



HAL
open science

Intégration des systèmes d'information dédiés aux produits et aux systèmes de production

Anis Ben Khedher, Sébastien Henry, Abdelaziz Bouras

► **To cite this version:**

Anis Ben Khedher, Sébastien Henry, Abdelaziz Bouras. Intégration des systèmes d'information dédiés aux produits et aux systèmes de production. 13ème colloque national AIP Priméca, Mar 2012, Le Mont-Dore, France. pp.5. hal-00756733

HAL Id: hal-00756733

<https://hal.science/hal-00756733>

Submitted on 23 Nov 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Intégration des systèmes d'information dédiés aux produits et aux systèmes de production

ANIS BEN KHEDHER¹, SÉBASTIEN HENRY², ABDELAZIZ BOURAS¹

¹ Université Lumière Lyon2, IUT Lumière
CERRAL-IUT Lumière CAMPUS PORTE DES ALPES 160, BOULEVARD DE L'UNIVERSITE 69676 BRON Cedex

² Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon1, IUT Lyon 1
17 rue de France, 69627 Villeurbanne Cedex, FRANCE

ANIS.BEN-KHEDHER@UNIV-LYON2.FR, ABDELAZIZ.BOURAS@UNIV-LYON2.FR, SEBASTIEN.HENRY@UNIV-LYON1.FR

Résumé —. De nos jours, les enjeux économiques autour de l'optimisation du développement et de la production des produits ainsi que l'appui important sur les progiciels associés sont vitaux pour les entreprises industrielles. Malgré le savoir-faire de ces entreprises, la détermination des frontières fonctionnelles des progiciels liés à la production est loin d'être efficiente. Cet article propose une démarche méthodologique d'intégration de la gestion du cycle de vie du produit (Product Life cycle Management-PLM), la gestion de la production et la production. Cette intégration mène à l'intégration des progiciels, supportant ces activités, notamment l'outil PLM, le MES (Manufacturing Execution System) et l'ERP (Enterprise Resource Planning). Cet article présente les travaux menés en vue de l'intégration des données techniques du produit générées pendant la conception, l'industrialisation et la production du produit. Cette démarche vise à palier au problème d'hétérogénéité de ces données en proposant une approche d'intégration capable de résoudre les conflits syntaxiques et sémantiques entre ces données.

Mots clés — PLM, MES, ERP, intégration des systèmes d'information, intégration sémantique, services web.

I. INTRODUCTION

L'émergence du concept de PLM associée à l'arrivée de solutions supports à ce concept a bouleversé et bouleverse encore le système d'information des entreprises. En effet avant l'apparition au début des années 2000 de solutions supports au concept de PLM, les systèmes de gestion d'entreprise (ERP) s'étaient imposés comme le cœur du système d'information de l'entreprise [1]. Ces systèmes se focalisent sur les processus de gestion des commandes clients en orchestrant l'ensemble des activités de l'entreprise (commerciale, financière, achat, logistique, production, etc.) [2]. Afin de répondre aux besoins spécifiques de chacune des activités de l'entreprise, l'intégration des systèmes métiers nécessaires à ces activités a progressivement été réalisée. Par exemple pour la production, le développement des systèmes informatiques de pilotage de la production (MES) [3] a conduit à la normalisation par la norme ISA 95 des fonctions du MES et de la structure des données échangées entre l'ERP et le MES. Cette norme vise à faciliter l'intégration des systèmes MES et ERP dont les éditeurs de solutions sont généralement différents [4]. En l'absence à cette époque de système PLM, la norme ISA 95 a été focalisée sur un axe vertical de l'ERP à la production. Sur la base de cette norme, les données liées au produit nécessaires à la gestion de production (par exemple la nomenclature de fabrication pour la planification et l'ordonnancement des activités de la production) sont enregistrées dans l'ERP. Et, l'enregistrement

des données produit nécessaires à la production (par exemple les fiches d'instruction pour les opérateurs de production) sont enregistrées dans le MES.

Aujourd'hui, le déploiement de solutions PLM remet en cause ces choix et doit conduire les entreprises à redéfinir les limites des systèmes existants (ERP et MES). Cependant, la durée et le coût de déploiement de ces systèmes conduisent au contraire les entreprises lors du déploiement d'un système PLM à limiter les modifications des systèmes existants qui fonctionnent. Ainsi aujourd'hui en fonction de l'entreprise et de l'histoire de son système d'information (chronologie de déploiement de différentes solutions), une même information peut être enregistrée dans un système ou dans un autre. Comme le révèle l'étude « Integrating the PLM Ecosystem » réalisée par Aberdeen Groupe en avril 2008 [5] sur la base d'une enquête auprès de 260 entreprises, le « manufacturing processes » d'un produit est enregistré à 15% dans le PLM, 36% dans l'ERP, 23% dans le MES et enfin encore plus surprenant à 26% dans un autre ou aucun système ! Ces différentes solutions pour l'enregistrement des données produit ne seraient pas un problème si elles ne cachaient pas en réalité d'une part l'absence d'une véritable gestion de ces données et d'autre part l'absence de pilotage des processus qui génèrent ces données. La conséquence principale est aujourd'hui l'absence d'un flux continu de données de la conception jusqu'à la production. Cette situation pose un réel problème lors des modifications du produit dont la prise en compte en production sera très retardée voir partielle. Face à cette situation, l'étude des interactions entre la gestion du cycle de vie du produit, la gestion de production et la production est indispensable.

La seconde partie vise à préciser la problématique traitée dans cet article dont la particularité est d'aborder non pas un problème classique d'intégration de deux systèmes d'information mais un problème d'intégration de 3 systèmes d'information imbriqués. Dans la partie suivante, une analyse des différents cycles de vie (produit objet/instance, système de production, commande client) et notamment de l'étape de production qui est l'intersection de ces cycles amène à classer en quatre catégories les activités de ces cycles. Une comparaison avec la couverture actuelle de ces activités par les systèmes d'information existants (PLM, ERP, MES) aboutit d'une part à confirmer la tendance actuelle d'extension des solutions PLM à l'étape d'industrialisation mais également à définir les frontières entre ces 3 systèmes d'information. Une étude des interactions entre les activités des différents cycles conduit à proposer une architecture d'intégration des 3

systèmes d'information. Suite à cette analyse, la quatrième partie se focalise sur l'intégration entre PLM et MES.

II. PROBLEMATIQUE

De part la réalité aujourd'hui du concept de chaîne numérique visant à offrir de la conception jusqu'à l'industrialisation des outils informatiques basés pour la majorité d'entre eux sur des modèles numériques 3D pour la simulation (simulation d'usinage, analyse de l'ergonomie des postes, simulation d'atelier, etc.) telles que les solutions proposées par Delmia et basées sur Catia de Dassault Systèmes, la tendance naturelle qui a d'ores et déjà été initiée par certains éditeurs de solution PLM, notamment PTC avec le module MPM (Manufacturing Process Management), est d'étendre la couverture des solutions PLM à l'étape d'industrialisation [6]. Ainsi, les données gérées par une solution PLM seront d'une part comme aujourd'hui nécessaires à la gestion de production, par exemple la nomenclature de fabrication pour le calcul des besoins, et d'autre part directement nécessaires dans l'atelier à la production comme par exemple les programmes des commandes numériques ou les fiches de poste opérateur. D'un besoin classique d'intégration de deux systèmes d'informations, PLM-ERP d'un côté et ERP-MES d'un autre, un problème d'intégration de trois systèmes d'information apparaît.

L'intégration de ces trois systèmes est d'autant plus délicate que la frontière entre ces systèmes est variable en fonction des solutions retenues et floue en raison de fonctionnalités identiques pouvant existées dans deux voir trois de ces systèmes. Enfin, cette intégration est également dépendante du produit qui peut être personnalisé et fabriqué à la demande du client ou, à l'opposé, être fabriqué sur stock.

Ainsi, les travaux visent dans un premier temps à partir d'une analyse des cycles de vie à proposer une architecture d'intégration de ces trois systèmes en se focalisant uniquement sur les données échangées sans prendre en compte le produit et son impact sur la fréquence et la chronologie des échanges de données. La seconde étude basée sur une classification des produits en cinq catégories amène d'une part à évaluer cette fréquence des échanges de données et ainsi classer en fonction du produit les échanges à automatiser en priorité, et d'autre part à identifier deux scénarios d'échange des données.

III. INTERACTION ENTRE CYCLES DE VIE

La recherche des interactions entre la gestion du cycle de vie du produit, la gestion de la production et la production repose sur une étude fine des différents cycles de vie des entités qui participent à la production. Pour cela, deux concepts différents du produit sont distingués: le produit objet et le produit instance. Le produit objet est le produit virtuel ou numérique tandis que le produit instance est le produit physique délivré à l'utilisateur [7]. Il existe en fait un cycle de vie propre à chacun des deux types de produit [8] [9]. Deux autres cycles de vies dans lesquels la production intervient sont étudiés : le cycle de vie du système de production et celui des commandes client.

A. Cycle de vie du produit instance

Le cycle de vie du produit instance comporte trois étapes : fabrication, utilisation et élimination. Pour les produits fabriqués en plusieurs exemplaires, les cycles de vie des différentes instances sont décalés dans le temps puisqu'à un instant t quand l'instance y est en production, l'instance x est en cours d'utilisation. Généralement, le temps d'utilisation

d'un produit est variable en fonction du comportement du consommateur et des conditions d'utilisation.

B. Cycle de vie du produit objet

Le cycle de vie du produit objet est composé de quatre étapes : la conception, l'industrialisation, la mise sur le marché et le retrait du marché (la mutation ou l'abandon) [9]. L'étape de conception du produit objet est assurée par les concepteurs en utilisant des outils tels que la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et dont les données générées et les processus sont de plus en plus supportés par des solutions PLM. A la fin de cette étape, la nomenclature produit, le modèle CAO ainsi que toutes les configurations du produit seront générés. La deuxième étape du cycle de vie objet est l'industrialisation. Au cours de cette étape, les ingénieurs du bureau de méthodes établissent le procédé de fabrication du produit, la gamme de fabrication, l'implantation de l'atelier, les fiches d'instructions pour chaque opération de la gamme, les fiches des postes de chaque machines de l'atelier ainsi que les programmes des machines à commande numérique et des automatismes, etc. La troisième étape est la mise sur le marché du produit. La durée de cette étape correspond à la période où le produit est proposé en catalogue et où le client peut acheter le produit. Enfin, la dernière étape est celle de mutation/retrait du produit. Durant cette étape, il peut être décidé soit de faire évoluer le produit afin qu'il réponde mieux aux exigences du marché, soit purement et simplement d'abandonner le produit qui ne répond plus à une demande du marché.

C. Cycle de vie du système de production

Un système de production est lui même un produit qui a la particularité d'être fabriqué en un seul exemplaire. Pour cette catégorie de produit la phase d'industrialisation n'existe généralement pas et son cycle de vie comporte uniquement quatre étapes : conception, fabrication, utilisation et élimination (mutation/abandon). Lors de l'étape d'industrialisation du produit objet dont les instances seront créées par l'utilisation du système de production, le processus de fabrication du produit et l'architecture du système de production sont intimement liés. Ainsi, l'étape de conception du système de production est fortement liée à l'étape d'industrialisation du produit.

D. Cycle de vie des commandes client

De nos jours, les entreprises cherchent à minimiser leurs stocks et à produire en s'approchant du concept du « Juste à temps ». Dans cette optique, la gestion des commandes clients fermes ou prévisionnels est un élément essentiel pour la production en fixant notamment les objectifs de volume à produire. La prise en compte du cycle de vie des commandes s'avère donc indispensable dans l'étude de la production. La commande client possède quatre étapes principales : traitement, préparation, livraison et facturation.

E. Intersection entre cycles de vie

L'analyse des différents cycles de vie démontre que la production représente un point de rencontre de ces quatre cycles de vie. La production consiste à instancier un produit objet en utilisant le système de production afin de répondre à une commande client. La figure 1 illustre cette rencontre au moment de l'étape de production.

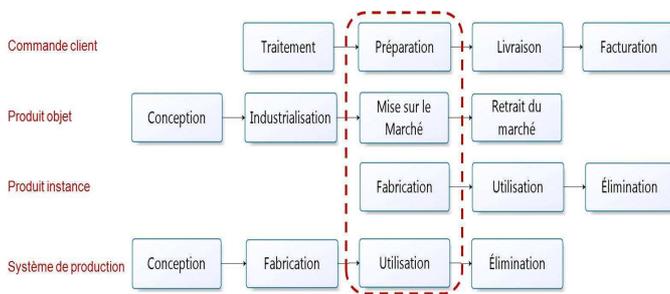


Fig.1 Intersection des cycles de vie

Suite à l'identification des différents processus de chaque cycle, une classification des processus est réalisée selon deux critères :

- Type de processus
- Résultat du processus

Quatre catégories de processus sont alors définies et permettent ainsi de les classifier. Cette classification est représentée dans le tableau Tab 1.

	Certain	Incertain
Données	Commande client (Traitement, Facturation)	Produit objet (Conception, Industrialisation, Mise sur le marché, Retrait du marché) Système de production (Conception)
Effet physique	Produit instance (Fabrication) Système de production (Utilisation, Fabrication) Commande client (Préparation, Livraison)	Produit instance (Utilisation, Élimination) Système de production (Élimination)

Tab.1 Classification des processus

Le premier critère est celui du type du processus: certaine ou incertain. Un processus certain est un processus dont la durée et le résultat sont connus a priori en l'absence d'aléas. Par exemple pour la production, les durées de toutes les opérations sont connues a priori en l'absence de panne des machines, absence de personnels, etc. Pour un processus incertain, le résultat et/ou la durée ne sont pas connus a priori. C'est notamment le cas du processus de conception du produit objet dont le résultat n'est jamais connu a priori et dont même la durée est difficile à évaluer a priori. Le processus d'utilisation du produit est également incertain car elle dépend fortement du comportement de l'utilisateur et des conditions d'utilisation.

Le second critère est celui du résultat du processus: données ou effet physique. Par exemple, le processus de conception du produit objet génère uniquement des données. A l'inverse, le processus de fabrication a pour résultat un objet physique (instance du produit objet). A partir de ces deux critères, il est ainsi possible de définir quatre catégories de processus :

- Données-Certain
- Données-Incertain
- Effets physiques-Certain
- Effets physiques-Incertain

F. Couvertures nécessaires des processus par les systèmes d'information

Après avoir classifié les différents processus, l'étape suivante consiste à identifier les couvertures nécessaires de ces

processus par les systèmes d'information actuels : PLM, ERP et MES.

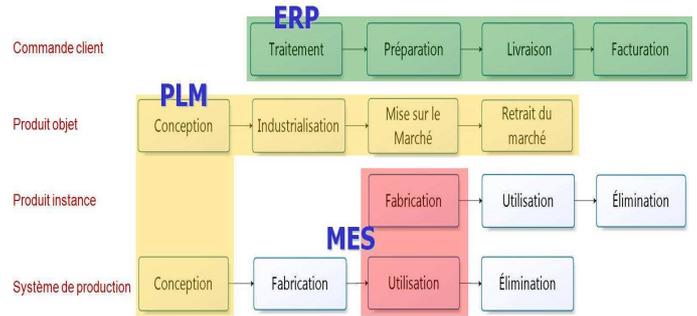


Fig.2 Évolution probable

Les éditeurs d'outil PLM visent actuellement à proposer un outil capable de gérer l'ensemble des processus et des données du produit à toutes les étapes du cycle de vie. Du fait de la similarité de la nature des activités de conception et d'industrialisation, il y a une tendance aujourd'hui à faire gérer ces deux étapes par l'outil PLM. Cet outil est issu du développement des outils numériques pour la conception et est adéquat pour supporter toute chaîne numérique puisque les données générés pendant la conception et l'industrialisation sont généralement des données numériques notamment les plans CAO, CFAO, programmes des automates. Cette hypothèse est vraie si on s'intéresse à la solution MPMLink proposée par PTC. En visant la gestion d'une partie du processus d'industrialisation, cette solution permet de générer plusieurs données d'industrialisation. Cette solution est proposée sous forme d'un module qui s'ajoute à la solution cœur du PLM WindChill [6]. Cela n'exclut pas que dans la plus part de solutions existantes sur le marché, une partie du processus d'industrialisation, tout le processus de mise sur le marché et le processus de retrait du marché ne sont plus gérés par les outils PLM. Afin d'aider à résoudre cet écart entre la couverture actuelle et nécessaire des activités, la proposition d'une solution adéquate s'impose. Cette solution consiste à affecter les activités données/certaines à l'ERP, données/incertaines au PLM et effets physiques/certaines au MES (figure 2). Cette proposition permettra de délimiter les périmètres fonctionnels des solutions et d'en favoriser les échanges. Ces échanges seront analysés dans la section suivante permettant ainsi de déterminer concrètement les données techniques à échanger.

G. Interaction entre les processus métier

A ce stade, une étude des liens qui existent entre les processus des quatre cycles de vie a été menée. Dans ce cadre, plusieurs cas d'échange de données entre processus directement liés à la production du produit ont été définis. L'établissement de ces liens couplé à la définition des frontières des trois systèmes d'information permet de redéfinir les liens entre les processus métiers intervenant dans l'étape de production. Cette redéfinition des liens sera accompagnée de plusieurs améliorations dans les processus métiers existants dans l'entreprise. A titre d'exemple, après l'achèvement du processus de conception, les plans de conception du produit seront communiqués à l'atelier de production afin de lancer le processus de production. On vise alors à automatiser cet échange de données entre processus métier.

L'étude des échanges de données entre processus métier conduit à déterminer les données à échanger entre les trois systèmes PLM, ERP et MES. Ces échanges sont présentés dans la figure 3.

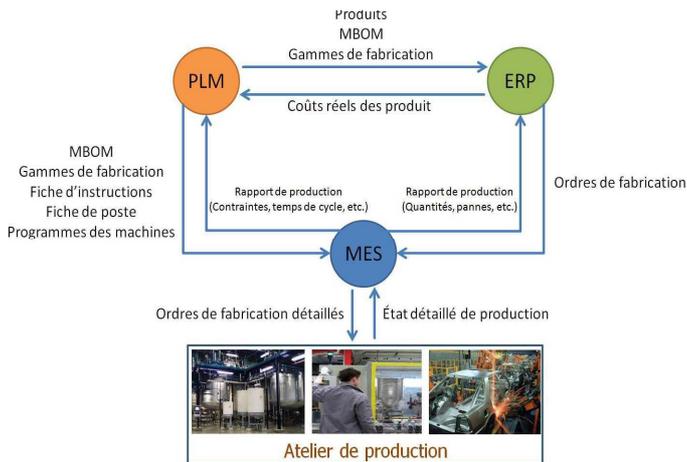


Fig.3 Architecture d'échange de données entre PLM, ERP et MES [10].

De nos jours, le système ERP en tant que seul système communicant avec le MES, est incapable de stocker et de transmettre l'intégralité des données reçues du PLM et destinées au MES. Cette incapacité est due aux structures de données de ce système non prévues pour supporter des données si détaillées. L'échange des données présenté dans la figure 3 représente une résolution de ce problème en établissant un lien direct entre PLM et MES. Ces interactions représentent en fait un cas général d'échange entre ces trois systèmes d'information [11]. Cinq scénarios d'interaction en fonction de la famille du produit ont ainsi été proposés. La fréquence des échanges entre ces progiciels notamment les échanges PLM-MES varie en fonction du degré de personnalisation du produit. Les produits manufacturés peuvent être classifiés en cinq grandes familles : produit unique (centrales nucléaires, ponts, etc.), produit fabriqué et conçu sur commande (avions, yachts, etc.), produit configuré sur commande (PC portables, etc.), produit assemblé sur commande (automobiles, etc.) et produit assemblé sur stocks (téléphones portables, etc.).

IV. INTEGRATION PLM-MES

A. Les données échangées

A ce stade, et après avoir identifié les données à échanger entre le PLM et le MES, une analyse de ces données plus fine est nécessaire. En se focalisant sur la production du produit, il existe cinq types de données qui ont été identifiées [10] :

- Nomenclature de fabrication : liste détaillée des composants de l'article manufacturé.
- Gamme de fabrication : la succession des différentes opérations permettant de fabriquer le produit. La gamme inclut aussi la durée de chaque opération.
- Fiche d'instructions : les instructions destinées à l'opérateur qui décrivent le mode et l'ordre de fabrication du produit.
- Fiche de poste : le mode opératoire d'une machine à utiliser dans le processus de fabrication. La fiche de poste peut prendre la forme d'un programme d'un automate.
- Programmes des machines.

Toutes ces données doivent être communiquées du PLM au MES pour assurer une meilleure qualité des données de production. Dans l'autre sens, le MES doit être en mesure de renvoyer des rapports de production au PLM. D'après notre proposition, les données liées au système de production (machines, personnels, matières) doivent être gérées par le PLM. Le système MES joue donc le rôle d'un transformateur du produit numérique en un ou plusieurs produits physiques. Néanmoins, il joue le rôle inverse consistant à faire remonter l'état de la production et des instances afin d'aider à générer des indicateurs de performances servant à améliorer les futures versions du produit objet ainsi que ses données [12].

B. Intégration des données

A ce stade de nos travaux, l'objectif principal consiste à la conception d'une approche d'intégration sémantique et syntaxique des données échangées entre le PLM et le MES. L'approche développée est basée sur l'intégration des entités ontologiques des deux ontologies construites : PLM et Production à travers un mécanisme de mapping développé. Dans cette approche multi-ontologies, nous avons développé un processus de mapping et de correspondance qui permet de calculer les similarités entre les entités ontologiques. Ce processus combine un calcul des similarités sémantiques et un calcul des similarités syntaxiques en s'inspirant d'autres méthodes de calcul. Ce processus utilise la méthode proposée par Lesk [13]. Cette méthode, basée sur la linguistique, assure la découverte sémantique des similarités entre entités ontologiques. Elle se base sur une liste de termes sémantiques définie lors d'une phase de nettoyage et de préparation. La deuxième méthode utilisée est la méthode de calcul de distance d'édition proposée par Levenshtein [14]. Cette méthode, permet de calculer la différence syntaxique pour chaque paire de concepts ou de relations analysée.

La combinaison de ces deux méthodes nous permet de calculer les similarités entre entités ontologiques. Une fois ces calculs réalisés, la correspondance entre données sources et données cibles sera réalisée.

C. Services web développés

L'architecture proposée est basée sur l'échange de données via les technologies utilisant l'internet pour aider les entreprises et plus particulièrement les entreprises étendues à profiter des opportunités produites par les Services Web. La notion de «Web service» désigne essentiellement une application (un programme) mise à disposition sur Internet par un fournisseur de service, et accessible par les clients à travers des protocoles Internet standards [15] [16]. Les services web sont donc indépendants des langages de programmation (Java, J#, C++, Perl, C#, etc.), du modèle objet (COM, EJB, etc.) ainsi que des plates-formes d'implémentation (J2EE, .NET, etc.) [17][18]. La tendance est de développer une plateforme d'intégration qui permet d'assurer la communication avec les deux applications MES et PLM, le mapping entre les deux ontologies (PLM et production) permettent de déterminer les correspondances entre les données sources et les données cibles. Les services web véhiculent des données structurés en format pivot XML compréhensibles par les deux systèmes communicants. L'architecture proposée est illustrée dans la figure 4.

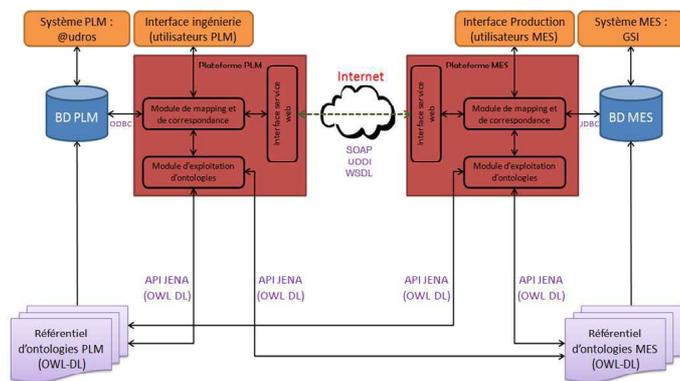


Fig.4 Architecture proposée

V. CONCLUSION

L'intégration entre ingénierie et production représente un des objectifs principaux de nos travaux de recherche. Elle permet d'améliorer la qualité de données échangées entre ces deux domaines distincts de l'entreprise. Le passage des données de production de la conception à la production est important à réaliser afin d'éviter la dégradation de la qualité de ces données [19]. La proposition de périmètre fonctionnel du PLM, ERP et MES ainsi que les échanges de données proposés permettront de réduire le temps de mise sur le marché du produit et garantiront la prise en compte de contraintes de production au niveau de la conception et de l'industrialisation [20].

VI. REFERENCES

- [1] Référence 1 : Cimalore, C., (2007). PLM's changing role. *Tooling & Production* 73(4), 32
- [2] Jing Shaohong, Meng Qingjin, 2007, Research on MES Architecture and Application for Cement Enterprises, 2007 IEEE International Conference on Control and Automation ThB5- 5, Guangzhou, CHINA - May 30 to June 1, 2007
- [3] MES Explained: A High Level Vision, MESA International White Paper Number 6, September 1997.
- [4] <http://www.isa-95.com/>
- [5] David Houlihan (2008) 'Integrating the PLM Ecosystem', Benchmark Report, Aberdeen Group, <http://www.aberdeen.com/summary/report/benchmark/4646-RA-integrating-plm-ecosystem.asp>
- [6] PTC (2007) 'Manufacturing Process Management', Topic Sheet, 2074-MPM-TS-0107
- [7] Sudarsan Rachuri, Eswaran Subrahmanian, Abdelaziz Bouras, Steven J. Fenves, Sebti Fofou, Ram D. Sriram (2008) 'Information sharing and exchange in the context of product lifecycle management: Role of standards', *Computer-Aided Design* 40 (2008) 789–800.
- [8] Ali Muhammad, Salvador Esque, Liisa Aha, Jouni Mattila, Mikko Siuko, Matti Vilenius, Jorma Järvenpää, Mike Irving, Carlo Damiani, Luigi Semeraro (2009) 'Combined application of Product Lifecycle and Software Configuration Management systems for ITER remote handling', *Fusion Engineering and Design*.
- [9] Javier Pereda, Mauricio Hincapié, Arturo Molina, Product, Process and Manufacturing System Lifecycles

Analysis for a Concurrent Development PLM08 international conference, 2008.

- [10] Anis BEN KHEDHER, Sébastien HENRY, Abdelaziz BOURAS 'Industrialization and manufacturing steps within the Global Product Lifecycle context', APMS international conference, 2009
- [11] Hong-Bae Jun, Dimitris Kiritsis, Paul Xirouchakis (2007) 'Research issues on closed-loop PLM', *Computers in Industry* 58 (2007) 855–868.
- [12] Michael Grieves 'Multiplying MES Value with PLM Integration', Whitepaper, 2007.
- [13] Michael Lesk, Automated sense disambiguation: How to tell pine cone from an ice-cream cone. In 5th international conference on Systems documentation (SIGDOC), page 2426, New York, USA, 1986.
- [14] Vladimir Iosifovich Levenshtein, Binary codes capable of correcting spurious insertions and deletions of ones. *Problems of information transmission. Excellence project KnowledgeWeb, D2.2.3, (1):817, 1965.*
- [15] D. Fensel, C. Bussler, & A. Maedche (2002). Semantic Web Enabled Web Services. In *International Semantic Web Conference, Sardinia, Italy*, pages 1–2.
- [16] Amer Ćatić, Dag Bergsjö and Johan Malmqvist, Supporting Engineering Change Management by Integrating KBE and PLM in a Service Oriented Architecture, PLM08 international conference, 2008.
- [17] Patrick Kellert et Farouk Toumani, Les web services sémantiques, revue i3 hors série 2004 web sémantique, http://www.revue-i3.org/hors_serie/annee2004/index.php.
- [18] Saïd Izza, Lucien Vincent, Patrick Burlat, Ontology-Based Approach for Application Integration , *Doctoral Symposium, Pre-proceedings of the, First International Conference on Interoperability of Enterprise Software and Applications : INTEROP-ESA'2005, Geneva, Switzerland, February 23 - 25, 2005*
- [19] Anis BEN KHEDHER, Sébastien HENRY, Abdelaziz BOURAS, 'An analysis of the interaction among design, industrialization and production', PLM10 international conference, 2010
- [20] Intercim, Paul Meyer, Jud Plapp, Intercim white paper (2008) 'Extending PLM to the Shop Floor'