



### Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers ParisTech researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>

Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/6734>

#### To cite this version :

Dimitri VAN WIJK, Nadège TROUSSIER, Benoit EYNARD, Lionel ROUCOULES, Guillaume DUCCELLIER - PLM interopérable pour la conception intégrée et le travail collaboratif en aéronautique - 2009

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : [archiveouverte@ensam.eu](mailto:archiveouverte@ensam.eu)

# PLM interopérable pour la conception intégrée et le travail collaboratif en aéronautique

DIMITRI VAN WIJK<sup>1</sup>, NADEGE TROUSSIER<sup>2</sup>, BENOIT EYNARD<sup>3</sup>, LIONEL ROUCOULES<sup>4</sup>, GUILLAUME DUCELLIER<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Pi3C

127-129 avenue de Paris, 51000, CHALONS-EN-CHAMPAGNE, FRANCE  
dimitri.van\_wijk@pi3c.com

<sup>2,3</sup> UTC

1 rue du Docteur Schweitzer BP 60.649, 60206, COMPIEGNE Cedex FRANCE  
nadege.troussier@utc.fr / benoit.eynard@utc.fr

<sup>4</sup> Arts et Métiers ParisTech - CER d'Aix-en-Provence

2 cours des Arts et Métiers, 13617, AIX-EN-PROVENCE France  
Lionel.Roucoules@ensam.eu

<sup>5</sup> UTT

12, rue Marie Curie, BP 2060 10010 Troyes cedex  
guillaume.ducellier@utt.fr

---

**Résumé** - L'entreprise étendue devrait permettre de répondre aux objectifs bien connus de l'industrie aéronautique, à savoir réduire le temps de mise sur le marché, réduire les coûts de développement et partager les risques entre les partenaires. La réalisation d'un tel concept ne pourra passer qu'à travers des approches comme l'ingénierie collaborative, qui vise à lier les départements en charge du développement produit entre les différents partenaires du projet. Dans ce cadre, le succès des plateformes dites « d'ingénierie collaborative » est devenu une des préoccupations majeures des principaux acteurs industriels de l'aérospatial. En même temps, les avions se complexifient indéniablement et sont même déjà hautement pluridisciplinaires. C'est pourquoi, la collaboration dans les projets de développement produit se doit de supporter la conception intégrée. Après avoir fait une brève relecture de la littérature sur ces différents concepts, ce papier présentera les spécifications d'une plateforme d'ingénierie collaborative à destination de l'industrie aéronautique : La plateforme SEINE (Standard pour l'Entreprise Innovante Etendue). Puis nous verrons comment une telle plateforme pourrait être enrichie en matière de conception intégrée.

**Abstract** - Well known challenges in Aeronautic industry, namely reduced time to market, lower development costs and shared risks between partners, could be reached thanks to the innovative design methods supported by PLM technologies. Reaching such objective will be allowed through methods like integrated design or collaborative engineering enabling close exchanges between the project partners. In fact, the success of PLM platforms in supporting such methods is becoming one of the major stakes in the global networking organization. At the same time, aircrafts are obviously systems integrating multidisciplinary technologies and companies are highly multiple expertises. This paper proposes a survey on integrated design methods, PLM technologies and related subjects. It also presents the specification and the development of a collaborative design platform, as part of SEINE project (Standard pour l'Entreprise Innovante Etendue), aiming to improve collaboration in French aeronautics supply chain. Finally, this paper proposes how to include multiple expertise and integrated design in this "platform supporting" partners collaboration.

**Mots clés** - Ingénierie Collaborative, Conception Intégrée, Echange de Données, PLM, Industrie Aéronautique

**Keywords** - Collaborative Engineering, Integrated Design, Data Exchange, PLM, Aeronautics Industry

---

## 1 INTRODUCTION

Le domaine aéronautique est particulièrement concerné par la concurrence entre les pays développés et les pays émergents. Face aux annonces faites par ces derniers, les organisations stratégiques occidentales proposent d'ambitieuses lignes directrices afin de rester compétitives [AIA, 2005]. C'est par exemple le cas pour l'ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) qui donne un certain nombre d'objectifs précis, dont les suivants [ACARE, 2001] :

- Répondre à la demande client : Par l'amélioration de la sécurité (En réduisant les accidents), l'amélioration de la qualité de service et l'accessibilité (99% de ponctualité, pas plus de 30 minutes d'attente à l'aéroport), le respect de l'environnement (Diminution de 50% d'émission de CO<sup>2</sup>, Moins de 50% de consommation de combustible), les performances des systèmes de gestion du trafic aérien.

- Sécuriser l'avantage de cette industrie (Diminuer de moitié le temps de mise sur le marché, proposer une infrastructure qui encourage les entreprises à travailler ensemble).
- Etablir une politique publique et une régulation (Faciliter l'intégration des différents programmes de recherche).
- Préparer les thématiques de recherche futures.

De l'autre côté de l'atlantique, la NASA propose également des orientations de recherche [NASA, 2007] :

- Améliorer la mobilité aérienne via l'amélioration des capacités de l'aviation.
- Améliorer l'aviation de défense pour la sécurité nationale.
- Garder les vols sûrs
- Maintenir la sécurité de l'industrie aéronautique Assurer les ressources énergétiques pour l'expansion de l'industrie aéronautique tout en protégeant l'environnement.

Le concept d'entreprise étendue [Pardessus, 2001] peut assurer directement certains de ces points et en assurer d'autres indirectement. En effet, concrètement, l'entreprise étendue souhaite une infrastructure réseau capable de mettre en relation et d'orchestrer les acteurs de différentes entreprises afin de trouver la meilleure solution (par une bonne gestion des tâches), de réduire les temps de développement (en améliorant la communication à tous les niveaux) et de renforcer la confiance entre partenaire. Tout cela a donc pour finalité d'assurer la sécurité de l'industrie aéronautique. De plus, ce concept prend en considération les contraintes dues à la globalisation, dont l'évidente dispersion géographique.

L'entreprise étendue est rendue possible par les autres méthodologies existantes ; ce papier considèrera donc l'ingénierie collaborative et la conception intégrée comme deux des plus importantes. Compte tenu des modes de travail actuels les possibilités techniques émergentes, l'ingénierie est encore un domaine qui peut encore fortement progresser, particulièrement en mode collaboratif. Car il y a toujours un manque dans la gestion des données entre les entreprises partenaires. Les tendances actuelles et de nombreux travaux montrent en effet qu'un espace médiateur neutre sera indispensable dans la plupart des cas. Le projet SEINE (Standard pour l'Entreprise Innovante Numérique Etendue) tente de spécifier un tel médiateur.

Mais si SEINE traite cet aspect, il traite moins le problème de l'hétérogénéité des données d'un point de vu du domaine d'application et de l'aspect multidisciplinaire des aéronefs. En ce sens, le projet IPPOP (Intégration Produit – Processus - Organisation pour l'amélioration de la Performance en ingénierie) a débouché sur des résultats intéressants dans ce domaine et a conduit au développement d'une plateforme opérationnelle pour supporter de tels concepts. Ce papier s'intéressera donc à l'intégration de ces travaux dans le cas de collaboration médiatisé par une plateforme PLM comme SEINE.

Dans la suite de l'article, une revue synthétique des travaux liés à l'ingénierie collaborative, en particulier dans le domaine aéronautique, va être présentée. Par la suite le programme SEINE et ses spécifications seront détaillés et enfin mise en relation avec un aspect conception intégrée.

## 2 REVUE DE LA LITERATURE

### 2.1 Situation aéronautique

Le milieu industriel aéronautique est toujours considéré comme un milieu pilote en ce qui concerne l'implémentation de nouvelles technologies et de nouveaux concepts. De plus les projets de développement de produit dans ce domaine sont structurés de manière relativement adaptée aux concepts énoncés en introduction : en effet, les projets des donneurs d'ordre sont clairement décomposés en de nombreux sous-assemblages développés par les fournisseurs de rang 1 qui décomposent encore les assemblages sous leur responsabilité et ainsi jusqu'en bout de chaîne [Nguyen, 2006] [Pardessus, 2001]. Cela permet notamment l'identification claire de cas de collaboration.

En conséquence de toutes ces remarques, de nombreuses actions au niveau des entreprises, mais aussi au niveau de programmes nationaux, voir internationaux, ont déjà été lancés afin de développer l'ingénierie collaborative.

Dans [Delpiano et al, 2002], les auteurs présentent quelques programmes européens, notamment le projet DIEcoM (Distributed and Integrated Environment for Configuration Management) qui vise à améliorer la gestion de configuration produit et les processus intégrés de manière collaborative, autrement dit entre différentes entreprises. Les auteurs mentionnent également le projet ENHANCE (Enhanced Aeronautical Concurrent Engineering) dont les objectifs sont la définition des méthodes de travail communes pour les entreprises en collaboration ainsi que la mise en place d'outils opérationnels pour cette collaboration [Braudel et al, 2001]. Les résultats du projet ENHANCE ont débouchés sur le projet VIVACE (Value Improvement through a Virtual Aeronautical Collaborative Enterprise) [VIVACE, 2007] qui s'est concentré particulièrement sur la collaboration et s'est proposé de travailler sur la gestion d'une infrastructure de donnée produit. Gage de l'engouement industriel pour l'approche de collaboration centré plateforme, une partie de ce projet a été dédié au développement d'un hub basé sur le standard STEP AP239 pour implémenter les différents concepts retenus.

On peut d'ailleurs remarquer au cours de ces projets que les standards ont pris de plus en plus d'importance pour traiter les problèmes d'interopérabilité. Dans ce sens, ils peuvent être considérés comme support de la collaboration.

Ce besoin d'interopérabilité a été largement confirmé dans des projets comme ATHENA (Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications) qui s'est intéressé aussi bien aux aspects statiques (STEPAP214, 233, 209, 239) que dynamiques des standards (ISO15288, CMII). De plus, bien que d'influence aéronautique, les problématiques de ce projet piloté par EADS s'adressent également au domaine automobile, télécommunication, etc. Les principales avancées ciblées étaient entre autre une solution pour le support à la connaissance et la médiation sémantique, la modélisation d'entreprise dans un modèle étendu, des processus métier multi-organisation et également une base SOA (Service-Oriented Architectures) interopérable et personnalisable pour les entreprises en réseau [Ruggaber, 2005].

Un autre point important fréquemment souligné dans les programmes de recherche énoncés précédemment est l'implication des PME (Petites et Moyennes Entreprises) dans la chaîne de leur client d'un point de vue technologie de

l'information. C'était notamment le sujet central du projet CASH project (Collaborative working within the aeronautical supply chain), qui visait à intégrer les PME dans les processus numériques de leurs clients.

Le paragraphe précédent liste un certain nombre de programme, mais n'a pas la prétention d'être exhaustif. Il montre seulement les motivations industrielles dans la levée de verrous pour le travail dans un environnement distribué et simultané.

## 2.2 Définition de l'ingénierie collaborative

L'intérêt que suscite l'ingénierie collaborative vient d'être présenté. Il convient donc maintenant de présenter la manière dont cette discipline est vue.

L'ingénierie collaborative est toujours une méthodologie récente. Et un premier constat est que certaines personnes ne la considèrent pas comme une science. Dans [Lu et al, 2007], les auteurs expliquent cette ambiguïté par sa position floue (Entre plusieurs disciplines) et la situe comme « Une application pratique des sciences de la collaboration au domaine de l'ingénierie ». La vision de [Monell, 2000] considère fortement l'aspect géographique de cette matière en précisant que l'utilisation de l'ingénierie collaborative permet la formation d'équipe virtuelle dont les membres se situent sur des sites différents et fédèrent ces équipes pour obtenir les meilleures compétences indépendamment de la dispersion géographique. D'autres travaux se sont plus concentrés sur l'aspect inter disciplinaire et sur l'aspect temporel. En effet, [Nguyen, 2006] mentionne des auteurs qui incluent l'ingénierie intégrée et les matières rencontrées tout au long du cycle de vie dans la collaboration et d'autres qui voient l'ingénierie collaborative comme une extension de l'ingénierie intégrée.

Un autre aspect qui se révèle important dans la littérature est l'aspect technologique qui n'est pas le seul et le principal aspect comme le souligne [Huang et Fan, 2007], pour qui l'ingénierie collaborative est basée sur une architecture informatique internet capable de supporter le partage et le transfert de savoirs et d'informations afin de prendre les bonnes décisions.

Le paragraphe précédent a mis en évidence des points précis, mais certains auteurs souhaitent conserver une vision plus holistique. Les travaux de [Lu et al, 2007] ont mené à une définition plutôt globale qui voit l'ingénierie collaborative comme une nouvelle discipline sociotechnique facilitant les mises en accords d'une équipe interdisciplinaire dont les membres ont un objectif commun mais des ressources limitées et des intérêts conflictuels. Les auteurs étendent le scope de cette discipline en considérant qu'elle doit résoudre les barrières « culturelle, disciplinaire, géographique et temporelle ». Toujours dans les mêmes travaux, ce scope est encore élargi dans un cas d'application avec Airbus par l'ajout de la dimension multi organisation. Tous ces différents aspects se retrouvent également dans les visions de [Vila et al, 2004].

## 2.3 Définition de la conception intégrée

En réalisant des produits de plus en plus complexes, l'Homme a commencé à décomposer le développement de produit. Nous sommes passés d'une vision globale à une vision plus Cartésienne. En conséquence, [Nahm et Ishikawa, 2005] font remarquer qu'en voulant couper court à certains problèmes, de nouveaux problèmes sont apparus : notamment l'intégration. Les auteurs ajoutent également que cette intégration doit être réalisée aussi bien au niveau des outils, que des données et du

modèle et des processus de l'entreprise. Le premier niveau cité est une des principales préoccupations de [Zhang et Lutervelt, 1995] qui prend en compte l'effort d'intégration. Les auteurs soutiennent en effet que la résolution de problème par l'ajout de nouveaux outils sous-entend une configuration du système sans modification des codes sources. Prenant les différents niveaux en considération, [Zha et Du, 2002] propose un cas d'application en intégrant le standard PDES/STEP pour intégrer plusieurs disciplines.

Dans [Brissaud et Tichkiewitch, 2000], les auteurs s'accordent sur le fait que la conception intégrée est une méthodologie basée sur un environnement d'ingénierie simultanée. Ils rappellent qu'un concepteur fait partie intégrante d'une équipe, qu'une équipe est composée de plusieurs compétences différentes et que dans une approche d'ingénierie intégrée, chacun de ces acteurs doit participer dans un effort collectif et indiquer le plus tôt possible ses propres contraintes. Finalement, ils proposent de fédérer tous les experts métiers autour d'une unique base de données produit de référence. Une seconde possibilité étant de réaliser une interface entre les bases expertes.

Pour [Iqbal et Hansen, 2006], la conception intégrée étend le scope de la phase de conception de telle manière à ce que les processus ultérieurs à cette phase soient pris en compte lors de la conception. Les auteurs ajoutent qu'en raison de l'incorporation des besoins des autres étapes du cycle de vie, la conception intégrée fournit des informations importantes au concepteur et donc augmente les certitudes lors de la conception en avance de phase.

En brève conclusion, on peut remarquer que trois notions, « l'ingénierie collaborative », « la conception intégrée » et « l'ingénierie simultanée » sont fortement liées. Afin d'avoir une vue simple et concise, il sera compris que les barrières temporelles du développement de produit en équipe sont adressées par l'ingénierie simultanée, l'aspect multidisciplinaire est pris en charge par l'approche d'ingénierie intégrée et la dimension organisation et géographique est adressée par l'ingénierie collaborative.

## 3 COLLABORATION MEDIATISEE PAR UNE PLATEFORME AERONAUTIQUE

### 3.1 Le projet SEINE

SEINE signifie « Standard pour l'Entreprise Innovante Numérique Étendue ». Ce projet a été proposé par le GIFAS « Groupement des Industries Françaises de l'Aéronautique et Spatiale » en réponse à l'appel à projet gouvernemental nommé « TIC&PME 2010 ». Les principaux objectifs de ce projet ont été d'améliorer et standardiser (aussi bien au niveau des données que des processus) les échanges de données techniques entre donneurs d'ordre et fournisseurs de la chaîne Aéronautique et spatiale (et potentiellement des autres chaînes qui ont des compétences semblables et parfois les mêmes fournisseurs) [SEINE, 2007]. Ces améliorations passent par deux axes : Un axe SCM (« Supply Chain Management ») et un axe PLM (« Product Lifecycle Management »), qui est le seul axe que nous développerons dans la suite de ce papier.

Comme des projets présentés en paragraphe II – A, les préoccupations essentielles de ce projet sont : l'ingénierie collaborative dans la chaîne d'entreprise aéronautique, la standardisation de données techniques produit, l'intégration

des PME dans les processus numériques de leur donneur d'ordre et pour finir la préparation d'une plateforme d'échange neutre. L'approche « plateforme » de ce projet peut être justifiée par le besoin vital des entreprises aéronautiques, comme nous l'avons déjà vu, d'utiliser un espace neutre à tous les sens du terme pour réaliser les échanges et les réconciliations d'information. Elle est également justifiée par l'approche utilisée pour le déroulement du projet même. En effet, la recherche réalisée dans ce projet peut être considérée comme une recherche de type « action research » présentée dans [Mejia et Lopeza, 2007] car : les problèmes adressés sont complexes et par conséquent adaptés à une résolution systémique opérée par cycle d'amélioration, elle contribue à des problèmes directs relatifs au sujet d'étude, il y a un besoin de réaliser dans les même temps les études et l'implémentation et pour finir il y a un besoin d'employer une stratégie de changement.

Pour atteindre les objectifs les principales tâches de ce projet ont été de :

- Evaluer et choisir les standards du model produit.
- Spécifier des processus de collaboration standards pour le cas spécifique de l'aéronautique.
- Implémenter les concepts à travail une plateforme de test.
- Ecrire des spécifications globales pour le déploiement d'une plateforme en production.

La partie innovante en comparaison des autres projets qui ont une approche holistique, est que les processus de gestion de données définis sont centrés sur le vide entre les entreprises (parlons de processus d'échange) et non pas sur les processus métier globaux des entreprises, même si, les spécifications ont été produites à partir de scénarios métier effectifs des entreprises partenaires. Le but n'était pas de redéfinir les environnements de chacun et les collaborations de zéro, mais d'améliorer les échanges et la communication, se basant sur le fait que les personnes et les organisations sont plus productives dans leur propre environnement [Brissaud et Tichkiewitch, 2000].

### 3.2 Spécification des processus d'échange

Un exemple de processus métier ayant servi de base pour la spécification de processus d'échange a été par exemple le travail en collaboration d'un client et de son fournisseur qui conçoivent une pièce brute et le programme d'usinage ensemble et en même temps séparément car chacun fait sa propre proposition de manière à ce que différentes alternatives innovantes soient trouvées puis réconciliées.

Un autre cas plus classique est le cas où un client donne à son sous-traitant la responsabilité de développer un sous-assemblage. Il doit dans ce cas délivrer des spécifications, puis le sous-traitant opère ses travaux et fournit au client un travail complet qui doit être intégré dans l'assemblage complet du client.

Ces différents cas métiers ont mené à différents « Use Cases », qui sont vu ici comme des briques élémentaires de processus permettant de jouer un scénario complet. Après une sélection, sept d'entre eux ont été retenus pour démontrer les idées défendues. Ils sont :

**Tableau 1. Scénarios d'échanges**

Title	Description
<b>“ASP PDM”</b>	Services et fonctionnalités PDM minimales pour permettre aux PME qui n'ont pas de système de gestion d'intégrer la chaîne d'échange numérique.
<b>“SME Shared Workspace”</b>	Espace d'échange sécurisée qui fournit une place d'échange et permet la manipulation des données PDM au cours des échanges.
<b>“Data protection”</b>	Assurer que les données échangées sur la plateforme sont cloisonnées, protégées, mais prise en compte également de la structuration pour la gestion des accès.
<b>“Context delivery”</b>	Livraison d'un contexte issu du PDM client au fournisseur pour permettre la conception en contexte.
<b>“Engineering data package”</b>	Echange de paquet de données produit (particulièrement de structure produit) entre partenaire à travers la plateforme.
<b>“Component catalogue”</b>	Demande par le fournisseur d'enrichissement du catalogue de composant client pour utilisation dans une partie sous-traitée.
<b>“Collaborative review environment”</b>	Corevue sur des assemblages CAO 3D présents sur la plateforme entre différents acteurs en utilisant les fonctionnalités classiques de revue (Annotation, coupe, mesure, etc.)

Il a été remarqué que ces différents « Use Cases » peuvent être décomposés en différents services. Pour exemple : « Engineering Data Package » consiste à faire des requêtes d'éléments à envoyer à la plateforme, les packager et délivrer les packages au partenaire choisi à travers la plateforme, puis ce même partenaire accuse la réception. « Context Delivery » consiste à sélectionner les éléments de contexte, les envoyer sur la plateforme, distribuer les éléments selon les partenaires, puis notifier les partenaires de cet envoi personnalisé avec la requête propre à chacun.

### 3.3 Modèle de donnée de référence

Le paragraphe précédent a traité de l'unification des « protocoles » d'échange. Cependant, durant l'exécution des échanges, cette standardisation dynamique doit être supportée par un modèle statique neutre de référence pour autoriser des correspondances sémantiques dans la communication d'environnements hétérogène. Il a été vu plus tôt que cette hétérogénéité pouvait être résolue par deux types de solutions : des systèmes utilisant la même base de données ou une traduction entre les systèmes qui ont leur propre base de données. A présent, les entreprises aéronautiques nécessitent de posséder « chez eux » les données sur lesquelles elles travaillent (pour des questions de droit de propriété, de psychologie, etc.). Comme le sujet de collaboration pour ces entreprises est souvent un nœud d'assemblage complet du donneur d'ordre, ce nœud (i.e. sous structure produit) sera retranscrit comme une structure produit neutre de référence cloisonnée sur laquelle viendront se greffer les différents travaux des partenaires. Bien que cette structure produit soit une structure tampon neutre, elle est une base consistante également utilisée pour l'archivage.

De nombreux modèles neutres existent et il y a donc un choix

à faire comme réaliser dans [Moalla et al, 2008]. Parmi les possibilités de standard, deux principales propositions ont été retenues : STEP AP239 et STEP AP214. Une évaluation a donc été réalisée en fonction de la maturité, de la cible d'application, de la nature du standard, etc. Le premier choix s'est finalement posé sur la seconde proposition, car plus mature et rencontrant mieux les premiers besoins (au sens démonstration). Cependant, les deux propositions ne sont pas incompatibles et la seconde proposition collant mieux au besoin sera considérée dans le plus long terme.

### 3.4 Utilisation des concepts PLM dans la collaboration

La plateforme de collaboration aurait pu être spécifiée en partant de zéro, mais les systèmes PLM offrent des concepts intéressants, particulièrement pour le domaine aéronautique comme peut l'attester [Belkadi et al, 2008]. De plus, les systèmes PLM sont déjà en production dans le milieu industriel et le système de collaboration ne doit pas demander la modification des systèmes privés, ce que [8] a qualifié de systèmes « Non-invasifs ». Dans les faits, il a été choisi de considérer les capacités des systèmes PLM non pas pour la gestion du développement produit dans l'entreprise comme d'habitude, mais pour supporter la collaboration entre les autres systèmes de ce type. Les lignes suivantes donnent des exemples concrets des suggestions qui ont été faites :

- Utilisation du cycle de vie pour le suivi des processus : la première idée que les personnes se font des processus sont les « workflows ». Aujourd'hui, les workflows sont difficilement transmissibles d'organisation à organisation, les étapes ne sont pas tracées efficacement, etc. Le cycle de vie peut être vu comme un « traceur » de processus. Dans ce cas, le cycle de vie qui porte le workflow est affecté à un objet spécifique car la gestion de la maturité des différents objets (articles, documents, objets pour la gestion du changement, etc. ne peut pas être sacrifiée pour cet emploi. Alors, les objets qui portent ce cycle de vie d'échange sont liés aux objets soumis au processus et reçoivent les signatures, les états du processus et toutes les autres informations qui concernent le processus.
- Utilisation de la structure produit : ce papier est d'accord avec les idées que les personnes et les entreprises sont plus performantes dans leur langage et leur environnement. Alors le travail d'équipe sera plus productif si le modèle commun est capable de recevoir les données spécifiques aux différentes entreprises. Mais ces spécificités doivent être vues seulement par les personnes concernées. De plus, en raison de la structure des projets produit aéronautiques, la collaboration devrait être centrée sur la structure produit. Dans les fait, la structure produit neutre a donc été étendue avec les spécificités des entreprises (Attributs, règles, etc.) et la gestion des droits d'accès permet de choisir la visibilité de ces spécificités en fonction de la situation dans la structure produit de l'article (nœud), de l'organisation de la personne, de son rôle, etc.
- Les notifications pour « tirer » des données : durant les échanges, les données peuvent être « poussées » ou « tirées ». La « poussée » de donnée permet une meilleure synchronisation, mais est soumise à certaines contraintes (Sécurité, etc.), alors que le « tirage » des données laissent trop de liberté. Alors, le mécanisme d'abonnement et d'accusé de réception

permet de trouver un compromis pour faire une « poussée » flexible.

## 4 CONSIDERATION DE L'INGENIERIE INTEGREE

Dans ce type de collaboration médiatisé aéronautique, les échanges de « haut niveau » ont été adressés. Sous le terme « Haut niveau » est entendu « Niveau structure produit » (voir la figure ci-après). Cependant, les auteurs pensent que la collaboration devrait également être possible à un niveau plus bas, autrement dit au niveau donnée pure (paramètres et valeurs indépendamment du format). Dans les faits, les structures produit lourdes manipulées par les PDM sont nécessaires dans le développement d'un produit en mode collaboratif, mais pas assez flexible en terme de support de l'hétérogénéité. En effet, manipuler directement les valeurs et les formules contenues dans le code plutôt que les fichiers eux même coupe court aux problèmes de format et de structuration. De plus une collaboration via ces échanges « bas niveau » permet de s'affranchir du déplacement des informations relatives mais non nécessaires.

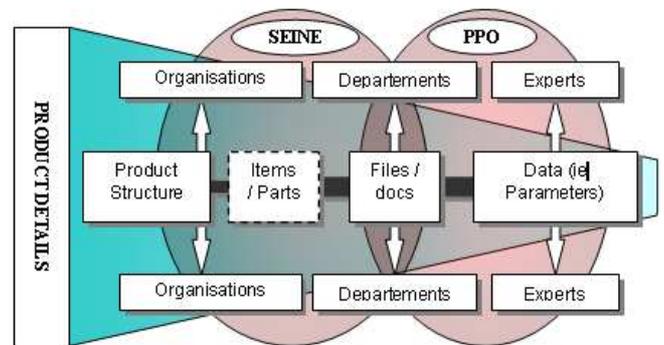


Figure 1. Niveau des échanges

Dans le but de supporter la collaboration de « bas niveau » entre les différents métiers, un modèle de données neutre différent de ce qu'on a pu voir jusqu'à présent a été considéré en plus du premier modèle neutre vu dans SEINE, nommé modèle « PPO » (Produit Processus Organisation ». Cet article s'intéresse au modèle PPO car il est suffisamment générique pour permettre d'établir des correspondances entre des informations de « bas niveau » relativement hétérogènes, ainsi qu'avec des données « haut niveau ». De plus, une plateforme basée sur un noyau qui implémente ce modèle a déjà été développé au cours du projet IPPOP.

Etant donné que deux modèles doivent définir le même produit, un lien de synchronisation doit être fait entre les deux. C'est pourquoi un module d'interopérabilité a été développé entre le noyau PPO et une plateforme collaborative PLM, permettant de synchroniser la structure produit et ses fichiers avec les informations contenues dans le noyau PPO. Cette transformation basée sur des échanges XML transformées par des technologies XSLT est décrite dans [Van wijk et al, 2008]. La correspondance entre les deux modèles a été organisée autour du concept « article » en terme de structure produit car celui-ci reflète l'intention de conception. Par exemple, l'expert métier produit des premières réflexions sur des éléments, qui peuvent également être issus du cahier des charges. Ces regroupements d'informations autour d'éléments peuvent donner naissance à des articles physiques sur lesquels on va pouvoir gérer la maturité. Cette gestion d'article, avec un cycle de vie, des processus au sein d'une entreprise, une

classification propre à l'entreprise etc. pourra être réalisée par le système PLM.

## 5 CONCLUSION

Cet article à montre les contributions de SEINE dans le contexte aéronautique. Il a décrit des « protocoles » de collaboration centrés sur les échanges entre les organisations et des concepts propres aux systèmes PLM pour supporter ces processus d'échanges. Il mentionne également les capacités du standard STEP pour permettre cela. Finalement il a étendu la collaboration autour de la structure produit à la collaboration autour de l'information contenu dans les données concrétisées par des fichiers.

Les différentes limites destravaux présentés dans le papier et qui pourraient être explorées par la suite sont : la synchronisation entre le contenu des données et les fichiers eux même (car cette synchronisation entre les paramètres manipulés dans PPO et les fichiers utilisant ces paramètres est encore mise à jour de manière manuelle et avec des ambiguïtés sur quel système est responsable de cette mise à jour), la connexion pour limiter les efforts de connexion entre le couple système PPO-PLM et les autres systèmes experts métier et pour finir une mise en relation avec d'autres systèmes de même type, c'est-à-dire les DMS (Data Management Système).

## 6 REMERCIEMENTS

Un merci tout particulier aux différents participants du projet SEINE pour le partage de leurs connaissances ainsi qu'aux personnes de l'UTT (Université de Technologie de Troyes) qui ont travaillé sur la plateforme PPO (Produit Process Organisation) hébergée au sein de cette même université.

## 7 REFERENCES

AIA, (2005) Industry Perspectives on the National Aeronautics Policy. [http://www.aia-aerospace.org/pdf/policypaper\\_industryperspectives.pdf](http://www.aia-aerospace.org/pdf/policypaper_industryperspectives.pdf).

ACARE, (2001) European aeronautics: A vision for 2020. <http://www.acare4europe.org/docs/Vision%202020.pdf>.

NASA, (2007) National plan for aeronautics research and development and related infrastructure. [http://www.aeronautics.nasa.gov/releases/aero\\_rd\\_plan\\_fi nal\\_21\\_dec\\_2007.pdf](http://www.aeronautics.nasa.gov/releases/aero_rd_plan_fi nal_21_dec_2007.pdf).

Pardessus, T., (2001) The multi-site extended enterprise concept in the aeronautical industry. *Air & Space Europe Volume 3, Issues 3-4, May-August*, pp. 46-48.

Nguyen Vanh, T., (2006) System engineering for collaborative data management systems: Application to design / simulation loops. *PhD thesis, Châtenay Malabry, France*.

Delpiano, M., Fabbri, M., Garda, C., Valfrè, E., (2002) Virtual Development and Integration of Advanced Aerospace Systems: Alenia Aeronautics Experience. *RTO AVT Symposium on "Reduction of Military Vehicle Acquisition Time and Cost through Advanced Modelling and Virtual Simulation"*, Paris, France, 22-25 April.

Braudel, H., Nicot, M., Dunyach, J.C., (2001) Overall presentation of the ENHANCE project. *Air & Space Europe, Volume 3, No 3/4*.

VIVACE, (2007) Final Technical Achievements brochure. [http://www.vivaceproject.com/technical\\_leaflet\\_final.pdf](http://www.vivaceproject.com/technical_leaflet_final.pdf).

Ruggaber, R., (2005) ATHENA - Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Application. *International Conference on Interoperability of Enterprise Software and Applications, Geneva, Switzerland*.

Lu, SCY., Elmaraghy, W., Schuh, G., Wilhelm, R., (2007) A scientific foundation of collaborative engineering. *CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 56, Issue 2*, pp. 605-634.

Monell, D., Piland, W., (2000) Aerospace Systems Design in NASA's Collaborative Engineering Environment. *Acta Astronautica, Volume 47, Issues 2-9, Space an Integral Part of the Information Age, July-November*, pp. 255-264.

Huang, S., Fan, Y., (2007) Web-Based engineering portal for collaborative product development, *CDVE 2007, Shanghai, China, LNCS 4674*, pp. 369-37.

Vila, C., Romero, F., Contero, M., (2004) Implementing collaborative engineering environments through reference model-based assessment. *Lecture Notes in Computer Science, Springer, Volume 3190/2004 Book Cooperative Design, Visualization and Engineering*, pp. 79-86, *Computer Science*.

Nahm, Y.-E., Ishikawa, H., (2005) An Internet-based integrated product design environment. Part II: its applications to concurrent engineering design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer, Volume 27, Numbers 5-6 / janvier 2006*, pp431-444.

Zhang, W.J., Luttermelt, C.A., (1995) On the Support of Design Process Management in Integrated Design Environment. *CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 44, Issue 1*, pp. 105-108.

Zha, X. F., Du, H., (2002) A PDES/STEP-based model and system for concurrent integrated design and assembly planning. *Computer-Aided Design, Volume 34, Issue 14*, pp. 1087-1110.

Brissaud, D., Tichkiewitch, S., (2000) Innovation and manufacturability analysis in an integrated design context. *Computers in Industry, Volume 43, Issue 2*, pp. 111-121.

Iqbal, A., Hansen, J. S., (2006) Cost-based, integrated design optimization, Structural and Multidisciplinary Optimization. *Springer, Volume 32, Number 6 / décembre 2006*, pp. 447-461.

SEINE, (2007) Standards pour l'Entreprise Innovante Numérique Etendue. [www.telecom.gouv.fr/fonds\\_documentaire/ticpme2010/seine.pdf](http://www.telecom.gouv.fr/fonds_documentaire/ticpme2010/seine.pdf).

Mejía, R., López, A., Molina, A., (2007) Experiences in developing collaborative engineering environments: An action research approach. *Computers in Industry, Volume 58, Issue 4*, pp. 329-346.

Moalla, N., Chettaoui, H., Ouzrout, Y., Noel, F., Bouras, A.,  
(2008) Model-Driven Architecture to enhance  
interoperability between product applications, *PLM08  
Proceedings, Seoul, Korea.*

Belkadi, F., Troussier, N., Huet, F., Gidel, T., Bonjour, E.,  
Eynard, B., (2008) Innovative PLM-based approach for  
collaborative design between OEM and suppliers: Case  
study of aeronautic industry. *CAI WCC2008, Milano, Italy.*

Van Wijk, D., Etienne, A., Guyot, E., Eynard, B., Roucoules,  
L., (2008) Enabled virtual and collaborative engineering  
coupling PLM system to a product data kernel. *DET2008  
proceedings, Nantes, Frances.*