

Le PLM (Product Life-cycle Management, « gestion du cycle de vie des produits ») est-il un outil, une méthode, un concept ?

Chaque acteur, chaque utilisateur du PLM présente un point de vue différent sur le sujet. Ainsi, l'objectif de cette ressource n'est pas de « faire un cours » sur le PLM mais plutôt de présenter des points de vue d'acteurs du PLM (industriels et enseignants) et de nombreux éléments d'information et de réflexion sur ce thème afin de permettre aux enseignants de mieux décrypter ce que chacun peut mettre derrière ces trois lettres selon son métier et sa position dans l'entreprise, et de comprendre les possibilités et le fonctionnement d'une plate-forme PLM dans le cadre de l'utilisation en bureau d'études.

Un glossaire des différents acronymes existants souvent rapportés, reliés au PLM est présenté à la fin de la ressource.

1 - Introduction

Le PLM (Product Life-cycle Management) est un thème d'actualité dans la majorité des grandes entreprises industrielles. Dans l'automobile, chez tous les constructeurs et les fournisseurs de rang élevé, dans l'aéronautique, des plateformes PLM sont utilisées. Le PLM étant déployé depuis quelques années seulement, le retour d'expérience est encore limité. Cependant, si les effets de l'utilisation du PLM sur l'amélioration des performances des entreprises sont encore difficiles à déterminer, il est déjà possible d'analyser les changements induits par l'implémentation du PLM sur les méthodes de travail et sur la structuration de la démarche de projet.

Nous noterons que la structuration de la démarche PLM est plus adaptée à la conception routinière de produits (reconception) qu'à la conception de produits innovants. En particulier, il est nécessaire que le PLM s'appuie sur une démarche de conception robuste propre à chaque entreprise. Le PLM sera donc présenté comme un outil permettant une application la plus efficace possible de la méthode de conception choisie par l'entreprise.

2 - Le contexte industriel

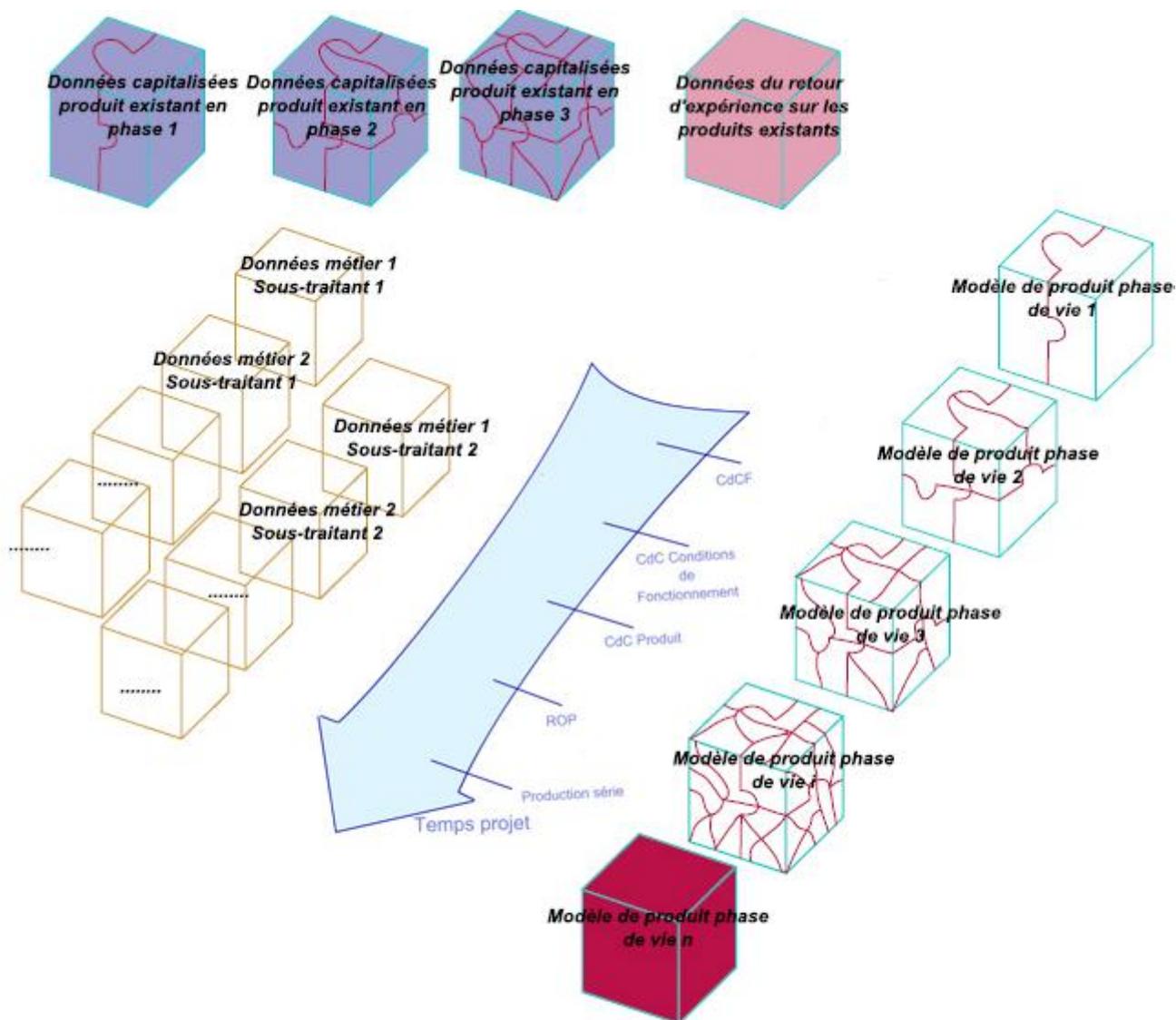
Dans un contexte économique mondialisé, les entreprises développant des produits industriels en grande série (domaine de l'automobile par exemple) ou des produits industriels très complexes (aéronautique) sont obligées pour survivre et se développer d'atteindre des objectifs de qualité, coûts et délais toujours plus ambitieux.

Afin de répondre à cet enjeu, de nouveaux concepts de développement sont nécessaires et des méthodes et outils innovants sont développés pour atteindre les objectifs. Parmi les évolutions notables de ces dernières années, nous avons noté les points suivants.

2.1 - La généralisation de la simulation numérique

L'utilisation généralisée de la simulation pour prévoir le comportement des systèmes avant leur réalisation physique a permis de réduire considérablement coûts et délais.

Une des conséquences de cette évolution est qu'un grand nombre de données numériques (données CAO, résultats de simulations, données matériau, résultats d'essais) est à la disposition des acteurs du projet. Ces données concernent le produit en cours de réalisation mais également, dans le contexte de la reconception, les solutions reconduites (grâce à la capitalisation). L'archivage, le versionnement et l'accessibilité de ces données (une exploitation optimale des données disponibles en somme) constituent une des motivations pour le développement des plates-formes PLM.



- Les données du système PLM comprennent:
- les modèles de produit cohérents avec la méthode de conception choisie
 - les différentes données métier, procédures
 - les données capitalisées sur les produits existants

Figure 1 : Les données disponibles

2.2 - L'accélération des cycles de conception et la multiplication des versions

La compétitivité des industries passe par leur capacité à renouveler et étoffer leur gamme de produits en fonction des besoins exprimés. La durée de vie d'une gamme de produits est de plus en plus courte, les restylages sont de plus en plus fréquents... et, par conséquent, les cycles de conception sont de plus en plus courts pour garantir une plus grande réactivité aux besoins des clients.

Ceci est valable dans tous les secteurs industriels. A titre d'exemple, nous comparons ci-dessous le nombre de versions disponibles pour un véhicule de grande série des années 80 et un modèle équivalent en 2007.

- De 1985 à 1993 : Peugeot propose la Peugeot 309. Ce modèle est proposé en deux carrosseries (3 et 5 portes), 5 moteurs différents après restylage (4 moteurs au départ) pour 22 versions différentes. En 1985, le temps de conception pour un modèle automobile était d'environ 6 ans.



- 10-15 ans plus tard, Peugeot propose la 307, 6 carrosseries dans le monde (3, 4, 5 portes, break, SW, coupé-cabriolet), 7 motorisations différentes... Sans inclure dans cette liste le choix des options, environ 120 versions différentes sont proposées à la vente si l'on inclut le choix de la carrosserie, de la motorisation et de la finition.



2.3 - La multiplication des intervenants

L'éclatement géographique des groupes de projet et le développement de la sous-traitance à des niveaux nationaux ou internationaux nécessitent :

- Un fonctionnement par projets industriels permettant de faire travailler des entreprises et leurs fournisseurs de différents rangs selon des objectifs, une organisation, un planning commun,
- Le transfert des compétences métier et la capitalisation des savoirs et savoir-faire de l'entreprise,
- L'accessibilité des données et la gestion des droits à l'information.

2.4 - Conséquences

Pour accompagner ces évolutions, le concept du PLM est donc de doter l'entreprise d'une structure et d'un outil permettant à chaque acteur du projet d'obtenir la bonne donnée et au bon moment.

Dans l'analyse que nous ferons du PLM, nous dissociérons les deux aspects suivants :

- Le système d'information permettant à chaque acteur d'avoir accès aux données clé du produit à chaque instant,
- La définition du produit unique pour tous les acteurs à chaque phase de la conception, « intégrée » dans une chaîne d'outils numériques.

L'aspect « système d'information » représente l'apport principal du PLM et implique des évolutions majeures dans le fonctionnement des entreprises. L'aspect « données », à travers la qualité des données et les problèmes de transferts de données produit entre différentes applications, est également un enjeu important, mais dépend surtout du travail des éditeurs de logiciels.

3 - Le système d'information au cœur du PLM

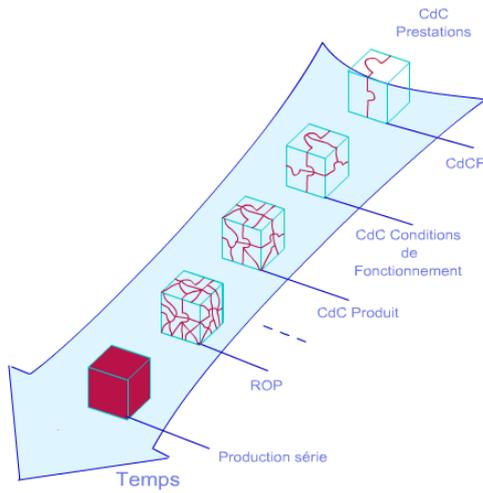
3.1 - Le paramétrage du système

Le cœur du PLM est le système d'information. Il est essentiel de noter que le PLM ne définit pas le jalonnement du projet, le ou les critères de validation du produit à ses différentes phases, les différents modèles du produit, l'ensemble des données métier ou encore leur structuration : le PLM ne représente pas en tant que tel une méthode de conception, et c'est à l'entreprise qu'il revient de définir ces paramètres, puis de les intégrer dans le système PLM. En faisant l'analogie avec le fonctionnement d'une base de données relationnelles (i.e. comme SQL, qui est utilisé sur de nombreux sites), le système PLM correspond aux logiciels gérant l'implémentation de la base et les requêtes qui lui sont adressées, tandis que le paramétrage du système correspond à la structuration de la base et aux relations entre les différents champs de la base, qui sont propres à chaque entreprise et à chaque application.

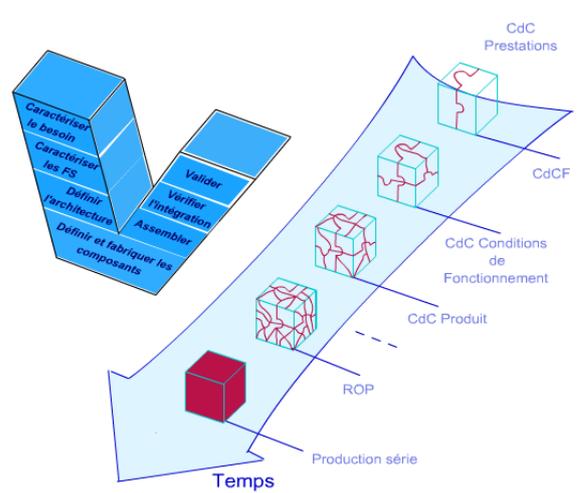
Cette vision du PLM est toutefois assez théorique dans le sens où, dans l'offre actuelle de certains de logiciels, le paramétrage est fortement lié au choix du logiciel et la conception est fortement centralisée autour de la CAO (modèle géométrique) du produit.

3.2 - Les phases de vie du PLM

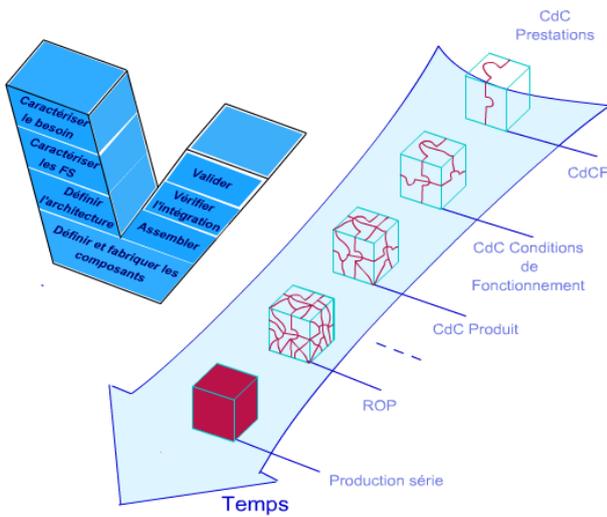
La notion de phase de vie (life-cycle) du PLM n'est pas la notion de phase de vie de l'usage du produit présentée en Analyse Fonctionnelle du Besoin (voir ressource « *Analyse Fonctionnelle du Besoin* ») : les phases de vie du PLM sont les phases de vie des données du produit. Bien sûr, la nature de ces données va évoluer au fur et à mesure de l'avancement du projet. Par exemple, si la méthode de conception utilisée par l'entreprise est la Maîtrise Prévisionnelle des Prestations (voir ressource « *La Maîtrise Prévisionnelle des Prestations : concepts* », le produit existera sous la forme d'un cahier des charges des prestations auquel se rajouteront un cahier des charges fonctionnel, un cahier des charges des conditions de fonctionnement... puis les données des simulations et des essais servant au dimensionnement et à la validation.



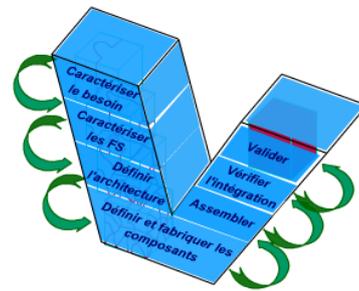
En phase de réalisation, l'état du produit évolue en respectant différents jalons



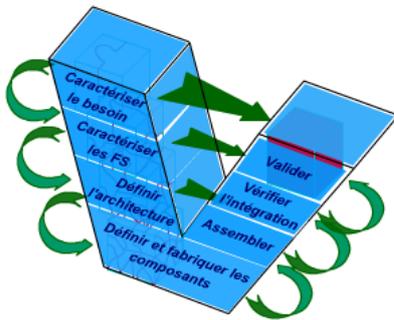
Dans l'industrie automobile, il est courant de représenter cette démarche par un diagramme en V



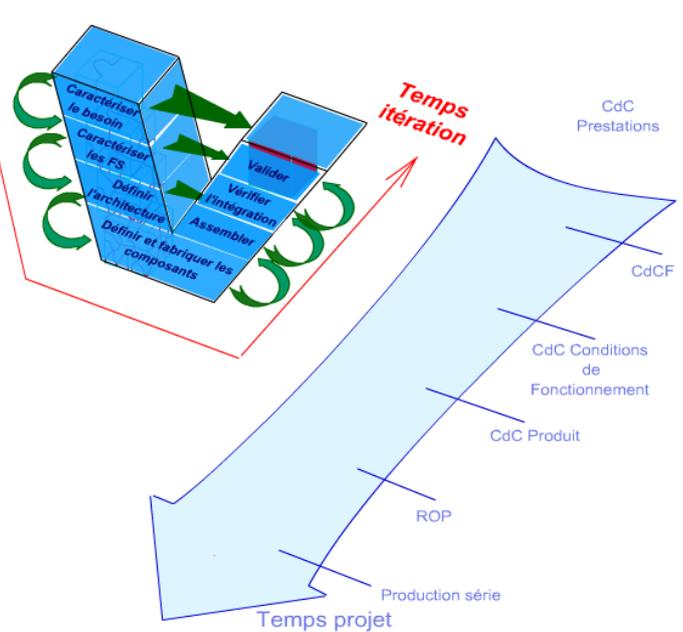
Le concept du PLM est de définir un produit complet (numériquement) dès sa création. La base du nouveau produit est le produit équivalent précédent



Les liens entre les différentes étapes sont paramétrés. Ainsi, une modification sur une caractéristique du produit numérique sera répercutée sur l'ensemble du cycle de conception.



Le paramétrage incluse également les procédures de validation : par exemple, une modification d'une caractéristique d'une fonction technique entraînera la modification du résultat d'une simulation

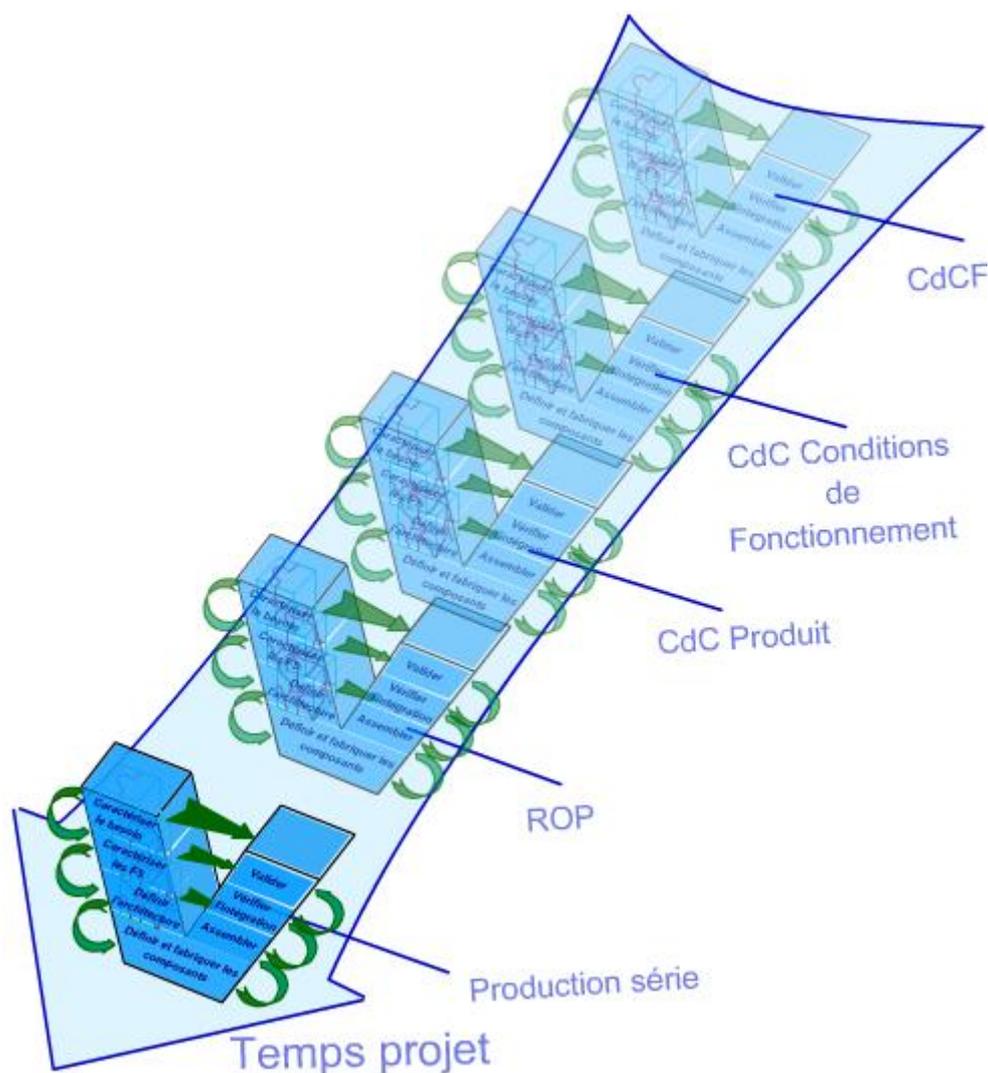


Deux échelles de temps sont distinguées :

- Une échelle de temps « itération produit »
- Une échelle de temps projet

Les phases de vie qui nous intéressent dans le PLM sont celles qui permettent de caractériser l'évolution des données numériques. On retient généralement les phases de vie suivantes : création, modification (versionnements), validation, diffusion, capitalisation, réutilisation.

Nous illustrons ci-dessous ces différentes notions de phases de vie : le paramétrage du système PLM adapté à la méthode de conception de l'entreprise permet l'application de l'ingénierie simultanée. Toutes les phases de la réalisation du produit sont prises en compte dans le système. Dans l'idéal, une modification réalisée par un utilisateur du système sera impactée immédiatement sur l'ensemble du produit et tous les acteurs concernés par cette modification seront immédiatement informés. Ce sont donc différentes versions du produit complet qui évoluent au fur et à mesure du projet.



- Grâce au système mis en place, des itérations successives du produit complet sont créées :
- Le jalonnement sert à figer certains choix de conception
 - Les modifications effectuées par un acteur du projet sont impactées sur l'ensemble du produit

3.3 - Gérer les droits d'accès

En plus de la gestion des phases de vie des données numériques, un apport essentiel du PLM est la gestion des accès des différents utilisateurs à ces données. Les enjeux sont multiples dans des projets impliquant une entreprise mère et des fournisseurs de différents rangs dans le cadre de la réalisation d'un projet. Chaque acteur, selon son rôle et son entreprise, a des besoins différents (certains ont pour tâche d'implémenter le produit en créant ou en faisant évoluer les données numériques, mais n'ont pas de droit de modification sur les données externes à leur frontière

d'étude). Des problèmes de confidentialité entre différents fournisseurs de même rang sont également à gérer.

De manière simplifiée, nous retiendrons que les données peuvent être accessibles ou inaccessibles en visualisation, lecture et écriture, et subissent des opérations appelées check-in et check-out correspondant à un étiquetage de la donnée (donnée en cours de modification, donnée modifiée).

Voir l' « *Annexe : Vision d'un utilisateur du système PLM* » qui illustre le parcours d'un utilisateur du PLM et l'état conséquent des données PLM

4 - La chaîne numérique

4.1 - La compatibilité entre applications

Pour qu'un système PLM puisse fonctionner à l'échelle du projet, la compatibilité entre les logiciels CAO et les logiciels métier doit être assurée.

Les outils de simulation se développent au niveau produit et au niveau process. Les outils développés prennent en compte un nombre de phénomènes physiques de plus en plus important (pour intégrer toutes les phases de vie de la conception à l'usage) et les mêmes modèles numériques doivent pouvoir servir aux études géométriques (maquette 3D virtuelle) et aux simulations (produit/process). Ces simulations sont de plus en plus réalisées sur un système complet, et non plus pièce par pièce, et les ressources numériques correspondantes sont partagées. La grande difficulté est donc de structurer et de coordonner le travail d'analyse et de restituer les résultats sous une forme (des formes ?) utilisables par un maximum de fonctions dans l'entreprise et de pouvoir intégrer ces informations dans le cycle de vie du produit.

Lors de la première phase d'explosion de la simulation, de nombreux outils de simulation métier ont été développés, qui n'avaient pas nécessairement de liens entre eux. Il était difficile alors de parler de la maquette virtuelle du produit puisque l'on avait plutôt affaire à un ensemble de maquettes pas nécessairement compatibles entre elles.

Pour rendre les systèmes PLM efficaces, il est nécessaire de garantir une parfaite communication entre les différentes applications pour aboutir à la création d'une maquette numérique unique. Si on compare le PLM à une énorme base de données relationnelle, la grande difficulté est de garantir le fonctionnement de tous les liens. C'est pourtant à cette condition qu'une modification effectuée par un acteur du projet le matin pourra être impactée sur l'ensemble du produit et surtout validée au critère de réalisation du produit final de manière immédiate.

4.2 - La qualité des modèles numériques

Pour résoudre les problèmes de qualité des modèles numériques, il faut non seulement que les modèles soient compatibles entre eux, mais également qu'il n'y ait pas de perte de qualité au cours des transferts de données : en effet, pour l'instant, il n'existe pas une maquette numérique unique, mais plutôt un ensemble de maquettes numériques pas forcément 100% compatibles entre elles. Certaines données fournies par une application doivent donc parfois être post-traitées pour servir dans une autre application.

L'enjeu technique est principalement de garantir les transferts de champs (pour les maillages et les résultats des simulations) d'une étape du modèle de produit à l'étape suivante.

4.3 - La taille des modèles numériques

La gestion doit également prendre en compte la taille des modèles qui va en augmentant. Les volumes de données à échanger atteignent des tailles s'exprimant en téraoctets ($1\ To = 1000\ Go = 10^{12}\ octets$). Il faut donc limiter les échanges entre les acteurs des projets au strict nécessaire.

Pour cela, des outils permettant l'échange de données « en écriture » et en « visualisation » se développent. En particulier, les outils de visualisation « full web », qui permettent de visualiser un modèle stocké sur un serveur en se connectant simplement à ce serveur via un navigateur internet, prennent une place croissante dans les systèmes de gestion des données produit. Ces innovations conjointes au développement du PLM permettent de résoudre les problèmes de chargement des maquettes numériques et d'échanges entre machines : l'ouverture de grandes maquettes complètes dans une application métier pouvait parfois prendre des heures, et le gain apporté par la visualisation « full web » de tout ou partie de la maquette est dans ce contexte évident.

5 - Un point de vue pédagogique

Dans les lycées (dans les sections de BTS par exemple) et les écoles, des systèmes PLM commencent à être déployés. Bien évidemment, la problématique essentielle est de qualifier et quantifier l'apport potentiel de ces systèmes en termes d'acquisition de compétences par les élèves. Nous donnons ici l'exemple d'un projet PLM réalisé à Supmeca Saint-Ouen dans le cadre de la formation des élèves ingénieurs en 3e année, il y a quelques années ; l'introduction de SysML (voir ressource « *SysML : un langage pour la modélisation des systèmes* ») dans les programmes depuis 2011 devrait permettre la multiplication de ce type de projets.

5.1 - Description du projet par les objectifs pédagogiques

L'objectif pédagogique du projet est de :

- Mettre en œuvre la chaîne numérique (limité à la réalisation d'une CAO, de simulations EF et de simulations multi-corps) en intégrant des données obtenues à partir d'essais sur des composants du produit réel,
- S'approprier une démarche d'ingénierie collaborative.

Logiquement, il a été décidé de tester une plate-forme PLM (Winchill de PTC Software) afin de familiariser les étudiants à la chaîne numérique et au travail collaboratif dans un système d'information.

5.2 - Démarche de conception et outils utilisés

Pour utiliser la plate-forme PLM dans un champ d'application adapté, la démarche de conception est ici une démarche de conception routinière ou de re-conception

Les différentes étapes du projet sont les suivantes :

- Itération 0 : analyse de l'existant par des essais et des simulations. Mesure de l'écart entre les fonctions de services attendues dans le cahier des charges fourni et les fonctions de service réalisées par le produit étudié,
- Itérations 1 à n : reconception du système pour diminuer l'écart entre l'attendu et le réalisé. Chaque itération correspond ici à une nouvelle version de la maquette complète du produit (comprenant donc le squelette de la pièce, la CAO du produit complet, les résultats des simulations effectuées afin de valider les performances et les réponses des

essais). L'intérêt de l'utilisation du PLM dans ce projet est que tous les acteurs sont informés des modifications effectuées et de l'impact sur leur travail grâce au paramétrage du système.

Par exemple, une modification de la géométrie d'une pièce du système sera immédiatement transmise via la maquette numérique et via le système de messagerie au responsable des simulations EF, au responsable des simulations multi-corps et à tout autre acteur qui devra prendre en compte cette modification.

Voir « *Annexe : Le PLM : Exemple d'application pédagogique* ».

6 - Conclusion sur les apports du PLM

Le PLM fournit des outils, basés sur un système d'informations, permettant de gérer l'utilisation intensive de la simulation, les différentes versions d'un produit, et le travail collaboratif en présence de nombreux sous-traitants et fournisseurs. L'idée est de représenter l'ensemble des données du produit sous forme numérique et de les partager entre tous les acteurs du projet, en attribuant à ceux-ci des droits d'accès et/ou de modification en fonction de leurs rôles, de sorte que chaque modification apportée au modèle du produit (ou de son environnement) soit répercutée auprès de l'ensemble des acteurs concernés.

7 - Abréviations

Les principales abréviations employées dans le domaine du PLM sont les suivantes :

- **PDM** : Product Data Management (Gestion des données produit)
- **SGDT** : Système de Gestion des Données Techniques
- **ERP** : Enterprise Resource Planning (Planification des ressources de l'entreprise)
- **PLM** : Product Life-cycle Management (Gestion du cycle de vie des produits)
- **MPdP** : Maîtrise Prévisionnelle des Prestations
- **KM** : Knowledge Management (Gestion des Connaissances)
- **CFAO** : Conception et Fabrication Assistés par Ordinateur
- **Modèle PPR** : Produits, Procédés, Ressources

Références :

[a]: Portail d'information sur le PLM - Ecole Centrale Paris - <http://plm.ecp.fr/>

Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>