HAL
open science

Intégration du processus de pilotage à la simulation des systèmes de production

Claire Berchet, Georges Habchi, Alain Courtois

To cite this version:

Claire Berchet, Georges Habchi, Alain Courtois. Intégration du processus de pilotage à la simulation des systèmes de production. 2ème conférence Francophone de MOdélisation et SIMulation (MOSIM'99), Georges Habchi, Oct 1999, Annecy, France. pp.337-343. hal-01647909

HAL Id: hal-01647909

https://hal.science/hal-01647909v1

Submitted on 24 Nov 2017

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.

INTEGRATION DU PROCESSUS DE PILOTAGE A LA SIMULATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION

Claire BERCHET, Georges HABCHI, Alain COURTOIS
LLP/CESALP
ESIA – Université de Savoie
41, avenue de la plaine - BP 806
74016 Annecy cedex, FRANCE
e-mail: Berchet/Habchi/Courtois@esia.univ-savoie.fr

Résumé *- Cet article se propose de présenter le pilotage industriel en vue de son intégration dans un modèle de simulation. Après une introduction sur l'évolution du pilotage et sur l'état actuel de la simulation, il décrit les principales étapes du pilotage selon la réactivité : pilotage « a priori », pilotage « réactif par anticipation » et pilotage « a posteriori ». Il propose ensuite, les concepts de centre de pilotage et de structure locale, ainsi qu'une typologie de l'information définissant les relations d'échange entre centres de pilotage et système à piloter. Enfin, l'application de l'étape d'un pilotage « a priori » est présentée par la simulation d'une ligne de production.*

Mots-clés *– simulation, système de production, pilotage industriel, décision, information.*

1. Introduction

La simulation informatique est un outil puissant de modélisation et d'imitation des systèmes de production [FIS 1997]. La reproduction des flux physiques à l'aide de la simulation est quasi parfaite. C'est également l'outil par excellence de suivi et de traçabilité des flux informationnels associés aux flux physiques [BAL 1997]. Par contre, les faiblesses actuelles de la simulation résident dans son incapacité à modéliser des décisions et par conséquent le système de pilotage associé à un système de production. De ce fait, il est quasi impossible à l'heure actuelle de modéliser le couple système de production / système de pilotage. Pourtant, pour qu'une étude soit satisfaisante il faut que le système étudié soit modélisé avec toutes ses composantes : opérationnelle, informationnelle et décisionnelle. Les capacités d'imitation et de prédiction de la simulation doivent permettre de concevoir, gérer et décider. En effet, la simulation peut être utilisée dans la phase de conception des systèmes de production, dès le lancement d'un projet et l'analyse des besoins où elle sert à valider, justifier et quantifier les investissements nécessaires [CHA 1994] [HAB 1992]. Mais elle peut aussi être utilisée pendant la phase d'exploitation d'un système, soit pour le modifier (diagnostic, détection de faiblesses, réimplantation,…), soit pour anticiper la mise en place de décisions et aider au pilotage du système [BAK 1996] [HAB 1995].
D'autre part, nous assistons depuis le début des années quatre-vingts, à une évolution des systèmes industriels, en accord avec la modification des méthodes de gestion, l'arrivée de concepts comme le Juste-A-Temps, la chaîne logistique globale, l'ingénierie simultanée, le Kaîzen, la TQM,... L'efficacité du processus de pilotage réside dans son adaptation à ces évolutions. Cette évolution se traduit en partie par le passage d'un modèle de pilotage classique « autoritaire » basé sur la philosophie taylorienne à un modèle contemporain de pilotage « interprété » basé sur l'interprétation des acteurs. L'interprétation propre de l'individu, inexploitée au niveau opérationnel dans le premier, est pour le second, sollicitée dans un environnement où la gestion de l'événement implique des prises de décision en temps réel. Ainsi, l'acteur doit exploiter, gérer et piloter son système en cohérence avec les autres acteurs, pour répondre aux objectifs fixés, en mettant en place une série ordonnée de décisions et en considérant l'ensemble de leurs implications, même indirectes [LEM 1981]. Ces décisions font partie intégrante du processus de pilotage industriel.
Dans cet article, nous abordons le pilotage industriel [BER 1999] [HAB 1999] en vue de son intégration dans un modèle de simulation. Plus précisément, dans une première partie nous proposons une typologie du pilotage industriel, le concept de centre de pilotage, la structure locale du processus de pilotage et une typologie de l'information nécessaire à l'organisation des relations d'échange entre centres de pilotage et système piloté. Dans la deuxième partie, nous présentons l'étude de simulation d'une ligne de production montrant l'intérêt de l'étape de pilotage « a priori » dans un modèle de simulation.

2. Le pilotage industriel

D'après la littérature, nous rappelons de manière succincte quelques définitions sur le pilotage industriel. Mélèse [MEL 1972] crée le concept de « module de pilotage » qui correspond à une entité comprenant outre un décideur, des sous-systèmes programmés, décisionnels et d'évolution. Ce module de pilotage, base de l'analyse modulaire des systèmes, constitue la première apparition d'un formalisme spécifique dédié à la compréhension du mécanisme de la prise de décision, en particulier dans la gestion de production. Des études de fonctionnement décisionnel ont été menées à partir de ce module. D'après Le Moigne [LEM 74], le concept de pilotage concerne la définition et l'organisation des relations entre sous-système physique et sous-système de décision ainsi que des activités liées à la prise de décision. Selon l'approche automaticienne, on retrouve derrière le concept de pilotage [BRE 1984], une partie opérative et une partie commande. Selon Doumeingts [DOU 1984], piloter un système c'est assigner à chaque partie du système un ou plusieurs objectifs à atteindre. Les activités de pilotage ont pour conséquences de guider chacune des parties du système vers ses objectifs. D'après Avenier [AVE 1984], le terme pilotage industriel introduit volontairement un parallèle entre l'entreprise et certains engins complexes. « Piloter un engin, c'est choisir un objectif par rapport auquel il faut définir la meilleure trajectoire. Une fois l'engin lancé, il faut corriger en permanence ses écarts par rapport à la trajectoire. Il faut ensuite envisager de modifier en cours de route la trajectoire ou même l'objectif, lorsque des informations sur l'état de l'univers extérieur et sur le comportement de l'engin montrent que le plan initial ne peut être maintenu ». L'AFGI [AFG 1992] définit le pilotage comme un mécanisme multi-niveau, hiérarchisé et bouclé. Ces niveaux, qui ne sont pas à confondre avec les niveaux hiérarchiques de l'organigramme de l'entreprise, sont chacun caractérisés par leur horizon, leur période et leur maille. Le processus consiste alors, niveau par niveau, par cadrages successifs, à préparer formellement, progressivement, en cohérence et avec une exécutabilité croissante les conditions de la réalisation pour se terminer par l'émission d'ordres exécutoires vers le processus physique (opérant). Il est fait de comparaisons, d'itérations, de simulation,… et pour atteindre les objectifs fixés, nécessite des moyens de mesure et d'évaluation et des moyens d'action. Le pilotage est définit par [TRE 1996] comme la structure de décision et d'information associée à la gestion temps réel. Cette fonction comprend deux sous-fonctions : conduite et commande. La fonction conduite regroupe les activités décisionnelles qui sont traduites en ordres et transmises au niveau commande.

2.1. Etapes du pilotage industriel

D'un point de vue organisationnel, l'AFGI [AFG 1992] distingue deux types de pilotage : types économique et technique. Le type économique définit une organisation ou une réorganisation des processus opérants… Les actions correctives prises à ce niveau sont des actions de remise en cause des processus et de modification de leur finalité. Le type technique, quant à lui, fait appel aux activités de lancement et de suivi, c'est-à-dire à la réalisation des activités du système opérant. Les choix issus du pilotage technique consistent à remettre en cause localement des activités opérantes d'un processus, sans que la finalité ne soit remise en cause en utilisant les évaluations retournées par les indicateurs élémentaires sur les activités opérantes.
Quant à nous, vis à vis de la réactivité, nous proposons les trois étapes de pilotage suivantes [BER 1999] :

- *L'étape de pilotage « a priori »* correspond à la définition d'une trajectoire acceptable sinon optimale du système. C'est une phase théorique fondée sur la modélisation et définie avant l'exécution. Elle pose des problèmes de principe, puisque les résultats sont obtenus à partir de modèles.
- *L'étape de pilotage « réactif par anticipation »* correspond à la correction en permanence des écarts de la trajectoire réelle par rapport à la trajectoire prévue. Ce type de pilotage événementiel agit, d'une part, sur les facteurs techniques internes et maîtrisables pour corriger les éventuelles dérives du système, et prévoit, d'autre part, des actions préventives conditionnelles et systématiques pour éviter l'arrivée de certaines perturbations. Cette étape nécessite la mise en place d'une maintenance préventive et d'un système d'indicateurs de processus [BERC 1997] [BERR 1997].
- *L'étape de pilotage « a posteriori »* s'effectue à la suite de l'arrivée d'une perturbation sans avoir pu l'anticiper (commande urgente), d'un aléa résiduel (défaillance machine) ou après obtention de résultats périodiques. Il peut impliquer dans certaines conditions la modification de la trajectoire prévue. Il nécessite la mise en place d'un système d'indicateurs de résultats et d'une maintenance corrective.

2.2. Structure locale du processus de pilotage

La structure locale du processus de pilotage (Figure – 1) présente de manière « macroscopique », d'une part, l'organisation des trois étapes de pilotage autour du système et, d'autre part, les liens pouvant exister entre ces étapes et le système à piloter.

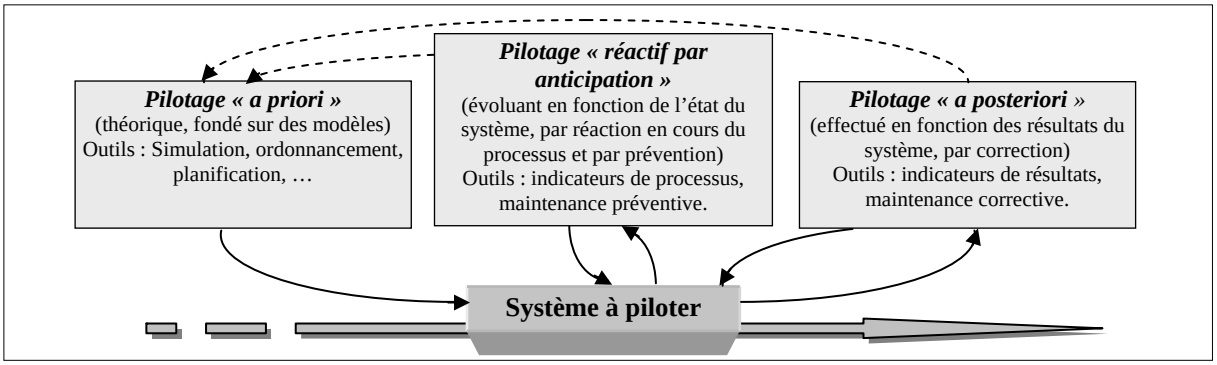

Figure – 1. Structure locale du processus de pilotage.

2.3. Le centre de pilotage

L'application du pilotage industriel nécessite la définition de structures organisées autour des systèmes à piloter. Nous définissons un centre de pilotage (CP) comme étant « *une structure autonome, mais dépendante de la stratégie de l'entreprise, ayant un pouvoir décisionnel, associée à une entité à piloter et disposant d'un ensemble de moyens nécessaires à la mise en place d'actions pour atteindre un ou plusieurs objectifs définis dans le cadre global de l'entreprise* ».

Ce centre de pilotage comporte et dispose des éléments suivants :
- Acteur(s) décideur(s) ;
- Données internes : Référent(s) (par exemple CA), objectif(s) (10 MF pour l'année) ;
- Données externes : données liées à l'environnement, données liées au système à piloter, données structurelles ;
- Outils d'aide à la décision (indicateurs de performance, outils d'ordonnancement et de planification, simulation, …) ;
- Ressources (humaines, matérielles) pour la mise en place des actions.

Les activités d'un CP correspondent à la mesure, l'évaluation, la décision et la mise en place d'actions. La figure 2 présente l'enchaînement de ces activités au sein d'un CP pour former, d'une part, le processus de décision (évaluation – décision) et d'autre part, le processus de pilotage (mesure – évaluation – décision – actions). Elle montre aussi les relations avec les composantes internes et externes au centre.

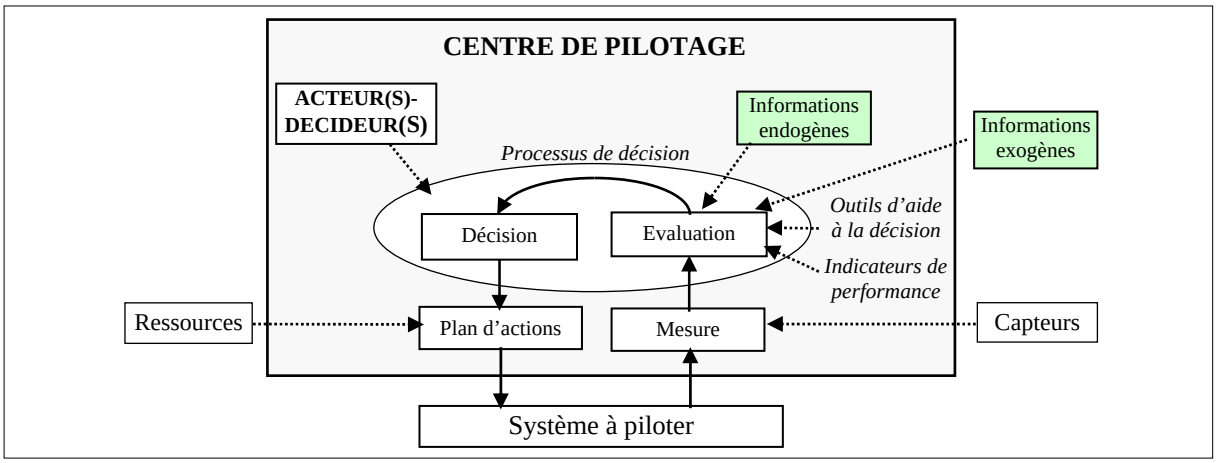

Figure – 2. Structure d'un centre de pilotage.

2.4. Informations d'échange entre CP et système piloté

Nous proposons de manière non exhaustive une typologie de l'information pouvant exister entre deux CP ou entre un CP et le système à piloter illustrée par la figure 3. La cohérence de l'ensemble du système dépend de ces informations :

- *Les informations structurelles* concernent les produits (gammes, délais, …), les ressources (machines, acteurs, …), les clients, ... Pour éviter la duplication des données, elles peuvent être stockées sur une base commune. Elles sont mises à la disposition – *information tirée* – des CP qui en ont besoin (achat, planification,

production…). Des CP compétents sont responsables de la mise à jour et de la fiabilité de ces données.

- *Les informations décisionnelles* correspondent à des décisions émises – *information poussée* – par un CP à la suite d'un processus de décision, sous forme d'objectifs et/ou d'actions, vers un ou plusieurs CP destinataires de même niveau ou de niveau hiérarchique inférieur. Ainsi, dans un pilotage « interprété », c'est au CP destinataire d'atteindre cet objectif d'une manière autonome, en se fixant des variables d'action, en construisant lui-même ses indicateurs ou tableaux de bord. Une information décisionnelle ne peut provenir que d'un CP.
- *Les informations de conduite* concernent généralement le système à piloter au niveau opérationnel (priorité associée aux Ordres de Fabrication, gestion des priorités dans une file d'attente, règles de conduite d'un transporteur,…). Elles sont stockées par chaque CP car elles peuvent être différentes d'un CP à un autre et changer en fonction de l'état du système.
- *Les informations d'état* sont issues – *information poussée* – du système piloté (ressources et flux physique) et renseignent en permanence le CP concerné de l'état du système en fonction du temps (marche, panne, arrêt, situation d'un OF,…). Elles sont déclenchées par des événements prédéterminés ou contingents et sont utilisées dans un pilotage réactif anticipé. Elles ont comme supports des capteurs ou des indicateurs de processus. Cette information servira à l'évaluation dans le processus de prise de décision du CP concerné.
- *Les informations de retour* sont obtenues à partir du système piloté de manière périodique. Elles ont pour supports des indicateurs de résultats et concernent flux physiques et ressources. Elles sont tirées du système et servent dans le cas d'un pilotage a posteriori (production, disponibilité, …).
- *Les informations de l'environnement* concernent les CP situés aux niveaux hiérarchiques supérieurs. Ces informations plutôt *tirées* correspondent à des décisions stratégiques (étude de marché, lancement d'un nouveau produit, …).

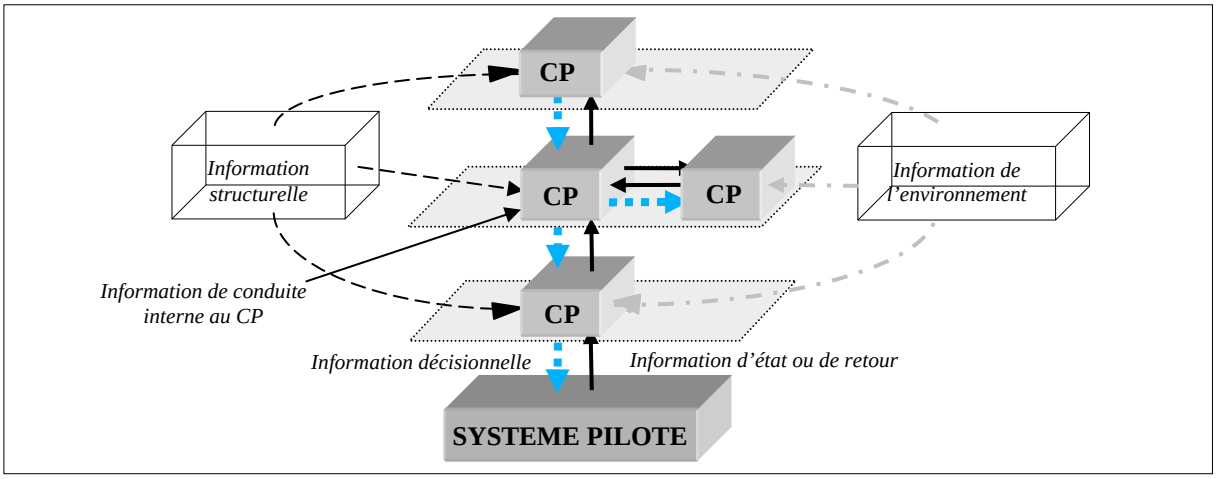

Figure – 3. Relations d'échange entre centres de pilotage.

3. Simulation et pilotage

3.1. Description du système de production

Le système manufacturier modélisé pour valider l'étape de pilotage « a priori » est tiré d'une ligne de production de l'entreprise ALCATEL – Annecy. Il est composé de trois centres de charge disposés en ligne. Les premier et dernier centres sont récents, automatisés et en parfait état de fonctionnement. Le deuxième centre, à capacité modifiable en fonction de la charge puisqu'il comporte deux machines, est ancien et non automatisé. Il pose différents types de problèmes (pannes, retouches ou rebuts, changement d'outils) qui réduisent sa capacité en provoquant un ralentissement de la production. De ce fait, l'association d'un centre de pilotage à ce dernier s'avère indispensable pour mettre en place les actions nécessaires à la maîtrise de la production de la ligne. La production comprend deux types de produits fabriqués par lots, nécessitant un temps de changement d'outil uniquement sur le deuxième centre.

La démarche utilisée pour piloter ce centre de charge est définie en quatre étapes :

- Choisir le référent et fixer l'objectif (stock d'encours, ne pas dépasser le seuil limite du niveau de stock),
- Rechercher les causes d'une augmentation du stock (définir les inducteurs),
- Définir les indicateurs associés à ces inducteurs et leurs niveaux de déclenchement,
- Choisir les variables d'actions nécessaires pour parvenir à l'objectif (une variable d'action ou de décision représente un moyen d'action, c'est-à-dire une commande mise à la disposition du décideur pour modifier le comportement du système piloté [MEL 1972]).

3.2. Modélisation de la ligne et du CP

Malgré la difficulté de modélisation d'un centre de pilotage avec les outils actuels, nous avons utilisé le logiciel ARENA. Le pilotage est accompli par le lancement en cascade d'une série de tests logiques du type « Si *variable est vraie* Alors *action* ». Les variables utilisées sont associées à des indicateurs de processus et à leurs inducteurs.

L'application se porte sur le stock amont du deuxième centre de charge :

Référent : stock d'encours du centre de charge n° 2
Indicateur de processus : niveau du stock
Objectif : rester en dessous de 35 produits (seuil limite)
Niveau de recherche des causes et de déclenchement des actions : 25 produits (seuil d'alerte)

Inducteur	*Indicateur de processus et valeur de déclenchement de l'action*	*Levier ou variable d'action*
Capacité insuffisante	Taux d'activité du centre n° 2 : ≥ 80%	Utilisation de 2 machines en parallèle
Panne importante	Etat du centre n°2 : panne	Dépannage immédiat et amélioration de la fiabilité
Changement de série long	Etat du centre n° 2 : changement série	Diminuer les temps de changement de série
Mauvais réglage	Taux de rebuts du centre n° 2 : ≥ 10%	Régler machine et améliorer la capabilité

Les seuils d'alerte associés aux indicateurs élémentaires ont été définis en fonction de la réactivité du centre de charge suite à la mise en place de l'action correspondante (ce temps doit être inférieur au temps qui sépare les deux seuils limite et d'alerte de l'indicateur), alors que le seuil d'alerte associé au stock d'encours a été défini en fonction de la somme des temps de réaction de l'ensemble des actions.

L'entité du modèle représente le flux physique circulant dans le système (pièce, produit, lot,…). L'arrivée d'une entité dans une fonction du modèle provoque un changement d'état et par conséquent, a le rôle de déclencheur d'actions lorsque la valeur de déclenchement de l'indicateur considéré est atteinte ou dépassée. La logique du processus de pilotage est décrite ci-dessous :

A *chaque* *arrivée* d'un produit dans le stock amont du centre n° 2 ;
Augmenter le niveau du stock d'une unité ;
Si « Niveau stock ≥ Seuil alerte (25) » *Alors ;*
Si « Taux activité ≥ Seuil alerte (80%) » *ET* « Capacité = 1 Machine » *Alors* « Utiliser 2 machines en parallèle » *Fin ;*
Si « Etat machine = Panne » *ET* « Durée = Longue » *Alors* « Dépanner immédiatement et planifier maintenance préventive » *Fin ;*
Si « Etat machine = Changement série » *ET* « Durée > Temps prévu » *Alors* « Diminuer le temps de changement de série et planifier une action SMED » *Fin ;*
Si « Taux de rebuts ≥ Seuil alerte (10%) » *Alors* « Régler machine et mettre en place carte de contrôle » *Fin ;*
Sinon *Si* « Niveau stock < Seuil alerte (25) » *ET* « Capacité = 2 Machines » *ET* « Taux activité < Seuil bas (45%) » *Alors* « Utiliser une seule machine » *Fin ;*

3.3. Résultats et analyse

Pour mesurer l'efficacité et analyser les effets du pilotage a priori, nous avons effectué trois cas de simulation :

- Dans le premier cas, nous simulons la ligne sans perturbation. Tous les centres de charge sont en parfait état de fonctionnement,
- Dans le deuxième cas, nous simulons la ligne perturbée à travers le deuxième centre de charge (pannes, changement de série, retouches), mais avec un pilotage limité n'agissant que sur la capacité de ce centre,
- Dans le troisième cas, nous simulons la ligne perturbée mais avec un pilotage réactif anticipé tenant compte de l'ensemble des actions définies.

Les indicateurs utilisés par la simulation pour effectuer le pilotage et réguler le niveau de stock du centre de charge en question sont de deux types : les indicateurs de processus et les indicateurs de résultats.

- Indicateurs de processus (obtenus en cours de simulation) :
  - Niveau de stock du centre de charge n° 2,
  - Nombre de machines utilisées simultanément,
  - Etat du centre de charge n° 2 (marche, panne, changement série),
  - Taux d'activité du centre,
  - Taux de retouche,

Taux de panne,
Taux de changement de série.

- Indicateurs de résultats (obtenus en fin de simulation) :
  Nombre de pannes,
  Nombre de changements de série,
  Nombre de rebuts ou retouches,
  Production totale du centre n° 2.

En l'absence de problèmes, les temps opératoires fournis par les gammes des deux produits sont définis de manière homogène sur les trois centres de charge pour éviter la formation de goulets sur la ligne. Les résultats de simulation dans ces conditions sont en parfaite adéquation avec les données.

Cas sans perturbations						
	Capacité (Nb machines)	*Moyenne*	*Variation*	*Minimum*	*Maximum*	*Valeur finale*
Taux centre 2	**1**	0.98	0.06	0	1	1
Stock centre 2	-	1.84	0.72	0	**5**	1
Production du centre 2	-	-	-	-	-	327
Cas perturbé, avec pilotage limité à la capacité						
	Capacité (Nb machines)	*Moyenne*	*Variation*	*Minimum*	*Maximum*	*Valeur finale*
Taux centre 2	**2**	1.54	0.097	0	2	1
Stock centre 2	-	23.5	0.38	0	**41**	23
Production du centre 2	-	-	-	-	-	384
Taux de ch. série	-	0.04	4.88	0	1	0
Taux de panne	-	0.35	1.37	0	1	0
Taux de retouche	-	0.23	0.57	0	1	0.21
Nombre de retouches	-	-	-	0	78	78
Nombre de ch. série	-	-	-	0	3	3
Nombre de pannes	-	-	-	0	21	21
Cas perturbé, avec pilotage étendu à l 'ensemble des actions						
	Capacité (Nb machines)	*Moyenne*	*Variation*	*Minimum*	*Maximum*	*Valeur finale*
Taux centre 2	**2**	1.40	1.26	0	2	1
Stock centre 2	-	21.3	0.32	0	**25**	24
Production du centre 2	-	-	-	-	-	363
Taux de ch. série	-	0.05	4.44	0	1	0
Taux de panne	-	0.25	1.70	0	1	0
Taux de retouche	-	0.21	0.65	0	1	0.15
Nombre de retouches	-	-	-	0	53	53
Nombre de ch. série	-	-	-	0	3	3
Nombre de pannes	-	-	-	0	10	10

Tableau – 1. Résultats des différents cas de simulation.

D'après les résultats présentés dans le tableau 1, nous pouvons émettre les commentaires suivants :

- Le premier cas correspondant à une ligne sans problème sur le centre de charge n° 2, nous pouvons remarquer que le flux est équilibré, la ligne ne présente pas de goulet même avec une seule machine dans le centre 2 et le stock amont n'excède pas le maximum de 5 pièces.
- Le deuxième cas correspondant à une ligne perturbée à travers le centre 2 (pannes, changements de série, rebuts), montre que sans pilotage on ne fait que constater que la capacité du centre 2 doit passer à 2 machines et le stock amont dépasse largement le seuil d'alerte fixé à 25 pièces ainsi que le seuil limite de 35 pièces.
- Le troisième cas intégrant le pilotage de la ligne perturbée montre qu'il est toujours nécessaire, vu les arrêts provoqués par les différents problèmes (pannes, changements de série, retouches), d'augmenter la capacité du centre mais ce pilotage a permis de réguler la taille du stock au cours du temps puisque sa charge ne dépasse guère le seuil d'alerte de 25 pièces.

Dans l'application considérée, l'intérêt d'appliquer un pilotage « a priori » dans la simulation de la ligne est mis en évidence par la constatation de l'effet des actions, l'anticipation de leur mise en place, leur planification ainsi que l'affectation des opérateurs sur les deux machines. Tout ceci peut être mis en évidence graphiquement en fonction du temps, mais pour des raisons de concision les résultats graphiques n'ont pas été intégrés à cet article. Il est évident, pour que les résultats en temps réel soient concordant avec les résultats de simulation il faut appliquer l'étape de pilotage « réactif par anticipation », un plan d'actions doit être intégré au CP et mis en place par les acteurs concernés.

4. Conclusion

Contrairement à l'utilisation usuelle de la simulation comme outil d'aide à la conception, à la réimplantation ou à la validation des processus physiques des systèmes de production, ce travail aborde la simulation en tant qu'outil d'aide au pilotage « a priori ».
En effet, avec l'évolution du pilotage, l'entreprise actuelle ne se contente plus de constater un résultat uniquement. Mais elle tient compte de plus en plus des perturbations internes et liées à l'environnement, afin d'essayer de les absorber au mieux au cours d'un pilotage « réactif par anticipation ». Dans ce type de pilotage, chaque centre de pilotage tient compte de sa marge d'interprétation pour prendre des décisions et mettre en place des actions de manière continue et en tout point du système.
De ce fait, il est nécessaire à l'heure actuelle d'avoir des outils de simulation qui permettent de modéliser cette manière de piloter, et de déterminer au mieux a priori l'impact des décisions prises.
La modélisation de ce type de pilotage à été possible notamment grâce à la structure du centre de pilotage et les relations d'échange entre ces centres et le système à piloter. Ces structures nous ont permis de définir des inducteurs, des indicateurs de performance, des variables d'actions, afin de réaliser le modèle sur une ligne de production dans l'entreprise ALCATEL, avec le logiciel ARENA. Les résultats obtenus des différentes simulations montrent l'efficacité et l'intérêt du pilotage « a priori ».
Cependant, malgré la puissance de l'outil utilisé, les logiciels actuels restent mal adaptés à la modélisation du pilotage. L'objectif de ce travail est d'une part la proposition d'une démarche d'aide à la modélisation d'un système de pilotage, et d'autre part, une contribution pour l'amélioration des outils de simulation.

5. Références

[AFG 1992] Association Française de Gestion Industrielle, *« Evaluer pour Evoluer, les Indicateurs de Performance au Service du Pilotage Industriel »*, Ouvrage Collectif AFGI, octobre 1992.

[AVE 1984] Marie-José Avenier, *« Pilotage de l'Entreprise et Environnement Complexe, une Aide à la Conception d'un Pilotage plus Effectif »*, Thèse d'Etat en Sciences Economiques, Université de Droit, d'Economies des Sciences d'Aix-Marseille, le 5 juillet 1984.

[BAK 1996] M. Bakalem, G. Habchi, A. Courtois, *« Conceptual Frames for Physical and Control Systems Modelling in Manufacturing Simulation »*, 8th European Simulation Symposium, Simulation in Industry, vol. 1, pp. 319-323, october 24-26, 1996, Genoa, Italy.

[BAL 1997] Eric Ballot, *« La Simulation Industrielle : Aide Réelle ou Virtuelle à la Prise de Décision ? »*, Revue Française de Gestion Industrielle, vol. 16, n° 1, pp. 21-38, 1997.

[BERC 1997] Claire Berchet, *« Conception d'un Système d'Indicateurs en Vue de l'Intégration dans un Modèle de Simulation »*, Mémoire de DEA en Productique, INSA de Lyon, juin 1997.

[BER 1999] Claire Berchet, Georges Habchi et Alain Courtois, *« Pilotage et Prise de Décision Industrielle »*, 3ème Congrès International de Génie Industriel, vol. 3, pp. 1955-1964, Montréal, mai 1999.

[BERR 1997] Lamia Berrah, *« Une Approche d'Evaluation de la Performance Industrielle – Modèle d'Indicateur et Techniques Floues pour un Pilotage Réactif »*, Thèse de Doctorat Spécialité Génie industriel, INP de Grenoble, septembre 1997.

[BRE 1984] Alain Dominique Breuil, *« Outils de Conception et de Décision dans les Organisations de Gestion de Production »*, Thèse d'Etat en Sciences, Université de Bordeaux, 1984.

[CHA 1994] Chau-PYK, Bell-PC, *« Decision-Support for the Design of a New Production Plant Using Visual Interactive Simulation »*, Journal of the Operational Research Society, vol. 45, n° 11, pp. 1273-1284, 1994.

[DOU 1984] G. Doumeingts, *« Méthode GRAI : Méthode de Conception des Systèmes en Productique »*, Thèse d'état de l'université de Bordeaux I, 1984.

[FIS 1997] Paul A. Fishwick, *« Computer Simulation : Growth Through Extension »*, Transactions of the Society for Computer Simulation International, n° 14, pp. 13-23, 1997.

[HAB 1992] G. Habchi et F. Deloule, *« Study of Modeling and Simulation for a Chemical Production System »*, Simulation Journal, Society for Computer Simulation International, vol. 58, pp. 366-374, 1992.

[HAB 1995] G. Habchi et C. Labrune, *« Study of Lot Sizes on Job Shop Systems Performance Using Simulation »*, Simulation Practice and Theory Journal, Elsevier, vol. 2, pp. 277-289, 1995.

[HAB 1999] G. Habchi and C. Berchet, *« Analysis of Decision Making and Industrial Control Process »*, Proceedings of DSI'99, Athens, Greece, 4-7 july 1999.

[LEM 1974] J.-L. Le Moigne, *« Les Systèmes de Décision dans les Organisations »*, Presses Universitaires de France, 1974.

[LEM 1981] Pierre Lemaître, *« La Décision »*, Les Editions d'Organisation, Collection Tormaction, 1981.

[MEL 1972] J. Melèse, *« L'analyse Modulaire des Systèmes, AMS »*, Homme et techniques, 1972.

[TRE 1996] Damien Trentesaux, *« Conception d'un Système de Pilotage Distribué, Supervisé et Multicritère pour les Systèmes Automatisés de Production »*, Thèse de Doctorat de l'INP de Grenoble, spécialité Automatique/Productique, janvier 1996.