

Édition 2023



Guide de l'association **PLM | lab**

Ce document est le résultat d'un travail collégial réalisé dans le cadre de l'association PLM lab. Sa diffusion est libre mais toute utilisation d'une partie ou de la totalité du document devra faire l'objet d'un accord explicite et préalable de l'association représentée par son conseil.

Ce guide peut être librement téléchargé à : <https://www.plmlab.fr/guide>

Lecteur, votre avis sur le présent guide nous intéresse. En nous le transmettant, vous contribuerez à son amélioration, le guide étant destiné à évoluer régulièrement. N'hésitez donc pas à nous faire parvenir vos **remarques ou suggestions** en nous envoyant un message à l'adresse : info@plmlab.fr

Si ce guide vous a donné envie d'en savoir plus sur les activités et échanges réalisés dans le cadre de l'association PLM lab, nous vous invitons à consulter **notre site web** : <https://www.plmlab.fr>

Enfin, si vous voulez contribuer aux échanges ou activités de l'association, nous vous invitons à nous rejoindre en **adhérant à l'association à titre personnel ou au nom de votre société**. Les modalités d'adhésion sont décrites sur cette page :

<https://www.plmlab.fr/adherer>

SOMMAIRE

01 INTRODUCTION AU PRODUCT LIFE-CYCLE.....7

Avant-propos	8
Définition préliminaire d'un Produit	9
Pourquoi engager une démarche PLM ?	9
Comment procéder ?	10
Une première définition du PLM	10
Sur quoi agit-on ?	10
Qui est acteur ?	11
PLM et informatique	12
Conclusion	13



02 INTRODUCTION À L'ARTICLE15

Pourquoi doit-on parler de l'Article ?	16
Qu'est-ce qu'un article ?	16
Quel est le vocabulaire usuellement rencontré autour de l'Article ?	18
Existe-t-il une typologie d'articles liés au cycle de vie du produit ?	19
Qu'est-ce qu'un article sérialisé ?	21
Comment identifier un article ?	21
Comment caractériser un article ?	22
Comment représenter un article ?	23
Quels sont les usages possibles pour un article ?	23
Comment gérer un article ?	23



03 INTRODUCTION À LA CODIFICATION..... 25

Introduction	26
Pourquoi codifier ?	27
Une première définition de la codification	28
Quels sont les usages de la codification ?	28
Choisir une codification significative ou non ?	30
Codification et interchangeabilité	32
La multi-codification	33
Codification des documents techniques dont les plans (et de leurs liens éventuels avec les codes « Article »)	34
Les apports de systèmes de codification internationaux	35
Autres points à traiter	35



04 INTRODUCTION AUX NOMENCLATURES..... 37

Avant-propos	38
Un peu d'histoire	39
La nomenclature, une simple liste ?	41
La question des nomenclatures « multi-niveaux »	44
Nomenclature et Structure Produit	46
Une seule nomenclature pour toute l'entreprise ?	50
Structure Produit et Conception Assistée par Ordinateur	54
Les nomenclatures dans le monde des logiciels	56
A quoi servent les nomenclatures et les structures « Produit » ?	58
Comment établir une nomenclature, une structure « Produit » ?	61
Nomenclatures et gestion de configuration ?	63
Diversité Produit et familles de produits	64
Exemples de représentations	65



05 INTRODUCTION À LA GESTION DES MODIFICATIONS73

Introduction	74
Pourquoi doit-on faire des modifications ?	75
Quelques ordres de grandeur	78
Premières définitions	79
Sous-processus typiques d'une gestion de modification	80
Dynamique de la gestion de modification	82
Modifications de pièces et interchangeabilité	84
Effectivités	88
Clarification des responsabilités, instances de décision	89



06 INTRODUCTION À LA GESTION DE CONFIGURATION91

A qui est destiné ce document et pour quel usage ?	92
Un bref historique de la gestion de configuration	92
Un exemple de gestion de configuration	94
La gestion de configuration : principes et points clés	95
L'article de configuration	100
Les états de configuration et configurations de références	102
Les grandes activités de la gestion de configuration	105
Gestion des évolutions, Applicabilités, Effectivités	108
Une étude de cas : la gestion d'un menu lors d'un repas	110
Un point sur les normes et standards	112



07 INTRODUCTION AUX NORMES ET STANDARDS DU PLM 115

A qui est destiné ce document et pour quel usage ?	116
Un bref historique des standards industriels	117
Qu'est-ce qu'une norme ? Qu'est-ce qu'un standard ?	118
Nature des normes et standards	120
Les normes et standards du « PLM »	121
Les principaux acteurs des standards	125
Questions récurrentes posées par les documents numériques	127
Echange, gestion et archivage d'un document autonome	129
Echange, gestion et archivage d'une liasse de documents avec liens	131
Echange, gestion et archivage d'une nomenclature	133
Comment implémenter les standards à votre échelle ?	135
Perspectives : l'état de l'art en matière de standard	136



08 INTRODUCTION AUX CHAÎNES NUMÉRIQUES139

Avant-propos	140
Définir Le concept de « chaîne numérique »	141
Le mythe de la chaîne numérique absolue, totale, universelle... ..	144
Le point de vue d'industriels : les réalités du terrain	145
Conclusion : pour une approche raisonnée et raisonnable des « chaînes numériques »	148



CONCLUSION GÉNÉRALE150

Avant-propos	8
Définition préliminaire d'un Produit	9
Pourquoi engager une démarche PLM ?	9
Comment procéder ?	10
Une première définition du PLM	10
Sur quoi agit-on ?	10
Qui est acteur ?	11
PLM et informatique	12
Conclusion	13

Les personnes ayant contribué à la rédaction de ce document sont : Claude Barra, Jean-Christophe Barré, Farouk Belkadi, Renaud DeFrance, Xavier Hily, Fouad Houcini, Guy Ladan, Gilles Lerouley, Yoann Maingon, Pascal Morenton, Jacques Pouget, Olivier Rives, Christophe Schuber, Alexandre Touchot, Jean-Jacques Urban-Galindo.

01

INTRODUCTION AU PRODUCT LIFE-CYCLE MANAGEMENT



Définir ce qu'est le « Product Life-cycle Management » est un exercice bien difficile pour plusieurs raisons : la désignation anglaise peut prêter à confusion, la traduction française « Gestion du cycle de vie du Produit » n'est pas des plus commodes, de nombreux acteurs donnent leurs propres définitions parfois sensiblement différentes les unes des autres, des démarches marketing tendent à tirer le « PLM » vers des activités nouvelles qui, historiquement, n'étaient pas usuellement comprises dans son périmètre etc. Le « PLM » n'en reste pas moins une réalité industrielle et depuis de nombreuses années, de nombreux projets, parfois d'envergure, s'en réclament.

Il est donc apparu à l'association PLM lab qu'il était nécessaire de réaliser un travail de clarification sur ce que représente le Product Life-cycle Management notamment en répondant aux questions suivantes :

Pourquoi engage-t-on une démarche PLM ?

Comment procéder ?

Sur quoi agit-on ?

Qui est acteur ?

Quel est son périmètre ?

Comment est-il supporté par les outils ?

Ce petit guide constitue donc une courte introduction à ce domaine, maintenant incontournable dans la conduite d'activités industrielles autour de Produits de plus en plus complexes, qu'est le Product Life-cycle Management.



DÉFINITION PRÉLIMINAIRE D'UN PRODUIT

Puisqu'il est fait explicitement référence au « Produit » dans la désignation du PLM, il convient avant toute chose de définir ce que l'on entend par Produit.

Voici deux définitions trouvées dans la littérature, suivies de la définition proposée par le PLM lab inspirée de celle proposée par Wikipedia :

Un Produit désigne le résultat créatif d'une activité humaine en général un bien mais aussi un service.

Wikipedia (au 11/04/2014).

Le Produit est un bien ou un service offert sur le marché de façon à y être remarqué, acquis ou consommé en vue de satisfaire un besoin.

Marketing management, Philippe KOTLER, Ed. Bernard Dubois.

PROPOSITION DE DÉFINITION DE L'ASSOCIATION PLM LAB

Un Produit désigne le résultat créatif d'une activité humaine en général un bien, un service ou un système, proposé par une entreprise sur le marché pour répondre à un besoin ; par Produit, on peut entendre ligne, famille ou portefeuille de Produits.

POURQUOI ENGAGER UNE DÉMARCHE PLM ?

Une démarche PLM est généralement engagée pour servir les enjeux d'entreprise par la coopération maîtrisée des activités techniques liées au Produit tout au long de son cycle de vie.

Voici quelques exemples d'enjeux :

ENTREPRISE GRIGAZ

- Garantir la sécurité des biens et des personnes,
- Améliorer la fiabilité de l'outil industriel,
- Améliorer la compétitivité en garantissant la connaissance et la maîtrise de son outil industriel.

ENTREPRISE THALES

- Développement dans les pays émergents, transfert de compétences,
- Diminution du coût de la non-qualité,
- Respect des aspects réglementaires.

COMMENT PROCÉDER ?

On procède en permettant à toutes les fonctions de l'entreprise de contribuer à la maîtrise et à l'optimisation de l'élaboration et des évolutions du Produit dans tout son cycle de vie.

Dans cette approche, le cycle de vie du Produit est constitué par l'ensemble des activités liées à celui-ci depuis la définition des premières exigences jusqu'à son retrait en passant par sa conception, son industrialisation, sa fabrication, son maintien en condition opérationnelle, etc.

UNE PREMIÈRE DÉFINITION DU PLM

En concaténant les réponses aux questions « Pourquoi engager une démarche PLM ? » et « Comment procéder ? », on aboutit à une première approche du Product Life-cycle Management qui est la suivante :

« On engage une démarche PLM pour servir les enjeux d'entreprise par la coopération maîtrisée des activités techniques liées au Produit. Elle permet à toutes les fonctions de l'entreprise de contribuer à la maîtrise et à l'optimisation de l'élaboration et des évolutions du Produit dans tout son cycle de vie. »

PROPOSITION DE DÉFINITION DE L'ASSOCIATION PLM LAB

Le PLM est une démarche méthodique dans l'entreprise étendue visant à intégrer toutes les activités techniques de conception autour de son objet, le Produit, et de ses processus* tout au long de son cycle de vie.

(* Parmi les processus particulièrement concernés, on peut citer : la définition du Produit, l'industrialisation, le maintien en condition opérationnelle, le démantèlement etc.

SUR QUOI AGIT-ON ?

En engageant une démarche PLM, on agit sur :

- **Les organisations, les responsabilités et les compétences,**
- **Les processus collaboratifs :** développement, gestion des évolutions, gestion des modifications, gestion de configuration, etc,
- **Les données techniques :** exigences, dossiers de définition, d'industrialisation, de maintenance, structures Produit, nomenclatures, codifications, etc,
- **Outils et systèmes d'information urbanisés.**

QUI EST ACTEUR ?

Le PLM est une démarche d'entreprise potentiellement étendue aux partenaires.

Dans les Directions impliquées, on peut citer les rôles suivants :

- **Les Directions Générales** qui sponsorisent la démarche et mandatent un organe de gouvernance,
- **Les Directions « métier »** qui définissent les besoins et valident les solutions proposées,
- **La Direction Informatique** qui outille la démarche en termes d'architectures, d'applicatifs, d'infrastructure, de migrations, de reprise des données, etc,
- **La Direction Qualité** qui s'assure de la bonne mise en oeuvre et de la maîtrise des processus,
- **La Direction Financière** qui est garante de la pertinence économique de la démarche,
- **La Direction des Ressources Humaines** pour accompagner le changement.



D'un point de vue opérationnel, on retrouve des métiers et des utilisateurs, comme par exemple :

- **Marketing, Directions Produit**
- **Etudes**
- **Méthodes**
- **Production**
- **Soutien, après-vente**
- **Assurance qualité**
- **Exploitation,**
- **Achat**
- ...

Il est à noter que ces populations doivent faire l'objet d'un accompagnement et d'une conduite du changement correctement dimensionnés pour assurer la réussite du projet et l'utilisation effective des moyens déployés.

L'implication de toutes les parties prenantes du projet, métiers opérationnels comme informatique, doit être assurée dès le début, mais on aura tout intérêt à procéder par étapes en étendant progressivement les périmètres fonctionnels, informatiques, géographiques...

Pour s'assurer un plein succès à la démarche PLM, la relation entre les métiers et l'informatique doit se faire de préférence sur le mode collaboratif et non sur un mode purement client-fournisseur.

PLM ET INFORMATIQUE

La mise en oeuvre d'une démarche PLM est supportée par l'intégration d'un ensemble d'applications informatiques pour supporter les différentes activités réalisées sur le Produit tout au long de son cycle de vie.

Des systèmes d'information dits « PLM » sont proposés par des offreurs mais, en tout état de cause, rien n'impose que toutes les applications du domaine PLM soient servies par un seul outil.

Une démarche d'urbanisation des systèmes d'information de l'entreprise pourra - devra - aussi être engagée en liaison avec les standards en usage pour favoriser l'interopérabilité entre différents outils ou systèmes informatiques notamment ceux qualifiés d' « ERP ».



Cette approche mérite à elle seule un autre guide pour être correctement exposée. Nous sommes convaincus des attentes et lancerons prochainement la rédaction d'un tel guide en nous appuyant sur l'expérience de nombreux adhérents.



La maîtrise du partage dans l'entreprise étendue de la définition des Produits et procédés est une démarche stratégique qui doit être soutenue au plus haut niveau de l'entreprise et concerner toutes les fonctions. En outre, cette maîtrise est parfois une exigence du donneur d'ordre pour garantir le niveau d'assurance qualité requis.

Cette démarche ne devra pas être réduite au choix et au déploiement d'un ensemble d'outils informatiques, applicatifs « métier » ou systèmes d'information.

Enfin pour statuer sur la pertinence ou non d'un engagement d'une démarche PLM, une entreprise pourra s'interroger sur le retour sur investissement escompté mais aussi sur le coût d'un possible non-engagement et sur les risques induits.



INTRODUCTION À L'ARTICLE

Pourquoi doit-on parler de l'Article ?	16
Qu'est-ce qu'un article ?	16
Quel est le vocabulaire usuellement rencontré autour de l'Article ?	18
Existe-t-il une typologie d'articles liés au cycle de vie du Produit ?	19
Qu'est-ce qu'un article sérialisé ?	21
Comment identifier un article ?	21
Comment caractériser un article ?	22
Comment représenter un article ?	23
Quels sont les usages possibles pour un article ?	23
Comment gérer un article ?	23

Les adhérents ayant contribué à la rédaction de ce document sont : Thierry Caillon (NEXTER), François Caillot (Arteson), Jean-Fabien Curie (CESAM Seed), Denis Debaecker (MEWS Partners), Claude Korber (Consultant), Stéphane Héno (Naval Group), Olivier Martin (MEWS Partners) Pascal Morenton (CentraleSupélec), Olivier Rives (ZODIAC).

Une web-conférence a réuni le 17 Décembre 2018 : Mohamed Aboukasssem, Sébastien Grau, Emmanuel Habay, Kamal Hammoutene, Stéphane Héno, Pascal Morenton, Gregory Perasso, Hervé Pouzac, Thierry Terrier, Jean-Jacques Urban-Galindo.



Une réunion en présentiel a réuni, à l'invitation d'EDF, le 31 Janvier 2019 : A gauche - Mohamed Aboukasssem (EDF), Jean-Christophe Barré (ILLAS), Emmanuel Habay (MICHELIN), Frédéric Gheung (EDF), Nicolas Verdière (EDF, qui nous a accueilli à la tour AREVA de la Défense), Frédéric Pairot (DAHER). A droite - Sébastien Grau (INENSIA), Eric Peuteuil (ARAS France), Jean-Fabien Curie (CESAM SEED), Claude Korber (Consultant indépendant) ; Photographe (et donc pas sur la photo !) : Pascal Morenton (CentraleSupélec)

Une web-conférence a réuni le 2 Juin 2020 : Frédéric Féru, Emmanuel Habay, Claude Korber, Jean-Jacques Urban-Galindo, François Caillot, Jean-Fabien Curie, Stéphane Héno, Pascal Morenton.

POURQUOI DOIT-ON PARLER DE L'ARTICLE ?

De nombreux métiers, dans l'entreprise, parlent d'articles, ces objets de gestion utilisés aux études, à la fabrication, au stock, en logistique, dans les points de vente, ... Mais finalement, connaît-on aussi bien que cela l'Article, ce concept de base utilisé dans de nombreux contextes de gestion tout au long du cycle de vie d'un Produit : études, méthodes, production, achats, stock, maintenance, ... ? On peut aussi se poser la question de la place et de la nature de l'Article pour la gestion du logiciel, des services, ...

Quelles sont les différentes « interprétations » ou « usages » de ce même concept dans les métiers et domaines d'activités de l'entreprise ? Autrement dit : l'Article est-il seulement un « mot valise » que chaque métier s'approprie et investit en fonction de ses besoins propres ou existe-t-il des dénominateurs communs entre ces différents « articles » ?

Par ailleurs, quelle est la nature des nombreuses activités qui sont liées aux articles : identification, caractérisation, classification, structuration, représentation, ... ?

Voilà de nombreux sujets à explorer et dont la parfaite maîtrise semble constituer l'indispensable pré-requis à toute démarche d'intégration d'activités industrielles et de leur numérisation, que l'on parle de BIM, de PLM, de MDM, ... C'est la raison pour laquelle l'association PLM lab a souhaité aborder ce sujet à travers ce document.



QU'EST-CE QU'UN ARTICLE ?

Voici quelques définitions relatives à l'article.

Partie formant une division ou une subdivision, le plus souvent numérotée, dans un code, un contrat, un traité, un catalogue, etc., et ayant un rapport d'ensemble avec ce qui précède et ce qui suit.

Larousse.

L'article recouvre les notions de composant, composé, pièce, ingrédient, ensemble, élément fonctionnel, Produit et système acheté ou transformé par l'industriel. Il concerne des éléments matériels, logiciels ou une combinaison de ces éléments. Il concerne également les éléments du système de soutien (banc, outillage, documentation utilisateur, emballage, etc.). Les articles peuvent être ou non sélectionnés comme article de configuration, ils sont documentés.

BNAE.

Un article est un ensemble de matériels, de logiciels, de services ou un sous-ensemble défini de ceux-ci, défini de manière à être traité comme une entité autonome dans un ou plusieurs processus relatifs à la gestion d'un système tout au long de son cycle de vie : spécification, conception, industrialisation, production, logistique, vente, maintenance, retrait, ...

ISO 10007.

De ces trois définitions, l'association PLM lab retient les points saillants suivants :

- **L'Article est tout ou partie d'un ensemble,**
- **L'Article est matériel, logiciel ou immatériel,**
- **L'Article est une entité de gestion autonome.**

L'article correspond donc à un niveau de granularité qui répond à des besoins de gestion dans un contexte donné. Il permet de gérer un objet (au sens large : hardware, software ou service), tout au long de son cycle de vie, dans ses différentes « configurations » (voir le guide sur la gestion de configuration du PLM lab).

Il agrège les informations utilisées pour répondre aux attentes énoncées dans différents contextes. Ces attentes peuvent être, par exemple : décrire et gérer « ce que l'on dit vouloir », décrire et gérer « ce que l'on dit vouloir faire... ».

Une représentation de cette vision est proposée ci-dessous :

REPRÉSENTATION DE LA RÉALITÉ PHYSIQUE		RÉALITÉ PHYSIQUE
Ce que l'on dit vouloir	Tel que requis	As required
	Tel que spécifié	As specified
Ce que l'on dit vouloir faire	Tel que conçu	As designed
	Tel que maintenable	As supported/ As serviced
	Tel que prévu	To be built
	Tel que planifié	As planned
Ce que l'on dit avoir fait	Tel que fabriqué	As built
	Tel que livré	As delivered
Ce que l'on dit avoir à disposition	Tel qu'exploité	As operated
	Tel que maintenu	As maintained
	Tel que démantelé	As dismantled

Ce que l'on a réellement

QUEL EST LE VOCABULAIRE USUELLEMENT RENCONTRÉ AUTOUR DE L'ARTICLE ?

selon son contexte métier d'utilisation, différentes dénominations de l'Article se rencontrent en pratique.

On parlera ainsi de (liste non exhaustive) :

- Article commercial
- Article de catalogue
- Article de définition
- Article de production
- Article logistique
- Article de stock
- Article de rechange

On trouve également d'autres dénominations en relation avec les règles de gestion des articles :

- Article de configuration
- Composant/Composé
- Articles achetés ou fabriqués
- Articles fantômes
- Article fini
- Article semi-fini
- Article intermédiaire
- Article de tête
- Article sérialisé ou loti
- ...

Chaque métier manipulera de façon privilégiée un certain nombre de ces dénominations pour ses besoins propres. C'est ainsi que, par exemples :

L'article commercial intéressera ainsi les métiers du commerce en donnant des informations du type : prix de vente, performances, délais de livraison...

L'article de définition intéressera ainsi les métiers des études en donnant des informations sur les spécifications, sur sa définition géométrique...

L'efficacité d'une organisation pourra alors être reliée à sa capacité à :

1.

Identifier

sur le périmètre de l'entreprise les types d'articles nécessaires à ses opérations.

2.

Partager

les définitions entre les métiers de l'entreprise et des règles cohérentes de gestion.

3.

Adopter

les meilleures pratiques dans le domaine.

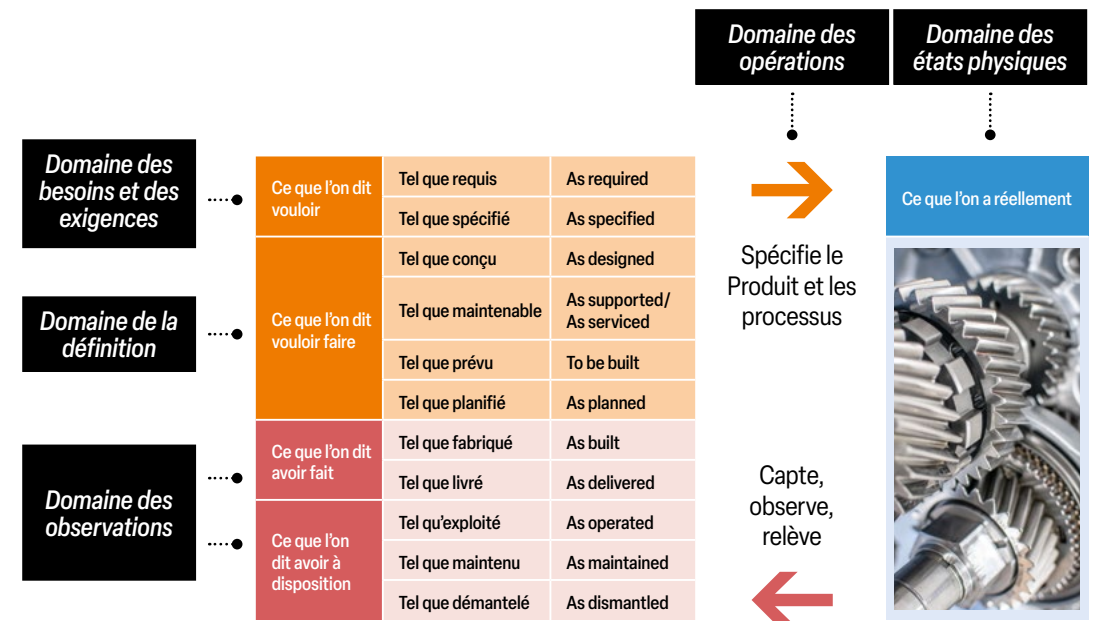
EXISTE-T-IL UNE TYPOLOGIE D'ARTICLES LIÉS AU CYCLE DE VIE DU PRODUIT ?

Si l'on reprend le schéma représentant les différents « états » d'un Produit ou d'un système (voir ci-après), on peut identifier différents « domaines » d'un Produit ou système :

- **Domaine des besoins et des exigences**
- **Domaine de la définition**
- **Domaine des observations**
- **Domaine du pilotage des opérations**
- **Domaine des états « physiques » d'un système**

On pourra alors dire que :

- Les domaines des besoins et exigences et de la définition décrivent des modèles virtuels ; c'est une représentation informationnelle « déclarative ».
- Le domaine de l'observation décrit les états « physiques » d'un objet de façon permanente même en son absence.
- Le domaine des états physiques est le domaine de la réalité objectivable et observable.



A certains de ces domaines, on associe classiquement des articles plus spécifiques contribuant à la bonne gestion de ces domaines :

- **L'article de « besoin »** correspondant au domaine des besoins et exigences
- **L'article de « définition »** correspondant au domaine de la définition

On pourra alors associer à chacun de ces articles, un identifiant unique appelé usuellement « **code article** » en français ou « **part number** » en anglais.

On trouve cet identifiant sur la majorité des Produits industrialisés après la désignation « **Part No** » ou plus simplement « **P/N** », comme sur la plaque d'identification ci-dessous correspondant à l'un des modules lunaires des missions Apollo :



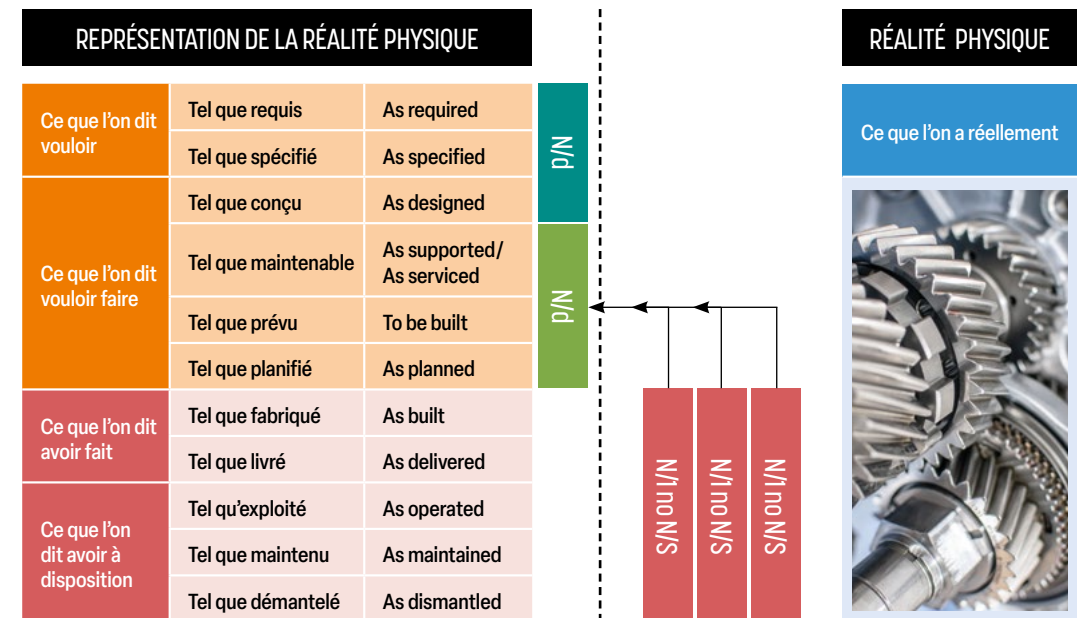
QU'EST-CE QU'UN ARTICLE SÉRIALISÉ ?

Dans le domaine des états physiques, on ne parlera plus d'article, qui est un objet conceptuel, mais d'**exemplaires** ou d'**instances**.

A un « article de définition » pourra alors correspondre plusieurs « exemplaires » qui dans certains cas seront identifiés par un « **numéro de série** » ou « **serial number** » (**S/N**). C'est le cas sur la plaque du programme Apollo représentée ci-contre. Dans ce cas, on dit que l'article cité est un article sérialisé.

On peut aussi ne tracer qu'un lot d'exemplaires et non chacun de ceux-ci. Le lot est alors identifié par un « **numéro de lot** » ou un « **lot number** » (**L/N**).

On peut alors représenter cela par ce schéma :



COMMENT IDENTIFIER UN ARTICLE ?

L'identification univoque d'un article se fait notamment via sa codification. Ici nous pouvons rappeler ce qui a été écrit dans le guide sur la codification d'un item par l'association PLM lab - un item pouvant être notamment un article : « **Une codification est une méthode d'identification** d'un objet ou d'une donnée technique, sans ambiguïté sur la nature de l'item et ceci de façon concise et partagée entre les utilisateurs de cette codification dans tout son périmètre d'utilisation et à tout moment. Codifier un item consiste donc à lui attribuer une immatriculation ayant pour objectif de l'identifier de manière non ambiguë. Une codification s'applique à un ensemble d'items que l'on souhaite désigner dans un domaine d'application défini notamment par l'autorité qui a en charge cette codification. »

Pour plus d'informations sur la question de la codification, nous vous invitons à consulter le guide cité en référence.

COMMENT CARACTÉRISER UN ARTICLE ?

Les caractéristiques d'un article permettent de répondre à des questions liées à sa gestion et à différents usages. Voici quelques exemples de caractéristiques d'un article :

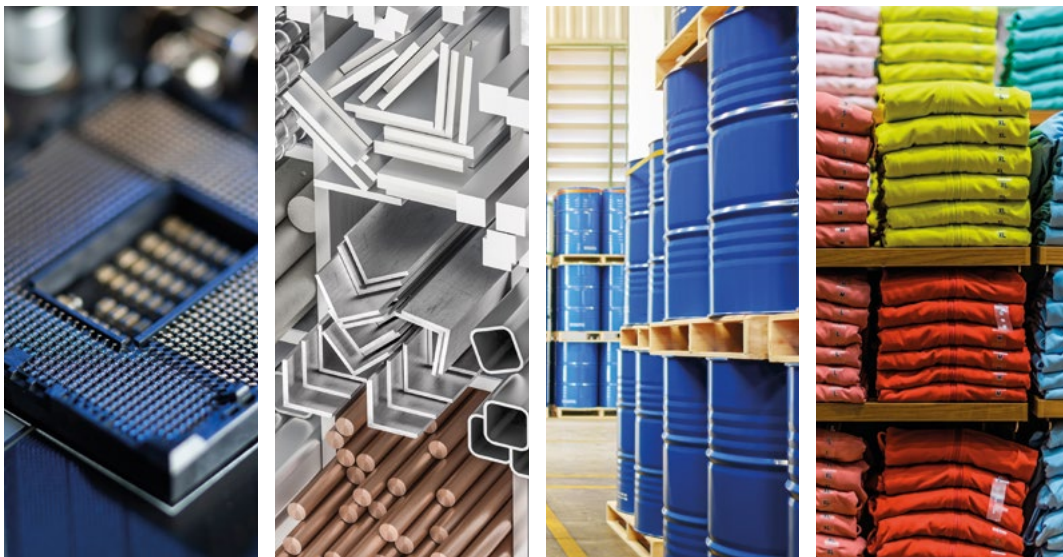
- **Dimensions et unités,**
- **Masse,**
- **Couleur(s),**
- **Matière(s),**
- **Exigences normatives (Reach, ...) et normes associées,**
- **Date de création, de validation,**
- **Propriétaire,**
- **Etc.**

Usuellement, on différencie les caractéristiques « techniques » (désignées parfois comme « cartechs ») des caractéristiques de « gestion ». Notamment, on peut déclarer des caractéristiques qui seront utiles pour les activités « aval » réalisées dans la chaîne logistique, comme par exemple une autre codification utilisée dans un système « ERP ».

Les caractéristiques adressent souvent un « métier » ou une population ciblée : études, méthodes, achat, qualitatif, production, ... dans le but d'adresser des besoins spécifiques ou non.

Les caractéristiques permettent de faire des recherches rapides et de réaliser des analyses basées sur un sous-ensemble d'attributs. Voici un exemple de requête basée sur les caractéristiques d'un article : « *je souhaite identifier les articles dont la masse est supérieure à 200 g, en aluminium, provenant de tel fournisseur* ».

Ces caractéristiques sont donc autant de paramètres liés aux articles et exposés explicitement pour faire apparaître des objectifs de « standardisation » permettant notamment d'établir des familles et des bibliothèques de composants. L'objectif étant souvent de limiter le nombre d'articles gérés dans un souci de rationalisation de la base « articles ». C'est de plus en plus un enjeu majeur de la gestion des « articles ».



COMMENT REPRÉSENTER UN ARTICLE ?

Un article peut être « représenté » de plusieurs façons pour adresser différents besoins. On peut ainsi dire qu'un article est « multi-représenté » via des modèles pluri-disciplinaires ; on peut citer :

- **Les modèles comportementaux,**
- **Les modèles mécaniques,**
- **Les modèles géométriques,**
- **Les modèles électriques,**
- **Les modèles logiques,**
- **Etc.**

Ces modèles ou représentations sont souvent créés et/ou utilisés via des outils de conception ou de simulation assistés par ordinateur. Ils possèdent leur propre dynamique de modification et il s'agit donc de s'assurer, à un instant donné, de leur cohérence intrinsèque et vis-à-vis de leur environnement.

L'article est l'une des entités importantes pour s'assurer de la bonne gestion des informations techniques d'un système. Il constitue une passerelle entre les « métiers » de l'entreprise et c'est notamment un concept clé utilisé dans les activités de gestion de configuration, voir à ce sujet le guide de l'association PLM lab.

QUELS SONT LES USAGES POSSIBLES POUR UN ARTICLE ?

Ici on peut différencier deux types d'articles :

- **l'article défini pour un usage spécifique pour un sous-ensemble d'usages connus ;**
tous les « cas d'emploi » sont alors, à priori, définis,

- **l'article de catalogue ou « standard »**
qui est proposé pour de multiples usages, dont certains ne sont pas encore connus.

Pour un besoin particulier, selon un point de vue « métier » donné, un besoin peut être couvert par plusieurs articles qui sont alors considérés comme équivalents.

Il conviendra de se poser la question de la portée de cette équivalence, restreinte à un ou plusieurs cas d'emploi ou à l'ensemble des cas possibles.

COMMENT GÉRER UN ARTICLE ?

Les questions liées à la gouvernance d'un article se doivent d'être posées pour permettre de répondre aux questions, entre autres, suivantes :

- **Qui est autorisé à créer un article ?**
- **Qui est autorisé à modifier un article ?**
- **Qui est autorisé à mettre un article dans un catalogue ?**
- **Qui est autorisé à utiliser un article ?**
- **Etc.**

Les réponses apportées à ces questions peuvent dépendre notamment de l'état de maturité dans son cycle de vie de l'article, de ses usages ou de son statut : actif, en cours de révision, obsolète.

INTRODUCTION À LA CODIFICATION

Introduction	26
Pourquoi codifier ?	27
Une première définition de la codification	28
Quels sont les usages de la codification ?	28
Choisir une codification significative ou non ?	30
Codification et interchangeabilité	32
La multi-codification	33
Codification des documents techniques dont les plans (et de leurs liens éventuels avec les codes « Article »)	34
Les apports de systèmes de codification internationaux	35
Autres points à traiter	35

Les personnes ayant contribué à la rédaction de ce document sont : Jean-Christophe Barré, Renaud Defrance, Fouad Houcini, Yoann Maingon, Pascal Morenton, Olivier Rives, Alexandre Touchot et Jean-Jacques Urban-Galindo.

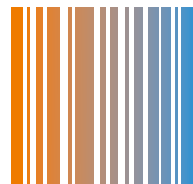
Dans le cadre d'une démarche PLM, la codification des « objets » est un sujet souvent abordé, considéré comme un point important sinon critique et qui peut parfois mener à de long débats internes ou avec des organismes tiers (sous-traitants, partenaires, fournisseurs, clients ...) pour déterminer la meilleure stratégie à promouvoir dans ce domaine.

Cela est d'autant plus vrai que la codification est souvent perçue comme l'un des fondamentaux de la culture d'une entreprise et est souvent intimement liée à ses processus métiers. Elle constitue le socle sur lequel est structuré, organisé, le patrimoine longuement accumulé. La codification est également l'un des maillons clés dans les échanges collaboratifs, elle peut constituer un obstacle majeur pour l'évolution de certains systèmes d'information.

L'association PLM lab a donc considéré qu'il serait intéressant pour tous les acteurs de l'écosystème « PLM » de faire un point sur ce sujet jusque-là peu abordé dans les conférences et séminaires ou au niveau des directions générales.

Mais bien entendu, le présent guide n'a pas vocation à traiter l'ensemble des codes en usage dans une entreprise comme par exemple les codes permettant de décrire l'organisation interne des services, souvent représentés par une chaîne de ce type AC/DKIL/SIPO/KLOL/EOLV. Nous ne traiterons principalement que des codes utilisés pour définir un objet technique et les documents qui lui sont attachés.

Cela étant dit, nous ne nous interdisons pas d'utiliser des codifications de la vie courante pour illustrer nos propos (comme l'exemple du code barre illustrant la couverture du présent document).



POURQUOI CODIFIER ?

Quand on souhaite désigner un objet technique (« métier ») avec les mots du langage courant plutôt qu'avec un code, on peut se heurter aux problèmes suivants :

- **La désignation est ambiguë** : une désignation peut correspondre à plusieurs objets techniques ou être sujette à différentes interprétations, peut varier d'un individu à un autre,
- **La désignation n'est pas compréhensible pour tous** : c'est le problème classique du multilinguisme, par exemple,
- **La désignation est non-ambiguë mais beaucoup trop lourde** : pour lever toute ambiguïté, on arrive à une formulation qui nécessite de trop longs développements,
- **Désignation inexistante** : il est parfois nécessaire de désigner un objet pour un besoin particulier, l'objet lui-même n'étant pas encore ou mal défini ou même nommé, il ne peut donc être désigné que via un code,
- **La désignation donne une information qui ne doit pas être diffusée** : dans certains cas, un « secret » industriel à maintenir impose de ne pas utiliser une désignation trop explicite voire en aucune façon explicite, d'où le recours à un langage « codé ».

On peut également évoquer les risques liés à une codification non maîtrisée au sein d'une entreprise :

- **Multiplication de stocks** : des articles interchangeables sont identifiés de façon différente,
- **Non différenciation d'articles non interchangeables, ce qui impose un tri à l'utilisation de l'article,**
- **Impossibilité pour le support client** (maintenance, réparation) de retrouver les bonnes pièces,
- **Impossibilité de tenir les exigences réglementaires ou prudentielles en matière de traçabilité** (export de matériels/technologies sensibles, identification des matériels/designs fautifs en cas d'accident).

Tous ces risques, quand ils débouchent sur un incident, ont des conséquences ayant des impacts économiques/judiciaires bien réels...



UNE PREMIÈRE DÉFINITION DE LA CODIFICATION

Une codification est une méthode d'identification d'un objet ou d'une donnée technique, sans ambiguïté sur la nature de l'item et ceci de façon concise et partagée entre les utilisateurs de cette codification dans tout son périmètre d'utilisation et à tout moment.

Codifier un item consiste donc à lui attribuer une immatriculation ayant pour objectif de l'identifier de manière non ambiguë. Une codification s'applique à un ensemble d'items que l'on souhaite désigner dans un domaine d'application défini notamment par l'autorité qui a en charge cette codification.

QUELS SONT LES USAGES DE LA CODIFICATION ?

La codification peut répondre à de nombreux besoins. Nous allons citer quelques usages typiques d'une codification.

Repérer, (re)trouver

Dans l'exemple du certificat d'immatriculation ci-contre, on peut utiliser un code pour identifier de façon exacte un véhicule. Il est à noter qu'un même objet peut supporter plusieurs codifications. Dans l'exemple, nous avons le numéro d'immatriculation (repère A), le code d'identification national du type (repère D.2.1), le numéro d'identification du véhicule (E). Ce code est structuré selon une norme internationale (ISO 3779:2009).



Le Vehicle Identification Number, ou « code VIN », est un code alphanumérique unique qui est donné à chaque véhicule automobile depuis 1954. Il apparaît sur le châssis du véhicule. Introduit sous une forme non standardisée en 1954 par les constructeurs américains, il a été normalisé en 1981 et comporte 17 caractères.

Suivre, tracer

Il s'agit ici de suivre un item tout au long de son cycle de vie comme, par exemple, dans le cas d'une livraison où un numéro unique permet de désigner un colis.



Echanger

Le code est cette fois-ci partagé entre différentes parties prenantes d'une même activité, comme le client et le vendeur d'un article.



Réparer

Lors d'une phase de maintenance, le code permet de repérer de façon rapide et non ambiguë un élément à remplacer.



Identifier

Il s'agit de désigner un objet en cours d'élaboration qui n'existe qu'à travers la définition d'exigences ou de caractéristiques fonctionnelles.

Exemple : le véhicule commercialement connu sous le nom de « Citroën C5 » a été planifié et développé sous le nom de projet « X4 ». Il est à noter que cette racine intervient dans la codification de nombreux objets relatifs à cette gamme de véhicule.

CHOISIR UNE CODIFICATION SIGNIFICATIVE OU NON ?

Une codification non-significative est constituée d'une chaîne alpha-numérique choisie de façon arbitraire ne portant de façon intrinsèque aucune information de quelque nature que ce soit sur l'objet désigné.

Exemple : dans certains cas, un numéro de licence informatique

EUIDH-EZERO-ZEJST-PZOLS-EIZJS

Une codification totalement significative est constituée d'une chaîne alpha-numérique qui porte en elle une information sur une ou plusieurs caractéristiques (fonctionnelles, provenance, familles etc) du Produit.

Exemple : une vis peut posséder une désignation totalement significative comme celle-ci « Vis H M8-20 8.8 » désigne une vis à tête hexagonale (H) et possédant un filet normalisé métrique à pas gros (M), de diamètre 8 mm, de longueur 20 mm et de classe 8.8 (nature du matériau).

Une codification semi-significative est constituée d'une première partie significative et d'une seconde partie non-significative. Elle permet de profiter des avantages de ces deux systèmes de codification.

Exemple : le code « Vehicle Identification Number » est la concaténation de 3 codes permettant d'identifier le constructeur, le modèle, etc.¹ suivi d'un code indicateur non significatif.

Standard	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ISO 3779	Code constructeur		Code descripteur							Code indicateur							
Union européenne et Amérique du Nord	Code WMI		Composition du véhicule	Code équipement du véhicule	Code année/modèle	Code véhicule	Numéro progressif série										
Union européenne et Amérique du Nord <i>Moins de 500 véhicules/an</i>	Code WMI	9	Composition du véhicule	Code équipement du véhicule	Code année/modèle	Code véhicule	Code constructeur WMI	Numéro progressif série									

1) http://fr.wikipedia.org/wiki/Vehicle_Identification_Number

Avantages et inconvénients des codifications significatives et non-significatives

	Codification significative	Codification non-significative
Utilisation hors système d'information pour une interprétation « humaine »	+++	
Optimisation du nombre de caractères, concision		+++
Immunité au risque de collisions entre codifications	+++	
Risques liés à un traitement automatisé basé sur l'interprétation du code	Danger !	+++

Dans le cas d'une codification significative ou semi-significative, on sera attentif à la précaution élémentaire qui doit être prise de nos jours avec l'utilisation des « sous-codes » comme critères pour exécuter des traitements. Il est en effet fréquent que les plages de valeurs des critères retenus initialement à la conception d'un système de codification soient insuffisantes pour représenter toutes les extensions devenues nécessaires avec le développement au long des années. Il faut alors outrepasser la règle initiale pour ne pas modifier la longueur du code.

Si les codifications semi-significatives présentent un intérêt réel pour aider à la mémorisation humaine, elles doivent dans tous les cas être traitées globalement comme un seul identifiant, les caractéristiques participant à leur construction étant systématiquement répétées comme des attributs dans le système d'information. Une précaution élémentaire consiste à compléter le code défini d'un champ numérique pour distinguer les éventuelles collisions : un même code proposé pour 2 objets différents.

Exemple : chez THALES, on retrouve trois classes de codifications qui sont les suivantes :

- En semi-significatif pour les articles de configuration : 45000000AA, le code AA est « l'état fonctionnel » qui bouge en cas de diversification du Produit d'origine ou de rupture d'interchangeabilité,
- En semi significatif pour les documents et les configurations de référence : 45123456-306, 45000000-FBL ; le code 306 est un code type document, FBL signifie Functional Baseline (configuration fonctionnelle de référence),
- Tranche de numéros non significatifs pour les composants « achetés sur étagère » (COTS) et pour les composants élémentaires : 91000000, 91000001...
- Non significatif pour tout le reste : 456789345.

CODIFICATION ET INTERCHANGEABILITÉ

Pour désigner l'évolution d'un Produit, il est d'usage de respecter cette règle dite d'« interchangeabilité » :

Quand après une évolution, un article reste interchangeable avec l'article initial, alors les deux items peuvent être désignés par le même code article et différenciés par une version.

Exemple : 1283947 version A et 1283947 version B sont interchangeables. Dans ce cas, il faut savoir rattacher à une même référence, ici 1283947, plusieurs versions de documents (spécifications, CAO etc) pour chacune de ces versions A et B.

Quand l'évolution d'un article fait qu'il n'est plus interchangeable avec l'article initial, on change de code « article ».

Exemple :

1283947 (version A) et 1283948 (version A) provenant d'une modification significative de 1283947 ne sont pas interchangeables.

Or, parfois, dans certaines codifications, on intègre la version dans le code article, ce qui paraît séduisant pour « voir » plus aisément « de quoi » on parle.

Exemple :

« 1283947-A » code indiquant qu'on parle de la version A de l'item 1283947

« 1283947-B » code indiquant qu'on parle de la version B de l'item 1283947

Dans l'application de ce système de codification, il résulte 3 conséquences :

- On ne profite plus de la règle de codification dite « d'interchangeabilité » qui est pourtant largement répandue et connue,
- Le code est plus long,
- Cela revient à créer de nombreuses nouvelles références dans les systèmes d'approvisionnement et de suivi de production (dans l'« ERP »), ce qui est une charge non négligeable notamment en nomenclature et augmente les stocks.

Avant de retenir ce système de codification intégrant la version dans le code, il sera important de bien réfléchir à toutes les conséquences dans l'ensemble de l'entreprise. Avec les systèmes d'information actuels, l'accès à une version particulière d'un item est en général aisé et constitue une fonction de base du système.

LA MULTI-CODIFICATION

La multi-codification est l'utilisation de plusieurs codes pour désigner un même objet.

Cela constitue parfois une réelle difficulté, par exemple entre client et fournisseur, chacun ayant ses propres règles de codification. C'est le cas aussi parfois entre les services d'une même entreprise, par exemple pour le service commercial ou les pièces de rechange.

Cette difficulté est encore plus importante quand on souhaite gérer les différentes évolutions (versions) d'une même pièce sous deux responsabilités différentes (fournisseur et donneur d'ordre par exemple). Il convient alors de synchroniser les codifications mais aussi l'identification des versions et leur historique chez chacun des acteurs.

Les standards STEP proposent certaines réponses pour traiter cette problématique avec la présence dans le modèle de données d'un « Alias » pour identifier de façon alternative un article.

La multi-codification peut résulter d'un regroupement ou de la fusion d'organisations.

Pour unifier ou rendre compatible les codifications préexistantes, on peut suivre deux stratégies :

- **Recodification du patrimoine de l'une des organisations pour respecter la codification jugée la plus pérenne :** c'est en général un chantier énorme
- **Préfixer les codes des objets d'une racine caractéristique de l'origine pour éviter les collisions entre codes.**

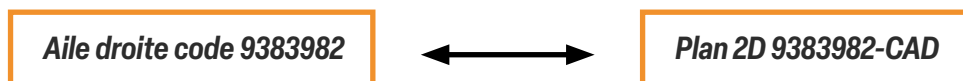
On peut noter que les phases transitoires où plusieurs codifications subsistent au sein d'une même entreprise peuvent être assez longues, tant les enjeux et les efforts à déployer une réelle unification semblent importants.



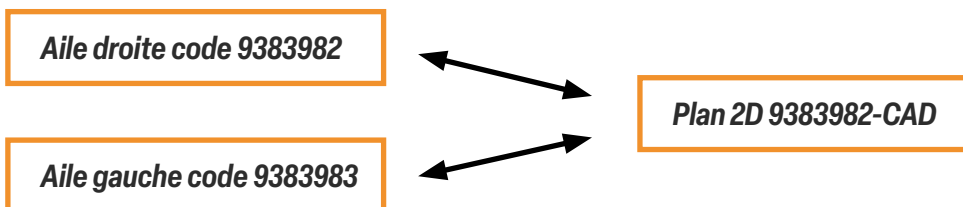
CODIFICATION DES DOCUMENTS TECHNIQUES DONT LES PLANS (et de leurs liens éventuels avec les codes « article »)

Même s'il est séduisant, afin de faciliter la mémorisation, d'exprimer la relation entre article et document descriptif (dont le plan mais pas uniquement) en conservant une partie commune dans la codification, on sera vigilant sur le fait que cette relation est rarement une relation 1 à 1.

Dans l'exemple ci-dessous, la racine 9383982 indique que le plan est bien lié à la définition de l'article « Aile droite ».



Mais dans ce cas le plan 2D peut représenter 2 articles strictement symétriques désignés par 2 codes distincts. Nous pourrions donc avoir la situation suivante où la logique énoncée précédemment ne fonctionne plus :



On s'appliquera donc à garder un modèle de données permettant des relations m à n entre les objets, ce qui permet de traiter aisément le cas particulier 1 à 1.

LES APPORTS DE SYSTÈMES DE CODIFICATION INTERNATIONAUX

Pour illustrer l'utilisation des systèmes de codification internationaux, prenons l'exemple de THALES. En effet, celle-ci étant une entreprise internationale qui a fortement grossi par croissance externe, elle doit aussi s'assurer d'une **unicité mondiale** de ses numéros étant entendu que les codifications historiques des entreprises absorbées mettent plusieurs années à ne plus être utilisées et que ces entités coopèrent.

Donc pour tout identifiant, THALES applique les principes de l'ISO6523 qui consiste à dire que tout système de numérotation doit pouvoir être lui-même identifié de manière unique. Donc dans son système d'information, les codes sont composés de l'« IDENTIFICATION DE L'OBJET » et de l'« IDENTIFICATION UNIQUE ET MONDIALE DE L'ENTITE PROPRIETAIRE ».

Exemple : 45000000-F6481-0026 où F6481 est le code THALES S.A. France tel que connu de l'OTAN (code 0026) selon le répertoire ICD (International Code Designator).

Par cette méthode, chacun dans le groupe peut continuer à utiliser ses méthodes de codifications historiques tout en échangeant des données sans collision possible. Cela permet aussi de gérer des nomenclatures sans exigence de renumérotation des articles.

AUTRES POINTS À TRAITER

Dans ce dernier paragraphe, nous listons l'ensemble des points qui pourront être abordés dans une version ultérieure du présent guide :

- Distinguer codification en conception et marquage (étiquettes sur les Produits) issu de la production,
- Qu'est que sur-codifier ? Quand le faire et ne pas le faire ?
- Le rôle de la codification dans la gestion des modifications (ouverture, étude, décision, mise en oeuvre, applicabilité...),
- La codification des services rendus, des articles, des exemplaires, des tâches, des activités, des intervenants etc,
- Les supports de la codification: matériels (étiquettes, plaques d'identification, RFID, machines) et immatériels (logiciels, procédures) etc,
- Les impacts d'un changement de codification,
- Les meilleures sources sur la codification: internet, livres, etc.

INTRODUCTION AUX NOMENCLATURES

Avant-propos	38
Un peu d'histoire.....	39
La nomenclature, une simple liste ?	41
La question des nomenclatures « multi-niveaux »	44
Nomenclature et Structure Produit	46
Une seule nomenclature pour toute l'entreprise ?	50
Structure Produit et Conception Assistée par Ordinateur.....	54
Les nomenclatures dans le monde des logiciels.....	56
A quoi servent les nomenclatures et les structures « Produit » ?	58
Comment établir une nomenclature, une structure « Produit » ?	61
Nomenclatures et gestion de configuration ?	63
Diversité Produit et familles de produits	64
Exemples de représentations	65

Nomenclature, structure Produit, arbre Produit, arborescence Produit, Bill of Materials, eBOM, mBOM ... autant de termes souvent employés dans des discussions entre acteurs d'un même projet industriel faisant appel ou pas à une démarche « PLM ». Alors qu'ils doivent coordonner leurs travaux afin d'obtenir une définition partagée du (ou des) Produit(s), ces acteurs sont souvent persuadés qu'ils partagent avec leurs interlocuteurs une même définition de ces termes, une même vision de ces concepts fondamentaux, et ne se posent donc même pas la question de savoir si une harmonisation est nécessaire dans ces domaines.

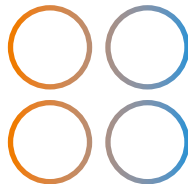
Mais est-ce vraiment le cas ?

Tout le monde partage-t-il une même vision de ce que recouvrent ces termes ?

L'usage qui en est fait dans les activités quotidiennes d'une entreprise est-il le même partout ?

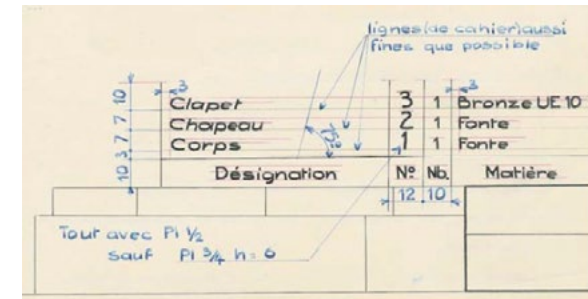
Des différences d'appréciation voire des divergences de vue dans ces domaines n'aboutissent-elles pas à des problèmes, parfois importants, dans l'établissement, la transmission et l'utilisation de l'information liée au domaine des « nomenclatures » au sein ou au-delà d'une entreprise ?

L'association PLM lab pense que ces questions valent bien qu'on s'y attarde un peu et que certains points abordés autour de ces sujets doivent être clarifiés afin de faciliter le dialogue en acteurs d'une même démarche PLM et, autant que possible, limiter les incompréhensions. La nomenclature et tous les concepts qui en découlent sont, à coup sûr, des pivots d'une telle démarche. Après la gestion de configuration et les standards, les nomenclatures constituent donc le sujet de notre 3ème guide réalisé collégialement durant le premier semestre 2012.



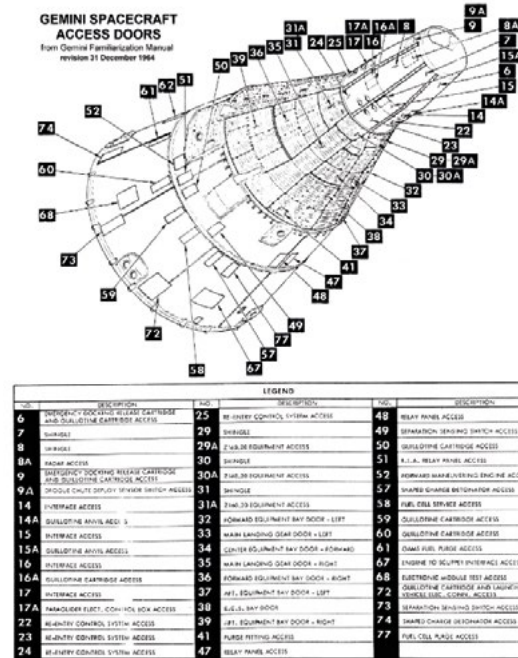
UN PEU D'HISTOIRE

Avant l'arrivée de l'informatique, on considérait, au bureau d'études, la nomenclature comme une liste détaillant les composants constituant un Produit. Cette liste était souvent représentée par un tableau présent au dessus du cartouche sur le dessin d'ensemble du système considéré. La figure ci-dessous¹ représente les règles d'établissement d'une telle « nomenclature » au bureau d'études.



1) Extrait de la collection personnelle de M. Jean-Jacques Urban-Galindo

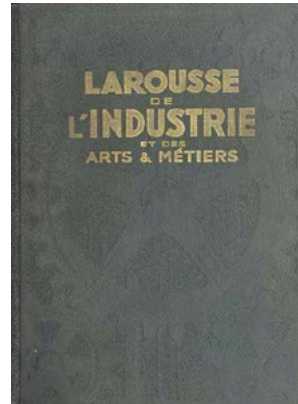
Ces nomenclatures permettaient de faire un inventaire des éléments représentés sur un dessin, comme dans l'exemple ci-dessous, détaillant les trappes et portes d'accès de la capsule GEMINI employée lors des missions Apollo :



Cette vision d'une nomenclature s'accorde avec quelques définitions trouvées dans la littérature de l'ère pré-informatique - où régnait en maître le papier ou le calque - comme en témoignent les deux exemples ci-dessous.

Larousse de l'Industrie et des Arts et métiers (1935) :

« le résultat du travail du bureau des études est un dossier constitué par une nomenclature et des dessins. La nomenclature est un bordereau des pièces entrant dans la composition des pièces à fabriquer. »



Guide du dessinateur industriel Alain Chevalier aux éditions Hachette (1969) :

« La nomenclature est une liste complète des éléments qui constituent un ensemble. Sa liaison avec le dessin est assurée par des repères. »

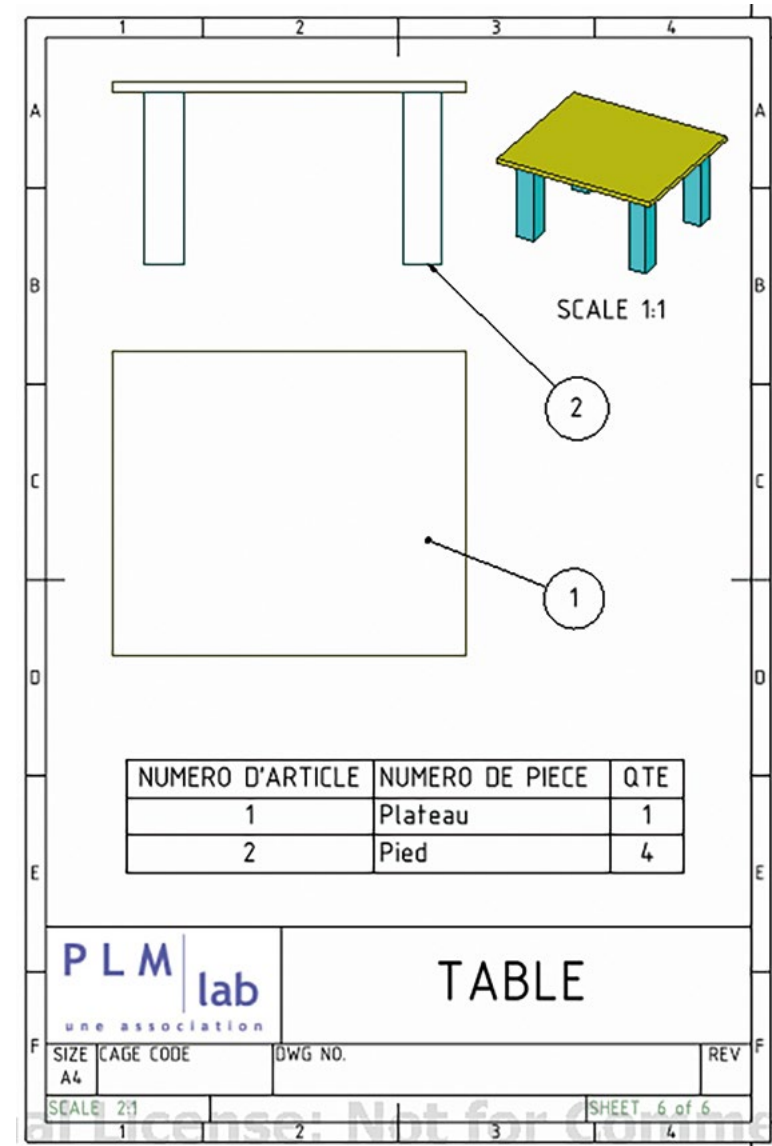


Si la nomenclature est une simple liste de composants représentée sous la forme d'un tableau, pourquoi serait-elle sujet à tant de discussions ou d'interprétations différentes selon les points de vue considérés ? Est-il bien nécessaire d'y consacrer un guide ?

C'est bien à ces questions que nous allons commencer par répondre ... et comme fil rouge de notre guide, nous allons retenir l'exemple de la conception et de la fabrication d'une table. Il permettra d'aborder progressivement toutes les difficultés potentielles d'expression et de communication liées aux nomenclatures et que vous pourrez transposer aisément à vos propres activités, y compris de production, nous l'espérons !

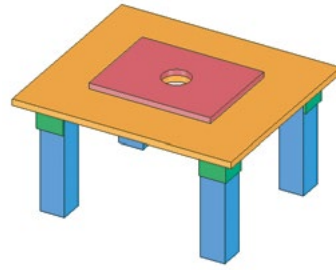
LA NOMENCLATURE, UNE SIMPLE LISTE ?

Avant l'arrivée de l'informatique, on considérait, au bureau d'études, la nomenclature comme une liste détaillant les composants constituant un Produit. Cette liste était souvent représentée par un tableau présent au dessus du cartouche sur le dessin d'ensemble du système considéré. La figure ci-dessous' représente les règles d'établissement d'une telle « nomenclature » au bureau d'études.

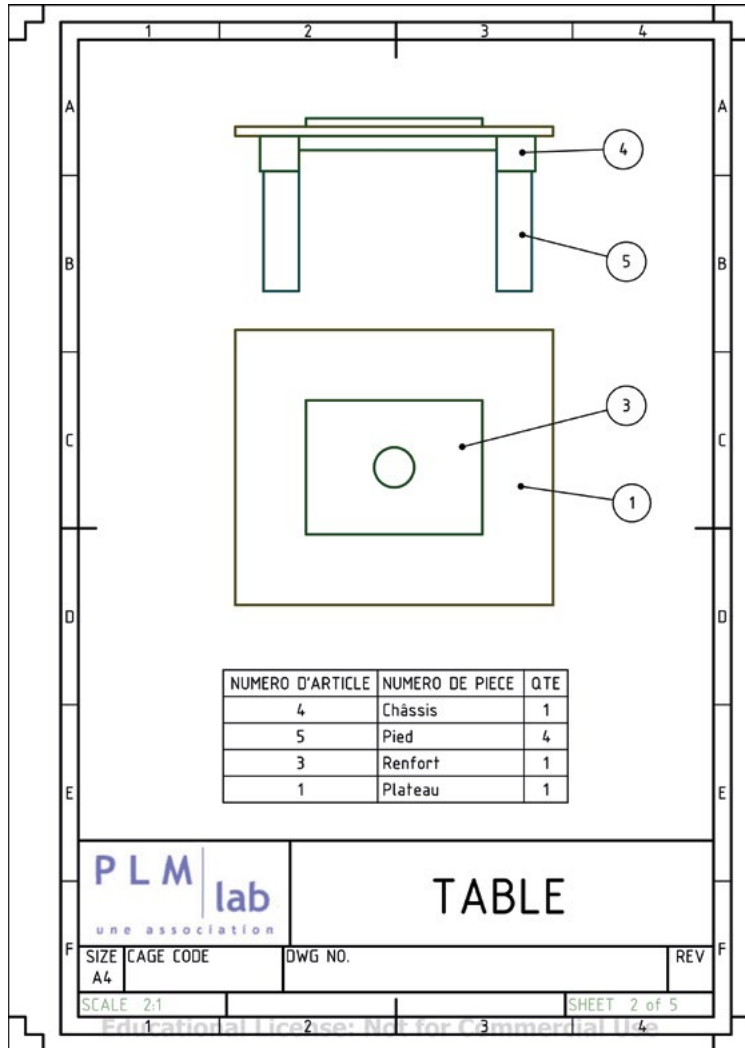


Dans ce cas, la « nomenclature », ici générée par un outil CAO, est effectivement une simple liste qui permet de désigner et recenser de façon exhaustive et sans doublon les constituants de la table.

On souhaite maintenant produire une table plus élaborée nécessitant plus de constituants :

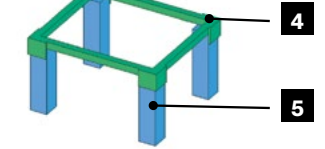
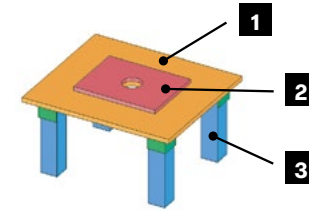


Ce qui aboutit à la nomenclature suivante :



Mais qu'en serait-il pour des systèmes comportant plusieurs centaines ou même milliers de composants ? Il n'est pas envisageable bien entendu d'établir des tableaux comportant autant de pièces. Il faut donc décomposer et structurer le système global en sous-systèmes (ou en assemblages et sous-assemblages). Dans le cas de la table, il est décidé de définir un sous-ensemble « piètement ».

On se retrouve dans ce cas avec deux tableaux permettant de décrire la nomenclature de la table et celle du piètement :



Nomenclature de la table :

N° d'article	N° de pièce	Quantité
1	Plateau	1
2	Renfort	1
3	Piètement	1

Nomenclature du piètement (n° article 3) :

N° d'article	N° de pièce	Quantité
4	Châssis	1
5	Pied	1

Ici, on constate que la liste des constituants élémentaires nécessaires à la réalisation de la table n'est plus donnée par un seul tableau mais par un ensemble de tableaux, liés entre eux.

A CE STADE, ON PEUT LÉGITIMEMENT SE POSER LA QUESTION :

Une « nomenclature » est-elle constituée par une liste de composants présentée sous forme d'un tableau ou par un ensemble de listes liées entre elles, représentées sous forme d'un ensemble de tableaux décrivant de façon récursive plusieurs niveaux successifs ?

Avant de répondre à cette question, il convient d'indiquer que les deux nomenclatures ci-dessus dépendent évidemment de la décomposition retenue pour décrire la table. Cette décomposition peut varier d'un service à l'autre, pour des raisons historiques ou pour atteindre des objectifs « métier » différents, nous y reviendrons. Dans tous les cas, nous pouvons retenir qu'une nomenclature dépend de la décomposition du système qui a été retenue. D'où la proposition de définition pour la nomenclature :

Définition de NOMENCLATURE

La nomenclature d'un ensemble (système ou sous-système) est la liste des composants le constituant avec leur quantité, en adoptant une règle de décomposition donnée. Seuls les composants du niveau de décomposition retenue seront indiqués dans la nomenclature. Une nomenclature d'un niveau de décomposition est souvent représentée sous la forme d'un tableau.

Traduction de NOMENCLATURE

En anglais, nomenclature se dit « Bill of Materials »², littéralement liste des matériels où l'on retrouve donc bien la notion de liste comme élément central de définition et de construction d'une nomenclature.

2) CIRP Unified Terminology (<http://www.cirp.net>)

LA QUESTION DES NOMENCLATURES « MULTI-NIVEAUX »

La définition de la nomenclature donnée à la page précédente indique que l'on ne considère que le niveau de décomposition correspondant à un et un seul niveau donné. Pour rendre compte de la composition d'un système complet, il est donc nécessaire de présenter plusieurs nomenclatures correspondant à une décomposition récursive du Produit.

Pour obtenir une vue plus synthétique de la composition d'un Produit, on retrouve parfois des représentations dites « multi-niveaux » où l'on agrège plusieurs nomenclatures avec des représentations graphiques variées. Il est à noter que l'établissement de ces nomenclatures multi-niveaux est notamment favorisé par l'utilisation de tableurs d'un usage maintenant très courant et souvent bien commode.

Pour l'exemple de la table, on part de la nomenclature dite « de niveau 1 » :

N° d'article	N° de pièce	Quantité
1	Plateau	1
2	Renfort	1
3	Piètement	1

On agrège alors la nomenclature du piètement pour obtenir une nomenclature de la table dite « de niveau 2 » :

N° d'article	N° de pièce	Quantité
1	Plateau	1
2	Renfort	1
3	Piètement	1
4	Châssis	1
5	Pied	4

Ici on voit que la liste ainsi établie ne permet pas de faire le lien entre Piètement et la liste de ses constituants (Châssis et Pied). On peut alors avoir recours à un tableau « indenté » pour contourner ce problème :

N° d'article	N° de pièce	Quantité	
1	Plateau	1	
2	Renfort	1	
3	Piètement	1	
	N° d'article	N° de pièce	Quantité
	4	Châssis	1
	5	Pied	4

On peut imaginer de nombreuses variantes pour traduire ces nomenclatures « multi-niveaux », ces représentations étant souvent établies avec l'aide d'outils logiciels et notamment de tableurs.

On peut aussi ne faire figurer dans une nomenclature multi-niveaux que la liste des composants et non les composés. Dans le cas de la table, l'article « Piètement » - qui est un composé - disparaît alors d'une telle nomenclature et on obtient alors une sorte de « liste des courses » nécessaires à la recombinaison de la table :

N° d'article	N° de pièce	Quantité
1	Plateau	1
2	Renfort	1
4	Châssis	1
5	Pied	4

La notion de « nomenclature multi-niveaux » donne lieu donc à de nombreuses interprétations et représentations sous formes de tableaux, indentés ou non, construits à l'aide de tableurs, qui favorisent incontestablement l'établissement de telles nomenclatures.

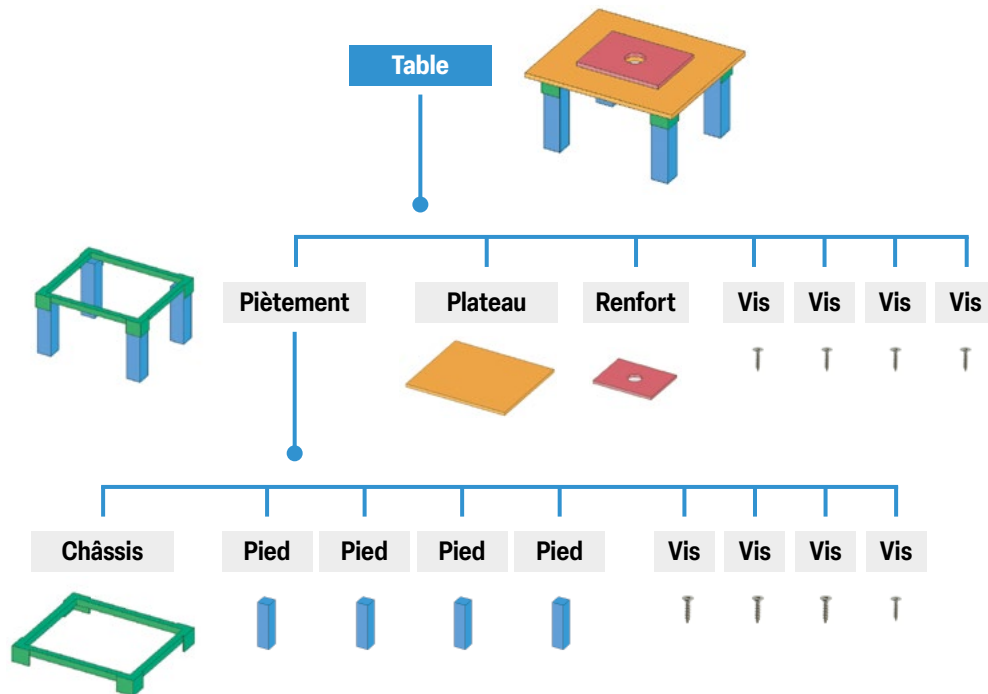
Il convient toutefois d'être prudent dans la diffusion et l'exploitation de ces nomenclatures multi-niveaux dont les usages peuvent fortement varier d'une entité à une autre, recéler en leur sein des ambiguïtés voire mener à des erreurs.

On voit ici les limites de la représentation d'une décomposition Produit par un ou plusieurs tableaux et la nécessité de passer à un autre mode de représentation plus souple et plus complète : celle de la structure Produit.

NOMENCLATURE ET STRUCTURE PRODUIT

Les questions soulevées précédemment amènent souvent à représenter un Produit sous la forme d'un arbre ou d'un graphe, ce qui permet de contourner les questions et limitations soulevées par l'utilisation d'un tableau.

Dans un premier temps, nous ne traitons pas la question de l'évolution d'un Produit, pas plus que de la gestion de ses variantes, nous aurons en quelque sorte une vision « statique » d'un Produit unique. Dans le cas de la table, en considérant maintenant les vis qui permettent son assemblage, nous pouvons représenter sa structure de la façon suivante :

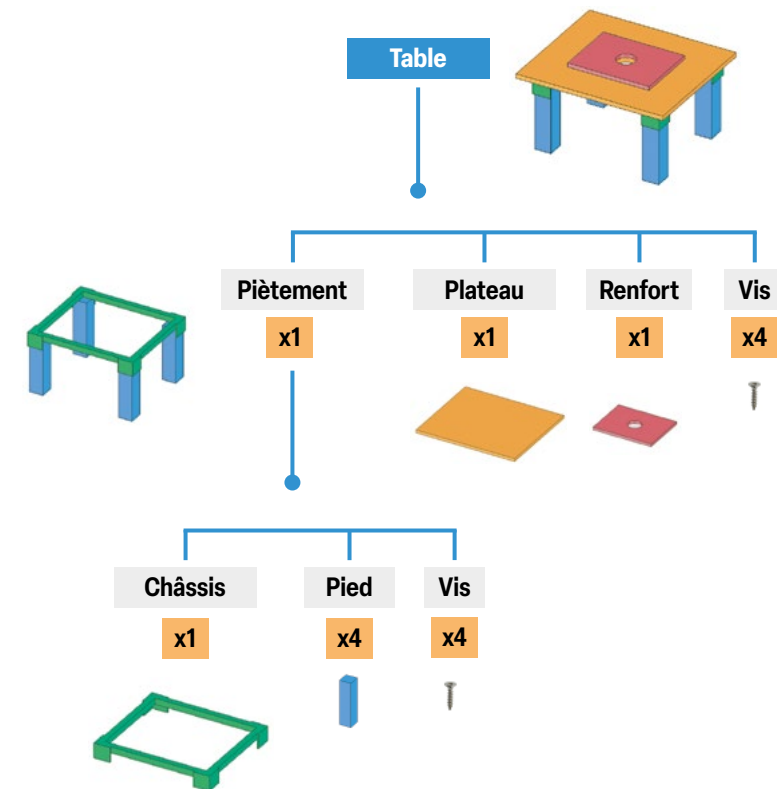


Ce graphe est souvent appelé Structure Produit ou Arbre Produit ou Arborescence Produit ou parfois, par assimilation, Nomenclature ou encore eBOM (pour engineering Bill of Materials, ce qui indique dans ce cas qu'il a été établi du seul point de vue du bureau d'études).

Nous voyons apparaître ici une profusion de termes décrivant un même « graphe Produit » et reprenant parfois un terme – celui de nomenclature – décrivant plutôt une liste ou un tableau plutôt qu'un graphe ou un arbre. Cela n'amène-t-il pas de la confusion ou des quiproquos parmi les utilisateurs de ces termes ? On peut raisonnablement penser que oui.

L'utilisation de termes anglais, masquant certaines imprécisions, n'y changera pas grand-chose, bien au contraire, mais il faut bien convenir que ces termes anglais sont parfois bien pratiques pour donner à croire à chacun que tout le monde partage une même définition alors qu'il n'en est rien !

Avant d'aller plus loin, on peut constater que la structure représentée ci-contre peut être **simplifiée et concentrée en regroupant certains liens de composition**, notamment pour l'élément pied et pour les vis, ce qui donne le graphe suivant :



On voit ici apparaître un arbre Produit mais cet arbre en est-il vraiment un ? On peut noter que l'élément vis est présent deux fois dans l'arbre et que par commodité ou convention, nous avons représenté deux fois cet élément dans l'arbre. Mais pour être rigoureux et faire un inventaire au juste nécessaire des éléments nécessaires à la décomposition de la table, on pourrait représenter la table plutôt avec ce graphe :

Définition de STRUCTURE PRODUIT

La représentation d'un système sous la forme d'un graphe où des liens de composition permettent de décrire la décomposition récursive d'un système en sous-systèmes, selon une logique « métier » donnée, sera appelée « Structure Produit ». L'utilisation des termes « nomenclature », « arbre Produit » ou « arborescence Produit » sera à éviter pour décrire de tels graphes.

Traduction de STRUCTURE PRODUIT

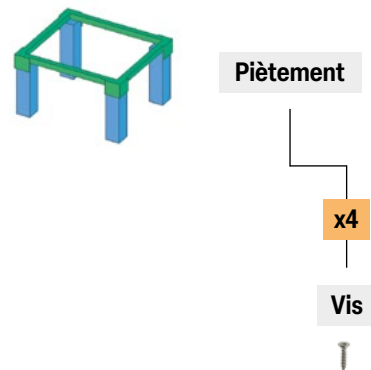
« Product Structure » est la traduction la plus courante. Wikipedia donne la définition suivante : « Product structure is a hierarchical decomposition of a product, typically known as the bill of materials (BOM) ». On voit ici apparaître l'ambiguïté entre nomenclature et structure Produit relevée plus haut.

On peut aussi retrouver le terme de « Product Breakdown Structure (PBS) » dont Wikipedia donne la définition suivante plutôt d'un point de vue gestion de projet : « In project management, a product breakdown structure (PBS) is a tool for analysing, documenting and communicating the outcomes of a project, and forms part of the product based planning technique. The PBS provides an exhaustive, hierarchical tree structure of deliverables (physical, functional or conceptual) that make up the project, arranged in whole-part relationship ». On voit ici que le PBS est plutôt associé à la réalisation de livrables dans le cadre d'un projet et fait souvent suite à l'établissement d'un « Work Breakdown Structure (WBS) » permettant de définir les rôles, responsabilités et tâches dans le cadre de grands programmes industriels, par exemple aéronautiques. On le traduit habituellement par « Organigramme des Tâches »

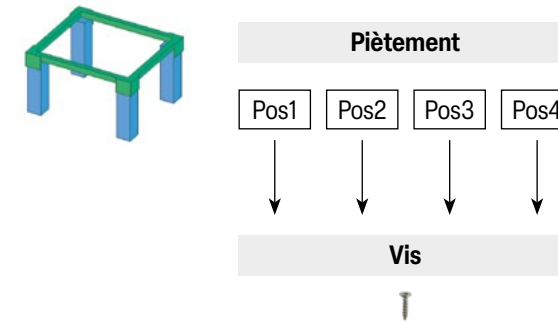
En retenant cette définition, on voit ici que les nomenclatures d'un produit peuvent être établies aisément à partir d'une structure produit.

De même, l'ensemble des nomenclatures d'un produit peuvent permettre de reconstruire une structure produit. Mais il est à noter qu'une structure produit peut « porter » plus d'informations que l'ensemble de ses nomenclatures associées.

Reprenons l'exemple de la table et intéressons-nous au lien de composition entre le piètement et les vis :



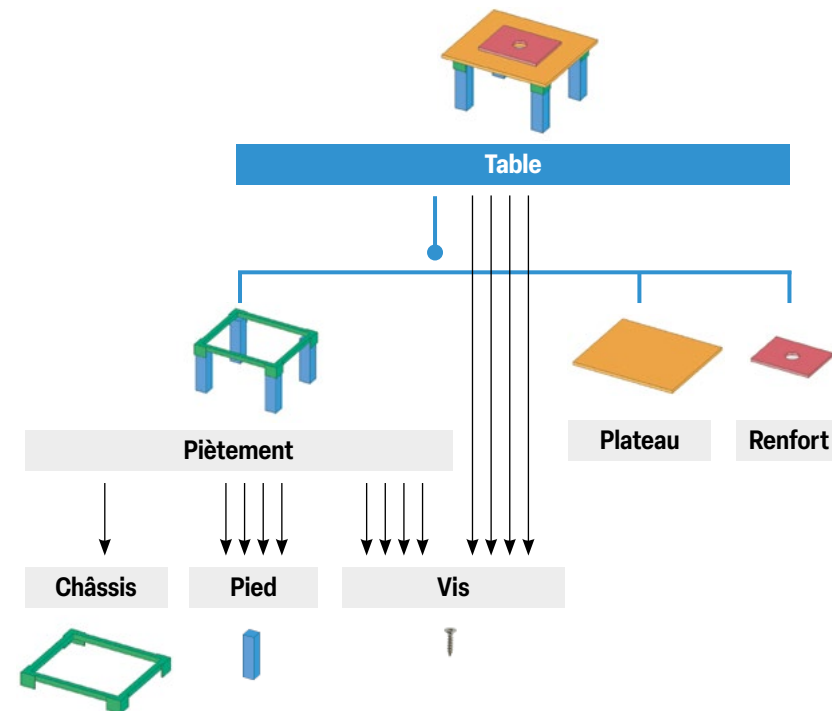
On peut aussi représenter cette structure produit en « éclatant » les liens de composition et en y associant des informations caractérisant ces liens avec des propriétés adaptées, comme la position de chacune des vis (ou toute autre information pertinente pour l'activité supportée) :



La nomenclature du piètement, elle, se contente de mentionner le nombre de vis impliquées dans cette liaison (ou toute autre information commune aux 4 vis, comme leur matière, les traitements thermiques réalisés etc).

N° d'article	N° de pièce	Quantité
4	Châssis	1
5	Pied	4

Si l'on reprend la totalité de la structure produit de notre table, nous voyons apparaître un troisième mode de représentation, où chaque lien est représenté distinctement pour potentiellement porter des informations spécifiques à chacun de ces liens :



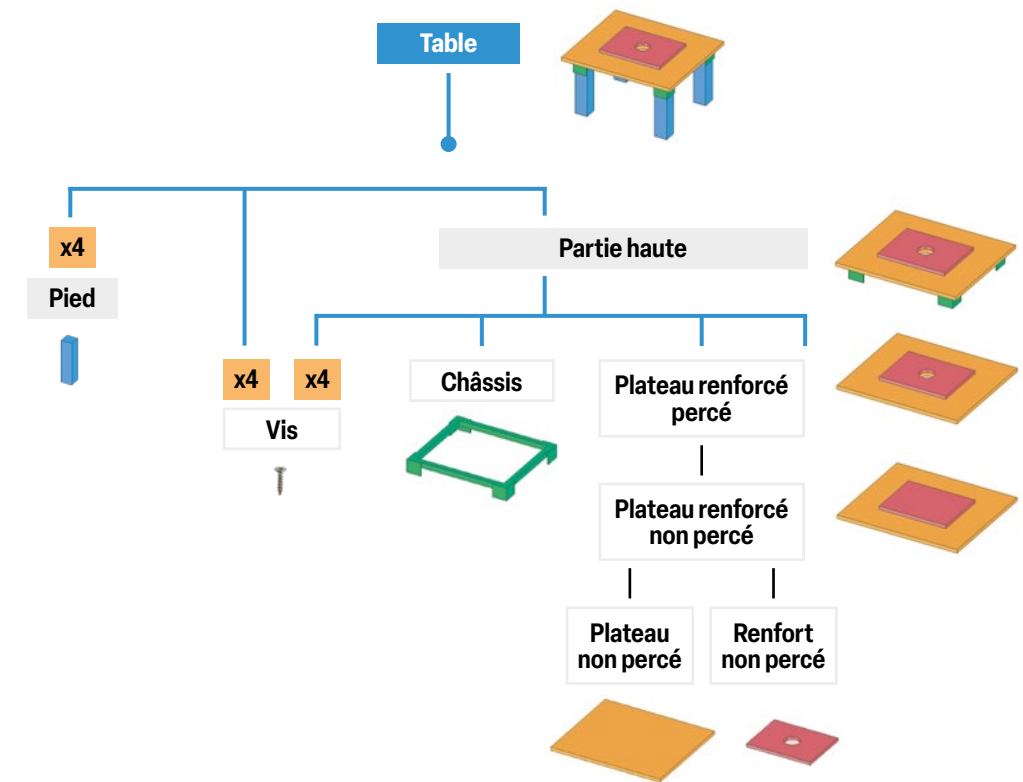
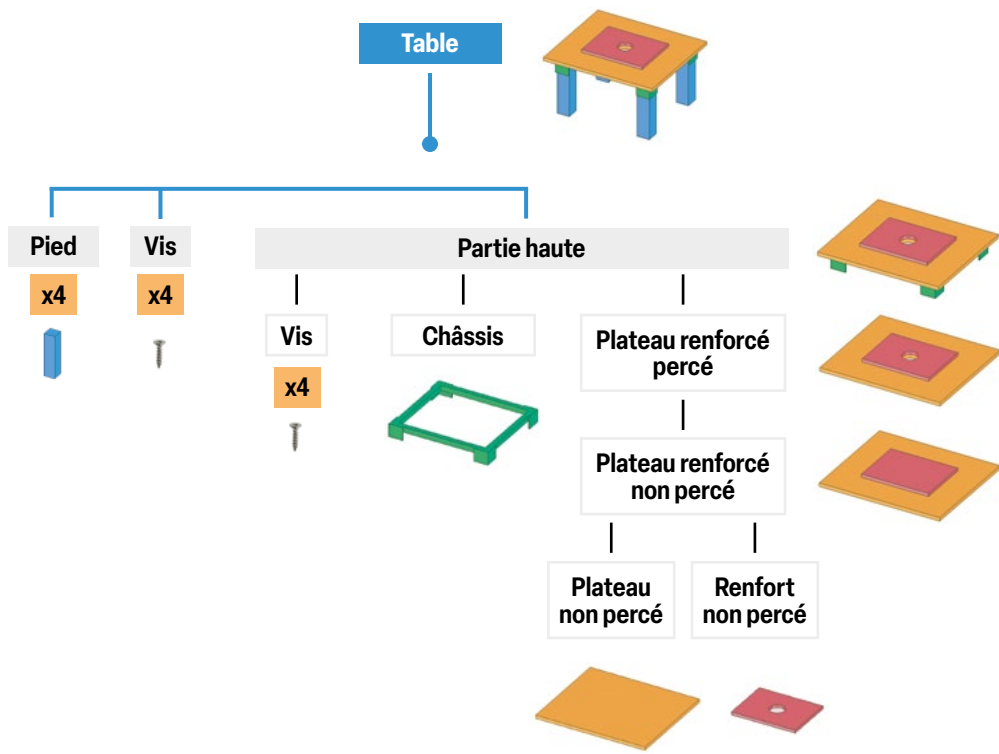
UNE SEULE NOMENCLATURE POUR TOUTE L'ENTREPRISE ?

Nous avons jusqu'ici considéré principalement un point de vue, celui du bureau d'études, aboutissant à une première façon de décomposer un produit ou à le structurer.

Retenons maintenant le point de vue du service des méthodes ayant la charge d'industrialiser la table. La structure produit utilisée devra couvrir les besoins du service pour définir sa fabrication.

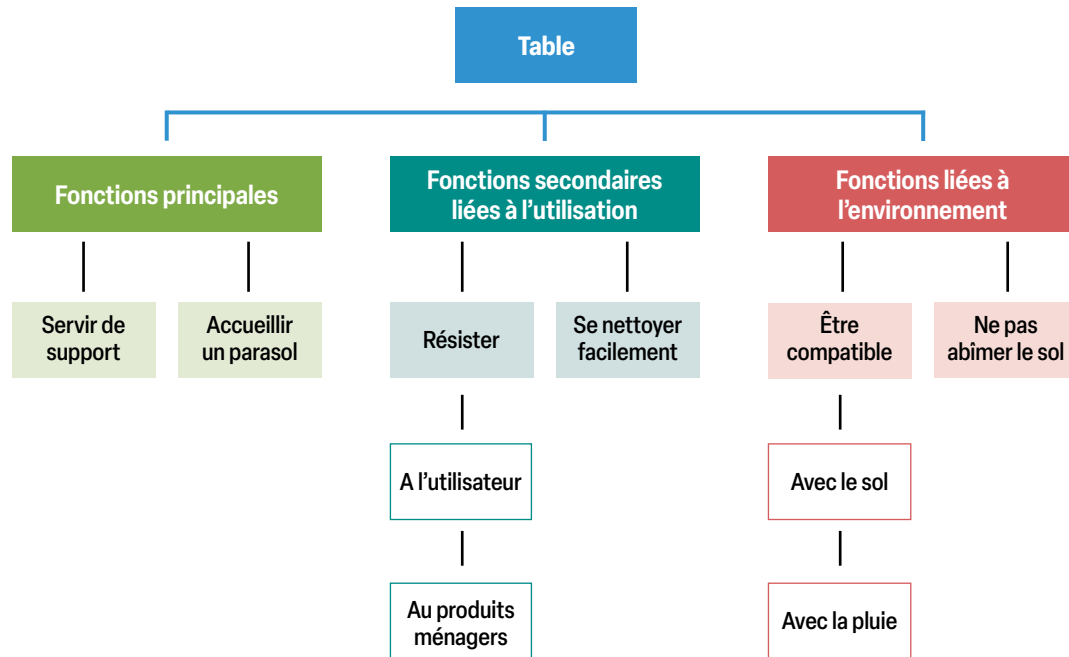
On peut par exemple imaginer la structure suivante :

En reprenant les remarques ci-contre, on pourrait établir ce nouveau graphe :



On voit ici que la logique de décomposition est différente de celle du bureau d'études, que de nouveaux objets et de nouveaux liens sont apparus.

Mais les définitions données plus haut pour Nomenclature et Structure produit peuvent être ici appliquées. Ces définitions peuvent donc s'appliquer quel que soit le point de vue retenu. **On peut par exemple proposer une nouvelle structure, permettant de recenser les fonctions que doit offrir le produit et les contraintes qu'il doit satisfaire :**



On parlera ici de structure fonctionnelle de la table.

On constate donc que les nomenclatures constituent un vecteur essentiel de communication entre les métiers de l'entreprise. Ces nomenclatures doivent être établies en cohérence et permettre de mener les nombreuses activités industrielles de l'entreprise : définir un cahier des charges, concevoir un produit, l'industrialiser, optimiser les achats, le produire, le maintenir etc.

Dans un contexte où l'entreprise étendue est de plus en plus pratiquée, il faudra le plus souvent partager ses nomenclatures avec des partenaires de plus en plus nombreux.

Voici quelques exemples de structures utilisées couramment :

- **Les structures fonctionnelles** définies en phase amont pour recenser et structurer les fonctions que le produit devra assurer
- **Les structures organiques** qui structurent un produit en organes, en utilisant une logique de décomposition basée sur des modules
- **Les structures de fabrication** qui structurent un produit pour décrire les opérations permettant sa fabrication
- Etc.

L'un des nombreux « graals » poursuivis par le PLM est la gestion raisonnée à travers l'entreprise de plusieurs nomenclatures et structures d'un produit au sein d'un même ou de plusieurs système(s) d'information(s). La démarche doit permettre de s'assurer de la cohérence de toutes les données la concernant, d'aider à la conduite de certaines tâches récurrentes (gestion d'impacts d'une modification par exemple), l'automatisation ou l'optimisation de certains processus et ressources etc.

Ceci est loin d'être trivial et nécessite de nombreux efforts d'harmonisation et de formalisation au sein d'une entreprise. En particulier, le nombre et la nature des nomenclatures à définir, leur mode d'élaboration, la nature des liens à tisser entre elles font encore l'objet de nombreux débats et de travaux de recherche.

Deux termes anglais sont souvent utilisés pour qualifier deux éléments importants du contexte de conception du couple produit/processus :

Engineering Bill of Materials ou eBOM : c'est une nomenclature issue du bureau d'études (engineering). On parle donc de **nomenclature études**.

Manufacturing Bill of Materials ou mBOM : c'est une nomenclature issue du bureau des méthodes (manufacturing). On parlera donc de **nomenclature pour fabrication**.

On entend ainsi souvent les questions suivantes :

« Comment faite-vous pour réconcilier votre eBOM et votre mBOM ? »,

« Votre eBOM et votre (vos) mBOM sont-elles différentes ? »,

« Où gérez-vous votre mBOM, dans le système PLM ou dans le système ERP ? »

Etc.

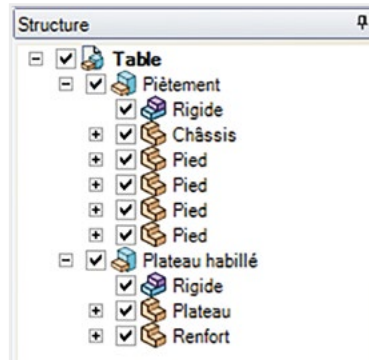
Comme en français pour le terme « nomenclature », le terme « BOM » désignait une liste alors qu'il est maintenant employé par extension pour désigner en fait aussi une structure produit et plus rarement pour désigner réellement ce que nous appelons une nomenclature. C'est donc un raccourci comme nous en permettent parfois certains anglicismes, d'où leur popularité certaine mais qui ne gomme en rien le flou qui peut être associé à ces termes.

Très souvent, on constatera donc que le sens donné à eBOM est « Structure Produit Etudes » et que la traduction de mBOM est « Structure Produit pour Fabrication ».

Il est à noter que pour un produit donné, on définit une « structure produit études » unique alors qu'on peut avoir autant de « structure produit pour fabrication » que de sites de production. Se pose alors la question de la pertinence d'une structure produit pour fabrication globale ou centrale, d'où découleraient des structures produit pour fabrication locales ...

STRUCTURE PRODUIT ET CONCEPTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) utilise une ou plusieurs structures pour permettre une gestion plus aisée d'un modèle géométrique ou plus généralement de modèles numériques. Reprenons l'exemple de la table et visualisons la structure proposée par l'un des outils CAO du marché :



Que constate-t-on ?

- Que l'on retrouve bien une structure produit composée des composants et composés permettant une décomposition récursive de la table
- Que l'on retrouve aussi des éléments purement « CAO » comme des propriétés « rigides » permettant de déclarer la nature des liaisons mécaniques entre deux composants
- Que certains éléments seront certainement omis, car ne possédant pas de représentations CAO, comme de la colle par exemple
- Que certains éléments seront certainement omis, car leur représentation géométrique n'est pas requise à ce stade du développement : dans certains domaines, on ne représentera pas tous les rivets ou tous les points de soudure nécessaires à un assemblage
- Etc.

Autrement dit, une structure « CAO » est l'une des structures « produit » possible mais répond avant tout à un besoin « métier » très spécifique de modélisation géométrique et de conception assistée par ordinateur.

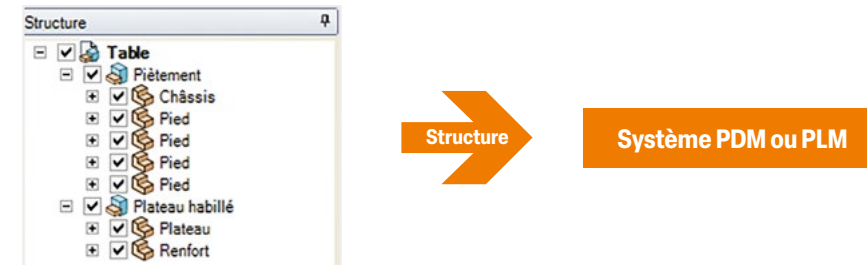
La question qui se pose souvent est de savoir comment relier une structure produit « CAO » aux autres structures produit adressant d'autres besoins métier : industrialisation, fabrication, maintenance, etc. (voir ci-après).

Pour répondre à cette question, il est nécessaire de maintenir en cohérence l'ensemble de ces structures produit et leurs définitions. Il sera alors très souvent utilisé des systèmes d'information dits « PLM » (Product Life-Cycle Management) ou « PDM » (Product Data Management)³.

Si c'est le cas, schématiquement, deux approches pourront être retenues pour relier un outil de CAO et un système PDM ou PLM :

Approche centrée sur la CAO ou « CAD centric »

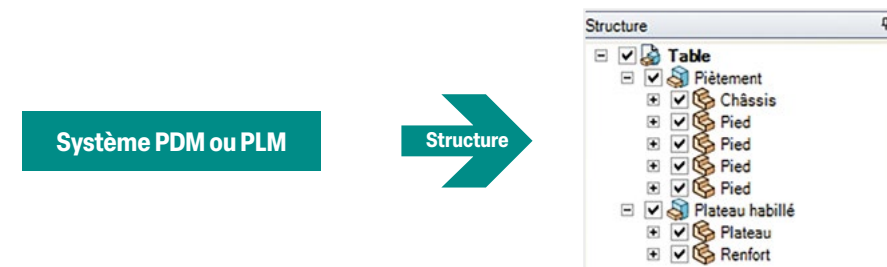
La structure CAO permet de définir une structure produit (souvent appelée structure « études ») qui sera utilisée par la suite. Le travail de CAO permet alors d'aider à la structuration du produit d'un point de vue des études :



Cette approche est aussi parfois qualifiée d'approche « Bottom-Up ».

Approche centrée sur le PDM ou le PLM ou « PDM / PLM centric »

Une structure produit générique reflétant le savoir-faire accumulé dans l'entreprise est d'abord établie dans le système d'information PDM ou PLM pour favoriser la réflexion autour de problématiques non géométriques (gestion des interfaces, des responsabilités etc) ; cette structure produit permet de définir une structure CAO « vide » c'est-à-dire ne contenant – au départ – aucune définition géométrique.



Cette approche est aussi parfois qualifiée d'approche « Top Down ».

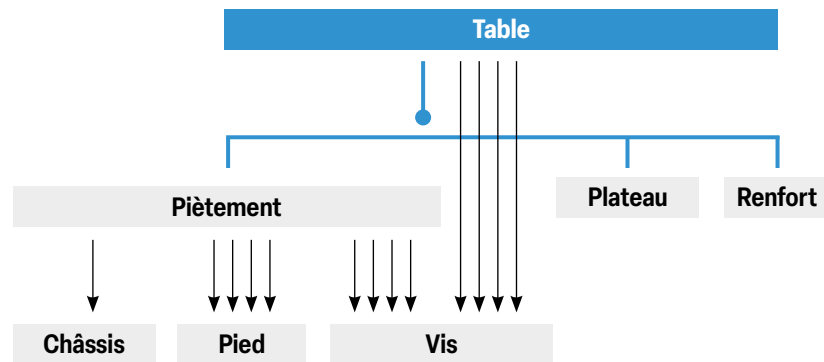
Bien entendu, un produit pourra être établi de façon « hybride » en retenant complémentaires l'une ou l'autre de ces approches pour les différents sous-ensembles le composant.

³) Le « Product Data Management » est une composante du « Product Life-cycle Management » constituée d'outils, méthodes et processus dédiés à la gestion de données techniques.

LES NOMENCLATURES DANS LE MONDE DES LOGICIELS

L'utilisation maintenant largement répandue des outils logiciels (outils de CAO, Excel, base de données etc) ou de systèmes d'information (PDM, PLM, ERP ...) en support aux activités de l'entreprise a permis de grands progrès, mais a aussi entraîné parfois quelques problèmes ou dérives dans la compréhension de certains mécanismes. Pourquoi ? Car dans un logiciel, on manipule plus facilement des listes ou des tableaux que des graphes⁴. On peut penser aussi que l'utilisateur préfère traiter des listes plutôt que des graphes complexes avec de multiples liens.

Reprenons l'exemple de la structure produit pouvant être représentée par le graphe suivant :



Si ce type de graphe est la représentation juste des relations de dépendance entre les objets manipulés, plutôt que de le présenter à un utilisateur, il sera souvent plus simple de lui présenter un jeu de tableaux générés à partir de ce même graphe. Bref, rien ne vaut un bon vieux fichier « EXCEL » et les macros ad-hoc développées localement pour répondre à un besoin « métier » particulier !

On peut par exemple traduire le graphe de structure représentée ci-dessus par une table « excel » faisant appel à une indentation des colonnes pour restituer les compositions récursives :

	A	B	C	D
1	Table			
2		Piètement		1
3			Châssis	1
4			Pied	4
5			Vis	4
6		Plateau		1
7		Renfort		1
8		Vis		4

4) C'est encore plus vrai dans les applications de type « web » où les graphes sont difficiles à afficher et encore plus à manipuler ou à modifier.



Au final, les modèles développés dans ce type de démarche peuvent être infiniment complexes et masquer la réalité des relations mises en jeu : au fur et à mesure que le fichier « EXCEL » (ou équivalent) grossit, nous n'avons plus à faire à de simples listes ou tableaux indépendants les uns des autres, mais bien à de véritables structures de données comportant de multiples liens donc fortement couplés dont il est souvent bien difficile de maintenir la cohérence⁵ ...

Dans notre exemple, on pourra ainsi installer un lien entre les deux cellules « Vis » représentant le même objet ou réaliser une macro pour dénombrer le nombre total de vis utilisées dans le système :

	A	B	C	D
1	Table			
2		Piètement		1
3			Châssis	1
4			Pied	4
5			Vis	4
6		Plateau		1
7		Renfort		1
8		Vis		4

Il est aussi à noter que le vocabulaire utilisé dans les logiciels notamment de type PDM, PLM et ERP est parfois très spécifique à un éditeur ou à une solution. On peut par exemple retrouver les termes de **Structure produit nomenclaturale** ou de **Structure produit occurrentielle** pour décrire les vues d'une même structure produit présentée sous forme de deux listes différentes.

5) Voir la journée d'échanges Back to basics 2 du PLM lab : « Maîtriser son modèle de données ».

À QUOI SERVENT LES NOMENCLATURES ET LES STRUCTURES « PRODUIT » ?

Les nomenclatures constituent l'un des piliers du système d'information qui décrit tous les composants dont l'identification, la dénomination - la référence - doit être partagée dans l'entreprise et les relations de composition entre eux.

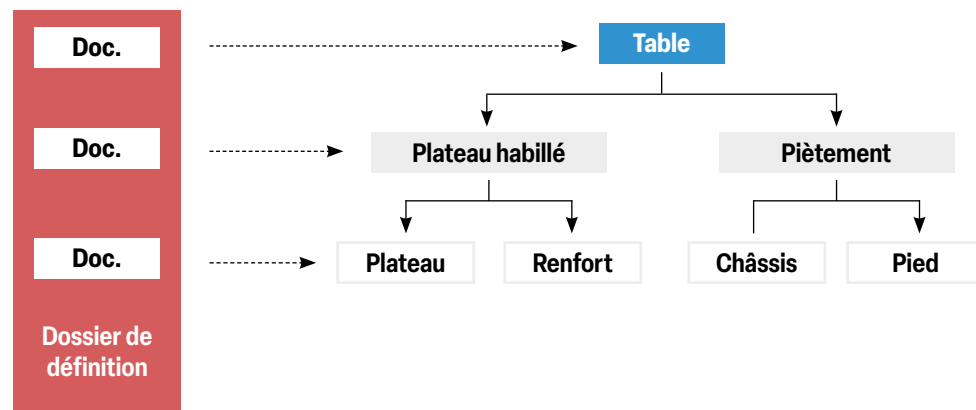
Tous ces éléments ne sont pas utiles à certains domaines d'activité de l'entreprise : les services commerciaux n'ont pas à connaître tout le détail des solutions techniques imaginées et fabriquées, sauf pour les pièces qui permettent d'assurer l'entretien et le dépannage ; ces services peuvent même être à l'origine de contraintes de conception sur cet axe de la maintenance qui conditionne d'une certaine façon le jugement du client sur le produit acheté.

De même, les nombreuses caractéristiques ou valeurs qui peuvent être attachées à ces composants, ces articles, ne sont pas toutes nécessaires à l'exercice des fonctions de chacun. Dans certains cas, leur accès doit même être réservé à des rôles particuliers, ainsi les prix de revient sont-ils souvent considérés comme confidentiels.

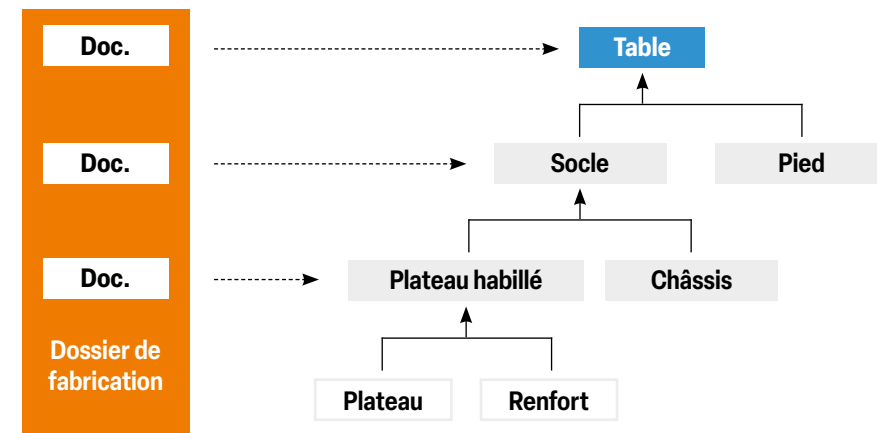
Les structures produit, qui sont pour partie une forme de représentation de ces relations, permettent de faciliter l'accès aux informations pertinentes. Elles facilitent leur exploitation et par là même participent à la détection d'éventuelles erreurs d'expression.

Enfin, elles permettent une définition plus claire des droits et des responsabilités des différents acteurs sur les données.

VUE « ÉTUDE »



VUE « FABRICATION »



Remarque : on voit que dans la vue fabrication un élément de construction spécifique apparaît, il s'agit de l'élément « Socle »

Études : les décompositions fonctionnelles, puis organiques, sont un support aux activités d'ingénierie par l'inventaire des différentes pièces qui constitueront le produit conforme au cahier des charges ; réceptacle de la responsabilité de conception, le suivi de la maturité de leur définition permet d'apprécier l'avancement du projet ; les nomenclatures sont le support d'inventaire pour la fabrication des prototypes.

Industrialisation : à partir de la définition de référence du produit à fabriquer, définition des gammes et des produits intermédiaires (articles fantômes) nécessaires à l'organisation et au suivi de la production, aux contrôles qualité.

Fabrication : gestion et calculs d'approvisionnement, décomposition en pièces « élémentaires » pour commandes chez les fournisseurs ; préparation des ordres de fabrication dans les ateliers ; calcul de prix de revient fondés sur les gammes. Ces activités sont généralement supportées par un ERP⁶ qui doit être « alimenté » par les données nomenclatures et gammes.

Maintenance : identification des pièces démontables et échangeables avec éventuellement une autre solution que la solution d'origine.

6) ERP Enterprise Resource Planning progiciel au service des fonctions commerciales, production, finances de l'entreprise, organisé autour d'une base de données unique assurant l'intégrité des données.



Interfaces et Nomenclatures par Jean-Jacques URBAN-GALINDO
Consultant en systèmes d'information avancés

La définition rigoureuse des interfaces entre les constituants d'un assemblage est souvent une étape critique pour assurer le bon fonctionnement de l'ensemble imaginé, conçu.

Certains avancent que 80% des difficultés de mise au point y sont concentrées.

Le champ est vaste des caractéristiques qui doivent être définies : si on est habitué à parler des interfaces dans le domaine géométrique et à les identifier dans les outils de CAO, il ne faut pas négliger les autres dimensions, telles les facettes énergétiques, informationnelles (événements et grandeurs mesurées) que les méthodes d'ingénierie système nous aident à préciser.

L'analyse de leur raison d'être, de leur importance nous invite à les modéliser comme des objets particuliers qui méritent toute notre attention.

On remarquera simplement qu'ils ont quelques propriétés qui justifient leur existence :

- a) l'interface entre deux objets coopérants « n'appartient » en fait à aucun d'entre eux, il est une propriété de leur regroupement, de leur assemblage. Il est donc souhaitable que cette entité ait une existence dans le modèle de données
- b) les spécifications des interfaces englobent la géométrie - tolérancée - et la dépassent largement
- c) la responsabilité de leur définition est souvent confiée à une entité distincte dont l'autorité est supérieure à celles de la conception des objets qui en dépendent
- d) leur évolution éventuelle et leur approbation doivent précéder celle des objets dont ils contraignent la conception, leur cycle de vie est singulier.

Toutes ces propriétés peuvent être vues d'une certaine façon comme des caractéristiques **des liens entre les objets** dans une structure produit. Il n'est pas usuel de faire apparaître ces objets dans les nomenclatures.

On a souvent l'habitude de focaliser les analyses sur les feuilles de cette structure (la CAO) et on peut ainsi comprendre que les sources de multiples difficultés soient en quelques sorte occultées, non mises en évidence par un modèle de données trop simple, simpliste même.

Comme disait Albert Einstein :

« Rendez les choses aussi simples que possible, mais pas plus simples ».



COMMENT ÉTABLIR UNE NOMENCLATURE, UNE STRUCTURE « PRODUIT » ?

Les nomenclatures et structures « produit » sont souvent le résultat d'un important savoir-faire de l'entreprise qui les établit et constitue une partie de son patrimoine intellectuel. Elles peuvent être le fruit de l'expérience et/ou le fruit d'une ou plusieurs analyses menées en amont, d'un point de vue système ou fonctionnel par exemple. Avant d'établir une structure produit, il est indispensable de se poser la question de ses utilisations futures et des besoins « métier » auxquels elle répondra. Dans le domaine aéronautique, on peut citer la « codification ATA⁷ » qui est une norme internationale permettant de repérer les différents éléments d'un avion en vue de leur documentation. Cette codification est le fruit d'une décomposition commune aboutissant à un même type de structure produit, quel que soit l'avion considéré.

Comment construire une structure produit « Etudes » :

- Dans le cas d'un projet « feuille blanche », on peut partir d'un cahier des charges fonctionnel afin de définir un arbre d'organes supportant les fonctions identifiées
- Dans le cas d'une conception plus ou moins « routinière », on partira bien entendu d'un modèle de structure déjà utilisée que l'on modifiera le cas échéant

Les bonnes pratiques pour construire une structure produit « Etudes : les sous-ensembles sont créés uniquement si :

- Ils représentent un sous-ensemble fonctionnel (par exemple, lors du découpage de la conception entre plusieurs acteurs)
- Ils sont réutilisables dans la conception pour d'autres nouveaux produits

Comment construire une structure produit « Industrialisation » ?

Plusieurs méthodes que l'on peut combiner pour définir la gamme de fabrication et la structure produit associée :

- Faire une analyse en découpant le produit par macro-sous-ensembles fonctionnels
- Faire une analogie par rapport à un produit existant
- Passer par des « macro-produits » auxquels sont associés des « macro-gammes » (notion de standard, de générique)
- Décomposer le produit en spécifications puis le recomposer

Les bonnes pratiques pour construire une structure produit « industrialisation » :

- un sous-ensemble n'est pas nécessairement identifié si :
- Il n'est pas physiquement stockable
- Sa fabrication est synchronisée avec celle de l'article de niveau supérieur
- La valeur ajoutée par rapport au niveau inférieur est faible

⁷⁾ http://en.wikipedia.org/wiki/ATA_chapter_numbers



Témoignage de Pierre BRU

Responsable production numérique chez Dassault Aviation

Chez Dassault Aviation, nous différencions les structures produit d'étude des structures produit de production. En effet ces 2 structures produit répondent à des besoins métier différents et sont le résultat de processus différents :

- **un processus de conception** dont l'objectif est la définition de l'avion qui sera livré au client.
- **un processus d'industrialisation** dont l'objectif est la description des étapes de montage conduisant à la machine physique.

Bien entendu, ces structures produit doivent être construites et évoluer en cohérence. Le processus de conception part d'une approche fonctionnelle. L'avion doit répondre à une somme de fonctions (des fonctions pour le vol, la navigation, la communication, le confort des passagers, ...). Des pièces, des équipements vont être dessinés et reliés pour répondre à ces fonctions. En final, la structure produit d'étude va organiser l'ensemble de ces éléments. Elle constitue une référence pour l'ensemble des autres métiers (vente, production, support, ...).

L'industrialisation parallèlement, regarde comment optimiser le montage en créant des sous-ensembles pour équilibrer les lignes d'assemblage. Des objets propres à la production appelés articles sont créés et vont être fabriqués. La structure produit de production organise ces articles et sous-ensembles. En remontant dans la structure produit de production des pièces élémentaires vers le sommet (l'avion), on visualise le film de la fabrication. En fonction des cadences de production ou des modifications d'organisation de production, des évolutions de cette structure sont parfois nécessaires sans pour autant impacter la structure d'étude. En ayant une structure étude distincte de la structure de production, chaque métier peut mieux suivre et piloter ses propres évolutions.

Ce faisant, chaque structure crée ainsi sa propre logique d'évolution liée aux événements modificateurs :

- **modification des fonctions au bureau d'étude**
- **évolution de la définition ou de l'ordre d'assemblage pour la production.**

Sans ces structures produit vivantes, il serait impossible de concevoir et produire nos avions. Tous les métiers de l'entreprise les exploitent et y font référence. Elles concourent pour une part prépondérante à la qualité de nos produits.



NOMENCLATURES ET GESTION DE CONFIGURATION ?

Jusqu'ici, nous avons décrit des nomenclatures et des structures produit qui représentent des compositions de produits à un stade donné. Ce sont des sortes de photographies qui figent des situations particulières dans la vie d'un produit.

La réalité industrielle est plus complexe et les problèmes à traiter demandent une généralisation des concepts de base que nous venons de définir afin d'assurer une couverture plus large dans le cycle de vie du produit, l'objet même du PLM.

Ainsi, le produit ayant, pour une raison quelconque, évolué, l'entreprise doit assurer son après-vente et donc être capable de continuer à approvisionner son réseau avec certaines pièces de rechange anciennes qui ne sont plus utilisées pour la production quotidienne des nouvelles solutions.

De même, la mise en application prochaine en production d'une modification décidée demande l'approvisionnement de pièces nouvelles pour une date future. Les systèmes de calcul d'approvisionnement doivent être informés de l'évolution à venir de la composition des produits.

Ces deux besoins, élémentaires, sont satisfaits par des structures de nomenclature qui intègrent la dimension temporelle de l'évolution du produit. Historisation du passé, anticipation des évolutions planifiées dans le futur. Cette extension est généralement obtenue en caractérisant les liens de composition d'une propriété supplémentaire : l'effectivité. Selon les besoins des branches industrielles la validité du lien est exprimée par une plage de dates (du ../.. jusqu'au ../..) ou de rangs (pour les exemplaires x à y). On comprend aisément que cette dimension supplémentaire soit difficile à représenter avec de simples tableaux Excel.

La simple photographie qui fige un seul instant, devient une sorte de « roman-photo » qui trace les événements clés d'une histoire, ceux qui ont marqué la vie du produit. Dans cette analogie, on notera la différence avec le film à 26 images/sec qui ne sélectionne pas les instants significatifs.

On notera la proximité des informations ainsi structurées avec celles qui supportent la gestion de configuration tout au long de la vie d'un produit, de sa conception à sa réalisation physique et à sa maintenance.

A chaque étape importante de la gestion de configuration, on retrouvera des structures produits spécifiques correspondant à des états de configuration, comme par exemple :

- **Structures produit et nomenclatures « as designed » (« telles que conçu ») :** résultat de la conception « études »,
- **Structures produit et nomenclatures « as planned » (« tel que devrait être fabriqué ») :** produit tel que doit être fabriqué,
- **Structures produit et nomenclatures « as build » (« tel que fabriqué ») :** produit tel qu'il est effectivement réalisé en tenant compte de certaines contraintes entraînant des écarts avec la vision « As planned ».

DIVERSITÉ PRODUIT ET FAMILLES DE PRODUIT

La recherche de prix de revient toujours plus bas pour faire face à une concurrence exacerbée et le besoin d'une offre diversifiée afin de mieux satisfaire les clients conduit souvent à concevoir des **gammes de produits** qui partagent un maximum éléments et permettent de personnaliser les produits à partir d'une panoplie modulaire d'options et variantes.

Les frais d'études, d'outillage et de mise au point sont alors amortis sur les plus grandes séries produites.

Plusieurs industries ont adopté cette démarche, c'est le cas notamment de l'informatique mais aussi de certaines marques d'équipement (meubles) et bien sûr l'automobile.

Tant que le nombre de combinaisons reste limité, il est possible de gérer les compositions des différents produits finis en construisant pour chacun une arborescence de décomposition reliant le produit fini à ses composants élémentaires en réutilisant des noeuds intermédiaires de sous-ensembles communs.

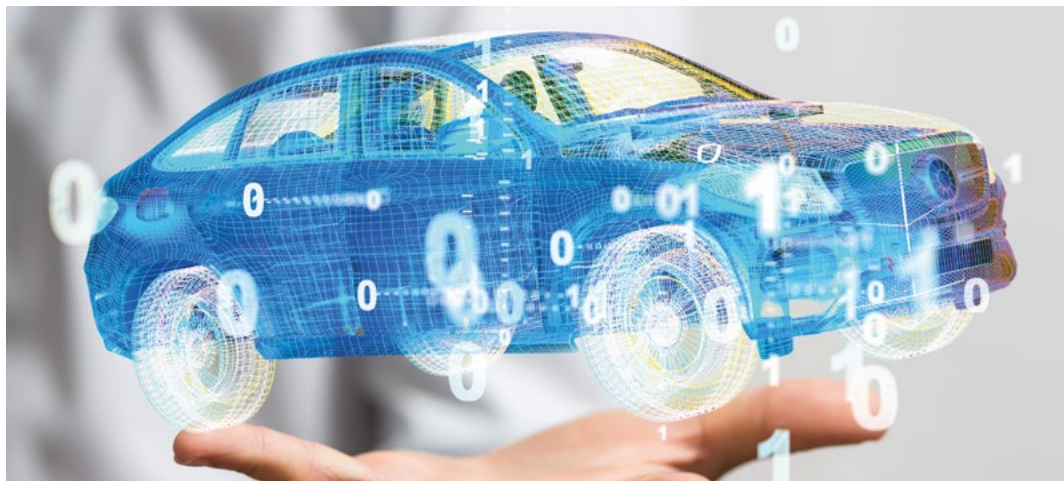
Quand la combinatoire explose, comme c'est le cas pour l'offre automobile, il devient très difficile d'assurer la cohérence des nomenclatures de l'ensemble des éléments d'une famille de produits ainsi que des structures produit associées. Une nouvelle méthode de représentation est alors souvent mise en oeuvre ; elle s'appuie sur un dispositif intermédiaire connu sous la dénomination habituelle de « **configurateur** ».

Ce configurateur assure les liens entre le produit, défini par une suite de codes de variantes, et les sous-ensembles constitutifs, il intègre des règles d'exclusion et de compatibilité entre les variantes. Chacun des sous-ensembles fait ensuite l'objet d'une description de nomenclature de type « classique ».

Pour une gamme de véhicules on pourra ainsi proposer des formes de carrosserie variées (2 ou 4 portes), des moteurs essence ou diesel, de plusieurs cylindrées, des boîtes de vitesses manuelles ou automatiques, des équipements audio plus ou moins sophistiqués, un GPS Etc.

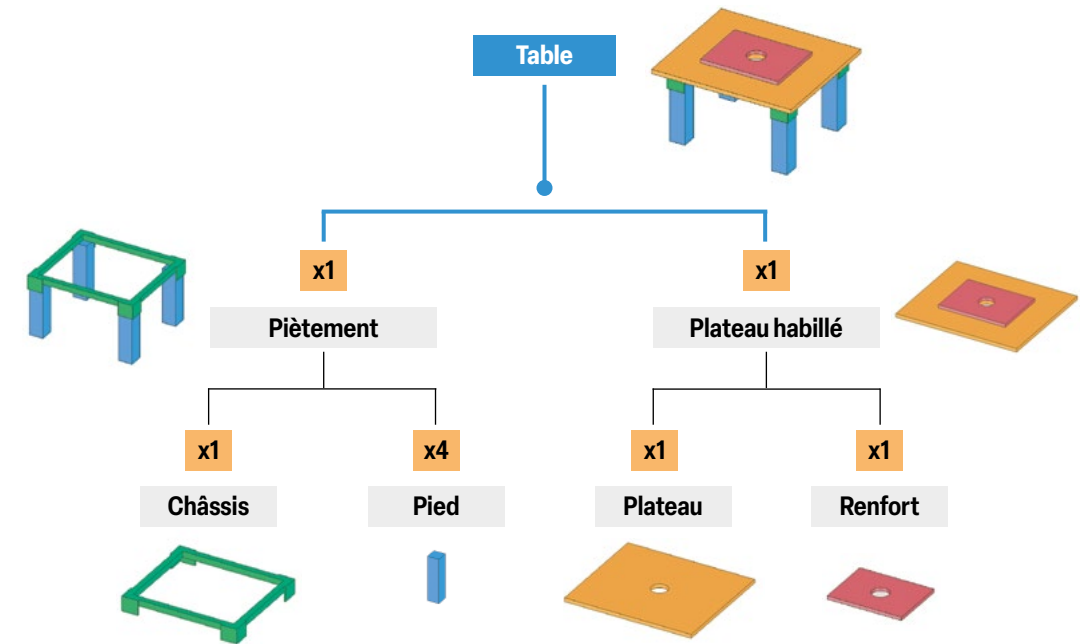
Toutes les combinaisons de moteurs et boîtes de vitesses ne seront pas autorisées pour des raisons diverses, qu'elles soient techniques ou marketing.

Il faut bien entendu que l'ensemble des fonctions de l'entreprise partagent la même compréhension du contenu de ces familles de produits, ce qui soulève quelques difficultés car il faut définir une sémantique commune où chacun puisse trouver l'expression de la diversité qui l'intéresse au juste nécessaire, sans être trop gêné par les besoins des autres.



EXEMPLES DE REPRÉSENTATIONS

Pour terminer ce guide, vous trouverez ci-dessous quelques représentations retenues par différents logiciels pour représenter la structure produit et les nomenclatures associées de la table décomposée de la façon suivante :



Microsoft Excel⁸

	A	B	C	D
1	Table			
2		Piètement		1
3			Châssis	1
4			Pied	4
5		Plateau habillé		1
6			Plateau	1
7			Renfort	1

8) <http://office.microsoft.com/fr-ca/excel/>

ARAS Innovator⁹

Structure Browser
Multilevel BOM Report
BOM Quantity Rollup Report

Bill of Materials Report Generated on: 4/23/2012

Indenture Level	Part Number	Name	Quantity
0	PR002170EA6A57201204232318430001	TABLE	1
1	CO002170EA6A57201204232318430002	PETEMENT	1
2	PA002170EA6A57201204232318430003	CHASSIS	1
2	PA002170EA6A57201204232318430004	PIED	4
1	CO002170EA6A57201204232318430005	PLATEAU_HABILLE	1
2	PA002170EA6A57201204232318430006	PLATEAU	1
2	PA002170EA6A57201204232318430007	RENFORT	1

Quantity Rollup Report for PR002170EA6A57201204232318430001 Generated on: 4/23/2012

Part Number	Name	Calculated Quantity
CO002170EA6A57201204232318430002	PETEMENT	1
PA002170EA6A57201204232318430003	CHASSIS	1
PA002170EA6A57201204232318430004	PIED	4
CO002170EA6A57201204232318430005	PLATEAU_HABILLE	1
PA002170EA6A57201204232318430006	PLATEAU	1
PA002170EA6A57201204232318430007	RENFORT	1

Excel via CAD Inn¹¹

Matrices de position de chaque instance
Quantités impliquées dans les relations « père-fils »
Liens vers des représentations géométriques
Place dans la structure produit : racine, nœud ou feuille terminale
Nom reprenant la désignation « usuelle » de l'article
Identification des relations « père-fils » définissant la structure produit
Affectation d'un numéro identifiant arbitraire unique à chaque article

Open PLM¹⁰

Vue sur la structure produit avec indication des quantités sur les liens

Autre vue de la structure produit sous forme d'un tableau (aussi appelée « nomenclature multi-niveaux »)

Level	Ord.	Qty	Unit	PART_1000	a	Part	Table	draft
1	10	1.0	Each	PART_00542	a	Part	Pietement	draft
2	10	1.0	Each	PART_00543	a	Part	Chassis	draft
2	20	4.0	Each	PART_00544	a	Part	Pied	draft
1	20	1.0	Each	PART_00545	a	Part	Plateau_habille	draft
2	10	1.0	Each	PART_00546	a	Part	Plateau	draft
2	20	1.0	Each	PART_00547	a	Part	Renfort	draft

IDA STEP¹²

Chaque instance est positionnée grâce à une matrice de position appelée ici « T »

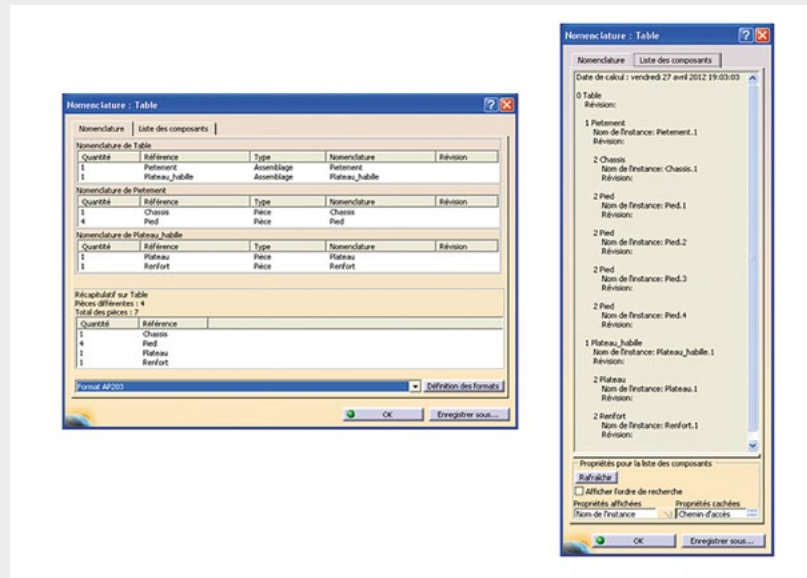
Définitions uniques vers lesquelles pointent les instances de la structure : les 4 instances pied.1 ... pied.4 pointent vers un objet unique de ce « pied » et portant sa définition intrinsèque

Relations père-fils entre instances définissant la structure produit

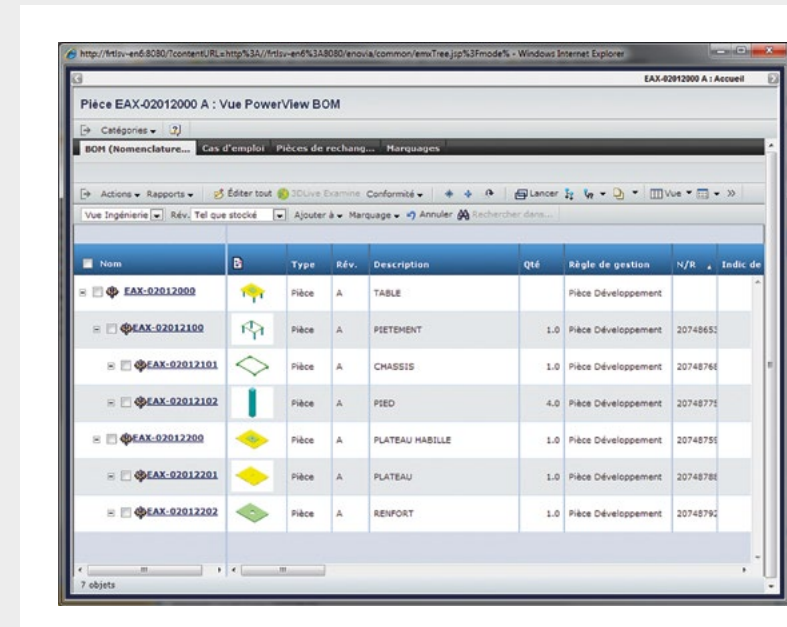
9) <http://www.aras.com/> 10) <http://www.openPLM.org/>

11) <http://www.openPLM.org/> 12) <http://www.ida-step.net/>

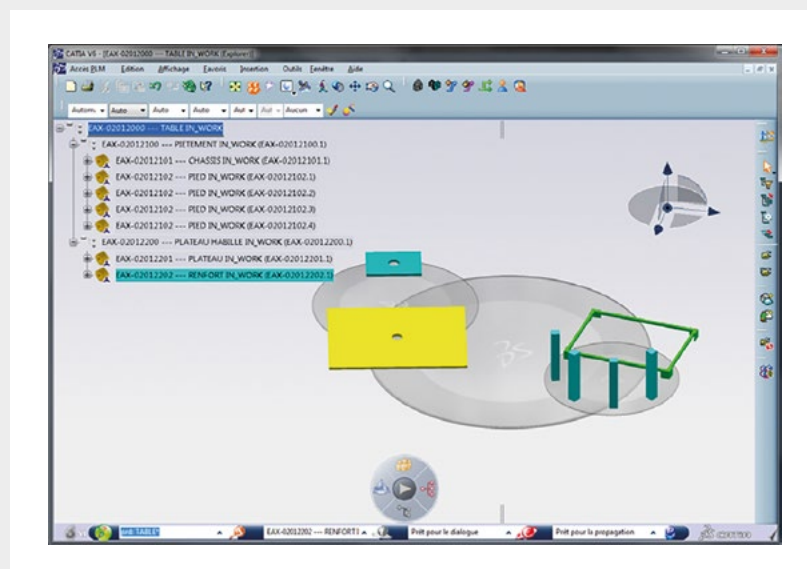
Nomenclatures et listes générées depuis CATIA V5¹³ en suivant la norme STEP AP203



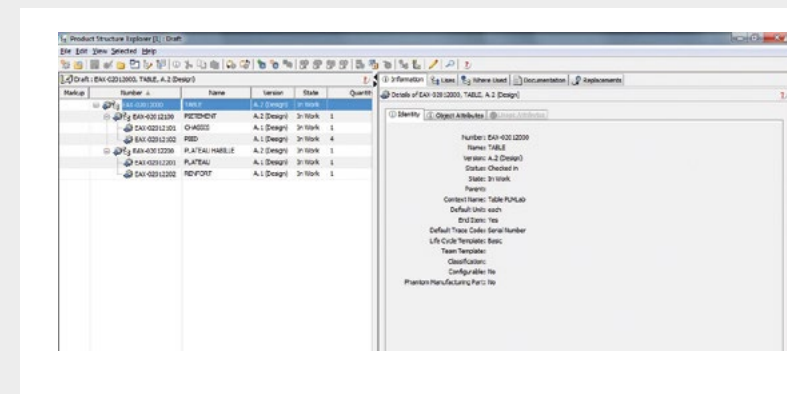
CATIA / Enovia V6 (suite)



CATIA V6 / Enovia V6¹⁴



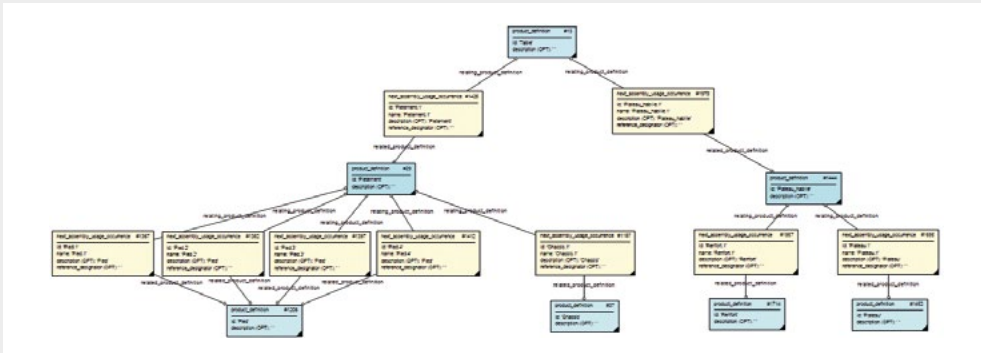
WINDCHILL¹⁵ (Editeur PTC)



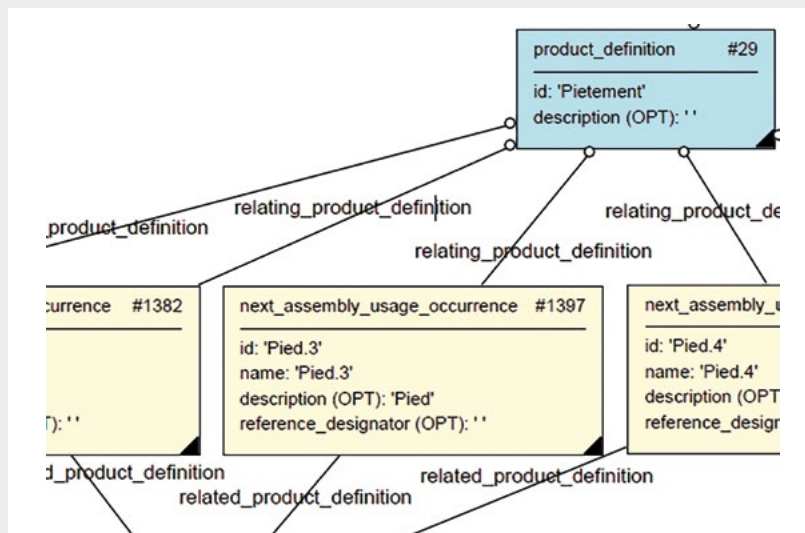
13) <http://www.3ds.com/fr/products/catia/> 14) <http://www.3ds.com/fr/products/enovia/>

15) <http://fr.ptc.com/product/windchill/>

Standard STEP AP214 avec le logiciel EUROSTEP Graphical Instance¹⁶



Zoom sur une partie du graphe AP214



La représentation donnée ci-dessus est issue du standard STEP AP214 : nous avons utilisé une partie du modèle de données générique proposé par ce standard, celle relative à la structure produit, en l'instanciant avec les données relatives à l'exemple de la table. Ce standard et d'autres¹⁷ sont largement utilisés pour les échanges de données entre partenaires industriels d'un même projet. La complexité du modèle de données montre, si besoin était, que la question de la gestion des nomenclatures et des structures produit n'est pas triviale.

16) <http://www2.pdteurope.com/global/solutions/download-software.aspx>

17) Voir le guide du PLM lab : « Une introduction aux standards »



INTRODUCTION À LA GESTION DES MODIFICATIONS

Introduction	74
Pourquoi doit-on faire des modifications ?	75
Quelques ordres de grandeur	78
Premières définitions	79
Sous-processus typiques d'une gestion de modification	80
Dynamique de la gestion de modification	82
Modifications de pièces et interchangeabilité	84
Effectivités	88
Clarification des responsabilités, instances de décision	89

Les personnes ayant contribué à la rédaction de ce document sont : Christophe Barré, Denis Debaecker, Pascale Delmas, Frédéric Feru, Guy Ladan, Yoann Maingon, Pascal Morenton, Jacques Prigent, Jean-François Ponthieux, Kevin Le Tutour et Jean-Jacques Urban-Galindo.

Dans la continuité et le prolongement de nos précédents guides et notamment « Gestion de Configuration » et « Les Nomenclatures » cette publication souhaite aborder les fondamentaux de « la gestion des modifications ».

Nous avons comme objectif de développer et préciser l'articulation entre les différentes configurations de référence définies dans les méthodologies de la « Gestion de Configuration » connues sous les vocables «As specified, As designed, As planned, As built Etc.». Nous montrerons que les modifications traduisent et tracent l'aspect dynamique d'un cycle de spécification, conception, fabrication, exploitation, recyclage de tout produit.



POURQUOI DOIT-ON FAIRE DES MODIFICATIONS ?

La phase de conception d'un produit industriel complexe nécessite la participation et la collaboration de nombreux acteurs. Chaque composant doit être défini afin, tout à la fois, de satisfaire les exigences de son cahier des charges mais aussi de s'intégrer avec les pièces environnantes dans le dispositif de niveau supérieur, le sous-ensemble. De nombreuses évolutions sont nécessaires pour atteindre un état de maturité qui permet de considérer la stabilité suffisante pour que les définitions des composants soient figées et permettent d'engager les étapes suivantes, souvent coûteuses, avec confiance. On peut ainsi passer commande ferme de pièces prototypes, d'outillages etc.

Les multiples évolutions de la définition initiale, dite « brouillon », qui conduisent à la première conception figée ne sont pas généralement qualifiées de « modification » et ne rentrent pas dans le périmètre des processus de gestion des modifications. Quand l'ensemble des définitions d'un produit est figé, sa « configuration » peut être considérée comme non ambiguë : la nomenclature est connue, les gammes d'usinage et d'assemblage sont définies, mais plusieurs événements peuvent exiger des évolutions.

Ci-après, nous recensons les raisons pour lesquelles un organisme peut être amené à déclencher un cycle de modification et nous les illustrerons par quelques exemples.

Raison 1

On doit faire des modifications pour corriger des problèmes détectés en aval.

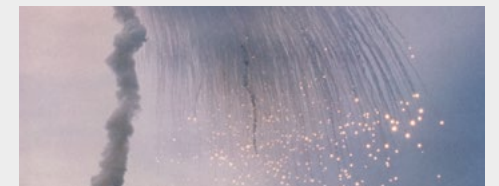
Exemple lié à des conditions d'usage mal définies d'ARIANE 5¹ :

Le premier vol de la fusée de nouvelle génération V501 le 4 juin 1996 s'est soldé par une destruction au bout de 37 secondes. La cause de la défaillance a été attribuée au fonctionnement du logiciel de conduite de trajectoire par asservissement de l'orientation des tuyères. Elles ont été mises en butée et ont incurvé anormalement la trajectoire, les accélérations transversales résultantes ont détruit les fixations des moteurs à propergols solides latéraux entraînant alors l'autodestruction (programmée) de l'engin.

Plus précisément le « bug » s'est produit dans l'interface entre la centrale inertielle et les calculateurs, dispositif doublé reconduit des fusées ARIANE 4 où il donnait entière satisfaction.

L'enchaînement a été le suivant :

- les accélérations latérales du lanceur ARIANE 5 sont beaucoup plus importantes que dans ARIANE 4
- un calcul de conversion d'une valeur flottante en entier a excédé la capacité de représentation d'un entier sur 16 bits qui a généré une exception d'exécution ; elle a fourni des informations erronées qui ont été interprétées comme des informations valides de trajectoire et provoqué le changement de cap fatal
- les basculements entre calculateurs « actif » et « secours » n'ont pas été possibles, les matériels et les logiciels étant identiques, le défaut s'est produit sur les 2 calculateurs.



1) Source : « Echec du vol Ariane 501 - Extrait du rapport de la commission d'enquête »

Raison 2

On fait des modifications pour améliorer des performances techniques, de maintenabilité etc. Cela peut être conduit en interne sans modification du cahier des charges ou des spécifications « client(s) ».

Exemple du transfert de production après mise au point industrielle :

La Peugeot 205 a été lancée initialement sur le site de Mulhouse en 1981 avec une capacité de production de 1000 v/jour environ. La demande ayant nettement dépassé ces volumes, il a été décidé de la fabriquer aussi sur le site de Poissy qui était en situation de sous-utilisation, les modèles de la marque TALBOT ayant souffert d'une image dégradée. Les responsables de la production de Poissy (ex SIMCA CHRYSLER) ont décidé d'organiser le transfert de la production en s'appuyant sur la liasse des plans comme référence. Malheureusement, ils ont dû se livrer à un nouvel « apprentissage » de mise au point du ferrage de la caisse de la 205, car les

modifications réalisées sur le terrain à Mulhouse pendant la mise au point industrielle n'avaient pas été répercutées en mise à jour sur les plans émis par le bureau d'études.

Certains des « tours de main » de fabrication ne sont d'ailleurs pas aisés à formuler sur les plans. Ce sont parfois les gammes qui enregistrent ce savoir-faire, quand ce ne sont pas les bons gestes qui sont transmis entre opérateurs.



Raison 3

Modification nécessaire pour prendre en compte un changement des spécifications ou du cahier des charges.

Exemple de l'évolution des rames du TGV :

Lorsque la SNCF a décidé de rénover les TGV pour leur appliquer un design conçu par le couturier Christian Lacroix, SNCF Voyages, propriétaire de la flotte, souhaitait conserver une distinction entre clientèle de 1ère et de 2de classe. Il a donc été décidé, à l'époque, que seuls les sièges de première classe seraient dotés de prises de courant. Trois ans plus tard, la généralisation des prises de courant dans les

trains TER a conduit SNCF Voyages à revoir sa position. Il a alors été demandé de profiter de toute occasion favorable pour équiper les sièges de seconde classe de prises de courant.



Raison 4

Pour prendre en compte un changement de la réglementation et des contraintes légales, par exemples celles liées à REACH.

Exemple 1 concernant les matières dangereuses :

Les dispositifs de freinage des automobiles (pas seulement...) - plaquettes de freins à disques, garnitures de freins à tambour - contenaient de l'amiante pour réduire les crissements. L'interdiction de ces matériaux, qui dispersaient des poussières jugées désormais dangereuses, a exigé des modifications des mécanismes et la mise au point de nouveaux dispositifs en tenant compte de cette nouvelle contrainte qui excluait les anciennes solutions.



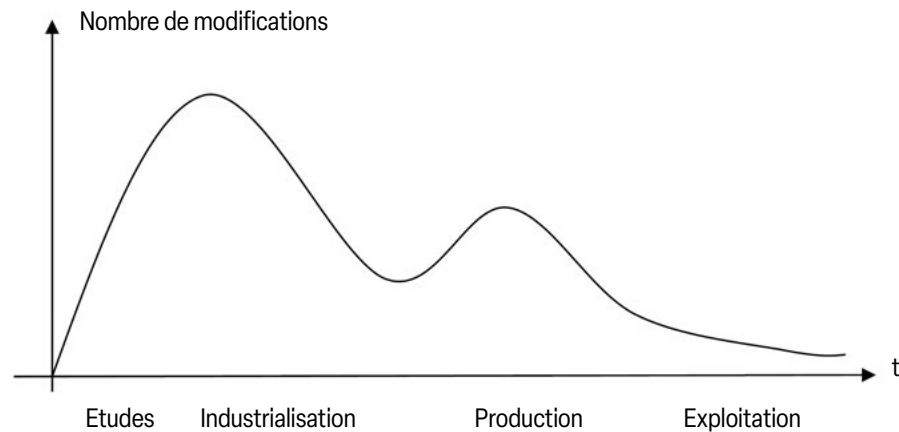
Exemple 2 concernant les normes anti-pollution :

Ces dernières se durcissent régulièrement et ont demandé des évolutions très importantes dans les moteurs thermiques de nos voitures et poids lourds. Ainsi aucun moteur équipé d'un carburateur, aussi sophistiqué soit-il, ne satisfait les exigences des normes anti-pollution depuis plusieurs dizaines d'années.



QUELQUES ORDRES DE GRANDEUR

Il est d'usage de considérer que l'évolution du nombre de modifications au cours d'un programme classique de développement d'un produit industriel est la suivante :



S'il est difficile de donner des chiffres précis du nombre de modifications opérées sur un programme industriel donné pour des questions de confidentialité, il est en revanche possible de donner quelques ordres de grandeur qui rendent bien compte de l'importance de la gestion des modifications dans le cycle de vie d'un produit.

DOMAINE AUTOMOBILE : dans les années 90, chez un constructeur automobile européen, pour une référence pièce participant à la nomenclature d'une voiture, le nombre d'officialisations de création puis modifications était de moyenne de 3. L'un des objectifs du constructeur était de ramener ce nombre à 2, dans la recherche de l'objectif idéal « bien du premier coup ».

DOMAINE AERONAUTIQUE : la porte d'un aéronef long-courrier conçu et produit dans les années 2000 a nécessité l'instruction de 1800 demandes de modifications ayant abouti à l'application effective de 750 modifications sur ce sous-ensemble.

DOMAINE MACHINISME AGRICOLE : entre 100 et 200 modifications sont prises en compte chaque mois pour un tracteur agricole.

PREMIÈRES DÉFINITIONS

On trouve de nombreuses définitions notamment à travers les normes, telle la norme ISO 10007 traitant de la gestion de configuration où l'on trouve la définition suivante des évolutions comparables dans ce contexte à des modifications :

Définition de la maîtrise des évolutions :
activités de maîtrise du produit après approbation formelle de son information de configuration produit.

Nous proposons ci-après nos propres définitions d'une modification et des activités de gestion des modifications :

PROPOSITION DE DÉFINITION DE « MODIFICATION » :

c'est l'ensemble des évolutions d'un produit.

Remarque : les états approuvés correspondent aux différentes « configurations² » du produit. Généralement appelés « baseline », les plus usuels sont :

- **As Specified :** tel que spécifié, définissant les conditions d'utilisation et les performances du produit à concevoir.
- **As Designed :** tel que défini, figé, approuvé par le responsable de la conception.
- **As Planned :** tel qu'il devrait être construit, généralement défini à travers les dossiers de production.
- **As Built :** configuration du produit physique réellement construit, n'est pas forcément strictement conforme à ce qui était prévu, c'est pourquoi il se distingue du As Planned.
- **As Maintened :** configuration du produit en exploitation suite à son entretien et aux différentes opérations de maintenance et de soutien.

De plus une telle configuration, est attachée à chaque produit physique construit.

PROPOSITION DE DÉFINITION DE LA « GESTION DES MODIFICATIONS » :

ensemble des processus garantissant l'analyse, le traitement, la validation, le pilotage et la mise en application des évolutions d'un produit.

Remarque : la gestion des modifications est un sous-ensemble de la gestion de configuration et c'est ce qui en constitue la « dynamique ».

Chez PSA Peugeot-Citroën, le terme OCM (Officialisation de Création/Modification) désigne le document qui informe de toute évolution d'un produit décidée par le bureau d'études. Il irrigue toute l'entreprise et permet notamment de répercuter l'information sur les nomenclatures de fabrication, les achats et, en conséquence, les systèmes d'approvisionnement.

2) Voir le guide « Introduction à la gestion de configuration » de l'association PLM lab.

SOUS-PROCESSUS TYPIQUES D'UNE GESTION DE MODIFICATION

Il convient d'abord de signaler que certains processus, constituant une gestion de modification sont désignés en faisant référence aux livrables qu'ils produisent. On parle ainsi couramment de « Rapport de problème » pour désigner un processus alors que ce terme fait référence au livrable structuré (document, formulaire...) qui conclue la phase d'analyse de problème. Il y a alors confusion entre livrables et processus qui les produisent.

Sous-processus	Livrable	Deliverable (UK)
Remontée de problème ou Gestion des faits techniques	Rapport de problème, faits techniques	Problem report (PR), issues
Analyse des problèmes	Demande de modification	Engineering Change Request (ECR)
Instruction des demandes	Synthèse de l'analyse Documentation de la modification Refus ou ordre de modification	Engineering Change Order (ECO)
Application de la modification	Notification de modification	Engineering Change Notice (ECN)

Gestion des faits techniques ou Remontée (rapport) de problème :

C'est l'un des documents, formalisant les conclusions d'un processus d'enquête, qui peut être à l'origine d'une demande de modification. On peut citer quelques exemples de rapports de problèmes :

- **en fabrication**, on peut être amené à détecter des problèmes de qualité ou de performances du produit ou du process,
 - **en utilisation**, des problèmes peuvent être identifiés par les utilisateurs, le service après-vente, les différents niveaux du support (commercial, applicatif, technique...) ou la maintenance,
 - **des rapports de problèmes** peuvent aussi être issus de questions d'obsolescence et de recherche de solutions de remplacement.
- Il est à noter que pour les systèmes comportant du logiciel embarqué, on peut signaler qu'il y a souvent deux chaînes de faits techniques distinctes : une pour la partie « **physique** » et une pour la partie « **logicielle** » permettant de prendre en compte des rythmes et des cycles de vie différents pour ces deux domaines et des pratiques encore différentes de ces métiers.

Demande de modification

C'est le document résultat du processus qui cerne le périmètre concerné et à partir duquel on lance l'étude d'une évolution des définitions précédentes. Cela engage une analyse d'impact de l'éventuelle mise en application des modifications proposées. Exemples d'activités réalisées dans cette phase :

- **Consolidation** des rapports de problèmes, de leurs niveaux d'occurrences, des contextes d'apparition,
- **Analyse** des causes et de la gravité (sécurité, réglementation),
- **Doit-on réaliser une mise à niveau (« retrofit ») d'un parc existant ?**
- **Mener une analyse des coûts, des délais et quel est le R.O.I. attendu ?**

Ordre de modification

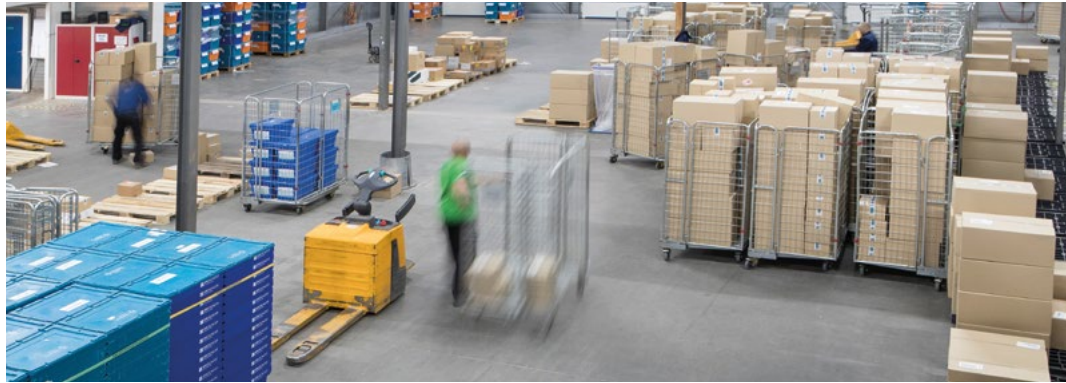
C'est l'aboutissement du processus d'évaluation des modifications étudiées, chiffrées et proposées ; c'est souvent une décision prise par une commission ad hoc chargée de statuer sur sa mise en oeuvre après examen de l'ensemble des facettes liées à l'évolution.

Documentation et notification de modification

C'est l'ensemble des informations diffusées au sein de l'entreprise et de ses partenaires pour permettre d'appliquer une modification dans chacun des secteurs concernés. Bien entendu, cette liste n'est pas exhaustive et dépend du niveau de granularité retenu pour décrire le ou les processus de gestion des modifications.

Ci-dessous, on trouve par exemple un formulaire relatif à un « Engineering Change Proposal » de la société **Rocket-Dyne ayant conçu le moteur fusée de la fusée SATURN V** :

DYNAMIQUE DE LA GESTION DE MODIFICATION



Pour avoir une bonne compréhension de la complexité du suivi de l'application des modifications dans l'ensemble du dispositif industriel, il faut tout d'abord se représenter la façon dont une modification définie et décidée se propage de proche en proche dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement (« supply chain »).

Nous nous intéresserons tout d'abord aux modifications qui suivent la voie « logique » :

- Analyse par le bureau d'études pour définir la nouvelle solution,
- Vérification de sa pertinence (technique et financière) et de son urgence dans le contexte de l'entreprise,
- Décision de sa mise en application dans les activités de production c'est-à-dire fabrication de produits à la nouvelle définition et, peut-être, de remise à niveau du parc installé ou déjà produit.

Il existe en effet un délai incompressible entre la décision d'application d'une modification et son application en fabrication : la diffusion de l'information et le délai d'approvisionnement des pièces nouvelles ne peut être instantané, même dans le cas où une extrême urgence le demanderait, par exemple pour des critères de sécurité des personnes. Le délai sera bien entendu allongé si la matière première doit changer.

Le temps de déroulement de la chaîne d'approvisionnement et de transformation du composant avant assemblage, sa fluidité, et la consommation des stocks encours des pièces les plus coûteuses définissent le décalage temporel qui

distingue toujours la date au plus tôt d'application sur le terrain de la date de décision de l'approbation étude d'une modification.

Les « Objets Métier » Modification Etude et Dossier de Modification en Fabrication sont donc bien deux Objets distincts même s'ils sont liés par une relation de dépendance stricte.

En outre, la granularité des modifications telle que définie par les études n'est pas nécessairement celle retenue en aval : on peut réaliser des groupements de modifications « études » pour organiser leur mise en fabrication.

Des stratégies très distinctes d'ordonnement du flot des modifications sont de plus observées :

- **« au fil de l'eau »** : les modifications études sont mises en application après quelques regroupements,
- **Quelques grandes vagues annuelles (typiquement deux à quatre)** concentrent la grande majorité des modifications décidées, mises en attente d'ordonnement.

Nous ne discuterons pas ici des avantages et inconvénients de ces modes de fonctionnement, intimement liés à la culture de l'entreprise.

Il faut enfin s'imprégner de la réalité industrielle pour intégrer le fait que toute modification dans un processus stabilisé, aussi minime soit-elle, fait courir un risque de non-conformité sur le produit final. Il est donc fortement recommandé de passer par les étapes usuelles de validation des nouveaux produits, avec un contrôle rigoureux des « échantillons initiaux ».

Ceci allonge bien entendu le délai minimum de mise en application de la modification et renforce la distinction affirmée ci-avant.

Il est bien clair que ce schéma logique, organisé, n'est pas toujours possible et que des modifications peuvent être nécessaires sur le terrain, notamment pour des raisons de contraintes de fabrication avec des temps de réaction beaucoup plus courts.

Ces cas, que l'on espère peu nombreux, exigent pour être maîtrisés au moins des autorisations d'écart à la définition « officielle » sous forme de dérogations ; ils soulèvent le plus souvent de réelles difficultés pour la remise en conformité de la définition de référence avec la description des produits fabriqués. On peut préciser par ailleurs qu'une dérogation peut être associée à des mesures conservatoires, visant à vérifier l'absence de danger dans l'utilisation du produit sous dérogation. Ces mesures, prises par le bureau d'étude, renchérissent le coût de la modification.

Cette simple constatation du délai à prendre en compte justifie, si cela était nécessaire, le besoin d'une nomenclature « de fabrication » distincte de la nomenclature « études » même si elle doit lui être parfaitement liée et cohérente.

Cette nomenclature, alimentée en contenu par l'ordre de modification venant du bureau d'études assorti des informations de modification définies par les services méthodes, doit gérer la dimension dynamique, son historique constitué des solutions anciennes, actuelles et prévisionnelles..

Dans l'architecture globale d'un système d'information d'entreprise, elle est habituellement hébergée dans le système de pilotage des approvisionnements et de la production qui établit les « ordres de fabrication », souvent un ERP.



MODIFICATIONS DE PIÈCES ET INTERCHANGEABILITÉ

L'interchangeabilité des pièces ou d'un sous-système composant un produit est une question clé. En voici une première définition proposée par le PLM lab :

Des éléments (pièces, sous-ensembles) sont dits « interchangeables » s'ils répondent à des spécifications identiques applicables dans un contexte donné. Un élément interchangeable peut être alors utilisé à la place d'un autre sans altération des performances attendues et sans modification ou ajustement de l'élément lui-même ou des éléments adjacents.

Les spécifications prises en compte pour la définition d'une interchangeabilité peuvent être issues de tout ou partie des métiers intervenant sur le cycle de vie du produit comme par exemple : des exigences réglementaires, des spécifications issues du marketing ou du style, des performances techniques, des critères de fabricabilité, montabilité, maintenabilité, fiabilité, coût, disponibilité, logistique, recyclage, démantèlement ...

REMARQUE 1

La montabilité et le respect des conditions d'assemblage ne sont donc que des critères parmi d'autres devant être retenus pour statuer sur l'interchangeabilité d'une pièce ; de nombreuses autres spécifications peuvent ou doivent être prises en compte.

REMARQUE 2

Des éléments interchangeables peuvent avoir des définitions et/ou certaines spécifications différentes, mais elles partagent un socle commun de spécifications, dans un contexte donné, notamment des spécifications d'interface ou d'assemblage permettant leur montage sans modification du contexte.

REMARQUE 3

Lors de la phase de fabrication ou d'assemblage, des pièces dites interchangeables sont potentiellement « mélangeables » en stock ; on peut illustrer cela en considérant que des pièces interchangeables doivent pouvoir coexister dans un même « bac » d'un bord de chaîne d'assemblage.

Critères d'interchangeabilité dits « Form / Fit / Function » : en anglais, on utilise souvent l'expression « Fit / Form / Function » (appelé F3 ou FFF) pour rappeler que les spécifications liées à l'interchangeabilité peuvent être organisées, rangées sous 3 grandes familles liées à :

- **la forme des pièces** (form) dans une acception très large incluant par exemple les dimensions, tailles ou aspects visuels d'une pièce, ces caractéristiques sont représentées par la géométrie et les couleurs
- **l'ajustement des pièces** (fit) qui permet le montage d'un élément interchangeable en lieu et place de l'élément original ; le respect de plages de tolérance étroites doit contenir la dispersion des productions
- **leurs fonctions** (function) la pièce, le sous-ensemble doit assurer le rôle basique qui justifie son existence (s'il ne «sert» à rien autant le supprimer...) mais peuvent concerner un grand nombre de métiers de l'entreprise (industrialisation, fabrication, logistique, maintenance, support, recyclage, achat ...).



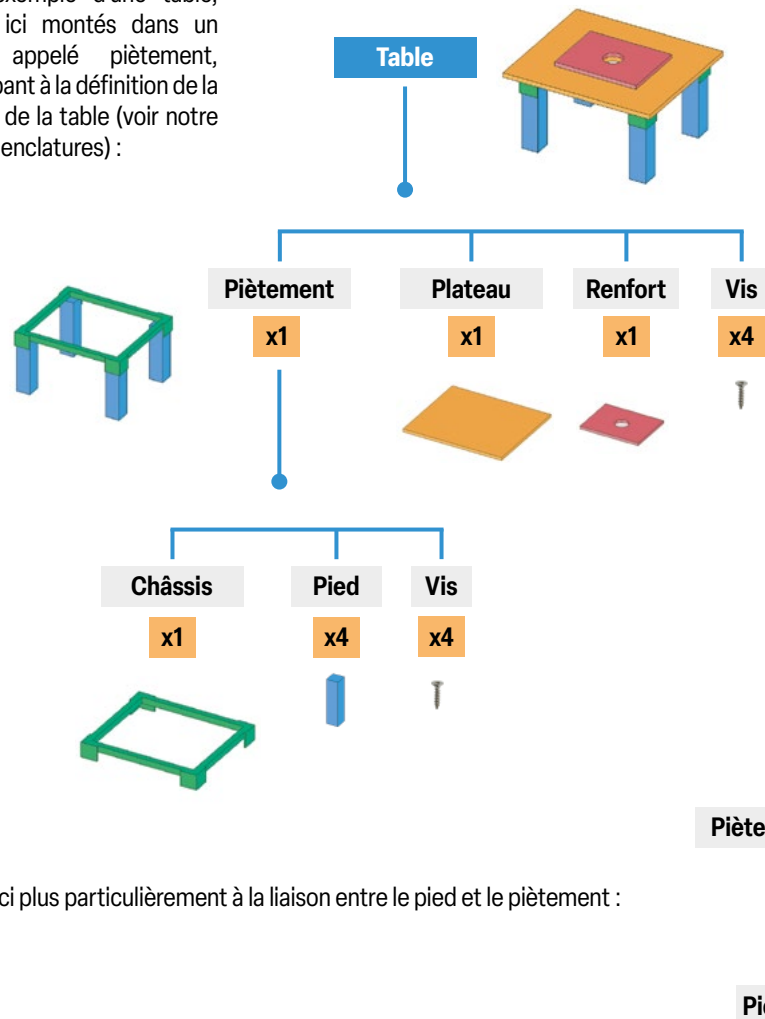
On s'intéresse maintenant à la façon dont on peut gérer l'interchangeabilité des pièces notamment dans le cas d'une modification d'une pièce initiale. On pourrait désigner les nouvelles pièces par des identifiants différents, mais on voit tout de suite que cela générerait énormément de travail « administratif » dans tous les secteurs de l'entreprise pour répercuter ces nouvelles dénominations.

Pour tenir compte de la persistance d'une grande partie des caractéristiques de ces produits, « presque » les mêmes, la notion d'« indice produit » est le plus souvent utilisée pour distinguer ces générations successives d'un même élément (repéré par le même identifiant, la même « référence ») dans son cycle de vie.

La variété des spécifications qui résulte de ces évolutions est généralement repérée par la notion de « version », qui permet d'identifier de façon distincte des publications successives d'un document de définition d'un produit, par exemple le plan.

La question qui se pose est celle de la règle de propagation d'une modification d'un des constituants d'une nomenclature dans les ensembles le contenant.

Si l'on prend l'exemple d'une table, ses pieds sont ici montés dans un sous-ensemble appelé piètement, lui-même participant à la définition de la structure produit de la table (voir notre guide sur les nomenclatures) :

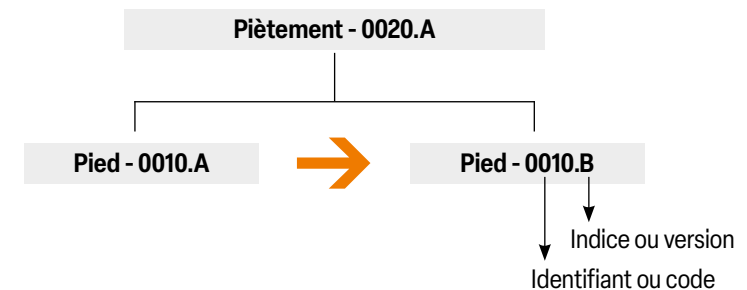


On s'intéressera ici plus particulièrement à la liaison entre le pied et le piètement :

La question posée est la suivante : **comment gérer une évolution de la pièce « Pied » en prenant en compte le contexte de la structure produit de la table, telle que présentée ci-contre ?**

1^{er} cas - les pièces sont interchangeables : la modification apportée à la pièce à partir de sa définition initiale aboutit à ce qu'elle puisse être déclarée interchangeable. Dans ce cas, une « bonne pratique » indique que :

- Le pied initial et le pied modifié gardent un même identifiant (code, référence) et que l'on différencie les deux objets par un indice ou une version différente.
- Dans le cas où le piètement n'est pas modifié vis-à-vis de l'ensemble dans lequel il s'insère, la table, il peut garder le même identifiant (code) et le plus souvent le même indice ou version.



2^{ème} cas - les pièces ne sont pas interchangeables : la modification apportée à la pièce à partir de sa définition initiale aboutit à ce qu'elle soit déclarée non-interchangeable. Dans ce cas, une « bonne pratique » indique que :

- Le pied initial et le pied modifié ont un identifiant (code) différent.
- Le piètement pouvant être amené à être modifié doit être distingué du piètement initial car sa composition, sa nomenclature, a changé. Selon qu'il est lui-même interchangeable ou pas vis-à-vis de la table, on pourra se contenter de modifier son indice ou version ou on devra changer d'identifiant (code).
- Enfin l'identifiant de la table pourra être conservé ou devra changer selon que, avec la modification appliquée, la table, vue du client, sera ou ne sera pas la « même ». C'est la fonction marketing qui doit l'exprimer.



Ici nous avons fait l'hypothèse que le piètement 0020.A et le piètement 0020.B étaient interchangeables. Si ce n'est pas le cas, il convient d'appliquer de façon récursive la bonne pratique définie ci-dessus et de s'intéresser à l'impact de la modification sur le niveau supérieur. L'impact d'une modification « remonte » ainsi à travers la structure jusqu'à trouver un niveau où l'on retrouve une interchangeabilité. Cette bonne pratique permet de limiter l'impact d'une modification dans la gestion d'une structure produit.

Ci-contre, est reproduit l'extrait d'un document³ AIRBUS précisant les conditions d'interchangeabilité de pièces, utilisé dans le cadre d'activités de maintenance :

BASIC PARTNUMBER	CASE CODE	FIN	IPC REFERENCE	CONDITIONS	REPLACING PARTNUMBER	CASE CODE
A8899	F437	2432M	32427101 001F	THE CONDITION IS THE APPLICATION OF SP P4384. RESEARCH OF TASS ON ALL BLEEVE FOR ALL R.O. INSTALL THE NEW RETAINERS VEG P/N 20137113.	A8899	F437
B2700	C0466	0010M	2029001 01	THE NEW ACTUATOR P/N A8899 IS FULLY INTERCHANGEABLE WITH THE PREVIOUS ACTUATOR USING AN ADDITIONAL ADAPTER, P/N A8899.	A8899	C0466
B372A0000	FP111	IC01 IC02 IC03 IC04 IC05	2794001 100F 2794001A100 2794001 001F	PN B372A0000 CAN REPLACE PN B372A0007 ON A320 & A321 ONLY.	B372A0000	FP111
B397A0000	FP111	IC01 IC02 IC03 IC04 IC05	2746001 001F 2746001A100 2746001 100F	PN B397A0000 CAN REPLACE PN B397A0001 ON A320 AND A321 ONLY.	B397A0000	FP111
B397A0000	FP111	IC01 IC02 IC03 IC04 IC05	2263401 001F 2263401A100 2263401 100F	PN B397A0000 CAN REPLACE PN B397A0001 PROVIDED BOTH FACES ARE REPLACED AT THE SAME TIME. FIXABILITY NOT ALLOWED.	B397A0000	FP111
B401A0000	FP111	IC01 IC02 IC03 IC04 IC05	2267002A100 2267002A100 2267002C100 2267002C100	PN B401A0000 CAN REPLACE PN B401A0001 ON ALL A320 & A321 EXCEPT A321 X31 (CORPORATE JET). PROVIDED BOTH FACES ARE REPLACED AT THE SAME TIME. FIXABILITY NOT ALLOWED.	B401A0000	FP111
B401A0000	FP111	IC01 IC02 IC03 IC04 IC05	3320002 1000 3320002A100 3320002 0010	PN B401A0000 CAN REPLACE PN B401A0001 PROVIDED BOTH FACES ARE REPLACED AT THE SAME TIME. FIXABILITY NOT ALLOWED.	B401A0000	FP111
B401A0000	FP111	IC01 IC02 IC03 IC04 IC05	2263401 001F 2263401A100 2263401 100F	PN B401A0000 CAN REPLACE PN B401A0001 PROVIDED BOTH FACES ARE REPLACED AT THE SAME TIME. FIXABILITY NOT ALLOWED.	B401A0000	FP111

CLARIFICATION DES RESPONSABILITÉS, INSTANCES DE DÉCISION

Le survol rapide de la variété des domaines impactés par le cycle de vie d'une modification explique pourquoi une bonne « gestion des modifications » exige une grande rigueur dans l'exécution des processus qui la supportent, d'autant plus que la modification « traverse » toutes les fonctions de l'entreprise et que l'information transmise entre fonctions doit être exempte de toute erreur ou anomalie. Le cas se complique bien entendu quand on analyse le dispositif au niveau de l'entreprise étendue (c'est-à-dire dans le cadre de relations avec des entreprises partenaires, sous-traitants, co-traitants ...) avec des cultures et des codifications différentes.

Les coûts engagés sont souvent importants et le contexte industriel - peu valorisant - en font souvent un sujet de discussions voire de conflits. Il est donc vital de clarifier le contenu des modifications, leurs périmètres et les responsabilités, sans pour autant les enserrer dans un dispositif tellement rigide qu'il en devient impossible à respecter. La sanction du terrain serait alors immédiate : le contournement par un dispositif parallèle générateur d'un désordre masqué, souterrain, produisant des surcoûts intolérables.

Deux dimensions peuvent guider la définition d'une organisation efficace :

Les coûts engagés, notamment lors du passage à la fabrication :

tant que l'on manipule des modèles numériques avec des représentations « virtuelles », les modifications sont extrêmement fréquentes, plusieurs fois par jour en phase de convergence de conception. Les équipes concernées par zone d'un grand projet sont peu nombreuses et un suivi structuré n'est pas nécessairement utile, il est en général néfaste même si des errements sont alors possibles. Par contre dès que l'on engage des fabrications, des réalisations, le dispositif assurant le figeage des éléments fournis et l'historisation est impératif.

Le périmètre juridique, « contractuel », entreprise / fournisseur ou partenaire est structuré sur des étapes juridique-ment exigeantes :

la responsabilité de l'entreprise est potentiellement engagée, y compris pénalement, par la mise en fabrication de produits dont les définitions ne seraient pas correctement établies. Certains marchés sont particulièrement exigeants, l'aéronautique bien entendu partout dans le monde, mais aussi l'automobile notamment aux USA. Enfin, les contrats passés avec des entreprises extérieures qui s'appuient sur des cahiers des charges et leurs évolutions doivent aussi être tracés avec soin, même dans le cas de partenariats.

Bien évidemment le « produit » des 2 critères donne un « poids » supplémentaire : l'engagement de la fabrication d'outillages par une société extérieure est une décision majeure qui repère un niveau d'avancement universellement reconnu sous des vocables éventuellement variés par exemple « Bon pour outillage » ou encore chez PSA où c'est le « Top RO » Release Outillage.

Les responsabilités de décision doivent être parfaitement identifiées en regard des périmètres impactés par la modification. En particulier, on se méfiera de la définition de mécanismes de work-flows complexes qui dilueraient cette étape dans une multitude de demandes d'autorisations ; elles pourraient aisément provoquer des blocages qui feraient rejeter le dispositif proposé.

EFFECTIVITÉS

La structuration de la nomenclature « de fabrication » doit permettre de définir, sans ambiguïté, quelle solution technique doit être appliquée sur les produits réellement produits.

Il faut donc repérer les événements qui délimitent les tranches successives de configurations stables, ce qui peut faire en définissant :

- **Une effectivité à date** : une date d'application pour les produits fabriqués en grande série,
- **Une effectivité à rang** : un numéro de rang du premier produit qui sera construit avec la nouvelle solution pour les productions de produits complexes en faible volume, typiquement l'aéronautique ou le ferroviaire.

Il est à noter que la mise en oeuvre précise de la modification peut se faire, sur le terrain, à l'épuisement des pièces produites avec l'ancienne définition. Cela permet une plus grande souplesse dans l'organisation de la production et, souvent, des économies significatives sur les destructions de pièces aux anciennes définitions.

3) http://www.airbus.com/support/publications/?elD=dam_frontend_push&docID=17433

INTRODUCTION À LA GESTION DE CONFIGURATION

A qui est destiné ce document et pour quel usage ?	92
Un bref historique de la gestion de configuration	92
Un exemple de gestion de configuration	94
La gestion de configuration : principes et points clés	95
L'article de configuration	100
Les états de configuration et configurations de références	102
Les grandes activités de la gestion de configuration	105
Gestion des évolutions, Applicabilités, Effectivités	108
Une étude de cas : la gestion d'un menu lors d'un repas	110
Un point sur les normes et standards	112

Remerciements aux contributeurs : ce document a été établi à partir de la version 1.3 du guide de l'association PLM lab publié en mars 2011. Il a été complété grâce aux travaux d'un atelier qui s'est déroulé le 16 mars 2017 auquel ont participé : Cédric Boeuf (Ix Blue), Solenne



Bonnefoy (Daher), Thierry Caillon (Nexter), François Caillot (Arteson), Jean-Fabien Curie (Cesam Seed), Denis Debaecker (Mews Partners), Adrien Guiducci (AirLiquide), Claude Korber (Conseil Freelance), Christophe Lallouette (Esterline), Yoann Maingon (Aras), Pascal Morenton (Centralesupélec), Frédéric Pairot (Daher), Henry Pilot (Cimpa), Franck Sadoun (Cesam Seed), Hans-Peter Schropp (Safran Landing System), Thierry Terrier (Sncf), Jean-Jacques Urban-Galindo (Conseil Freelance), Clément Vernon (Sncf).

Des webconférences ont permis de compléter par la suite ce premier travail. Ont participé à ces réunions virtuelles : le 2 mai 2017 - Emmanuel Habay (Michelin), Stéphane Héno (Dcns), Pascal Morenton (Centralesupélec), Jean-Jacques Urban-Galindo (Conseil Freelance), Thierry Terrier (Sncf).

Le 18 mai 2017- Thierry Caillon (Nexter), François Caillot (Arteson), Jean-Pierre Daniel (Indépendant), Denis Debaecker (Mews Partners), Pascal Morenton (Centralesupélec), Jean-Jacques Urban-Galindo (Ugc).

Des échanges par mails ont par la suite permis compléter le travail réalisé en présentiel ou en webconférences. Les contributeurs sont : Thierry Caillon (Nexter), François Caillot (Arteson), Patrice Elu (indépendant), Pascal Morenton (Centralesupélec), Jean-Jacques Urban-Galindo (Ugc).

La rédaction de la présente version de ce document a été coordonnée par Pascal Morenton au cours du premier semestre 2017.

À QUI EST DESTINÉ CE DOCUMENT ET POUR QUEL USAGE ?

La Gestion de Configuration est une discipline de gestion qui prend de plus en plus de place dans la conduite des activités d'ingénierie, du fait notamment de niveaux d'exigence croissants dans ce domaine. Elle constitue donc un point d'intérêt grandissant pour les entreprises qui souhaitent, pour nombre d'elles, se rapprocher des meilleures pratiques. Un besoin important d'information, d'éducation ou de formation en Gestion de Configuration s'est donc fait jour ces dernières années, du fait notamment de la nécessaire montée en compétences et du déploiement d'outils et de méthodes dans le domaine.

Ce guide d'introduction à la **Gestion de Configuration (GdC)** est donc destiné à des entreprises, novices en la matière, qui souhaitent aborder ce domaine et se familiariser avec les concepts de base de cette discipline. Il permet de décrire ce processus clé du Product Life-cycle Management (PLM), dont la maîtrise est demandée dans des contextes industriels de plus en plus variés, bien au-delà des domaines « historiques » (aéronautique, spatial, défense...) où la gestion de configuration est bien connue depuis de nombreuses années.

Ce travail a été entrepris par l'association PLM lab en raison de la confusion qui entoure, nous semble-t-il, cette discipline complexe. Il est volontairement simplifié pour permettre une première approche ; nous avons néanmoins cherché à ne pas en déformer les fondamentaux.

Nous comptons que cette deuxième version, faisant suite à une première version publiée en 2011, permette aux gens de métier d'intégrer ces notions dans leurs propres réflexions. Nous espérons que les responsables des PME / PMI y trouveront des éclairages pour, appuyés sur leur bon sens puisé sur leur vécu « terrain », comprendre l'importance stratégique du sujet et s'engager dans une démarche qui, finalement, vise une bonne organisation des travaux d'ingénierie et de leurs « productions ».

UN BREF HISTORIQUE DE LA GESTION DE CONFIGURATION

Dans ce paragraphe, nous voulons répondre à cette question simple : pourquoi certaines entreprises ont-elles commencé à parler de gestion de configuration et en ont-elles fait un ensemble de processus clés pour gérer leurs opérations ?

On a commencé à parler explicitement de GdC dans les années 50 dans le domaine militaire et aérospatial américain. Ce fut notamment le cas lors de « la course aux missiles » de ces années-là où de nombreux prototypes ont été conçus et fabriqués pour le département de la défense avec peu ou pas de documentations¹. Il en a résulté de nombreux problèmes de coûts, qualités et délais. On rapporte ainsi qu'un missile américain a été incapable de construire à l'identique un 2ème exemplaire d'un prototype ayant donné toute satisfaction ; le prototype avait été conçu et réalisé « au fil de l'eau » sans règles de gestion précises notamment de sa documentation technique.



Le département américain de la défense (DoD) a alors proposé de formaliser le processus permettant de conduire la modification d'un système d'un point de vue de l'ingénierie. Cela fut fait à travers les « Army, Naval, Air Force » bulletins N°390 et 390A publiés en 1953. On y décrivait le « Engineering Change Proposal » (ECP). D'autres bulletins suivirent dans les années 50 et 60 pour préciser ou étendre les préconisations dans ce domaine. En 1960, le département américain de la défense impose alors des règles de gestion de configuration à ses sous-traitants. Au-delà de la qualité de son ingénierie, une entreprise est alors choisie aussi pour le respect de certaines règles de gestion.

Toutes les entreprises étant confrontées au même type de problématiques (notamment dans le domaine militaire ou aérospatial), les organisations responsables de programmes ont alors publié des guides de référence pour réaliser une « gestion de configuration ». On peut citer le cas de la NASA qui, au début des années 60, lança le programme Apollo qui permit d'envoyer des hommes sur la lune grâce à la fusée SATURN V. On peut trouver le « Configuration Management Manual » dans les archives libres d'accès de la NASA. Pour ce programme d'envergure, la NASA fit appel à de nombreux sous-traitants pour réaliser la conception et la fabrication des éléments de la fusée : le Massachusetts Institute of Technology pour l'ordinateur de bord, RocketDyne pour les moteurs, BOEING pour le 1er étage etc. Au final, la NASA a établi que le lanceur SATURN V était constitué de 3 millions de pièces, le module de service de 2 millions de pièces et le module lunaire de 1,1 million de pièces soit au total plus de 6 millions de pièces². Il a été alors nécessaire d'harmoniser les méthodes de développement et les échanges entre les entreprises partenaires, de maîtriser les modifications faites tout au long du programme et on peut penser que ce fût l'un des facteurs clés dans la réussite exemplaire de ce grand programme industriel : une coordination exemplaire de plusieurs centaines de milliers d'intervenants.



Le manuel initial fut publié en 1964 (NPC 500-13) puis fut révisé en 1970 (NHB 8040-24). On peut y lire : « La définition et l'application des procédures de gestion de configuration devront prendre en compte les efforts réalisés dans la maîtrise des coûts et de la complexité, la mesure de la maturité d'un projet et les procédures de gestion de configuration effectivement mises en oeuvre ».

De nos jours, la gestion de configuration est un processus clé de nos entreprises qui leur permet de pouvoir gérer, entre autres, la conception et les modifications réalisées sur des systèmes techniquement de plus en plus complexes dans un environnement industriel rendu lui aussi de plus en plus complexe par le jeu des coopérations. Pour prendre un exemple plus contemporain : pour une « **caisse équipée** » automobile (c'est-à-dire le Châssis-coque d'une automobile dotée de ses boucliers, de ses optiques, de ses portes équipées etc.), on estime à 10 000 le nombre de modifications réalisées sur les 1 000 pièces de cet ensemble durant les 3 ans que durent les études. Ci-contre, un exemple de « **caisse en blanc - nue** » d'une Suzuki Alto (2010). En gestion de configuration, on en vient parfois, pour assurer la maîtrise des évolutions, à considérer un produit ou un système comme « un empilage de modifications », ce qui constitue alors un paradigme fort du développement de produit.



2) Note du 25 Octobre 1968 de Thomas R. Jenkins, Assistant Director Apollo Program Office
3) http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19700076457_1970076457.pdf
4) http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19800071127_1980071127.pdf

UN EXEMPLE DE GESTION DE CONFIGURATION

Pour tenter de rendre plus accessible la gestion de configuration, nous allons illustrer cette activité par un exemple tiré de la vie quotidienne : la construction et la gestion d'une maison. M. & Mme Gestiondeconf ont fait construire une maison il y a plusieurs années. A cette occasion, ils ont rencontré de nombreux problèmes :

- **Prestations non conformes à ce qu'ils souhaitaient** : l'architecte n'avait visiblement pas bien compris leurs souhaits,
- **Nombreuses erreurs et malfaçons lors du chantier** : cela a occasionné retards et surcoût dont les responsabilités n'ont pas pu être clairement établies, les litiges ont été longs à traiter, chacun se renvoyant la balle ...,
- **Installation fonctionnelle mais non conforme aux plans établis** : à l'occasion d'une modification de la maison, on a découvert que le câblage du tableau électrique, bien que fonctionnant parfaitement, n'était pas conforme au plan établi,
- **Informations manquantes** : à l'occasion d'un problème d'évacuation des eaux usées, personne n'a su dire où passaient exactement les conduites d'évacuation ; un sondage du terrain a été nécessaire, ce qui a été long et très coûteux,
- Etc.

M & Mme Gestiondeconf ont le projet de revendre leur habitation et de faire construire une nouvelle maison en profitant de leur expérience pour tenter d'éviter les principaux problèmes cités ci-dessus. Ils décident donc de mieux s'organiser et de se lancer dans une activité de « gestion de configuration » de leur projet immobilier.



Dans la suite du document, le pictogramme ci-contre et un fond de gris vous indiquera que l'on reprend l'exemple de la maison pour introduire ou compléter l'une des notions vues dans le guide.



LA GESTION DE CONFIGURATION : PRINCIPES ET POINTS CLÉS

Qu'est-ce qu'une configuration ?

Une configuration est un ensemble de caractéristiques fonctionnelles et physiques d'un produit permettant de décrire des exigences relatives à tout ou partie du cycle de vie d'un produit et notamment à ses phases de conception, de réalisation, de vérification, d'utilisation ou de soutien.

La configuration d'un produit sera définie à travers la définition de spécifications (cahier des charges fonctionnel ou techniques), de structures (arborescences) « produit », de modèles géométriques, de modèles de simulation, de processus de réalisation ou de support etc. Cette configuration sera donc amenée à fortement évoluer au cours du temps. Cette évolution est très représentative de ce qui se passe dans la majorité des projets industriels.

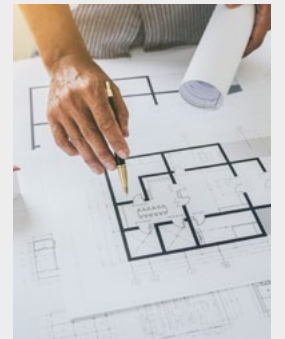


Dans le cas de la maison, la configuration initiale en tout début de projet – celle que le client a en tête - va certainement évoluer au cours du temps en fonction du raffinement dans la définition de la maison, des aléas du projet et du chantier, de l'évolution du contexte ou du cadre réglementaire etc. Au final, de nombreuses modifications vont être abordées. Il s'agira alors de pouvoir les gérer et de les maîtriser.

Cette évolution de la configuration initiale peut être représentée de la façon suivante :

La configuration de la maison telle que souhaitée par le client :

La « configuration du projet maison » est constituée du cahier des charges confié à l'architecte. Ce dernier est composé principalement de la description de la parcelle du terrain sur laquelle la construction sera érigée, de son statut, des raccordements aux différents réseaux, des souhaits en nombre de pièces et équipements, du style général retenu, du budget maximum, mais aussi du champ des délégations à l'architecte (dont le suivi de chantier) et ses émoluments, etc.



La configuration de la maison telle que définie à travers le permis de construire

Après approfondissement des attentes du client, vérification de la faisabilité, définition de la « solution », détail des canalisations internes, dispositions des prises électriques, des évacuations, etc, la configuration est définie à travers un dossier normalisé décrivant le projet de construction respectant l'ensemble des contraintes locales et plus généralement les normes nationales (neige et vent, électricité ...) en vigueur à la date de dépôt du dossier. Ce dossier contient, entre autres, un plan de masse, des croquis donnant les vues externes, un plan détaillé figeant les dimensions des volumes, les murs de structure etc. Le plan fixe les dimensions et les caractéristiques de construction qui permettront de réaliser un ouvrage conforme par des professionnels qui, par définition, savent « lire » les plans.



La configuration de la maison telle que validée par le permis de construire.

Une fois le dossier vérifié par les services techniques de la Mairie du lieu de construction, il est approuvé par décision formelle du Maire et une copie, opposable, est consultable par le public. Dès lors, le descriptif approuvé devient contractuel vis à vis de la communauté et sera la référence pour la vérification future de la «conformité». Toute évolution portant sur les éléments règlementés devra faire l'objet d'une modification par une demande de permis rectificative qui suivra le même circuit de validation.

A ce stade, on parlera d'une première configuration de référence de la maison, servant de base à toute comparaison ultérieure avec des configurations constatées, qui peuvent différer plus ou moins de la configuration de référence.

La configuration de la maison telle que mise « hors d'eau »

La vérification de la conformité et de la qualité de la réalisation est réalisable par rapport au contrat associé au(x) lot(s) correspondant(s) avant de payer l'acompte prévu à ce niveau d'avancement. Les choix de réalisation des finitions intérieures peuvent être ajustés dans le cadre des normes, avant réalisation, pour tenir compte de la situation budgétaire qui a pu évoluer par rapport au plan initial, de l'évolution de l'offre technologique, d'une meilleure « vision », le physique étant là, de l'usage qui sera fait des différentes pièces, etc.



La configuration de la maison telle que lors de la remise des clés

L'ensemble des réalisations est assez avancé pour pouvoir prendre possession de la maison. Un état des lieux contradictoire avec chacun des différents professionnels responsables des lots identifie tous les points qui devront être corrigés avant paiement de la totalité des sommes convenues. Une provision légale sera préservée pour garantir le bon achèvement des travaux. Dès que les lots portant sur la réalisation externe de la maison et son intégration dans l'environnement sont terminés, la vérification de l'état de conformité de la construction peut être demandée. L'examen par les techniciens de l'urbanisme prononcera cet état de « conformité » par rapport au permis accordé ou il identifiera une liste de points d'écart demandant une correction.

La configuration de la maison telle que mise en conformité

Après d'éventuelles modifications demandées, la réalisation est qualifiée de « conforme », elle entre alors dans sa phase d'utilisation, de vie et de maintenance. Des évolutions majeures, dont le périmètre est règlementé par la législation, pourront être autorisées, elles seront subordonnées au dépôt de nouveaux permis de construire. Des évolutions mineures pour la réglementation (mais pouvant être coûteuses tel un changement de chaudière de chauffage central) pourront être engagées par le propriétaire selon sa volonté et ses moyens ... Ainsi, le raccordement au tout-à-l'égout, devenu obligatoire, incluant le raccordement des eaux de pluies, peut être réalisé quelques années après livraison...

La configuration de la maison telle que maintenue

Dix ans après raccordement au tout à l'égout, la société alimentant le secteur en eau courante demande la preuve de la conformité à cette réglementation et réclame les plans, sous réserve de doubler ses tarifs. Egalement, une pompe de relevage ayant une canalisation bouchée, le plombier arrivé sur place réclame aussi les plans de raccordement, sous peine d'avoir à retourner une partie du jardin pour trouver le regard ...



A quoi sert la connaissance de la configuration d'un produit ?

La configuration permet de comprendre ou de connaître :

- **De quoi est constitué le produit (pièces mécaniques, électroniques, logiciels, etc.)**
- **Quelles fonctions seront réalisées par le produit et avec quels niveaux de performances**
- **Comment le produit est fabriqué**
- **Comment le produit est mis en oeuvre**
- **Comment le produit est maintenu**

La connaissance de la configuration d'un produit ou d'un système s'inscrit notamment dans le cadre d'une contractualisation entre un client et un fournisseur. Il peut être par exemple demandé à ce dernier de délivrer un produit mais d'en connaître aussi parfaitement sa configuration pour répondre à des demandes de son client, ou de traiter des demandes d'ordre réglementaire. C'est le cas depuis longtemps dans le domaine aéronautique et de la défense où, par exemple, tout constructeur d'avion civil doit pouvoir fournir les documents techniques d'un avion pendant toute sa durée de vie plus 3 ans (au total environ 70 ans).

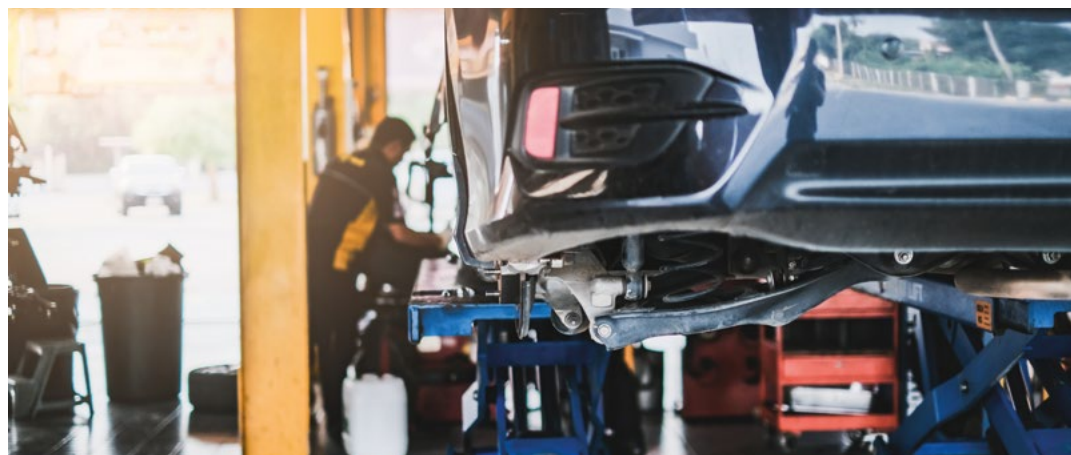
La connaissance de la configuration d'un système peut même devenir vitale si une entreprise, est amenée, à délivrer un service plutôt qu'un produit ou est amené à gérer une très grande diversité produit.

On peut citer l'exemple des campagnes de rappel réalisées par tous les constructeurs automobiles : dans ce contexte, l'entreprise doit pouvoir identifier les « cas d'emploi » d'un élément défectueux, c'est-à-dire les modèles, versions et millésimes des voitures où est monté un équipement particulier. Toyota a ainsi mené récemment une campagne de rappel concernant une pédale d'accélérateur pouvant éventuellement présenter un problème.

Cette campagne a concerné les modèles suivants :

AYGO (fév 2005 - août 2009), iQ (nov 2008 - nov 2009), Yaris (nov 2005 - sept 2009), Auris (oct 2006 - 5 janv 2010), Corolla (oct 2006 - déc 2009), Verso (fév 2009 - 5 janv 2010), Avensis (nov 2008 - déc 2009), RAV4 (nov 2005 - nov 2009).

Au total, cette campagne a touché : 6 millions de véhicules aux Etats-Unis, 270 000 véhicules au Canada, 75 000 véhicules en Chine et enfin 1,8 million de véhicules en Europe.



La connaissance précise de la configuration de la maison permet de se prémunir contre d'éventuels problèmes dans l'application des garanties légales comme celles définies dans la loi du 4 Janvier 1978 :

- **la garantie de parfait achèvement (1 an),**
- **la garantie biennale de bon fonctionnement (2 ans),**
- **la garantie décennale.**

Ces garanties sont basées en grande partie sur l'identification des écarts entre la définition du bien commandé et leur enregistrement contradictoire lors de la réception de la maison. Il s'agit donc là de gérer correctement la configuration de la maison avant, pendant et après la construction de la maison.

A ne pas confondre : gestion de configuration et gestion de la diversité

La « gestion de configuration » est parfois utilisée pour désigner les activités de gestion de la « diversité Produit » qui recense les différents options et variantes d'un même produit et qui permet au client de particulariser son choix.

La norme ISO AP214 description des produits automobiles traitant, entre autres, de ces thématiques parle ainsi de « Gestion des configurations du Produit ». Cela amène souvent de la confusion dans la définition du périmètre et de l'objet de la gestion de configuration.

RECOMMANDATION : nous recommandons de restreindre l'usage du terme de « Gestion de configuration » (Configuration Management) aux activités relatives à la définition donnée ci-contre et d'utiliser plus systématiquement le terme « Gestion de la diversité produit » pour décrire les activités de gestion des options et variantes.

Dans le présent guide, nous nous attacherons à poser les fondamentaux de la gestion de configuration pour un produit sans diversité ; les principes que nous énoncerons seront néanmoins applicables aux cas des produits avec prise en compte d'une diversité.

Il est à noter également qu'on peut dissocier « la Gestion de Configuration Technique » de « la Gestion de Configuration Commerciale », cette dernière discipline ayant pour objectif de constituer un catalogue de produits basés sur des options ou variantes. Dans le présent guide, nous nous restreignons à étudier la « Gestion de Configuration Technique ».

L'ARTICLE DE CONFIGURATION

Dans le processus de gestion de configuration, on introduit le concept d'« **article de configuration** » pour permettre de répartir ce processus global sur plusieurs responsabilités, étant entendu que la gestion de configuration d'un système industriel ne peut être réalisée par une seule entité. Les articles de configuration sont structurés comme des parties d'un arbre qui représente le système global et que l'on nomme souvent « arborescence produit ».

Un article de configuration (AC) est donc le lieu de gestion de la configuration lié aux responsabilités. La gestion de configuration peut alors être déléguée pour un sous-ensemble à un partenaire. Les articles de configuration constituent une sorte d'« empilage de poupées russes » liées aux responsabilités réparties.

Nous pouvons donner une première définition :

Un article de configuration (AC) est un ensemble de matériels, de logiciels, de services ou un sous-ensemble défini de ceux-ci, caractérisé fonctionnellement et/ou physiquement. L'article de configuration est une partie de l'arborescence produit et il est défini de manière à être traité comme une entité autonome dans le processus de gestion de configuration.



Un autre point de vue est que le choix de l'article de configuration dépend de la phase du cycle de vie que l'on considère. Par exemple, on peut définir :

- **Un article de configuration de définition pour le jalon « As Designed »,**
- **Un article de configuration installé pour les jalons « As Operated, As Maintained ».**

Ici, on lie donc les articles de configuration avec le cycle de vie du produit et de ses composants. Les critères permettant de choisir les articles de configuration peuvent être multiples comme en atteste le tableau ci-dessous actuellement en vigueur dans une entreprise manufacturière de premier plan :

1	Article qualifiable séparément, réutilisable, commun à plusieurs systèmes ou produits	Qualifiable. Réutilisable
2	Article soumis à exigence de communauté à plusieurs produits ou à d'autres systèmes (produits utilisés sur d'autres programmes, produits sur étagère, produits fournis par le client,...)	Interface Communalité
3	Article de conception nouvelle, incorporant des innovations et susceptibles de subir de nombreuses évolutions	Innovant
4	Articles critiques vis-à-vis de la sécurité ou de la réussite de la mission du système d'armes	Sécurité
5	Article dont la fiabilité est essentielle pour le fonctionnement du produit	Sûreté de fonctionnement
6	Articles à durée de vie limitée en utilisation	Péremptionw
7	Articles soumis à un contrôle de destination finale	EUC
8	Article remplaçable en ligne (URL)	Réparable
9	Equipements A et B (articlefourni parle client : cf 2)	Fourni client
10	Article soumis à exigence de traçabilité (source d'approvisionnement, ou intégration...)	Traçabilité
11	Constituants appariés	Appariement
12	Article délivrable au client (outillage spécifique, DTU, etc.)	Délivrable
13	Article de configuration identifié et géré par un fournisseur	AC fournisseur
14	Article recevant un logiciel	Logiciel
15	Article soumis à réglementation (certification, environnement, des risques d'interdiction ou de restriction d'emploi en production, maintenance particulière)	Réglementation
16	Article critique vis-à-vis des coûts, des délais	Coût/délais

On peut également noter que l'arborescence des articles de configuration peut s'appuyer sur l'arborescence « système », quand elle existe.



Reprenons l'exemple de la maison : le client (maître d'ouvrage) peut lancer les appels d'offres pour rechercher les professionnels qui pourront réaliser tout ou partie de l'ouvrage, conformément aux plans en assurant au mieux le rapport qualité prix. Les éléments décrits dans les plans de l'architecte feront normalement partie du contrat de réalisation des différents « lots ». Il s'agira alors de :

- **répartir sans ambiguïté le contenu des lots entre les intervenants**
- **assurer la coordination des interventions et le planning global**
- **régler, avec l'architecte, les conflits éventuels résultant d'erreurs de conception**

Le découpage de la réalisation en lots est très proche de ce que l'on désigne habituellement par le WBS (Work Breakdown Structure) dans les grands projets industriels. La composition des « lots » (leur « nomenclature ») et le suivi de leur évolution au fur et à mesure de leur réalisation sont très proches de ce que l'on définit comme le suivi des « Articles de configuration » dans l'organisation d'un projet et la discipline recommandée de « Gestion de Configuration ».

Il est à noter que l'ADN ou le savoir-faire d'une entreprise ou d'un organisme en matière de gestion de configuration est constitué, entre autres choses, de sa capacité à faire des choix d'articles de configuration au **juste nécessaire**. Il s'agit en effet de faire un compromis entre trop (ce qui amène un surcoût) et pas assez (ce qui ne permet pas de respecter les exigences dans le domaine). C'est l'objet des plans de gestion de configuration qui définissent ce juste nécessaire.

LES ÉTATS DE CONFIGURATION ET CONFIGURATIONS DE RÉFÉRENCES

Les jalons du projet d'ingénierie

En résumé, la gestion de configuration a pour objectif de gérer l'ensemble des configurations et de leurs évolutions pour en assurer la cohérence, tout au long du cycle de vie du produit. Or la configuration d'un produit vit, évolue en permanence.

Il existe donc des états de configurations « en cours », « work in progress », ... et non nécessairement cohérents. Ces états ne constituent donc pas des configurations de référence, ce sont des états transitoires qui sont amenés à évoluer.

A l'opposé, il existe des états de configuration figés et cohérents, validant des travaux effectués et constituant des données d'entrée à des activités d'ingénierie ou de gestion futures. La validation de ces états de configuration est réalisée par des comités de revue de configuration qui engagent leur responsabilité à cette occasion.

La transition d'un état de configuration à un autre est généralement décrite, expliquée, par une ou plusieurs modifications alors approuvées, diffusées et soigneusement archivées.

Ces états correspondent à des jalons importants rythmant la vie du projet.

On peut citer les jalons suivants :

Tel que requis	As Required
Tel que spécifié	As Specified
Tel que conçu	As Designed
Tel que maintenable	As Maintainable
Tel que prévu	As to be Built
Tel que planifié	As Planned
Tel que fabriqué/construit	As Built
Tel que livré	As Delivered
Tel qu'opéré	As Operated
Tel que maintenu	As Maintained
Tel que démantelé	As Dismanted

Une vue plus compacte de ces états peut être obtenue en « regroupant » des états voisins qui sont très proches en termes de définition ou d'usage et peuvent, dans certains contextes, ne pas être dissociés. D'autres états sont assez peu formellement en usage.

On obtient alors le tableau resserré suivant :

Tel que requis	As Required
Tel que spécifié	As Specified
Tel que conçu	As Designed
Tel que maintenable	As Maintainable
Tel que prévu/Tel que planifié	As to be Built / As Planned
Tel que fabriqué/construit/livré	As Built / As Delivered
Tel qu'opéré / Tel que maintenu	As Operated / As Maintained
Tel que démantelé	As Dismanted

Espaces des modèles et des états physiques

On notera que les états « Tel que requis » jusque « Tel que planifié » concernent des modèles représentant le produit « virtuel » (et ses processus) et que les états « Tels que fabriqué/construit » jusqu'à « Tel que démantelé » concernent des **états « physiques »** du produit et de ses processus.

L'espace des modèles est composé de configurations de documents « applicables ».

L'espace des états « physiques » est composé de relevés ou de suivis sur les exemplaires physiques. Selon le secteur de l'entreprise menant une activité de gestion de configuration, il est à noter que son attention sera portée en priorité sur un ou plusieurs des états de configuration listés ci-dessus et non l'ensemble des états.

Par exemple : Tel que conçu, Tel que planifié, Tel que maintenu.



Les jalons placés en amont

Deux phases importantes sont placées en amont du cycle de vie du produit :

- **As Required / Tel que requis** : il s'agit de recueillir le besoin client afin de définir des spécifications dites « externes », un cahier des charges, les exigences qui peuvent être de différentes natures : client, réglementaires, normatives, internes.
- **As Specified / Tel que spécifié** : il s'agit de définir ce que réalisera le produit selon différents axes d'analyse : missions, performances, coût...

La définition du périmètre de gestion de configuration est un élément important notamment relativement à ces deux états ; il s'agit notamment de définir les éléments internes et externes au projet. En analyse fonctionnelle, on parle de fonctions principales et fonctions contraintes.

On se référera à l'ingénierie système pour aller plus avant dans la définition de ces deux domaines « Tel que requis / Tel que spécifié ».

Questions ouvertes

De nombreuses questions concernant ces états de configuration restent ouvertes, comme par exemple :

- « As Certified », « As Qualified » peuvent-ils être considérés comme des configurations de référence ? Est-ce vraiment le cas ? Une proposition parmi d'autres : ce sont des qualificatifs d'un état de configuration, normalement obtenus suite à des décisions aboutissant à une qualification,
- L'outillage d'un processus de fabrication doit-il être géré en configuration et si oui, où ? Une réponse peut être : l'outillage est considéré comme un produit fini qui a sa propre gestion de configuration,
- Dans le même esprit, on peut se poser la question de la gestion des gammes et de leurs configurations,
- Comment fait-on pour ne pas bloquer le projet en tentant de figer des états de configuration qui ne sont pas nécessairement totalement cohérents ?

• ...



LES GRANDES ACTIVITÉS DE LA GESTION DE CONFIGURATION

La gestion de configuration s'appuie sur des activités coordonnées d'ordre organisationnel, technique et administratif. Ces activités permettent de s'assurer de la cohérence de toutes les informations techniques relatives à un produit et de piloter, maîtriser les modifications d'un produit tout au long de son cycle de vie.

On décompose habituellement la gestion de configuration en 5 grandes activités :

1^{ère} activité : préparation et organisation de la gestion de configuration

Il s'agit d'implémenter les pratiques de GdC dans les activités relatives aux projets et aux produits pour tous les acteurs concernés de l' « entreprise étendue ».



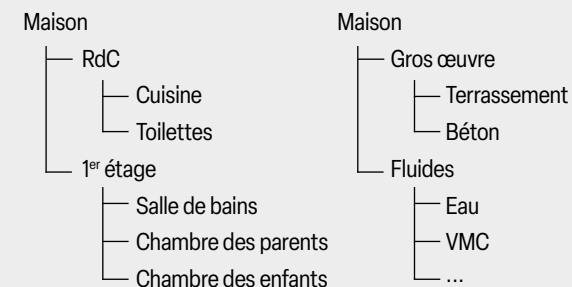
Pour la maison, les différents acteurs sont consultés (client, architecte, entreprises sous-traitantes, bureau de l'urbanisme, etc), des jalons sont définis (dépôt du permis de construire, mise hors d'eau, remise des clés), on s'assure que l'on pourra produire toutes les données demandées de façon réglementaire, ce qui peut induire par exemple la production d'une note de calcul, et on se mettra d'accord sur leurs principes de gestion ...

2^{ème} activité : identification de la configuration

Il s'agit de définir quels objets et données du projet seront soumis au processus de gestion de configuration, de définir les structures « produits », choisir et gérer les identifiants permettant une traçabilité (numéros, versions, etc.).



Pour la maison, un important travail de structuration doit être entrepris pour rendre compte des différents besoins « projet », correspondant aux divers interlocuteurs (client, corps de métiers...). Il en résulte différents points de vue pour décrire la maison :



La gestion de configuration de la maison aura pour objectif, entre autres, de maintenir la cohérence de ces points de vue et la traçabilité, c'est à dire des définitions partagées entre les diverses parties prenantes du projet.

3^{ème} activité : enregistrement et restitution de l'information

Il s'agit d'assurer l'enregistrement des données de configuration et de permettre leur restitution cohérente.



Pour la maison, il s'agira, par exemple, de pouvoir produire et présenter tous les plans de la maison, cohérents entre eux à une date ou à un jalon donnés, (exemple : les chemins de câblage électrique, les circuits de chauffage ou d'eau sanitaire sont directement tributaires de l'agencement des pièces de la maison).

4^{ème} activité : gestion des évolutions

Il s'agit d'organiser la gestion des évolutions et de gérer leurs conséquences sur la configuration du produit et de ses données de configuration.



Pour la maison, on imagine vouloir déposer un permis de construire modificatif pour permettre la complète accessibilité de la maison aux handicapés ; dans ce cadre, il s'agira de définir quels seront les impacts sur la configuration de la maison (exemple : quel est l'impact de passer les largeurs de toutes les portes de 60cm à 80cm ?, accessibilité à l'étage ?).

5^{ème} activité : vérification de la configuration et audits

C'est le moment où l'on va utiliser l'information pour réaliser un processus d'acceptation. Il s'agit alors de donner la preuve que la configuration souhaitée est atteinte à travers la présentation d'une information complète et cohérente à l'occasion de revues, d'audits formels.



Pour la maison : à la remise des clés, lors de la visite finale visant à débloquer les derniers paiements, l'état attendu, issu des documents du projet, sera comparé à l'état réel constaté. L'impossibilité de présenter ces documents, doit logiquement conduire à ajourner la visite sans quoi une acceptation faite sur la base d'une documentation incomplète ou non à jour peut amener le client à perdre tout recours portant sur une non-conformité constatée ultérieurement (son champ d'action sera alors limité aux défauts indubitablement liés à un écart par rapport à l'état de l'art ou bien aux aspects purement réglementaires).

On peut imaginer que, dans un proche avenir, l'état souhaite disposer d'un dossier permettant de vérifier qu'une maison répond à certaines exigences environnementales, comme c'est le cas dès à présent dans certains pays pour des bâtiments professionnels. Il s'agira alors de mener ce type d'activité pour délivrer l'information demandée.

Il est fréquent que, dans des produits complexes, des écarts soient constatés à l'occasion des phases d'audits ou de recette. Une bonne gestion de configuration permet de les pointer de manière factuelle et traçable.



Il n'est pas toujours possible de surseoir à l'acceptation d'un produit présentant des écarts, par exemple pour la maison, le client détecte un écart (couleur des murs d'une pièce non conforme) mais ne peut différer son emménagement. Dans ce cas là, un relevé des écarts doit être entrepris et pour chacun d'entre eux un plan d'action mis en place.

Deux typologies d'écarts sont habituellement utilisées :

- **la non-conformité** est un écart par rapport à un attendu spécifié.
- **Le défaut** est un écart par rapport à un attendu non spécifié car relevant de l'état de l'art.

Dans les 2 cas, le client pourra accepter, accepter sous condition ou bien refuser chacun des écarts, les acceptations d'écarts étant appelées des « dérogations ».



La couleur d'une pièce est demandée verte mais est constatée blanche : c'est une non-conformité. Attention, il ne sera pas possible de revenir sur une non-conformité si l'acceptation a été faite sur la base d'une documentation incomplète ou non à jour.

La peinture utilisée pour la salle de bains n'est pas adaptée aux pièces humides ou la prise électrique de la salle de bains n'est pas sur disjoncteur différentiel : ce sont des défauts.

Face à ces écarts ou non-conformité, des décisions doivent être prises :

- Couleur de pièce non conforme : acceptation sans condition (= dérogation)
- Peinture salle de bain non adaptée : acceptation sous condition, la peinture devra être refaite sous 2 mois, 2 000 Euros du paiement bloqués dans l'attente
- Prise électrique Salle de bains : refus de dérogation, blocage de l'acceptation globale de la maison, donc blocage du paiement des 5% du montant total du chantier jusqu'à correction.

Dans l'industrie, on essaye de prévenir et anticiper les écarts, il arrive donc que l'industriel, sachant à l'avance qu'il ne pourra pas être en conformité, demande de manière préventive une dérogation.



Par exemple dans le cas de la maison, une rupture de stock sur la peinture verte amène le peintre à demander au client l'autorisation d'utiliser une autre couleur.

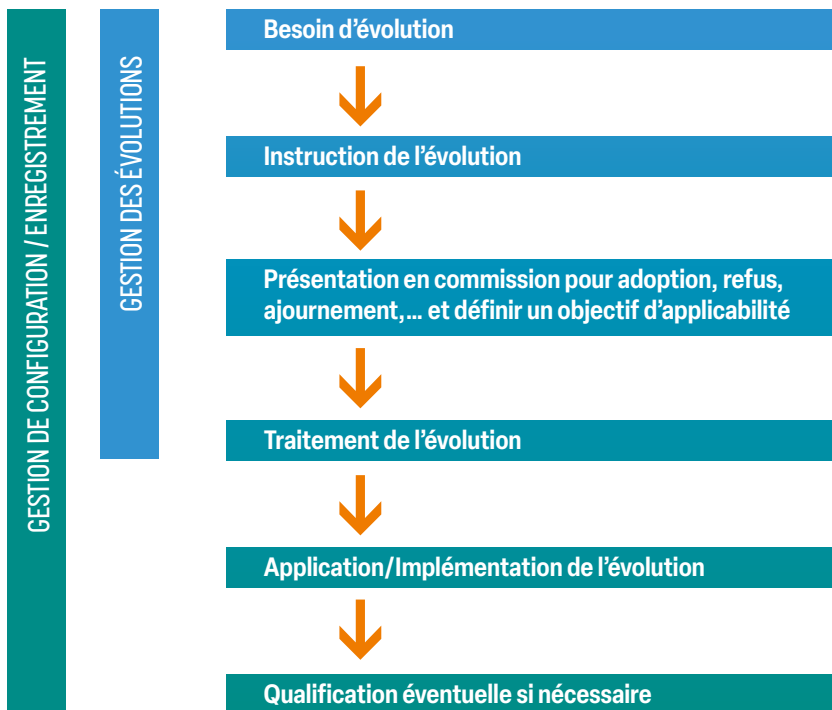
GESTION DES ÉVOLUTIONS, APPLICABILITÉS, EFFECTIVITÉS

Avant-propos

Les termes ou concepts d'effectivité, d'applicabilité ou d'applications d'une évolution ont toujours entraîné beaucoup de confusion, faute de définitions voire de pratiques faisant consensus. Nous proposons ici, à travers des explications et un exemple, de faire une première proposition de clarification.

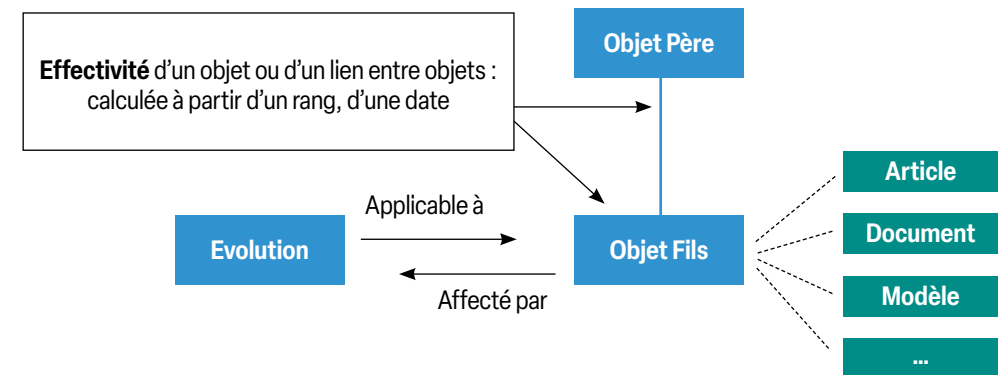
Gestion d'une évolution

La gestion des évolutions peut être considérée comme étant au centre de la dynamique de gestion des configurations d'un produit. Une évolution sera nécessairement attachée à un objet, un article, un système. Les objets, articles ou systèmes étant décrits par des documents qui leur sont liés. Les macro-étapes relatives à la gestion d'une évolution peuvent être représentées de la façon suivante :



Portée d'une évolution

Nous proposons ici un modèle simplifié de la gestion des évolutions où une évolution s'applique à un **objet** issu de l'espace des modèles ou l'espace des états physiques, par exemple un article représentant un composant. Les concepts clés permettant de définir la portée et la prise en compte d'une évolution peuvent alors être représentés de la façon suivante :



Ce schéma traduit que :

- **L'applicabilité** est relative à une évolution qui opère sur un objet.
- **L'effectivité** caractérise un objet ou un lien entre deux objets, dans une structure par exemple ; l'effectivité permet de définir le moment où un objet prend la place (supplante/ « superseed ») d'un autre. Ce « moment » peut être défini via un rang ou une date, par exemple ;

L'applicabilité peut alors perçue comme le champ des possibles d'une évolution liée à un objet.

L'effectivité est le statut d'un objet ou d'un lien entre objets, c'est le champ des choisis. Elle permet pour un objet de sélectionner les diversités temporelles ou d'usage pour lesquelles il est valide.

En résumé :

- 1/ Une évolution est **applicable** à un (ou plusieurs) objet(s)
- 2/ Une évolution devient **appliquée**
- 3/ Le ou les objets impactés deviennent **effectifs**.
- 4/ Les objets physiques sont alors réalisés selon les définitions (plans, gammes de contrôle) effectives au moment de leur production.

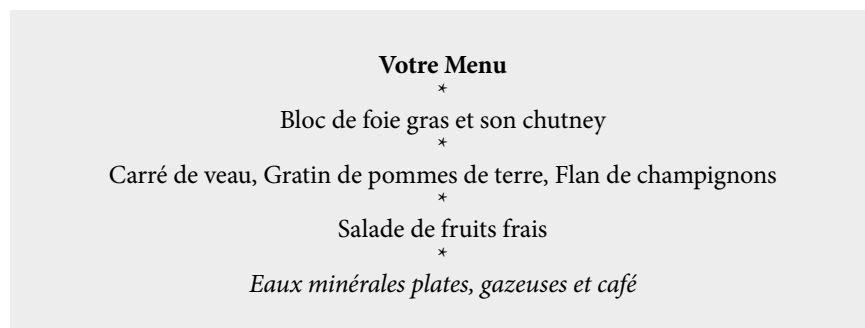
Le concept de **validité** peut également être utilisé dans ce périmètre. Il conviendra alors de clarifier son positionnement par rapport aux concepts définis précédemment.

Pour illustrer ces questions, nous proposons un exemple simple mais représentatif des problématiques adressées. Cet exemple a été inspiré par un événement survenu lors du déjeuner servi aux participants à l'atelier du 16 Mars 2017.

UNE ÉTUDE DE CAS : LA GESTION D'UN MENU LORS D'UN REPAS

Déclaration de « Faits Techniques »

Alors que les convives s'installent autour de la table, on constate que le menu est en français et que seules des eaux minérales plates et gazeuses sont prévues.



Les convives déclarent alors deux « faits techniques » (voir notre guide sur la gestion des modifications) :

- **Fait technique 1** : il n'est pas prévu de vin à table, ce qui est conforme à la commande passée, mais les convives souhaitent en disposer ; la commande doit être modifiée,
- **Fait technique 2** : le menu est en français, or la présence d'un non-francophone induit qu'on mette à disposition au moins un exemplaire en anglais.

Traitement du « Fait Technique 1 » : il n'y a pas de vin à table

La prise en compte de ce fait technique passe par les étapes suivantes :

- Le Trésorier de l'association donne son accord pour le lancement d'une étude d'une modification « mettre du vin à table »
- Cette demande de modification est instruite avec :
 - Une évaluation des coûts
 - Une étude d'impact sur les menus en carton
 - Une évaluation de la qualité du vin et leur disponibilité en stock
 - La faisabilité logistique de la demande

Après instruction, le Président de l'association donne son accord pour déclarer la modification « mettre du vin à table » applicable à toutes les tables, après que l'entrée eut été servie.

Traitement du « Fait Technique 2 » : les menus sont libellés en français

La prise en compte de ce fait technique passe par les étapes suivantes :

- Le Trésorier de l'association donne son accord pour le lancement d'une étude d'une modification « traduire le menu »
- Cette demande de modification est instruite avec :
 - Une étude de faisabilité de la traduction
 - Une évaluation des coûts
 - Une étude d'impact sur les menus en carton

Après instruction, le Président de l'association donne son accord pour déclarer la modification « traduire le menu » applicable à une seule table, après l'entrée.

Application des modifications

Après accord pour rendre applicables les modifications demandées :

- On lance la refonte du menu, les deux modifications deviennent appliquées
- Les modifications sont appliquées à la définition du menu en carton, deux nouvelles définitions modifiées deviennent effectives. Le contrat entre PLM lab et l'hôtel est donc modifié.
- Ces définitions modifiées sont envoyées au bureau des impressions de l'hôtel qui propose des « bons à tirer » effectifs, après l'accord du Président
 - Le menu en carton est imprimé en 3 exemplaires dont l'un en anglais
 - Les menus et le vin sont distribués sur les 3 tables

Remarque : il est à noter que, dans la « vraie vie », il est probable que le vin soit distribué et même bu alors que les nouveaux menus ne sont pas encore imprimés !



UN POINT SUR LES NORMES ET STANDARDS



La norme ISO 10007

Dans un monde où les collaborations internationales se sont généralisées, la recherche de la qualité des produits impose une excellente coordination des activités et, par conséquent, de l'organisation des travaux. Les meilleures pratiques sont finalement de portée universelle et leur structuration a fait l'objet de la norme ISO 10007 Gestion de Configuration. Elle homogénéise les principes et réduit les incompréhensions entre les représentants des différentes organisations en donnant des définitions « de référence ». Son objet tel qu'il est présenté sur le site de l'AFNOR :

« La présente Norme internationale donne des recommandations pour l'utilisation de la gestion de la configuration au sein de l'organisme. Elle est applicable en support des produits depuis leur conception jusqu'à leur retrait de service. Elle met tout d'abord en évidence les responsabilités et les autorités avant de décrire le processus de gestion de la configuration, lequel comprend sa planification, l'identification de la configuration, la maîtrise des évolutions, l'enregistrement de l'état de la configuration, ainsi que les audits de la configuration. Il convient de noter que l'ISO 10007 est un document destiné à servir de guide et qu'elle n'a pas pour objectif d'être utilisée à des fins de certification/enregistrement. »

Les normes et standards « propriétaires » ou par secteurs d'activité

En plus de la norme ISO 10007, on trouve des recommandations ou standards propres à certaines entreprises ou secteurs d'activités, notamment ceux ayant déployé depuis de nombreuses années la gestion de configuration. On peut citer :

- US Department of Defense <https://acc.dau.mil/CommunityBrowser.aspx?id=142238>
- European Cooperation for Space Standardization <http://www.ecss.nl/>
- Bureau de normalisation de l'aéronautique et de l'espace <http://www.bnae.asso.fr/>
- Etc.

Des sociétés ont également établi des programmes de formation aboutissant à une certification dans le domaine de la gestion de configuration basée sur leurs propres « standards ». On peut par exemple citer l'Institute of Configuration Management délivrant une certification dite « CMII ».

Au final, on peut considérer que l'ensemble de ces normes et standards sont des déclinaisons assez proches d'une même activité industrielle nommée « Gestion de Configuration ».

Les standards dans le bâtiment

Au-delà de la coordination des organisations et du suivi de la « vie » du projet au travers d'un certain nombre de documents comme le décrit la Gestion de Configuration de façon générale, il faut limiter les erreurs d'interprétation dans les documents qui supportent les échanges et les accords entre les parties.

Le monde de la construction de bâtiments, qui associe de nombreux corps de métiers, a développé depuis plusieurs années une norme qui définit les éléments de documentation nécessaires à cette activité. La norme internationale STEP (ISO 10303-21), connue sous l'acronyme « BIM Building Information Model », décrit les objets dont on a besoin pour concevoir un bâtiment tout au long de son cycle de vie (conception, construction, exploitation) et selon différents points de vue (architecture, structure, thermique, estimatif...).

Les IFC (Industry Foundation Classes) sont le recueil des informations qui permettent de décrire pour chaque élément du bâtiment la forme, les caractéristiques, les relations avec les autres objets ...

Grâce aux IFC, toutes les applications de construction (logiciels de CAO architecte et ingénieur, logiciels de calculs de structure, de simulation thermique et acoustique, etc.) peuvent communiquer entre elles et exploiter une seule et même base de données de l'ouvrage en cours d'étude, de construction puis d'exploitation.

L'apport des standards dans l'industrie

De façon analogue, les normes STEP définissent pour les principales branches industrielles (automobile, aéronautique, construction navale, etc.) des structures de définitions des produits et les objets adaptés. Elles constituent des référentiels permettant de réunir les coopérants sur un vocabulaire et des concepts partagés, afin de réduire sinon éliminer les confusions. Tout ou partie de ces normes STEP peuvent être intégrées aux processus de gestion de configuration.

Les points que nous aurions aimé aborder dans ce guide ...

... et qui le seront dans une prochaine version du document :

- L'histoire de la gestion de configuration dans le domaine aéronautique, dans le secteur automobile, dans le domaine de la construction navale civile et militaire · La sérialisation : pourquoi et quand définit-on des numéros de série pour un équipement ?
- Les points de vue métier : quels sont-ils et dans quelle mesure la gestion de configuration doit-elle les prendre en compte ?
- Les liens entre les configurations et la diversité (options, variantes).

A qui est destiné ce document et pour quel usage ?	116
Un bref historique des standards industriels	117
Qu'est-ce qu'une norme ? Qu'est-ce qu'un standard ?	118
Nature des normes et standards	120
Les normes et standards du « PLM »	121
Les principaux acteurs des standards	125
Questions récurrentes posées par les documents numériques	127
Echange, gestion et archivage d'un document autonome	129
Echange, gestion et archivage d'une liasse de documents avec liens	131
Echange, gestion et archivage d'une nomenclature	133
Comment implémenter les standards à votre échelle ?	135
Perspectives : l'état de l'art en matière de standard	136

INTRODUCTION AUX NORMES ET STANDARDS DU PLM



A QUI EST DESTINÉ CE DOCUMENT ET POUR QUEL USAGE ?

Ce guide d'introduction aux **Normes et Standards** est destiné à des entreprises, peu familières de la matière, qui souhaitent aborder les fondamentaux de ce domaine, se familiariser avec les enjeux de ces démarches, éclairer leur propre analyse et les intégrer dans leur stratégie. Il décrit l'importance que cette discipline revêt dans la mise en place efficace d'un système d'information supportant le processus de Gestion de Configuration (GC), que nous avons décrit dans notre premier guide.

Il inscrit la démarche dans le mouvement de standardisation qui a jalonné l'histoire de l'industrialisation, fondée sur la spécialisation des opérations de production et la recherche de la performance collective et, in fine, la réduction des coûts en substituant une fabrication « en série » aux productions artisanales unitaires.

C'est le livrable choisi comme deuxième priorité par les adhérents de notre nouvelle association « PLM lab » en raison des débats qui entourent, nous semble-t-il, l'appréciation de l'opportunité cette matière.

Il est volontairement simplifié, nous avons cherché à ne pas trahir les orientations fondamentales de ce courant qui conditionne l'ouverture des marchés, la collaboration entre les entreprises et le développement d'une saine concurrence.

Nous comptons que la première version de ce document, qui appelle les remarques des lecteurs et fera l'objet d'améliorations, permettra aux gens de métier de mieux intégrer une compréhension de l'état de l'art dans leurs propres réflexions.

Nous pensons que les responsables des PME / PMI y trouveront des arguments pour, appuyés sur leur vécu « terrain », devenir force de proposition afin d'améliorer, avec leurs donneurs d'ordres, l'organisation des travaux d'ingénierie et de leurs « productions », dans une démarche « gagnant-gagnant ».



UN BREF HISTORIQUE DES STANDARDS INDUSTRIELS

Toute l'histoire de la mutation de la production artisanale vers une organisation industrielle se structure autour de la notion d'interchangeabilité. Elle permet de remplacer de longs et coûteux ajustements de pièces préparées unitairement par l'assemblage de composants aux dimensions régulières, fabriqués en grandes quantités et pouvant alors bénéficier tout à la fois du savoir-faire accumulé, de l'acquisition du geste efficace (le « tour de main ») et de l'investissement dans des outillages qui rendent plus performantes et économes les opérations répétitives de production. Adam Smith dans « La richesse des Nations » théorise cette mutation.



En France, dans les années 1780, le secrétariat d'Etat à la marine favorise la standardisation dans la construction des navires afin de faire des économies d'échelle. C'est ainsi que les projets de l'ingénieur Sané, basés sur la standardisation des pièces, furent choisis en priorité pour la production de plus de 150 navires de guerre réalisés entre la guerre d'indépendance américaine et le 1er empire.

Il y a d'innombrables exemples à portée presque universelle qui, structurés et officialisés sous forme de norme ou de standard, permettent des échanges et une commercialisation dans des zones toujours plus larges, potentiellement le monde entier.

Ainsi les écartements de voies ferrées, les diamètres et pas des tiges filetées, l'alimentation électrique en 50 Hz (mais 60 Hz aux USA...), ou encore l'interopérabilité des centraux téléphoniques permettent-ils de repousser les limites de zones de partage dans une même communauté de choix structurants.

Mais le mouvement n'est pas spontané et il est subordonné à l'existence d'une « autorité » qui en favorise le développement et l'adoption. L'initiative peut être industrielle, politique ou portée par une organisation supranationale. Elle s'oppose parfois aux intérêts économiques de tel ou tel acteur. L'exemple de la téléphonie mobile est intéressant : on imagine sans peine la complexité du protocole GSM respecté par tous les téléphones mobiles ; mais dans le même temps leurs chargeurs sont souvent incompatibles en raison d'une diversité des fiches de connexion sans justification technique sérieuse. Il faudra une réglementation européenne pour ramener les constructeurs à la raison.

Plus généralement, on observera que l'interchangeabilité repose sur la définition rigoureuse des interfaces. Cela concerne la correspondance physique d'objets mais aussi la compréhension d'idées, de concepts ou de procédures entre différents acteurs. Les normes et standards abordent donc des notions abstraites, ils permettent d'aider à mieux définir le sens des mots et à ainsi préciser les conditions d'interface entre des acteurs qui collaborent dans la construction « virtuelle » d'un ensemble compliqué. Le besoin de cette précision est encore plus absolu quand il s'agit de faire inter-opérer des applications informatiques.

Mais rien n'est simple dans le domaine des normes et standards ! On pourra ainsi observer l'apport incommensurable que représentent le partage d'un alphabet latin minimum (code dit ASCII utilisé en informatique), le système de numération dit arabe ou les lexiques ou dictionnaires ; mais même sur des sujets aussi simples en apparence, la prolifération et l'extension de « normes » ou « standards » posent de nombreux problèmes aux utilisateurs, comme par exemple la question de la codification des caractères notamment accentués ou spécifiques à une langue.

1) http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/rtte/chargers/index_fr.htm
<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/1776&format=HTML&aged=0&language=FR&guiLanguage=en>



Une courte histoire du standard SET par Pierre Germain-Lacour

Responsable du calcul scientifique informatisé à PSA Peugeot Citroën de 1967 à 2005. Administrateur de GOSET de 1992 à 2003, il en fut le dernier président.

« Dans le domaine des échanges de données géométriques issues de la CAO, l'une des premières initiatives visant à établir un standard fut SET (système d'échange et de transfert) initiée par Aérospatiale à la fin des années 1970 en vue de faciliter ses échanges avec ses partenaires et sous-traitants. Un club SET, groupement sans statut, fut créé pour continuer sa définition et favoriser la création d'interfaces logicielles SET. Ensuite, pour confirmer cette démarche et gérer les divers travaux nécessaires, l'association GOSET a été créée en 1984 par les fondateurs suivants : Aérospatiale, DGA, EDF, PSA Peugeot Citroën et Renault. De nombreuses entreprises et organismes ont été membres de l'association parmi lesquels on peut citer notamment : Dassault Aviation, Schneider Electric, SNECMA, VALEO, FRAMATOME, Technip, CNES, ESA, CERN, CETIM, Ecole Centrale, IBM, Computer Vision et MATRA Datavision.



Les missions et activités de GOSET ont concerné SET qui est devenue une norme française (AFNOR NF Z 68-300). Dans le prolongement de ces travaux, GOSET a contribué à l'établissement de la norme STEP ISO 10303. Ces activités comprenaient : la mutualisation du développement de SET, la contribution française à STEP, l'assistance aux membres et autres utilisateurs pour la mise en place de solutions SET puis STEP, l'assistance aux offreurs pour le développement d'interfaces logicielles SET et STEP, la promotion et la formation à SET et STEP en France. Un problème récurrent est la conformité des logiciels aux normes qu'ils utilisent. A ce titre, le forum des implémenteurs STEP est essentiel. En 2003, il a été décidé de mettre fin aux activités de l'association en raison des résultats acquis et des implémentations déjà effectuées. A ce jour aucune autre structure n'a pris la suite de GOSET.2 »

QU'EST-CE QU'UNE NORME ? QU'EST-CE QU'UN STANDARD ?

Lorsqu'on tente de définir ce que sont une norme ou un standard, on est tout de suite confronté à une difficulté liée à l'usage qui est fait du mot « Standard » en français ou en anglais. En effet, le français fait une distinction entre une norme et un standard alors que l'anglais utilisera indistinctement le terme standard pour qualifier ces deux concepts.

Nous vous proposons donc de commencer par définir une norme et un standard et de préciser les différences entre ces deux concepts.

2) Contrairement à l'Allemagne où les groupements VDA et Pro/STEP restent très actifs

3) Guide ISO/IEC 2 :2004 - 4) http://fr.wikipedia.org/wiki/Normes_et_standards_industriels

5) Norme ISO/IEC 26300:2006 - 6) <http://www.oasis-open.org>

L'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) et la Commission Electrotechnique Internationale (IEC) donnent, dans un document³, les définitions suivantes :

Norme : document, établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats, garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné (note ajoutée à la définition : il convient que les normes soient fondées sur les acquis conjugués de la science, de la technique et de l'expérience et visent à l'avantage optimal de la communauté).

Norme internationale : norme qui est adoptée par une organisation internationale à activités normatives/de normalisation et qui est mise à la disposition du public.

Concernant les standards industriels, WIKIPEDIA⁴ donne la définition suivante :

Standard : référentiel publié par une entité privée autre qu'un organisme de normalisation national ou international ou non approuvé par un de ces organismes pour un usage national ou international.

Pour une norme, on peut aussi parler de standard *de jure* indiquant par là que le standard concerné fait référence à un caractère réglementaire, législatif ou contraignant, par opposition au standard *de facto* indiquant que l'usage a amené certaines entités à convenir de pratiques communes ou à des partenaires à passer des agréments, sans caractère contraignant d'origine réglementaire ou législatif.

En bureautique, on peut citer l'exemple du format de traitement de texte :

OpenDocument : norme⁵ ISO d'un format permettant de décrire les documents « bureautique ». Le nom complet de cette norme est **Open Document Format for Office Applications** ; il est supporté par le groupement OASIS⁶

Microsoft Word : standard de fait adopté par un grand nombre d'entreprises pour faciliter les échanges de documents « bureautique ». On notera que les versions successives de ce format contraignent les utilisateurs - à utiliser - à acheter - les nouveaux logiciels de la suite OFFICE commercialisée par cet éditeur.

Office Open XML : standard proposée par MICROSOFT pour répondre aux besoins d'interopérabilité des applications bureautiques. Ce standard est maintenant une norme ISO/IEC (IS 29500) ce qui est en fait un concurrent d'OpenDocument !

En anglais, voici les définitions données par Wikipedia :

A technical standard is an established norm or requirement about technical systems. It is usually a formal document that establishes uniform engineering or technical criteria, methods, processes and practices. In contrast, a custom, convention, company product, corporate standard, etc. which becomes generally accepted and dominant is often called a de facto standard.

Au final, l'objectif des normes et standards peut être résumé par cette phrase prononcée par Olivier RIVES de la société THALES⁷ : « Normes, standards, standards de fait, spécifications ... Tous visent au moins un objectif partagé : établir un cadre de référence commun pour améliorer notre faculté collective à interagir ou bien à agir de manière ordonnée... et à se comprendre ».

NATURE DES NORMES ET STANDARDS

Pour toute norme ou standard, il convient, pour en comprendre la portée et ses conditions d'utilisation, de définir :

- Quelle entité exerce les responsabilités de sa définition, de son évolution, de sa diffusion. Ce peut être un organisme officiel (de niveau national ou supra-national), une association d'industriels qui souhaite favoriser la pérennité et la concurrence par la formulation d'un ensemble de spécifications stable et connu, un consortium de fournisseurs qui veut partager les efforts et un marché naissant ou à consolider, un fournisseur en position dominante, un groupe de chercheurs,
- Son statut juridique : réglementaire comme par exemple ce qui touche à la sécurité ou la santé des personnes, exigible dans un cahier des charges (sans biaiser l'appel d'offres qui pourrait, sinon, être attaqué), comme accord tacite entre les parties pour préciser les conditions de conformité des fournitures attendues,
- Quel est son champ d'application : un pays, par exemple, la France, un groupe de pays (la Communauté Européenne), le monde ou, au contraire, un contrat particulier.

En outre, une norme ou un standard peut être :

- Publié et dans ce premier cas, toutes les informations le décrivant sont accessibles pour qui en fait la demande
- ou fermé et dans ce cas l'accès en sera limité

L'accès à leur documentation pourra être gratuit ou soumis à des droits de publication (c'est souvent le cas des normes diffusées par l'AFNOR).

Enfin leur mise en oeuvre pourra être :

- Libre d'utilisation
- Ou soumise à des droits d'usage.

On pourrait ainsi s'intéresser aux statuts particuliers des normes ou standards relatifs à l'affichage « simplifié » de modèles CAO 3D : VRML, PDF 3D, 3DXML, JT, X3D etc. Sont-ce des normes ? Des standards de fait ? Des standards libres ou soumis à droits d'usage ? Etc.

7) In conférence « Back to basics 3 » du PLM lab, 2 Décembre 2010 à L'Ecole Centrale Paris

LES NORMES ET STANDARDS DU « PLM »

Le périmètre du PLM est très large et touche de nombreuses activités clés de l'entreprise. C'est donc sans surprise que l'on retrouve de très nombreux standards ou normes dans ce périmètre qui concernent tout autant des activités « métiers » que des aspects purement informatiques. Dans le présent document, nous étudierons plus particulièrement ce qui relève des activités « métiers » et peut être considéré comme spécifique au PLM. Les normes et standards plus génériques ou informatiques (comme par exemple XML) ne seront pas détaillées ici.

Ci-après, nous avons reproduit trois vues synthétiques datées de 2005, 2006 et 2010 sur la place et la maturité de standards pris en compte dans une démarche PLM, place qui peut varier bien entendu selon le point de vue adopté ou selon l'évolution du standard lui-même au cours de son développement.

Dans les figures 2 et 3, on peut ainsi noter la place différente donnée à PLCS et sa position relative par rapport à STEP : les initiatives PLCS et STEP ont d'abord été menées de façon séparées pour être maintenant définies de façon conjointe et cohérente.

Fig.1 : Vijay Srinivasan Open Standards for Product Lifecycle Management Conference on Product Lifecycle Management, 2005, IBM Corporation and Columbia University

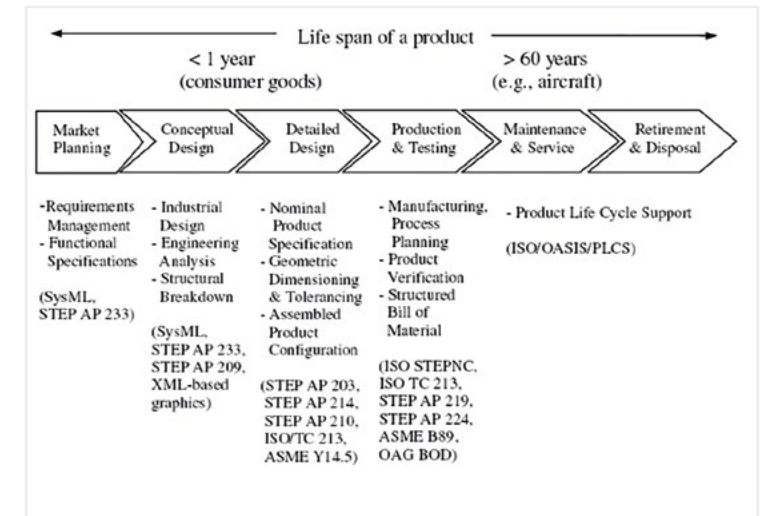


Fig.2 : Analysis of Standards for Lifecycle Management of Systems for US Army, 2006

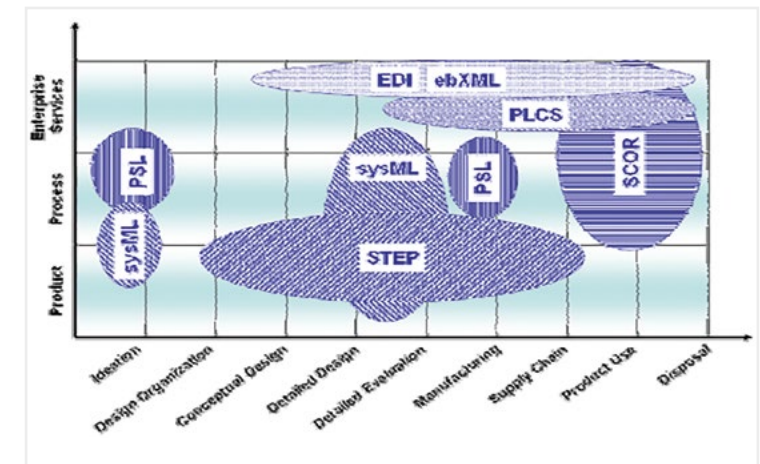
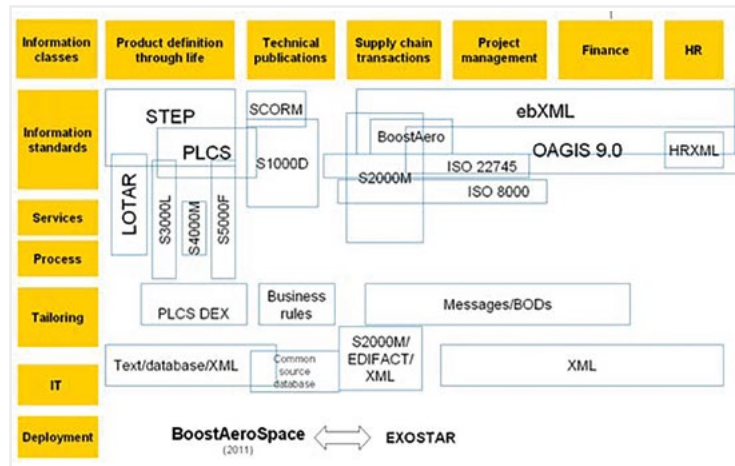


Fig.3 : EADS, PHENIX SSC Consolidation Group Standardization Day, June 1st 2010



Parmi l'ensemble des normes et standards cités, on constate que « STEP » tient une place privilégiée et cela en fait l'une des normes majeures du PLM. C'est pourquoi on l'évoque souvent et à juste titre comme un élément clé d'une stratégie de déploiement PLM.

Le standard pour l'échange de données de produit, STEP (STandard for the Exchange of Product model data en anglais) ou ISO 10303 porte sur la représentation et l'échange de données de produits et a pour objectif d'intégrer les processus de conception, de développement, de fabrication et de maintenance de ces derniers⁸.

La norme STEP est constituée de nombreuses parties appelées « Application protocoles » (AP) couvrant un secteur industriel ou une phase du cycle de vie du produit particuliers. Parmi ces très nombreux AP, on peut citer, plutôt dans les domaines aéronautiques et automobiles, les standards suivants :

AP203 Conception mécanique 3D en configuration⁹ prenant en compte notamment toutes les problématiques liées à l'utilisation raisonnée des outils de modélisation 3D. Ex : **AEROSPATIALE** a commencé à déployer, en 1996 et à la suite de SET., l'AP203 pour les échanges de données géométriques associées à des données de configuration.

AP214 Norme traitant des problématiques importantes pour le domaine automobile liées à la gestion des options et variantes, problématiques non évoquées dans l'AP203 ; cette norme couvre également la définition du process de fabrication associé au produit. Ex : **PSA** a fait le choix de l'AP214 comme modèle de définition de ses produits dans le domaine technique en Juillet 1997. En Allemagne, **DAIMLER**, par exemple, a fait un choix équivalent.

8) http://fr.wikipedia.org/wiki/Standard_pour_l%27%C3%A9change_de_donn%C3%A9es_de_produit
 9) à propos de la gestion de configuration, voir le guide de l'association PLM lab

AP233 Norme traitant du domaine complexe de l'Ingénierie système. Une version applicable est en cours (en Juillet 2011) d'examen au comité ISO TC 184/SC 4.

AP239 Aussi appelé communément PLCS (Product Life Cycle Support) a pour vocation de couvrir toutes les phases d'un système incluant sa mise en opération et sa maintenance. Ex : le **Ministry of Defense** anglais utilise PLCS pour le maintien en conditions opérationnelles et la gestion des échanges avec la « supply chain » de ses systèmes d'armes ; la société **BAE SYSTEMS** utilise PLCS pour gérer l'ensemble du cycle de vie des produits conçus et fabriqués par sa division **HAGGLUNDS** (véhicules militaires).

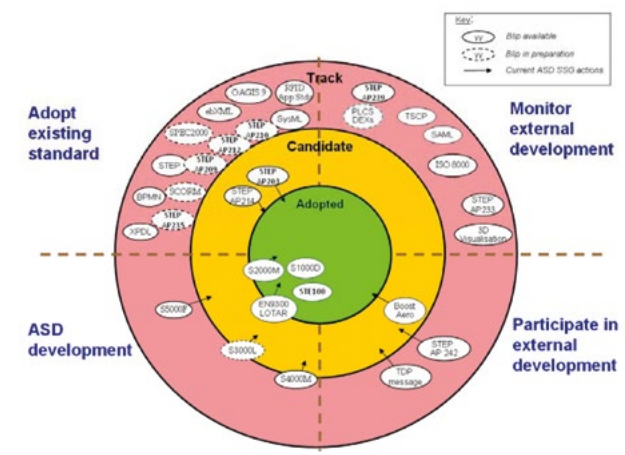
AP242 Norme en cours de définition ayant pour but d'unifier les normes AP203 et AP214. Cette norme est le fruit de la convergence des intérêts et motivation des mondes automobile et aéronautique ; elle est fondée sur le croisement des expertises et sur l'expérience accumulée dans chacun de ces secteurs d'activités. Les acteurs européens de l'aéronautique sont très impliqués dans la définition de cette norme, son adoption et sa mise en oeuvre industrielle.

Il est à noter que :

Les normes STEP sont parfois essentiellement connues comme un outil d'échanges de données CAO géométriques permettant le dialogue entre différents systèmes informatiques. Mais comme le voit, STEP est bien plus large et couvre de nombreux aspects des activités industrielles.

Aucune norme et standard ne peut couvrir l'ensemble du champ PLM : il y a parfois des « trous » ou des « recouvrements ». Dans ce dernier cas, il conviendra de définir les modalités d'application des différents standards concernés par une activité.

L'adoption des normes et standards est bien entendu progressive et dépend des centres d'intérêt et des activités des entreprises les mettant en oeuvre. Ci-dessous, nous avons reproduit la vision de l'association européenne « Aerospace and Defense » (ASD) et de l'association américaine « Aerospace Industries Association » (AIA) sur la maturité des normes et standards dans ce secteur d'activité :





Utilisation des standards dans l'archivage long-terme

Par Philippe EBERT, Dassault Aviation

« D'une façon générale, l'objectif des standards est de permettre l'interopérabilité entre outils hétérogènes dans un but fonctionnel identifié.

Lorsque l'on parle d'interopérabilité, on pense en général à des couplages entre systèmes à un « instant t ». On pense rarement à une interopérabilité dans le temps entre deux systèmes, l'un distant de l'autre de plusieurs dizaines d'années.

Cependant, les données PLM doivent pouvoir être relues sur de telles périodes, par un logiciel qui sera fort différent de celui qui les a créées : dans le domaine de l'aéronautique par exemple, les exigences de certification obligent les constructeurs à conserver leurs données de définition pendant toute la durée d'exploitation des avions, soit 70 ans environ (35 ans de production d'un avion, et 35 ans pour sa durée de vie pour fixer les idées).

L'utilisation des standards est le seul moyen de préserver les données PLM sur de telles durées, où il faut prendre en compte l'obsolescence logicielle : ils permettent de relire, par exemple 70 ans plus tard, par un système inconnu à l'origine, les données créées par le PLM du jour.

Pour ce faire, il faut convertir les données PLM, initialement dans un format propriétaire, vers un format standard, validé et reconnu de tous les acteurs pour résister au temps, et de faire la conversion inverse dans l'outil du moment 70 ans plus tard.

Le projet LOTAR (Long Term Archiving and Retrieval, cf <http://www.lotar-international.org/>) a pour objectif de définir ces normes (EN 9300 / NAS9300). Il est co-développé par l'industrie aéronautique américaine (AIA), supporté par l'association de standardisation PDES inc, par l'industrie aéronautique européenne (ASD), et par l'association de standardisation ProSTEP iViP. En 2011, les membres LOTAR européens sont : Airbus, CASSIDIAN, Dassault Aviation, Eurocopter, Israel Aircraft Industries, SAFRAN ; les membres américains sont : BAE Systems, Boeing, General Dynamics, General Electric, Goodrich, Honeywell, Lockheed Martin, Sandia National Labs, Spirit, Embraer, Bombardier. Il couvre non seulement les standards à utiliser (qui sont fonction du type de données PLM à pérenniser dont l'évolution est permanente) mais aussi la façon de les utiliser, ainsi que les moyens à mettre en place pour garantir la non altération des données pendant leur conversion.

L'interopérabilité (des informations) couvre donc les fonctions d'échange, de partage, d'intégration, de préservation long terme, de visualisation, et de contrôle qualité associés : elle va bien au-delà de l'interchangeabilité (des pièces), qui est le périmètre communément admis de la standardisation.

Dassault Aviation, avec le Falcon 7X, a été le premier avionneur obtenant la double certification (européenne (EASA) et américaine (FAA)) sur la base d'une définition entièrement numérique 3D, sans plan papier. Ce résultat est un exemple concret de l'utilisation des standards définis par le projet LOTAR dont Dassault Aviation est membre. »



LES PRINCIPAUX ACTEURS DES STANDARDS

Quels sont les principaux acteurs ayant un impact sur la définition ou l'adoption des normes et standards ?
On peut citer :

• Les organismes de standardisation éditant les normes :

- AFNOR (France)
- BNAE - Bureau de Normalisation de l'Aéronautique et de l'Espace (France)
- DIN (Allemagne)
- CEN (Europe)
- ISO (International)
- ...

• **Les industriels devant prendre en compte les problématiques couvertes par les normes** ; on retrouve parmi eux les grands groupes nationaux, européens ou internationaux dans le domaine de l'automobile, de l'aéronautique, de la défense ... : EADS, THALES, BAE ...

• Les associations, parfois sectorielles, contribuant à la définition des normes et standards :

- OASIS : organisation travaillant à la définition de standards ouverts
- W3C : consortium définissant les standards du web
- OMG : Object Management Group
- ...

• Les groupements sectoriels français, européens ou internationaux :

- GALIA : Groupement pour l'Amélioration des Liaisons dans l'Industrie Automobile
- VDA : Association des constructeurs automobiles allemands
- ODETTE : Groupement européen dans le domaine automobile
- SASIG : groupement des constructeurs automobiles au niveau mondial (à l'origine de la norme sur la qualité des modèles géométriques Product Data Quality)
- GIFAS : Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales
- ASD : Aerospace and Defence Industries Association of Europe
- Etc.

• Les offreurs de solutions « PLM » logicielles et parmi eux :

- Les éditeurs de solutions CAO « historiques » : Dassault Systèmes, PTC, SIEMENS ...
- Les « nouveaux entrants » issus du monde de l'ERP ou des bases de données : Oracle, SAP ...
- Les solutions centrées sur les échanges ou l'intégration de systèmes d'information : EUROSTEP, PRO/STEP ...

• Les experts, intérateurs et cabinets de conseil actifs dans le domaine du PLM

Du fait même de leur importance stratégique et de leur criticité pour la réussite de certaines activités industrielles, les standards font l'objet de débats sans fin pour leur définition, leur adoption ou leur diffusion car ils concrétisent d'une certaine manière l'objet de l'opposition, parfois l'affrontement, entre des groupes aux intérêts divergents, au moins au premier abord.

Dans le domaine des systèmes d'informations et logiciels, on peut ainsi citer d'un côté des fournisseurs de solutions propriétaires (les éditeurs) qui cherchent à maximiser leurs activités commerciales, et de l'autre des utilisateurs (les industriels) qui souhaitent une modularisation des solutions et qu'une saine concurrence modère les prix et limite, autant que faire se peut, les rentes de situation. Ces deux approches sont parfois – sinon souvent – contradictoires dans le domaine des standards.

Les standards peuvent aussi être utilisés comme des remparts de défense de secteurs industriels menacés par une forte concurrence ou de protection d'une certaine indépendance. Ainsi quand la France a choisi le codage SECAM pour ses émissions de télévision en couleur, elle associait à des progrès techniques certains, par rapport au système NTSC, un levier économique qui lui a permis de diffuser ce procédé dans le monde sur sa zone d'influence, favorisant par la même son industrie et rendant plus difficile l'accès à nos marchés.

La Chine participe désormais à la mise au point de nouvelles normes, par exemple la 4G dans la téléphonie mobile, dans laquelle les industriels chinois ont investi des sommes considérables dans le but de participer au déploiement de cette technologie sur leur propre marché- le plus grand du monde - mais aussi à l'export.

Le processus de normalisation fondé sur le consensus est, par essence, relativement lent et il peine à suivre les dernières avancées technologiques, a fortiori à les anticiper. L'espace de liberté de développement est souvent mis à profit par un, parfois des, leaders pour avancer leurs solutions et développer des marchés lucratifs. On peut citer, par exemple, la multiplicité des formats d'encodage des informations audio et vidéo et les systèmes de téléchargements dont le modèle économique est partiellement fondé sur des exclusivités de connexion.

Il existe des domaines comme la téléphonie - et par extension les communications - où, aucun acteur n'ayant une position hégémonique et les pratiques de l'interopérabilité étant déjà anciennes, la mise en commun des efforts de recherche et la publication de normes communes ont été stimulées dans la perspective d'un prometteur nouveau marché. C'est ce qui a fait émerger la norme GSM et a grandement facilité la croissance exponentielle du nombre d'abonnés au téléphone portable. Qui se souvient aujourd'hui des lourds et coûteux terminaux RADIOCOM 2000 qui équipaient quelques milliers d'abonnés, presque exclusivement des véhicules ?



Les standards du PLM dans le groupe EADS

selon Louis GALLOIS, Président exécutif du groupe EADS

« Le PLM est devenu une exigence face à la complexité croissante des programmes sur le plan technique et sur le plan de l'organisation. En effet, nous sommes de plus en plus intégrateurs et nous travaillons dans le cadre de l'entreprise étendue ; il nous faut donc des outils qui nous permettent de dialoguer avec nos fournisseurs, partenaires, sous-traitants. Le PLM est aussi une arme de la compétition, c'est-à-dire qu'il faut que nous soyons partie prenante de la définition des standards dans ce domaine; il est clair que nous ne pouvons pas laisser les Américains imposer leurs standards en matière de PLM, il faut que nous prenions l'initiative.



Le déploiement d'une stratégie PLM est ainsi né de la nécessité d'affronter une compétition internationale et d'imposer notre présence dans la définition des standards. Il fallait pour cela qu'EADS se mette en ordre de bataille, c'est-à-dire qu'il fallait un PLM harmonisé au sein du groupe EADS, initiative reliée au niveau du GIFAS - notre groupement professionnel - par BoostAero qui est la base sur laquelle nous souhaiterions que l'industrie européenne s'entende en matière de PLM. Nous menons, dans ce sens, une action auprès de notre association européenne Aerospace and Defense Industries Association of Europe (ASD) qui elle-même est en dialogue avec l'Aerospace Industries Association (AIA), son équivalent américain. Et c'est de ce dialogue entre associations européenne et américaine que naîtra une normalisation du PLM. Nous avons absolument besoin de cette normalisation et nous avons besoin d'être acteur de cette normalisation.

J'insiste sur le fait qu'il est indispensable que nos sous-traitants se rallient à des normes communes car l'un des intérêts du PLM et de son harmonisation au niveau du groupe est de permettre le dialogue avec les sous-traitants qui représentent 85% de la valeur ajoutée de nos produits.»

QUESTIONS RÉCURRENTES POSÉES PAR LES DOCUMENTS NUMÉRIQUES

Quels sont les besoins ?

Pour échanger, gérer ou archiver un document, on doit généralement définir les informations suivantes :

- Son champ d'application : pour quel usage a-t-il été établi? Quel est son périmètre d'application ?
- Sa structure : comment est-il composé, quel est son plan, quelles sont ses références?
- Les droits relatifs à sa gestion et sa diffusion :
 - Quelle est la propriété intellectuelle (au sens du droit) ?
 - Qui est son auteur, son « propriétaire », qui peut le modifier ?
 - Quelle est sa diffusion originelle, quels sont les droits de copie, d'archivage ?
- Les autres « attributs » du document : date de création, sa version, sa maturité, etc.
- Le contenant : désormais un fichier informatique, sous quel nom est-il désigné ?
- le format et sa codification interne ?
- Etc.

Pour s'échanger ou archiver un document, il faut donc être capable de s'entendre sur l'ensemble de ces informations. Est-ce trivial ? A l'évidence, non ...

Commençons par voir quelles peuvent être les pratiques de la « vraie vie » pour répondre à de telles questions pour un simple document de spécification ...

Des exemples de la vraie vie

Pour créer un document, on utilise habituellement un logiciel de traitement de texte, le plus répandu est « Microsoft Word ». Comme on est rarement organisé pour partager certaines informations associées (des attributs ou méta-données), le nom donné au fichier est alors souvent utilisé pour définir plusieurs caractéristiques importantes du document comme le nom de l'auteur, sa date de création, son niveau de maturité, sa version.

Comme le nom d'un fichier est forcément limité, ces caractéristiques apparaissent de façon explicite ou plus ou moins codée ... Voici quelques exemples tirés de la vraie vie :

specifications_PM_14062010_v1.2.doc
 b01031 PLM lab Act 01 Gestion Configuration.doc
 rapport etudes - final.doc

Il est à noter que le besoin d'attacher à tout document des **propriétés** est reconnu depuis longtemps par les systèmes d'exploitation dont, bien sûr, les versions de Windows de Microsoft. Ainsi les logiciels de la suite bureautique Office de Microsoft (Word, Excel, Powerpoint) donnent, via l'onglet « Propriétés », l'accès à un tableau, rarement exploité, qui permet de renseigner de nombreuses informations de façon explicite.



Il faut noter que ces informations sont stockées, sous forme codée - comme toutes les informations numériques - dans les fichiers aux formats *.doc, *.xls, *.ppt. Ces propriétés sont parfois utilisées dans les entreprises qui ont organisé leur fonds documentaire de façon réfléchie, organisée. Il est rare que cette organisation dépasse le périmètre de l'entreprise.

Pour le repérage des états d'un document (ses statuts), il est possible, courant, de s'accorder sur une convention de nommage du fichier concerné mais d'autres modes d'organisation sont aussi pratiqués comme de placer le fichier (représentant le document) dans un dossier « Windows » (un répertoire) représentant cette caractéristique. Pour refléter le changement de caractéristique, on déplace alors le fichier d'un dossier à l'autre.

Nom	Taille	Type	Date de modification
1 - En cours		Dossier de fichiers	07/07/2011 12:48
2 - Validés		Dossier de fichiers	07/07/2011 12:48
3 - Obsolètes		Dossier de fichiers	07/07/2011 12:48

On notera que dans ce cas, la propriété (le statut) n'est pas attachée au fichier représentant la version du document mais, implicitement, au lieu de stockage, dans le système de fichiers de l'ordinateur concerné ; elle se perd si on le déplace pour une autre raison, par exemple si on le transmet.

On peut imaginer de généraliser cette méthode pour définir de multiples caractéristiques, mais on sera rapidement confronté à la difficulté structurelle de la multiplication des dossiers de stockage puisqu'il en faudra autant que le demandera la **variété du produit des caractéristiques**, ce qui devient rapidement impraticable.

Document ou fichier ?

Mais avant d'aller plus loin, levons une ambiguïté sur les termes DOCUMENT et FICHIER, entretenue par le fait que l'on parle couramment et sans distinction de **Document Word ou de Fichier Word**. Or un document n'est pas un fichier, dans un système documentaire, un document est un ensemble cohérent d'informations pouvant ou non contenir un ou plusieurs fichiers :



Dans un **DOCUMENT** on va donc retrouver des informations, les méta-données, qui ne sont pas contenues dans le fichier comme le nom de l'auteur, la date de dernière mise à jour etc.

Une réponse des normes et standards

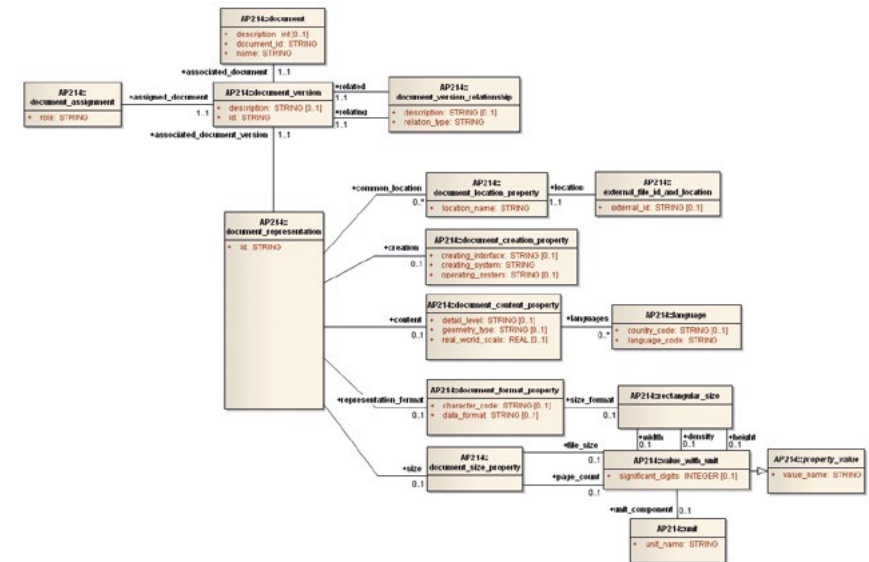
Les métadonnées (données sur les données) sont donc les informations associées aux documents gérés. Elles servent à qualifier les documents, leur apporter une information complémentaire qui soit exploitable. La métadonnée est directement utile en tant qu'information, mais surtout elle est la base des fonctions de recherche, ou de traitements sélectifs appliqués aux documents.

Les métadonnées typiques incluent, par exemple, le titre, l'auteur, la description, la langue, la date de publication. Il existe des nomenclatures standards de métadonnées décrites dans des normes spécifiques ou non au PLM, comme par exemple :

• **Le schéma Dublin Core** – nom courant de la norme ISO 15836 - qui définit 15 champs principaux de métadonnées¹⁰. Cette norme n'est pas spécifique au PLM mais couvre de nombreux besoins en gestion

documentaire. Plusieurs outils de gestion documentaire supportent cette norme pour faciliter la gestion, les échanges et l'archivage de documents électroniques.

• **Les normes STEP** qui intègrent des volets concernant spécifiquement la gestion documentaire comme par exemple la norme STEP AP214. Ci-dessous, est représenté un extrait de cette norme où l'on décrit la structure et la nature des attributs que l'on peut assigner à la définition des documents. Nous ne détaillerons pas ce schéma, établi avec la norme UML¹¹, mais nous pouvons imaginer les gains possibles à utiliser de tels standards ou normes pour profiter des retours d'expérience et de la maturité de nombreux industriels sur ces sujets, notamment quand il est nécessaire d'échanger des documents.



Le fait de choisir et d'adopter telle ou telle norme pour sa gestion documentaire dépendra bien entendu du contexte industriel et de l'usage qui sera fait de cette norme, mais aussi de la disponibilité ou non des nécessaires logiciels respectant cette norme et aidant à sa mise en oeuvre. Ou, pour reformuler ce choix : à quoi sert une norme si aucun outil n'est disponible pour la mettre en oeuvre ?

ÉCHANGE, GESTION ET ARCHIVAGE D'UN DOCUMENT AUTONOME

Dans ce paragraphe, nous allons répondre à cette question : que nécessitent la gestion, l'échange et l'archivage d'un document « bureautique » (spécifications, rapports, documents d'études, notes de calcul ...) ? Exemple : je souhaite gérer et échanger une spécification produit. Que dois-je gérer et comment ?

10) Voir par exemple http://fr.wikipedia.org/wiki/Dublin_Core

11) Voir http://fr.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language

La vie quotidienne

De nos jours, le logiciel Word de la suite Office de Microsoft est d'un usage généralisé pour créer et modifier tous types de documents. Les fichiers « Word » constituent ainsi la source quasi universelle de très nombreuses pièces dont certaines sont d'importance limitée, éphémères, tandis que d'autres ont une valeur contractuelle, juridique essentielle et doivent être archivées avec soin.

Il est supposé que le fichier transmis pourra être lu sans difficulté par tout destinataire. La certification du document original n'est pas une préoccupation prégnante, l'hypothèse d'une falsification n'effleure pas l'esprit.

Les dangers de l'utilisation de la fonction gestion des modifications sont souvent méconnus : qui s'astreint à créer un nouveau fichier avant diffusion à des tiers pour effacer la trace de l'historique des modifications ?

Une conséquence de la diffusion de ces outils de « productivité personnelle » et de la facilité de modification qu'ils procurent a été un relâchement de la discipline de gestion du courrier et de son archivage. C'est souvent à l'occasion de crises que l'on prend conscience des conséquences parfois catastrophiques de ce manque de structuration et que la mise en place d'une GED est décidée. Les documents sont souvent transmis comme pièce jointe d'un message électronique. Rares sont les organisations de partage et d'archivage, que ce soit dans le périmètre de entreprises ou, a fortiori, entre des entreprises.

On notera que, par exemple, « **LE** » format Word (*.doc) est une désignation d'une précision insuffisante puisqu'il a existé **plusieurs versions** de ce format de document, au fur et à mesure de l'évolution des programmes de traitement de texte de Microsoft. Si la compatibilité ascendante est à peu près assurée, on peut en effet, dans une nouvelle version du traitement de texte, relire des documents enregistrés dans un fichier d'un ancien format, la lecture d'un nouveau format exige la nouvelle version (coûteuse !) du logiciel.

Une réponse des normes et standards

Les standards applicables aux documents, disponibles à ce jour, permettent de répondre aux questions élémentaires que nous avons abordées :

- un cadre de réflexion pour soutenir la première réflexion sur les métadonnées, les attributs à structurer, les responsabilités et les statuts des documents, une organisation de type « GED » en dépassant l'organisation des répertoires du système d'exploitation (Windows ou autre : Mac OS ou LINUX)

- des formats normalisés pour assurer, dans le temps y compris l'archivage, la capacité à restituer l'image conforme du document tel qu'il a été figé par son auteur, il s'agit de :

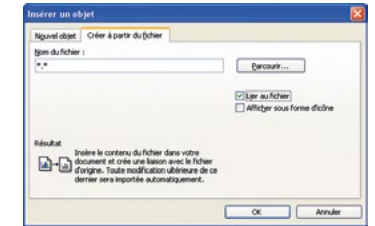
- PDF (Portable Document Format) développé initialement par la société ADOBE, très répandu, pour lequel des outils de visualisation gratuits existent pour la plupart des plateformes. Le format de base dit PDF/A-1 a été normalisé par l'ISO sous la référence 19005-1.

- ODT : (Open Document Text) c'est le résultat du premier effort de normalisation des formats de fichiers de la bureautique. Il a été développé sous l'égide de l'association OASIS12, il a aujourd'hui les statuts de norme ISO 26300:2006. Il est supporté par plusieurs outils, notamment les suites gratuites OpenOffice. Soutenu par des « grands » du logiciel comme IBM, il s'attaque au quasi-monopole de Microsoft lequel ne fait pas tous les efforts nécessaires pour le supporter et s'efforce, au contraire de promouvoir un format concurrent, OOXML, qui est l'objet d'après manoeuvres pour obtenir le sceau « ISO ».

ÉCHANGE, GESTION ET ARCHIVAGE D'UNE LIASSE DE DOCUMENTS AVEC LIENS

Exemple des liens « OLE »

Il n'est pas toujours possible de regrouper sous un fichier unique, donc avec un seul logiciel, par exemple Word, un dossier complexe. Microsoft a ainsi installé dans ses logiciels, depuis plusieurs versions, des mécanismes de liaison OLE¹³ qui permettent que certains tableaux inclus dans un fichier Word, qui devient alors un document composite, soient gérés sous le logiciel Excel de traitement des tableaux dont les fonctions sont beaucoup plus puissantes que celles de Word. On notera que les fichiers séparés représentant ces tableaux sont enregistrés dans le format de leur programme d'édition. Pour réaliser de telles liaisons, on peut utiliser la commande **Insertion / Objet** :



Il est à noter qu'il existe une option « Lier au fichier » où on garde le lien entre le document composite et le composant que l'on insère. Au premier obstacle d'un accord sur un format de document numérique commun qui doit assurer la bonne et fidèle restitution du contenu, vient s'ajouter une difficulté, structurelle, quand le document est ainsi un « objet » composite reconstitué à partir de plusieurs « objets », fichiers. Dès lors, les questions élémentaires suivantes se poseront invariablement pour chaque élément constitutif (objet composite et composants) :

1/ Qui en est l'auteur, le responsable ?

2/ Quel est son cycle d'évolution, de mise à jour ?

3/ Où est-il enregistré : sur quel ordinateur, dans quel répertoire ?

4/ Comment enregistrer, codifier, le lien entre le document composé et l'objet à inclure ?

Quand on reste dans le périmètre d'une seule entreprise, on peut imaginer qu'elle se soit organisée pour structurer le réseau de ses ordinateurs, de leurs répertoires de fichiers, des identifications et des droits d'accès des acteurs. Si, comme la plupart, elle a fait le choix d'une architecture Microsoft, les liens « OLE » répondent de façon transparente aux questions 3 et 4, tout au moins pour l'état « en cours », le dernier enregistré. Cela se complique beaucoup quand il s'agit de garder un historique, d'archiver les versions anciennes car les liens « OLE » ne les gèrent pas. On est là face aux questions typiques de la Gestion de Configuration : pour assurer le suivi un document composite, il faut en fait être capable de **gérer sa configuration**¹⁴, ce qui n'est bien entendu pas trivial et très difficile, sinon impossible, à réaliser avec un simple système de fichiers comme Windows.

Quand le document doit quitter le périmètre de l'entreprise, la seule solution opérationnelle acceptable consiste à regrouper les éléments du document composite dans une structure simple de répertoires, qui pourra être partagée avec les destinataires du document. Les liens seront alors exprimés dans cette structure, en relatif par rapport à sa racine. Ils pourront alors être exploités par les destinataires dès lors qu'ils auront construit la même structure de répertoires dans leur environnement.

Quand cette orientation est prise, on peut commencer à traiter les questions d'historique en créant autant de répertoires (de noms différents) que de versions identifiées souhaitées du document composite concerné moyennant des recopies. Cela reste un exercice périlleux qui requiert une discipline de fer pour le rangement des fichiers.

Les points 1 & 2 restent à traiter avec toutes les difficultés d'organisation sous-jacentes.

12) OASIS : Organization for the Advancement of Structured Information Standards

13) OLE : Object Linking and Embedding 14) Voir à ce sujet le guide sur la gestion de configuration du PLM lab

La réponse des normes et standards

Les normes et standards, et les outils logiciels associés, pourront avoir pour objet de gérer des liens entre documents ou des liens entre fichiers (comme les liens OLE), ce qui est sensiblement différent.

Plusieurs normes traitent de la gestion de documents composites comme par exemple la norme S1000D dédiée à la définition et à la gestion de documentations techniques complexes, initialement dans les domaines aéronautiques et militaires.

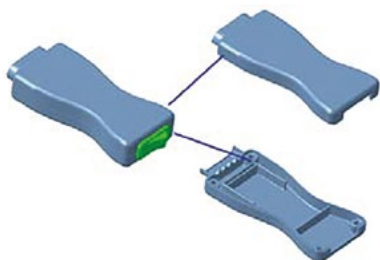
La question des liens entre fichiers est plus délicate car dépendant souvent de solutions propriétaires ayant permis leur création et leur agrégation, comme dans le cas des liens OLE de Microsoft. Des logiciels ou systèmes d'information revendiquent parfois une bonne gestion de ce type de liens, de façon transparente pour l'utilisateur. Les questions sont alors souvent de savoir quelle est la robustesse effective de ce type de mécanisme et leur capacité à traiter un historique des modifications.

Le cas des documents et fichiers CAO

Un cas classique de liasse de documents est celui constitué par une liasse « CAO » (Conception Assistée par Ordinateur). Prenons l'exemple d'un assemblage de pièces : la définition CAO de cet assemblage dépendra de la définition CAO des pièces le constituant, comme l'exemple représenté ci-contre. La modification d'une pièce peut être automatiquement répercutée sur l'assemblage complet. Le fichier CAO de l'assemblage est alors un fichier composite dont la définition dépend d'autres fichiers.

Tout comme pour la gestion des documents composites WORD, la gestion d'un document composite CAO et de son historique représentera une réelle difficulté si l'on souhaite partager l'information avec des partenaires, assurer une traçabilité des modifications effectuées, étudier des variantes, gérer des éléments de bibliothèque etc. C'est encore plus vrai si l'on ne dispose pas d'un système d'information capable de prendre en compte les liens entre fichiers.

Pour conclure, il n'est donc pas anormal d'être confronté à de réelles difficultés si l'on souhaite gérer un modèle CAO composite à l'aide d'un simple système de fichiers.



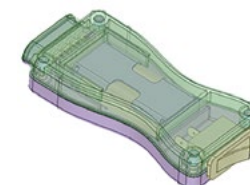
15) A propos des nomenclatures, voir la conférence Back to basics 4 du PLM lab

ÉCHANGE, GESTION ET ARCHIVAGE D'UNE NOMENCLATURE

Quels sont les besoins ?

Lors d'un dialogue entre un donneur d'ordre et un sous-traitant d'études, diverses informations sont échangées : définitions géométriques, nomenclatures¹⁵ etc. Mais sous quelles formes ces échanges doivent-ils se dérouler ? Les standards sont-ils utiles ici ?

Reprenons l'exemple de la lampe de poche et voyons quels sont les modes d'échanges possibles ? Nous nous placerons ici dans le cadre d'un échange entre bureaux d'études.

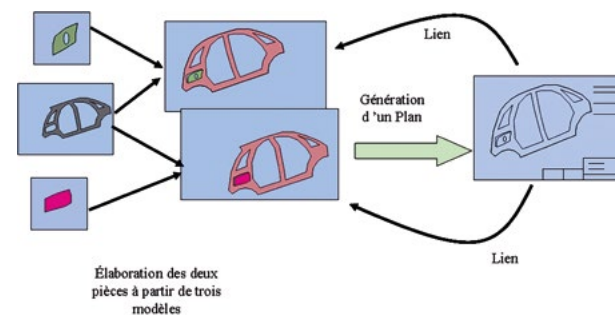


Echange de données CAO

On rencontre parfois un simple échange de données CAO constituées de fichiers au format propriétaire ayant permis leur établissement ou leur modification (CATIA, PRO/ENGINEER, SOLIDWORKS, SPACECLAIM). Dans ce cas, outre la définition géométrique des pièces, on trouve la composition de l'assemblage dans l'arbre associé au modèle CAO de plus haut niveau, comme représenté ci-contre. Mais si les logiciels de CAO excellent dans la définition de formes géométriques, il est en général admis que ce ne sont pas de bons outils de gestion : il est difficile de suivre les évolutions de l'assemblage, de s'assurer de la cohérence de celui-ci, de faire le tri des pièces par certaines de leurs propriétés, etc.

Bref, on demande au logiciel de CAO de réaliser des choses pour lequel il n'est en général pas conçu.

Par ailleurs, l'affaire peut se compliquer si la définition 3D d'une pièce dépend de plusieurs fichiers 3D comme dans le cas ci-dessous, où le plan 2D des deux côtés de caisse d'une voiture est généré à partir de deux modèles 3D (repérés E et F ci-dessous), eux-mêmes issus de trois éléments 3D : la partie commune symétrique des deux côtés (repère B) et les singularités droite et gauche (repères A et C correspondant à la zone de la trappe à carburant).



Echange de données CAO et de fichiers Excel

Il manque donc des informations dans les modèles CAO transmis. On complète donc souvent de tels envois par des documents décrivant les propriétés manquantes. On pense bien sûr aux fameux fichiers « Excel » où la liste des pièces permet d'indiquer toutes les informations demandées par le partenaire, enfin on l'espère ...

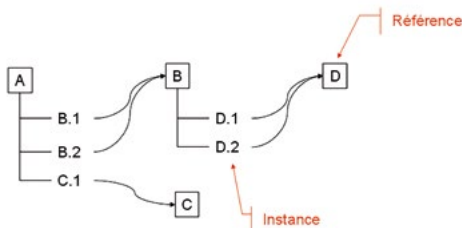
Mais sous quelle forme établir ce fichier « Excel » ? Comment gérer les mises à jour ? Comment gérer la cohérence avec les fichiers CAO ?

Part Number	Name	Type
PA002170EAG657201109131730570001	POCKET LAMP	Product
PA002170EAG657201109131730570002	PLASTIC HOUSING UP	Part
PA002170EAG657201109131730570003	PLASTIC HOUSING_BOTT	Part
PA002170EAG657201109131730570004	ASSY_PCB	Product
PA002170EAG657201109131730570005	PRINTED_CIRCUIT_BOARD	Part
PA002170EAG657201109131730570006	LED	Part
PA002170EAG657201109131730570007	ASST_BATTERY	Product
PA002170EAG657201109131730570008	BATTERY HOLDER	Part
PA002170EAG657201109131730570009	BATTERY_AA	Part
PA002170EAG657201109131730570010	SWITCH	Part
PA002170EAG657201109131730570011	GLASS	Part
CO002170EAG657201109131730570012	INSERTS	Component
PA002170EAG657201109131730570013	INSERT	Part
CO002170EAG657201109131730570014	SCREWS	Component
PA002170EAG657201109131730570015	SCREW	Part

Echange de données via un standard ou une norme

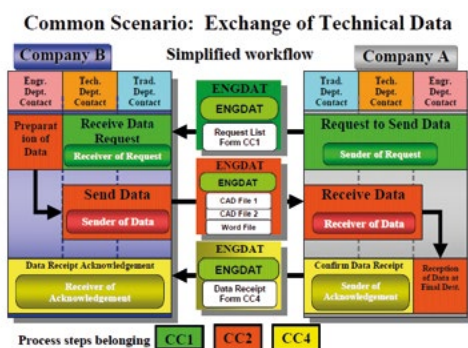
Le type d'échanges décrit ci-dessus est évidemment très fréquent et de nombreux industriels ont réfléchi à la meilleure façon de s'échanger de façon fiable et précise ces informations.

Dans l'exemple traité, on pourrait utiliser la norme STEP AP214 qui donne de nombreux éléments pour décrire la composition d'un assemblage et les liens vers les données de références CAO, ce qui nécessite l'introduction d'objets appelés références et instances – que nous ne détaillerons pas dans le présent guide mais qui indique qu'un effort de conceptualisation et de formalisation est nécessaire pour rendre plus robuste les échanges entre deux entités :



D'autres initiatives ont été prises pour faciliter les échanges entre partenaires d'une même branche d'activités, comme par exemple l'initiative ENG DAT supportée par les principaux constructeurs

automobiles européens puis mondiaux, et maintenant largement adoptée sous l'égide de l'association SASIG¹⁶. Cela a permis de définir des scénarios complets d'échanges de données CAO entre donneurs d'ordre et fournisseurs. Un tel processus est représenté de façon simplifiée ci-dessous. Il permet l'échange de données CAO et de nomenclatures selon la norme STEP AP214.



Le type de schéma présenté ci-dessus peut paraître compliqué, mais il doit être lu en ayant à l'esprit que chaque « case » correspond à une question de la vraie vie pour laquelle une réponse est donc proposée à travers le standard ou la norme considérée.

COMMENT IMPLÉMENTER LES STANDARDS À VOTRE ÉCHELLE ?

Pour profiter de la réflexion et des bonnes pratiques des principaux acteurs d'un domaine, on ne peut que recommander de s'intéresser aux normes et standards en usage dans son domaine d'activité. Concernant le PLM, les normes STEP – parfois perçues comme lourdes et arides – sont néanmoins souvent les plus pertinentes pour de nombreux secteurs. Leur taille ne doit pas effrayer : elle n'est pas représentative de l'effort de compréhension qui doit être engagé pour se lancer dans leur mise en œuvre. Les spécifications sont structurées sous une forme modulaire qui facilite leur déploiement progressif. C'est ainsi que chacun peut commencer par identifier les normes ou standards, ou les parties de ceux-ci, adressant en premier lieu ses besoins fondamentaux.

Avec l'essor de la collaboration numérique dans le développement des produits, de leur fabrication et de leur utilisation en vie opérationnelle, les standards deviennent de plus en plus « incontournables », notamment dans le domaine des échanges de données entre partenaires. C'est dans ce domaine en particulier que les gains effectifs par l'adoption de standards ou de normes génèrent les retours sur investissements les plus importants.

La maturité des standards et normes est aujourd'hui assurée. Les choix stratégiques de grands donneurs d'ordres de continuer à s'impliquer dans leur développement favorisent leur déploiement.

Comme de grands industriels, les PME/PMI peuvent s'appuyer sur les standards pour choisir leur voie stratégique vers le PLM. Ils y trouveront :

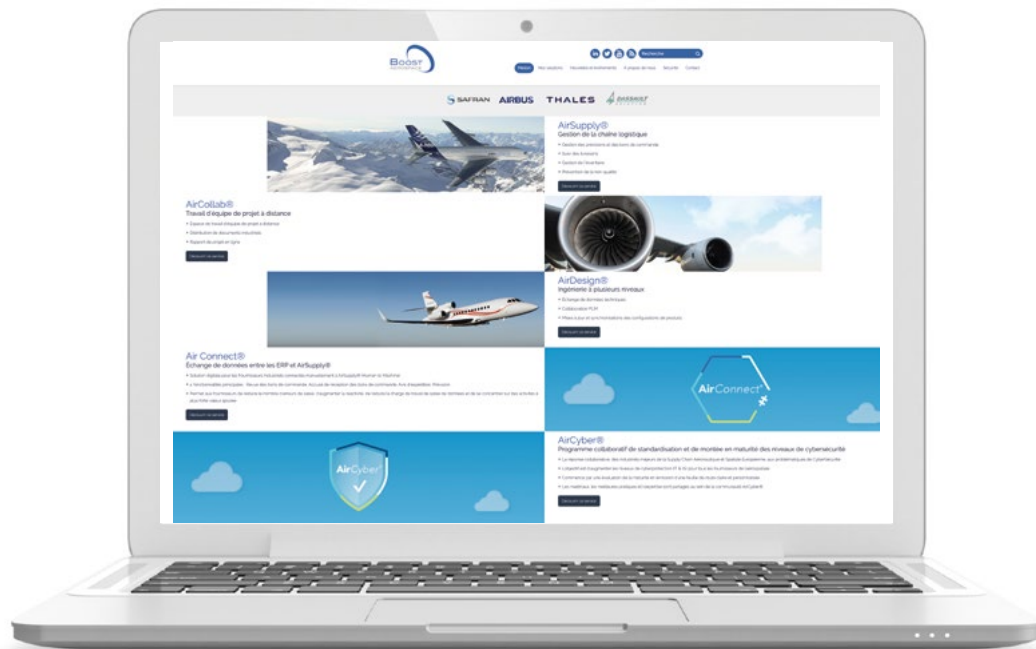
- **Un socle reconnu de mécanismes de collaboration entre entreprises**
- **Un levier pour réduire leurs coûts de développement**
- **Une référence de bonnes pratiques permettant d'améliorer leurs processus internes**
- **Des critères de choix réduisant la pression des éditeurs de logiciels.**



16) Strategic Automotive product data Standards Industry Group

PERSPECTIVES : L'ÉTAT DE L'ART EN MATIÈRE DE STANDARD

Depuis plusieurs années, de nombreux secteurs d'activités ont, de façon très volontaire, œuvré pour la définition, le déploiement et l'adoption de normes ou de standards. C'est ainsi qu'après le monde automobile, le monde aéronautique européen a jeté les bases d'une collaboration étroite fondée sur les standards. L'un des résultats visibles est la plateforme Boost AeroSpace¹⁷ supportée par Airbus, Dassault Aviation, EADS, Safran et Thales :



Ce projet ambitieux, en cours de mise en oeuvre, se décline en 3 modules (AirCollab, AirDesign et AirSupply) qui font largement appel aux standards comme par exemple STEP AP203, STEP AP239 et bientôt STEP AP242. Les trois modules devraient être progressivement opérationnels, AirCollab et AirSupply étant les plus avancés.

Cette plateforme n'aurait pas pu voir le jour sans les standards sur lesquels se sont accordées les différentes parties prenantes du projet en rapprochant leurs points de vue. Le déploiement et l'adoption de ce type de plateforme constituent un enjeu majeur pour toutes les filières industrielles.

¹⁷ <http://www.boostaerospace.com>



Le point de vue de Jean-Yves MONDON

Directeur du Programme d'Harmonisation PLM du Groupe EADS



«Ces dernières années la normalisation des processus PLM a émergé comme un axe fort d'investissement des industries aérospatiales et de défense (A&D) avec plusieurs initiatives marquantes : par ex. BoostAero pour les transactions eBusiness, LOTAR pour l'archivage long terme, et bien sûr le programme PHENIX d'harmonisation PLM de EADS que j'anime.

Ce programme, qui se poursuit aujourd'hui dans la structure permanente du PLM Harmonization Center (PHC), a déjà permis à EADS de notables économies d'échelle, tout en sécurisant et fiabilisant des processus PLM harmonisés à partir des «meilleures pratiques» du Groupe.

A travers son Strategic Standardization Committee (SSC, inter-Divisionnel) il contribue fortement aux actions de normalisation en PLM telles que celles indiquées plus haut. Il a été à l'origine de la mise en place au niveau européen, du Strategic Standardisation Group (SSG) de l'ASD, auquel participent aujourd'hui Dassault Aviation, SAFRAN, THALES, BAE Systems, Airbus, Eurocopter, Astrium, CASSIDIAN.

Nous constatons d'ailleurs que cet effort d'engagement reçoit également un bon accueil de la part de l'industrie aéronautique américaine.

De fait, la dynamique universaliste du PLM pousse aujourd'hui nos fournisseurs traditionnels de solutions, qui doivent supporter ces standards, à tenir compte aussi de leurs marchés au-delà de l'aéronautique et de la défense tels que l'automobile, les biens de consommation, etc... Ma conviction est alors que pour renforcer la prise en compte des intérêts de notre industrie en matière de normalisation PLM et l'efficacité de nos investissements, nous devons les promouvoir auprès des autres secteurs industriels tels que automobile, énergies, construction navale, ... partageant avec notre industrie des fournisseurs de solutions PLM communs. Cette approche doit se faire en cohérence avec nos partenaires anglo-saxons, afin d'établir des positions et des initiatives stratégiques communes, coordonnées au niveau français avec notamment le BNAé, la DGA, l'AFNOR, ... et au niveau international, en particulier avec nos partenaires de l'ASD, à travers l'ASD SSG.»

Avant-propos	140
Définir Le concept de « chaîne numérique »	141
Le mythe de la chaîne numérique absolue, totale, universelle... ..	144
Le point de vue d'industriels : les réalités du terrain	145
Conclusion : pour une approche raisonnée et raisonnable des « chaînes numériques »	148

INTRODUCTION AUX CHAÎNES NUMÉRIQUES

Le concept de chaîne numérique, apparu il y a quelques années, a toujours suscité et suscite encore beaucoup d'intérêt et même parfois de l'enthousiasme dans les milieux industriels. Il constitue pour beaucoup une solution permettant de fluidifier la communication des documents numériques (dont les modèles CAO) entre les nombreux métiers de l'entreprise depuis les études d'avant-projet jusqu'à la maintenance et le retrait, la déconstruction des systèmes en passant bien entendu par l'industrialisation et la production.

Mais qui n'a jamais été confronté à un problème de format, de version, de codage ou quoi que ce soit d'autres rendant impossible ou difficile la lecture d'un document informatique transmis, à commencer par ceux générés par nos outils de bureautique ? Qui n'a jamais rêvé d'éliminer ou de contourner ces obstacles à une communication numérique fluide et rapide entre tous les acteurs d'un même projet industriel ?

Mais dans le même temps, qui n'a jamais oeuvré pour l'adoption d'un nouvel outil numérique donnant accès à de nouvelles et formidables fonctionnalités le rendant souvent, par là même, incompatible avec des outils plus anciens ?

Chaîne numérique, maquette(s) numérique(s) ... autant de concepts très attractifs donc.

Mais qu'en est-il vraiment sur le terrain ? Qu'est-ce qu'une chaîne numérique ? Comment peut-on la caractériser et quels regards peut-on porter sur son déploiement ? Comment a-t-on implémenté cette fameuse chaîne numérique dans les différents domaines de l'ingénierie et de l'industrie ? Les outils logiciels permettent-ils la mise en place de telles chaînes numériques ? Sont-ils « inter-opérables » ? Quels ont été les gains mais aussi les difficultés rencontrées ? Sur quels périmètres ? Quels retours sur investissement espérait-on et qu'a-t-on effectivement obtenu ?

Ce guide tente d'apporter quelques éléments de réponse à ces questions. Il a été rédigé collégialement à la fin de l'année 2012 et au début de l'année 2013, en s'appuyant sur l'expérience des adhérents et leurs retours d'expérience opérationnels.

Ce fascicule couvre, de façon volontairement restreinte, les domaines des définitions organiques et géométriques d'un produit. Il sera possible par la suite de l'étendre à d'autres facettes de la définition notamment fonctionnelle et une ouverture ultérieure vers l'ingénierie système est donc envisageable.

DÉFINIR LE CONCEPT DE « CHAÎNE NUMÉRIQUE »

Commençons par un peu d'histoire pour dresser le tableau d'une chaîne de métiers dans le domaine de l'automobile et ce, à l'aube de l'arrivée du numérique dans les entreprises. Pour cela, nous allons reproduire un extrait de la lettre Pierre BEZIER à un enseignant (Christophe RABUT) ;

Pierre BEZIER est le célèbre ingénieur français qui a contribué à la création des courbes et surfaces dites « paramétriques » permettant une définition numérique aussi précise que possible de formes complexes, comme celles d'une carrosserie de voiture. Voici la citation de Pierre BEZIER où il précise les motivations qui l'ont amené à travailler, dans les années 60 et comme industriel, dans ce domaine :



« .../... Au contraire, pour la carrosserie, tout baignait dans un flou artistique ; le styliste était l'arbitre ; son jugement ne pouvait être que subjectif et variait parfois avec le temps ; on ne demandait à personne d'avoir des connaissances mathématiques, exception faite des dessinateurs, qui étaient de vrais acrobates de la descriptive ; leurs instruments étaient des gabarits, des pistolets, des lattes flexibles, des compas à pointes sèches et des réglets gradués.

Les plans étaient médiocrement précis, et l'on citait le cas d'une voiture, pas plus laide qu'une autre d'ailleurs, dont les deux flancs différaient entre eux de plusieurs millimètres : pour l'esthétique et l'aérodynamisme, c'était sans importance, mais en cours de fabrication, il n'en allait pas de même ; entre des pièces qui auraient dû s'assembler bord à bord il restait parfois des vides de plusieurs millimètres qu'il fallait combler avec de la soudure à l'étain, et cela coûtait cher.

Les définitions se transmettaient d'un service à l'autre sous forme de dessins dont la précision, médiocre dès l'origine, se dégradait à chaque étape car tout intervenant se sentait libre de procéder à des modifications supposées imperceptibles afin d'améliorer l'aspect extérieur ou de faciliter l'emboutissage, la soudure ou l'assemblage des éléments constitutifs.

Les choses allaient ainsi depuis que nos aïeux avaient construit des chars à boeufs pour les Mérovingiens directs. Il en résultait des délais et des coûts, mais on était bien obligé de s'en contenter car si l'on avait voulu essayer d'employer la géométrie analytique, la quantité de calculs à exécuter aurait été absolument prohibitive. »

Dans ce texte, on voit que, bien avant la généralisation des outils numériques, se posait la question du passage de l'information technique d'un métier à l'autre tout au long du cycle de vie du produit et ceci sans pertes ni erreurs d'interprétation et permettant de répondre à l'ensemble des besoins des services concernés : stylistes, études, méthode, outillages, fabrication etc. On peut donc parler ici d'une « chaîne de l'information technique ». Certains parlent de « continuum d'informations entre les parties prenantes d'un produit tout au long de son cycle de vie ». Michel Neuve Eglise, ingénieur Arts et Métiers et ancien PDG de Matra-Datavision, résumait ainsi la démarche de Pierre Bézier, qu'il considérait comme un précurseur :

« En mettant en place une chaîne intégrée, il avait à l'esprit de développer un outil qui permette aux stylistes, très tôt dans la phase de conception d'une véhicule automobile, d'avoir entre les mains un outil numérique. Dès le départ, il a pensé numérique, percevant tout ce que cela pouvait apporter en termes de précision, de fiabilité dans la transmission d'informations. Il a donc imaginé, dès 1963, une chaîne qui démarrait très tôt en amont et pouvait aller très loin en aval, puisqu'il a conçu et fait réaliser une fraiseuse à commande numérique pour usiner des maquettes. Tout cela constituait une chaîne numérique cohérente. »

Mais il est à noter aussi que, dans le texte originel de Pierre Bézier, on perçoit que des modifications parfois jugées comme mineures ou imperceptibles tout au long du cycle d'ingénierie et réalisées à l'initiative des « métiers » peuvent aboutir à des écarts sensibles entre le début et la fin de la chaîne. Peut-on encore parler de chaîne et que passe-t-il lors d'une modification réalisée en aval ou en amont de cette « chaîne » ?

Qu'est-ce...

... qu'une donnée ?

C'est la description élémentaire d'une réalité ou encore « un point incontestable ou admis comme tel » (Petit Larousse Edition 1972)

... qu'une information ?

En informatique, c'est un « élément de connaissance susceptible d'être représenté à l'aide de conventions pour être conservé, traité ou communiqué. » (Larousse en ligne) ou encore de façon plus succincte, c'est un élément qualifié de données.

... qu'une connaissance ?

« Action, fait de comprendre, de connaître les propriétés, les caractéristiques, les traits spécifiques de quelque chose » (Larousse en ligne) ou encore on peut la définir comme un ensemble d'informations et de compétences permettant son interprétation dans un contexte donné.

... qu'un savoir-faire ou une expertise ?

C'est « une compétence acquise par l'expérience dans les problèmes pratiques, dans l'exercice d'un métier » (Larousse en ligne) ; elle permet l'interprétation d'informations techniques afin de conduire une activité « métier » donnée afin de satisfaire un objectif.

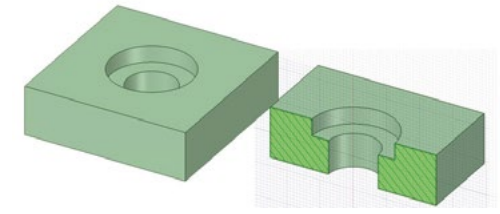
Fort de ces définitions, on considère souvent que la chaîne numérique est un dispositif permettant le passage d'une information qu'on espère aussi objective que possible destinée à solliciter plusieurs expertises « métier » dans un processus aussi direct que possible. **Parler de « chaîne numérique » indique que l'on veut faciliter, à travers une représentation numérique commune ou partagée, la collaboration de plusieurs métiers.**

Il est à noter que le concept de « chaîne numérique » est un concept que l'on peut retrouver dans différents secteurs d'activités comme par exemple le domaine de l'édition et de l'imprimerie, où il s'agit de se transmettre des informations représentant de façon aussi objective que possible, le contenu et le contenant d'un document à imprimer, comme par exemple, les couleurs reproduites.

Ce qui nous amène à proposer une première définition de la chaîne numérique :

« Continuum d'informations numériques entre les parties prenantes de la conception d'un produit, intervenant de façon concourante ou non tout au long de son cycle de vie, placé sous contrôle et permettant de faciliter la juste prise en compte de modifications réalisées en aval ou en amont du cycle. »

Prenons l'exemple d'un trou lamé et de sa géométrie définie en CAO, cas volontairement très simple mais qui permet néanmoins de faire apparaître les points de difficulté potentiels nécessitant une certaine vigilance :

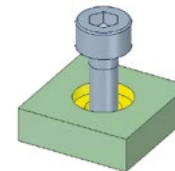


Posons-nous la question suivante : quelles sont les informations (numériques) que les différents métiers exploitent et qui, au final, pourront être transmises le long d'une chaîne numérique ?

Pour le bureau d'études : il s'agit de définir les formes géométriques concrétisant des intentions de conception. Ici, le concepteur a défini des surfaces fonctionnelles (ci-dessous représentées en jaune) permettant de réaliser un logement destiné à accueillir une vis.

Le logiciel de CAO du concepteur peut alors enregistrer des informations de plus ou moins haut niveau :

- **l'intention initiale de conception** à savoir réaliser un logement pour une vis ; si le concepteur décide de changer de vis, un logiciel de CAO « avancé » sera alors réputé pouvoir modifier automatiquement les formes du trou accueillant cette vis
- **les formes globales relatives** à un trou lamé ; le logiciel de la CAO est alors capable d'adapter automatiquement le diamètre duamage en fonction du diamètre de passage de la vis si celui-ci évolue
- **les formes élémentaires** constituant le trou lamé à savoir deux cylindres coaxiaux définis chacun par un rayon et une hauteur ; dans ce cas, les intentions de conception ne sont pas sauvegardées



Au final, dans le contexte limité de cet exemple, la chaîne numérique doit permettre, a minima :

- **Le maintien en cohérence de toutes les informations numériques tout au long du cycle de vie de produit**
- **Permettre ou organiser l'automatisation des flux d'information entre les parties prenantes**

Pour les méthodes : il s'agit ici de définir le process de fabrication du trou lamé (en gardant ou non en tête les intentions du concepteur).

Dans tous les cas, c'est la question de la fabricabilité de la pièce et de son coût qui est en jeu. Pour réaliser cette tâche, un ou plusieurs outils numériques – notamment de F.A.O. – peuvent l'aider et lui permettre l'accès à une bibliothèque d'outils ou d'opérations dont on connaît l'efficacité. Dans notre cas, un outil permettant de réaliser en une seule opération le perçage et le lamage (représentés en bleu) peut être recommandé.

Une première question liée à l'établissement d'une chaîne numérique est de savoir comment s'articuleront et à quel niveau les informations exploitées venant du bureau d'études et celles venant du bureau des méthodes ? Dans un cycle de modification, la chaîne numérique va-t-elle, par exemple, être capable de :

- Tenir compte d'une modification de la vis pour la répercuter au niveau de la gamme d'usinage (changement d'outil par exemple) ?
- À l'inverse, prendre en compte une demande de modification, émise par le bureau des méthodes, de la définition initiale du bureau d'études en raison d'un outillage pré-existant plus économique ?

LE MYTHE DE LA CHAÎNE NUMÉRIQUE ABSOLUE, TOTALE, UNIVERSELLE...

En partant de la vision initiale de la chaîne numérique donnée par certains précurseurs, il est naturel de penser à l'étendre à l'ensemble des activités de l'entreprise et de tisser ainsi une chaîne numérique complète – ou peu s'en faut – permettant d'automatiser la prise en compte de modifications en amont ou en aval, et ceci de façon transparente pour les utilisateurs des informations délivrées.

C'est ainsi que l'on a vu fleurir depuis quelques années des représentations « idylliques » de ce que pourrait être une telle chaîne numérique dans l'entreprise, voire pour certains, dans l'entreprise étendue. Dans ce cadre, des scénarios, parfois très élaborés, peuvent donner l'illusion – et sont construits parfois pour cela – que toute la chaîne est sous contrôle et que tous les besoins « métiers », les savoir-faire, sont intégrés de façon fluide, qu'on « descende » cette chaîne ou qu'on la « remonte ».

Un exemple ?

Il y a quelques années, un éditeur annonçait lors d'une conférence qu'il était capable de modéliser l'ensemble des activités d'ingénierie d'une entreprise et qu'une fois ses outils déployés et interconnectés, il serait capable de mettre à jour de façon directe une gamme de fabrication à partir de la modification d'une spécification fonctionnelle.

Un deuxième exemple ?

Un autre éditeur affirmait pouvoir, à partir d'une esquisse de style, réaliser l'outillage d'emboutissage de façon automatisée, c'est-à-dire en intégrant l'ensemble des savoir-faire métier permettant de corriger les formes pour tenir compte du retour élastique et de préparer l'usinage des matrices.

Un troisième exemple ?

De nombreux éditeurs revendiquent de pouvoir gérer, au sein de leur système d'information « PLM », des projets « multi-cad », c'est-à-dire en prenant en compte des données d'études provenant de multiples systèmes CAO.

Un quatrième exemple ?

Presque tous les éditeurs revendiquent la facilité de déploiement sur l'ensemble de l'entreprise de leurs outils et leur capacité à couvrir tous les besoins « métier » à adresser.

De nombreux autres exemples pourraient être cités ... Mais quid de la vraie vie ? Que constate-t-on dans les entreprises quand on veut effectivement mettre en oeuvre une ou plusieurs chaînes numériques ?

Et finalement, êtes-vous seul à constater qu'en matière de chaîne numérique comme dans d'autres domaines, il y a loin de la coupe aux lèvres, et que de nombreux obstacles et difficultés se feront jour, parfois même dans des cas beaucoup moins ambitieux que les exemples donnés ci-dessus ... ?

LE POINT DE VUE D'INDUSTRIELS : LES RÉALITÉS DU TERRAIN

Quelles sont les raisons qui pourraient amener des difficultés à déployer une chaîne numérique parfaitement intégrée dans un périmètre donné ? Voici une typologie des ruptures que l'on peut rencontrer aujourd'hui dans la vie industrielle et que nous tenterons, à chaque fois, d'illustrer par un exemple représentatif.

Ruptures liées aux outils

Ces ruptures ont pour cause :

- L'utilisation d'outils ou de versions d'outils différents,
- L'utilisation d'outils ou de systèmes d'anciennes générations,
- L'exigence d'un archivage long terme et en somme anticiper sur les outils du futur.

Exemple : prenons un cas simplifié où, sur un périmètre donné, on utilise un même logiciel de CAO. On ne considérera pour cet exemple que la partie de la chaîne concernant la CAO et ses outils. A l'évidence, la version utilisée pour le logiciel est un élément important pour assurer une « bonne » chaîne numérique CAO et d'une situation théorique où plusieurs versions d'un même logiciel peuvent cohabiter et dialoguer, on se retrouve souvent avec des problèmes d'interprétation d'une version à l'autre. Il n'est alors pas rare qu'une entreprise impose l'utilisation d'un logiciel dans une version donnée dotée d'un ensemble donné de correctifs et étende cette recommandation à ses partenaires. **Ce qui implique que si l'un des acteurs de cette chaîne numérique souhaite « monter de version », il impose à tous cette même montée de version !** Il est à remarquer de plus que cette montée en version synchronisée n'est possible que si l'ensemble des logiciels concernés sont « nominaux » et n'ont donc pas été personnalisés. En cas de personnalisation, un gros travail d'adaptation ou de qualification, voire de dépersonnalisation, pourra être nécessaire à l'occasion d'une montée de version.

Remarque : en conséquence, si une entité travaille pour plusieurs donneurs d'ordre, elle peut être amenée à utiliser autant de configurations (versions, releases, environnement projet) d'un même logiciel que de donneurs d'ordre ou de filières.



Ruptures liées aux différences d'information entre métiers

Ces ruptures sont liées à la grande diversité des informations nécessaires aux parties prenantes d'un même projet, même « proches », dans le cycle de vie du produit, comme par exemple entre :

- Deux métiers tels que le bureau d'études et le bureau des méthodes ayant des finalités différentes,
- Deux structures réalisant des activités semblables mais ayant un historique et des pratiques différentes comme par exemple deux bureaux d'études différents,
- Deux entreprises différentes souhaitant collaborer, chacune d'elles supportant une codification et une structuration de l'information propre.

Exemple : lors des phases de conception d'un système, une entreprise se réfère à une décomposition fonctionnelle du produit, alors que pour les phases d'industrialisation et de fabrication, la référence est une décomposition organique établie pour répondre à des besoins de fabrication et de montage. Réconcilier ces deux points de vue à travers la chaîne numérique est l'un des enjeux de toute activité industrielle et en constitue une vraie difficulté (voir la journée d'échanges « Back to basics » du PLM lab du 9 Juin 2011)

Ruptures souhaitées

On oublie parfois que certaines ruptures dans la chaîne numérique sont souhaitées par une ou plusieurs parties prenantes d'un projet comme par exemple :

- L'utilisation de formats neutres 2D ou 3D de type PDF, TIFF, JT ou d'autres pour figer la « version » d'un document,
- L'utilisation de documents numériques « dégradés » pour protéger les savoir-faire de l'entreprise au transfert de l'information, modèles appauvris permettant à des tiers de travailler en contexte mais sans donner l'intelligence complète du modèle (solides paramétrés, précision, chaînes de cotes, ...)
- L'utilisation d'un « bac à sable » personnel, permettant à un acteur de se « débrancher » de la chaîne numérique pour réaliser des modifications en toute quiétude, sans crainte de voir son travail publié ou pris en compte de façon anticipée,
- Le souhait de certains départements d'une entreprise, l'après-vente par exemple, de disposer d'une relative autonomie vis-à-vis de l'ingénierie.

Exemple : dans une société, on a constaté que des plans numériques 2D sont reçus d'un fournisseur sous la forme d'un PDF ; les plans sont alors lus et toutes les cotes et tolérances sont ressaisies manuellement dans un fichier Excel qui servira de référence pour un contrôle métrologique futur. Pourquoi cette façon de procéder ? Car ce qui est « officiel » et contractuel est stipulé sur le plan 2D et nulle part ailleurs et que, d'autre part, les données 3D du fournisseur sont considérées comme confidentielles. Il est à noter que, très souvent, les données contractuelles sont délivrées sous forme d'un format standard (norme ou standard de fait, ici un document au format PDF).

Dans l'exemple ci-dessus, si l'on souhaite casser la chaîne numérique, on n'en cherche pas moins à contrôler et à tracer toute modification décrite dans l'information technique transmise.

1) <http://www.plmlab.fr/index.php?page=btb4-2> « Dépouiller » consiste à donner une forme légèrement conique aux parois d'une pièce pour permettre et favoriser son démoulage (comme pour un moule à flan alimentaire !)

Ruptures liées aux différences d'information entre silos d'activités

Ces ruptures ne sont que le reflet de ruptures constatées dans la conduite d'un projet industriel et notamment entre ses différents jalons et phases, comme par exemple, les passages entre :

- Avant-projet et projet
- Conception préliminaire et détaillée
- Conception et production
- Fabrication et commissionnement d'un système
- Maintenance et retour d'expérience
- Vie opérationnelle et déconstruction

Exemple : une entreprise d'ingénierie conçoit un système électronique grâce à un outil de Conception Assistée par Ordinateur. L'un des obstacles au maintien de la chaîne numérique est constitué par le passage de la CAO à la gestion de la nomenclature de fabrication gérée dans un outil ERP de type SAP. Des outils ad hoc ont été développés mais ne permettant que le parcours de l'amont vers l'aval, c'est-à-dire depuis la CAO vers l'ERP. La remontée n'est pour l'instant pas possible et est techniquement difficilement envisageable. On pourrait également citer l'outil de GPAO pour lequel de nombreuses ressaisies manuelles sont nécessaires. Un autre exemple typique de l'ingénierie est la ressaisie dans d'autres outils CAO ou PLM des plans et modèles entre l'avant-projet et le projet après signature d'un contrat par un client.

Ruptures liées à la difficulté à « numériser » une activité

Ces ruptures sont liées à la difficulté « numériser » une activité et donc à modéliser un savoir-faire singulier de portée locale ou plus globale, ou encore une activité métier d'optimisation difficilement automatisable. Les ruptures les plus courantes s'observent dans le calcul, la simulation, la métrologie, la partie vérification/validation du cycle en V.

Exemple : dans une société spécialiste de l'injection plastique, la définition géométrique nominale telle que définie par le bureau d'études va être modifiée pour tenir compte des contraintes d'industrialisation. Pour une pièce moulée, il s'agira par exemple de respecter des règles « métier » dépendant fortement des moyens de production : épaisseurs minimum, « dépouilles² » etc. Saura-t-on intégrer tous ces savoir-faire dans une définition numérique qui, au final, permettra leur intégration dès les premières phases des études ? A l'inverse, une modification aval de la pièce lors de son industrialisation pourra-t-elle être intégrée à sa définition première ? La réponse n'est souvent pas triviale !

A contrario, un fabricant de pneumatiques capable de développer et de valider un modèle de comportement fiable des pneumatiques peut escompter gagner des cycles de prototypage physique et obtenir des gains très importants de délai de conception-validation.

Au final, de nombreuses causes, souhaitées ou subies, pourraient être recensées. Il est à noter que pour contourner ou, a minima, tracer des ruptures de la chaîne numérique, les tableurs – et notamment l'incontournable Excel – sont souvent utilisés ! Dans certains cas, assurer la continuité de la chaîne numérique revient à synchroniser les différents fichiers « Excel » des parties prenantes du projet ou d'en assurer au moins la cohérence !

CONCLUSION : POUR UNE APPROCHE RAISONNÉE ET RAISONNABLE DES « CHÂÎNES NUMÉRIQUES »

Le PLM lab, toujours dans l'idée de s'appuyer sur des fondamentaux, préconise une pratique raisonnée des outils numériques et un déploiement pragmatique et maîtrisé des chaînes numériques pouvant en découler. Nous proposons ci-après quelques retours d'expérience et bonnes pratiques classés en fonction des ruptures identifiées au chapitre précédent.

Ruptures liées aux outils

Il convient de réfléchir aux avantages et inconvénients des différentes architectures logicielles pouvant être retenues et notamment :

- d'une part, la solution consistant à privilégier les outils et systèmes dits « intégrés » provenant d'un même éditeur, réputés faciliter l'établissement d'une chaîne numérique,
- d'autre part, une solution privilégiant l'utilisation d'outils et systèmes provenant de sources et contextes différents supportant des normes et standards communs (STEP, OSLO³, UML ...) et permettant d'adresser un maximum de besoins « métier » ;

Sur ces sujets, vous pouvez consulter le guide sur les normes et standards de l'association PLM lab.

Ruptures liées aux différences d'information entre métiers

L'efficacité ultime qui résulte souvent d'une approche multidisciplinaire suppose que les différents métiers puissent apporter très tôt leurs appréciations et jugements sur les esquisses de la conception en cours de mûrissement. Il sera dès lors nécessaire, alors que le concepteur « études » est principalement préoccupé par la robustesse des fonctionnalités, que le concepteur « méthodes » l'examine en s'assurant que les outillages auront la capacité à assurer les tolérances exigibles, tandis que le responsable des gammes d'entretien sera focalisé sur les diagnostics de défaillances et pannes et l'accessibilité, sur le terrain, des pièces ou sous-ensembles à échanger.

Les méthodes et outils permettant à chacun d'assurer son rôle ne sont pas forcément les mêmes en début de conception et en fin de la phase de convergence.

Le minimum « incontournable » sera de permettre l'établissement des différentes « vues » propres à chaque métier incluant leurs « objets » spécifiques, comme par exemple, pour le service des méthodes, les bruts et étapes intermédiaires de fabrication uniquement connues que des spécialistes et des responsables des prix de revient.

Un autre axe de progrès pour le maintien de la continuité de la chaîne numérique, souvent rencontré dans l'industrie à l'affaire (industrie du process, énergie...), est de permettre aux métiers de s'appuyer, pour leurs échanges, sur une description du produit où les différents documents sont rattachés aux objets techniques (systèmes, installations, locaux...). Cela permet de pallier les limitations d'une seule structure ou gestion documentaire.

3) OSLO : Open Services for LifeCycle Management

Ruptures souhaitées

Si certaines ruptures peuvent être nécessaires et profitables, il est souvent indispensable de les piloter et de les contrôler afin d'assurer une parfaite traçabilité des modifications et évolutions réalisées. Pour cela, on peut envisager de mettre en place des fonctionnalités ou des systèmes dédiés à cet usage. C'est là une vision « réaliste » permettant à toute partie prenante d'un projet de pouvoir bénéficier d'une certaine autonomie, sans mettre en danger la cohérence de l'ensemble.

Ruptures liées aux différences d'information entre « silos » d'activités

Lors du déploiement d'une chaîne numérique, il semble opportun de se poser la question du périmètre visé et notamment de situer la démarche entre :

- **Une démarche globale** visant à accompagner tout le cycle de conception du produit tout au long de son cycle de vie. Mais dans ce cas, peut-on réellement spécifier les besoins d'une telle chaîne globale avec toute la complexité sous-jacente ? Ne doit-on pas plutôt considérer cette cible comme un idéal vers lequel on souhaite tendre mais qui constitue une sorte d'asymptote ?
- **Une démarche locale** visant à mettre en relation des activités ou métiers connexes via plusieurs boucles locales représentant autant de tronçons du processus global de développement et s'appuyant sur autant d'interfaces que nécessaire. Dans ce cadre, il est pertinent d'identifier en premier lieu les ruptures les plus « coûteuses » ou présentes sur un chemin critique et de tenter d'y remédier par la mise en place d'une ou plusieurs chaînes numériques qui seront dites « locales ».

Ruptures liées à la difficulté à « numériser » une activité

Dans certains cas, il sera difficile de modéliser des savoir-faire relativement « subtils » et il faudra respecter ces métiers où l'expertise humaine longuement acquise est actuellement irremplaçable. L'ordinateur et les capacités de calcul pourront certainement apporter une « aide » au fur et à mesure des progrès réalisés dans l'analyse des phénomènes physiques ; c'est notamment le cas des technologies de la déformation des matières (emboutissage, forge, fonderie) sans parler des traitements thermiques ou d'autres exemples de même nature.



Dans tous les cas et quelque soit le périmètre considéré pour le déploiement d'une « chaîne numérique », il sera bon de faire preuve de modestie et d'avancer pas à pas, en se gardant de toute ambition démesurée et en bannissant les objectifs illusoire. Il en va du bon usage des ressources précieuses à mobiliser, financières mais aussi humaines, et de la crédibilité de la démarche PLM déjà par essence risquée car portant sur un processus vital de l'entreprise.

Afin de se prémunir des éventuels discours exagérément simplificateurs, il sera judicieux de s'informer sur les réelles possibilités des technologies numériques dans les industries les plus avancées et d'informer la Direction des opportunités et des limites de ce concept.

Aborder sans faux-fuyants des questions de fond comme :

- L'archivage long-terme : pouvoir exploiter les modèles numériques dans plusieurs dizaines d'années,
- Travailler en co-conception avec d'autres entreprises,
- Fournir des modèles à des sous-traitants ou des licenciés en protégeant son savoir-faire,
- L'utilisation des normes et standards d'échanges,
- La capacité à maintenir des référentiels cohérents et partagés.

Ces questions permettront de se rendre compte des apports potentiels des normes et standards qui ont été publiés pour soutenir ces technologies.

Enfin l'image de la chaîne numérique prend tout son sens si l'on considère qu'une chaîne est constituée de maillons qui permettent de transmettre l'effort tout en gardant une certaine souplesse par l'articulation entre les maillons. Il est donc probablement judicieux d'analyser le processus global d'une entreprise et ses outils numériques en considérant ce point de vue. C'est la réalité de la maîtrise des savoir-faire qui doit en décider sans se laisser prendre au piège des incantations simplificatrices.



PLM | lab

VERSION N°1 - JUIN 2023