aide à la décision.

Si la plupart des modèles existants ont chacun une vision particulière de l'entreprise ou du système étudié, un macro-modèle basé sur ceux-ci, l'Organicube [11] présente l'avantage de décrire l'entreprise sous différents angles : qualité, performances, ressources humaines et matérielles, système de production etc. (figure 2). De plus, ce concept propose également de suivre un « fil rouge », permettant de mener à bien un audit cohérent et complet.

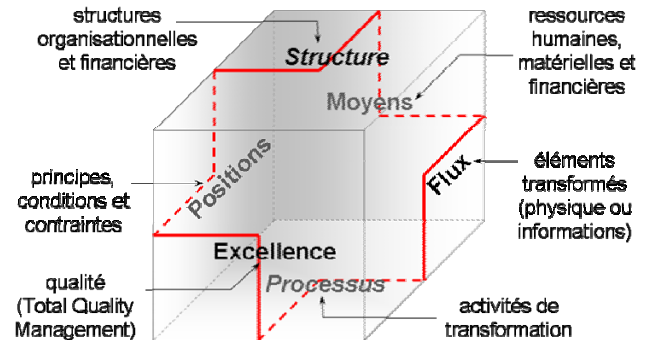


Figure 2. L'Organicube, un exemple de fil rouge.

L'Organicube permet ainsi d'avoir une approche beaucoup plus globale, ce qui le rend particulièrement adapté à l'analyse des décisions et des interactions au sein de la chaîne logistique. Il permet en effet d'auditer l'ensemble des éléments de nature différente composant l'entreprise ou gravitant autour de celle-ci. Pour ces raisons, nous avons choisi de nous baser sur ce formalisme pour réaliser un audit approfondi de la chaîne logistique du constructeur automobile PSA Peugeot Citroën.

Il est ensuite nécessaire de cerner et comprendre les mécanismes mis en jeu entre périmètres opérationnels distincts, autrement dit mettre en évidence et formaliser les interactions à partir des données recueillies lors de l'audit.

B. Mise en évidence d'interactions décisionnelles au sein de la chaîne logistique par agrégation d'arbres causes-effets

Il est possible de modéliser la structure des raisonnements suivis par des décideurs, ou plus généralement des acteurs dotés d'un certain pouvoir de jugement, par des « graphes causaux » (causal diagrams) [12]. Une approche modulaire, également appelée « approche réticulaire interactive du management », permet par ailleurs de traiter des problèmes complexes en les décomposant pour les résoudre pas à pas. Les graphes résultants prennent alors en compte le contexte dans lequel ont lieu les décisions [13].

Dans le cadre de notre étude et plus généralement pour la modélisation globale d'interactions au sein d'une chaîne logistique, nous proposons de formaliser les résultats des audits locaux par des sous-arbres causes-effets. Ensuite, par agrégation de ces sous-arbres, il est aisé de mettre en évidence des boucles d'interactions, dont la perception n'est pas toujours triviale.

Lorsque des interactions en chaîne sont mises en évidence, il faut alors préciser les indicateurs à mesurer, les procédures à suivre, les acteurs concernés... Ces informations sont modélisées grâce à U.M.L. (Unified Modeling Language), pouvant également servir de base à une implémentation informatique ultérieure.

C. Modélisation globale de la chaîne logistique à l'aide du formalisme U.M.L.

A partir des interactions décisionnelles mises en évidence et de l'audit de l'entreprise, un modèle U.M.L. peut être construit.

En nous basant sur les ouvrages de référence du langage U.M.L. [14] [15], nous avons retenu la démarche suivante :

- Diagrammes de cas d'utilisation permettant de représenter les acteurs et les fonctions principales mises en jeu ;
- Diagramme de classes partiel, déployé à partir du diagramme précédent, pour synthétiser les relations entre les entités constitutives du système ;
- Diagrammes de collaboration pour mettre en évidence les échanges entre ces entités ;
- Diagrammes d'états pour préciser certaines composantes du système ;
- Enrichissement du diagramme de classes et finalisation du modèle.

Une fois ce modèle validé, il est possible d'évaluer les interactions entre domaines opérationnels, soit analytiquement, soit en ayant recours à la simulation pour quantifier certains impacts qui ne sont pas calculables.

Nous avons appliqué cette méthodologie à notre contexte d'étude, et plus particulièrement à la gestion de baisses de potentiel au sein des usines terminales. Par baisse de potentiel, on entend par exemple une rupture d'approvisionnement, une augmentation temporaire de la charge de travail au niveau du montage, etc. Nous incluons également dans notre modèle une évaluation globale, inexistante jusqu'alors, afin d'intégrer l'évaluation d'impacts inter-décisionnels dans les processus de décision liés au pilotage de la chaîne logistique.

III. APPLICATION A LA MODELISATION DE LA GESTION D'UNE BAISSSE DE POTENTIEL EN USINE TERMINALE

A. Audit du pilotage de la chaîne logistique

1) Périmètre retenu, critères analysés, données recueillies

Nous nous intéressons aux centres de décisions et domaines fonctionnels inclus dans le périmètre de l'usine terminale jusqu'à ses fournisseurs de rang 1.

Des interviews sont menées au sein des différents domaines impliqués dans la production de véhicules, selon le fil rouge préconisé par l'Organicube. Cela permet d'identifier les pratiques actuelles dans le pilotage de la chaîne logistique et de mettre en évidence les acteurs, leurs rôles, les aléas potentiels, les corrections envisageables pour les contrer...

2) Acteurs impliqués dans le pilotage

L'audit amène à identifier les décideurs et responsables fonctionnels suivants :

- La direction d'établissement gère l'usine et planifie les journées de production ;
- La coordination de production planifie et contrôle le flux de production au niveau des ateliers ;
- Les équilibreurs déterminent la main d'œuvre à mettre en place sur les lignes de production en fonction du mix prévisionnel de fabrication ;
- Le responsable de fabrication du bout d'usine est chargé de l'ensemble des opérations de reprise sur véhicule. Il s'agit aussi bien de retouches en ligne qu'au bout d'usine (en sortie de chaîne de montage) ;
- Le responsable des approvisionnements assure le suivi des composants, gère les stocks, les commandes ainsi que les transports ;
- Les fournisseurs fabriquent les composants en juste à temps, selon des seuils de flexibilité négociés ;
- Le transporteur assure le suivi des transports mis en place entre l'usine terminale et les fournisseurs.

La structure de la chaîne logistique s'apparente aujourd'hui à un pilotage distribué (figure 3) [16].

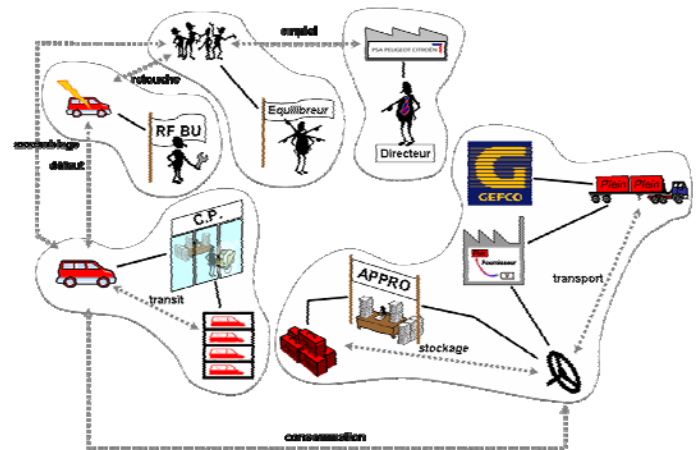


Figure 3. Structure actuelle : pilotage distribué.

L'audit nous permet également de lister les aléas perturbant le fonctionnement du système.

3) Aléas pouvant perturber le système

Nous distinguons les aléas suivants :

- Problème chez un fournisseur (panne...);
- Retard de transport (panne, événement climatique) ;
- Rupture de stock au sein de l'usine terminale ;
- Panne process sur les chaînes d'assemblage ;
- Modification du mix de production ;
- Surcharge au poste de travail ;
- Evènement exceptionnel majeur (grève...).

Différentes solutions sont susceptibles de régler un aléa ou d'atténuer ses conséquences.

4) Actions correctives applicables

Nous recensons six solutions permettant de résoudre une baisse de potentiel :

- Blocage de véhicules en cours de fabrication au sein des stocks inter-ateliers. Le blocage est ordonné par la coordination de production ;
- Ajout de personnel sur les postes de travail par les équilibreurs. En outre, en cas de violation de contraintes de montage, des opérateurs polyvalents peuvent seconder un opérateur temporairement surchargé ;
- Retouche (en ligne ou au bout d'usine) sur les véhicules incomplets, à l'initiative du responsable de fabrication du bout d'usine ;
- Arrêt momentané de la chaîne ou d'un atelier de fabrication, sur ordre de pilotage de la coordination de production. Ces arrêts sont systématisés en cas d'aléa chez certains constructeurs automobiles pratiquant le « Lean Management » [17] ;
- Arrêt de production sur l'ensemble de l'usine, décidé par la direction d'établissement ;
- Ajout d'un transport spécial. Le responsable des approvisionnements peut demander au transporteur de mettre en place un transport supplémentaire de composants en urgence.

Cependant, chacune de ces actions ne permet pas de régler tous les types d'aléas. Par exemple, ajouter un transport spécial pour résoudre une panne process sur les chaînes d'assemblage est sans effet. Nous classons donc ces solutions en fonction de leur intérêt pour résoudre un aléa spécifique.

Type d'aléa	Blocage	Ajout de personnel	Retouche	Arrêt de chaîne	Arrêt de production	Transport spécial
Problème fournisseur	X				X	
Problème de transport	X				X	X
Rupture de stock	X		X	X	X	X
Panne process	X		X	X	X	
Modification du mix	X	X	X	X	X	
Surcharge au poste	X	X	X	X	X	
Evènement exceptionnel				X	X	

Figure 4. Actions correctives applicables en fonction des aléas.

La décision de mettre en place une action spécifique est prise en se basant sur différents indicateurs de performance.

5) Indicateurs de performance analysés

Les principaux indicateurs permettant de mettre en évidence un risque de baisse de potentiel sont les suivants :

- Numéro dans la séquence de production (numéro LUO chez PSA) : cet indicateur permet de vérifier qu'un véhicule ne prend pas d'avance ni de retard sur sa date de fabrication prévisionnelle ;
- Niveau de remplissage des stocks inter-ateliers : lorsqu'il ne reste plus suffisamment d'emplacements pour re-séquencer les véhicules, la qualité du flux de production peut se dégrader ;
- Violation de contrainte : on parle de violation de contrainte en cas de dépassement de la charge de travail maximale admissible sur un poste. Il y a alors un risque de véhicule incomplet ;
- Niveaux de stocks de composants : bien sûr, il est impossible de monter un véhicule complètement si les composants de base sont indisponibles. A l'inverse, des niveaux de stocks élevés coûtent cher ;

- Véhicule incomplet : il s'agit d'un indicateur reflétant les véhicules à retoucher. Insistons sur le fait que toute opération d'assemblage réalisée en dehors de la gamme nominale induit des risques de baisse de qualité importants, mais difficilement quantifiables.

6) Bilan de la phase d'audit

L'audit permet de récolter les informations nécessaires à la modélisation de la chaîne logistique du constructeur automobile. La gestion des flux véhicules et constituants est une opération complexe dans laquelle de nombreux acteurs, à différents niveaux, sont amenés à prendre des décisions en réaction à différents aléas.

Cependant, à l'heure actuelle, les prises de décisions sont faites localement et les impacts sur le reste de la chaîne logistique sont mal (ou pas) évalués. Aussi, la deuxième phase de la méthodologie vise à mettre en évidence ces interactions.

B. Impacts inter-décisionnels lors de prises de décisions concernant le pilotage de la chaîne logistique

Cette phase consiste à mettre les résultats des audits locaux sous forme d'arbres causes-effets puis à les agréger.

Nous nous intéressons au pilotage et aux impacts de celui-ci sur la chaîne logistique. Aussi, les sous-arbres causes effets sont construits autour des aléas (causes) et des actions correctives (effets). De plus, un sous-arbre est dédié aux impacts des solutions correctives locales sur la modification des coûts globaux. Il ne reste plus qu'à agréger ces sous-arbres et les interactions apparaissent d'elles-mêmes. Ces interactions sont examinées et justifiées.

Par exemple, (figure 5), « un blocage (suite à un problème d'approvisionnement...) est susceptible de conduire à des ruptures d'approvisionnement sur d'autres références de composants, qui nécessiteraient au final des retouches sur les véhicules concernés ».

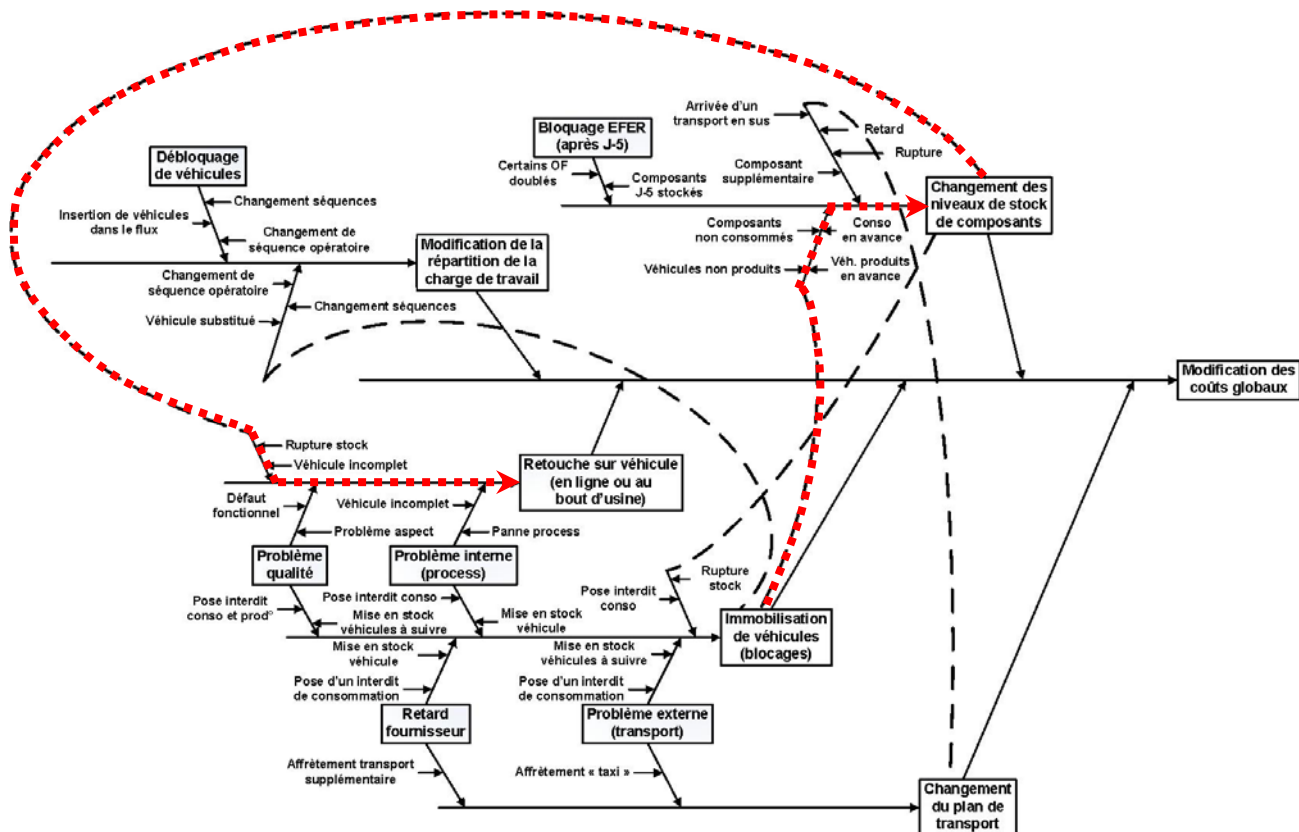


Figure 5. Exemple d'interaction inter-décisionnelle.

En effet, lors d'un blocage d'un type de véhicules en stock, d'autres véhicules prennent de l'avance sur la date théorique de leur assemblage. Il est possible que cela génère des ruptures de stocks sur d'autres références de composants qui deviennent, suite au blocage, surconsommées. Certains véhicules seront donc alors incomplets et il faudra les retoucher.

Sur la figure 6, un problème d'approvisionnement sur la deuxième référence de pièces a conduit à bloquer deux types de véhicules. Les niveaux de stock de la référence du haut ont gonflé (puisque les composants arrivaient mais n'étaient plus consommés) alors qu'il y a eu une rupture de stock sur la troisième référence, surconsommée.

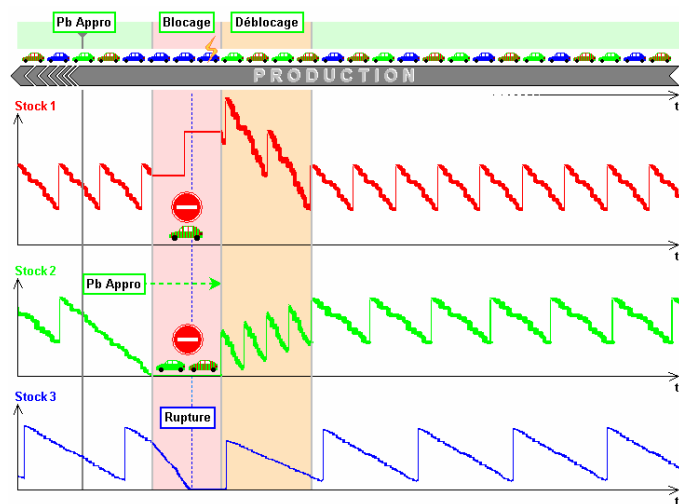


Figure 6. Rupture de stock consécutive à un blocage.

Puisqu'il est difficile au niveau d'un centre de décision local d'identifier intuitivement les conséquences indirectes d'une action, nous proposons l'ajout d'une évaluation centralisée, inexistante jusqu'à présent, visant à évaluer globalement le système considéré. C'est un apport indispensable dans le cadre d'une aide à la décision. Cela permettra ainsi de gérer au mieux une baisse de potentiel.

A. Proposition sous forme U.M.L. d'un pilotage intégré

En comparaison de la figure 3, nous proposons d'intégrer une évaluation économique globale, permettant de coordonner les décisions prises à différents niveaux (figure 7). Sans bouleverser la structure de l'entreprise, cela revient à ajouter un acteur (pouvant à terme être émulé par un système informatique).

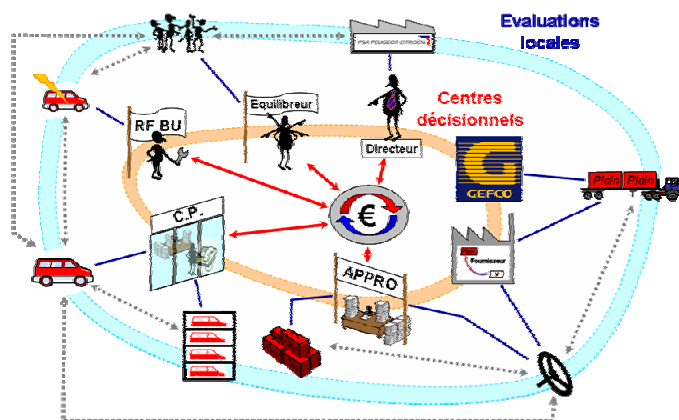


Figure 7. Proposition de pilotage intégré.

Cette fois-ci, on distingue :

- L'évaluation centralisée. C'est au sein de cette « boîte noire » que sont évaluées différentes prises de décisions par comparaison de leurs impacts respectifs, en ramenant l'ensemble à un indicateur économique commun.
- Les centres décisionnels. Il s'agit des acteurs impliqués dans les prises de décisions ou l'évaluation des impacts locaux de celles-ci.
- Les évaluations locales. Ce sont les domaines sur lesquels un centre décisionnel peut effectuer des actions (évaluation et/ou application d'une décision).

Nous avons ainsi construit notre modèle de données sous le formalisme U.M.L. à partir de l'audit et des règles que nous préconisons dans la méthodologie.

Après validation de ce modèle, il est temps d'envisager un outil d'aide à la décision.

IV. VERS UNE PLATE-FORME D'AIDE A LA DECISION

A. Estimation des impacts d'une décision

Nous nous intéressons autant aux décisions concernant le flux de production à proprement parler (par exemple arrêt de la production de véhicules sur la chaîne de montage) qu'à celles connexes (comme par exemple le domaine des approvisionnements, l'équilibrage de la charge de travail au poste ou les retouches effectuées sur véhicules).

Lors de l'évaluation des impacts d'une solution, nous travaillons sur les périmètres locaux correspondant aux domaines opérationnels fonctionnels.

Nous distinguons deux types d'estimation :

- Evaluation analytique : pour certaines solutions, il est possible de connaître directement les impacts. Par exemple, le coût d'un transport spécial est connu, le coût d'une retouche est déterminable par les experts métiers puisqu'il correspond à un temps de travail.
- Evaluation par la simulation : dans d'autres cas, il n'existe pas d'équations régissant l'évolution des indicateurs de performance. Nous n'avons alors d'autre solution que d'émuler le fonctionnement de la chaîne logistique. Par exemple, il est impossible de « calculer » les impacts d'un reséquencement. De même, la simulation est utilisée pour prévoir des ruptures d'approvisionnement ou des risques de surcharge au poste de travail.

Sachant évaluer les conséquences de décisions, il est dès lors possible de comparer différentes alternatives décisionnelles de manière à mieux en appréhender les impacts sur la globalité de la chaîne logistique.

B. Architecture de la plate-forme de simulation

Nous nous basons sur des outils de simulation existants, émulant les différentes composantes de la chaîne logistique. En outre, certains outils ont été développés spécifiquement pour répondre à nos besoins.

Des interfaçages sont ensuite réalisés pour lier ces différents outils, de manière à automatiser les mises en forme et l'analyse de données. A terme, l'objectif pourrait être une plate-forme intégrée émulant l'ensemble de la chaîne logistique d'usine terminale.

Grâce à cet outillage informatique, il est donc possible d'évaluer les impacts d'une prise de décision (figure 8).

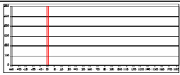
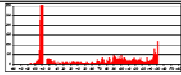
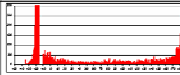
	Référence	Ré-Ordonnanceur	Blocages
LUO			
Violations	2443	2067	3282
Véhicules incomplets	0	418 (164 composants)	1232 (352 composants)

Figure 8. Impacts d'un reséquenceur et d'un blocage.

Nous souhaitons également avoir un horizon d'évaluation correspondant à plusieurs décisions en chaîne.

C. Aide à la décision par la simulation proactive

L'estimation des impacts d'une « chaîne de décisions » revient à cumuler les impacts de décisions prises individuellement les unes à la suite des autres. Dans d'autres termes, cela revient à effectuer l'évaluation d'un premier niveau de décision, puis à évaluer une décision consécutive à partir du contexte résultant de la première décision (figure 9).

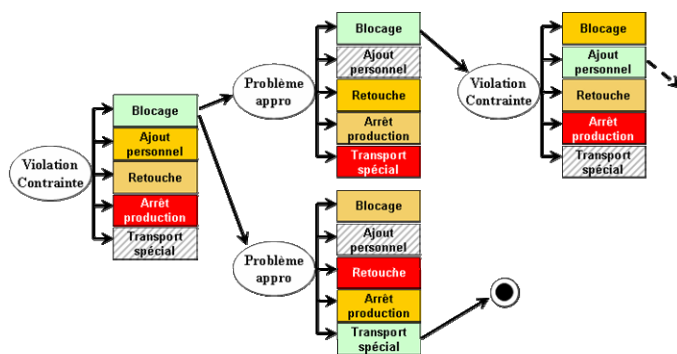


Figure 9. Evaluation de chaînes décisionnelles.

Ce principe est valable aussi bien pour des évaluations analytiques que par la simulation. A partir de ces comparaisons de différentes alternatives, il est possible de préconiser la chaîne de décisions la moins perturbante pour l'ensemble de la chaîne logistique.

Il est désormais envisagé de développer un démonstrateur mettant en application ce principe d'évaluation globale de chaînes décisionnelles en vue d'assister les acteurs de la chaîne logistique lors de leurs prises de décisions.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous présentons les résultats actuels de travaux visant à améliorer la performance globale de la chaîne logistique du constructeur automobile PSA Peugeot Citroën.

Une méthodologie de modélisation globale de la chaîne logistique a été conçue puis appliquée, permettant de mettre en évidence à partir d'un audit de l'entreprise des impacts inter-décisionnels loin d'être triviaux.

A partir du modèle U.M.L. global résultant de cette phase de modélisation, nous avons déduit l'architecture d'une plateforme de simulation proactive puis nous avons proposé les principes d'un pilotage de la chaîne logistique intégré.

Enfin, nous introduisons les principes d'un outil d'aide à la décision, en cours de spécification, qui devrait permettre à terme aux différents acteurs d'anticiper au mieux l'impact global de leurs actions et ainsi les aider à prendre la meilleure décision.

VI. REFERENCES

- [1] Anderson D. M., « Mass customization, the Proactive Management of Variety », *www.build-to-order-consulting.com/mc.htm*, 2004.
- [2] Delaval M., Castelain E., Gentina J.-C., « Dynamic resequencing of cars on assembly lines using simulated annealing », *28th International Symposium on Automotive Technology and Automation, Dedicated Conference on Lean/Agile Manufacturing in the Automotive Industries*, Stuttgart, Germany, pp. 169-175, 1995.
- [3] Bernier V., « Sur une nouvelle politique de gestion de flux : le cadencement reséquenceable », *Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble*, 2000.
- [4] Joly A. « Etude de modes de fonctionnement réactifs et robustes aux aléas sur le flux de production d'une usine terminale automobile », *Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble*, 2005.
- [5] Muhl, E., Charpentier P., Chaxel F., Optimization of physical flows in an automotive manufacturing plant: some experiments and issues. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 16, pp. 293-305, 2003.
- [6] Boutevin C., « Problème d'ordonnancement et d'affectation avec contraintes de ressources de type RCPSP et line balancing », *Thèse de doctorat, Clermont-Ferrand*, 2003.
- [7] Lesert A., « Evaluation de la flexibilité de l'atelier montage d'une usine terminale automobile », *Thèse de Doctorat, I.N.P.G., Grenoble*, 2006.
- [8] Villeminot A., « Modélisation et simulation de la logistique d'approvisionnement dans l'industrie automobile », *Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy*, 2004.
- [9] Petitjean F., Villeminot A., Bron J.-Y., Charpentier P., « Petri nets simulation of components flows in car manufacturing », *Actes de INCOM'04, Salvador - Bahia, Brésil*, 2004.
- [10] Claver J.-F., Gélimer J., Pitt D., Gestion de flux en entreprises, modélisation et simulation, *Editions Hermès, Paris*, 1997.
- [11] Kowalski Y., « Aide à la décision par l'analyse sémantique des interactions dans l'organigramme, modèle de qualitatif d'audit pour les entreprises », *Thèse de doctorat, Université de Fribourg, Suisse*, 2006.
- [12] Holweg M., Disney S. M., Hines P., Naim M. M., « Towards responsive vehicle supply: a simulation-based investigation into automotive scheduling systems », *Journal of Operations Management*, vol. 23, pp. 507-530, 2005.
- [13] Gomez P., Probst J.-B., Pour une approche réticulaire interactive du management, *Banque Populaire Suisse, Berne*, 1987.
- [14] Rumbaugh J., Jacobson I., Booch G., UML 2.0 guide de référence, *Pearson Education - Campus Press*, 2004.
- [15] Roques P., UML 2 par la pratique, *Editions Eyrolles, Paris*, 2006.
- [16] Thierry C., « Gestion de chaînes logistiques – Modèles et mise en œuvre pour l'aide à la décision à moyen terme », *mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches, Toulouse*, 2003.
- [17] Ohno T., Toyota Production System – beyond large-scale production, *Productivity Press, Portland, Oregon USA*, 1988.