
Fusion d'ontologies dans une optique PLM

Sihem Mostefai

*Labo LIRE, Université Mentouri, Route de Ain El Bey, Constantine 25000, Algérie
s_mostefai@hotmail.com*

RÉSUMÉ. L'objectif du PLM est la gestion des produits à travers tout leur cycle de vie. Les systèmes PLM comportent une grande quantité de données de divers domaines, pour lesquelles il existe un très grand risque de confusion. Les ontologies peuvent apporter une solution à ce problème. La construction d'une ontologie dédiée au PLM est une tâche des plus complexes à cause de la quantité très importante de connaissances produit. La fusion d'ontologies qui ont un contenu pertinent pour le PLM est une perspective intéressante. Nous utilisons la fusion d'ontologies pour aboutir à une ontologie qui couvre un plus large spectre de connaissances produit. Une telle étude est importante préalablement à la conception d'une ontologie pour le PLM car avant de commencer à développer, il est important d'exploiter les alternatives existantes.

ABSTRACT. The objective of the PLM business activity is to manage products across their lifecycles. It contains huge amounts of data from several overlapping domains. The benefits of using ontologies are certain since they are one of the best tools used to avoid semantic confusions. Building an ontology devoted to PLM is a very complex task because of the massive quantity of product knowledge involved. Merging existing ontologies that have a significant relevance to PLM is an interesting perspective. In this work, we combine existing ontologies that have a clear relevance to PLM in order to cover the largest set of aspects, aiming to obtain a product ontology for PLM. We believe that a study such as the one presented here is a useful step in the process of developing PLM oriented ontologies because before we try to develop, we first need to exploit the existing alternatives.

MOTS-CLÉS : fusion d'ontologies, Intégration et PLM, ontologies de produits, interopérabilité sémantique.

KEYWORDS: Ontology merging, PLM information integration, PLM Ontology, Product ontology, semantic interoperability.

1. Introduction

La mondialisation est un des phénomènes économiques qui ont le plus marqué ce début de 21^{ème} siècle. Elle a donné naissance à l'entreprise étendue caractérisée par des environnements fragmentés et distribués. Les entreprises manufacturières ont vite été confrontées au besoin de nouvelles méthodes pour assurer l'échange, le partage et la gestion d'une quantité importante de données produit de différents types. Le PLM (Product Lifecycle Management) est alors apparu comme un outil adapté pour ce type de problèmes. Il a pour objectif de gérer le produit à travers tout son cycle de vie. Toutefois les bénéfices potentiels des systèmes PLM sont freinés par l'immense quantité de données et de connaissances sur le produit et l'absence d'un mécanisme de gestion adéquat. Les ontologies sont considérées actuellement comme des solutions possibles au problème de l'échange d'information et de l'interopérabilité sémantique dans les environnements complexes. Elles agissent comme vocabulaires communs pour la description de la sémantique de notions relatives à certains domaines d'application. Ce travail concerne la conception d'une ontologie de produit construite à des fins d'interopérabilité et d'intégration des applications dans une optique PLM. Vu la complexité intrinsèque au PLM, il est très difficile d'en construire une ontologie. Sa conception peut se faire de deux façons: bâtir l'ontologie de zéro (Mostefai et al, 2005), ou bien la dériver à partir d'un ensemble d'ontologies existantes qui ont un contenu pertinent pour le PLM. Dans un précédent travail (Mostefai et al, 2006), nous avons étudié un ensemble d'ontologies pour les évaluer selon un certain nombre de critères afin de décider de leur possible potentialité pour le PLM. Cette étude a montré que parmi les ontologies étudiées, TOVE et Enterprise ont les potentiels les plus élevés. Dans le présent travail, nous nous proposons de les fusionner pour obtenir une ontologie de produit plus complète pour une utilisation dans un cadre de gestion du cycle de vie produit.

Cet article est structuré comme suit : dans la seconde section, nous donnons un aperçu sur le concept de PLM et ses dimensions prédominantes, suivi par un état de l'art sur le développement d'ontologies de produit. Nous présenterons ensuite en section 3 les ontologies d'une manière générale, en mettant l'accent sur la fusion d'ontologies et les outils existants. Nous poursuivrons dans la section 4 en décrivant les ontologies destinées à la fusion, à savoir : TOVE et Enterprise puis nous décrirons le mécanisme de fusion utilisé et le résultat de la fusion. La section 5 présente quelques mécanismes d'exploitation possibles de notre ontologie. Nous terminerons par un ensemble de remarques et de perspectives importantes dans la section 6.

2. Etat de l'art

Cette section détaille le concept de PLM et ses dimensions prédominantes ainsi que l'utilisation des ontologies comme outils d'intégration dans le PLM.

2.1. Qu'est-ce que le PLM ?

Le PLM signifie pour beaucoup le paradigme du 21^{ème} siècle par excellence pour le développement de produit. La gestion d'un produit depuis l'idée jusqu'au démantèlement est en effet l'initiative stratégique la plus pertinente qui définit le développement de produit au 21^{ème} siècle. Cette idée bénéficie d'une acceptation de plus en plus grande à cause de l'émergence de l'entreprise étendue et de l'économie en réseau qui contraste avec la vision archaïque de l'entreprise en tant qu'organisation hiérarchique centralisée.

Une définition explicite et complète du concept de PLM n'est pas encore disponible dans la littérature scientifique. En outre il existe beaucoup de définitions proposées par les éditeurs de PLM. Une des définitions qui fait autorité est celle du CIMData qui est un groupe de consulting spécialisé dans le PLM et qui le définit comme suit: « *A strategic business approach that applies a consistent set of business solutions in support of the collaborative creation, management, dissemination, and use of product definition information across the extended enterprise from concept to end of life—integrating people, processes, business systems, and information* ».

Ainsi, le PLM peut être considéré comme une conséquence directe de l'évolution des technologies de l'information et de la communication qui utilise un logiciel collaboratif pour créer et gérer une documentation détaillée sur les données du produit le long de son cycle de vie.

2.2. Les ontologies et le PLM

L'utilisation des ontologies dans le développement de produit en général et dans le PLM en particulier intéresse de plus en plus de chercheurs. Nous présenterons ici quelques travaux parmi les plus importants, la liste des investigations qui se font dans ce domaine n'est bien sûr pas exhaustive vu que ce domaine de recherche est relativement récent et qu'à ce jour certains travaux sont en cours. Ainsi, les recherches menées par L.Patil, D.Dutta et R.Sriram, (Patil et al, 2005), sont venues pour pallier les inconvénients des systèmes classiques de développement de produit dans la conception collaborative. Les auteurs proposent un environnement à base d'ontologies pour l'échange de la sémantique des données produit entre différents domaines au sein de la même activité du processus de développement : la conception. La portée des ontologies proposées est limitée à deux domaines d'application : (i) le domaine de la CAO et (ii) le domaine de la Conception de gammes d'usinage assistée par ordinateur.

Le travail de M.P.Kesavadas (Kesavadas et al, 2005) est beaucoup plus complet en ce sens qu'il propose une ontologie formelle, suffisamment générique pour incorporer les relations sémantiques et les contraintes associées aux concepts et artefacts de conception. Les auteurs proposent un outils pour l'aide à la conception d'une ontologie formelle du cycle de vie produit, baptisé PrOntoTM. Cet outil a permis d'aboutir à des ontologies de haut, moyen et bas niveau de termes inhérents à

la conception et la fabrication. Ce système fut testé avec succès pour une ontologie de 1500 termes relatifs aux engrenages. Bien que ce résultat soit des plus encourageants, il n'en demeure pas moins que l'implémentation industrielle de ce système nécessite des recherches encore plus poussées et beaucoup plus de maturation.

En conclusion, nous pouvons dire que l'étude des bénéfices potentiels de l'utilisation des ontologies dans des systèmes PLM est un domaine de recherche relativement récent. Mis à part quelques résultats intéressants ayant trait à l'utilisation des ontologies dans certaines phases du cycle de vie du produit et certaines étapes du processus de développement, il n'existe pas vraiment d'ontologies dédiées spécialement PLM ou qui décriraient le cycle de vie dans son ensemble. La principale raison à cela est sans doute la grande complexité et le volume colossal du contenu informationnel des différentes phases du cycle de vie du produit.

3. La fusion d'ontologies

3.1. Outils de fusion d'ontologies

Jusqu'à un passé très récent, le travail de fusion d'ontologies était fait "à la main" et nécessitait par conséquent une assistance constante du spécialiste du domaine de connaissance concerné. Le processus "manuel" de fusion d'ontologie est extrêmement pénible et délicat et nécessite généralement beaucoup de temps. Les travaux qui s'intéressaient à ce type de problème ont abouti pour la plupart à des mécanismes de fusion basés uniquement sur la correspondance syntaxique des concepts des ontologies sources, sans tenir compte de leur sémantique ni de leur structure. Ainsi, la fusion automatique d'ontologies n'était pas encore envisageable. Toutefois, des chercheurs du domaine ont pu constater que plusieurs étapes du processus de fusion pouvaient être automatisées et donc remplacés à certains niveaux par des outils qui pouvaient faire des suggestions raisonnables et détecter des situations de conflits ou de violations de certaines contraintes au niveau sémantique. Par conséquent, plusieurs mécanismes de fusion d'ontologies ont vu le jour. Ontomorph (McGregor et al, 1999), Chimaera (McGuinness et al, 2000) et PROMPT (Fridman Noy et al, 2000) comptent parmi les plus représentatifs. Une évaluation détaillée de ces outils est fournie dans (Fridman Noy et al, 2000), cette évaluation a guidé notre choix vers PROMPT du fait qu'il possède des caractéristiques très intéressantes qui seront détaillées dans la section suivante.

3.2. La fusion d'ontologies par PROMPT

PROMPT est un algorithme de fusion/alignement d'ontologies qui a été classé parmi les meilleurs. Il est basé sur une approche semi-automatique de fusion/alignement. PROMPT effectue certaines tâches automatiquement et guide

l'utilisateur pour l'accomplissement d'autres tâches pour lesquelles son intervention est nécessaire. Notre choix pour PROMPT est justifié par ses caractéristiques inhérentes qui peuvent se résumer à:

- PROMPT détermine des inconsistances possibles dans l'état de l'ontologie résultant des actions de l'utilisateur et suggère des solutions à ces inconsistances. C'est cette propriété qui fait la force de PROMPT par rapport à d'autres algorithmes de fusion comme Chimaera qui détecte des inconsistances mais ne fait aucune suggestion quant à la façon de les résoudre.
- PROMPT est basé sur un modèle de connaissance extrêmement général et donc multi plateformes. Ce modèle de connaissance est à base de frames et il est conçu pour être compatible avec l'OKBC (Chaudhri et al, 1998). Il se caractérise par les notions de base que sont les *classes*, les *slots*, les *facets*, et les *instances*. Du fait que ce modèle de connaissances est très général, plusieurs systèmes de représentation des connaissances lui sont compatibles, rendant ainsi la fusion/alignement d'ontologies basée PROMPT largement applicable à une grande variété de systèmes de représentation des connaissances.

PROMPT a pour entrée deux ontologies et guide l'utilisateur pour la production en sortie d'une ontologie représentant la fusion des ontologies initiales. Au début, PROMPT crée une liste initiale de correspondances (matches) basée sur les noms des classes, puis le cycle suivant a lieu:

- (1) L'utilisateur déclenche une opération en sélectionnant une suggestion de PROMPT de la liste (TO DO) ou par le biais d'un éditeur d'ontologie pour spécifier l'opération désirée;
- (2) PROMPT effectue l'opération et réalise automatiquement des changements supplémentaires basés sur le type d'opération choisi. Il génère ensuite une liste de suggestions basées sur la structure de l'ontologie et sur la dernière opération exécutée, détermine les conflits induits par cette dernière opération et propose des solutions possibles à ces conflits. L'utilisateur est ensuite invité à valider tout ou partie des suggestions selon ses besoins.

Ce cycle continue ainsi jusqu'à ce que l'utilisateur soit satisfait du résultat de la fusion ou qu'il n'y-ait plus de conflits détectés.

Plus de détails sur la fusion effective des classes dans l'ontologie résultat sont fournis dans (Fridman Noy et al, 2000). Dans ce travail, nous nous proposons d'utiliser PROMPT pour faire la fusion d'ontologies de domaines, à savoir : TOVE et Enterprise, pour obtenir une ontologie plus large et plus complète représentative du PLM.

4. Approche de fusion

Avant de commencer le processus de fusion proprement dit, nous donnerons d'abord une description succincte des ontologies initiales en soulignant les parties qui ont été exploitées pour la fusion.

4.1. L'ontologie TOVE

TOVE est un exemple d'ontologie de domaine dédiée à la modélisation de l'entreprise (Lin et al, 1996). Le but du projet TOVE est de développer un ensemble d'ontologies intégrées pour la modélisation des entreprises publiques et/ou commerciales en créant des modèles susceptibles de répondre à des questions relatives aux informations disponibles mais également déduire des réponses à des requêtes. TOVE comporte des aspects très pertinents pour le PLM: existence d'ontologies de pièces et de produit, une description détaillée des besoins (requirements), des caractéristiques (features) et des contraintes (constraints). TOVE est considérée comme une ontologie des besoins dans le domaine de la conception en ingénierie. Dans ce travail, nous avons exploité un sous ensemble de TOVE qui se rapproche le plus du produit et du PLM. Ce sous ensemble comporte en particulier les concepts de : Part (pièce), Feature (caractéristique de forme), Requirement (besoin), Property (propriété) et Constraint (contrainte). Ces concepts ainsi que d'autres plus spécifiques ont été structurés en une hiérarchie décrite par la Figure 1.

4.2. L'ontologie Enterprise

Le projet Enterprise est une initiative du gouvernement du Royaume Uni pour promouvoir l'utilisation des systèmes à base de connaissance dans la modélisation de l'entreprise (The Enterprise partners). Ce projet ciblait l'innovation dans la gestion des entreprises et l'utilisation stratégique des TICs pour l'aide à la gestion du changement. Le contenu de l'ontologie est un ensemble de cinq sous ontologies ou sections: (1) une méta ontologie et une section consacrée au temps, (2) une section dédiée aux notions de : activité (activity), plan, capacité (capability) et ressource (resource), (3) une section organisation, (4) une section stratégie ; et (5) une section marketing.

En étudiant de près l'ensemble de ces sections, nous avons choisi la section (2) pour son contenu plus pertinent pour le PLM. Les principaux concepts en sont: Activity, Plan, Capability et Resource – qui sont des termes relatifs aux processus et au planning. Ces termes sont structurés sous forme d'une hiérarchie de concepts décrite par la Figure 2.

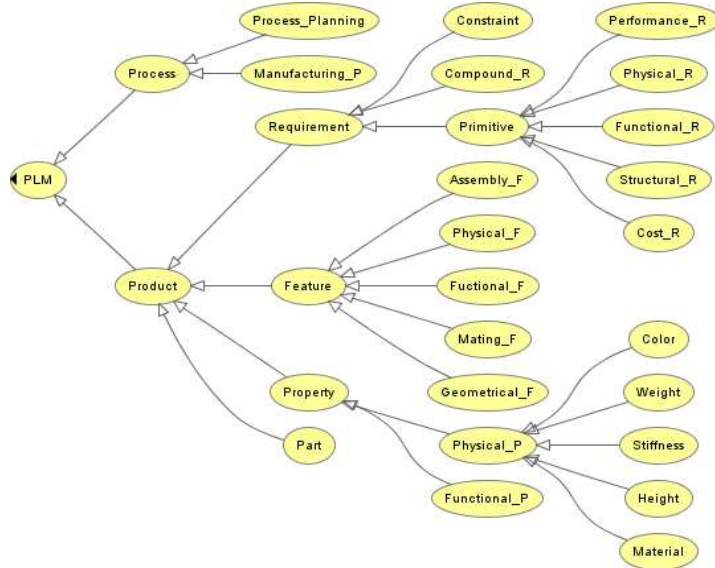


Figure 1. Principaux concepts extraits de TOVE

4.3. Fusion de TOVE et Enterprise

Nous utilisons PROMPT sous l'environnement Protégé 2000 pour faire la fusion des ontologies TOVE et Enterprise

A la première invocation de TOVE, l'utilisateur est invité à entrer les ontologies sources et à choisir le type de fusion souhaité. Il y-a en effet cinq types de fusion/alignement proposés par PROMPT dans l'environnement Protégé200, à savoir: la comparaison (compare), la mise en correspondance (map), l'extraction (extract), le déplacement (move) ou la fusion (merge).Le résultat est une liste de suggestions. Pour notre application, nous avons choisi la fusion. Le résultat après avoir validé ce choix est une liste de suggestions réunies dans une liste TO DO. Cette liste contient un ensemble de recommandations indiquées par PROMPT et soumises à l'acceptation de l'utilisateur. Ce dernier peut les examiner une à une et agréer ou non leur exécution.



Figure 2. Principaux concepts extraits de l'ontologie Enterprise

Après avoir agréé toutes les suggestions de la liste, nous obtenons une ontologie qui est la fusion des ontologies initiales, comme visualisé sur la Figure 3.

La Figure 3 montre une étape dans le processus de fusion. Les concepts de TOVE sont en rouge et ceux d'Enterprise sont en bleu sur la partie gauche de la figure. Durant cette étape, le concept de *Process* (de TOVE) et le même concept de *Process* (d'Enterprise) sont fusionnés en un concept unique, cette opération est spécifiée dans la liste TO DO. Après l'exécution complète de la liste TO DO, le résultat est la fusion des deux ontologies initiales, comme visualisé sur la partie droite de la Figure 3.

La prochaine étape avec PROMPT est exécutée par l'utilisateur qui explore un ensemble de nouvelles opérations possibles générées après l'adoption de la liste TO DO. L'utilisateur peut ainsi exécuter n'importe quelle opération suggérée, dépendant de ses besoins. Ensuite PROMPT répond en générant de nouvelles suggestions et / ou opérations et en détectant de possibles conflits. Le processus de fusion continue ainsi jusqu'à complète satisfaction de l'utilisateur.

5. Exploitation de l'ontologie

L'ontologie proposée pourrait être exploitée de différentes manières dans un contexte cycle de vie. Nous avons établi dans (Mostefai et al, 2005) que les ontologies peuvent améliorer considérablement le travail collaboratif à travers quelques exemples d'utilisation, à savoir: (i) un mécanisme de requêtes, (ii) par parcours de l'ontologie et (iii) par l'utilisation d'un mécanisme d'inférence.

5.1. Exploitation par un mécanisme de requêtes

Il est possible de faire des requêtes plus ou moins complexes sur les instances de l'ontologie, ce mécanisme a été testé dans (Mostefai et al, 2005). Il serait alors intéressant de réunir un nombre maximum de requêtes et de les catégoriser dans le but de créer des sous bibliothèques de requêtes spécialisées, chacune dans un point de vue métier particulier, par exemple celui de la conception ou celui de la fabrication etc. Ainsi il serait possible de travailler sur le même modèle de produit et faire collaborer les différents points de vue métier autour de ce modèle unique.

5.2. Exploitation par parcours de l'ontologie

Très fréquemment, les acteurs des différents points de vue peuvent référencer des concepts ou des propriétés sémantiquement équivalents ou différents sans le savoir explicitement, ce qui crée une barrière qui entrave l'échange correct et l'interopérabilité entre les différentes applications. Lors du parcours de l'ontologie, cette équivalence est rendue explicite. De cette manière les concepts et leurs sémantiques sont rendus accessibles aux utilisateurs, ce qui contribue grandement à la compréhension mutuelle et à l'amélioration du travail collaboratif dans un cadre de PLM.

5.3. Exploitation par inférence

L'ontologie axiomatisée et rendue plus formelle pourrait être utilisée dans un mécanisme de raisonnement automatique. Cette possibilité est très intéressante car elle permet le remplacement d'experts humains par des logiciels à certains niveaux; réduisant ainsi les tâches répétitives et laborieuses et assurant une collaboration transparente entre les utilisateurs de l'ontologie et les experts de différents domaines en rapport avec le cycle de vie produit. Cette possibilité est facilitée par le fait que TOVE et Enterprise sont toutes deux pourvues de mécanismes d'inférence desquels on pourrait s'inspirer.

6. Conclusion et perspectives

La fusion d'ontologies est une perspective intéressante dans la conception d'une ontologie dans une vision de PLM, toutefois, elle n'a pas encore été suffisamment explorée à cause de la complexité du processus de fusion et à l'absence de mécanismes d'aide à la fusion. Notre expérience à travers ce travail nous a montré que la fusion est possible grâce à l'aide d'outils de fusion comme PROMPT. L'utilisateur est constamment assisté et guidé durant tout le processus.

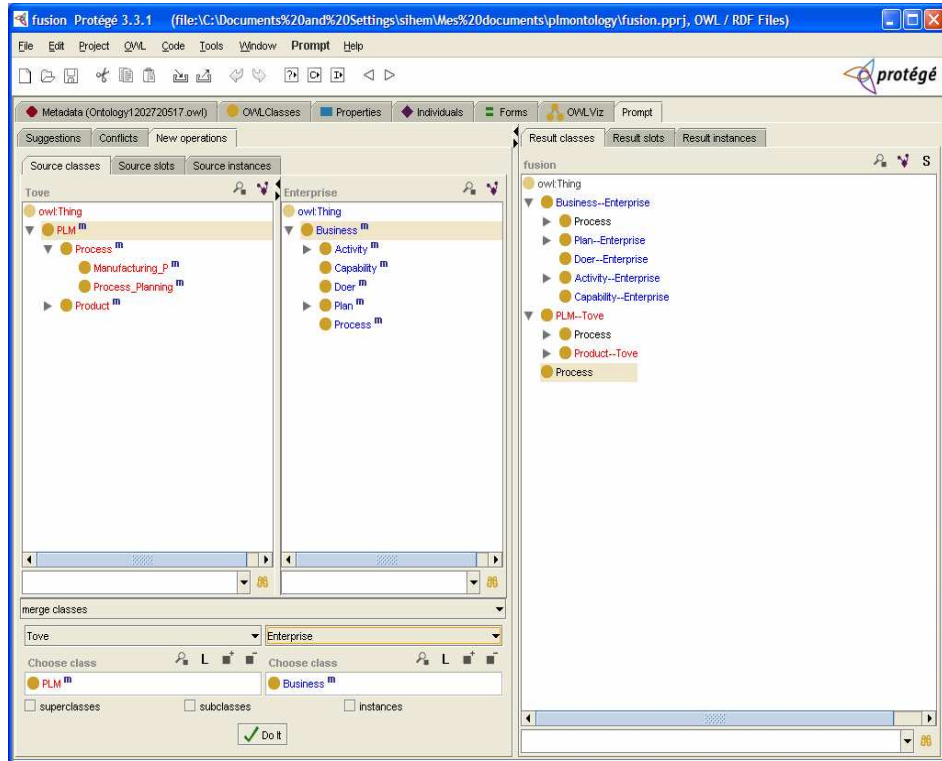


Figure 3. Une étape dans le processus de fusion sous PROMPT

Cependant, avant de faire la fusion proprement dite, nous avons dû convertir les ontologies initiales dans un formalisme commun compatible avec l'OKBC, puis nous avons extrait les sous-ensembles de TOVE et d'Enterprise qui sont les plus pertinents pour le PLM. Cette opération peut être source potentielle d'erreurs vu qu'elle dépend de l'appréciation humaine mais elle pourrait être facilitée par l'assistance d'un expert du domaine. Le travail présenté ici est une première étape dans l'obtention d'une ontologie dédiée PLM, il pourrait être amélioré de plusieurs manières :

- L'ontologie résultante devrait être complétée soit par la fusion d'autres ontologies dont le contenu est pertinent pour le PLM, soit par l'ajout de nouveaux concepts qui n'existaient pas initialement dans les ontologies sources.
- L'utilisation de PROMPT rend possible la fusion d'ontologies différentes ou la mise à jour d'anciennes versions de la même ontologie. Ceci est

particulièrement utile dans l'univers hétéroclite du PLM où les changements et les mises à jour sont très fréquents.

- L'ontologie résultante pourrait être améliorée par l'application d'autres mécanismes de PROMPT qui n'ont pas encore été testés.
- Pouvoir évaluer l'ontologie après la fusion afin de renforcer sa validité du point de vue formel et du point de vue sémantique.

7. Bibliographie

- Chaudhri V.K, Farquhar A., Fikes R., Karp P.D. et Rice J.P., «OKBC: A Programmatic Foundation for Knowledge Base Interoperability», Actes de la cinquième Conférence Nationale sur l'Intelligence Artificielle AAAI-98 AAAI Press, Madison, Wisconsin, 1998.
- The enterprise partners. "The Enterprise Ontology", www.iaia.ed.ac.uk/~enterprise/enterprise/ontology.html
- Fridman Noy N., M. Musen A., «PROMPT: Algorithm and Tool for Automated Ontology Merging and Alignment», AI Magazine, AAAI Press, fall 2000, p. 450-455.
- Kesavadas M. P., Peygude A., et Bandi K., «Development of Formal Ontology for Product Design Lifecycle», *Actes de la Conférence Internationale sur le PLM PLM'05*, Lyon, Juillet 2005 France, Edition Inderscience Enterprises Ltd, p. 3-10.
- Lin J., Fox M. S. et Bilgic T., «A Requirement Ontology for Engineering Design», *Concurrent Engineering: Research and Applications*, vol. 4, n° 4, Sept. 1996, pp. 279-291.
- McGregor R., Chalupsky H., Moriarty D., et Valente A., «Ontology Merging with OntoMorph» <http://reliant.tekknowledge.com/HPKB/meetings/meet040799/Chalupsky/index.htm>, 1999.
- McGuinness D.L., Fikes R., Rice J., et Wilder S., «An Environment for Merging and Testing Large Ontologies», *Actes de la septième Conférence Internationale sur les Principes de Raisonnement et de Représentation des Connaissances (KR2000)*, Breckenridge, Colorado, 2000.
- Mostefai S., Bouras A., et Batouche M., «Effective Collaboration in Product Development via a Common Sharable Ontology», *International Journal of Computational Intelligence*, vol. 2, n° 4, December 2005, p. 206-212.
- Mostefai S., Bouras A., «What Ontologies for PLM: a Critical Analysis», *Actes de la 12^e Conférence Internationale sur l'Entreprise Concurrente ICE'06*, Milan, Italie, Juin 2006, Edition Nottingham University Business School publishers pp. 423-430.
- Patil L., Dutta D., Sriram R., «Ontology Based Exchange of Product Data Semantics», *IEEE Transactions on Automation Science and engineering*, vol 2, n° 3, 2005, p. 213-225.