ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

RAPPORT DE PROJET PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE EN TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION M.ing.

> PAR RIVIÈRE, Stève

ADAPTATION LOGICIELLE DE L'ERP SAP POUR L'AMELIORATION DU PROCESSUS DE FABRICATION A KOMATSU CANADA.

MONTRÉAL, LE 27 SEPTEMBRE 2009

© Stève Rivière, 2009

PRÉSENTATION DU JURY

<CE OU CETTE> <RAPPORT DE PROJET OU MÉMOIRE OU THÈSE> A ÉTÉ ÉVALUÉ<E>

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

- <M. ou Mme Nom du professeur>, directeur de <projet, mémoire ou thèse> <Nom du département> à l'École de technologie supérieure
- < M. ou Mme Nom du professeur>, codirecteur de <projet, mémoire ou thèse> <Nom du département> à l'École de technologie supérieure
- < M. ou Mme Nom du président du jury>, président du jury <Nom du département> à l'École de technologie supérieure
- < M. ou Mme Nom du membre du jury>, membre du jury < Compagnie>
- < M. ou Mme Nom du membre du jury>, examinateur externe <Compagnie>

<IL OU ELLE> A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE> DEVANT JURY ET PUBLIC

LE <DATE>

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

La rédaction de ce projet d'applications en entreprise est l'aboutissement d'études de second cycle entamé depuis quelques années déjà. Faut-il mentionner que sans le support inconditionnel de ma famille, en particulier ma femme Abélarde et mes deux fils Jonathan et Benjamin, il m'aurait été difficile de concilier travail, études et vie familiale. Ma gratitude va donc en tout premier lieu à ces êtres qui me sont très cher.

Je voudrais ensuite remercier mon équipe technique à Komatsu: Yvon, l'administrateur de systèmes pour qui le développement d'applications pour terminaux mobiles n'avait plus de secret, les techniciens Yan et Christian sans l'aide desquels il aurait été impossible de monter l'infrastructure technique requise à la fabrication et enfin Marie-Claude, notre spécialiste du progiciel de gestion SAP. Ses connaissances approfondies de la planification de production et son expertise ont été fondamentale pour la réussite du projet à Komatsu et pour la rédaction de ce rapport.

Finalement, Je tiens à remercier Mr. Alain April d'avoir bien accepté de diriger ce travail et de m'avoir servi de guide dans la rédaction. Malgré sa charge de travail considérable et les nombreux étudiants qui le sollicitent, il s'est toujours montré très disponible et ses conseils m'ont permis d'avancer rapidement dans la rédaction de ce rapport final.

ADAPTATION LOGICIELLE DE L'ERP SAP POUR L'AMELIORATION DU PROCESSUS DE FABRICATION A KOMATSU CANADA

RIVIERE, Stève

RÉSUMÉ

Komatsu est une entreprise manufacturière spécialisée dans l'assemblage de chargeuses frontales. Depuis 2005, les conditions économiques ont fait très mal à l'entreprise qui a alors décidé de reviser ses coûts et d'améliorer certains processus clés afin de bien se positionner lors de la reprise. Le présent projet d'application s'est penché particulièrement sur la fabrication des châssis de chargeuses et en a optimisé le processus d'exécution et de contrôle, notamment en corrigeant la nomenclature des produits, en revisant et améliorant les gammes opératoires et la structure des prix de revient. Finalement, un système d'échange d'information a été implémenté entre le plancher de fabrication et le système ERP SAP basé sur les interfaces BAPI. Grâce à ces interfaces, l'information du plan de fabrication et les ordres de fabrication sont diffusés en temps réel aux stations de ce département. En retour, ceux-ci sont à présent capable, avec les systèmes à codes à barres, de donner les status en temps réel de la fabrication, d'ajuster les inventaires d'intrants consommés et de produits finis au fur et à mesure de la fabrication des châssis. Les systèmes ont été développés en prenant comme référence le modèle de flux ISA 95 pour les MES (Manufacturing Execution Systems).

Mots-clés: Komatsu, MES, ISA 95, BAPI, fabrication, exécution, contrôle, code barres

ADAPTATION LOGICIELLE DE L'ERP SAP POUR L'AMELIORATION DU PROCESSUS DE FABRICATION A KOMATSU CANADA

RIVIERE, Stève

ABSTRACT

Komatsu is an important manufacturer of heavy equipment. On its plant, on the south shore, the company is assembling up to eight different models of wheel loaders. Unfortunately, since 2005, the economic situation and the construction crisis in USA had a considerable negative impact on Komatsu's production. This forced the company to start a few projects to reduce costs and to improve production processes. This report is focusing on one of these projects, the improvement of the execution and control of the fabrication process based on ISA 95 MES (Manufacturing Execution Systems) model. To achieve our objectives, we had to correct the Build of material, the routings and product cost structure of the frames needed for the wheel loaders. Then, we developed a shop floor infomation system based on SAP BAPI interfaces. This system allowed production planing information, fabrication order and shop floor paper to be push to the fabrication workstations. Using scanners and barcoding technology, the application allow partial and final confirmation of the fabrication process to be sent to SAP for processing.

Keywords: Komatsu, MES, ISA 95, BAPI, fabrication, execution, control, barcoding

TABLE DES MATIERES

INTRO	DDUCTI	ON	• • • • • • •
СНАР	ITRE 1	Activités d'exécution et de contrôle de la production (MES) : Revue de littérature et état des lieux	,
1.1	Dáfiniti	ion et objectifs du MES	
1.1	1.1.1	Définition et objectifs	
	1.1.1		
		Avantages	
1.2	1.1.3	Historique	
1.2		es, normes et modèles des systèmes MES	
	1.2.1	MESA international	
	1.2.2	Les exigences fonctionnelles d'un MES suivant la MESA	
	1.2.3	La norme ISA 95	
	1.2.4	Les paliers de ISA 95	
	1.2.5	Les modèles	
		1.2.5.1 Le modèle hiérarchique	
		1.2.5.2 Le modèle de flux	
1.3		nnement : vue d'ensemble du processus en fonction du modèle ISA 95	
	1.3.1	Description du processus et définition de concepts	
	1.3.2	Ordres de fabrication - contexte de production discret et répétitif	
		1.3.2.1 Planification de production et MRP	
		1.3.2.2 Les résultats de MRP	
		1.3.2.3 La confirmation des ordres de fabrication	
1.4	•	tèmes MES existants	
	1.4.1	Revue des systèmes.	
	1.4.2	Le progiciel de gestion intégré SAP et les MES	
		1.4.2.1 Le logiciel SAP aujourd'hui	
		1.4.2.2 Exécution et contrôle de la production avec SAP	2
CHAP	ITRE 2	Le processus de production de Komatsu	3
2.1		prise	
	2.1.1	Contexte socio-économique	
		2.1.1.1 Impact de l'effondrement du marché américain	
		2.1.1.2 Impact des cycles économiques	
		2.1.1.3 Impact de la chine et la crise de l'acier	
		2.1.1.4 La crise du taux de change	
	2.1.2	Contexte technologique : Le logiciel SAP et les MES	
2.2	Le proc	essus de production	
	2.2.1	Processus de fabrication	
	2.2.2	Processus d'assemblage	
2.3		ctionnement du processus de fabrication	
	2.3.1	Faiblesses du processus de mise à jour de l'inventaire	
		2.3.1.1 Retard dans la confirmation finale	
		2.3.1.2 Impact sur le processus d'assemblage	
	2.3.2	La non-adéquation des configurations dans SAP	

		2.3.2.1 Nomenclature du produit et Erreurs de "backflush"	45
		2.3.2.2 Gamme opératoire (routings)	50
		2.3.2.3 Stations de travail et détermination des prix de revient	51
		2.3.2.4 Relation avec le costing	
	2.3.3	Déficience de la modélisation du processus actuel de fabrication	53
		2.3.3.1 Responsabilités des planificateurs de production	
		2.3.3.2 Responsabilités des superviseurs de fabrication	
		2.3.3.3 Suivi de l'avancement de l'ordre de fabrication	
2.4	Amélio	ration du processus : le mandat	
	2.4.1	Justification du projet d'amélioration	
	2.4.2	Les Objectifs	
	2.4.3	Durée de l'implantation et indicateurs de mesures du succès	57
		Améliorations du processus et résultats	
3.1		essus revisé : Utilisation du modèle de flux ISA 95	
3.2	Correct	ion des dysfonctionnements de la fabrication	
	3.2.1	Correction de la nomenclature des produits	
	3.2.2	Correction des gammes opératoires	64
		3.2.2.1 Corrections des gammes	
		3.2.2.2 Définition détaillée des clés de contrôles de confirmation	
	3.2.3	Correction de la structure des prix de revient	
3.3	Les ada	ptations logicielles	70
	3.3.1	Adaptation de COOIS (Production Order Information System)	70
		3.3.1.1 Objectifs de l'adaptation de COOIS	
		3.3.1.2 Champs et tables requises pour le système	72
		3.3.1.3 Le programme	73
		3.3.1.4 Résultats du programme	
	3.3.2	Développement d'un système d'information de plancher	82
		3.3.2.1 "Shop floor paper"	82
		3.3.2.2 Objectifs VBA du système d'information de plancher	83
		3.3.2.3 Les composantes du système VBA	83
		3.3.2.4 Interface de saisie des temps réel et des codes de confirmation	94
	3.3.3	Adaptation de CO11N (Time Ticket for Production Order)	95
		3.3.3.1 La situation avant le projet	95
		3.3.3.2 Objectifs de l'adaptation de CO11N	97
	3.3.4	Développement des interfaces BAPI	97
		3.3.4.1 Confirmation via BAPI	97
		3.3.4.2 Les BAPIs : Définition	98
		3.3.4.3 Les BAPIs existants pour la confirmation	102
		3.3.4.4 La méthode de classe "ProdOrdConfirmation.	
		CreatePredefTimeTicketMultiple"	103
		3.3.4.5 Exemple d'appel du BAPI à partir d'une application VBA	
	3.3.5	Un mot sur l'utilisation des lecteurs codes barres	
3.4	Résulta	ts et indicateurs	112

CONCLUSION	115
ANNEXE I Les 31 flux d'informations dans le modèle de flux ISA 95	116
ANNEXE II Transaction dans SAP pour l'exécution et le contrôle de la production	119
ANNEXE III Usine de Candiac	121
ANNEXE IV Consommation d'acier mondiale de 1998 à 2009	122
ANNEXE V Châssis avant et arrière fabriqués dans le processus de fabrication	123
ANNEXE VI Ligne d'assemblage principale de Komatsu	124
ANNEXE VII Photos de quelques stations du département de fabrication de Komatsu	125
ANNEXE VIII Liste des champs du paramètres "Timetickets"	126
ANNEXE IX Arbre des évènements possibles avec les lecteurs de codes barres	130
LISTE DE RÉFÉRENCES	131

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1.1 VALEURS AJOUTÉES DES SYSTÈMES MES	3
TABLEAU 1.2 ISA 95 ET LES NORMES INTERNATIONALES	10
TABLEAU 1.3 LES 12 FONCTIONS DE L'ENTREPRISE - MODÈLE DE FLUX ISA 95	15
TABLEAU 2.1 AUTRES STATISTIQUES SUR L'USINE DE CANDIAC	33
TABLEAU 2.2 LES STATIONS DE TRAVAIL (WORK CENTERS) DU PROCESSUS DE FABRICATION	38
TABLEAU 2.3 DYSFONCTIONNEMENT DU PROCESSUS DE FABRICATION	41
TABLEAU 2.4 INDICATEURS DE MESURES DU SUCCÈS	58
TABLEAU 3.1 LISTE DES CHAMPS REQUIS POUR L'ADAPTATION DE COOIS	72
TABLEAU 3.2 BAPI POUT LE TRAITEMENT DES ORDERS DE PRODUCTION	102

Page

LISTE DES FIGURES

P	a	g	e

FIGURE 1.1 MES ET INTÉGRATION	5
FIGURE 1.2 MODÈLE FONCTIONNEL DES MES.	8
FIGURE 1.3 ISA 95 : MODÈLE HIÉRARCHIQUE FONCTIONNEL	12
FIGURE 1.4 ISA 95 : MODÈLE HIÉRARCHIQUE FONCTIONNEL (ÉQUIPEMENTS)	13
FIGURE 1.5 ISA 95 : MODÈLE DE FLUX D'INFORMATIONS	14
FIGURE 1.6 ISA 95 : LE PROCESSUS MRP	19
FIGURE 1.7 EXÉCUTION ET CONTRÔLE DANS SAP	28
Figure 2.1 Les modèles de chargeurses frontales	31
FIGURE 2.2 DEMANDE ET PART DE MARCHÉ DES CHARGEUSES	32
FIGURE 2.3 MISE EN CHANTIER ET PERMIS DE CONSTRUIRE AUX USA	34
FIGURE 2.4 ÉVOLUTION DU PRIX DE LA FERRAILLE COMME INDICATEUR DU PRIX DE L'ACIER	36
FIGURE 2.5 NOMENCLATURE (BOM) CORRECTE DU CHASSIS AVANT DU MODELE WA380-6 DANS SAP	45
FIGURE 2.6 LES CATEGORIES D'ITEM DANS SAP AFFECTANT LA DEDUCTION AUTOMATIQUE	46
FIGURE 2.7 NOMENCLATURE INCORRECTE D'OPTIONS DE CHASSIS : CATEGORIE DES ITEMS EN X (NON EN L)	48
FIGURE 2.8 EVOLUTION DES ERREURS DE BACKFLUSH EN \$ CANADIEN	49
FIGURE 2.9 AVANT LE PROJET : 1 SEULE OPÉRATION DANS SAP	51
FIGURE 2.10 STRUCTURE DU PRIX DE REVIENT	52
FIGURE 2.11 PROCESSUS DE FABRICATION ACTUEL (AVANT LE PROJET)	53
FIGURE 3.1 LE PROCESSUS DE FABRICATION REVISÉ DE KOMATSU	60
FIGURE 3.2 NOMENCLATURE CORRECTE D'OPTIONS DE CHASSIS	63
FIGURE 3.3 DEFINITION DES STATIONS DE TRAVAIL DANS SAP	66
FIGURE 3.4 MODIFICATION DES GAMMES OPERATOIRES DANS SAP	67
FIGURE 3.5 LES CLÉS DE CONTRÔLES	68
FIGURE 3.6 STRUCTURE DES COUTS DE REVIENT MODIFIE	70
FIGURE 3.7 COOIS – PRODUCTION ORDER INFORMATION SYSTEMS	71
FIGURE 3.8 SCHÉMA FONCTIONNEL SIMPLIFIÉ DE L'ADAPTATION DE COOIS : PROGRAMME ZKAZM453	75
FIGURE 3.9 PARAMÈTRES DE SÉLECTION DU PROGRAMME ZKAZM453	79
FIGURE 3.10 CRÉATION D'UNE VARIANTE POUR ZKAZM453	80
FIGURE 3.11 PROGRAMMATION D'UNE EXÉCUTION AUTOMATIQUE AUX 2 HRS POUR ZKAZM435	81
FIGURE 3.12 RÉSULTAT FINAL : LE FICHIER STMS.TXT	82
FIGURE 3.13 SCHÉMA FONCTIONNEL SIMPLIFIÉ DU DTS POUR LA LECTURE AUTOMATIQUE DE STMS.TXT	85

FIGURE 3.14 SYSTÈME D'INFORMATION SUR LE PLANCHER – LE TABLEAU DE BORD	87
FIGURE 3.15 MENU D'IMPRESSION DES ORDRES DE FABRICATION	88
FIGURE 3.16 VISUALISATION DES OPTIONS DES ORDRES DE FABRICATION	90
FIGURE 3.17 PAGE 1 DE L'ORDRE DE FABRICATION	92
FIGURE 3.18 PAGE 2 DE L'ORDRE DE FABRICATION	93
FIGURE 3.19 INTERFACE DE SAISIE DES TÂCHES ET DES CONFIRMATIONS	95
FIGURE 3.20 LA CONFIRMATION MANUELLE DES ORDRES DE FABRICATION DANS SAP	96
FIGURE 3.21 LE BAPI EXPLORER DANS SAP. CODE DE TRANSACTION : BAPI	99
Figure 3.22 Onglet détail du BAPI Explorer	99
FIGURE 3.23 ONGLET DOCUMENTATION DU BAPI EXPLORER	100
Figure 3.24 Paramètres d'une méthode (ici timetickets confirmation)	101
FIGURE 3.25 ONGLET TOOLS ET PROJETS DU BAPI EXPLORER	101
FIGURE 3.26 ARBRE DES EVENEMENTS POSSIBLES AVEC LES LECTEURS A LA FABRICATION	111
FIGURE 3.27 DIMINUTION DES ERREURS DE BACKFLUSH AVEC LE PROJET DE MARS À JUIN 2009	114

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ANSI	Institut américain pour les standards nationaux. American National Standards Institute
BAPI	Interface pour la programmation d'application d'affaires. Business application programming Interface
BOM	Nomenclature du produit. Build of Material.
ERP	Progiciel intégré de gestion. Enterprise Resources Planning
IDOC	Conteneur pour échange de données. Intermediate Document
IEC	Commission électrotechnique Internationale. International Electrotechnical commission
ISA	Société internationale pour l'automatisation. International Society for Automation
ISO	Organisation internationale de standardisation. International Organisation for Standardization.
MES	Système d'exécution et de contrôle de production. Manufacturing Execution Systems
MPS	Calendrier de production. Master production Schedule.
MRP	Système pour la planification de ressources. Material Requirement Planing
SAP	Application ERP SAP. Systems, Applications and Products
WMS	Système de gestion d'entrepôt. Warehouse management system

INTRODUCTION

Le présent rapport décrit un projet d'application à Komatsu International (Canada) Inc. où les dirigeants nous ont donné comme mandat, au département TI, d'améliorer le processus d'exécution et de contrôle de fabrication de l'entreprise afin de mieux maîtriser les temps standards et les coûts et de régler les débalancements d'inventaire. Notre mandat visait également l'optimisation des échanges d'information de production entre le plancher de production et SAP. En effet, la compagnie utilise le progiciel de gestion intégré SAP depuis 1996 mais n'utilise pas le plein potentiel de cet ERP puissant dans le domaine du contrôle et de l'exécution.

Pour atteindre ces objectifs, il faudra restructurer dans SAP les éléments de configuration fondamentaux requis pour la fabrication, notamment :

- 1) revoir la nomenclature de produit (BOM), la fiche article (material master), l'ordonnancement (routing) et le calcul des coûts de revient (product costing).
- 2) revalider les éléments du processus MRP qui permettent de générer les ordres de fabrication.
- 3) Introduire des ordres de fabrication avec codes à barres pour faciliter l'acquisition de données et le contrôle.
- 4) Enregistrer les activités directement sur le plancher, par les opérateurs du département de fabrication en utilisant des systèmes de lectures de codes à barres appropriés. Cet enregistrement devra se faire par SAP, par un système MES ou par toute autre méthode permettant de saisir l'information en temps réel dans le logiciel SAP.

Le présent rapport se penchera surtout sur le point 4, en présentant la technique qui a été selectionnée et utilisée par Komatsu, basée sur les interfaces BAPI fourni par SAP.

CHAPITRE 1

Activités d'exécution et de contrôle de la production (MES) : Revue de littérature et état des lieux

1.1 Définition et objectifs du MES

1.1.1 Définition et objectifs

Un système MES (manufacturing Execution System) permet la collecte en temps réel d'informations précises relatives à l'exécution de la production ou de la fabrication. L'objectif du MES est d'améliorer l'exécution et le contrôle des activités de production et de fabrication en permettant :

- d'acquérir automatiquement ou facilement, directement sur le plancher, des données sur l'exécution des tâches et de les intégrer aux systèmes de gestion ou de planification de production de l'entreprise.
- de réagir rapidement, au fur et mesure de la collecte, à toutes exceptions, problèmes et déviations par rapport au plan de production et par rapport à l'utilisation des ressources (ex : différence entre temps standards et temps réels, re-travail (rework), etc.

Plus encore, un MES permet d'optimiser toutes les activités logistiques au alentour de la production, de la création de l'ordre de production ou de fabrication jusqu'au produit fini, à sa mise en inventaire ou à son expédition chez un client ou vers un centre de distribution. Un MES bien monté permet, grâce à une meilleure gestion du flux d'information et de données, de mieux gérer les stocks, de réduire les gaspillages et d'améliorer les coûts de revient pour l'entreprise. Les données historiques collectées par un MES permettent une traçabilité et toute la généalogie du produit. Un bon MES peut aller jusqu'au contrôle de la qualité de façon automatisée et à de meilleures activités de maintenance préventive et curatives.

1.1.2 Avantages

Les systèmes d'exécution et de contrôle de la production font le lien entre la couche ERP et le plancher de production. D'après le portail du MES, la valeur ajoutée de ces systèmes ne fait plus aucun doute. Les enquêtes ont démontré des bénéfices au niveau de la réduction des coûts de fabrication, de la réduction des délais et de l'augmentation de la qualité. Le portail cite une enquête de la MESA dans des industries ayant déployés un système de contrôle. Les résultats se retrouvent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1.1
Valeurs ajoutées des systèmes MES

Critères évalués	Résultats
Cycle de production	Réduction d'environ 60% (40% au moins)
Réactivité	Gain de temps d'environ 45%
Gestion des données	Réduction du temps d'environ 60%
Stock d'en cours	Réduction d'environ 57%
Gestion papiers	Réduction d'environ 63%
Travaux de recherche	Réduction du temps d'environ 31%
Rebuts (Qualité)	Réduction d'environ15%

Source : Enquête de la MESA, cité par le Portail du MES. En ligne. http://www.mesportal.org/modules/M.E.S_Intro/Valeur_ajoutee.html>. Consulté le 2 juillet 2009.

1.1.3 Historique

L'origine des MES remontent à la fin des années 70 et au début des années 80. Vers cette période, les systèmes informatiques sont de plus en plus performants et permettent de traiter un volume plus considérable de données. Jürgen Kletti (2007) rappelle que plusieurs disciplines comme la planification de production, la gestion du personnel et l'assurance

qualité avaient déjà leurs propres systèmes de gestion à cette époque. Cependant, pour tout ce qui était du suivi de la production et du contrôle sur le plancher, on commençait à peine à avoir des fournisseurs de logiciels spécialisés et des systèmes performants d'acquisition de données. Alex N. Beavers (2001) souligne que ces logiciels se retrouvaient surtout dans le secteur de l'industrie automobile, de l'aérospatial et dans la production de biens de consommations durables mais qu'ils étaient surtout développés à l'interne dans les grandes compagnies de ces secteurs.

C'est également vers cette période qu'on commence à parler un peu plus des systèmes MRP qui bénéficient de la puissance accrue des ordinateurs. Malgré tout, les premiers systèmes MRP, bien que déjà performant pour la planification de ressources, géraient très mal les activités disparates de production sur le plancher et le contrôle de la production en temps réel (Gerhard et Ghoshal, 2004). On souffrait surtout de l'indépendance de tous ces systèmes développés ou achetés qui ne se parlaient pas. On a donc commencé à programmer des interfaces entre ceux-ci mais la synchronisation restait difficile et dispendieuse.

Nonobstant, les objectifs fonctionnels des systèmes d'exécution et de contrôle de production (qu'on va finir par appeler MES) commençaient à mieux se préciser. Suivant Jürgen Kletti (2007), on voudrait, en effet, que les MES adressent les besoins en :

- gestion de la production, d'acquisition de données sur le plancher et de contrôle des stations de travail.
- gestion du temps des ressources humaines (enregistrement des temps réel vs les temps standards, mouvement du personnel de production ou de fabrication, gestion de la main d'œuvre.
- assurance qualité (collecte de données pour les statistiques de qualité).

On voudrait que de tels systèmes règlent les problèmes d'interconnections mentionnés plus haut et présentent des interfaces standards pour faciliter la synchronisation des systèmes et leur intégration. Michael McClellan (1997) précise que ces systèmes doivent faire le lien

entre la planification des ressources (MRP, MRPII, ERP) et les systèmes de contrôle sur le plancher.

GESTION
VENTES
RVICES
GESTION
CHAÎNE
LOGISTIQUE

INGENIERIE
PRODUIT ET
PROCESSUS

CONTROLES

Figure 1.1
MES et intégration

Source : MESA international. MES context model. Les MES se doivent d'intégrer et interconnecter les systèmes dans l'entreprise.

Avec ces directions qui se précisent, les solutions MES deviennent de plus en plus solides et intégrés vers la fin des années 80 et le début des années 90. En effet, elles sont plus sophistiquées, utilisent plus de technologies d'automatisation, sont plus précises et l'exécution se fait en temps réel. Vers le début des années 2000, le marché global des MES dépasse le milliard de marks suivant un rapport du groupe Rockwell automation (2009).

1.2 Principes, normes et modèles des systèmes MES

1.2.1 MESA international

La MESA est une association internationale d'entreprises manufacturières, de professionnels de l'industrie et de fournisseurs de services en technologies de l'information dont le rôle est de promouvoir l'innovation et les meilleures pratiques dans le domaine de l'exécution et le contrôle de la production en rapport avec les onze fonctions principales du MES que nous allons présenter ci-après. L'expertise de la MESA dans le domaine est reconnue mondialement car elle a défini les meilleures pratiques et les standards méthodologiques pour permettre aux entreprises de mieux contrôler et de suivre les multiples activités sur le plancher de production et de réagir le cas échéant. La MESA organise internationalement de nombreuses rencontres entre professionnels de l'industrie, des symposiums, colloques et expositions visant à promouvoir la connaissance, l'innovation et l'échange de stratégies dans le domaine de l'exécution et le contrôle de la production.

1.2.2 Les exigences fonctionnelles d'un MES suivant la MESA

Suivant la MESA international, les systèmes intégrés d'exécution et de contrôle de production doivent rencontrer les onze principes fonctionnels suivants¹ (McLellan, 1997) :

Gestion de l'allocation des ressources et suivi : Tout MES doit permettre la gestion des ressources de l'entreprise (matières, équipements, capital humain). Il doit en permettre la gestion des capacités, des états, des rendements. Dans certains cas, un MES peut aller jusqu'à la prise en charge de la maintenance pour des équipements et jusqu'à la planification, la gestion des disponibilités et des qualifications pour les ressources humaines.

¹ On fait parfois référence à ces principes sous le nom de modèle fonctionnel de la MESA. Voir figure 1.2.

- Gestion des opérations, ordonnancement : Doit permettre d'établir un plan de production en fonction des priorités, attributs ou caractéristiques.
- Génération des ordres de production et de fabrication : doit permettre la gestion de la production ou de la fabrication par la création de billets de travail, ordre de fabrication ou de production, gestion de lots.
- Documentation: Doit permettre l'enregistrement et le maintien de toutes informations pertinentes pour chacune des unités (ou lot) fabriqué(e). Le système doit permettre le maintien des instructions de travail, des feuilles de procédés, l'accès aux dessins techniques, changements de l'ingénierie, informations sur les pièces.
- Acquisition de données: doit permettre l'enregistrement des données (début, fin, arrêt ou pause) en vue de la comparaison des temps standards et des temps réel de fabrication ou de production.
- Gestion de la main d'œuvre : doit permettre de savoir en tout temps le statut et la disponibilité de chaque opérateur sur le plancher.
- Gestion de la qualité : Doit permettre l'analyse en temps réel des données collectées.
 Le système doit pourvoir générer des alertes suites aux exceptions (retard dans l'exécution, pièces manquantes, pièces scrap) afin de permettre de réagir immédiatement et de corriger la situation.
- Gestion des procédés: suivi de la production en temps réel et permettre de corriger les problèmes dans le processus automatiquement ou à tout le moins en fournissant les informations aux opérateurs pour corriger la situation problématique.
- Gestion de la maintenance : doit permettre le suivi des équipements et outils utilisés,
 s'assurer de leur disponibilité et aviser l'équipe de maintenance le cas échéant.
- Collecte de données historiques: Pour chacune des unités (ou lot) fabriqué(e), le système doit permettre pratiquement en temps réel de savoir, en fonction du numéro d'identification ou de série, les opérateurs qui y ont travaillé, les pièces utilisés et leur provenance, les problèmes qui ont été associés à l'unité ou au lot, le re-travail qui a eu lieu le cas échéant, etc.

 Analyse de performance : Doit permettre de sortir en temps réel des rapports sur le statut de la production et des comparatifs entre le plan et l'actuel afin de faire ressortir les retards de production.

GESTION VENTES & SERVICES **ERP GESTION** CHAÎNE LOGISTIQUE Génération Gestion Ordres opérations, production Acquisition de données Gestion Qualité Gestion Capital humain **INGENIERIE** PRODUIT ET **PROCESSUS** Allocation des Généalogie ressources et Gestion des Données suivi procédés historiques Gestion opérations, ordonnancem ent Analyse de CONTROLES

Figure 1.2
Modèle fonctionnel des MES

Source : Adapté de MESA international : MES functionnal model. Suivant la MESA, un MES doit soutenir 11 fonctions clés.

1.2.3 La norme ISA 95

L'ISA est une association internationale dont le rôle est de définir les standards pour l'automatisation dans les entreprises manufacturières. L'ISA définit lui-même sa mission comme une de standardisation, de certification, de formation et d'éducation dans le domaine de l'automation. L'ISA a travaillé sur plusieurs standards mais celle qui nous intéresse dans

le cadre de ce projet est le standard ISA 95 (le projet 95) qui porte le nom de "Enterprisecontrol systems integration" (intégration des systèmes de contrôle dans l'entreprise).

ISA 95 a publié un nombre considérable de documents de standards relatifs à cette intégration qui est en faite celle qui doit se faire via interfaces entre les systèmes d'entreprises (ERP) et les systèmes de contrôle sur le plancher (MES). Chacun des documents d'ISA 95 se penchent sur le domaine suivant un angle différent pour un éclairage différent. Toutefois, Scholten (2007) précise qu'ISA 95 est surtout une approche méthodologique, une façon de travailler et de communiquer. Il ne faut surtout pas penser qu'ISA 95 est un système. Suivant le même auteur, l'approche méthodologique proposée par la norme ISA 95 permet de réduire les coûts, les risques et les erreurs associées avec les implémentations d'interfaces entre l'ERP et les systèmes de contrôle. De plus, ISA 95 met l'accent sur la définition d'une terminologie standard et commune afin de faciliter l'adoption et la compréhension des standards par tous les acteurs et les professionnels de l'industrie.

1.2.4 Les paliers de ISA 95

ISA 95 comporte 5 parties abordant les sujets suivants :

- Partie 1 : Intitulée "Enterprise control-system integration part 1 : models and terminology" et publiée en 1999, cette partie, la plus importante de ISA 95, traite des modèles de la norme et de la terminologie utilisée dans le domaine. Comme nous l'avons dit plus haut, ISA met vraiment l'accent sur la diffusion d'une terminologie standard. Nous allons revenir dans la prochaine section sur les principaux modèles de la norme.
- Partie 2 : a été diffusée en 2001 et s'intitule "Enterprise control-system integration part 2 : object model attributes". Elle constitue un complément important à la première et traite des modèles de données, incluant la définition des attributs des objets et la définition des données échangées.

- Partie 3 : publiée en 2005. Elle s'intitule "Enterprise control-system integration part 3 : activity models of manufacturing operations management". Cette troisième partie s'adresse vraiment aux opérations et activités sur le plancher de production et de fabrication et propose des modèles pour analyser ou améliorer ce qui s'y passe.
- Partie 4: appellée "Enterprise control-system integration part 4: object model and attributes of manufacturing operations management". Ici, on revient sur les concepts et les modèles déjà vus dans les sections 1 et 2 mais on insiste à présent sur la gestion des opérations et on parle des systèmes de gestion d'entrepôt (WMS), des système de gestion de maintenance qui doivent eux également échangées des informations et être intégrés au ERP.
- Partie 5: intitulée "Enterprise control-system integration part 5: Business to manufacturing transactions". La partie 5 définit les transactions (échanges d'information) entre les systèmes MES et le ERP. Les autres niveaux ont présentés des modèles, une terminologie, les modèles d'objets et les attributs qui facilitent l'intégration avec l'ERP. La partie 5, quant à elle, se concentre sur les "conversations" (transactions) entre les systèmes et la façon de les traiter, tant du côté du ERP que de celui des systèmes constituant le MES.

Il est à noter que la norme ISA 95 est également publiée comme une norme internationale IEC/ISO comme le montre le tableau ci-dessous

Tableau 1.2

ISA 95 et les normes internationales

Norme US	Norme Internationale	Sous-titre
ANSI/ISA-95.00.01 : 2000	IEC/ISO 62264-1: 2003	Part 1 : Models and Terminology
ANSI/ISA-95.00.02 : 2001	IEC/ISO 62264-2: 2004	Part 2: Data Structures and Attributes
ANSI/ISA-95.00.03: 2005	IEC/ISO 62264-3: 2006	Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management

Norme US	Norme Internationale	Sous-titre Sous-titre
ANSI/ISA 95.00.04	NA	Part 4: Object Models and Attributes of
		Manufacturing Operations Management
ANSI/ISA-95.00.05: 2007	NA	Part 5: Business to Manufacturing Transactions

Source: Wikipédia. Norme "Enterprise - Control Systems Integration". En ligne. < http://fr.wikipedia.org/wiki/ISA95>. Consulté le 20 juillet 2009.

1.2.5 Les modèles

Quatre modèles de base sont proposés par la norme ISA 95 :

- Le modèle hiérarchique fonctionnel
- Le modèle de flux
- Le modèle d'objet
- Le modèle d'activités

Nous ne prétendons pas faire dans ce rapport une revue extensive de la norme ISA 95, cela serait impossible. Nous allons surtout nous pencher sur les deux premiers modèles de la norme qui servent de fondation à ce travail d'application en entreprise.

1.2.5.1 Le modèle hiérarchique

1.2.5.1.1 Le modèle hiérarchique fonctionnel

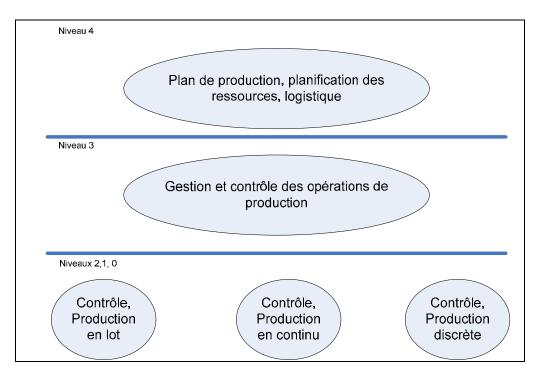
Le premier modèle (voir figure 1.3) découpe l'entreprise suivant quatres niveaux :

- Le niveau 4 est celui de l'ERP d'entreprise. C'est à ce niveau que ce réalise les plans de productions, la planification des ressources et toute la gestion logistique.
- Le niveau 3 est l'endroit ou se déroule les activités d'exécution et de contrôle. C'est donc le niveau où se situe les systèmes MES. Nous l'avons déjà mentionné plus haut, ISA 95 est une méthodologie qui explique comment se font les échanges entre le niveau 4 et le niveau 3.

Les niveaux 0, 1 et 2 représentent les contrôles et les processus élémentaires se déroulant sur le plancher de l'usine elle-même. Au niveau 0, ce sont les processus physiques. Au niveau 1, on retrouvera les processeurs intelligents, les senseurs. Au niveau 2, on retrouve les logiciels de contrôle et d'acquisition de données en temps réel, les interfaces personnes-machines. Finalement, dans le diagramme, sont illustrés, au niveau 0, les différents types de production de l'entreprise soit la production par lot, en continu ou la production de type discrète.

Figure 1.3

ISA 95 : Modèle hiérarchique fonctionnel



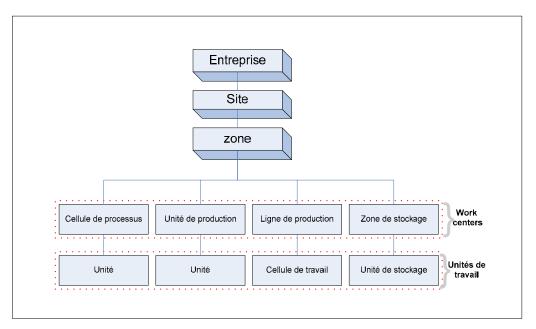
Source : Adapté de Road to Integration de Scholten, Bianca. Page 29. Functional Hierarchy model.

Le modèle hiérarchique pour les équipements (Figure 1.4) présente une autre vue intéressante du modèle hiérarchique. Dans ce modèle, les différents niveaux vu précédemment (niveau 4, 3. etc...) sont revisités sous un nouvel angle ainsi que les responsabilités à chacun des niveaux. Dans ce modèle, le terme "Entreprise" peut désigner une entité multinationale, ex :

Komatsu LTD. Cette entité multinationale peut avoir plusieurs succursales ou usines réparties géographiquement un peu partout. Ex : Komatsu Canada, Komatsu Brésil. Komatsu Forklift. Chaque site peut œuvrer dans un secteur bien définis et avoir une spécialisation pour une ligne de produits bien spécifique. Le secteur peut indiquer également une branche d'activités. Ex : Komatsu Canada s'occupe des chargeuses frontales. Komatsu forklift produit des chariots élévateurs. Pour réaliser cette production, les entreprises doivent utiliser les stations de travail (work centers). Dépendamment du type de production que nous avons vu dans le modèle hiérarchique fonctionnel (batch, continu, discret), les stations de travail porte le nom de cellule de processus, unités de production, lignes de productions ou zone de stockage.

Figure 1.4

ISA 95 : Modèle hiérarchique fonctionnel (équipements)



Source : Adapté de Road to Integration de Scholten, Bianca. Page 30. Expanded equipment Hierarchy model.

Encore une fois, ISA 95 définit les échanges et les interfaces entre le niveau 4 (Le site) où se fait la planification de la production, la planification des ressources et les niveaux inférieurs

(Niveau 3 et moins qui représentent le plancher de production où se déroulent les activités de production proprement dit.)

1.2.5.2 Le modèle de flux

Ce modèle (Figure 1.5) présente douze fonctions clés de l'entreprise et les flux d'informations échangées entre elles.

Traitement Des ordres (1.0)Contrôle des Gestion des (8.0)(9.0)(2.0)Gestion du Contrôle de la Gestion de Production L'inventaire l'énergie (3.0)(4.0)Contrôle qualité (6.0) Approvisionne ment (5.0) Ventes et Marketing (10.0)

Figure 1.5
ISA 95 : Modèle de flux d'informations

Source: Traduit d'ISA-dS95.01-1999. Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology. Page 30.

Pour faire le lien avec les modèles précédents, on remarquera que les fonctions qui font partie du niveau 4 (le domaine ERP) sont en dehors de la frontière délimitée par la ligne pointillée

en rouge. Les fonctions qui concernent spécifiquement le domaine du contrôle et de l'exécution (le MES) sont à l'intérieur des lignes pointillées rouges. On remarquera que certaines fonctions sont à cheval et font partie des deux domaines. Voici une description des fonctions :

Tableau 1.3
Les 12 fonctions de l'entreprise
Modèle de flux ISA 95

Fonction de l'entreprise	Description	Domaine
(suivant ISA 95)		
(01.0) Traitement des ordres de	Cette fonction traite de la réception des	Niveau 4
production ou de fabrication.	commandes client et des prévisions qui sont	
	le point de départ de la planification de la	
	production et des ressources requises. Cette	
	planification se fait par exemple via MRP).	
(02.0) Planification de la	Le plan de production est déterminé et est	Niveau 4,3
production et ordonnancement	rendu disponible pour les opérations. La	
	séquence de production est établie.	
(03.0) Contrôle de la	Cette fonction est au cœur du MES	Niveau 3, 2, 1,0
production	(exécution et contrôle de la production). On	
	suit la production, on réalise l'acquisition de	
	données et on établit les rapports de	
	performances et de coûts. A ce niveau, on	
	détermine et on établit le support aux	
	processus et aux opérations.	
(04.0) Gestion du matériel et de	Gestion des fiche article, nomenclature de	Niveau 4
l'énergie	produits (BOM). Gestion et détermination	
	des besoins en matériels et énergie.	
	Réquisition en matériel et énergie auprès de	
	l'approvisionnement	

Fonction de l'entreprise	Description	Domaine
(suivant ISA 95)		
(05.0) Gestion de	Génération de bons de commandes aux	Niveau 4
l'approvisionnement	fournisseurs pour le matériel et l'énergie	
	requise. Gestion des livraisons, suivi des	
	inventaires.	
(06.0) Contrôle de la qualité	Vérification du matériel reçu. Évaluation et	Niveau 4, 3
	tests de qualité. Evaluation de la qualité des	
	produits fabriqués en fonction des standards.	
	Détermination des standards qualités.	
	Acquisition de données qualité sur le	
	plancher de production.	
(07.0) Gestion de l'inventaire	Gestion de l'inventaire des produits finis.	Niveau 4,3
	Préparation des expéditions. Expédition des	
	produits finis.	
(08.0) Contrôle des coûts	Détermination des prix de revient.	Niveau 4
	Détermination des objectifs de coûts de	
	production et des objectifs de réduction de	
	coût pour le matériel et l'énergie à acheter	
(09.0) Gestion des expéditions	Organisation des transports. Négotiation avec	Niveau 4
	les compagnies de transports spécialisés,	
	Préparation des documents appropriés (liste	
	d'envoi, papiers de douanes, etc)	
(10.0) Gestion de la	Maintenance installations et bâtiments.	Niveau 4, 3, 2, 1,0
maintenance	Maintenance des équipements. Détermination	
	de plans de maintenance préventive.	
	Maintenance corrective.	
(11.0) Recherche et	Développement de nouveaux produits.	Aucun
développement, ingénierie	Détermination et développement de	
	nouveaux procédés.	

Fonction de l'entreprise	Description	Domaine
(suivant ISA 95)		
(12.0) Ventes et marketing	Etablir des plans de ventes et des plans	Aucun
	marketing. Détermination et analyse des	
	besoins de la clientèle. Détermination des	
	standards pour les produits. Interaction avec	
	les clients	

Les fonctions R&D, ingénierie et les fonctions ventes et marketing sont des entités externes dans le modèle (Elles sont représentées dans des rectangles pour bien faire ressortir ce fait). Cependant, comme les autres fonctions, elles échangent des informations avec le reste des éléments du modèle.

Il est intéressant de noter ici la similitude de ce modèle avec les 11 principes fonctionnels (le modèle du MESA) qui a été présenté précédemment. En fait, les groupes de travail d'ISA se sont initialement basé sur le travail du MESA qu'ils ont ajusté (en ajoutant ou en changeant certaines fonctions) puis extensionné en lui rajoutant les flux et échanges d'information (les flèches dans le modèle).

Parlant de flux, ISA a déterminé 31 flux d'informations dans l'entreprise (voir Annexe 1). Ces flux représentent tous les échanges d'informations et de données entre les fonctions Evidemment, dépendamment de l'organisation, certains des flux ne seront pas représentés ou changeront de nom pour s'adapter à la réalité de l'entreprise.

1.3 Fonctionnement : vue d'ensemble du processus en fonction du modèle ISA 95

Toutes les entreprises ne sont pas bâties sur le même moule à cause de la spécificité des produits fabriqués, à cause du mode de production (batch, continu, discret, etc...), du style de gestion, du niveau d'automatisation, de la maturité, etc. Toutes les fonctions du modèles ISA 95 ne sont pas nécessairement représentées dans une entreprise ou peuvent être appellées

différemment. Elles peuvent être regroupées et certaines comme la recherche et le développement ou l'ingénierie peuvent être absentes.

Cependant, Le modèle ISA 95 est quand même un cadre qui peut être utilisé par pratiquement toutes les entreprises manufacturières pour comprendre les grandes fonctions (12 suivant le modèle), les relations entre elles et les échanges d'information (environ 31 suivant le modèle).

Nous allons ci-dessous utiliser le modèle pour illustrer le processus de fabrication dans le contexte d'une production discrète et répétitive.

1.3.1 Description du processus et définition de concepts

1.3.2 Ordres de fabrication - contexte de production discret et répétitif

Dans un premier temps, comme le suggère la norme ISA 95, il faut distinguer le domaine d'entreprise, les activités du niveau 4 de celles des niveaux inférieurs 3, 2, 1,0 où se réalisent les activités MES. Le domaine d'entreprise est en général celui de la planification et de l'ERP suivant le modèle. Nous nous y attarderons dans la section 1.3.2.1 Nous nous pencherons ensuite dans la section 1.3.2.2, sur l'exécution et le contrôle sur le plancher qui est le domaine du MES.

1.3.2.1 Planification de production et MRP

1.3.2.1.1 Planification de production discrète et répétitive

La planification de la production est toujours le point de départ du processus manufacturier discret et répétitif. Son objectif est de déterminer les quantités à produire, la taille des lots à produire et la date de production en vue de rencontrer la demande pour une période spécifique ou horizon de planification (Pochet, 2006). La demande est obtenue par des prévisions en fonction de données historiques dans le cas où il s'agit de produire pour placer

en stock (make-to-stock). La demande peut aussi provenir de commandes clients (make -to-order). Pochet (2006) souligne que pour arriver à des plans de production viables et économiques, plusieurs autres facteurs doivent être prises en compte comme la disponibilité des ressources (temps hommes, temps machines, sous-traitance, coût de production et d'inventaire et certaines autres mesures de performance comme le niveau de service à la clientèle.

1.3.2.1.2 MRP

Suivant Groover (2007), dans un système ERP, les trois intrants fichier des demandes, fichier sur le niveau d'inventaire et fichier de nomenclature du produit (BOM) sont fournies au système MRP (Voir figure 1.6). MRP fait une explosion de cette demande, produit par produit et détermine, suivant l'horizon temporel qui a été défini, quelle doit être les requis pour chacune des sous-composantes ou pour chacun des sous-assemblages du produit à fabriquer.

Plan de production maître
(MPS)

Prévision de ventes
Demandes pièces de rechanges

Planification de la capacité

Nomenclature de produits (BOM)

Liste des requis:
(1) Réquisitions d'achat
(2) Ordres planifiés

Figure 1.6
ISA 95 : Le processus MRP

Source : Cette figure est adaptée de Groover, Mikell P. (2007). Automation, production systems and computer-integrated manufacturing. Prentice Hall. 3éd. 2007. 840p

1.3.2.2 Les résultats de MRP

1.3.2.2.1 Les requis (stock requirement list)

Le résultat de MRP, la liste des requis (stock requirement list) est une liste détaillée par sous-composante ou sous-assemblage de ce qu'il faudra acheter auprès des fournisseurs (réquisitions d'achat) ou produire à l'interne (ordre planifiés) avec la date et les quantités requises afin de rencontrer la demande pour les produits de l'entreprise. On y retrouve également des messages d'alerte suivant que l'action d'achat ou de production requise est en retard ou en avance pour arriver à rencontrer l'horizon de planification qui a été déterminé pour le produit. Dans le cas des réquisitions d'achat qui peuvent concerner plusieurs fournisseurs différents, le département d'achat ou d'approvisionnement en assure le suivi et transformera éventuellement ces réquisitions en bons d'achat fermes aux dates requises indiqués par le système MRP. Ce processus peut se fait de façon automatisés dans certaines entreprises très matures qui maîtrise bien leur processus (automatic PO ou Scheduling agreement).

1.3.2.2.2 Les ordres planifiés

Suivant la même logique que précédemment, le département de production fait un suivi méthodique des ordres planifiés. En effet, la liste des requis constitue un plan de production détaillé pour ce département. Ce plan est ordonné par date et toute l'information pertinente relative à chacun des ordres peut être retrouvée. Par exemple, le numéro de la commande client (sales order) y figurera si la source est une commande (make -to-order). Dans le cas où cette production doit être mise en stock (make-to-stock), un autre indicateur le précisera.

La plupart des systèmes permettent au département de production d'évaluer le statut du stock de pièces requises pour chacun des items à produire ou à fabriquer et il y a possibilité de vérifier à l'avance avec les achats le statut des pièces qui sont encore manquantes. Mais en

général, les achats reçoivent automatiquement du système MRP des alertes relatives aux pièces non encore reçues et qui seraient requises pour certains ordres planifiés.

1.3.2.2.3 La conversion des ordres planifiés en ordre de fabrication

En fonction des dates de production ou de fabrication requises, la production convertit les ordres planifiés en ordre de production ou de fabrication ferme. Dans ce processus très important avant la production réelle, le système s'assure d'aller chercher

- la dernière explosion de la nomenclature du produit (BOM).
- les dernières informations d'ordonnancement, c'est-à-dire les étapes de fabrication détaillée à chaque station avec le cheminement du produit à travers les cellules ou stations de production.
- les informations pertinentes pour chacune des cellules de production sur les ressources à utiliser (production ressources tools).
- les temps standards requis sur chacune des opérations dans chacune de ces cellules de production.
- Les informations sur les coûts de production prévus clairement séparés en temps machine et en temps homme.

Il faut noter que les deux derniers éléments sont très importants car c'est grâce à eux que l'on détermine l'efficacité de la production en comparant les standards avec les temps réel.

1.3.2.2.4 Système d'information sur le plancher "Shop floor information system, shop

floor paper"

A partir de ce niveau, on rentre dans le domaine des MES. En effet, c'est là que l'information des ordres de fabrication est rendue disponible sur le plancher de production et dans toutes

les stations. Idéalement, celles-ci disposent de postes informatisés affichant en ordre séquentiel les ordres de fabrication à venir et les détails de l'ordre. Quand l'informatique n'est pas disponible, il y a possibilité d'imprimer l'ordre de production et de fabrication lors de l'étape de conversion des ordres planifiés en ordre de production. Dans certaines entreprises, cet ordre de production imprimé suit le produit à fabriquer de stations en stations. Dans l'ordre de production imprimée, on prévoit des emplacements afin que les opérateurs puissent y indiquer leur commentaires, les problèmes rencontrés, lister les pièces manquantes, etc... Autant que possible cependant, les entreprises essaient de travailler sans papier (paperless) sur le plancher de production et ces informations sont saisies à même les stations informatisées.

Par ailleurs, dans chacune des stations, on est en mesure, pour chacune des tâches à accomplir, de se référer aux procédés de travail de préférence de façon informatisée. Ces procédés de travail expliquent étape par étape, la tâche à accomplir, les informations techniques, les ressources à utiliser, etc. Très souvent, les terminaux disponible à chacun des postes permettent éventuellement de saisir des informations de base requises par le MES comme :

- heure exacte du début de la tâche à la station.
- Nom ou badge de l'opérateur (ou des opérateurs) à la station de travail.
- Heure de fin exacte de la tâche.

Le fait d'implanter un MES sur le plancher de l'usine permet à l'entreprise de réagir promptement aux nombreux problèmes qui peuvent survenir au cours de la production ou de la fabrication. Très souvent, les gestionnaires du département de production, les contremaîtres et superviseurs disposeront de postes informatiques qui leur donnent le statut de la production en temps réel et qui affichent pour chacune des stations, la production réelle et l'écart par rapport au plan de production. Le système peut leur afficher également les temps réels pris par les opérateurs ou par les machines et les comparer aux standards qui se trouvent dans le système ERP.

Il n'y a pas de limites aux informations qui peuvent être saisies par le MES directement à la station de travail. Cela dépend de chaque entreprise et des besoins. Certaines entreprises rajouteront des informations sous formes de codes à barres directement sur l'ordre de production ou de fabrication, Des terminaux mobiles ou des scanneurs rattachés aux postes informatisés permettront de reporter le statut en temps réel de la production.

1.3.2.3 La confirmation des ordres de fabrication

La confirmation ou déclaration des ordres de fabrication permet à l'entreprise en temps réel de savoir le status du traitement de l'ordre de production ou de fabrication. La confirmation permet de savoir comment la tâche progresse dans la station en confirmant, avec le système approprié, au début, à la fin ou à toutes les étapes intermédiaires de la tâche.

Le document de confirmation (Dickersback, 2007) permet d'enregistrer toutes les informations pertinentes à la production ou à la fabrication. On y indique les quantités produites ou fabriqués, les durées de fabrication ou de production réelles, les activités prévues dans l'ordonnancement du travail, des données sur les ressources humaines, les dates et heures pour chacune des activités et le nom du ou des opérateurs.

En général, la confirmation se fait dans le système informatique qui est dans la station ou via un terminal mobile. L'activité de confirmation peut se faire par l'opérateur à la station ou de façon totalement automatisée. Une activité de confirmation est traitée en temps réel par le système ERP qui pourra exécuter certaines des opérations suivantes :

- Mettre à jour les coûts réels de production en fonction des données confirmées.
- Mettre à jour le status de l'ordre de production ou de fabrication incluant les dates et heures.
- Information sur les employés (numéro, nombre, stations).
- Automatiquement consommer (backflush) et déduire de l'inventaire les matières premières, les composantes ou pièces qui étaient requises pour la production ou fabrication.

- Automatiquement placer en inventaire (good receipt) la composante produite ou fabriquée.

1.4 Les systèmes MES existants

En 2004, le marché des MES avoisinait déjà le milliard de \$. Avec le développement des ERP, les entreprises se sont vite rendu comptes qu'il leur fallait des systèmes parfaitement intégrés pour leur donner les informations en temps réel sur ce qui se passait sur le plancher de l'usine.

Il existe plusieurs grands joueurs sur le marché des MES, comme nous allons le voir dans la partie suivante mais de plus en plus de grands ERP commencent ou offrent déjà des solutions MES complètes ou partielles comme partie intégrante à leur systèmes.

1.4.1 Revue des systèmes

Himes (2007) a fait une revue des compagnies les plus connues oeuvrant dans le domaine des MES. Nous présentons ci-dessous les 6 premières de sa liste :

1. Oracle, (www.oracle.com)

Oracle fournit un progiciel de gestion intégré (ERP) très complet gérant les ventes, le service, la chaîne logistique, la production et bien d'autres modules. Oracle fournit de plus des solutions MES qui supportent l'ensemble (100%) des douze fonctions principales que nous avons vu précédemment.

2. CMSi5, (www.solarsoft.com)

CMSi5 est une solution ERP intégrée s'adressant aux PME manufacturières. Cette solution a été développée par une entreprise canadienne et est déployée dans plus de 2500 entreprises à travers le monde. CMSi5 couvre 93% des fonctions MES.

3. Visiprise – SAP (www.visiprise.com) et (www.sap.com)

Visiprise est une suite de produits très flexibles bâtis spécialement pour l'exécution et le contrôle de la production sur le plancher. Visiprise réalise une intégration entre les processus d'affaires, l'ERP et le contrôle. Visiprise a été acquise par SAP en 2008 et couvre 88% des fonctionalités des MES.

4. Activplant, (<u>www.activplant.com</u>)

Activplant est une famille de produit spécialement conçu pour fournir des bases MES solides aux entreprises manufacturières. Activplant couvre 72% des fonctionnalités des MES).

5. Incuity, (www.incuity.com)

Incuity fournit également une plateforme ERP-MES aux entreprises manufacturières. Cette plateforme, le EMI (Enterprise Manufacturing Intelligence), fournit 60% des fonctionnalités des MES

6. Plexus Online, (www.plex.com)

Les solutions MES de cette compagnie couvre 48% des fonctionnalités normalement supportées par un MES. Plex online œuvre dans la gestion de la qualité, le contrôle et l'exécution de la production sur le plancher de l'usine, la gestion des procédés de travail, le suivi de la production en temps réel.

Bien d'autres entreprises oeuvrent dans le domaine du MES qui méritent d'être mentionné. Citons par exemple, SIEMENS, APRISO, GE.

1.4.2 Le progiciel de gestion intégré SAP et les MES

1.4.2.1 Le logiciel SAP aujourd'hui

Le logiciel SAP est le chef de file indiscutable des progiciels de gestion intégré. SAP compte plus de trente milles employés à travers le monde qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'implantation de près de cent mille installations dans plus de cinquante pays à travers

le monde. Le progiciel SAP compte maintenant plus de douze millions d'utilisateurs, ce qui en fait de loin le progiciel de gestion le plus utilisé à travers la planète. (Anderson, 2006)

Les origines de SAP remontent à 1972, en Allemagne ou deux ex-ingénieurs d'IBM eurent l'idée de monter un progiciel de gestion dont la force était de proposer les meilleures pratiques de gestion de processus d'affaires dans différents secteurs d'activités. Leur produit a rapidement connu un vif succès et est devenu le produit SAP (Systems, Applications and Products in data processing) (Anderson, 2006).

En 2009, la version actuelle du logiciel SAP est le ERP 6.0 (Liebstuckel, 2008) dont le cœur est le SAP ERP ECC (Enterprise Core Component) formé de tous les modules fondamentaux de SAP adressant des processus d'affaires tel que :

- La gestion financière (SAP financials)
- la gestion du capital humain (SAP Human Capital Management)
- La gestion de l'approvisionnement et la logistique (SAP Procurement and Logistics)
- Le Développement du produit et la gestion manufacturière (SAP Product development and Manufacturing)
- Les Ventes et services (SAP Sales and Service),
- Les fonctions d'entreprise (SAP Corporate services)

En plus de SAP ECC, SAP ERP 6.0 offre près d'une trentaine de solutions spécifiquement conçues pour des secteurs industriels très particuliers comme l'industrie pharmaceutique, l'industrie chimique, l'aéronautique, etc... D'autres applications spécifiques et des composantes spéciales viennent se greffer, par ailleurs au progiciel comme le SAP CRM (customer relationship management), le SAP PLM (product lifecycle, etc.)

Côté technologique, le moteur de SAP est la plateforme SAP NETWEAVER 7.0 qui est en fait une intégration de plusieurs produits technologiques de SAP comme la plateforme WebAS (Web Application Server) qui est une architecture ouverte permettant de discuter

avec la plupart des langages de communication et d'échanges d'information (XML, HTML, etc.). SAP NETWEAVER 7.0 pourrait résumer à trois couches :

- L'interface avec les usagers (SAP enterprise portal) qui est une intégration de technologies permettant d'accéder SAP via plusieurs types d'interfaces (internet, client WEB, client GUI, PDA, terminaux mobiles, etc...). Ce premier niveau propose aussi des outils de collaboration modernes puissants.
- L'infrastructure de gestion et d'échange d'information (SAP XI) et le module de gestion des données maîtres SAP MDM (master data management) et d'intégration d'entrepôt de données SAP BW (business warehouse).
- L'intégration des processus (Process integration). On retrouve ici tous les outils de modélisations et d'exécution de processus d'affaires suivant les meilleures pratiques et de gestion des règles d'afffaires et de conformités aux politiques.

Pour finir, la fondation ou la plateforme applicative de SAP s'appuie sur leur langage propriétaire ABAP et sur Java J2EE. SAP maintenant supporte la plupart des bases de données comme oracle, DB2, Microsoft SQL et des systèmes d'exploitation UNIX, Linux, AIX, Windows.

1.4.2.2 Exécution et contrôle de la production avec SAP

1.4.2.2.1 Outils disponibles dans SAP

Comme nous l'avons dit plus haut SAP ECC offre un module "développement du produit et gestion manufacturière" (SAP Product development and Manufacturing). La plupart des utilisateurs de SAP connaissent mieux ce module sous le nom planification de production (PP). La figure 1.7 décrit les grandes lignes du processus d'exécution de la production dans SAP qui est plus ou moins similaire au processus que nous avons expliqué au point 1.3.1.

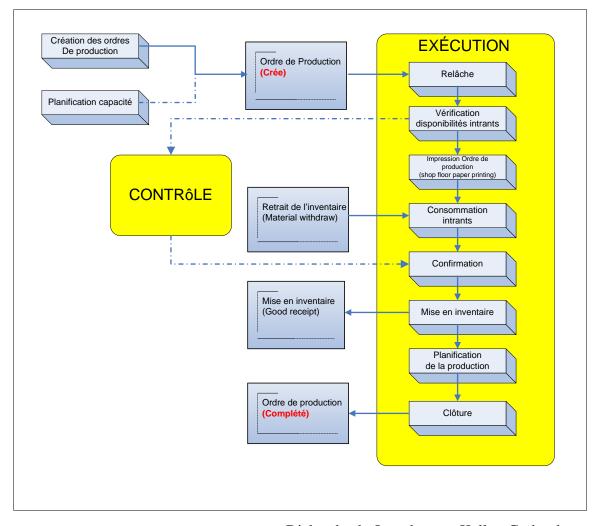


Figure 1.7
Exécution et contrôle dans SAP

Source : Cette figure est traduite et adaptée de Dickersbach, Jorg thomas. Keller, Gerhard.

Weihrauch, Klauss Groover, Mikell P. (2007). Production planning and control with SAP.

Page 380.

On y retrouve les éléments création de l'ordre de production, la relâche, la vérification des inventaires, l'impression des ordres, la confirmation, etc... SAP a déjà prévu tous ces éléments standards d'exécution et de contrôle, fruit du travail de ses ingénieurs visant à mettre en place les meilleures pratiques d'affaires. Cependant, SAP travaille très mal sur le plancher de production car le système fonctionne sur un modèle de menu très hiérarchisé et complexe ou chaque processus d'affaires est associé à une transaction (voir exemple en

Annexe 2). Heureusement, SAP fournit des outils puissants permettant d'automatiser les transactions ou de les interfacer avec des applications plus spécialisés pour les opérations d'exécution et de contrôle sur le plancher.

1.4.2.2.2 BAPI, IDOCS, SAP RF

Heureusement, pour faciliter la tâche de ces intégrateurs, la plateforme applicative de SAP que nous avons décrite plus haut offre des outils puissants permettant une connection directe à la plupart des transactions de SAP. Ceci peut se faire par l'utilisation des BAPI (Business applications, programming, interface) qui sont des interfaces standards de SAP permettant d'accéder plus de 10000 objets et processus d'affaire dans le système SAP de façon relativement aisée. SAP précise que l'intégration se fait au niveau processus d'affaires et non au niveau technique ce qui assure la stabilité du lien peut importe la version de SAP actuelle ou à venir.

Les IDOCS quant à eux représentent une structure de données standard pour l'échange de données électroniques EDI entre systèmes SAP et/ou systèmes externes. Les Idocs sont très utilisés dans le monde SAP et constituent un type d'échange d'information asynchrone. En effet, chaque Idoc est généré et traité de façon indépendante et ne requiert pas de connection permanente entre les systèmes et la base de données centrale. Les BAPI par contre que nous avons vu plus haut sont un mode de communication synchrone et requiert donc une communication entre le système appellant et SAP.

Finalement, la plupart des MES font un très grand usage de terminaux mobiles avec lecteurs de codes à barres. (Les codes à barres peuvent se retrouver par exemple dans l'ordre de fabrication). Il est intéressant de noter que SAP fournit avec SAP NETWEAVER, un serveur permettant la connectivité avec les terminaux mobiles. Ce serveur appellé SAP Console permet à n'importe quel terminal sans fil de se connecter via telnet et d'avoir accès à virtuellement toutes les transactions SAP. Cela permet, sans avoir à investir énormément sur

des systèmes MES, de déployer des solutions d'acquisition de données synchrone, simples et pratiques.

1.4.2.2.3 L'acquisition de Visiprise

Cependant, même si SAP fournit la plupart des transactions d'exécution et de contrôle et plusieurs moyens différents de se connecter à sa plateforme de façon synchrone, asynchrone et avec des terminaux mobiles, nous avons vu que la structure d'accès au progiciel via les menus ou les transactions ne facilitait pas son déploiement sur les planchers de productions et l'utilisation de ses fonctionnalités MES. C'est justement pour combler cette limitation dans son offre de services relié au MES que SAP à fait l'acquisition de Visiprise en 2008. Cette entreprise travaillait auparavant avec les clients de SAP pour combler les lacunes du produit en termes d'intégration des fonctions de contrôles et d'exécution en utilisant justement les connecteurs que nous avons décrit plus haut. Suivant un haut dirigeant de SAP, Jim Hagemann Snabe, membre du conseil exécutif de SAP, l'objectif était "d'offrir aux manufacturiers une meilleure visibilité en intégrant les opérations sur le plancher avec la planification de production et la gestion des opérations afin de permettre aux manufacturiers de répondre aux demandes croissantes de leur clients de façon profitables". Il va de soi que SAP voulait également profiter de la manne des MES qui était un secteur qui dépassait le milliard de dollar dès 2004.

² Traduction libre de la déclaration de Jim Hagemann Snabe, "this combination will offer manufacturers better visibility by linking the operations of the plant floor to production planning and operations management, enabling manufacturers to respond profitably to the growing demands of their global customers.". Source: http://www.sap.com/about/newsroom/press.epx?pressid=9672. En ligne, consulté le 20 juillet 2009.

CHAPITRE 2

Le processus de production de Komatsu

2.1 L'entreprise

Komatsu International (Canada) Inc. est une PME spécialisée dans la fabrication de chargeuses frontales sur roues. Elle appartient à la Multinationale KOMATSU LTD qui est un leader mondial dans la fabrication de matériel lourds et d'équipements de toutes sortes utilisés dans le domaine de la construction, dans les grands chantiers, les mines, etc.

Komatsu International (Canada) Inc. fabrique plus de 1000 chargeuses par année de 7 modèles différents (voir figure 2.1). Komatsu introduit un nouveau modèle en moyenne par année. Les dessins techniques et les plans de chaque modèle proviennent de la maison mère au Japon mais sont revues, adaptés aux standards nord américains et révisés pour être adaptés aux processus et aux spécifications de la ligne de montage locale par le département d'ingénierie de conception et par le département du génie manufacturier.

Figure 2.1
Les modèles de chargeuses frontales

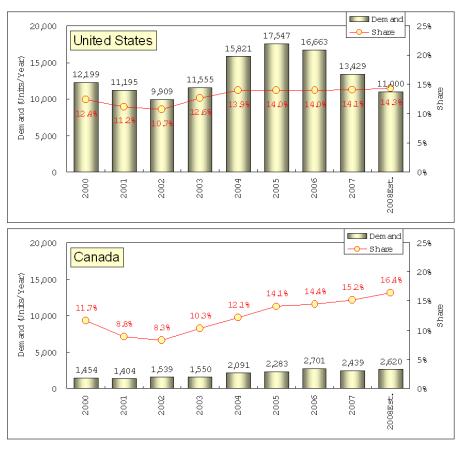


Source: Komatsu International (Canada) Inc.

Komatsu s'engage à fournir dans les temps requis par le client, les meilleures chargeuses frontales sur le marché nord-américain. La croissance régulière des parts de marché de Komatsu semblent démontrer que la multinationale gagne lentement mais sûrement du terrain. Cette part de marché est en effet passée de 12 à 14% au Etats-Unis au cours des 8 dernières années. Pendant le même temps au Canada, elle est passée de 11% à 16%. (Voir figure 2.2). De 2000 à 2005, la demande totale nord-américaine des chargeuses frontales a crû de 12199 unités à 17547 unités. Et rien qu'en 2005, cela a représenté, pour Komatsu, un volume de vente appréciable de 2456 machines dont plus de la moitié ont eu comme provenance Komatsu International Canada (Inc.), situé sur la rive-sud, à Candiac, à 15 minutes de Montréal (voir annexe 3).

Figure 2.2

Demande et part de Marché des chargeuses



KOMATSU

Komatsu Confidential Proprietary

Source: Komatsu international Canada (Inc.).

Ainsi donc, si en Amérique du Nord, Caterpillar est le chef de file des manufacturiers d'équipements lourds, la situation est tout autre ailleurs dans certaines parties du monde. En effet, du côté du marché asiatique, dans le sous-continent indien et au Moyen-Orient, Komatsu est le fournisseur no 1. Pour de nombreux clients à travers le monde, les produits fabriqués par Komatsu International (Canada) Inc. jouissent de la notoriété inégalée de la qualité de construction et du design japonais. Le tableau 2.1 ci-dessous donne, à titre complémentaire, des statistiques d'intérêt sur l'usine de Candiac.

Tableau 2.1
Autres statistiques sur l'usine de Candiac

Indicateurs	Valeurs
Production par année	Entre 1500 et 1800 chargeuses
Employés de bureau	100 (environ)
Employés d'usine (plancher)	300 (environ)
Chiffre d'affaire annuel	US \$300 millions (environ)

Source: Komatsu International (Canada) Inc.

2.1.1 Contexte socio-économique

2.1.1.1 Impact de l'effondrement du marché américain

Après les années de croissance de 2000-2005, la situation change drastiquement pour Komatsu. En effet, l'effondrement du marché de la construction, suite à la crise économique américaine, se traduit par une baisse sévère des ventes de chargeuses. Globalement, celles-ci passent d'un volume de 17547 machines à près de 11000 (estimation de 2008) en moins de 3 ans (voir figure 2.2).

Pour la PME œuvrant sur la rive-sud, cette situation économique difficile représente un dur coup sur les opérations et les effets se font encore ressentir actuellement. En 2008, le plan d'affaires prévoyait 1450 machines mais seulement 854 sortent de la ligne de production en raison de la conjoncture soit 53% de moins que les 1800 chargeuses produites habituellement! En 2009, les meilleures prévisions indiquent 751 machines.

2.1.1.2 Impact des cycles économiques

On sait que le secteur de la construction a toujours été un marché fortement cyclique avec des cycles s'étalant sur des périodes plus ou moins longues de 5 à 10 ans à peu près. La figure 2.3 représente justement les mises en chantier aux États-Unis reflétant bien le cycle de la construction. Suivant les analystes de Komatsu, l'entreprise se trouve dans le creux d'une vague qui s'est amorcé vers 2005 et qui devrait probablement perdurer jusqu'à la fin de 2009, voire jusqu'au milieu de 2010. Une reprise robuste devrait s'amorcer immédiatement après.

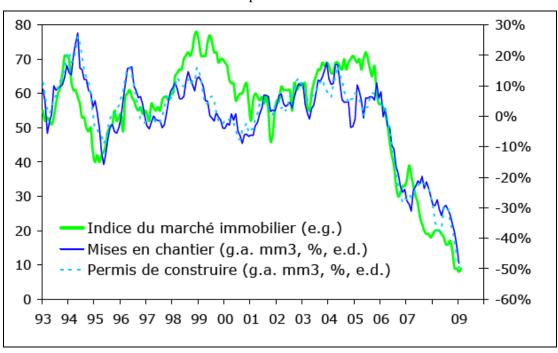


Figure 2.3

Mise en chantier et permis de construire aux USA

Source : BNP PARIBAS. Direction des études économiques. Eco Flash. Etats-Unis : Nouveaux replis prononcés des mises en chantier et de la production industrielle. Février 2009.

Comme les ventes de Komatsu dépendent du dynamisme du secteur de la construction, la santé financière de la compagnie est directement affectée et la situation est devenue difficile. L'entreprise doit profiter de cette période de vache maigre pour resserrer ses coûts, développer sa productivité et son efficience afin de se bien se positionner quand la reprise se manifestera. Un des enjeux de cette période creuse est notamment de redresser le plus possible le processus de fabrication et d'assemblage qui sont justement la raison d'être de l'entreprise. Ce rapport se concentre sur la fabrication et comme nous le verrons plus loin, bien des dysfonctionnements affectent ce processus et l'alourdissent. Le défi est de faire en sorte que celui-ci devienne un des processus le plus flexible de l'entreprise pour lui permettre de faire face aux cycles économiques changeants.

2.1.1.3 Impact de la chine et la crise de l'acier

Dans un autre ordre d'idée, la présente décennie a vu la chine se développer pratiquement de façon exponentielle et consommer une bonne partie de l'acier produite à travers la planète. Sur les 10 dernières années, cette consommation est passée de 18% à près de 40% de la consommation mondiale (voir annexe IV). Pour Komatsu, cela a été un rude coup car les approvisionnements en acier ont été très difficiles pour devenir très problématiques à partir du milieu de 2005. Cette année a vu également le prix de l'acier amorcé un mouvement haussier comme le montre le graphique ci-dessous. Ces deux facteurs combinés, croissance chinoise et prix de l'acier, ont eu de sérieux impact sur les bénéfices de la compagnie.

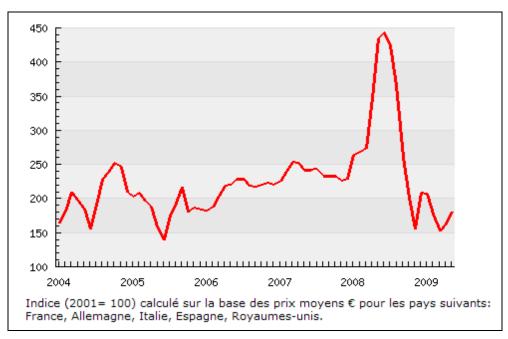


Figure 2.4 Évolution du prix de la ferraille comme indicateur du prix de l'acier

Source: http://www.ancotech.ch/fr/steel.php. Lu le 3 août 2009.

2.1.1.4 La crise du taux de change

Comme si tous ces déboires ne suffisaient pas, un autre élément qui a fait très mal à Komatsu a été le taux de change US/Dollar Canadien. Jusqu'à 2005, l'usine se débrouillait assez bien avec un taux de change inférieur à 0.80 dollar US. Vers la fin de 2007, le dollar canadien était à parité avec le dollar américain et au milieu de 2008, il valait 0.97 dollar US. Avec un taux de change défavorisant la devise américaine, le prix de vente de nos chargeuses était rendu moins attrayant pour le client américain déjà durement éprouvé par la crise économique.

Les ventes ont donc sérieusement diminué avec le taux de change qui augmentait au point que, à deux reprises, il a fallu revoir le plan de production. Cette période difficile s'est également traduit par des mises à pied temporaires et permanentes très importantes dans l'usine en août 2008 et au début de 2009 avec l'effet pervers suivant : Pour des

considérations d'ordre syndicales, beaucoup d'assembleurs jeunes, dynamiques, formés sur les techniques de pointe se sont retrouvés au chômage. Ils ont été remplacés par les plus vieux en provenance d'autres secteurs de l'entreprise à cause du principe d'ancienneté (comme des magasiniers qui n'avaient pas nécessairement toutes les compétences requises). Il a donc fallu travailler sur des aspects comme la mise à niveau et la formation de ces travailleurs plus âgés, etc....

2.1.2 Contexte technologique : Le logiciel SAP et les MES

Le logiciel SAP a été introduit à Komatsu vers la fin des années 90. L'usine de Candiac a été la première à bénéficier de ce progiciel de gestion intégré et a servi de modèle pour le réseau des entreprises de la multinationale. SAP est le principal outil de planification de production, d'analyse des requis, de génération de bons de commande pour les fournisseurs, de génération d'ordre de fabrication et d'assemblage. SAP gère bien entendu toute la nomenclature du produit (BOM), la gestion de l'entrepôt et bien d'autres choses encore. Cependant dans le domaine qui nous concerne, c'est-à-dire l'exécution et le contrôle de la production, le logiciel est peu ou pas du tout utilisé, entre autres pour les raisons que nous avons invoqué dans le chapitre 1, soit la non-convivialité sur le plancher de production et la non-existence de vrais fonctions MES.

Il y a eu des tentatives, via le développement de logiciels maison, pour réaliser l'intégration entre le plancher de production et le système ERP et qui permettaient de gérer certaines des fonctions classiques des MES que nous avons vu à la partie 1 de ce rapport mais ces tentatives peuvent être qualifiés de timides. En fait, la présente application est encore un ajout de fonctionnalités MES qui est développé à l'interne en utilisant des connecteurs SAP car l'entreprise n'est pas encore prête à investir dans un vrai système d'exécution et de contrôle compte tenu de la conjoncture.

Dans les autres domaines technologiques (VOIP, sans-fil, réseaux), l'usine est quand même à la fine pointe. Elle dispose d'une infrastructure informationnelle et technologique robuste et

flexible et d'un service des technologies de l'information capables d'appuyer techniquement les orientations stratégiques et les améliorations de processus comme celle qui est présenté dans ce rapport.

2.2 Le processus de production

La production à Komatsu International (Canada) Inc. intègre en fait deux processus : Le processus de fabrication et le processus d'assemblage dont voici les descriptions :

2.2.1 Processus de fabrication

Le processus de fabrication est en amont du processus d'assemblage. Komatsu fabrique en effet ses propres châssis avant et châssis arrière³ (voir annexe 5) qui vont servir comme intrants dans le processus d'assemblage. Pour fabriquer les châssis, le secteur fabrication comporte environ une dizaine de stations de travail, hommes ou robots assurant des travaux divers allant du lavage à la peinture, en passant par la soudure. Les stations en question sont listées dans le tableau 2.2.

Tableau 2.2
Les stations de travail (Works centers) du processus de fabrication

Station	Description station	Description opération
600	Lavage pièces (magasin)	Lavage préliminaire de pièces si requis
		(ex : pour enlever la neige en hiver)
440	Usinage G&L	Machinage, alésage horizontal par
		machine spécialisé Giddings and Lewis

³ On fabrique également des bras de levage, des leviers de godets, des tiges de godets mais on n'en parlera pas dans ce projet.

Station	Description station	Description opération
450	Usinage	Machinage, alésage de châssis ou de
		certaines pièces
640	Assemblage	Assemblage des composantes en
		prévision de la soudure (ex :
		assemblage "side member" ou
		assemblage "hinge")
650	Assemblage châssis	Assemblage du châssis en prévision de
	avant	la soudure
760	Assemblage petite	Assemblage en prévision soudure pour
	pièces châssis arrière	châssis arrière
620	Robot soudeur b.c.p.	Soudure haute précision par robot
		spécialisé (pivot du cylindre de godet
		b.c.p.)
660	Robot soudeur châssis	Soudure haute précision par robot
	avant	spécialisé
670	Robot soudeur châssis	Soudure haute précision par robot
	avant	spécialisé
750	Robot soudeur châssis	Soudure haute précision par robot
	arrière	spécialisé
770	Robot soudeur châssis	Soudure haute précision par robot
	arrière	spécialisé
460	Grenaillage	Sablage par projection à haute-vitesse
		de microbilles d'acier
470	Peinture	Peinture sur ligne de peinture et
		chambre de peinture spéciale

Les matières premières ou intrants requis à la fabrication sont achetés le plus possible de fournisseurs locaux mais les composantes principales qui sont en grande majorité des plaques d'acier découpés suivant des spécifications précises, peuvent venir d'aussi loin que la chine

ou le japon. De la commande des pièces à la réception, il peut s'écouler jusqu'à 3 mois. Il est donc primordial de bien contrôler l'inventaire des intrants dans le processus de fabrication.

2.2.2 Processus d'assemblage

Komatsu assemble les chargeuses frontales sur la ligne de montage principale (voir annexe 6) comportant un peu plus de 50 stations de travail. L'assemblage consiste à relier les châssis avant et arrière fabriqués dans le précédent processus et à y installer toutes les composantes achetées de fournisseurs locaux ou en provenance du japon. En effet, certaines des composantes principales comme les boîtes de batteries, les cabines, les moteurs (voir annexe 8) sont reçues prêtes à installer. Elles sont stockées à l'entrepôt ou dans la cour. Certaines sont amenées sur la ligne d'assemblage directement aux stations appropriées suivant un processus "juste à temps". Quant à la quincaillerie requise, elle est livrée aux différentes stations sous forme de kits suivant un processus Kanban⁴.

La ligne de production principale avance généralement de façon automatique de 1 "pin" (1 pied) en 2.39 minutes. Cette cadence peut être bien sûr changée. La longueur de la ligne est de 300 pieds au total. Komatsu assemble chaque jour de 4 à 12 machines qui sont mis en séquence suivant le plan de production et suivant le mix de produits choisis pour optimiser les temps des opérateurs aux différentes stations.

⁴ Le système Kanban à Komatsu se fait avec une rotation de deux bacs de quincaillerie. Les bacs vides sont récupérés par un fournisseur qui s'assure de leur remplissage.

2.3 Dysfonctionnement du processus de fabrication

Le présent projet se concentre essentiellement sur le processus de fabrication (en amont de l'assemblage). Voici dans le tableau ci-dessous les dysfonctionnements qui ont été identifiés comme affectant ce processus.

Tableau 2.3

Dysfonctionnement du processus de fabrication

Problèmes	Symptômes	Raisons	Causes profondes
Fonctionnement	1. Inventaire des intrants	1. Le backflush se fait suivant	1. Non intégration du processus
inadéquat du processus de	inadéquat ou débalancé	un processus manuel	de suivi et de contrôle de la
backflush	régulièrement		fabrication avec le système ERP
		2. l'information sur le statut de	
	2. Montants élevés des	la fabrication n'est pas donnée	
	erreurs de backflush	à temps par les superviseurs	
Aucun contrôle de	1. Perte de temps pour	1. L'inventaire de la	Pas de liens logiques entre
l'inventaire dans le	retrouver les pièces	fabrication n'est pas contrôlé	plancher de fabrication et ERP
secteur fabrication		par le module WM (warehouse	
	2. Pièces mal identifiés	management) de SAP	2. Le processus de fabrication est
			mal modélisé dans SAP
	3. Statut précis de	2. Les emplacements des	
	l'inventaire dans SAP	pièces de fabrication sont mal	
	laissant à désirer	définis physiquement	
		3. Manque de formation des	
		superviseurs	
Les temps de travail réels	1. Aucun rapport disponible	1. Système d'information de	1. Quasi absence d'un système
à la station (temps	pour comparer temps	plancher déficient (shop floor	MES
homme, temps machine)	standard et temps réel	information system)	
ne sont pas compilés et			2. Non intégration du processus
enregistrés	2. Les demandes	2. La structure des gammes	de suivi et de contrôle de la
	d'optimisation du processus	opératoires (routings) n'est pas	fabrication avec le système ERP
	sont impossibles en	appropriée voire inexistante	
	l'absence de données	dans SAP	3. Configuration inadéquate de la
	collectées et d'indicateurs		nomenclature et des gammes dans
	mesurables	3. Aucun système pour	SAP
		automatiser la saisie des temps	

Problèmes	Symptômes	Raisons	Causes profondes
Pas de suivi de l'état	1. Pas de rapports	1. Pas de système automatisé	1. Processus mal modélisé et
d'avancement des	d'avancement en temps		structuré
opérations de fabrication.	réel	2. Le superviseur collecte	
		l'information de façon visuelle	2. Absence d'un MES
	2. Les rapports sont faits	lors de ses rondes	
	sur fichier Excel par les		3. Non intégration du processus
	superviseurs et très souvent		de fabrication avec SAP
	en retard		
	3. En cas de déviation par		
	rapport au plan à cause de		
	problèmes potentiels, on le		
	sait trop tard		
Les produits résultants du	1. l'inventaire des produits	1. Les ajustements sont faits	1. Processus mal modélisé et
processus de fabrication	fabriqués est souvent	trop tard après l'opération	structuré
ne sont pas mis en	inadéquat dans SAP	peinture	
inventaire en temps			2. Absence d'un MES
opportun	2. Erreurs de backflush	2. Les ajustements dépendent	
		de l'information donnée par	3. Non intégration du processus
Les ajustements à		les superviseurs et non d'un	de fabrication avec SAP
l'inventaire sont manuels		processus automatisé	
L'information concernant	1. Erreurs dans la	1. L'ordre de fabrication	1. Système d'information sur le
le type d'options requises	fabrication de certains	manque d'information sur les	plancher est déficient
dans certains châssis est	châssis (notamment les	options requises	
mal indiqué aux	JRB ou les 4 spools) ⁵		2. Non intégration du processus
opérateurs.		2. Les châssis ne sont pas bien	avec SAP
	2. Les erreurs sont trouvées	identifiés	
	trop tard et nécessitent		3. Configuration inadéquate de la
	souvent du retravailla		nomenclature et des gammes dans
	(rework)		SAP

⁵ Plusieurs options peuvent être demandées par les clients comme le JRB et le 4 spools. Ces options exigent des modifications spéciales aux châssis

Problèmes	Symptômes	Raisons	Causes profondes
1. Les ordres de	Demandes répétées	1. Processus mal défini de la	1. Mauvaise définition du
fabrication ne sont pas	d'information	fabrication	processus et des besoins
adaptés au suivi sur le			
plancher	2. erreurs récurrentes de	2. Les besoins informationnels	2. Configuration inadéquate de la
	fabrication (surtout dans le	sont mal identifiés	nomenclature et des gammes dans
2. Pas de liste de	cas des options)		SAP
cueillette disponible qui			
reflète le BOM	3. trop nombreuses		
	interventions des		
	superviseurs		

Nous avons classé en trois catégories les dysfonctionnements du tableau 2.3. Soit :

- Faiblesses du processus de mise à jour de l'inventaire
- La non-adéquation des configurations dans SAP
- Les déficiences de la modélisation du processus de fabrication actuel

2.3.1 Faiblesses du processus de mise à jour de l'inventaire

2.3.1.1 Retard dans la confirmation finale

Comme nous l'avons indiqué, les superviseurs font une confirmation finale dans le système ERP seulement après l'opération peinture (station 740). Le problème est que le châssis avant ou la composante fabriquée a commencé son voyage sur la ligne de fabrication 1 ou 2 jours auparavant, (soit à l'opération 600-lavage). De ce fait, bien des intrants et composantes ont été consommés pour cette fabrication mais ceci n'est rapporté au système qu'avec un retard de 1 ou 2 jours. On se rappellera que MRP planifie les ressources de l'entreprise pour rencontrer le plan de production, aussi est-il primordial que l'information relative aux inventaires et à leur consommation soit mise à jour rapidement, voire en temps réel, sous peine de biaiser les résultats du MRP.

Pour le moment, aucune confirmation des activités, aucun enregistrement des temps ne se fait aux stations. Les superviseurs ne peuvent donc savoir en temps réel où est rendu la

fabrication si ce n'est que par un contrôle visuel. Par conséquent, les problèmes ne sont jamais détectés immédiatement dès leur occurrence : le processus fonctionne suivant un mode réactif et non proactif.

2.3.1.2 Impact sur le processus d'assemblage

Tout retard du processus de fabrication a un impact majeur sur le processus d'assemblage et sur sa capacité à rencontrer le plan de production. Malheureusement, la gestion déficiente des inventaires et du "backflush" met justement la compagnie à risque d'une rupture de stock qui empêcherait la fabrication d'un châssis avant ou arrière, avec comme conséquence un ralentissement ou un arrêt complet de l'assemblage. Suivant une estimation récente, chaque arrêt non planifié d'une heure de la ligne d'assemblage correspond à coût en main d'œuvre de \$6300 plus une perte équivalent au coût d'une chargeuse soit \$150000 à \$250000⁶.

⁶ Estimation du département de comptabilité de Komatsu International (Canada) Inc.

2.3.2 La non-adéquation des configurations dans SAP

2.3.2.1 Nomenclature du produit et Erreurs de "backflush"

Le processus de "backflush" permet d'indiquer au progiciel de gestion que les intrants et matières premières utilisés dans la fabrication d'un bien ont bel et bien été consommés à une opération donnée. Pour illustrer notre propos, regardons par exemple la figure 2.5. Elle montre la nomenclature du châssis avant 42346A4300 pour le modèle de chargeuses WA380-6. Avec la procédure de déduction automatique, on veut que toutes les souscomposantes, de niveau 2 et plus dans la nomenclature, soient automatiquement déduites de l'inventaire pour les quantités appropriées qui y sont indiquées.

Figure 2.5

Nomenclature (BOM) correcte du châssis avant du modèle wa380-6 dans SAP

Plar Des Bas	erial nt/Usag criptio e Qty (d Qty (n FRAME, FF PC) 1.000		SEAT ASSY (FAB/CANDIAC)				,,					
Level	Item	Component no.	Rev	Object description	Q	Un	lct	T E	Phan	SPT	Change No.	Valid from	Valid to
.1	0005	4238774312	02	FRONT FRAME REWORK	1	PC	U	PD		50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
.1	0010	4234641103 NK	00	FRAME, FRONT SEAT ASSY	1	PC	L	PD	Х	50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
2	0005	4234641103	00	FRAME,FRONT SEAT ASSY	1	PC	U	PD		50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
2	0010	42346A4111	00	FRAME, FRONT WELD'T	1	PC	L	PD	х	50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
3	0005	4234641113	00	FRAME,FRONT	1	PC	U	PD		50	ECN81459F	03/21/2006	12/31/9999
3	0010	4234611F50	A1	GUSSET, HINGE UPPER (F/F)	2	PC	L	PD			ECN81459F	03/21/2006	03/25/2008
3	0020	4234621D80	A0	GUSSET, PAD FRONT (F/F)	4	PC	L	PD			ECN81459F	03/21/2006	03/25/2008
3	0030	4234631550 MF	A1	BRACKET LH (F/F)	1	PC	L	PD			ECN814598	12/03/2007	03/25/2008
4	0005	4234631550	00	BRACKET,LH	1	PC	U	PD			ECN814598	12/03/2007	12/31/9999
4	0010	4214611920	A1	SEAT	1	PC	Χ	PD			ECN81459C	03/01/2006	12/31/9999
4	0020	4214611H71	A2	PLATE, STEERING (F/F)	1	PC	Χ	PD			ECN81459C	03/01/2006	12/31/9999
4	0030	4234631L30 MF	00	PLATE	1	PC	Χ	PD			ECN81459C	03/01/2006	12/31/9999
5	9010	4234631L30	00	PLATE	1	PC	U	ND			ECN81459C	03/01/2006	12/31/9999

Source: Transaction CS12 dans SAP (Explode BOM : Multilevel BOM)

Pour que cela soit possible, SAP fait usage d'un paramètre très important appelée catégorie d'items⁷ (item category) que l'on voit à la colonne 8 de la figure 2.5. SAP utilise cet indicateur pour définir les attributs et les fonctions des items dans la nomenclature de produit. Certaines catégories permettront la gestion et le contrôle de l'inventaire et d'autre non. La figure 2.6 montre la configuration de base que Komatsu a adoptée pour ses catégories d'items. On remarquera que la catégorie L (stock item) indique clairement qu'il s'agit d'un indicateur permettant la gestion de l'inventaire (colonne 3. Invmg). Elle permet notamment que l'item d'une nomenclature donnée et ses sous-composantes soient déduites dès que l'on utilise la transaction appropriée. L'item X, quant à lui, est appelé "production part only". Par définition, aucune déduction ne se fait avec ce choix de configuration.

Figure 2.6

Les catégories d'item dans SAP affectant la déduction automatique

D	Display View "Item Categories": Overview												
	ICt	MatInpt	InvMg	Txtltm	VSItem	Docitm	CIsltm	PM Str	IntraM	+/- Sign	Subl	ItmCtrl	Item category text
	В	+	~								V	0001	Service-Production Only
	С	+	~								V	0001	Service-Production and Service
	D	-				✓				+		0001	Document item
	I	+						~		+	V	0001	PM structure element
	K	-					~			+		0001	Class item
-	L	+									~	0001	Stock item
	М	+							~			0001	Phantom material
	N										~	0001	Non-stock item
\blacksquare	R	+	~		~					+	V	0002	Variable-size item
Ш	T	-		~						+		0001	Text item
-	U	+									~	0001	Reference Item
-	Х	+									~	0001	Production part only
	Υ	+									~	0001	Serviceable part (can be ord.)
	Z	+									V	0001	Production & Service parts
													_
													v
		4 🕨											₹

Source: Transaction SPRO dans SAP: IMG -> Production-> Basic data-> Bill of materials-> Item Data-> Define Item category

⁷ D'autres paramètres peuvent affecter la déduction comme le "backflush indicator" dans la vue MRP2 de la fiche article. Mais dans le cas qui nous concerne, à Komatsu, c'est la catégorie des items qui était mal maintenue.

L'analyse de la nomenclature des châssis fabriqué à Komatsu a montré que la configuration n'était pas standard d'un produit à l'autre. Pour des raisons inconnues, l'ingénierie n'a pas toujours standardisé ses pratiques lors des définitions des catégories d'items (surtout dans les niveaux supérieurs — les items parents). Dépendamment des châssis ou des options, la catégorie L ou X était utilisé indifféremment, ce qui avait un impact important sur la déduction de l'inventaire. La figure 2.7 montre, par exemple, un châssis option JRB et un châssis option 4 spools qui sont configurés avec un item de niveau supérieur en catégorie X : leurs composantes, comme nous l'avons expliqué, ne seront jamais déduites et chaque fois qu'une confirmation de ces produits sera réalisé après l'opération peinture par un superviseur, des désajustements d'inventaire se produiront.

Figure 2.7

Nomenclature incorrecte d'options de châssis : La catégorie des items est en X (et non en L)

Plar Des Bas	erial nt/Usag criptio e Oty (d Oty (n REWORK, PC) 1.000	1	NT FRAME / NO DWG (FAB)									
Level	Item	Component no.	Rev	Object description	Q	Un	lct	T 8	B Phan	SPT	Change No.	Valid from	Valid to
1	0010	423879A930	00	REWORK FRONT FRAME	1	PC		PD	х	50	ECN82036F	11/09/2007	12/31/9999
.2	0010	42346A4300	A0	FRAME, FRONT, SEAT ASSY (FAB/CANDIAC)	1	PC	Х	PD			ECN82036	12/04/2006	01/29/2009
3	0005	4238774312	02	FRONT FRAME REWORK	1	PC	V	PD		50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
.3	0010	4234641103 NK	00	FRAME, FRONT SEAT ASS'Y	1	PC	L	PD	x	50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
4	0005	4234641103	00	FRAME, FRONT SEAT ASSY	1	PC	U	PD		50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
4	0010	42346A4111	00	FRAME, FRONT WELD'T	1	PC	L	PD	х	50	ECN81459I	10/01/2006	12/31/9999
5	0005	4234641113	00	FRAME,FRONT	1	PC	U	PD		50	ECN81459F	03/21/2006	12/31/9999
5	0010	4234611F50	A1	GUSSET, HINGE UPPER (F/F)	2	PC	L	PD			ECN81459F	03/21/2006	03/25/2008
5	0020	4234621D80	A0	GUSSET, PAD FRONT (F/F)	4	PC	L	PD			ECN81459F	03/21/2006	03/25/2008
5	0030	4234631550 MF	A1	BRACKET LH (F/F)	1	PC	L	PD			ECN814598	12/03/2007	03/25/2008
5	0040	4234631560 MF	A0	BRACKET RH (F/F)	1	PC	L	PD			ECN814598	12/03/2007	03/25/2008
5		4234631590	00	PLATE,EYE	2	PC	L	PD			ECN81459F	03/21/2006	12/31/9999

Exemple 1 : Nomenclature d'un châssis avant JRB. L'item catégorie est en X. Les items de niveaux 3 et plus ne seront jamais déduites et conduiront à des désajustements d'inventaire

Plan Des Bas	erial nt/Usag criptio e Qty (d Qty (PC) 1.000	01	4SPL WA380-6 (FAB)									
Level	Item	Component no.	Rev	Object description	Q	Un	lct	T I	Phan	SPT	Change No.	Valid from	Valid to
.1	0010	4238354680	00	FRONT FRAME, REWORK	1	PC	人	PD	х	50	ECN81507E	05/23/2008	12/31/9999
2	0010	4234641103	00	FRAME, FRONT SEAT ASSY	1	PC	Х	PD		50	ECN81507E	05/23/2008	01/07/2009
2	0020	0157101016		SEAT	1	PC	V	PD			ECN81507E	05/23/2008	12/31/9999
2	0030	0157310205		SEAT	2	PC	L	PD			ECN81507E	05/23/2008	12/31/9999
2	0040	0157310207		SEAT	2	PC	L	PD			ECN81507E	05/23/2008	12/31/9999
2	0050	0157320205		SEAT	2	PC	L	PD			ECN81507E	05/23/2008	12/31/9999
2	0060	4248751160	A1	BOSS, M10X1.50 L25.00	1	PC	L	PD			ECN81507E	05/23/2008	12/31/9999
2	0070	5620315810	01	BOSS, M10X1.50 L56.00	1	PC	1	PD			ECN81507E	05/23/2008	12/31/9999

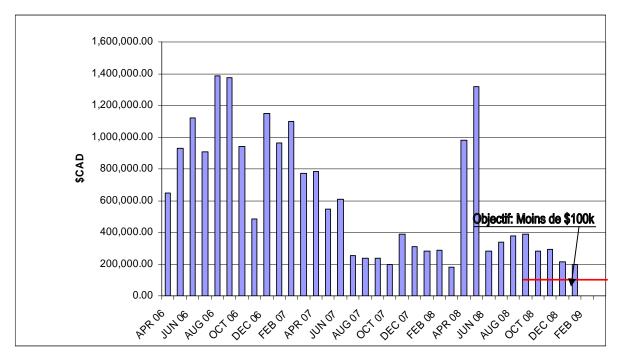
Exemple 2 : Nomenclature d'un châssis avant 4-SPOOLS. L'item catégorie est en X. Les items de niveaux 3 et plus ne seront jamais déduites et conduiront à des désajustements d'inventaire

Source: Transaction CS12 dans SAP (Explode BOM : Multilevel BOM)

Ainsi donc, quand le backflush n'est pas réalisé à temps ou quand il est déficient pour les raisons énoncées précédemment, les pièces réservées se retrouvent dans le rapport "backflush error log". Ce rapport de SAP est un indicateur important de débalancement d'inventaire. Il indique en valeur, les pièces qui sont en erreurs (elles ont déjà été consommées dans le processus mais n'ont pas été déclarées). En temps normal, dans une compagnie en contrôle

et dans un monde idéal, le backflush error log devrait être nul. Dans le cas de Komatsu, le tableau suivant montre l'évolution du backflush error log. On peut y constater 2 choses : premièrement, il se situe en général au alentour de \$300k par mois ce qui confirme bien qu'il y a là un problème de processus non maîtrisé. Deuxièmement, on y remarque des pics de débalancement dépassant le million! Une analyse même sommaire révèle que ceux-ci correspondent à des demandes clients pour des options spéciales comme le JRB ou le 4 spools dont la nomenclature – nous l'avons vu à la figure 2.7 – était mal bâtie, ce qui a un effet immédiat sur les erreurs de backflush.

Figure 2.8
Evolution des erreurs de "backflush" en \$ canadien



Source: Département de la comptabilité de Komatsu. (Les valeurs de décembre et suivant ne sont pas dues à une amélioration mais à une baisse de production à cause de la crise.)

2.3.2.2 Gamme opératoire (routings)

A part la nomenclature du produit qui présentait quelques faiblesses à Komatsu, il y avait également les gammes opératoires qui devaient être révisées. Une gamme est une description détaillée des opérations entrant dans le processus de fabrication, leur séquencement (étapes du processus) et leur ordre d'exécution. La gamme opératoire donne des informations techniques sur chaque poste de travail (work station) où les opérations sont réalisées, sur les outils requis (production ressource tooling), voire même sur leur calibration en fonction de chaque opération. Les temps et les coûts standards des opérations sont également configurés dans les gammes opératoires.

A Komatsu, les gammes opératoires n'étaient pas du tout utilisées pour ce à quoi elles étaient destinées. Il n'y avait aucune définition des opérations et des stations (on devrait en effet y retrouver toutes les stations du tableau 2.2). Dans l'entreprise, les gammes étaient utilisées exclusivement pour déterminer les coûts standards des opérations comme illustré dans la figure 2.9 ci-dessous. En effet, on remarquera que la seule station définie pour le châssis avant est le 515 (qui n'a absolument rien à voir avec les stations que nous avions présentées au tableau 2.2!). De plus, on remarquera que la colonne Control key indique 0001 dont le détail est explicité à la figure 2.9. On remarquera que la détermination des coûts (cost) est activée (soit 9.2hrs en temps homme qui ont été indiqué pour toute la séquence de fabrication sans détails aucun sur les temps pris pour chaque opération). Il faut noter d'autre part que le champ confirmations n'a aucun crochet. Cela sous-entend que l'ancien processus ne prévoyait aucune confirmation automatique. Ce qui explique pourquoi les superviseurs devait le faire eux-mêmes avec comme conséquence les retards qui ne manquaient pas de se produire.

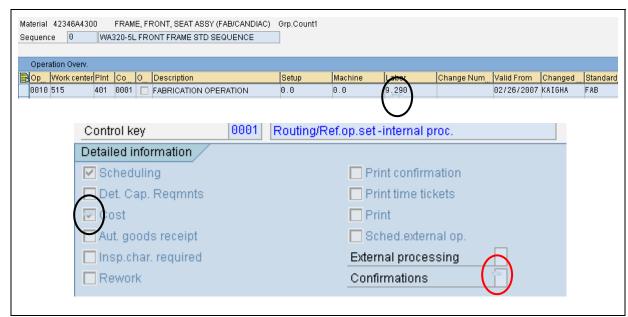


Figure 2.9

Avant le projet : 1 seule opération dans SAP

Source: transaction CA02. Display routing.

2.3.2.3 Stations de travail et détermination des prix de revient

Comme nous l'avons vu, tous les intrants requis sont tout simplement alloués à une opération virtuelle fourre-tout 515 pour un temps homme de 9.2hrs. Aucune des stations physiques de la fabrication n'est représentée dans la gamme opératoire. Komatsu supposait implicitement que toute la fabrication n'était qu'une seule station, un genre de boîte noire, avec un temps standard de 9.2hrs. Ceci ne laissait, on le comprend bien, aucune marge pour l'amélioration du processus car il n'y avait aucune mesure et aucun indicateur qui pouvait y être capté.

Comme on peut le voir dans le tableau 2.10 illustrant la structure du prix de revient, on voit nettement le détail des coûts en matériel requis pour la fabrication du châssis (\$3312.37), les autres coûts variables (OVC) (\$945.99), et la main d'œuvre reliés à 9.2hrs d'opération (soit \$239.31). Si on fait le lien avec le modèle de flux ISA 95 au chapitre 1, nous y avions indiqué que c'est la fonction contrôle de coût qui doit permettre de déterminer les prix de

revient. Cette fonction permet de collecter les infos requises pour proposer des objectifs de coûts de production et des objectifs de réduction de coût afin d'améliorer la rentabilité à long terme. On comprendra que la structure actuelle ne permet pas de procéder à de tels exercices d'optimisation car on n'a aucune idée du temps qui est requis dans chacune des stations (tableau 2.3) tant pour le matériel que pour l'énergie.

Figure 2.10 Structure du prix de revient

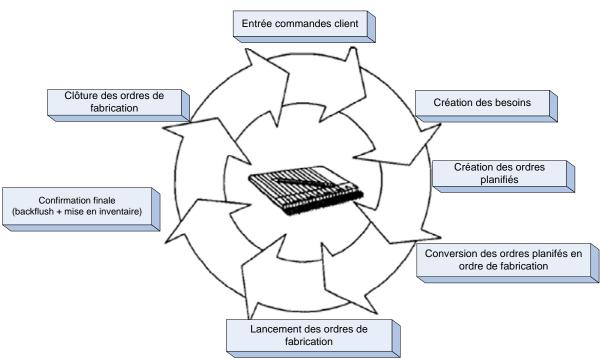
♥ ☆ 🛗 🚨 🖺 🖷 ▶	Material 42346A4300	FRAME, FROM	NT, SEAT ASSY (FAB	I/CANDIAC)					
Costing Structure	Plant 491			•					
FRAME, FRONT, SEAT				□ \$¥					
■ PLATE ▼									
BRACKET	ET Itemization for material 42346A4300 in plant 401								
■ SEAT	* Itm Resource	Resource (Text)	Σ Total Value	Currncy Quantity	/ Un				
Ⅲ SEAT	17 401 4234631560 MF	BRACKET RH (F/F)	64.23	CAD 1	PC				
☐ PLATE	18 401 4234631590	PLATE,EYE	11.02	CAD 2	PC				
■ SEAT	19 401 4234641L10 K1	PLATE LH, AXLE PAD	73.12	CAD 1	PC				
■ SEAT	20 401 4234641L20 K1	PLATE RH, AXLE PAD	73.12	CAD 1	PC				
■ SEAT	21 401 4234641L50	PLATE,LH	26.53	CAD 1	PC				
■ SEAT	22 401 4234641L60	PLATE,RH	26.53	CAD 1	PC				
■ SEAT	23 401 4234641L80	PLATE	10.60	CAD 2	PC				
■ SEAT	24 401 4234641M70	BRACKET	22.36	CAD 1	PC				
■ SEAT	25 401 4234641L90 KA	PLATE	71.09	CAD 1	PC				
☐ PLATE ☐ PLATE	26 401 4234641134 KA	PLATE, SIDE LH	759.76	CAD 1	PC				
BRACKET LH (F	27 401 4234641144 KA	PLATE, SIDE RH	762.23	CAD 1	PC				
BRACKET RH (F	28 401 4244641520 KA	FRAME TOP	532.98	CAD 1	PC				
PLATE,EYE	29 401 4234631580 KA	HINGE LOWER	246.31	CAD 1	PC				
PLATE LH, AXLE	30 401 4234641L70 KA	BRACKET	45.84	CAD 1	PC				
PLATE RH, AXLE	31 401 4234641M50 K1	PLATE, UPPER LOWER	97.69	CAD 1	PC				
PLATE,LH	32 401 4234641171 KA	HINGE UPPER	351.23	CAD 1	PC				
☐ PLATE,RH	33 401 4234641P40	PLATE	3.57	CAD 1	PC				
■ PLATE	34 401 4234641P50	PLATE	3.57	CAD 1	PC				
■ BRACKET	Material		3,312.37	CAD					
☐ PLATE	35 300-0 5240905	OVC YIELD ALLO(CO)	198.08	CAD					
🖩 PLATE, SIDE LH	36 300-0 5250907	OVC LAB IND ALLO(CO)	176.44	CAD					
PLATE, SIDE RF	37 300-0 5250940	OVC FRINGES ALLO(CO)	276.57	CAD					
FRAME TOP	38 300-0 5250975	OVC UTILITY ALLO(CO)	82.27	CAD					
HINGE LOWER	39 300-0 5250949	OVC SUPPLY ALLO (CO)	212.63	CAD					
■ BRACKET	Overhead			CAD					
PLATE, UPPER	1 500-1 515 LABFAB	FABRICATION OPERATION	239.31	CAD 9.290	HR				
HINGE UPPER	Internal Activity		239.31						
☐ PLATE ▲			4,497.67						
☐ PLATE 💌			.,						

Source : Progiciel SAP et département comptabilité. Komatsu International (Canada) Inc.

2.3.3 Déficience de la modélisation du processus actuel de fabrication

Le processus de fabrication de Komatsu avant le projet pourrait être illustré comme à la figure 2.11 ci-dessous :

Figure 2.11
Processus de fabrication actuel (avant le projet)



Activités	Responsables	Systèmes utilisés
Entrée commande client. Création des ordres planifiés. Conversion ordres planifiés en ordre de fabrication. Vérification des articles (intrants) manquants.	Planificateurs de la production (MRP)	ERP (SAP)
Lancement et impression des ordres de fabrication.	Superviseurs de fabrication	ERP (SAP)
Confirmation finale de l'ordre de fabrication (backflush, consommation des intrants + mise en inventaire du produit fabriqué).	Superviseurs de la fabrication, équipe SAP (support)	ERP (SAP)
Clôture technique de l'ordre de fabrication	Superviseurs de la fabrication, équipe SAP (support)	ERP (SAP)
Clôture finale de l'ordre de fabrication.	Superviseurs de la fabrication, équipe SAP (support)	ERP (SAP)

2.3.3.1 Responsabilités des planificateurs de production

Le point de départ du processus est la saisie des ordres du client. MRP utilise cette demande client et les autres sources (inventaire, prévisions, demandes pièces de rechanges) pour calculer les requis et les besoins. C'est le résultat de MRP qu'on retrouve dans SAP sous la forme de la liste des besoins (stock requirement list – transaction MD04) qui comprend à la fois les réquisitions et les ordres planifiés. A Komatsu, les planificateurs de production s'assurent de la conversion des ordres planifiés en ordre de fabrication après une première vérification des articles manquants. A notre avis, cette partie du processus est bien standard dans la plupart des entreprises et il n'y a pas lieu de changer cela.

2.3.3.2 Responsabilités des superviseurs de fabrication

Pour la suite, les superviseurs de fabrication sont responsables de prendre chacun des ordres planifiés et de les convertir en ordre de fabrication suivant le calendrier de production. Normalement, l'ordre de fabrication est un document important qui devrait donner aux opérateurs de plancher des indications claires sur quoi produire, suivant quels spécifications, les options s'il y a lieu, les temps alloués pour chaque tâche, etc. A Komatsu, l'ordre doit suivre chaque châssis de la première à la dernière station. Jusqu'à tout récemment, on ne retrouvait pas les stations de fabrication sur l'ordre mais une station générique 515 qui était une station virtuelle ou dummy utilisée a des fins d'évaluation des prix de revient seulement. De plus, l'ordre ne rencontrait aucun des besoins informationnels des opérateurs de planchers et était de ce fait pratiquement inutilisable.

Si nous revenons à ISA 95, il est recommandé à cette étape, que les infos du ERP et des ordres de fabrication soient transférées dans un MES et plus particulièrement dans un système d'information de plancher (shop floor information system). D'après le modèle, l'idée est de permettre à chaque opérateur d'avoir, en temps réel, des informations détaillées sur les opérations à effectuer sur chaque ordre de fabrication. A la limite, l'impression de l'ordre de fabrication pourrait même se faire par les opérateurs de plancher. Il est même possible de déclencher l'impression de façon automatisé. SAP offre d'ailleurs les transactions

appropriées (CO04N et CO05N) permettant le lancement et l'impression automatique des ordres de fabrications. Finalement, il est recommandé que l'ordre soit imprimé avec des codes à barres afin que les opérateurs ou les machines puissent scanner le début et la fin de chacune des opérations et enregistrer les temps standards.

2.3.3.3 Suivi de l'avancement de l'ordre de fabrication

Avant la mise sur pied du présent projet, il n'y avait aucun système informatisé de suivi de l'avancement de l'ordre de fabrication. Quotidiennement, les superviseurs de fabrication indiquaient simplement sur un fichier Excel l'état d'avancement de chaque châssis. Normalement, sur le plancher de fabrication, ISA 95 et les MES préconise l'enregistrement en temps réel de toutes les données pertinentes directement aux stations (temps hommes, temps machines, problèmes, statut des tâches et sous-tâches). On parle alors de confirmation partielle des activités.

La confirmation doit fournir au système ERP, en temps réel, le statut de l'utilisation des matières premières. La consommation, à Komatsu, se faisait à chaque station mais l'inventaire n'était pas ajusté de façon équivalente au fur et à mesure de l'utilisation. Nous avons vu que la confirmation de cette utilisation ne se faisait qu'après l'opération peinture, soit complètement à la fin du cycle de fabrication (confirmation finale). Nous avons vu également que ceci constituait une des sources des erreurs de backflush. Avec le châssis du 380-6 que nous avions pris pour exemple, on parle d'un cycle de 9.2hrs donc dans le meilleur des cas, il s'écoule 1 journée et demie, voire 2 journées avant de reporter à l'ERP l'utilisation du matériel aux stations. On comprend vite, qu'avec près de 8 à 12 châssis avant et/ou arrière fabriqués chaque jour, que cela a un impact important sur le calcul MRP. En effet, on peut parler d'une surévaluation des stocks à chaque fois. Par conséquent, MRP fera une planification des besoins incorrecte et biaisée. Moins de commandes seront placées à temps chez les fournisseurs et cela se traduira nécessairement par des ruptures de stocks et des problèmes pour la fabrication puis pour l'assemblage.

2.4 Amélioration du processus : le mandat

2.4.1 Justification du projet d'amélioration

Avec tous ces facteurs externes (crise mondiale, taux de change, prix de l'acier, baisse de la construction, etc.), le chiffre d'affaire de Komatsu a sérieusement chuté. Les dirigeants ont jugé bon que le moment était propice à une amélioration et une optimisation substantielle de plusieurs processus clés dans l'entreprise. C'était pratiquement une question de survie. Dans la section fabrication, il était évident que cette optimisation passait par une plus grande intégration à l'ERP (suivant le modèle ISA 95). Nous avons vu, par ailleurs, que plusieurs dysfonctionnements important affectaient le département et impliquait des pertes importantes en argent et en temps pour la compagnie.

La décision a été prise de commencer par la fabrication car elle ne comportait qu'une dizaine de stations. Par la suite l'optimisation du processus qui résulterait du projet serait ensuite facilement transportable et adaptable au secteur assemblage avec sa cinquantaine de stations.

2.4.2 Les Objectifs

Les objectifs du projet dérivent essentiellement des dysfonctionnements qui ont été identifiés. Le projet devait apporter les bénéfices suivants pour l'entreprise :

- 1) Améliorer et standardiser la structure de la nomenclature du produit pour le secteur fabrication.
- 2) Corriger les gammes opératoires dans le logiciel SAP et faire en sorte qu'elles reflètent la réalité de la fabrication.
- 3) Revisiter la structure des prix de revient, notamment la partie temps homme (Labor) et assurer l'intégration des stations et des opérations à la structure de prix.

- 4) Installer un système simple d'information sur le plancher donnant en temps réel, à chaque station, le statut de chaque ordre de fabrication en cours ou à venir.
- 5) Permettre l'impression d'un ordre de fabrication plus adapté incluant codes à barres pour faciliter les confirmations partielles et la confirmation finales. Ceci devrait permettre de donner des statuts en temps réel et plus juste à chacune des stations de la fabrication.
- 6) Faire en sorte que l'ordre de fabrication inclut toutes les informations pertinentes pour la fabrication d'un châssis notamment les infos sur les options spéciales qui peuvent être requises sur le châssis.
- 7) Fournir les interfaces appropriées pour les confirmations partielles et/ou finales avec mise à jour instantanée du logiciel SAP. Ceci devrait permettre d'enregistrer immédiatement la consommation des intrants (backflush), la confirmation finale (mise en inventaire) et le calcul des coûts de revient.

2.4.3 Durée de l'implantation et indicateurs de mesures du succès

Il est clair que ce projet d'amélioration ne représente pas une réingénierie de processus et ne modifie donc pas en profondeur le processus de fabrication. Ce projet représente cependant une amélioration substantielle du processus avec des résultats relativement immédiat pour Komatsu et très facilement quantifiables. Une fois le diagnostic de la situation effectué, il a été établi que les objectifs identifiés pouvaient être rencontrés dans un horizon de 4 mois après le démarrage du projet. Il était donc prévu que ce projet soit finalisé vers la fin du mois de mai 2009. Les indicateurs suivants (tableau 2.4) ont été choisis pour mesurer les apports du projet à l'amélioration du processus :

Tableau 2.4 Indicateurs de mesures du succès

Indicateurs de mesure du succès	Dysfonctionnement réglé par les objectifs		
	qui ont été déterminés		
1) 100% des nomenclatures de produits de la Fabrication	Non-adéquation de la nomenclature, des		
mise à jour d'ici mai 09 (item category)	gammes et de la structure des prix dans SAP		
2) 100% des gammes opératoires doivent être mises à	Non-adéquation de la nomenclature, des		
jour avec les opérations de la fabrication d'ici mai 09	gammes et de la structure des prix dans SAP		
3) 100% de la structure des coûts revisités (temps	Non-adéquation de la nomenclature, des		
hommes) et correctement montés d'ici mai 09	gammes et de la structure des prix dans SAP		
4) Les ordres de fabrication avec codes à barres, options,	absence d'un système d'information sur le		
information sur les temps doivent être en fonction en	plancher. Absence d'un MES. Absence d'un		
mai 09	système de suivi		
5) Un système simple de suivi de la fabrication en temps	absence d'un système d'information sur le		
réel doit être opérationnel pour mai	plancher. Absence d'un MES. Absence d'un		
	système de suivi		
6) Un interface de saisie des confirmations partielles et	absence d'un système d'information sur le		
finales avec SAP doit être mis sur pied et opérer	plancher. Absence d'un MES. Absence d'un		
directement du plancher par les opérateurs pour des	système de suivi		
confirmations en temps réel d'ici mai 09			
7) Une réduction des erreurs de backflush doit être	Mauvais contrôle des inventaires		
atteint et doit représenter un montant de \$100000 par			
mois en moyenne ou moins.			

CHAPITRE 3

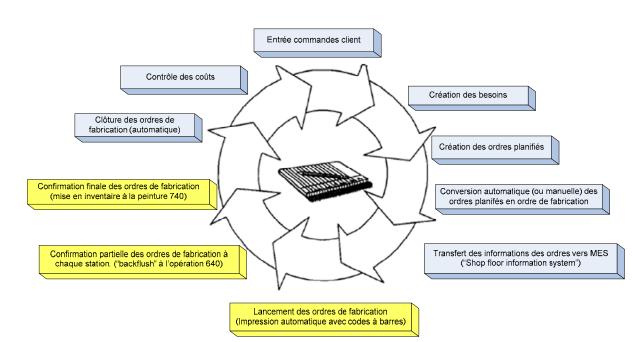
Améliorations du processus et résultats.

3.1 Le processus revisé : Utilisation du modèle de flux ISA 95

Pour améliorer le processus de la fabrication, on gagne à faire référence aux meilleures pratiques présentées dans la section parlant du modèle de flux ISA 95. L'idée du modèle est claire : il faut refaire la connection entre ce qu'on appelle le domaine de l'entreprise (le ERP) et le plancher de fabrication (MES), en s'assurant que la communication se fasse de façon bi-directionnelle et en temps réel autant que possible. Dans le modèle de flux ISA 95, beaucoup d'emphase doit être mise sur les activités d'exécution et de contrôle. Elles doivent être au cœur du système intégré et doivent nourrir le ERP, sous peine de se retrouver avec des désajustements comme ceux qui ont été identifiés dans le cas de Komatsu au chapitre 2.

La figure 3.1, ci-dessous, illustre le processus revisé. Les blocs en gris représentent les activités qui se font dans SAP, les blocs en jaune sont celles qui sont considérés comme des activités MES.

Figure 3.1
Le processus de fabrication revisé de Komatsu



Activités	Responsables	Systèmes utilisés	Relation avec ISA
Entrée commande client. création des ordres planifiés.	Planificateurs de la production (MRP)	ERP (SAP)	Fonction ISA (1.0)
Conversion ordres planifiés en ordre de fabrication (automatique). Vérification des articles (intrants) manquants.	Automatique (Vérification par superviseur de fabrication)	ERP (SAP)	Fonction ISA (1.0)
Transfert des infos des ordres de fabrication sur système d'information sur le plancher	Automatique (Vérification par superviseur de Fabrication)	ERP (SAP)	Fonction ISA (1.0)
Lancement des ordres de fabrication. Impression des ordres de fabrication avec codes à barres.	Opérateurs à la première station de travail (Vérification par superviseur)	MES	Fonction ISA (3.0)
Confirmation partielle des ordres de fabrication, (enr. Temps hommes, Temps machines).	Toutes les stations (Le backflush se fait à l'opération 640)	MES	Fonction ISA (3.0) & (8.0)
Confirmation finale et mise en inventaire.	Station peinture (740)	MES	Fonction ISA (3.0) & (7.0)
Clôture finale de l'ordre de fabrication.	Automatique (Vérification par équipe SAP)	ERP (SAP)	Fonction ISA (1.0)
Contrôle des coûts.	Contrôleur - Comptabilité	ERP (SAP)	Fonction ISA (8.0)

Voici quelques explications additionnelles sur les fonctions du nouveau processus :

- La conversion des ordres planifiés en ordre de fabrication: Cette étape qui se faisait par les planificateurs de production de façon manuelle dans SAP, devra être automatisée à mesure que Komatsu regagne le contrôle sur sa fabrication comme résultante du projet. En effet, les bénéfices du projet (meilleur contrôle des stocks d'intrants et de produits fabriqués, meilleur contrôle du processus, etc.) permettront éventuellement de réduire le nombre de planificateurs qui n'auront plus à effectuer les vérifications extensives de pièces manquantes extensives juste avant la conversion. Notez que SAP offre déjà la transaction CO41 (conversion collective) pour cette automatisation.
- d'information de plancher: Il s'agit ici de la première adaptation logicielle que nous présenterons à la section 3.3.1. Cette étape vise à s'assurer que la bonne information, en temps réel, soit disponible sur le plancher. Il s'agit d'une étape très cruciale car c'est à partir des informations transférées dans le MES, sur le plancher de fabrication, que les superviseurs et opérateurs aux stations doivent travailler. Le flux d'information doit être parfaitement contrôlé et à jour car le bon fonctionnement des statut de fabrication (notamment lors des scans de confirmation) dépend de la qualité des informations transférés de SAP au MES.
- Lancement des ordres de fabrication : Dans cette fonction qui fait partie du MES, les superviseurs (ou un automatisme) doivent être en mesure d'imprimer des ordres de fabrication avec codes à barres. Dans le cas de Komatsu, ces ordres sont très importants et doivent suivre chaque châssis au cours de son voyage dans la fabrication. Le système monté pour réaliser cette étape sera largement présenté à la section 3.3.3.

- Confirmation partielle des ordres de fabrication : Dans le processus initial (non revisé), cette étape était inexistante. Dans le nouveau processus, cette étape permet essentiellement de déclarer le début officiel de la fabrication du châssis et de déclarer la consommation des intrants et matériels utilisés. Cette étape se fera par un scan et la confirmation se fera automatiquement dans le logiciel SAP grâce aux connecteurs BAPI. (voir section 3.3.3 et 3.3.4).
- Confirmation finale des ordres de fabrication: Immédiatement après la peinture, on fera encore une fois un scan pour aviser SAP de la fin de la fabrication et pour mettre le châssis fabriqué en inventaire dans sa location par défaut. Pour le moment, les BAPIs ne seront utilisés que lors des confirmations (donc dans les stations 600 ou 640 et enfin 740). Malgré tout, à toutes les stations, il sera quand même demandé de scanner l'heure de début et de fin des activités à des fins de comparaisons futures entre le temps standards et les temps réel. Cet aspect ne sera cependant pas abordé dans le cadre de ce présent rapport.
- Clôture des ordres de fabrication et contrôle des coûts: Ces deux dernières fonctions sont ajoutées au processus. En effet, le modèle ISA 95 fait une place importante à au contrôle des coûts. Un des disfonctionnements qui avait été identifié était que justement la structure des coûts de revient était incorrecte voire inexistante pour la fabrication. Refaire cette structure sera une première étape clé pour un meilleur contrôle des coûts.

3.2 Correction des dysfonctionnements de la fabrication

3.2.1 Correction de la nomenclature des produits

Nous avons vu dans la section 2.3.2 que la configuration de la nomenclature de produits (BOM) avait quelques déficiences. Certains paramètres clés de la catégorie des items étaient mal définis, notamment les indicateurs "stock items" (L) et les "production part" (X). Probablement parce que ces flags étaient mal compris, la plupart des châssis, surtout celles

d'options, avaient une mauvaise configuration dans SAP comme on l'a montré a la figure 2.7. Un des premières étapes de la correction des désajustements a été de mettre en place une équipe de l'ingénierie pour redresser le BOM, chargée de vérifier systématiquement ces paramètres simples de chacun des châssis et des autres composantes fabriqués au département de fabrication.

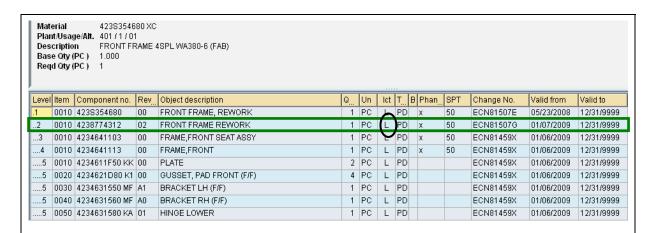
Par exemple, la figure 3.2 ci-dessous montre les corrections qui se sont faites sur le châssis 423879A970 et sur le 423S354680 XC. (On peut comparer la nouvelle structure avec celle qui est illustré à la figure 2.7). On remarque dans la figure 3.2 que les items de niveau supérieur montre à présent le bon Item catégorie en (L) en non en (X) ce qui va assurer certainement une bonne déduction des pièces consommés lors du backflush à l'opération 600 ou à l'opération 640. Ce travail qui de prime abord paraît simple a nécessité une personne du département design à temps plein pour 2 mois pour vérifier et modifier plus d'une quarantaine de nomenclatures (châssis avant, arrière, bras de levage, tige de godets, options, etc) et une bonne coordination avec les différents départements, notamment les achats, le génie manufacturier et la planification afin de mettre les bonnes dates d'effectivité de ces changements dans le système et s'assurer que l'on ne causait pas plus de problèmes qu'avant.

Figure 3.2

Nomenclature correcte d'options de châssis : La catégorie des items est à présent en L

P D B	laterial lant/Us escript ase Qty eqd Qty	(PC) 1.000	1	RB WA380-6 (FAB)									
Le	vel Item	Component no.	Rev	Object description	Q	Un	烂	T	B Phan_	SPT	Change No.	Valid from	Valid to
.1	001	D 423879A930	00	REWORK FRONT FRAME	1	PC)	L	PD	Х	50	ECN82036I	01/29/2009	12/31/9999
2	001	D 4234641103	00	FRAME,FRONT SEAT ASSY	1	PC	Q	PD	Х	50	ECN82036I	01/29/2009	12/31/9999
3	001	0 4234641113	00	FRAME,FRONT	1	PC	L	PD	Х	50	ECN81459X	01/06/2009	12/31/9999
4	4 001	0 4234611F50 KK	00	PLATE	2	PC	L	PD			ECN81459X	01/06/2009	12/31/9999
4	4 002	0 4234621D80K1	00	GUSSET, PAD FRONT (F/F)	4	PC	L	PD			ECN81459X	01/06/2009	12/31/9999
	5 901	0 4234621D80	A0	GUSSET, PAD FRONT (F/F)	4	PC	U	PD			ECN81459V	03/25/2008	12/31/9999
4	4 003	0 4234631550 MF	A1	BRACKET LH (F/F)	1	PC	L	PD			ECN81459X	01/06/2009	12/31/9999
	5 000	5 4234631550	00	BRACKET,LH	1	PC	U	PD			ECN814598	12/03/2007	12/31/9999
		1011011000		SEAT			.,	55			E01104 4500	0010410000	1010110000

Exemple 1 : Nomenclature d'un châssis avant JRB. L'item catégorie est corrigé en L. Les items de niveaux 3 et plus seront déduites avec succès et l'inventaire sera correctement ajusté (à la différence du cas présenté à la figure 2.7).



Exemple 2 : Nomenclature d'un châssis avant 4-SPOOLS. L'item catégorie est aussi en L. Les items de niveaux 3 et plus seront donc déduites et l'inventaire sera toujours juste suite à un scan.

Source: Transaction CS12 dans SAP (Explode BOM: Multilevel BOM). CS01,CS02 et CS03 respectivement pour la création, les changements et l'affichage du BOM. Les transactions MM01 et MM02 peuvent être requises pour créer et changer les pièces (matérial master create and change)

3.2.2 Correction des gammes opératoires

3.2.2.1 Corrections des gammes

La correction du dysfonctionnement des gammes vise à reproduire dans SAP la structure exacte des étapes de fabrication des châssis en indiquant clairement :

- L'ordre séquentiel des opérations à réaliser.
- La station ou le travail doit être effectuer.
- La description de la tâche à accomplir.
- Les temps standards requis pour chaque tâche clairement séparé en temps de setup, en temps machines et en temps hommes.

On peut aller très loin dans la définition des gammes en précisant les outils à utiliser (production ressources tools). Avant le projet, nous avons vu qu'il n'y avait aucune relation entre l'information dans SAP et la situation réelle sur le plancher. Une station dummy 515

était utilisée de même qu'un temps forfaitaire de 9.2h pour toute la fabrication. Maintenant, en détaillant le temps au niveau de chaque station, cela ouvre la porte a un contrôle plus étroit des coûts de fabrications tout simplement en comparant le temps standard indiqué dans les gammes et le temps qui sera calculé automatiquement lors du scan.

Pour réaliser cette tâche de correction des gammes, on utilise les transactions SAP CR01, CR02 et CR03 (respectivement création, changement et affichage de stations). Avec ces transactions on peut définir les stations de la fabrication qui ont été montrées au tableau 2.2. Pour chaque station, il faut saisir plusieurs paramètres (comme illustré à la figure 3.3) dont les plus importants sont :

- les définitions de base (basic data): On déclare ici le nom des superviseurs responsables, la catégorie de la station (s'agit-il de machines ou d'hommes), la catégorie (station d'assemblage ou de fabrication?), les valeurs par défaut, les informations sur la capacité, sur les coûts, etc.
- Les valeurs par défaut (default value): On y définit les clés de contrôle qui sont un des paramètres les plus important. (On y reviendra dans la section suivante 3.2.2.2). On peut préciser également les imprimantes à utiliser pour l'impression automatique des ordres de fabrication.
- Capacité: Permet d'entrer les information relatives à la capacité de la station en termes de temps hommes, temps machines, etc.. Cela est très important pour des optimisations de processus.
- Ordonnancement (scheduling): permet d'entrer des infos pour la planification et l'ordonnancement.
- Coût : permet d'entrer les informations relatives aux calculs de coûts notamment les temps de setup, les temps hommes et les temps machines de même que les formules comptables requises pour le calcul des temps. C'est dans cet onglet que l'on précise également le centre coût comptables qui est affecté par le travail effectué aux stations

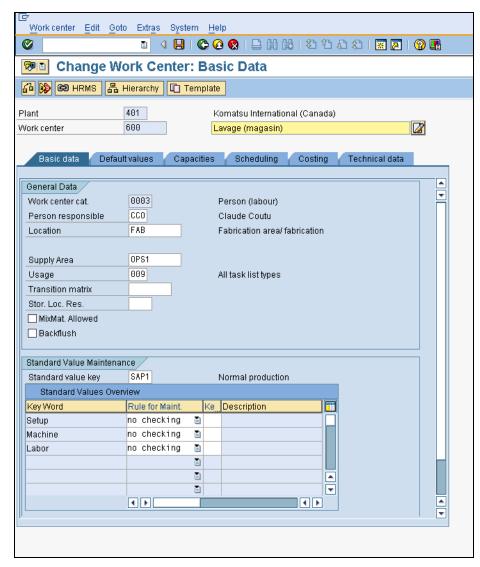


Figure 3.3
Définition des stations de travail dans SAP

Source: Transaction SAP, CR01 (create Workcenter). CR02 (Change). CR03 (Display)

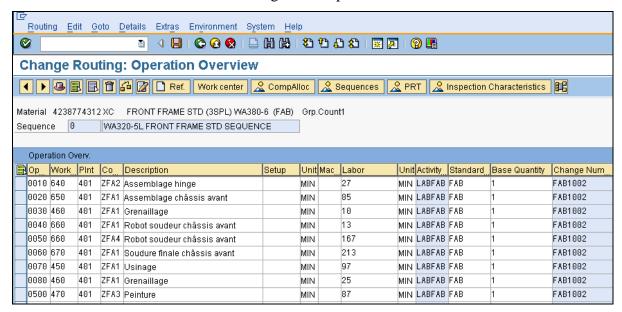
Après les ajustements sur le BOM et la creation des stations de travail, on peut à présent ajuster les gammes opératoires en utilisant les transaction CA01, CA02, CA03.

La Figure 3.4 ci-dessous donne un exemple des changements qui ont dû être effectué. En la comparant avec la figure 2.9, on remarque à présent que toutes les stations sont présentes et elles sont dans l'ordre prévu de la fabrication, On y a rajouté les temps standards par stations

et encore les fameuses clés de confirmation qui peuvent être ZFA1, ZFA2, ZFA3 ou ZFA4. Nous y reviendrons.

Figure 3.4

Modification des gammes opératoires dans SAP



Source: Transaction CA01 (création). CA02 (Changement). CA03 (affichage) des gammes

Finalement, le bouton Component Allocation permet d'assigner les pièces aux stations de travail. Cela permettra de décider lesquelles seront déduites (backflush) lors du scan. A komatsu, nous avons décidé que toutes les pièces seraient assignés à l'opération 600 ou 640 dépendamment du châssis. Lors du Scan à ces opérations, la déduction des pièces se fera automatiquement.

3.2.2.2 Définition détaillée des clés de contrôles de confirmation

Les clés de contrôle permettent de définir les étapes clés de la fabrication (milestones) et dicte le comportement du système advenant un évènement à la station auquel une clé de contrôle est assignée. Les clés de contrôles définies à Komatsu sont illustrées au tableau 3.5.

Il existe plusieurs autres clés de confirmation mais seules celles dans le tableau 3.5 sont utilisés à Komatsu.

Figure 3.5 Les clés de contrôles

Signification des paramètres	Paramètres de la clé dans SAP							
importants								
ZFA1:	Control key	ZFA1 Fab. Sch./Cost/NO GR/NO CNF/Print						
Executer les calculs de prix de revient.	Detailed information							
	✓ Scheduling	Print confirmation						
Imprimer les papiers de fabrication.	✓ Det. Cap. Reqmnts	Print time tickets						
	✓ Cost	✓ Print						
	Aut. goods receipt	Sched.external op.						
	Insp.char. required	External processing						
	Rework	Confirmations						
ZFA2:	Control key	ZFA2 Fab. Sch./Cost/NO GR/Print						
Executer les calculs de prix de revient.	Detailed information							
	✓ Scheduling	Print confirmation						
Impression des papiers de fabrication.	✓ Det. Cap. Reqmnts	Print time tickets						
	✓ Cost	✓ Print						
Executer une confirmation (ici consommation	Aut. goods receipt	Sched.external op.						
des intrants-Backflush parce qu'il n'y a pas de	Insp.char. required	External processing						
crochet dans Aut goods receipt).	Rework	Confirmations 1						
ZFA3:	Control key	ZFA3 Fab. Sch./Cost/Auto GR/Print						
ZFA3: Executer les calculs de prix de revient.	Control key Detailed information	ZFA3 Fab. Sch./Cost/Auto GR/Print						
	•	ZFA3 Fab. Sch./Cost/Auto GR/Print Print confirmation						
	Detailed information							
Executer les calculs de prix de revient.	Detailed information ✓ Scheduling ✓ Det. Cap. Reqmnts ✓ Cost	Print confirmation						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt	☐ Print confirmation ☐ Print time tickets ☑ Print ☐ Sched.external op.						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de	Detailed information ✓ Scheduling ✓ Det. Cap. Reqmnts ✓ Cost ✓ Aut. goods receipt ☐ Insp.char. required	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication.	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt	☐ Print confirmation ☐ Print time tickets ☑ Print ☐ Sched.external op.						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation	Detailed information ✓ Scheduling ✓ Det. Cap. Reqmnts ✓ Cost ✓ Aut. goods receipt ☐ Insp.char. required	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que	Detailed information ✓ Scheduling ✓ Det. Cap. Reqmnts ✓ Cost ✓ Aut. goods receipt ☐ Insp.char. required ☐ Rework	☐ Print confirmation ☐ Print time tickets ☑ Print ☐ Sched.external op. External processing Confirmations 1						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que un crochet se trouve dans Aut. Goods receipt). ZFA4:	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt Insp.char. required Rework Control key	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que un crochet se trouve dans Aut. Goods receipt).	Detailed information ✓ Scheduling ✓ Det. Cap. Reqmnts ✓ Cost ✓ Aut. goods receipt ☐ Insp.char. required ☐ Rework	☐ Print confirmation ☐ Print time tickets ☑ Print ☐ Sched.external op. External processing Confirmations 1						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que un crochet se trouve dans Aut. Goods receipt). ZFA4: Clé d'information seulement.	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt Insp.char. required Rework Control key Detailed information Scheduling	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing Confirmations 1 ZFA4 CNF NOT REQ/NO COST						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que un crochet se trouve dans Aut. Goods receipt). ZFA4:	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt Insp.char. required Rework Control key Detailed information	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing Confirmations T ZFA4 CNF NOT REG/NO COST						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que un crochet se trouve dans Aut. Goods receipt). ZFA4: Clé d'information seulement.	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt Insp.char. required Rework Control key Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing Confirmations 1 ZFA4 CNF NOT REG/NO COST Print confirmation Print time tickets Print						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que un crochet se trouve dans Aut. Goods receipt). ZFA4: Clé d'information seulement.	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt Insp.char. required Rework Control key Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing Confirmations The sched external op. External processing Print confirmation Print time tickets						
Executer les calculs de prix de revient. Possibilité d'impression des papiers de fabrication. Executer une confirmation (en mettant le produit en inventaire parce que un crochet se trouve dans Aut. Goods receipt). ZFA4: Clé d'information seulement.	Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt Insp.char. required Rework Control key Detailed information Scheduling Det. Cap. Reqmnts Cost Aut. goods receipt	Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op. External processing Confirmations 1 ZFA4 CNF NOT REQ/NO COST Print confirmation Print time tickets Print Sched.external op.						

Source: Transaction CA02 ou CA03. affichez les opérations puis choisir les clés dans le menu déroulant.

A partir du tableau précédent, on comprend pourquoi la clé ZFA2 est assigné aux opérations 600 et 640. Comme il s'agit du début de la chaîne, on veut imprimer les papiers, exécuter les calculs de coûts de revient, faire une confirmation partielle (backflush).

La station 740 (peinture) utilisera la clé ZFA3. En effet, on veut pouvoir faire une confirmation finale. Cette fois, ce sera une mise en inventaire à cause du crochet dans le champ "Automatic good receipt")

3.2.3 Correction de la structure des prix de revient

Suite au travail de correction du BOM et des gammes opératoires, la transaction SAP CK11n (display material cost estimate with qty structure) devrait à présent montrer une structure de prix qui précise correctement la partie coût pièces et la partie main d'œuvre. On ne devrait plus obtenir la fameuse opération fourre-tout 515 que nous avions vue dans la section 2.3.2.3 mais toutes les stations de la fabrication avec les bons temps et les bons coûts associés. Cela permettra dans le futur d'analyser les coûts de revient et de comparer les coûts réels avec les coûts estimés - ce qu'il n'était pas possible de faire autrefois.

♥ ☆ | 🛗 | 🚨 🖷 🖠 4238774312 XC <u>Material</u> FRONT FRAME STD (3SPL) WA380-6 (FAB) Costing Structure 401 Plant 🗸 🔢 FRONT FRAME STD 🔺 SEAT Itemization for material 4238774312 XC in plant 401 🔢 SEAT 🔢 SEAT Resource Resource (Text) Total Value Currncy Quantity Un ■ SEAT 1 PC 36 401 4234641M70 BRACKET 20.95 CAD PLATE 37 401 4234641L70 KA 1 PC BRACKET 66.00 CAD SEAT, M10X1.50 1 PC 38 401 4234641P40 PLATE 5.09 CAD 🔢 BOSS, M10X1.5(39 401 4234641P50 PLATE 5.09 CAD 1 PC BOSS, M10X1.50 Material 4,221.42 CAD ■ SEAT 54 300-0 5240905 OVC YIELD ALL O(CO) 197.96 CAD SEAT 55 300-0 5250907 OVC LAB IND ALLO(CO) 176.34 CAD ☐ SEAT 56 300-0 5250940 OVC FRINGES ALLO(CO) 276.41 CAD BOSS, M10X1.50 57 300-0 5250975 OVC UTILITY ALLO(CO) 82.23 CAD BOSS, M10X1.50 ■ PLATE 58 300-0 5250949 OVC SUPPLY ALLO (CO) 212.50 CAD 945.44 CAD BRACKET Overhead 640 LABFAB 0.0 HR BOSS, M10X1.50 1 500-0 Assemblage hinge 0.00 CAD PLATE 2 500-0 640 LABEAR 0.450 HR Assemblage hinge 11.59 CAD 🔢 GUSSET, PAD F 40 500-0 650 LABFAB Assemblage châssis avar 0.00 CAD 0.0 HR BRACKET LH (F 41 500-0 650 LABFAB Assemblage châssis avar 36.50 CAD 1.417 HR 🔢 BRACKET RH (F 42 500-0 0.00 CAD 0.0 HR 460 LABFAB Grenaillage HINGE LOWER 43 500-0 460 LABFAB Grenaillage 4.30 CAD 10 MIN PLATE.EYE 44 500-0 660 LABEAB Robot soudeur châssis av 0.00 CAD 0.0 HR FRAME TOP 45 500-0 660 LABFAB Robot soudeur châssis av 5.59 CAD 0.217 HR 🔢 PLATE, SIDE LH 46 500-0 670 LAREAR Soudure finale châssis av 0.00 CAD 0.0 HR PLATE, SIDE RH 47 500-0 91.45 CAD 3.550 HR 670 LABFAB Soudure finale châssis av III HINGE UPPER 48 500-0 450 LABFAB 0.00 CAD 0.0 HR Usinage 🔢 PLATE LH, AXLE 49 500-0 450 1.617 HR LABEAB 41.65 CAD Usinage PLATE RH, AXLE 50 500-0 460 LABFAB Grenaillage 0.00 CAD 0.0 HR PLATE.LH 51 500-0 460 LABFAB Grenaillage 10.74 CAD 0.417 HR PLATE,RH 52 500-0 470 LABFAB 0.00 CAD 0.0 HR Peinture # PLATE 53 500-0 470 LABFAB 37.35 CAD 1.450 HR Peinture □ PLATE 🖩 PLATE, UPPER 💌 Internal Activity 239.17 CAD 5.406.03 CAD

Figure 3.6
Structure des coûts de revient modifié

Source: Transaction SAP. CK11N. (display material cost estimate with qty structure). On peut voir à present le detail des coûts pour les stations de la fabrication dans la section overhead.

3.3 Les adaptations logicielles

3.3.1 Adaptation de COOIS (Production Order Information System)

SAP offre des transactions intéressantes pour le suivi et le contrôle de la production. Une de ces transactions clés est COOIS (production order information systems). Cette transaction permet d'avoir des informations assez détaillées (voir figure 3.7), sur le statut des ordres de fabrication. En effet, on y retrouve tous les champs pertinents pour un suivi comme le

numéro de l'ordre, les numéro des opérations sur le plancher de production, les stations de travail concernées, le temps standards prévus pour l'opération, le type de clés de contrôle, le code de confirmation à utiliser pour un enregistrement des activités à la station, La date de début et la date de fin de chaque opération, etc.

Figure 3.7

COOIS – production order information systems

Ē	⊋ List <u>E</u> dit <u>G</u> oto <u>S</u> ettings <u>M</u> ass Processing System <u>H</u> elp																		
0	2 4																		
7	廖 □ Order Info System - Operations																		
	Order *	Oper./Act.	Work cntr.	Operation short text	Op. Qty	Act/Op.UoM	Yield	₂ Std Value	Std uni	₂ Std Value	Std uni	t Ctrl key	₂ Conf. act.	Confirm.	Unit/act.	₂ Conf. act.	Unit/act	Actual start	Actual finish
	2116768	0010	640	Assemblage hinge	9	PC	9	0	MIN	27	MIN	ZFA2	0.0	13869959	HR	16.650	HR	02/01/2009	03/25/2009
		0020	650	Assemblage châssis avant	9	PC	9	0	MIN	85	MIN	ZFA1	0.0	13869960	HR	12.752	HR	02/01/2009	02/01/2009
		0030	460	Grenaillage	9	PC	9	0	MIN	10	MIN	ZFA1	0.0	13869961	HR	90	MIN	02/01/2009	02/01/2009
		0040	660	Robot soudeur châssis avant	9	PC	9	0	MIN	13	MIN	ZFA1	0.0	13869962	HR	1.952	HR	02/01/2009	02/01/2009
		0050	660	Robot soudeur châssis avant	9	PC	9	0	MIN	167	MIN	ZFA4	0.0	13869963	HR	25.048	HR	02/01/2009	02/01/2009
		0060	670	Soudure finale châssis avant	9	PC	9	0	MIN	213	MIN	ZFA1	0.0	13869964	HR	31.950	HR	02/01/2009	02/01/2009
		0070	450	Usinage	9	PC	9	0	MIN	97	MIN	ZFA1	0.0	13869965	HR	14.552	HR	02/01/2009	02/01/2009
		0080	460	Grenaillage	9	PC	9	0	MIN	25	MIN	ZFA1	0.0	13869966	HR	3.752	HR	02/01/2009	02/01/2009
		0500	470	Peinture	9	PC	9	0	MIN	87	MIN	ZFA3	0.0	13869967	HR	21.750	HR	02/01/2009	04/14/2009
	Sequenc	e 0					П	• 0	MIN	1 724	MIN		• 0.0		HR	• 90	MIN		
	2116768						П	1								128.406	HR		
	Д							• • 0	MIN	· · 724	MIN		• • 0.0		HR	• • 90	MIN		
																128.406	HR		

Source : Transaction SAP, COOIS (Komatsu International Canada). COOIS permet d'avoir des informations détaillées sur chaque ordre.

3.3.1.1 Objectifs de l'adaptation de COOIS

Nous nous proposons de modifier COOIS en vue d'atteindre deux objectifs :

Premièrement, nous voulons extraire automatiquement des données pertinentes relatives aux ordres de fabrication pour servir d'intrants à un système d'information simple sur le plancher de production. L'extraction automatique permettra la mise à jour en temps réel sans intervention humaine. En allant chercher les informations du rapport COOIS par station et

par opération, il est possible de pousser l'information adéquate afin d'aviser chaque opérateur sur les tâches à accomplir, incluant les temps requis pour chaque opération. Ce petit système d'information simple, fait en VBA irait chercher le résultat de COOIS modifié dans un emplacement réseau approprié, le lirait et le présenterait, sous une forme plus conviviale, sur les postes informatiques prévus à cet effet sur le plancher de fabrication.

Deuxièmement, Au lieu d'utiliser SAPSCRIPT pour la génération des ordres de fabrication, nous nous proposons d'utiliser COOIS modifié et le petit système d'information en VBA pour générer les documents de fabrication requis sur le plancher incluant les codes à barres appropriés et toutes les informations pertinentes.

3.3.1.2 Champs et tables requises pour le système

Bien que le rapport COOIS regroupe la plupart des champs nécessaire à notre application, plusieurs autres champs indispensables ne s'y retrouvent pas, comme par exemple le numéro de la pièce fabriqué, la description de la pièce et le statut de la fabrication. Il est possible de localiser les champs manquants à partir de la transaction originale CO03 (Affichage des ordres de fabrications). Ceci nous permet de monter la liste des champs clés dont nous avons besoin pour l'application, leur nom dans la table SAP et bien sûr la table SAP proprement dite. Le tableau 3.1 ci-dessous liste nos champs requis.

Tableau 3.1
Liste des champs requis pour l'adaptation de COOIS

Champs requis	Source	Nom	Commentaires
	(transaction)	Table-Champ (SAP)	additionnels
Numéro d'ordre de fabrication	CO03	PSFC_DISP-AUFNR	
Numéro de l'opération	CO03	AFVGD-VORNR	
Station de travail	CO03	AFVGD-ARBPL	
Description de l'opération	CO03	AFVGD-LTXA1	
Quantité fabriqué (prévu)	CO03	CAUFVD-GAMNG	
Unité de mesure	CO03	CAUFVD-GMEIN	
Quantité fabriqué (réel)	CO03	AFVGD-LMNGA	

Champs requis	Source	Nom	Commentaires
	(transaction)	Table-Champ (SAP)	additionnels
Temps standard	CO03		
Unité de temps standard	CO03		
Clé de contrôle	CO03	AFVGD-STEUS	
Numéro unique de confirmation (barcode)	CO03	AFVGD-RUECK	
Numéro de la pièce à fabriquer	CO03	CAUFD-MATNR	Non inclus dans COOIS
Description de la pièce à fabriquer	CO03	CAUFVD-MATXT	Non inclus dans COOIS
Date/Heure début de la fabrication (réel)	CO03	CAUFVD-GSTRP	
Date/Heure de fin de la fabrication (réel)	CO03	CAUFVD-GLTRP	
Statut global ordre de fabrication	CO03	AFVGD-VSTXT	Non inclus dans COOIS
Date création de l'ordre de fabrication	CO03	CAUFVD-FTRMS	
Type de l'ordre de fabrication	CO03	CAUFVD-AUART	Non inclus dans COOIS

Source: SAP – Komatsu International Canada. Transaction CO03. (en pressant f1 sur un champ, on obtient les informations techniques: nom du champ, table, etc...)

3.3.1.3 Le programme

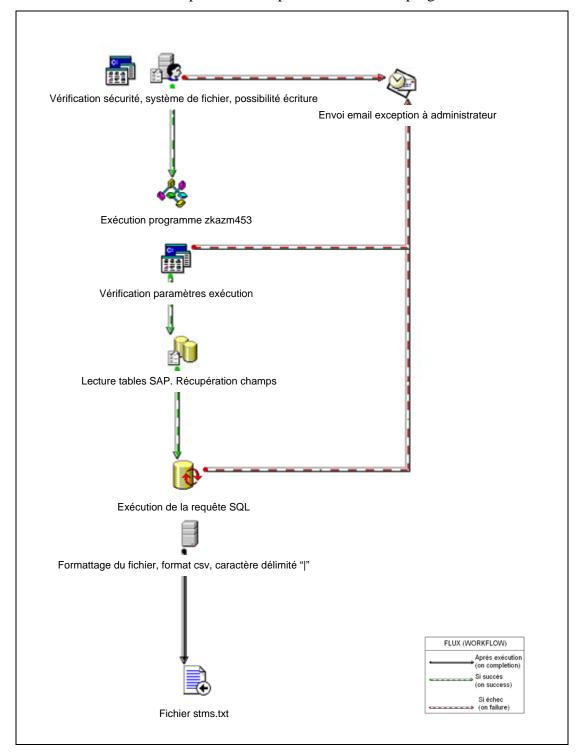
SAP ne permet pas de modifier directement un rapport faisant partir intégrante du système. En revanche, il est possible d'utiliser l'environnement de développement de SAP et de programmer des applications pouvant être très complexe avec le langage ABAP/4. Il est possible d'utiliser le langage java également mais pour notre projet et dans le réseau Komatsu, c'est ABAP/4 qui est généralement utilisé. Notre programme (appellé zkazm453) qui se veut une extension à la transaction COOIS est une application très simple qui effectue les tâches suivantes :

- 1) Permettre la saisie des paramètres d'exécution suivants :
 - a. Sélection par type de commande
 - b. Sélection pour une ou plusieurs numéros de pièces fabriquées
 - c. Sélection pour un ou plusieurs ordres de fabrication
 - d. Sélection pour un intervalle de date donnée
 - e. Sélection de tous les ordres des n derniers jours
 - f. Chemin réseau et nom du fichier de sauvegarde

- 2) Exécution d'une requête simple devant lire les valeurs des champs identifiés précédemment dans le tableau 3.1 suivant les paramètres d'extraction indiqué en (1)
- 3) Formatage des données dans un fichier texte suivant un format délimité bien précis.
- 4) Sauvegarde automatique du fichier suivant le nom et le répertoire passés en paramètre à l'étape (1)

La figure 3.8, à la page suivante, est un schéma fonctionnel simplifié des quatres étapes décrites ci-dessus pour l'adaptation de la transaction COOIS.

Figure 3.8
Schéma fonctionnel simplifié de l'adaptation de COOIS : programme zkazm453



3.3.1.3.1 Explication du code du programme⁸

Dans un premier temps, une table temporaire est définie pour recueillir les champs pertinents identifiés dans le tableau 3.1. Remarquez ici la flexibilité de l'outil ABAP/4. On n'a pas à se préoccuper des relations entre les tables et des notions de cardinalités. SAP s'en occupe pour nous :

```
data:
  begin of int_tab occurs 0,
                                      " Order
    aufnr like aufk-aufnr ,
                                      " Oper/Act
    vornr like afvc-vornr
    arbpl like crhd-arbpl
                                      " Work Cntr
    ltxa1 like afvc-ltxa1 ,
                                      " Operation short text
    mgvrg like afvv-mgvrg ,
meinh like afvv-meinh ,
                                      " Op. Qty
                                      " Act/Op. UOM
    Imnga like afvv-lmnga ,
ism01 like afvv-ism01 ,
ile01 like afvv-ile01 ,
                                      " Yield
                                      " Conf. act
                                      " Unit/act
    ism03 like afvv-ism03 ,
                                      " Conf. act
    ile03 like afvv-ile03 ,
                                      " Unit/act
    steus like afvc-steus ,
                                      " Ctrl key
    rueck like afvc-rueck ,
                                      " Confirm
    plnbez like afko-plnbez ,
                                      " Material
    gstri like afko-gstri ,
                                      " Actual start
    gltri like afko-gltri ,
                                      " Actual finish
    objnr like afvc-objnr ,
vgw03 like afvv-vgw03 ,
vge03 like afvv-vge03 ,
auart like aufk-auart ,
                                      " Standard Vaule
                                      " Standard Unit
                                      " Order Type
    erdat like auik-erdat , " System Status sttxt like iooper-vsttxt, " System Status . " Material Description
    erdat like aufk-erdat ,
                                      " Creation Date
  end of int_tab.
```

Ensuite, comme nous l'avons indiqué dans le schéma fonctionnel, il faut saisir certains paramètres à l'écran initial de sélection. Dans l'extrait de code ci-dessous, des validations sont faites sur les intervalles de date. L'on s'assure en effet qu'ils sont corrects et/ou qu'il s'agit d'un intervalle de date valide.

⁸ Nous nous contenterons d'expliquer les sections les plus pertinentes des programmes dans le présent rapport.

_

On lance ensuite les fonctions permettant la lecture et l'écriture dans le système de fichier (Perform open_data_file). On s'assurera lors de ce premier appel que l'on a bien accès au système de fichier et qu'on a bien les droits de lecture et d'écriture. On s'assure également qu'il n'y a pas un précédent fichier en attente de traitement. En effet, le fichier résultant de l'exécution de zkazm453 doit d'abord être traité par l'application VBA devant populer le système d'information de plancher. Si la fonction open_data_file trouve un fichier en attente de traitement, il ne doit pas s'exécuter.

Si toutes les pré-conditions sont réunies, la fonction Populate_data est lancée. C'est l'exécution en fait de la requête SQL qui lit les tables en fonction des paramêtres saisies.

```
at selection-screen.
  if p_days is not initial and
    s_erdat[] is not initial.
    set cursor field 'S_ERDAT-LOW'.
    message e000 with text-e02.
start-of-selection.
  if p_days is not initial.
    refresh s_erdat.
    clear s_erdat.
     s_erdat-low = sy-datum - p_days.
     s_erdat-sign = 'I'
     s_erdat-option = 'GE'.
     append s_erdat.
  endif.
  perform open data file.
  perform populate_data.
end-of-selection.
  perform format_report.
  if p_pcfl = 'X'
     perform download file.
  perform display_alv_report.
*-Close file
  close dataset p_odsn.
```

On poursuit ensuite l'exécution en formattant le rapport avec la fonction format_report suivi de la fonction permettant l'écriture du fichier si dans les paramètres on l'avait demandé (p_pcfl='x') sinon les résultats sont affichés seulement à l'écran (display_alv_report).

Le programme comporte une section pour la gestion des erreurs. Ceux-ci surviennent en particulier lors de la génération du fichier. La fonction download_file prévoit une certaine gestion des exceptions qui peuvent survenir comme par exemple les erreurs d'écriture ou les droits insuffisants.

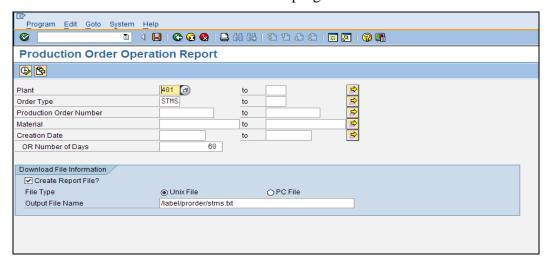
```
Form download_file
FORM download_file .
 data filename type string.
 move p_odsn to filename.
  CALL FUNCTION 'GUI_DOWNLOAD'
    EXPORTING
                                = filename
      FILENAME
      FILETYPE
                                = 'ASC'
    TABLES
      DATA TAB
                               = int_odsn
    EXCEPTIONS
      FILE_WRITE_ERROR
                                = 1
      NO_BATCH
      GUI_REFUSE_FILETRANSFER = 3
      INVALID_TYPE = 4
NO_AUTHORITY = 5
      UNKNOWN_ERROR
      HEADER_NOT_ALLOWED
      SEPARATOR_NOT_ALLOWED = 8
      FILESIZE_NOT_ALLOWED = 9
                           = 10
      HEADER_TOO_LONG
     UP_ERROR_SEND = 12
DP_ERROR_WRITE = 13
UNKNOWN_DP_ERROR = 14
ACCESS_DENIED = 15
DP_OUT_OF_MEMORY = 16
DISK_FULL = 17
DP_TIMEOUT
FILE NOT_FORM
      FILE_NOT_FOUND = 18
      DATAPROVIDER EXCEPTION = 20
      CONTROL_FLUSH_ERROR = 21
      OTHERS
                                 = 22.
  if sy-subrc = 0.
    message s398(00) with text-m01 p_odsn.
    message s398(00) with text-e01 sy-subrc.
  endif.
ENDFORM.
                               " download file
```

3.3.1.4 Résultats du programme

3.3.1.4.1 Sélection des paramètres

Cette adaptation logicielle de la transaction COOIS permettra le transfert automatique des ordres de fabrication vers un système d'information de plancher. Comme nous l'avons indiqué, le programme présente un écran de sélection où on peut choisir les paramètres d'intérêt (voir figure 3.9 ci-dessous) :

Figure 3.9
Paramètres de sélection du programme zkazm453



- **Order type** nous permet de sélectionner le type d'ordre. A Komatsu, nous avons les ordres de fabrication (STMS) et les ordres d'assemblage (STMO)⁹. Pour le moment, seul les ordres de fabrication nous intéressent mais le programme sera utilisable pour le secteur assemblage dans le futur sans modification.

⁹ STMS = Standard Production Order Make-To-Stock (pour la fabrication). STMO = Standard Production Order Make-To-Order (pour l'assemblage).

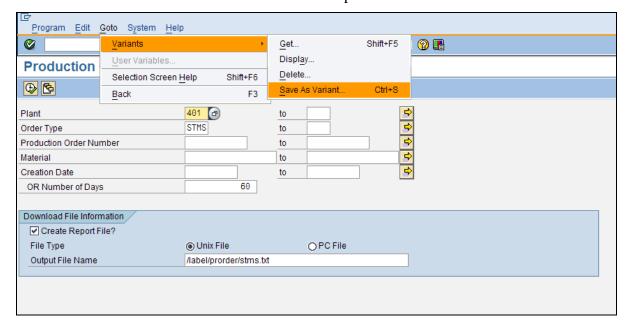
_

- L'intervalle de date ou le nombre de jours: Pour automatiser le processus, nous voulons que le programme soit capable d'extraire automatiquement toutes les commandes pour un certains nombre de jours, ici 60
- Le crochet dans create report file demande de créer un fichier. On choisit ici une extraction vers un fichier devant s'appeler stms.txt se trouvant dans le répertoire /label/proder.

3.3.1.4.2 Programmation d'une exécution automatique

Pour pouvoir automatiser l'exécution de zkazm453, il faut d'abord créer ce qu'on appelle une variante et la sauvegarder. Ainsi, les paramètres saisis à la figure 3.4 peuvent être gardés sous une variante qu'on peut appeler par exemple zkazm453_variante (voir Figure 3.10). Chaque fois que le programme roulera avec le nom de cette variante, les mêmes paramètres (plant 401, type STMS, nb jours 60, nom de fichier /label/prorder/stms.txt, etc.) seront sélectionnés.

Figure 3.10
Création d'une variante pour zkazm453



Finalement, on peut demander à SAP (voir figure 3.11) d'exécuter le programme zkazm453, chaque jour, aux deux heures. On s'assure donc de créer un nouveau fichier stms.txt afin de fournir les toutes dernières informations au système d'information de plancher.

Start Time × Immediate Date/Time After job After event At operation mode >> Date/Time Scheduled start 04/08/2009 Date Time No Start After Date Time Explicit Period Valu Period Values × After job Start job(every) Hourly Month(s) Daily Week(s) Weekly Monthly Day(s) After event Other period Hour(s) Minute(s) 🗸 Check 📙 🗶 Check | | | | | | | | | | | | | | Periodic job ✓ Check □ Period values Restrictions

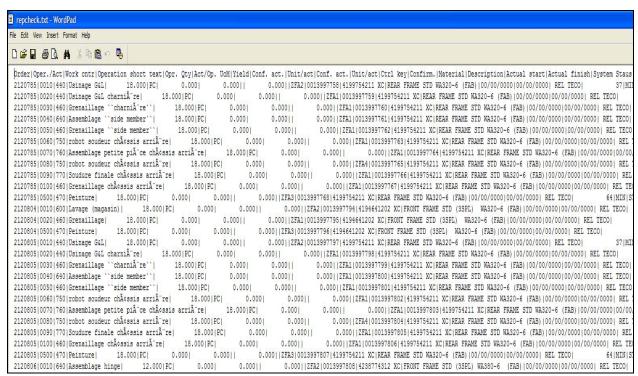
Figure 3.11
Programmation d'une exécution automatique aux 2 hrs pour zkazm435

3.3.1.4.3 Le résultat final. Le fichier stms.txt

Le programme zkazm453, la création d'une variante, l'exécution automatique du programme aux deux heures ont comme objectif d'extraire les données des ordres de fabrication de SAP et de le placer dans un fichier plat de type ASCII, délimité par le caractère spécial "|". Ce fichier sera lu par le système d'information de plancher que nous allons présenter plus loin.

Le fichier stms.txt est placé automatiquement dans un répertoire spécial et son contenu est illustré à la figure 3.12 ci-dessous.

Figure 3.12 Résultat final : Le fichier stms.txt



3.3.2 Développement d'un système d'information de plancher

3.3.2.1 "Shop floor paper"

Maintenant que nous avons les informations du plan de fabrication à partir de ZKAZM453 (l'adaptation de COOIS) qui se téléchargent automatiquement, il s'agit maintenant de mettre sur pied le système d'information de plancher afin de fournir à chaque opérateur les informations pertinentes au plan et aux tâches qu'il doit accomplir.

3.3.2.2 Objectifs VBA du système d'information de plancher

Les objectifs suivants seront visés par ce petit système :

- Lire le fichier stms.txt généré par zkazm453 et le présenter sous une forme graphique plus conviviale sur les postes de l'usine. Cette interface conviviale permettra également de suivre la fabrication en temps réel de façon visuelle.
- Permettre la génération des papiers de fabrication (les ordres de fabrication imprimés) avec les codes à barres pertinents et les autres informations pertinentes requises aux stations de travail.
- Présenter une interface simple aux opérateurs pour la saisie des temps réel et la confirmation à l'aide de scanner.

3.3.2.3 Les composantes du système VBA

3.3.2.3.1 MS Access et ADP

Nous avons utilisé MS Access comme outil de programmation et comme interface applicatif pour le développement de l'application. Cependant, nous avons délaissé les tables locales MDB de MS Access et utilisé de préférence ADP qui permet une meilleure intégration avec MS SQL server, ses outils et fonctionnalités. ADP donne à l'application une robustesse industrielle grâce à une architecture 2-Tier (client-server), idéal dans l'environnement de Komatsu.

En règle générale, il n'est pas recommandé d'utiliser une base MDB avec plus de 20 à 25 usagers. Les fichiers MDB ont en effet tendance à augmenter de taille avec le temps et avec le nombre d'usager. Il faut souvent procéder à un compactage régulier, opération qui exige de fermer et de rendre non-disponible la base de données. De plus, avec MS Access, Il arrive

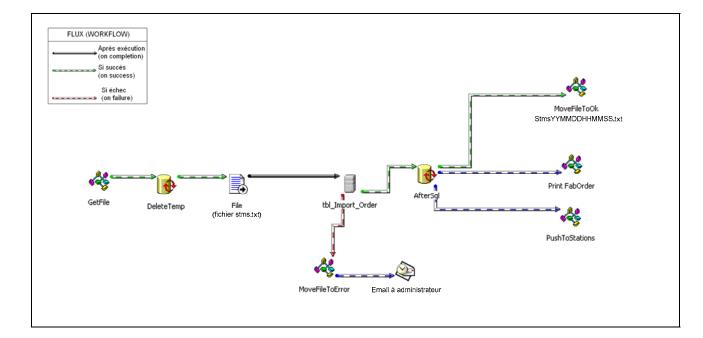
souvent que les bases de données soit corrompues et inutilisables, ce qui est inacceptable dans un environnement d'usine et pour des applications critiques à la mission de l'entreprise. En cas de corruption, il faut encore fermer la base de données et compacter! Heureusement, ADP ne présente pas les faiblesses de MDB car elle permet d'isoler la base de données (backend sur le serveur SQL) de l'application (front end – Sur MS Access) ou réside la logique d'affaire ou la logique d'application. Du fait de ce compartimentage, les applications sur ADP sont fiables tout en gardant la simplicité du développement en MS Access.

3.3.2.3.2 Les DTS (data transformation service)

Un autre avantage de ADP dans une architecture 2-tier est la possibilité d'utiliser les DTS de SQL. Les DTS sont des procédures pouvant effectuer des tâches automatiques simples à complexes. On peut les programmer pour une exécution automatique à des heures précises. Pour notre système d'information de plancher, nous avons utilisé un DTS pour récupérer le fichier stms.txt résultat de l'exécution du programme ZKAZM453 (voir figure 3.13). Ce DTS efface les tables temporaires, récupère le fichier stms.txt, l'analyse pour sa cohérence, extrait les nouvelles données et les nouveaux statut pour populer adéquatement les tables SQL (tbl_import_order, table du programme dans la figure 3.13).

En cas de problèmes de traitement, un email est automatiquement envoyé aux administrateurs de système pour vérifier le blocage. En cas de succès, le fichier stms.txt est déplacé dans une archive avec la fonction MoveFiletoOK puis les processus d'impression automatiques ou manuels PrintFabOrder peuvent être lancés. Simultanément le processus PushToStations permettant de rafraichir les stations avec les nouvelles informations est démarré (voir figure 3.13).

Figure 3.13
Schéma fonctionnel simplifié du DTS pour la lecture automatique de stms.txt



3.3.2.3.3 L'interface du système d'information de plancher

Comme nous l'avons mentionné dans la première partie de ce rapport, ISA 95 préconise de descendre au niveau du plancher ou du système MES, l'information relative à la production ou à la fabrication. En effet, l'expérience a montré qu'il était important de présenter aux opérateurs un plan d'ensemble du calendrier de fabrication grâce auquel ceux-ci seraient mieux en mesure de comprendre chacune des tâches sur lesquelles ils travaillaient et pourquoi il était important de respecter les délais (temps standards). Ils comprendraient mieux que les retards avaient une incidence directe sur le plan de fabrication et accepteraient plus facilement d'enregistrer les temps réel.

La figure 3.14 ci-dessous représente la première version du tableau de bord de la fabrication. On remarque toute suite que ce tableau est une représentation plus conviviale des données de de COOIS. Visuellement, l'usager a tout le plan de production par ordre de date d'entrée sur la ligne d'assemblage (online Lineset). Cependant, pour plusieurs raisons, (problèmes d'assemblage, pièces manquantes, etc..). il peut y avoir un certain retard par rapport au plan d'où la production réelle qui est indiquée dans la colonne (Online prodstat). La séquence dans laquelle les machines doivent être produites est indiquée dans la colonne Série du tableau.

La fabrication est intéressée surtout par les colonnes 5 et plus du tableau. Elle indique en temps réel, pour chacune des composantes Châssis avant, châssis arrière et autres, quel est le numéro de l'ordre de fabrication, le numéro de châssis a fabriquer et la station où est rendue la pièce.

Ainsi donc, la cellule indiquerait un ordre de fabrication 2117016 concernant le châssis avant 4254631102 XC. Ce châssis a terminé le cycle de peinture et a été confirmé (station 470). Les codes de couleurs sont expliqués dans la prochaine section.

Le tableau de bord illustré à la figure 3.14 est hautement visuel et permet, d'un seul coup d'œil, de savoir où sont rendus les différents châssis dans la fabrication.

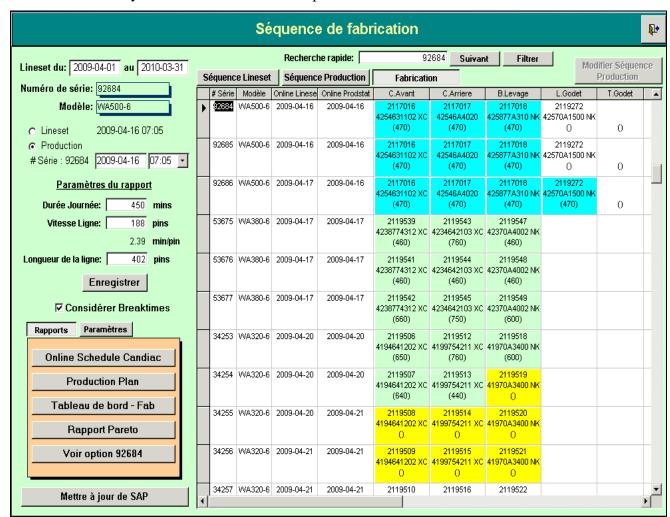


Figure 3.14
Système d'information sur le plancher – le tableau de bord

3.3.2.3.4 Impression des ordres de fabrication.

SAP permettrait, à partir de SAPSCRIPT, de concevoir les ordres de fabrication avec codes à barres. SAPCRIPT est un fonctionnalité de SAP permettant de réaliser des formulaires et rapports liés ou non au langage ABAP. A Komatsu, cependant, on a choisi de concevoir les ordres de fabrication via le tableau de bord en raison de la flexibilité de l'outil MS Access. En "double-cliquant" sur n'importe quel ligne du tableau de bord, nous obtenons le détail de

l'ordre de fabrication comme illustré à la figure 3.15. Par exemple, pour le numéro de série 53675, nous avons les indications sur les châssis requis (avant, arrière, etc.), les numéros de pièces du BOM et les numéros de fabrication relatifs à chacune des composantes.

Dans la section de droite de la forme (Figure 3.15), le superviseur peut imprimer un ou plusieurs ordres de fabrication (en cliquant sur oui ou non dans la colonne imprimer). Le status de chaque ordre de fabrication est également indiqué en tout temps avec un code de couleur approprié : En jaune, la colonne "imprimé" indique par un crochet si l'ordre a été imprimé comme le veut le processus. En vert clair, la colonne "backflush" indique que l'ordre a entamé son processus de fabrication à la station 640 ou 600 dépendamment de la première station qui est indiqué sur l'ordre de fabrication. En bleu, la colonne "confirmé" indique que l'ordre a passé tout le cycle de fabrication et la pièce fabriqué a été mise en inventaire. Les différents statuts et les codes de couleurs sont mis à jour en temps réel par les scans fait par les opérateurs (ce que nous allons expliqué à la section 3.3.2.4)

Figure 3.15

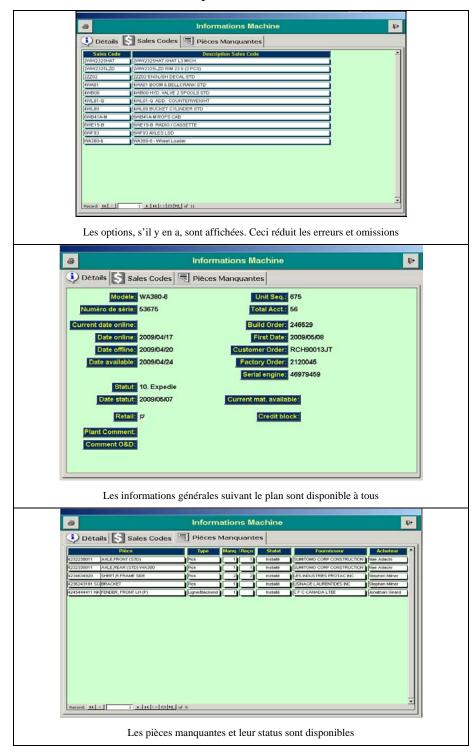
Menu d'impression des ordres de fabrication

Modifications Fab Machine								
No. Série	53675	<u>Modèla</u>	:: WA380-6					
	No.	Option		Imprimer	Imprimé	Backflush	Confirmé	
Châssis avant:	2119539	4238774312 XC	Scans	Non Oui	V	V	V	
Châssis arrière:	2119543	4234642103 XC	Scans	Non Oui	V	V	V	
Bras de levage:	2119547	42370A4002 NK	Scans	Non Oui	V	V	V	
Levier de godet:			Scans	Non Oui	Г			
Contre-poids:			Scans	Non Oui	Г			
Tige de godet:			Scans	Non Oui	Г			
Contre-poids add.:			Scans	Non Oui	Г			
Contre-poids fore.:			Scans	Non Oui	L			
				D. 🖨				
	Non-traité							
xxx	Relâché							
	Imprimé							
	Backflush Confimé				Enregistrer	At	nnuler	

Nous avions vu, lors de la présentation des dysfonctionnements, qu'il arrivait souvent que certaines erreurs se produisaient parce que les bonnes options n'étaient pas indiquées sur l'ordre de fabrication. Avec le nouveau système, les superviseurs sont capables en tout temps de cliquer sur le bouton "voir option" (sur la figure 3.14) afin d'examiner les spécifications (sales codes ou options) demandées par le client.

Il est même possible de vérifier le status des pièces manquantes pour l'ordre en question ce qui permet de réagir plus promptement sur la ligne de fabrication et faire passer un châssis plutôt qu'un autre dans une station donnée ou prendre tout autre mesure pertinente pour minimiser les arrêts dus au pièces manquantes dans le département de fabrication. Le résultat obtenu en cliquant sur le bouton "voir option" est illustré à la page suivante.

Figure 3.16
Visualisation des options des ordres de fabrication



3.3.2.3.5 Détails d'un ordre de fabrication – Les codes à barres

L'ordre de fabrication qui est imprimé par le superviseur se doit de passer d'une station de fabrication à l'autre et doit rester attacher au châssis ou à la composante fabriquée tout au long du processus. L'ordre de fabrication, est généré directement à partir des données reçues de zkazm453 ou COOIS, contient donc tous les paramètres de confirmation requises par SAP et toute la gamme opératoire (stations, tàches, etc.) pour assurer le succès des confirmations partielles et/ou finales. Nous détaillons dans les paragraphes qui suivent l'ordre de fabrication généré par le système dont un exemple est présenté aux figures 3.17 et 3.18.

En première page,

- La composante est clairement indiqué avec son numéro et sa description (ex : 4238774312 XC) 1 . Les dates requises de début d'assemblage et de fin d'assemblage sont également affichées afin de s'assurer de transmettre les dates importantes aux opérateurs de fabrications. 2 En général, la fabrication est en avance de quelques jours sur l'assemblage et cette information est très utile aux superviseurs advenant un problème lors de la fabrication.
- La liste des options 3 est clairement détaillée pour éviter toutes mésaventures. Ce sont les mêmes informations que celles que l'on retrouve à l'onglet "sales code" de la figure 3.16. L'opérateur a toute l'information sur quel châssis fabriqué (standard, JRB, 3 spools, etc...)
- Des codes barres identifiés de 1 à 10 4 sont imprimés en première page pour être utilisés par le système de saisie dont nous allons parler en 3.3.2.4

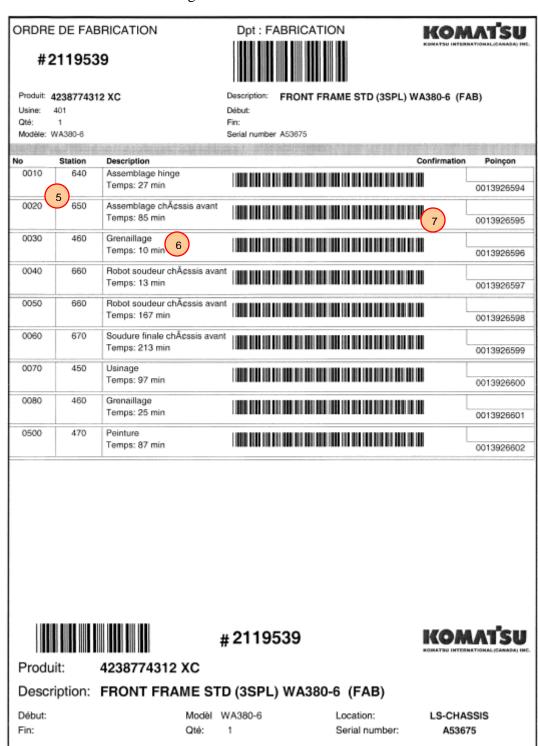
A la deuxième page,

- Les informations de la gamme opératoire de SAP sont reproduites sur l'ordre de fabrication (opération, station, tâche) 5 On remarque, en outre, que le temps standard pour la tâche est bien indiqué 6 Finalement à l'extrême droite, nous avons le code de confirmation généré par SAP devant être utilisé pour une confirmation partielle ou finale. Le code barre au milieu correspond au code de confirmation . 7

Figure 3.17
Page 1 de l'ordre de fabrication

KOMATSU	ORDRE DE FABR	RICATION 2119539
Châssis avant		4238774312 XC TRONT FRAME STD (3SPL) WA
MODÉLE / UNIT: WA380-6 DESCRIPTION: WA380-6 W	WEEL LOADED	Poto Online: 2000 04 17
Numéro de série: A53675	WHEEL LOADER	Date Online: 2009-04-17
Option(s) Ins. Description		Ins. Description Remarques
2WW232SHAT 2WW232SHAT KHAT L3 MI BWB41A-M	6WE15-B 4WA01 4WL01-Q	[] 2WW2325LZD RIM 23.5 (3 P
# Numéro de pièce	Description	
]
-	-]
		1
		1
	4	
2	PAUSE	6
3		
4		9
5		10

Figure 3.18
Page 2 de l'ordre de fabrication



3.3.2.4 Interface de saisie des temps réel et des codes de confirmation

La figure 3.19, ci-dessous, représente un autre aspect de l'interface présenté aux opérateurs. Il s'agit de l'écran de saisie des status pour les différentes tâches (heures début – heure fin) et d'enregistrement des codes de confirmation grâce à un lecteur de codes à barres avec fil attaché à chacun des terminaux. Comme certaines stations de travail n'étaient pas trop éloignée l'une de l'autre, nous avons fait en sorte que plusieurs opérateurs puissent être en mesure de saisir des infos sur le même écran. L'écran est donc divisé en 4 cadrans, chaque cadran correspondant en fait à un opérateur et une station.

Explications de la figure 3.19: dans le cadran 1, nous avons la fabrication du châssis avant 53675 qui est commencé par une opération assemblage à la station 640. Pour cela, l'opérateur a scanné sa badge afin que le système enregistre son nom et son matricule, puis il a scanné le code de confirmation se trouvant sur l'ordre de fabrication (branche 1 de l'arbre à l'annexe 9). Le temps standard, tel qu'indiqué, est de 27mn. Immédiatement après le scan, un compteur démarre. Le champ "temps restant", indiquera bien entendu le temps encore disponible pour terminer l'activité.

Dans le coin supérieur gauche de chaque cadran, le système indique "en cours" pour indiquer que le compteur de temps est en train de décrémenter. Le système est conçu pour s'arrêter automatiquement pendant les pauses (en pause est alors affiché). Pour la fin de la journée de travail ou pour un arrêt spécifique, l'opérateur doit lui-même indiquer qu'il a arrêté de travailler - branche 3 de l'arbre à l'annexe 9). Finalement, un autre opérateur d'un autre quart de travail peut reprendre la tâche de l'opérateur et le système sera en mesure de départager le temps mis par chacun d'eux dans la réalisation des tâches.

Un autre aspect intéressant du système est que si l'opérateur a dépassé le temps standard de la tâche, il doit scanner (voir figure 3.17) le code de dépassement (code 1 à 10 de la première page) pour des fins d'analyse et d'amélioration du processus. (Voir branche 2 de

l'arborescence en annexe 9). Le système d'enregistrement de temps réel et de codes de confirmation permet bien d'autres actions, par exemple le traitement du re-travail (rework – branche 4 de l'arborescence en annexe 9) mais nous ne les traitons pas dans le cadre de ce rapport. Dans la section suivante, nous expliquerons comment les données collectées sont envoyés à SAP et traités par le système ERP.

Station: 640 (Assemblage hinge) FRONT
Temps Restant: 8 Min. En cours

Debut: 10:19 AM (12 Mar 2009)
Fin: 10:44 AM (12 Mar 2009)
Ordre de fabrication: (Serie: A53675)
Pièce: ()
Badge(s): 2392 (Lessard Alain)

Badge: Code barre: Action:

Figure 3.19
Interface de saisie des tâches et des confirmations

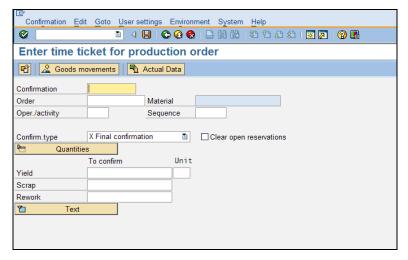
3.3.3 Adaptation de CO11N (Time Ticket for Production Order)

3.3.3.1 La situation avant le projet

Avant le projet , les ordres de fabrication étaient confirmés manuellement dans SAP via la transaction CO11N (voir figure 3.20). Ce processus était réalisé par un préposé suite à l'information verbale ou suite à un courriel en provenance des superviseurs. Avec cette méthode, il n'y avait pas de scan ou de lectures de codes barres. Le préposé faisait la saisie

dans son écran du numéro d'ordre de fabrication, du type de confirmation, de la quantité fabriqué (yield). La transaction CO11n permettait de mettre le produit fabriqué en stock et assurait que les sous-composantes consommés lors de la fabrication étaient déduites de l'inventaire (backflush).

Figure 3.20
Confirmation manuelle des ordres de fabrication dans SAP



Source: transaction CO11N

Les désavantages de l'utilisation de la transaction CO11N sont les suivants :

- Le processus se faisait manuellement par un préposé en fonction de l'information qui lui était donné par les superviseurs. Il est souvent arrivé d'avoir de nombreuses omissions (nous l'avons mentionné lors de la présentation des dysfonctionnements)
- Comme tout était fait sans lien avec la fabrication réelle, l'entreprise n'avait qu'une idée approximative du status de la fabrication. En fait l'information était mise à jour très en retard et ne reflètait pas la situation réelle de ce département si important.
- Faute de rigueur, il arrivait beaucoup d'erreur de "backflush". Souvent l'inventaire de produit fabriqué d'après SAP ne balance pas avec ce que qu'il y a réellement en main.
- La méthode manuelle ne donnait pas la possibilité d'entrer d'autres informations pertinentes reliés au status de fabrication ou de saisir les autres évènements qui peuvent avoir un impact sur la fabrication.

3.3.3.2 Objectifs de l'adaptation de CO11N

L'objectif de notre adaptation est de substituer au processus manuel d'utilisation de CO11N, via un préposé, un processus totalement automatisé, intégré à notre système d'information de plancher. On utilisera le même interface pour la confirmation au fur et à mesure de l'avancement des tâches dans les stations de la fabrication.

Pour cela nous allons utiliser les outils puissants que SAP met à notre disposition, notamment les connecteurs BAPI. Nous ne prétendons pas réinventer la roue. Il faut que notre adaptation reflète l'utilisation de la transaction CO11N mais de façon intelligente. Notre objectif sera d'appeler ou déclencher ce BAPI soit via des lecteurs de code à barres ou via l'interface VBA à quatre cadrans que nous avons présenté précédemment.

3.3.4 Développement des interfaces BAPI

3.3.4.1 Confirmation via BAPI

La partie clé de ce rapport est vraiment de se pencher sur le moyen d'interconnecter la couche ERP avec le plancher de production, d'une part en fournissant en temps réel aux opérateurs et à tous les intervenants les information sur le plan de production avec des détails sur les quantités à produire, la nomenclature, les gammes opératoires et d'autre part en fournissant les outils appropriés pour que les activités de fabrication sur le plancher et leur status soient reportés au ERP, notamment les temps des activités, les problèmes potentiels (tel que le retravail), les confirmations. Les MES sont un secteur des technologies de l'information en pleine expansion qui justement permettent de faire ce lien entre le ERP et le plancher. Nous avons vu que ce n'est que récemment que SAP avec l'acquisition de VISIPRISE a commencé à explorer ce secteur qui, de l'avis des experts, est un marché de plusieurs milliards.

L'équipe TI de Komatsu a préféré un développement à l'interne pour connecter les 2 secteurs précités. Dans un premier temps, COOIS a été modifié afin de pousser vers une application

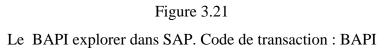
VBA le plan de fabrication avec tous les détails pertinents. Cela a permis de monter l'interface VBA et la génération des ordres de fabrication avec codes à barres. Nous avons également montré l'interface que les opérateurs utilisent pour rapporter les temps réels et scanner les codes de confirmation. La section suivante va se pencher sur les BAPI, c'est-à-dire sur l'interface et la technologie que SAP mets à la disposition de ses clients et nous expliquons comment nous avons utilisé les BAPI pour rencontrer notre objectif (confirmation partielle pour la consommation et confirmation finale pour la mise en inventaire).

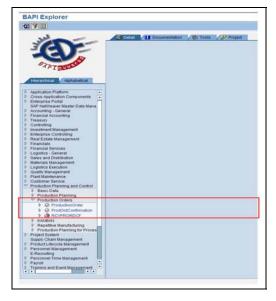
3.3.4.2 Les BAPIs : Définition

Les BAPI sont des méthodes normalisés permettant l'intégration de systèmes externes au logiciel SAP. Plus qu'une intégration technique, les BAPI permettent de se connecter directement sur les processus de gestion qui ont fait leur preuve et sur les données du système R/3 suivant un modèle contrôlé de communication orienté objet. Quand un BAPI est développé par SAP, les paramètres requis pour les connections sont garantis perdurer à long terme et on n'a pas à s'inquiéter de problèmes de versions futures ou de possibles incompatibilités.

Les BAPI sont un projet conjoint entre SAP, les clients majeurs, les grands instituts de normalisation. Les normes de communication via BAPI au logiciel SAP sont devenus des standards et peuvent être accéder en utilisant la plupart des technologies et la plupart des outils de développement orientés objet (Visual studio, Java, Ms Access, Delphi, etc...)

Les BAPIs peuvent être consultés dans SAP à partir de la transaction eponyme, BAPI (figure 3.21). Cette transaction, le "BAPI explorer" est une mine d'information qui permet d'accéder plus de dix milles BAPI adressant toutes les modules et pratiquement tous les processus d'affaires de SAP, de la gestion du matériel à la gestion de la qualité, en passant par le service à la clientèle, la production, etc..





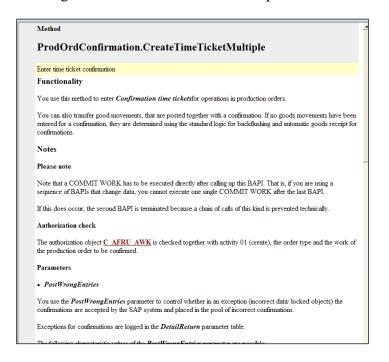
Le BAPI explorer permet de sélectionner chaque BAPI et d'avoir des informations générales en cliquant sur l'onglet détail (Figure 3.22). Ceci permet d'obtenir des informations importantes pour le développeur comme le nom de la méthode, le processus d'affaires auquel le BAPI fait référence, la version SAP à partir de laquelle on le retrouve, etc...

Figure 3.22 Onglet détail du BAPI Explorer



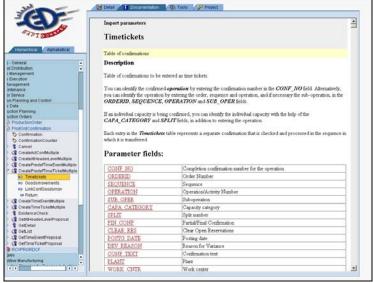
L'onglet documentation (Figure 3.23) donne des indications précises sur la façon d'utiliser le BAPI et comment l'appeler à partir d'une application externe. C'est à ce niveau que l'on trouve les informations techniques sur le genre d'autorisation de sécurité qui est prérequis, les variables qu'il faut passer en paramètre (en intrant) et les résultats (en extrant). Les résultats d'un BAPI peuvent être l'affectation d'une table, l'exécution d'une transaction ou d'une fonction SAP, etc. La documentation se penche finalement sur la gestion des erreurs et discute abondamment des codes retournés par l'appel BAPI en cas de succès ou d'erreurs.

Figure 3.23
Onglet documentation du BAPI Explorer



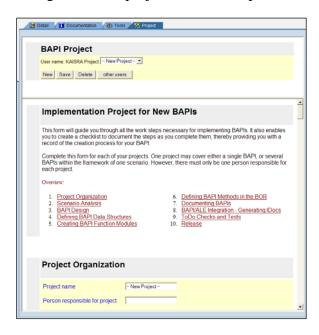
Il est possible "d'exploser" plus avant une méthode de classe avec le BAPI explorer pour avoir des descriptions plus détaillées sur les paramètres de la méthode tel qu'illustré dans la figure 3.24 ci-dessous. Dans cet exemple, l'onglet documentation donne des détails avancés sur chaque paramètre de la méthode Timetickets, son type et d'autres infos techniques pertinentes.

Figure 3.24
Paramètres d'une méthode de classe (ici timetickets confirmation)



Finalement, les onglets "tools" et "project" du BAPI explorer (figure 3.25) permettent d'aller plus loin dans l'utilisation des BAPIs et donne des outils pour créer ses propres BAPIs pouvant interfacer avec les tables ou les transactions de SAP.

Figure 3.25
Onglet tools et projets du BAPI explorer



3.3.4.3 Les BAPIs existants pour la confirmation

Plusieurs BAPI existent qui peuvent être utilisés pour travailler sur les ordres de production ou de fabrication, saisir les status, les confirmations, etc... Le tableau 3.2 ci-dessous liste plusieurs BAPIs qui peuvent être utilisés à cette fin. Cette liste montre qu'il est possible de faire des interfaces complets pour saisir les ordres de fabrications, les annuler, entrer des confirmations, les imprimer, obtenir des listes, etc

le sélectionné Dans de Komatsu, le **BAPI** cas nous avons BAPI_PRODORD_CONF_CREATE_TT. (La méthode associée est le CreatePredefTimeTicketMultiple) afin de saisir nos confirmations. Le BAPI explorer nous permet en effet de voir que ce BAPI est exactement le reflet de la transaction CO11n dont nous avons donné la description précédemment. Notre objectif est simple, donner la possibilité à l'opérateur de saisir (via scanneur) le numéro de confirmation correspondant à sa station (code à barres sur la feuille de fabrication) afin que le traitement approprié se fasse dans SAP

Tableau 3.2
BAPI pout le traitement des ordres de production

Méthode	Fonction	Description
ProdOrdConfirmation.Cancel	API_PRODORDCONF_CANCEL	Cancel Production Order Confirmation
ProdOrdConfirmation.CreateActConfMultiple	BAPI_PRODORDCONF_CREATE_ACT	Enter Activity Confirmation
ProdOrdConfirmation.CreateAtHeaderLevelMultiple	BAPI_PRODORDCONF_CREATE_HDR	Enter Order Confirmations
ProdOrdConfirmation.CreatePredefTimeEventMultiple	BAPI_PRODORDCONF_CREATE_TE	Enter Time Event Confirmation
ProdOrdConfirmation.CreatePredefTimeTicketMultiple	BAPI_PRODORDCONF_CREATE_TT	Enter Time Ticket Confirmation
ProdOrdConfirmation.CreateTimeEventMultiple	BAPI_PRODORDCONF_EXIST_CHK	Existence Check for Confirming Production Order
ProdOrdConfirmation.CreateTimeTicketMultiple	BAPI_PRODORDCONF_GETDETAIL	Detailed Data for Production

Méthode	Fonction	Description
		Order Confirmation
ProdOrdConfirmation.ExistenceCheck	BAPI_PRODORDCONF_GETLIST	Confirmations List
ProdOrdConfirmation.ExistenceCheck	BAPI_PRODORDCONF_GET_HDR_PROP	Propose Data for Order Confirmation
ProdOrdConfirmation.GetDetail	BAPI_PRODORDCONF_GET_TE_PROP	Propose Data for Time Event Confirmation
ProdOrdConfirmation.GetList	BAPI_PRODORDCONF_GET_TT_PROP	Propose Data for Time Ticket Confirmation
ProdOrdConfirmation.GetTimeEventProposal	BAPI_PRODORDCONF_PDC_UPLOAD_TE	Transfer Time Event Confirmations from PDC System
ProdOrdConfirmation.GetTimeTicketProposal	BAPI_PRODORDCONF_PDC_UPLOAD_TT	Transfer Time Ticket

Source: Bapi Explorer. Les méthodes du processus d'affaires Confirmation des ordres de fabrications.

3.3.4.4 La méthode de classe "ProdOrdConfirmation. CreatePredefTimeTicketMultiple"

Utiliser un BAPI est relativement simple. L'application externe utilisera les connecteurs appropriés pour faire un appel vers la fonction ou vers la méthode tel que le demande l'objet d'affaire. Dans le cas qui nous concerne, ce sera un appel vers "ProdOrdConfirmation. CreatePredefTimeTicketMultiple" correspondant à la fonction BAPI_PRODORDCONF_CREATE_TT.

Le Bapi explorer nous indique que les 3 paramètres suivant sont requis pour bien utiliser BAPI_PRODORDCONF_CREATE_TT:

- **Timetickets**: Il s'agit ici d'une table de plus de 72 champs dont la liste complète se trouve en annexe 8. Heureusement ces champs ne sont pas tous requis. On retrouve par exemple le numéro de confirmation (le code à barre sur notre feuille de fabrication), la date de la confirmation, les raisons des écarts par rapport au standard,

la station de travail, le nombre d'employés dans la station, quantité fabriqué, quantité endommagé, etc... Dans notre cas, pour réfléter exactement la transaction CO11n, seul le **numéro de confirmation, la quantité fabriqué (Yield), le type de confirmation (toujours partielle)**¹⁰ seront requises. Il est intéressant de noter qu'une table de numéro de confirmation peut être passé en paramètre. Cela peut être pratique par exemple dans le cas de la station peinture ou plusieurs châssis sont embarqués sur la ligne, peintes, séchés en confirmés en même temps

Goodsmovements Et LinkConfGoodsmov: Ces deux paramètres permettent un contrôle plus pointu des mouvements de matériel qui se font à partir d'une confirmation. Comme on le sait, dans SAP plusieurs types de mouvements de matériel sont possibles mais dans le cas de la fabrication, nous voulons simplement 1) déduire l'inventaire des produits consommés lors de la fabrication des châssis (good issue et backflush) et 2) nous voulons mettre en inventaire le châssis fabriqué et augmenter l'inventaire du nombre de châssis peints. (good receipt). Les paramètres "goodmovement et linkconfgoodmov" sont des tables à fournir en entrée et qui permettent d'aller très loin dans le traitement des codes et des types de mouvements. On peut par exemple utiliser ces tables pour décider de placer les châssis fabriqués dans une location précise du système WM (warehouse management) autre que celle qui a été défini par défaut. On peut décider de changer le type de stock (ex : bloqué, inspection qualité, non-restraint), etc...

¹⁰ On fait la première confirmation à la station 600 ou la 640 suivant l'ordre de fabrication. C'est une confirmation partielle. La confirmation finale se fait à la station 740, peinture. Même si le paramètre que nous passons indique confirmation partielle, la clé ZFA3 qui est associé à la station 740 lors de la définition de la gamme opératoire va quand même forcer une confirmation finale. Cela simplifie grandement – du point de vue programmation – la création de la table qu'il faut passer en paramètre.

Pour notre système, les deux derniers paramètres ne sont pas obligatoires pour l'utilisation du BAPI BAPI_PRODORDCONF_CREATE_TT. Seul quelques paramètres Timetickets sont requis, plus précisément les champs confirmation (le code barre), le yield (quantité toujours égal à 1) et finalement le type de confirmation (toujours partiel).

- Le paramètre Return: Return est une table (voir tableau 3.3) que SAP retourne comme résultat du traitement suite à un appel BAPI. Le champ le plus important pour notre application est le type qui nous indique simplement si le traitement est un succès, une erreur ou une information.

Tableau 3.3 Les champs du paramètre Return

Champ	Description
<u>TYPE</u>	Message type: S Success, E Error, W Warning, I Info, A Abort
<u>ID</u>	Message Class
<u>NUMBER</u>	Message Number
<u>MESSAGE</u>	Message Text
LOG_NO	Application log: log number
LOG_MSG_NO	Application log: Internal message serial number
MESSAGE_V1	Message Variable
MESSAGE_V2	Message Variable
MESSAGE_V3	Message Variable
MESSAGE_V4	Message Variable

3.3.4.5 Exemple d'appel du BAPI à partir d'une application VBA

La présente section va expliquer étape par étape comment se fait un appel BAPI à partir d'un outil de programmation (dans le cas présent, du VBA). Il est possible bien entendu d'utiliser la plupart des outils de développement sur le marché afin de faire la connection orientée objet appropriée. On peut, par exemple, utiliser des contrôles de type activeX (c'est notre cas), on peut utiliser des librairies spécialisées comme le Bapi C++ Class library ou le Bapi Java class. On peut utiliser des connecteurs R/3 DCOM développé conjointement par SAP et Microsoft pour permettre l'intégration de SAP et des objets COM de microsoft. Des connecteurs pour le logiciel Delphi existent également, des connecteurs Access Builder pour les java applets et finalement des javabins dans un environnement de développement Visual Age de IBM¹¹.

En règle générale, le processus est le même quelque soit l'environnement de développement et se fait en 6 étapes :

- Préliminaires: Avec VBA, Visual Basic ou Visual Studio, il faut au départ démarrer un projet et rajouter les contrôle activeX wdobapi.ocx (SAP Bapi Control) et wdtlog.ocx (SAP Logon Control) sur la forme. Ces contrôles sont disponibles tout simplement en installant le client SAP sur le poste de développement. Comme nous l'avons dit plus haut, dans le monde VBA, ce sont les connecteurs appropriés pour réaliser une intégration BAPI. Ce sont elles qui vont rendre dispobible les classes de développement SAPBAPIControl et SAPLogonControl dont nous avons besoin pour la suite

http://help.sap.com/saphelp_46c/helpdata/en/76/4a42f7f16d11d1ad15080009b0fb56/frameset.htm. Consulté le 17 septembre 2009.

Étape 1: Il faut créer une instance des classes SAPBAPIControl et SAPLogonControl. En visual studio, cela se fait tout simplement en rajoutant les contrôles sur le formulaire (avec un drag & drop). Les instances seront appellés automatiquement SAPBapiControl1 et SAPLogonControl1. En code, la même opération se ferait avec

> **SAPBapiControl1 = New SAPBapiControl() SAPLogonControl1 = New SAPLogonControl()**

Etape 2: Pour réaliser la connection au système SAP, il faut définir certaines des propriétés de l'objet Connection appartenant à la classe SAPBapiControl1. Les propriétés de base requise sont essentiellement le nom de l'usager, le mot de passe, le client SAP, l'adresse du serveur ou son nom de domaine, la langue de connection et finalement le numéro de système.

En VB, la définition des paramètres sera comme suit :

SAPBAPIControl1.Connection.User = txtUserid¹²

SAPBAPIControl1.Connection.Password = txtPassword

SAPBAPIControl1.Connection.Client = "310"

SAPBAPIControl1.Connection.ApplicationServer = "10.124.17.22"

SAPBAPIControl1.Connection.Language = "EN"

SAPBAPIControl1.Connection.SystemNumber = 7

SAPBAPIControl1.Connection.SystemNumber = 6

- Etape 3: Nous utilisons la méthode Logon de l'objet Connection. En cas de succès, cette méthode retourne un flag Vrai pour signifier la réussite de la connection à SAP. Nous allons

¹² On suppose bien sûr ici qu'il existe une partie de codes dans l'application ou le nom de l'usager et son mot de passe sont saisies respectivement dans les variables txtUserid et txtPassword.

utiliser cet indicateur pour afficher un message d'erreur ou aviser les administrateurs de l'échec de la connection à SAP faite à partir de l'un des postes de la fabrication ou à partir de l'un des scanneurs de la fabrication. En code, cela donnerait :

If SAPBAPIControl1.Connection.Logon(0, True) <> True Then
MsgBox "Echec Connection à SAP"

'ici, on peut rajouter du code pour envoyer un email en cas
'd'echec de la connection. Surtout ne pas oublier le logoff!
SAPBAPIControl1.Connection.Logoff
Exit Sub

Etape 4: Maintenant que nous sommes connectés à SAP et que nous avons donc accès (en fonction de notre niveau de sécurité bien sûr) au répertoire de toutes les objets d'affaires de SAP que nous avons vu avec la transaction BAPI, il faut à présent créer une instance locale de l'objet d'affaire que nous voulons utiliser et manipuler. Dans notre cas à nous, l'objet en question est ProdOrderConfirmation (tel que nous l'avons vu plus haut avec le BAPI)

Set m_oBUSCust = SAPBAPIControl1.GetSAPObject("ProdOrderConfirmation")

End If

- Etape 5: Il s'agit à présent de préciser les paramètres de l'objet ProdOrderConfirmation que nous avons vu également plus haut avec la transaction BAPI. Tel que mentionné, il nous faut 3 paramètres pour la confirmation. 1) le codebarre qui est scanné, le yield qui est toujours égale à 1 car on fabrique un seul châssis à la fois et le paramètre confirmation que l'on laissera toujours à partiel parce que SAP en fonction des clés ZFA1 ou ZFA3 saura s'il s'agit vraiment d'une partielle (lors du backflush) ou d'une confirmation finale (peinture). Finalement, le paramètre de retour Return est comme nous l'avions déjà dit utilisé pour fournir le status de l'appel à SAP (succès, erreur, message d'avertissement, etc..) que nous pouvons traiter via l'interface (non montré ici).

 $\label{eq:mobuse} m_oBUSCust.CreateTimeTicketMultiple Timetickets.Conf_NO:= txtCodeBarreConfirmation^{13}, _\\ Timetickets Yield:=1, _\\ Timetickets.FIN_CONF="No", _\\$

- **Etape 6**: Après l'appel, il est finalement important de fermer la connection à SAP avec la méthode logoff de l'objet Connection.

Timetickets .RETURN:=oReturn

SAPBAPIControl1.Connection.Logoff

3.3.5 Un mot sur l'utilisation des lecteurs codes barres

Le système développé peut utiliser soit l'interface en VBA Access que nous avons présenté plus haut soit des lecteurs de codes à barres sans fil avec un serveur spécial. Ce serveur est fourni par la compagnie Datamax (www.datamax.com) et leur produit vedette RFGEN est conçu pour gérer plusieurs terminaux portables sans-fil via wi-fi 802.11g. RFGEN propose également un environnement de développement (RFGEN Programmer Assistant) qui utilise des connecteurs spéciaux pour les interfaces BAPI de SAP. Précisons que des coûts additionnels sont requis par Datamax pour la connectivité à SAP mais le développement est très facile avec le Programmer Assistant. En fait, celui-ci utilise du VBA et par conséquent le code que nous avons présenté dans la section 3.3.4.5 s'applique avec des modifications mineures.

égale à 0013926594

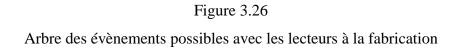
.

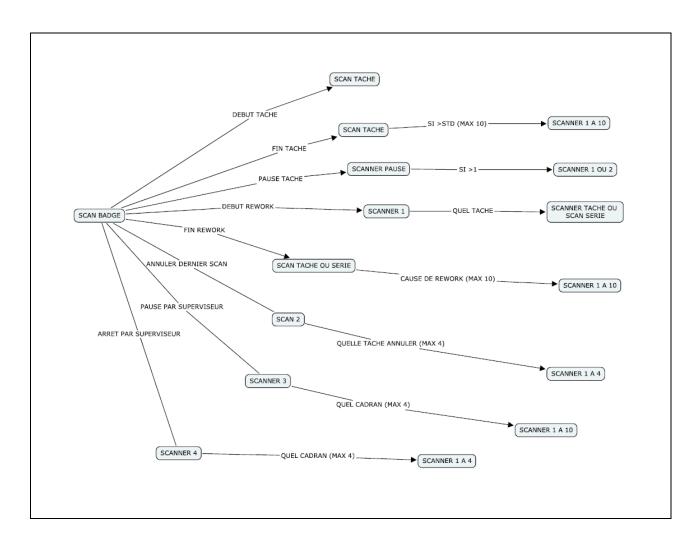
¹³ On suppose encore ici qu'il y a une partie du code qui place la confirmation dans la variable txtcobebarreConfirmation. Ex : dans notre figure 3.18 à la station 640, le scan txtcodebarreConfirmation serait

Quant aux lecteurs, à Komatsu, nous avons choisi des AML 7100 de la compagnie du même nom (www.amltd.com). Ces scanneurs se connectent très simplement et facilement via telnet sur le serveur. Cela signifie que l'intelligence de l'application reste sur le serveur et rien n'est installé sur le scanneur lui-même, ce qui facilite le support et la maintenance par l'équipe IT.

Pour terminer, bien des actions ont été programmées avec l'application VBA ou avec RFGEN Programmer Assistant pour permettre de saisir – comme le demande ISA 95 – la plupart des status à la ligne de fabrication. L'arbre de décision, à la figure 3.26 illustre la plupart des évènements qui peuvent être captés à partir du scan et que nous avons juger pertinent à Komatsu . On peut scanner, comme le montre la figure un début de tâche, une fin de tâche, une pause, des activités de retravail (début et fin), on peut annuler le dernier scan, etc...

Si on a dépassé le temps standard alloué, il faut saisir le code de dépassement à partir des lecteurs. Ainsi donc, l'application permet une grande flexibilité et permet de se rapprocher des exigences d'un MES comme le veut ISA 95.





3.4 Résultats et indicateurs

La mesure des résultats de notre projet d'applications est basée essentiellement sur les objectifs qui avaient été fixés au groupe TI et sur les indicateurs de mesures que nous avions sélectionnés. Ces objectifs et les indicateurs sont mentionnés à la section 2.4 de ce rapport.

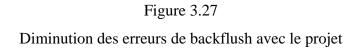
Ainsi donc, le projet d'amélioration a permis de standardiser la nomenclature du produit (BOM) pour tous les châssis et autres composantes fabriqués dans le département de fabrication. Toutes les gammes opératoires ont également été revisés pour tenir compte des stations réelles à la fabrication et des temps standards. Les paramètres techniques des gammes opératoires ont été également ajustés ou crées afin que le scan à la bonne station active la bonne action dans le système SAP (soit un backflush ou une mise en inventaire). Ces deux points très importants représentent une grande amélioration pour Komatsu et ont permis de rencontrer les objectifs 1 et 2 (voir section 2.4.2)

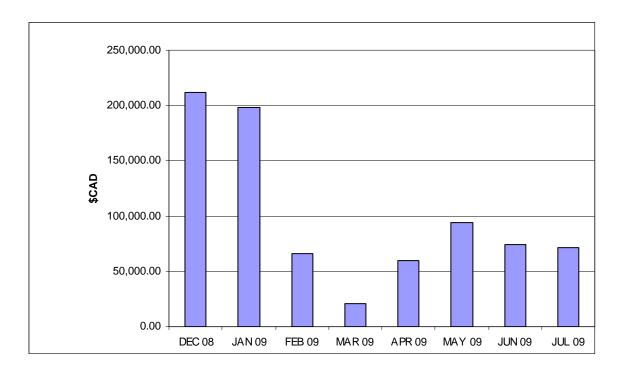
Conformément à ISA 95, nous avons ensuite fait en sorte que la structure des prix de revient reflètent bien le coût des matériels et le coût et les temps en main d'œuvre. On se rappellera que dans l'ancienne structure on estimait approximativement un coût et on était incapable de valider ou de comparer avec les coûts réel car il n'y avait aucun système MES permettant d'obtenir les informations sur les temps. Cette étape importante de l'amélioration du système a permis d'adresser l'objectif no 3 (voir section 2.4.2)

Côté système d'information MES, l'équipe TI a utilisé ABAP pour extraire les informations des ordres de fabrication de SAP puis VBA afin de développer un tableau de bord donnant pratiquement en temps réel le status de la fabrication. Ce tableau de bord permet, entre autre, l'impression des ordres de fabrications, avec codes à barres et toutes les autres informations appropriées. Des stations de travail ont été placés aux postes de la fabrication afin de fournir aux opérateurs l'information adéquate en tout tant et un interface pour le scan de leurs opérations. Ce système d'information a permis de rencontrer les objectifs 4,5 et 6 (voir section 2.4.2)

La description des interfaces BAPI a constitué le cœur de ce rapport d'application en entreprise. En effet, nous avons expliqué l'usage de ces objets d'affaires mis à la disposition des développeurs par SAP et nous avons expliqué en détails comment réaliser un appel BAPI à partir d'une application VBA. Le code que nous avons fourni peut être reproduit dans n'importe quel environnement. Il suffit simplement de substituer le nom des objets d'affaires, des paramètres en entrée et des résultats en sortie. Grâce à l'utilisation d'un BAPI particulier, nous avons pu passer en temps réel à SAP les avis de consommation de matériel et d'intrants (backflush) et les avis de mis en inventaire (confirmation finale – good receipt). Cela a permis de rencontrer l'objectif no 7 (section 2.4.2)

Finalement, un des indicateurs clés de mesure de notre succès à été les statistiques sur les erreurs de backflush. La direction avait indiqué que les erreurs de backflush devraient se situer aux environs de \$25000 ou moins par mois grâce au projet. L'avantage d'un tel projet et que les résultats sont très concrets et se voient pratiquement immédiatement. Les statistiques d'erreurs de Backflush compilés à partir de la transaction COGI de SAP montrent véritablement une baisse importante à partir de février, au fur et à mesure des corrections des nomenclatures et des ajustements des gammes opératoires. En février et Mars, Les erreurs de backflush avoisinnaient déjà \$100k au lieu de la moyenne habituelle de \$300k. De plus, les pics qui affectaient les erreurs de backflush ont pratiquement disparu. On se rappelle que ces pics étaient dûs aux options spéciales mals configurés qui débalancaient considérablement l'inventaire. Avec l'introduction des scans à partir de avril 2009, l'objectifs de \$100k par mois ou moins a été vite atteint (voir figure 3.27)





Source : Département de comptabilité de Komatsu International.Canada. A partir de Avril 09

Les backflushs ont toujours été en deça de \$100k et aucun pic n'a jamais été

Enregistré.

CONCLUSION

Le mandat du département TI avait été clairement spécifié dès le départ par la haute direction et couvrait essentiellement des points devant permettre d'optimiser le processus de fabrication en corrigeant la nomenclature des produits, les gammes opératoires et en améliorant le processus d'échange d'information entre le plancher de fabrication et le progiciel de gestion intégré SAP.

Cependant, tout en travaillant sur ce projet riche en défi, nous avons fait la découverte du vaste domaine des MES (manufacturing execution systems). Nous nous sommes donc rendu compte qu'il existait déjà dans l'industrie toute une approche très systémique visant à encadrer les processus d'exécution et de contrôle de production et l'intégration avec les ERP. Bien qu'il s'agisse encore d'une discipline assez nouvelle et en pleine évolution, nos recherches ont fait ressortir que certains modèles abordaient de façon très approfondie le domaine dont le plus connu et largement utilisé était le modèle ISA 95 avec ces 12 fonctions clés couvrant tout les aspects de l'exécution et du contrôle de production.

La constatation précédente nous a forcés à revoir notre façon de percevoir le mandat qui nous avait été imparti et nous avions dû adapter notre approche de résolution en fonction des meilleures pratiques édictées par le modèle ISA 95. On comprendra cependant que les solutions apportées par l'équipe, en particulier celles qui ont trait à la communication entre le plancher et SAP, n'auront jamais l'envergure des grands systèmes MES comme VISIPRISE acquise récemment par SAP. Nous pensons que notre projet a résolu certains problèmes concrets à la fabrication et les solutions pourront être extensionnées à l'assemblage mais nous estimons que pour l'avenir, Komatsu devrait viser encore plus haut et se doter d'une vision plus large de ses systèmes MES. Notre point de vue est qu'il ne faut rien de moins qu'un MES touchant tout autant l'éxecution et le contrôle que la gestion des actifs, la gestion de la maintenance, la gestion de l'inventaire et des approvisionnements, les expéditions, la qualité sans oublier les liens vers la recherche, le développement et l'ingénierie et finalement les ventes et le marketing. Et tout cela dans une approche intégré comme le préconise ISA 95.

ANNEXE I

Les 31 flux d'informations dans le modèle de flux ISA 95

No	Flux	Description	Origine	Destination
01	Information sur le	Information sur les produits à fabriquer et	Ordonnancement de	Contrôle de
	Calendrier de	le calendrier de production	production (2.0)	production (3.0)
	production			
02	Information sur le plan	Communication du plan de production et	Contrôle de	Ordonnancement de
	de production	le statut actuel du plan	production (3.0)	production (2.0)
03	Information sur la	Statut sur la capacité actuelle de	Contrôle de	Ordonnancement de
	Capacité de production	production. % utilisation tant pour le	production (3.0)	production (2.0)
		matériel, l'équipement, la main d'œuvre		
		et l'énergie		
04	Information	Indique les requis futur en matériel et	Gestion du matériel	Approvisionnement
	Réquisition achat	énergie pour rencontrer le plan de	et de l'énergie (4.0)	(5.0)
	matériel et énergie	production, à court, moyen et à long		
		terme		
05	Notifications de	Indique que les commandes de matériel	Gestion du matériel	Approvisionnement
	réception Matériel et	et d'énergie ont bien été reçues	et de l'énergie (4.0)	(5.0)
	énergie			
06	Planification long	Indique les besoins à long terme de ces 2	Ordonnancement de	Gestion du matériel
	terme requis en	ressources pour le plan de production à	production (2.0)	et de l'énergie (4.0)
	matériel et énergie	long terme		
07	Réquisition à court	Indique les besoins à court terme de ces 2	Contrôle de	Gestion du matériel
	terme matériel et	ressources pour le plan de production et	production (3.0)	et de l'énergie (4.0)
	énergie	la production en cours		
08	Inventaire matériel et	Indique le stock actuel de matériel et	Gestion du matériel	Contrôle de
	énergie	d'énergie disponible pour la production	et de l'énergie (4.0)	production (3.0)
09	Information sur les	Indique les objectifs de coûts visés pour	Contrôle des coûts	Contrôle de
	objectifs de réduction	rencontrer la production qui est planifiée.	(8.0)	production (3.0)
	de coûts			
10	Information sur la	Indique les coûts actuels et par rapport au	Contrôle de	Contrôle des coûts
	performance de la	plan des ressources utilisés pour la	production (3.0)	(8.0)
	production et les coûts	production.		
11	Information sur le	Indique le matériel et l'énergie reçue et	Gestion du matériel	Contrôle des coûts
	matériel et l'énergie	toutes les infos nécessaires pour	et de l'énergie (4.0)	(8.0)
	reçue	l'évaluation des coûts.		

No	Flux	Description	Origine	Destination
12	Information sur les	Il s'agit des résultats des tests qualité sur	Contrôle qualité (6.0)	Gestion de
	résultats qualités	les matières premières achetés pour la		l'inventaire (7.0)
		production et sur les produits fabriqués		
13	Information sur les	Information sur les attributs du produit	Contrôle qualité (6.0)	Contrôle de
	exigences standards et	qui satisfont la demande des clients		production (3.0)
	exigences clients			
14	Information Produits	Information sur les procédés de	R&D, Ingénierie	Contrôle qualité
	ou procédés	production et fabrication. Procédés		(6.0)
		d'assemblage		
15	Déviations approuvées	Approbation des déviations sur les	Traitement des ordres	Contrôle qualité
		spécifications standards du produit	(1.0)	(6.0)
16	Demandes de	Information sur les demandes de	Contrôle de	Contrôle qualité
	déviations	déviations en cours de traitement	production (3.0)	(6.0)
17	Inventaire des produits	Information sur le stock de produits finis	Gestion de	Ordonnancement de
	finis	en inventaire	l'inventaire (7.0)	production (2.0)
18	Traitement de données	Information sur le traitement de données	Contrôle de	Contrôle qualité
		relié au processus de production et utilisé	production (3.0)	(6.0)
		pour le contrôle de l'inventaire		
19	Cédules des produits à	Information sur la consolidation des	Ordonnancement de	Gestion de
	expédier	produits fabriqués et leur expédition aux	production (2.0)	l'inventaire (7.0)
		clients		
20	Maîtrise du produit et	Information sur les procédures	R&D, Ingénierie	Contrôle de
	des procédés	d'opération standard, sur les procédés de		production (3.0)
		travail, sur les recettes, etc.		
21	Demande technique sur	Demandes relatives à de nouveaux	Contrôle de	R&D, Ingénierie
	produit et procédés	produits ou des modifications sur les	production (3.0)	
		produits existants et ajustement des		
		procédés		
22	Demande de	Requête de maintenance planifié ou non	Contrôle de	Maintenance (10.0)
	maintenance	résultant d'un évènement planifié ou non	production (3.0)	
23	Réponse de la	Information et log du statut de traitement	Maintenance (10.0)	Contrôle de
	maintenance	des demandes de maintenances		production (3.0)
24	Standards de	Information sur les standards relatifs à la	Contrôle de	Maintenance (10.0)
	maintenance et	maintenance et sur les procédures de	production (3.0)	
	méthodes	maintenance à suivre		
25	Évaluation technique	Information sur la performance et la	Maintenance (10.0)	Contrôle de
	de la maintenance	fiabilité des équipements de maintenance.		production (3.0)
		Rapports relatifs aux plans de		

No	Flux	Description	Origine	Destination
26	Evaluation technique	Information sur la performance et la	Contrôle de	R&D, Ingénierie
	produits et processus	fiabilité des équipements de production.	production (3.0)	
		Ces informations résultent de tests de		
		performance		
27	Bons de commande de	Bons de commandes sur le matériel,	Maintenance (10.0)	Approvisionnement
	maintenance	pièces et fournitures requises pour les		(5.0)
		activités de maintenance		
28	Information sur les	Il s'agit des ordres de production	Traitement des ordres	Ordonnancement de
	ordres de production	résultant des commandes clients acceptés	(1.0)	production (2.0)
29	Information sur les	Information sur la possibilité de	Ordonnancement de	Traitement des
	disponibilités	rencontrer les commandes clients	production (2.0)	ordres (1.0)
30	Information sur les	Information sur les permissions	Gestion des	Gestion de
	produits relâchés, prêts	d'expédier les produits finis	expéditions (9.0)	l'inventaire (7.0)
	à expédier			
31	Confirmation des	Information relatives à l'expédition	Gestion de	Gestion des
	produits expédiés	confirmée des produits finis	l'inventaire (7.0)	expéditions (9.0)

Source : Traduit et adapté d'ISA-dS95.01-1999. Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology. Page 37 à 43.

ANNEXE II

Transaction dans SAP pour l'exécution et le contrôle de la production

Transaction	Description						
Création des ordre	Création des ordres de production						
CO01/CO02	Création et édition des ordres de production						
ОРЈН	Gestion des différents types d'ordre de production						
ОРЈК	Vérification						
OPU3	Profil calendrier de production						
OPL8	Paramétrage des différents types d'ordre de production						
OPJF	Sélection automatique d'un plan de production alternatif						
ОРЈІ	Sélection d'un ID pour les nomenclatures (BOM)						
ОРЈМ	Assignation d'un ID au type d'utilisation du BOM						
OS32	Sélection du BOM en fonction de la date requise						
CO31/CO32	Création/Edition d'un point de déclenchement standard						
CO40	Conversion individuelle des ordres planifiés						
CO41	Conversion collective des ordres planifiés						
CO07	Création d'un ordre de production dans référence à un matériel						
SCAL	Maintenance des jours ouvrables (calendrier)						
OPJN	Maintenance des types d'ordonnancement						
OP67	Clés de contrôles						
OPJR	Groupe de location et matrice des mouvements						
OPJS	Stratégie de réduction						
Exécution de la pr	oduction						
CO05N	Relâches collective des ordres de production						
CO04N	Impression des ordres de production et papier pour le plancher						
MB1A	Retrait de l'inventaire (consommation) pour les besoins de l'ordre de						
	fabrication						

Transaction	Description
CO27	Cueillette de matériel
OSPX	Règles de détermination des stocks
OPJ2	Assignation des règles de détermination de stock aux transactions
	d'affaires
CO11N	Confirmation (time ticket confirmation)
OPJ8	Clés de contrôle
CO1F	Confirmation de l'avancement de la production
CO15	Confirmation de l'ordre de production au complet
CO14	Affichage du statut des confirmations
CO13	Annulation d'une confirmation
ОРКР	Profil de planification de production
MB31	Réception (mise en inventaire) du produit fabriqué à partir de l'ordre
	de production
COHV	Traitement en lot des ordres de production

Source : Ce tableau est traduit et adaptée de Dickersbach, Jorg thomas. Keller, Gerhard.

Weihrauch, Klauss Groover, Mikell P. (2007). Production planning and control with SAP.

Pages 458 et 460.

ANNEXE III

Usine de Candiac



Source : Komatsu International (Canada) Inc.

ANNEXE IV

Consommation d'acier mondiale de 1998 à 2009

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009(*)
Asie	303.4	331.8	351.7	379.5	429.9	486.2	543.5	616.8	655.9	707.8	693.8	637.4
- Chine	122.9	136.2	138.1	170.6	205.7	258.6	296.6	362.0	393.4	426.6	425.7	404.4
Union Européenne	161.1	157.2	167.7	163.6	162.3	164.1	172.6	166.2	189.8	200.2	188.5	129.2
Amérique du Nord	150.4	147.7	154.6	136.5	140.2	138.5	156.7	145.7	161.1	147.1	129.7	88.0
- Etats-Unis	119.8	116.4	120.0	106.0	107.3	105.7	120.9	110.3	122.4	111.2	97.5	61.8
Reste du monde	77.4	70.1	86.5	97.9	96.5	104.8	107.9	116.1	131.1	166.0	185.4	164.0
Monde	692.2	706.8	760.6	777.6	828.8	893.6	980.7	1044.8	1138.0	1221.0	1197.4	1018.6

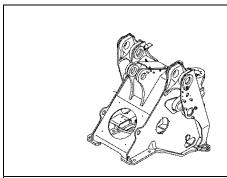
Consommation d'acier en pourcentage de 1998 à 2009

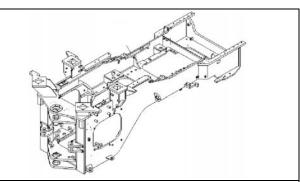
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009(*)
Asie	44%	47%	46%	49%	52%	54%	55%	59%	58%	58%	58%	63%
- Chine	18%	19%	18%	22%	25%	29%	30%	35%	35%	35%	36%	40%
Union Européenne	23%	22%	22%	21%	20%	18%	18%	16%	17%	16%	16%	13%
Amérique du Nord	22%	21%	20%	18%	17%	15%	16%	14%	14%	12%	11%	9%
- Etats-Unis	17%	16%	16%	14%	13%	12%	12%	11%	11%	9%	8%	6%
Reste du monde	11%	10%	11%	13%	12%	12%	11%	11%	12%	14%	15%	16%
Monde	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Source: - Pour les années 1998 à 2007. tiré de Worldsteel Committee on Economic Studies. Steel statistical yearbook 2009. Bruxelles, 2009. - Pour 2008 et 2009. ASU (apparent steel usage) by country. http://www.worldsteel.org/pictures/newsfiles/ASU%20by%20country.pdf. Lu le 27 juillet 2009.

ANNEXE V

Châssis avant et arrière fabriqués dans le processus de fabrication



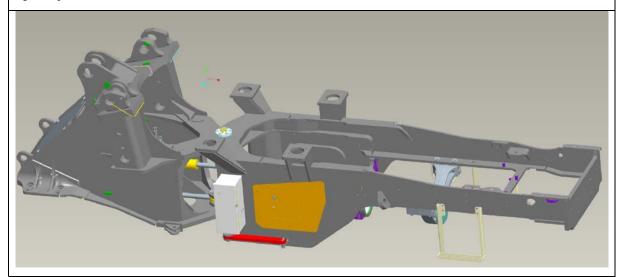


Les adaptations aux standards nord-américains sont réalisées par le génie de conception à partir des dessins en provenance du japon.





Un châssis avant (à gauche) et un châssis arrière (à droite) fraîchement sorti du grenaillage (station 460) se dirigent vers la ligne de peinture (station 470).



Des logiciels de conception 3D performant sont utilisés pour la conception des châssis.

ANNEXE VI

Ligne d'assemblage principale de Komatsu





Les moteurs sont alignés le long de l'allée, attendant d'être installé sur les chargeuses. A droite, en avant-plan, une vue d'ensemble de la section d'assemblage des moteurs. On peut voir, au centre, le châssis qui est en attente de recevoir un moteur.





Les cabines en attente (à gauche) et section sous-assemblage des cabines (à droite).



Vue de la fin de la ligne d'assemblage. On peut voir une chargeuse à la fin de la ligne. Il reste à y installer les pneus.

ANNEXE VII

Photos de quelques stations du département de fabrication de Komatsu





A gauche, station de travail 670. Localisation et soudure de petites pièces ainsi que soudure finale manuelle de châssis avant. A droite, station 460. Grenaillage : La rouille est enlevée dans la chambre bleue grâce au jet de microbilles d'acier.





A gauche, station 730. Robot soudeur des châssis arrière derrière le rideau de protection. A droite, station 660. Robot soudeur des châssis avant.



Les châssis (avant et arrière) sortent de la ligne de peinture (station 470).

ANNEXE VIII

Liste des champs du paramètres "Timetickets"

Parameter fields:	
CONF_NO	Completion confirmation number for the operation
ORDERID	Order Number
SEQUENCE	Sequence
<u>OPERATION</u>	Operation/Activity Number
SUB_OPER	Suboperation
CAPA_CATEGORY	Capacity category
SPLIT	Split number
FIN_CONF	Partial/Final Confirmation
CLEAR_RES	Clear Open Reservations
POSTG_DATE	Posting date
DEV_REASON	Reason for Variance
CONF_TEXT	Confirmation text
PLANT	Plant
WORK_CNTR	Work center
<u>RECORDTYPE</u>	Record type for confirmation
CONF_QUAN_UNIT	Confirmation unit of measure
CONF_QUAN_UNIT_ISO	ISO code for unit of measurement
YIELD	Yield to Be Confirmed
<u>SCRAP</u>	Scrap to Be Confirmed
<u>REWORK</u>	Current rework quantity to be confirmed
CONF_ACTI_UNIT1	Unit of measure for the activity to be confirmed
CONF_ACTI_UNIT1_ISO	ISO code for unit of measurement
CONF_ACTIVITY1	Activity Currently to be Confirmed
NO_REMN_ACTI1	Indicator: No remaining activity expected
CONF_ACTI_UNIT2	Unit of measure for the activity to be confirmed
CONF_ACTI_UNIT2_ISO	ISO code for unit of measurement

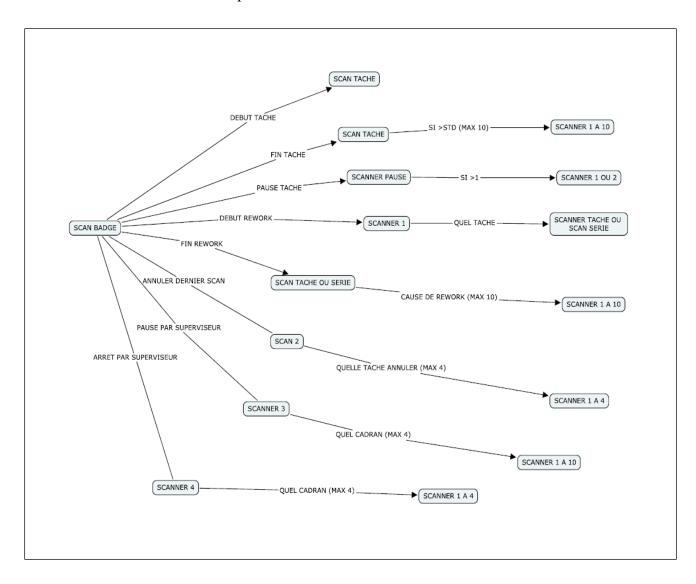
CONF_ACTIVITY2	Activity Currently to be Confirmed
NO_REMN_ACTI2	Indicator: No remaining activity expected
CONF_ACTI_UNIT3	Unit of measure for the activity to be confirmed
CONF_ACTI_UNIT3_ISO	ISO code for unit of measurement
CONF_ACTIVITY3	Activity Currently to be Confirmed
NO_REMN_ACTI3	Indicator: No remaining activity expected
CONF_ACTI_UNIT4	Unit of measure for the activity to be confirmed
CONF_ACTI_UNIT4_ISO	ISO code for unit of measurement
CONF_ACTIVITY4	Activity Currently to be Confirmed
NO_REMN_ACTI4	Indicator: No remaining activity expected
CONF_ACTI_UNIT5	Unit of measure for the activity to be confirmed
CONF_ACTI_UNIT5_ISO	ISO code for unit of measurement
CONF_ACTIVITY5	Activity Currently to be Confirmed
NO_REMN_ACTI5	Indicator: No remaining activity expected
CONF_ACTI_UNIT6	Unit of measure for the activity to be confirmed
CONF_ACTI_UNIT6_ISO	ISO code for unit of measurement
CONF_ACTIVITY6	Activity Currently to be Confirmed
NO_REMN_ACTI6	Indicator: No remaining activity expected
CONF_BUS_PROC_UNIT1	Unit of measurement for conf. quantity for business process
CONF_BUS_PROC_UNIT1_ISO	ISO code for unit of measurement
CONF_BUS_PROC1	Current quantity to be confirmed for the business process
NO_REMN_BUS_PROC1	No remaining quantity expected for business process
EXEC_START_DATE	Confirmed date for start of execution
EXEC_START_TIME	Confirmed time for 'Execution start'
SETUP_FIN_DATE	Confirmed date for 'Setup finish'
SETUP_FIN_TIME	Confirmed time for 'Setup finish'
PROC_START_DATE	Confirmed date for 'Processing start'
PROC_START_TIME	Confirmed time for 'Processing start'
PROC_FIN_DATE	Confirmed date for 'processing finish'
PROC_FIN_TIME	Confirmed time for 'processing finish'
TEARDOWN START DATE	Confirmed date for 'teardown start'

TEARDOWN START TIME	Confirmed time for 'teardown start'
EXEC_FIN_DATE	Confirmed date for execution finish
EXEC FIN TIME	Confirmed time for 'Execution finish'
FCST_FIN_DATE	Forecast finish date of operation from confirmation
FCST_FIN_TIME	Forecast finish time of operation from confirmation
STD_UNIT1	Unit of measure for the standard value
STD_UNIT1_ISO	ISO code for unit of measurement
FORCAST_STD_VAL1	Forecast value used to update the standard value
STD_UNIT2	Unit of measure for the standard value
STD_UNIT2_ISO	ISO code for unit of measurement
FORCAST_STD_VAL2	Forecast value used to update the standard value
STD_UNIT3	Unit of measure for the standard value
STD_UNIT3_ISO	ISO code for unit of measurement
FORCAST_STD_VAL3	Forecast value used to update the standard value
STD_UNIT4	Unit of measure for the standard value
STD_UNIT4_ISO	ISO code for unit of measurement
FORCAST_STD_VAL4	Forecast value used to update the standard value
STD_UNIT5	Unit of measure for the standard value
STD_UNIT5_ISO	ISO code for unit of measurement
FORCAST_STD_VAL5	Forecast value used to update the standard value
STD_UNIT6	Unit of measure for the standard value
STD_UNIT6_ISO	ISO code for unit of measurement
FORCAST_STD_VAL6	Forecast value used to update the standard value
FORCAST_BUS_PROC_UNIT1	Unit for remaining quantity of business process
FORC_BUS_PROC_UNIT1_ISO	ISO code for unit of measurement
FORCAST_BUS_PROC_VAL1	Remaining quantity for business process
PERS_NO	Personnel number
TIMEID_NO	Time Recording ID Number
WAGETYPE	Wage Type
SUITABILITY	Suitability
NO_OF_EMPLOYEE	Number of employees
·	

WAGEGROUP	Wage group
BREAK_UNIT	Unit for the break time
BREAK_UNIT_ISO	ISO code for unit of measurement
BREAK_TIME	Confirmed break time
EX_CREATED_BY	External creator of confirmation
EX_CREATED_DATE	External date of entry for confirmation
EX_CREATED_TIME	External time of entry for confirmation
TARGET_ACTI1	Indicator: Determine target activity
TARGET_ACTI2	Indicator: Determine target activity
TARGET_ACTI3	Indicator: Determine target activity
TARGET_ACTI4	Indicator: Determine target activity
TARGET_ACTI5	Indicator: Determine target activity
TARGET_ACTI6	Indicator: Determine target activity
TARGET_BUS_PROC1	Indicator: Determine target qty for business transaction
EX_IDENT	External key of a confirmation (for example from PDC system)
<u>LOGDATE</u>	Logical Date
LOGTIME	Logical time

ANNEXE IX

Arbre des évènements possibles avec les lecteurs de codes à barre à la fabrication



LISTE DE RÉFÉRENCES

- Kletti, Jurgen. Manufacturing execution systems MES. Springer, 2007. 272p.
- Beavers, Alex N. Roadmap to E-factory. Auerbach Publications. 2001. 264p.
- McClellan, Michael. Applying manufacturing execution systems. CRC. 1 éd. 1997. 208p.
- Scholten, Bianca. The road to integration: A Guide to Applying the ISA-95 Standard in Manufacturing. ISA. 2007. 234p.
- Manufacturing Execution Systems for Sustainability. Rockwell automation. 2009. 10p.
- Greeff, Gerhard. Ghoshal, Panjan. Practical e-Manufacturing and supply chain management. Newnes. 1.éd. 2004. 461p.
- Mieux comprendre le manufacturing execution systems. Portail du MES. En ligne. http://www.mesportal.org/modules/M.E.S_Intro/Presentation.html>. Consulté le 2 juillet 2009.
- Manufacturing execution systems. MES. Wikipédia. Définition. En ligne, http://fr.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_execution_systems>. Consulté le 2 juillet 2009.
- Pochet, Yves. Wolsey, Laurence A. Production planning by mixed integer programming. Springer. 1éd. 2006. 477p.
- Groover, Mikell P. Automation, production systems and computer-integrated manufacturing. Prentice Hall. 3éd. 2007. 840p
- Dickersbach, Jorg thomas. Keller, Gerhard. Weihrauch, Klauss. Production planning and control with SAP. SAP press. 1éd. 2007. 477p.
- Himes, Diane. Industry update: MES. En ligne, http://www.managingautomation.com/maonline/magazine/read/view/Industry_update http://www.managingautomation.com/maonline/magazine/read/view/Industry_update https://www.managingautomation.com/maonline/magazine/read/view/Industry_update https://www.managingautomation.com/maonline/magazine/read/view/ https://www.managingautomation.com/maonline/read/view/ https://www.managingautomation.com/maonline/read/view/ <a href="https://www.managingautomation.com/maon
- Anderson, Georges. Larocca, Danielle. SAP in 24 hours. Sams Publishing. 2006. 419p.
- Liebstuckel, Karl. SAP Enterprise Asset Management. SAP press. 1éd. 2008. 551p.