
Méthodes et protocoles d'échange et de gestion d'information dans la chaîne CAO-CALCUL

Ibrahim Assouroko** — Guillaume Ducellier** — Benoît Eynard*** — Philippe Boutinaud***

*CADeSIS, 142-176, avenue de Stalingrad, Parc Technologique des Fossés Jean F.
92700 COLOMBES - FRANCE

**Université de Troyes, Institut Charles Delaunay
LASMIS - FRE CNRS 2848, 12 rue Marie Curie - BP 2060
F.10010 Troyes Cedex – France

***Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire Roberval
UMR CNRS 6253, BP 60319
60203 Compiègne Cedex - France

RÉSUMÉ. De nos jours, les systèmes PLM s'imposent dans le processus de développement du produit, comme outils stratégiques et incontournables dans l'harmonisation de la gestion collaborative des données et connaissances de l'entreprise. Afin d'améliorer le tryptique coût-qualité-délais, les entreprises et leurs partenaires ont besoin d'échanger et de partager de façon efficace leurs données. Notre objectif dans cet article est de fournir une synthèse bibliographique des travaux sur l'échange de données et le partage d'information entre logiciels CAO et Calcul, dans un contexte PLM. Ensuite, nous effectuons un tour d'horizon des standards et protocoles d'échange. Enfin, nous proposons une approche plus globale pour la gestion de l'interopérabilité logicielle.

ABSTRACT. Nowadays, PLM systems are considered as being unquestionable and strategic tools in order to enable the collaborative management of product data and knowledge within the product development process. To improve their quality, time to market and cost, companies and their partners need to exchange and share effectively product data. The goal of this paper is first, providing a literature survey on data and information exchanging and sharing between CAD and Analysis, within PLM domain. Then an overview of standards and exchange protocols is presented. Finally, comprehensive dedicated approach for software interoperability management is proposed.

MOTS-CLÉS : PLM, CAO, Calcul, Echange de données, Interopérabilité.

KEYWORDS: PLM, CAD, CAE, Data exchange, Interoperability.

1 Introduction

Les dernières avancées scientifiques et technologiques motivées par une compétitivité industrielle plus accrue, conduisent inévitablement à l'apparition de produits techniques non seulement plus complexes avec davantage de fonctions et de services associés, mais également multidisciplinaires (Van Wijk *et al.*, 2008). Les systèmes mécatroniques, dont le succès de la conception dépend essentiellement de la capacité des équipes impliquées à communiquer, collaborer et s'intégrer, en sont un exemple remarquable. Après avoir fortement rationalisé et optimisé l'outil de production, les grands groupes industriels cherchent désormais à renforcer leurs gains de productivité et à améliorer leurs performances au niveau des processus de développement de produits. Dans cette logique, ces groupes s'intéressent à la gestion de la matière d'œuvre de l'ingénierie (les données techniques) et s'orientent vers une meilleure maîtrise du patrimoine informationnel qu'elle représente (Eynard, 2005).

Les profonds changements observés, ces vingt dernières années dans le domaine du développement de produit, ont entraîné un changement des méthodologies propres au domaine de la conception, évoluant d'une conception séquentielle vers une conception intégrée contrainte par différents métiers. Ces changements ont également entraîné une évolution des logiciels d'ingénierie numérique, notamment les outils XAO. Ces outils de plus en plus hétérogènes connaissent aujourd'hui un essor important dans le monde industriel. De plus, leur déploiement aussi bien par les entreprises de taille moyenne que par les grands groupes, sur des sites avec une distribution internationale, révèle une certaine complexité qui suscite bien d'interrogations chez les industriels.

Dans cet environnement complexe et hétérogène, une problématique majeure consiste à faire communiquer l'ensemble des outils de façon à ce qu'ils fournissent une vue commune et cohérente du produit (Nguyen Van, 2006). Cela conduit, entre autres avantages, à faciliter les échanges entre partenaires et à fournir un accès commun et unifié aux données techniques (Guyot, 2007). L'amélioration de la communication entre les outils d'ingénierie aborde deux questions importantes qui sont : la satisfaction des besoins croissants d'interopérabilité entre les outils et autour d'un référentiel ; et l'évolution des standards et formats d'échange de données. La solution que nous proposons dans cet article consiste à fournir une approche transverse pour décrire de façon réaliste les échanges de données entre les différentes phases de vie du produit et la gestion des interopérabilités logicielles.

Après avoir abordé les enjeux de l'ingénierie collaborative dans le cycle de vie du produit, nous proposons une synthèse bibliographique de travaux conduits sur l'interopérabilité pour l'échange des données entre CAO et Calcul, ainsi que ceux sur les formats et standards d'échange dans ce domaine. Nous exposons ensuite une approche transverse pour l'intégration des phases de conception et d'industrialisation dans le cycle de développement en général et pour décrire les échanges CAO-Calcul en particulier. Enfin, nous concluons sur l'apport de ce type

d'approche dans l'amélioration des gains de temps et de coûts, par une gestion plus efficace de l'interopérabilité logicielle, dans le processus de conception.

2 Ingénierie Collaborative et échange d'information entre activités du cycle de vie des produits

Le développement de produits dans des secteurs clés (tels que l'aéronautique, l'automobile et les biens de grande consommation) fait intervenir de plus en plus d'acteurs, de technologies et de métiers, tous fédérés autour d'un idéal commun, à savoir le succès du produit, dans toutes ses fonctions. Ainsi, le produit n'est plus l'oeuvre d'un groupe de travail ou d'une entreprise, mais résultent d'un travail de groupe coordonné autour d'objectifs partagés (Nguyen Van, 2006). Les mutations profondes observées, ces deux dernières décennies dans les processus industriels, ont eu comme avantages de permettre des avancées majeures dans les phases de conception et d'industrialisation. Il existe de ce fait, aujourd'hui des méthodologies et outils performants et bien adaptées à chacune des phases du cycle de vie du produit, comme les logiciels de CAO, de FAO, de simulation... Cependant, leur intégration complète et plus particulièrement la liaison d'une phase à une autre (s'agissant de manipuler les données techniques de chacun des domaines d'expertise dans une logique d'interopérabilité étendue) ne sont pas encore opérationnelles et effectives.

Ainsi, du besoin de prendre en considération les contraintes des différentes phases du cycle de vie du produit, à travers l'intégration d'équipes multidisciplinaires, distantes, et intervenant à différents niveaux du processus de conception, est née l'approche d'ingénierie collaborative. L'ingénierie collaborative repose sur l'échange de données techniques et la définition d'environnements de référence afin de favoriser la collaboration de plusieurs partenaires impliqués dans le développement d'un produit (Guyot, 2007). Dans cette démarche, les différentes activités d'ingénierie sont intégrées et effectuées, autant que possible, en parallèle (Sohlenius, 1992), le besoin principal étant de permettre la mise à disposition d'un espace de conception partagé par et pour les différents acteurs du projet.

Vus les nombreux avantages d'une telle démarche, la collaboration pour l'échange d'information et de ressources entre différents acteurs du développement de produits est devenue une pratique courante. La complexité croissante des produits, la distribution multi site des activités de l'entreprise étendue, mettent l'accent sur le travail collaboratif dans les organisations étendues (Shen, 2003 ; Huang *et al.*, 1999). Les industriels se voient ainsi contraints d'adapter leurs processus et les outils d'ingénierie qui les assistent à ces nouvelles démarches collaboratives et étendues. Cette adaptation est d'autant plus difficile que la plupart des entreprises fonctionnent sur des processus rigides et centrés principalement sur leurs activités et leurs moyens techniques. Il y a donc nécessité de créer des structures intermédiaires (les plateformes collaboratives) qui apparaissent

aujourd'hui comme un élément crucial pour intégrer les processus inter-entreprise et les différentes données de conception (Nguyen Van, 2006). Selon l'auteur précédent, ces nouvelles structures devraient jouer un rôle d'interface entre les entreprises aussi bien pour intégrer les pratiques de conception, que l'ensemble des données générées pendant celles-ci.

Les outils numériques intègrent les processus de conception et leur forte utilisation donne lieu à une augmentation accrue du volume des données qu'ils génèrent. Le problème de la gestion des données et le besoins d'accès aux données par les différents acteurs de la conception ont amené le concept de la Gestion des Données Techniques. Ce concept se caractérise par deux buts principaux qui sont : fournir la bonne donnée au bon moment avec les objets sémantiques suffisants pour l'utilisation dans une activité (Chen, 2000), permettre la fourniture d'informations en cohérence avec le statut de développement du produit (Rosenman *et al.*, 1999). Les principales entreprises du secteur aéronautique, spatial et automobile se positionnent en tant que précurseur et chef de file dans ce domaine avec le déploiement de Systèmes de Gestion de Données Techniques (SGDT), de définition collaborative des produits ou de gestion de leurs cycles de vie (CIMdata, 2003).

(Randoing, 1995) définit les SGDT comme des "Outils intégrés permettant de consolider et redistribuer l'ensemble du patrimoine informationnel d'un produit, à définir, concevoir, fabriquer et maintenir, et d'en structurer et contrôler les données techniques, leur évolution et leur distribution". Nés au milieu des années 80, pour répondre aux problèmes de contrôle des mises à jour des modèles CAO, les SGDT permettent de structurer l'ensemble des données d'ingénierie et offrent désormais une couverture ou une interaction fonctionnelle importante des différents processus d'entreprise (Eynard, 2005). Les SGDT ont par la suite évolués pour s'orienter vers des solutions de gestion du cycle de vie des produits mieux connues aujourd'hui sous l'anglicisme Product Lifecycle Management (PLM) (Debaecker, 2004 ; Saaksvuori *et al.*, 2004, ;Stark *et al.*, 2004). En tant qu'outils fonctionnels, les systèmes PLM ont pour but de rendre plus facile la collaboration entre logiciels experts (XAO) des différents métiers impliqués dans la conception d'un produit (Van Wijk *et al.*, 2008). Ils couvrent donc l'ensemble du cycle de vie d'un produit en s'interfaçant avec de nombreux progiciels ou logiciels impliqués dans son développement, son maintien en service et son retrait en fin de vie.

Le constat aujourd'hui est que les systèmes PLM sont hétérogènes et constitués d'un vaste ensemble d'outils formant une chaîne numérique unique pour le développement de produits (Danesi *et al.*, 2008). Ainsi, pour remplir leur mission qui consiste à fédérer les données issues de ces logiciels ainsi que les liens avec les logiciels, les systèmes PLM doivent assurer une pleine intégration de ces outils, et plus particulièrement dans notre cas l'intégration des outils logiciels CAO et Calcul. L'interopérabilité des ces logiciels se retrouve donc au cœur des préoccupations industrielles. Nous dressons dans le paragraphe suivant, un état de l'art des principaux travaux menés dans le domaine des échanges et partage de données entre

applications CAO et Calcul, et du rôle des standards de communication pour une meilleure circulation des informations entre les différents systèmes.

3 Interopérabilité entre applications métiers et plateformes de gestion de données (XAO, et PDM)

Dans une démarche d'ingénierie simultanée et de conception collaborative, l'échange des données entre applications XAO et PDM est cruciale (Song *et al.*, 2006). Dans ce contexte, l'approche des "plateformes collaboratives" se justifie au travers du besoin d'intégrer la "chaîne de conception" et de permettre à des entités autonomes de s'intégrer dans les processus de développement (Fuh *et al.* ; 2005, Li *et al.*, 2005 ; Bergman *et al.*, 2000). Selon (Augenbroe *et al.*, 2004 ; Davis *et al.*, 2002), la communication entre différentes applications métiers et plateformes de gestion de données, nécessite de mettre en place différents filtres et convertisseurs afin de permettre une communication efficace. Face à l'hétérogénéité dans les systèmes de développement du produit, deux champs de recherche majeurs peuvent être identifiés :

- la définition des *environnements de conception intégrés*, permettant aux différents acteurs de retrouver les environnements adéquats pour leurs activités (Bergman *et al.*, 2000 ; Fuh *et al.*, 2005 ; Li *et al.*, 2005),
- *l'interopérabilité des systèmes*, permettant la cohérence des informations proposées par les différentes activités et l'interprétation des attributs de conception du produit par l'ensemble des partenaires, pour toutes les activités, tout au long du cycle de vie du produit (An *et al.*, 1995 ; Peng *et al.*, 1998 ; Moorthy, 1999 ; Peltonen 1993).

Avant d'aborder les travaux relatifs au domaine de l'échange des données, apportons quelques détails sur le produit, les données en question et la différence entre données et fichiers dans le cycle du produit.

3.1 Caractérisation des données et information du cycle de vie du produit

Pour (Charles, 2005), la "donnée" se définit comme étant une entité objective, explicite et non contextualisée, tandis que "l'information" est une donnée subjective et contextualisée. L'auteur regroupe donnée et information sous le terme "donnée technique" et définit une donnée technique comme toute entité permettant à une activité du processus d'ingénierie de décrire le produit tout au long de son cycle de vie. Dans (Randoing, 1995), les données techniques sont définies comme étant. "Tout le patrimoine informationnel d'un produit, de sa conception à sa destruction".

Selon (Fenves *et al.*, 2005), trois types de données sont à considérer vis à vis du produit : les données géométriques (modèles 2D et 3D), les données de conception (fonctions et comportement du produit, les règles de conception, les contraintes,...), et les données de cycle de vie (les configurations du produit, les plans de fabrication,

la gestion des relations client, la planification des ressources,...). Il convient de faire la différence entre les fichiers qui, sont persistants et contiennent les données du produit, et les données du produit elles mêmes. Les données du produit sont indépendantes de la plate-forme et du langage, alors que les fichiers encapsulent les données dans un format spécifique et selon une syntaxe particulière.

3.2 Interopérabilité entre applications et échange de données entre Conception et Calcul

L'interopérabilité fait actuellement l'objet de nombreuses travaux de recherche sur les échanges de données (Augenbroe *et al.*, 2004, Davis *et al.*, 2002, Sudarsan *et al.*, 2005) et bénéficie d'une forte représentation dans les communautés scientifiques (NoE INTEROP, la communauté STEP,...). Le terme "Interopérabilité" peut avoir plusieurs sens selon le domaine dans lequel il est considéré. Parmi les définitions proposées dans ce domaine, nous en retenons deux. D'abord celle de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), selon qui l'interopérabilité caractérise "The ability of software and hardware on multiple machines from multiple vendors to communicate"¹. Ensuite celle de l'European Interoperability Framework for pan-European e-Government services: "Interoperability means the ability of Information and Communication Technology (ICT) systems and of the business processes they support to exchange data and to enable the sharing of information and knowledge". D'autres définitions ont été également proposées, notamment par le United States Department of Defence (DoD, 2004), pour étendre l'interopérabilité au concept d'échange des services.

Une analyse des récents travaux de recherche sur les échanges de données entre applications XAO, nous permet de dégager trois principales approches pour faire communiquer les applications. La première approche consiste à utiliser des standards d'échange tels que STEP (STandard for the Exchange of Product data), IGES (Initial Graphics Exchange Specifications) et DXF (Drawing Exchange Format) comme fichiers neutres pour la traduction des modèles (Choi *et al.*, 2002). La deuxième approche considère l'intégration des applications. Elle consiste à implémenter une interface dynamique via des API standards (Song *et al.*, 2006). Enfin une troisième approche plus récente basée sur l'utilisation des ontologies et des standards du Web Semantic pour une automatisation dans le transfert et le mapping des données entre applications hétérogènes. (Bellatreche *et al.*, 2006).

3.2.1 Echange par les standards

Cette première approche permet d'utiliser un format neutre unique pour échanger les données entre applications. Le standard utilisé est supposé être indépendant de toute application ou logiciel du marché. De nombreux standards sont proposés, certains pour gérer les informations géométriques du produit, d'autres pour échanger

¹ <http://www.computer-dictionary-online.org/?q=IEEE>

les modèles de données de produits avec la norme ISO 10303 (décrit comment représenter et échanger les informations du produit virtuel), (Pratt, 2005) et STEP, largement utilisé dans les systèmes CAO. Certains travaux (Szykman et al., 2001, UGS 2005, Lee et al., 2005) se sont intéressés à la proposition de standards pour l'échange des données du cycle de vie.

3.2.2 *Intégration entre applications*

L'approche par intégration couvre principalement deux domaines qui sont : l'intégration des données (utilisant des bases de données ou fichiers de données) et l'intégration système à travers les Web Services. L'intégration de données est le processus par lequel plusieurs sources de données autonomes, distribuées et hétérogènes sont intégrées pour donner une source de données unique associée à un schéma global (Bellatreche *et al.*, 2006). L'inconvénient majeur avec ce type d'approche est la difficulté de s'assurer de la mise à jour et de la consistance des données suite à un traitement (Sriti *et al.*, 2006).

Les technologies Web représentent quant à elles, un des moyens les plus performants de nos jours, pour échanger, fédérer et distribuer des informations entre membres d'une équipe projet (Huang 2002, Zhang *et al.*, 2004). Les échanges de données basées sur les technologies du Web connaissent un essor important, du fait de l'intérêt témoigné par les entreprises manufacturières, leurs partenaires et sous-traitants, qui voient en ces outils le support idéal pour l'ingénierie simultanée et la conception collaborative dans un contexte d'entreprise étendue (Xu *et al.*, 2003, Qi *et al.*, 2003). Dans cette catégorie de solutions, nous avons également les OMG PDM Enablers (OMG, 2000), basées sur les technologies middleware et qui permet la communication entre systèmes PLM via des interfaces standards qui fournissent des fonctionnalités claires pour la manipulation des données et des liens existant entre elles. L'OMG a également développé les PLM Services (OMG, 2005), version évoluée et étendue des PLM Services fondées sur les Web Services.

Ces deux premières approches ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche (Eynard *et al.*, 2005, Ducellier *et al.*, 2006, Song *et al.*, 2006,) qui généralement proposent des solutions pour l'échange de données entre applications CAO et Élément Finis, et entre applications CAO et PLM.

Nous allons, dans le paragraphe suivant nous intéressé aux travaux traitant de l'utilisation des ontologies pour l'interopérabilité et les échange de données.

3.2.3 *Utilisation des ontologies pour l'échange des données*

De nos jours, la définition des ontologies et leur application à l'activité de conception des produits, connaît un essor important. Différents travaux, mettant en œuvre différentes approches pour la conception de produit ont été menés sur les ontologies. Dans leurs travaux, (Hefke *et al.*, 2005) définit un modèle ontologique de référence en accord avec différents partenaires industriels pour l'intégration de leurs applications et l'échange d'information entre ces applications, dans un contexte d'ingénierie collaborative. Dans (Bellatreche *et al.*, 2006), les auteurs

proposent une approche d'interopérabilité basée sur les ontologies et permettant d'échanger automatiquement des données entre bases de données en conception.

Le développement et l'extension des modèles ontologiques utilisant les langages et standards du Web Sémantique (XML "eXtensible Markup Language", RDF "Resource Description Framework", RDFS "RDF Schema", OWL "Web Ontology Language") sont très prometteurs non seulement pour l'interopérabilité entre logiciels d'une plateforme mais également pour l'intégration de leurs données. Selon (Berner-Lee *et al.*, 2001), le Web Sémantique (WS) vise à intégrer tout un ensemble de technologies dans une infrastructure facilitant la coopération entre homme et machine, par le biais de langages standards Homme-Machine. Le WS fournit également un ensemble de services permettant d'effectuer des raisonnements ontologiques sur des modèles conceptuels sémantiques (Sriti *et al.*, 2006). Par ailleurs, l'utilisation de l'approche du Web Sémantique pour échanger les informations de cycle de vie est intéressante dans la mesure où elle permet un accès direct aux données, au sein des applications, sans avoir besoin d'intégrer les applications elles mêmes entre elles (Lin *et al.*, 2007).

Dans le domaine du PLM, de nombreux autres travaux sur les ontologies ont été menés. Ainsi dans (Fiorentini *et al.*, 2008), sur la base de travaux menés sur le noyau du modèle de produit de la NIST (National Institute of Science and Technology), les auteurs démontrent comment implémenter les ontologies au sein d'un modèle de produit existant. (Suh *et al.*, 2008) utilisent les ontologies pour l'interopérabilité et proposent un modèle pour faciliter l'utilisation des données du cycle de vie des produits comme données d'entrées des activités de conception et d'industrialisation de tout nouveau produit.

L'approche par ontologies de l'interopérabilité des systèmes nous semble très prometteuse, s'agissant de l'amélioration des liens entre les différentes phases du cycle de vie du produit. Nous n'avons pas identifié de travaux importants utilisant les ontologies pour l'échange de données entre logiciels CAO et applications EF. Cela souligne le caractère innovant de cette approche dans le domaine de l'intégration conception-calcul, et fait d'elle une piste de solution potentielle dans l'implémentation de notre approche de gestion des interopérabilités logicielles.

La question du choix du support physique idéal pour sécuriser les échanges de données et celle du format idéal étant primordiales, nous allons, dans le prochain paragraphe présenter une synthèse des formats et standards pour l'échange des données entre acteurs et applications impliqués dans les échanges CAO-Calcul.

3.3 Tour d'horizon des Standards et Formats d'échange

Un grand nombre de formats et de standards existent et sont disponibles sachant que chaque génération de technologies informatiques tend à rendre les précédents obsolètes (Eynard, 2005). Parmi les nombreux formats neutres d'échange de données techniques qui existent, dont IGES, VDA, SET, la norme STEP (Standard for the Exchange of Product model data) se démarque ostensiblement de part la

variété des domaines d'application qu'elle aborde et de part sa structuration et son formalisme précis (ISO 10303-1, 1994).

Pour l'échange des fichiers éléments finis, la norme STEP propose un format neutre, pérenne et évolutif d'échange de données, qui balaie un large éventail de domaines d'application et vise à uniformiser et simplifier les échanges (Chambolle, 1999 ; Pratt 2005). Aussi, la normalisation STEP, propose des standards d'échange de données au sein de projet d'ingénierie mécanique à savoir l'AP203 pour les modèles CAO (ISO 10303-203, 1994) et l'AP209 pour les données éléments finis (ISO 10303-209, 2001) dont les performances ont été confirmées au travers de scénarii industriels d'expérimentation (Charles *et al.*, 2005). Le protocole d'application AP209 propose un format complet et évolutif pour les données issues de logiciels de calcul de structures (Hunten, 2000). Il prend en compte les données géométriques des produits, les données d'assemblage des pièces, les modèles de calculs par éléments finis associés, les propriétés des matériaux et les résultats des calculs. L'AP209 intègre aussi un large éventail de données propres au calcul de structures et aux méthodes éléments finis et prévoit un grand nombre de cas de chargement et de propriétés de matériau. Notons que, malgré les nombreux avantages que présente ce standard, il demeure encore peu utilisé dans l'industrie et est relativement peu implémenté dans les logiciels dédiés à la CAO et au calcul.

4 Approche globale de gestion de l'interopérabilité logicielle

La spécification et la mise en œuvre de solution logicielle innovante en ingénierie numérique constitue un facteur déterminant pour améliorer la communication entre applications XAO, le partage et la réutilisation de données dans le projet de conception. La plupart des projets collaboratifs actuels mettent en œuvre des espaces de conception partagés entre les acteurs d'un projet. Ces espaces partagés concentrent généralement une multitude d'applications métiers hétérogènes et de méthodes particulières propres à chaque métier.

Ainsi, nous remarquons que malgré les nombreuses contributions apportées par l'ensemble des travaux sur l'amélioration de l'interopérabilité entre applications XAO dans le cycle de vie du produit, des limites subsistent encore. La communication entre les différents systèmes n'est pas entièrement effective et la question de la maîtrise des liens et flux d'information entre les blocs (phases) identifiés dans le cycle de vie du produit est toujours d'actualité.

Le fil conducteur de nos travaux de thèse étant l'amélioration de la liaison entre les différentes phases du cycle de vie, nous proposons dans ce paragraphe une approche nouvelle, transverse et plus globale pour l'intégration des phases du développement des produits avec une meilleure prise en compte des exigences et des différents niveaux de granularité des activités de calcul. En effet, pour une meilleure gestion des buts de simulation en liaison avec les exigences fonctionnelles du produit, nos travaux s'intéressent à la mise en œuvre d'une nouvelle approche de

gestion de l'interopérabilité des applications métiers de façon générale, et de façon beaucoup plus ciblée, les échanges CAO-Calcul.

Le schéma de la Figure 2, présente les fonctions principales de cette approche, et les différents axes du cycle de vie qu'elle couvre. Dans la Figure 2, nous définissons clairement 4 blocs qui sont :

- a. les *outils et méthodologies d'ingénierie et de gestion des exigences*,
- b. les *outils et méthodologies de conception*,
- c. les *outils de gestion des données de simulation*,
- d. et enfin un *environnement intermédiaire de gestion de l'ensemble des données et informations en relation avec la simulation*.

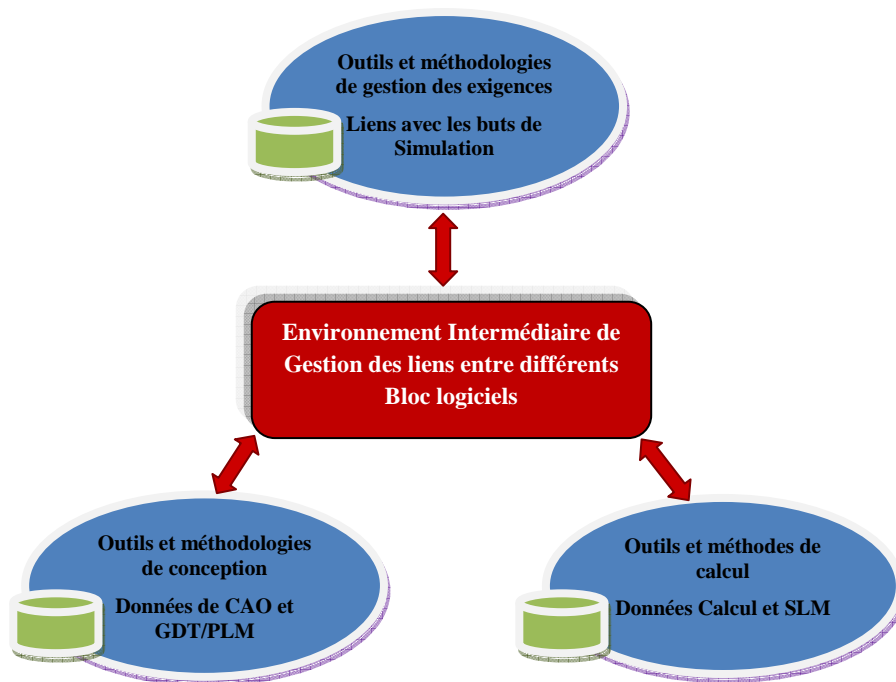


Figure 2 : *Approche globale de gestion des liens entre phases du cycle de vie*

Le but principal étant de maîtriser les flux d'information entre ces différents blocs logiciels et de gérer les liens pouvant exister entre eux. Pour atteindre cet objectif, nous avons défini une démarche structurée en deux axes :

- Premier axe :

Nous étudierons dans un premier temps les méthodologies et technologies actuellement sur le marché, relatifs aux trois premiers blocs et traitant de la gestion de leur données (Outils de gestion des exigences, PLM, SLM, Outils d'industrialisation). Nous procéderons ensuite à la définition et mise en œuvre de sources d'informations et sources de connaissances au niveau de chaque bloc logiciel.

▪ Deuxième axe :

Nous identifions des liens existant entre ces trois premiers blocs logiciels et passerons ensuite à la définition, spécification et mise en œuvre de notre quatrième bloc, lieu de gestion des liens entre les différentes activités du processus de développement, notamment celles faisant partie du triptyque exigences-conception-calcul. A travers ce deuxième axe, nous contribuerons à l'amélioration de la gestion des interopérabilités logicielles pour un meilleur partage et échange des liens établis entre les sources d'information et de connaissances positionnées au niveau de chaque bloc.

5 Conclusion

Dans cet article, nous avons souligné le manque de communication entre outils XAO et des plateformes collaboratives PLM. Nous avons apporté une nouvelle vision quant à l'amélioration des échanges entre les différentes applications positionnées au niveau des phases du processus de développement de produits. Notre approche vise à poser des bases solides pour la gestion des liens pouvant exister entre les différentes activités du triptyque exigences-conception-calcul. L'objectif final étant d'améliorer les gains de temps et de coût relatif à ces activités et aux échanges de données intervenant en cours des activités de conception entre différents partenaires.

Il faut souligner, que dans cet article, nous n'avons pas abordé la façon dont les différents axes seront définis et spécifiés, de même que les technologies qui serviront à les implémenter. Cette tâche sera réalisée en détail dans les prochaines étapes de nos travaux. Cependant, suite à notre état de l'art, des approches assez intéressantes et prometteuses comme les technologies Web et l'approche par ontologies des échanges de données et d'interopérabilité logicielle, ont été identifiées. Elles serviront certainement de veilles technologiques, voir de solutions potentielles à explorer et utiliser dans la mise en œuvre des axes de notre démarche.

6 Références Bibliographiques

An, D., Leep H. R., et al. (1995). "A product data exchange integration structure using PDES/STEP for automated manufacturing applications." *Computers & Industrial Engineering* 29(1-4): 711-715.

- Augenbroe G., Wilde P. d., et al. (2004). "An interoperability workbench for design analysis integration." *Energy and Buildings* 36(8): 737-748.
- Bellatreche, L., Xuan, D.N., Pierra, G., & Dehainsala, H. (2006). "Contribution of Ontology-based Data Modeling to Automatic Integration of Electronic Catalogues within Engineering Databases", *Computers in Industry* 57 (8-9): 711-724.
- Bergman, R. and Baker J.-D., (2000). "Enabling collaborative engineering and science at JPL." *Advances in Engineering Software* 31(8-9): 661-668.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). "The Semantic Web. *Scientific American*".
- Chambolle, F., (1999), "Un modèle produit piloté par les processus d'élaboration : Application au secteur automobile dans l'environnement STEP", Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris.
- Charles, S., (2005) "Gestion intégrée des données CAO et EF – contribution à la liaison entre conception mécanique et calcul de structures", Thèse de Doctorat, Université de Technologie de Troyes,
- Charles, S., Eynard, B., Bartholomew, P., Paleczny, C. (2005) "Standardization of the Finite Element Analysis Data-Exchange in Aeronautics Concurrent Engineering", *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 5(1): 63-66.
- Chen, Y.-M. and Y.-D. Jan (2000). "Enabling allied concurrent engineering through distributed engineering information management." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 16(1): 9-27.
- Choi, G.H., Mun, D., Han, S. (2002) "Exchange of CAD Part Models Based on the Macro-Parametric Approach." *International Journal of CAD/CAM*; 2(1); 13-21.
- CIMdata, (2003), *Product Lifecycle Management "Empowering the Future of Business"*, CIMdata Inc, Ann Arbor, <http://www.cimdata.com>.
- Danesi, F., Gardan, N., Gardan, Y., and Reimeringer, M., (2008) "P4LM: A methodology for product lifecycle management", *Computers in Industry*, 59, 304-317.
- Davis, L., R. F. Gamble, et al. (2002). "The impact of component architectures on interoperability." *Journal of Systems and Software* 61(1): 31-45.
- Debaecker, D., 2004, *PLM, la gestion collaborative du cycle de vie des produits*, *Product Life-Cycle Management*, Hermès - Lavoisier, Paris.
- DoD, United States Department of Defense, Joint Publication 1-02, "Department of Defence Dictionary of Military and Associated Terms", 12th April 2001 (amended 23rd March 2004); p270.
- Ducellier, G., Eynard, B., Caillaud, E., (2006) "Integration of CAD knowledge with PLM: Application to product development process during requirements clarification and detailed design phases", *Proceedings of the International Conference on Product Lifecycle Management*, Bangalore, India, July 10-12
- Eynard, B. (2005), "Gestion du cycle de vie des produits et dynamique des connaissances industrielles en conception intégrée", *Habilitation à Diriger des Recherches*, Université de Technologie de Compiègne, 2005.

- Eynard, B., Lienard, S., Charles, S., Odinot, A. (2005), "Web-based Collaborative Engineering Support System: Applications in Mechanical Design and Structural Analysis", *Concurrent Engineering: Research and Applications*13(2), 145-153.
- Fenves, S.J., Sriram, R.D., Subrahmanian, E., Rachuri, S. (2005). "Product Information Exchange: Practices and Standards". *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 5(3): 238-246.
- Fiorentini X, Rachuri S, Mahesh M, Fenves S, Sriram Ram D (2008). "Description Logic for Product Information Models. ", *Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, New-York City, August 3-6.
- Fuh, J. Y. H. and Li W.-D., (2005). "Advances in collaborative CAD: the-state-of-the art." *Computer-Aided Design* 37(5): 571-581.
- Guyot, E., (2007) "Gestion de données techniques et structuration des échanges au sein de partenariats de co-développement aéronautique" *Diplôme de Recherche Technologique*, Université Bordeaux I.
- Hefke, M., Szulman, P., & Trifu, A. (2005). "A Methodological Approach for Constructing Ontology-Based Reference Models in Digital Production Engineering". *Proceedings of the 6th International Conference on Knowledge Management (I-KNOW 2005)*, Graz, Austria.
- Hunten, K., 2000, "Enterprise Analysis Information Integration with STEP", *NASA's STEP for Aerospace Workshop*, Pasadena, USA, January 25-27.
- Huang, G.-Q. and Mak, K.-L., *Web-based Collaborative Conceptual Design*, *Journal of Engineering Design*, 1999, 10(2): 183–194.
- Huang, G.Q. (2002). "Web-based Support for Collaborative Product Design Review", *Computers in Industry*, 48(1):71–88.
- Lee, C., Lau, H., Yu, K.M., & Ip, W.H. (2005). "A generic model to support rapid product development: an XML schema approach." *International Journal of Product Development* 1(3): 323-340.
- Li, W. D., Lu W. F., et al. (2005), "Collaborative computer-aided design-research and development status." *Computer-Aided Design* 37(9): 931-940.
- Lin, H.K., & Harding, J.A. (2007). "A Manufacturing System Engineering Web Ontology Model on the Semantic Web for Inter-enterprise Collaboration". *Computers in Industry* 58(5): 428-437.
- Moorthy, S. (1999). "Integrating the CAD model with dynamic Simulation : Simulation Data exchange" *Proceedings of the Winter Simulation Conference Phoenix, USA, December 05 - 08*
- Nguyen Van, T., (2006) "Ingénierie système appliquée à la gestion des données techniques en entreprise étendue : Application aux boucles de conception / simulation", *Ecole Centrale Paris*.
- OMG. (2000). *Product Data Management Enablers. Object Management Group standard specification*. Available from <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/2000-11-11>.

- OMG. (2005). Product Lifecycle Management Services. Object Management Group standard specification. Available from <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?dtc/2005-03-08>.
- Peltonen, H., (1993), "EDMS Architecture and Concepts", Technical Report TKO-C59, Laboratory of Information Processing Science, Helsinki University of Technology. Peng, T.-K. and Trappey, A. J. C. (1998). "A step toward STEP-compatible engineering data management: the data models of product structure and engineering changes." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 14(2): 89-109.
- Pratt, M.J. (2001). "Introduction to ISO 10303-the STEP Standard for Product Data Exchange". *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 1(1): 102-103.
- Pratt, M.J., "The STEP standard for product data exchange, and its PLM capabilities". *International Journal of Product Lifecycle Management*, 2005. 1(1): pp. 89-94.
- Qin, S.F., Harrison, R., West, A.A., Jordanov, I.N. and Wright, D.K. (2003). "A Framework of Web-based Conceptual Design", *Computers in Industry*, 50(2): 153–164.
- Randoing J.M., Les SGDT, Hermès, Paris, 1995.
- Rosenman, M. A. and J. S. Gero (1999). "Purpose and function in a collaborative CAD environment." *Reliability Engineering & System Safety* 64(2): 167-179.
- Saaksvuori, A., Immoen, A., 2004, *Product Lifecycle Management*, Springer-Verlag, Berlin.
- Sharma, A., "Collaborative product innovation: integrating elements of CPI via PLM framework". *Computer-Aided Design*, 2005. 37(13): 1425-1434.
- Shen, W. (2003), *Knowledge Sharing in Collaborative Design Environment*, *Computers in Industry*, 52(1): 1–3.
- Sohlenius G. (2002), "Concurrent engineering", *Annals of the CIRP*, 41:2: 645-655.
- Song H., Roucoules L., Eynard B., Lafon P., (2006) "Interoperability between Cooperative Design Modeller and a CAD System: Software Integration versus Data Exchange", *International Journal for Manufacturing Science & Production*, 7(2): 139-149.
- Sriti, M.F., Eynard, B., Boutinaud, P., Matta, N., Zacklad, M. (2006). "Towards a semantic-based platform to improve knowledge management in collaborative product development." *Proceeding of 13th International Product Development Management Conference*, Milano, Italy,
- Stark, J., et al., 2004, *Product Lifecycle Management - Paradigm for 21st century Product Realisation*, Springer-Verlag, Berlin.
- Sudarsan, R., Fenves S. J., R.D. Sriram and F. Wang (2005). "A product information modeling framework for product lifecycle management." *Computer-Aided Design*. 37(13): 1399-1411
- Suh S-H, Shin S-J, Yoon J-S, Um J-M. (2008) "UbiDM: A new paradigm for product design and manufacturing via ubiquitous computing technology". *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*: 21 (5), pp. 540-549.
- Szykman, S., Fenves, S., Keirouz, W., & Shooter, S. (2001). "A Foundation for Interoperability in Next-Generation Product Development" *Systems. Computer-Aided Design* 33 (7): 545-559.

- Tay, F.E.H. and Roy, A. (2003). "CyberCAD: A Collaborative Approach in 3D-CAD Technology in a Multimedia-supported Environment", *Computers in Industry*, 52(2): 127–145.
- UGS. (2005). "Open product lifecycle data sharing using XML. " White Paper, http://www.ugs.com/products/open/plmxml/docs/wp_plm_xml_14.pdf.
- Van Wijk, D., Etienne, A., Guyot, E., Eynard, B., Roucoules, L., (2008) "Enable Virtual and collaborative Engineering coupling PLM Systems to a Product Data Kernel", 5th International Conference on Digital Enterprise Technology (DET), Nantes, France, October 22-24.
- Xu, X.W. and Liu, D.T. (2003). "A Web-enabled PDM System in a Collaborative Design Environment", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 19(4): 315–328.
- Zhang, S., Shen, W. and Gheniwa, H. (2004). "A Review of Internet-based Product Information Sharing and Visualization", *Computers in Industry*, 54(1): 1–15.
- Zhang, Y., Zhang, C., and Wang, H.P., (1998). "Interoperation of STEP application protocols for product data management", *Concurrent Engineering: Research and Applications*. 6(2): pp. 161-169.