

> SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Approfondir ses connaissances

Matériaux et objets techniques

Représentation en conception assistée par ordinateur, modélisation du réel

Introduction

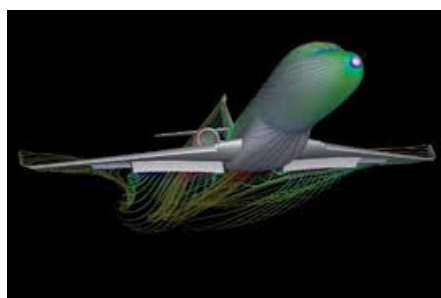
Les fiches connaissances ont pour objectif de présenter les principales connaissances et savoir-faire scientifiques et technologiques du thème « Matériaux et objets techniques » du programme de « Sciences et technologie » du cycle 3.

Ces fiches ne constituent en aucune manière un manuel d'enseignement des sciences et technologie ni un document pédagogique qui décrirait des situations d'enseignements. Elles sont destinées aux professeurs, afin de les aider à maîtriser les concepts et notions disciplinaires. Elles ne sont pas destinées aux élèves. Les contenus peuvent aller au-delà de ce qui est attendu dans les programmes.

Références au programme

IDENTIFIER LES PRINCIPALES FAMILLES DE MATÉRIAUX	
<ul style="list-style-type: none"> • Notion de contrainte. • Recherche d'idées (schémas, croquis ...). • Modélisation du réel (maquette, modèles géométrique et numérique), représentation en conception assistée par ordinateur. 	En groupe, les élèves sont amenés à résoudre un problème technique, imaginer et réaliser des solutions techniques en effectuant des choix de matériaux et des moyens de réalisation.
<ul style="list-style-type: none"> • Processus, planning, protocoles, procédés de réalisation (outils, machines). • Choix de matériaux. • Maquette, prototype. • Vérification et contrôles (dimensions, fonctionnement). 	Les élèves traduisent leur solution par une réalisation matérielle (maquette ou prototype). Ils utilisent des moyens de prototypage, de réalisation, de modélisation. Cette solution peut être modélisée virtuellement à travers des applications programmables permettant de visualiser un comportement. Ils collectent l'information, la mettent en commun, réalisent une production unique.

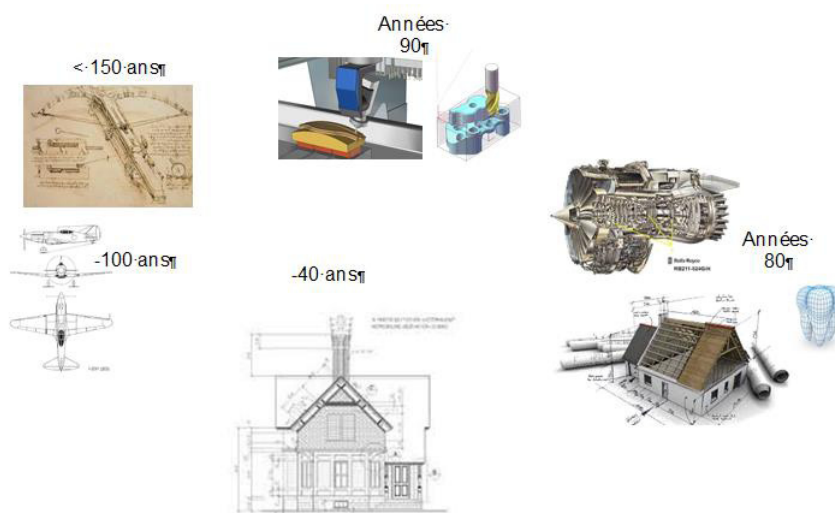
Pour communiquer, le demandeur (le client), le concepteur et le fabricant doivent utiliser un langage commun et univoque pour échanger, se comprendre, collaborer et contractualiser. Pour cela, ils utilisent des croquis, des schémas, des plans, des dessins normalisés, des modèles et des maquettes numériques. Les normes ont un aspect juridique pour garantir le contrat entre client et fournisseur ; c'est valable aussi pour la représentation des objets techniques.



La réponse au besoin auquel répondra un objet technique impose une réflexion préalable pour déterminer les différentes fonctions à assurer. Il faut en particulier étudier la relation entre les sous-ensembles, les organes à travers les liaisons, les différents transferts d'énergie et les transmissions d'information. Concernant particulièrement la structure mécanique de l'objet technique, le procédé d'obtention (mise en forme brute) des pièces et les opérations de finition (précisions dimensionnelle et géométrique...) à réaliser doivent être pris en compte lors de la représentation. Ces aspects techniques doivent être conciliés avec les exigences esthétiques et/ou ergonomiques, économiques et celles liées au développement durable. Ces exigences sont mentionnées dans la représentation de l'objet technique.

Le cycle de vie d'un objet technique est généralement décomposé en cinq phases que sont :

- la recherche et le développement ;
- la mise sur le marché ;
- la croissance ;
- la maturité (qui inclut la sous phase de saturation du marché) ;
- le déclin (qui inclut entre autre le recyclage du produit).



La création de produit a de tout temps exploité l'évolution des moyens de communication et de représentation du réel. Il y a plus de 150 ans, seul le concepteur était capable d'interpréter ses croquis et notes. Les années passant des représentations ont été instaurées permettant un échange entre personnes compétentes utilisant le même langage, le dessin industriel était né. Il y a une quarantaine d'années, la naissance du Dessin Assisté par Ordinateur a amené la précision dans la définition des produits. Nonobstant, des erreurs d'interprétations étaient encore fort nombreuses. Le dessin en deux dimensions (2D) avait ses limites; il ne permettait pas de définir des surfaces et des volumes complexes. Dans les années quatre-vingt apparaissent les représentations volumique et surfacique qui dans un premier temps étaient réservés à de grands groupes industriels. La précision de définition des composants d'un produit permettait alors de réduire les délais de réalisation et de limiter les sources d'erreur.

Dans les années 90 les premiers outils de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) font leur apparition permettant de créer le lien entre les modèles numériques 3D et les systèmes de pilotage des machines à commande numérique. Associés à ces outils de modélisation et de FAO apparaissent les premiers logiciels de gestion de données techniques devenus nécessaires pour la réalisation de maquettes complexes.

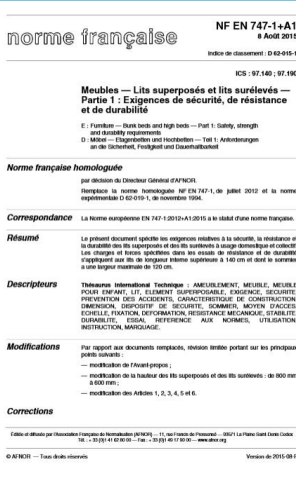

Progressivement, les outils numériques deviennent capables d'associer de nombreuses pièces pour donner des maquettes complètes de systèmes même complexes et permettant de nombreuses simulations fonctionnelles, thermiques, cinématiques, dynamiques.

Exemple : maquette automobile plus de 10000 composants, bateau près de 1 000 000 de composants, et dans le bâtiment le BIM.

En 1995 la première maquette entièrement virtuelle d'un avion verra le jour : le Boing 777 avec plus de 3 000 000 de pièces, créées et par près de 900 sous-traitants disséminés sur près de 17 pays répartis sur le globe... le besoin d'échange formalisé était né avec le système de gestion de données techniques (SGDT) son correspondant en anglais Product Data Management (PLM).

Les étapes de conception

La recherche des contraintes s'imposant au produit à réaliser

 <p>norme française NF EN 747-1+A1 à Août 2015 Indice de classement : D 62-015-1 ICS : 97.140 ; 97.190</p> <p>Meubles — Lits superposés et lits surélevés — Partie 1 : Exigences de sécurité, de résistance et de durabilité.</p> <p>E: Furniture — Bunk beds and high beds — Part 1: Safety, strength and durability requirements. D: Möbel — Etagenbetten und Hochbetten — Teil 1: Anforderungen an die Sicherheit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit</p> <p>Norme française homologuée par décision du Directeur Général d'AFNOR. Intègre la norme homologuée NF EN 747-1, de juillet 2012 et la norme expérimentale D 62-010-1, de novembre 1994.</p> <p>Correspondance La Norme européenne EN 747-1:2012+A1:2015 a le statut d'une norme française.</p> <p>Résumé Le présent document spécifie les exigences relatives à la sécurité, la résistance et la durabilité des lits superposés et des lits surélevés à usage domestique et collectif. Les charges et forces spécifiées dans les essais de résistance et de durabilité s'appliquent aux lits de hauteur totale supérieures à 140 cm et dont la largeur à une largeur maximale de 120 cm.</p> <p>Descripteurs Thésaurus International Technologique : AMEUBLEMENT, MEUBLE, MEUBLE POUR ENFANT, LIT, ÉLÉMENT DÉCORATIF, ÉQUIPEMENT, SÉCURITÉ, PRÉVENTION DES ACCIDENTS, CARACTÉRISTIQUE DE CONSTRUCTION, DIMENSION, DISPOSITIF DE SÉCURITÉ, SOMMEIL, MATION SPACIEL, ÉCHELLE, FIXATION, DÉFORMATION, RÉSISTANCE MÉCANIQUE, STABILITÉ, DURABILITÉ, ESSAI, RÉFÉRENCE AUX NORMES - UTILISATION, INSTRUCTION, MARQUAGE.</p> <p>Modifications Par rapport aux documents remplacés, révision limitée portant sur les principaux points suivants: — modification de l'Annexe B; — modification de la hauteur des lits superposés et des lits surélevés : de 100 mm à 100 mm; — modification des Articles 1, 2, 3, 4, 5 et 6.</p> <p>Corrections</p> <p>Tableau d'état par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) - 11, rue Francis de Pressensac - 92077 La Plaine Saint-Denis Cedex Tel. : +33 (0) 1 41 42 90 30 - Fax : +33 (0) 1 41 42 90 30 - www.afnor.org</p> <p>© AFNOR - Tous droits réservés. Version de 2015-08 F</p>	<p>Recherches des normes et réglementations. NF : Norme Française EN : Norme Européenne ISO : Norme Internationale</p>
	<p>Identification de l'ensemble des contraintes, par exemple celles sur les matériaux pouvant être utilisés (plastiques, bois, métaux, verre,...)</p>

La recherche d'idées

Croquis


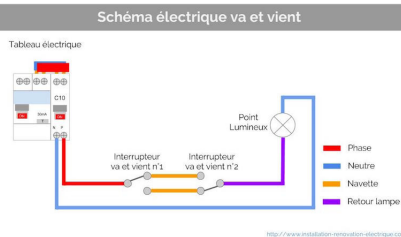
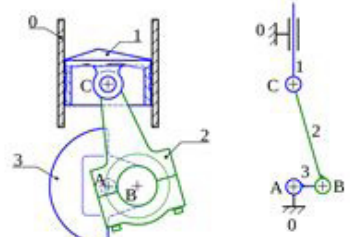
  	<p>Réalisé à main levée sur une feuille de papier à plat et de plus en plus souvent directement en DAO, notamment avec des tablettes graphiques.</p> <p>Recherche de formes, de choix esthétiques, de principe de fonctionnement.</p> <p>Dessiné en 2 dimensions ou en perspective, de plus en plus souvent directement en 3D.</p> <p>Nota : les logiciels gratuits connus sont Draw, Inkscape, SketchUp...</p>
---	---

Schéma qui utilise des symboles normalisés ou non, mais reconnus

<p>Schéma électrique va et vient</p>  <p>http://www.installation-remplacement-electrique.com</p>	<p>Représentation graphique, basée sur des conventions. Il montre les composants sous forme de symboles normalisés. La position des composants et leurs interconnexions ne représentent généralement pas leur positionnement physique.</p> <p>Réalisé à l'aide de logiciel de dessin 2D utilisant des symboles (ici symboles électriques).</p> <p>Nota : il existe des logiciels gratuits (ex. : ProfiCAD).</p>
	<p>Réalisé avec un logiciel de dessin 2D avec des symboles qui représentent les pièces et surtout les articulations entre elles afin de communiquer sur les possibilités de mouvements des différents organes d'un mécanisme et de préparer une étude cinématique.</p> <p>ci-contre un schéma cinématique donnant représentation simplifiée permettant une meilleure compréhension du fonctionnement, du déplacement des pièces (aspect cinématique).</p> <p>Nota : logiciels gratuits possibles : openMeca...</p>

Conception et représentation des systèmes

Il y a deux types de logiciels :

- la **D.A.O.** (Dessin Assisté par Ordinateur) qui consiste à **représenter** l'objet technique ou manufacturé en tenant compte de ses spécificités géométriques, et de quelques relations fonctionnelles (esthétiques, confort d'usage...).

La D.A.O. permet de :

- réaliser une maquette numérique en 2D et/ou 3D ;
- réaliser des plans 2D et 3D.

Mais ne permet pas de concevoir en fonction des moyens de l'entreprise (outils, machines-outils,...).

Retrouvez Éduscol sur



De nombreux logiciels libres sont disponibles et simples d'utilisation et d'usage, les utilisateurs ont souvent accès à des bibliothèques d'objets qui sont constituées en réseau et dans l'esprit communautaire. Les logiciels sont souvent spécialisés : mécanique, architecture, jeux d'animation... Parmi ceux-ci, il y a Sketchup, SweetHome, Blender, FreeCAD, 3Dvia...

- Le **C.A.O.** (**C**onception **A**ssistée par **O**rdinateur). Cela comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de **concevoir** avec les moyens de l'entreprise (Matériaux, machines-outils, outils,... que possède l'entreprise) grâce à des bibliothèques intégrées dans le logiciel, d'assembler, de tester virtuellement à l'aide de simulation numérique (cinématique, résistance des matériaux,...), de réaliser les programmes nécessaires aux machines-outils à commande numérique, d'éditer le dossier de définition (plan, dessin de définition, plan d'ensemble, nomenclature, etc).



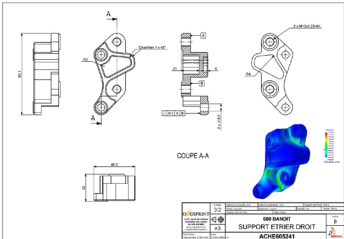
Il ne faut pas confondre C.A.O. et D.A.O. La D.A.O. se limite à l'édition du modèle numérique et ne permet pas l'interprétation technique de l'ensemble et ne tient pas compte des moyens de l'entreprise.

Les différentes étapes de conception



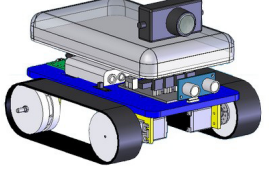

	<p>Réalisation de la maquette numérique en tenant compte des contraintes de l'entreprise (bibliothèques intégrées dans le logiciel).</p> <p>Bibliothèque intégrée :</p> 
	<p>Réalisation de la cinématique pour valider le fonctionnement.</p>
	<p>Réalisation d'une étude de résistance des matériaux pour valider les sections des pièces, les matériaux utilisés.</p>

Retrouvez Éduscol sur



	<p>Simulation d'usinage pour la réalisation des programmes des machines à commande numérique (C.F.A.O. Conception et fabrication assistées par ordinateur).</p>
	<p>Rendu réaliste pour présenter aux clients et visualiser le produit avant fabrication.</p>
	<p>Edition des plans. Langage universel important qui exige une bonne vision spatiale pour percevoir une image en 3 dimensions. Nécessaire dans beaucoup de cas pour fabriquer les pièces car contient les différentes cotes, spécifications et usinages nécessaire pour l'obtention des pièces. Unique dès le début de l'ère industrielle mais détrôné par la modélisation des surfaces et volumes en géométrie 3D.</p>

Les différentes utilisations

	<p>Réalisée à l'aide d'un logiciel informatique. Communication aisée par le web. <i>Nota : certains logiciels d'accès et d'usage libre sont très faciles à utiliser : Sketchup, sweethome 3D...</i></p>
	<p>Permet une immersion réaliste avec une vision à 360°, des films. <i>Nota : des logiciels libres réalisent des visites virtuelles facilement avec une caméra virtuelle.</i></p>
	<p>Réalisée à partir de composants existants standard (Bibliothèque existantes dans le logiciel): construction modulaire. Permet de communiquer des idées de principe mécanique, d'aménagement d'espaces...</p>
	<p>Réalisée dans le contexte (photo de l'environnement, google earth...). Permet de vérifier l'implantation de l'objet dans son environnement.</p>

	<p>Rajoutée sur une vue réelle pour communiquer avec le technicien (réalité augmentée).</p>
	<p>Permet une immersion de l'homme dans un espace virtuel 3D. Très utile pour vérifier le lien vital de l'utilisateur avec son environnement : encombrement, accès aux commandes...</p>

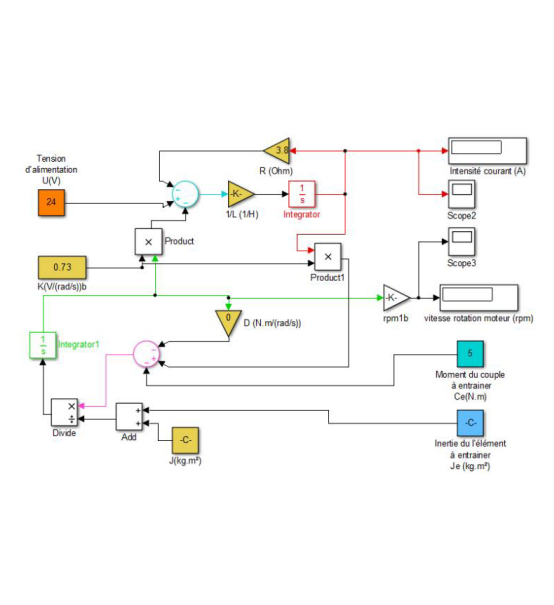
Modélisation et simulation des systèmes

On dispose de deux approches pour modéliser et simuler les performances d'un système.

La modélisation causale utilise des modèles de connaissances qui permettent de décrire le système par la mise en équations des grandeurs temporelles caractéristiques du fonctionnement du système.

La modélisation acausale utilise des objets connus à partir de leur comportement défini à partir de l'observation des grandeurs d'entrée et de sortie.

Ces deux approches permettent de simuler le fonctionnement des systèmes afin d'en prévoir les performances.



La modélisation causale : le système est décrit par des blocs liés entre eux par des grandeurs dont on connaît la fonction temporelle transformée en «s». La sortie du bloc est causée par la grandeur unique d'entrée d'où la notion de causalité et de simulation causale.

Elle permet de décrire un système à partir d'un modèle de connaissance et permet de résoudre des équations à l'aide de logiciel dédiés qui permettent de créer les schémas blocs et de résoudre les équations :

- {3} $\Rightarrow i=1/L \cdot \int[+U-R \cdot i-K \cdot w].dt$
- {4} $\Rightarrow w=1/(J+J_e) \cdot \int[+K \cdot i-D \cdot w-Ce].dt$

Ce type de modélisation est très orienté mathématiques : c'est une transcription directe des équations mathématiques en objets (blocs).

- La résolution des équations différentielles est facilitée par cette approche schématique.
- Chaque bloc réalise une opération permettant de déterminer sa sortie en fonction de son entrée: chaque port de bloc à une relation de cause à effet: Ce type de modélisation est appelée modélisation causale.
- La modification du modèle pour intégrer d'autres phénomènes physiques ou ajouter de composants peut s'avérer complexe. Il est nécessaire de reprendre les équations et de modifier le modèle selon ces équations.

	<p>La modélisation acausale dite multiphysique: la simulation acausale associe des objets de type « boîte noire » par des liaisons de puissance instantanée proche de la structure matérielle. Les objets utilisés peuvent imposer des changements de forme d'énergie. Cette simulation est ainsi appelée « multiphysique ».</p> <p>Le créateur du modèle peut ignorer comment les objets sont construits. Les objets sont connus par leur modèle de comportement.</p> <p>À l'aide de logiciel de simulation multi physique on peut modéliser un système, un sous-système, un objet par son comportement.</p> <p>L'avantage de ce type de modélisation est qu'elle se rapproche de l'organisation matérielle du système. Elle exonère de la recherche théorique des équations de fonctionnement et des modèles conceptuels souvent difficiles à établir.</p> <p>La modification des paramètres du modèle sont facilitées, ils sont accessibles par l'interface du composant, alors qu'en simulation causale ces paramètres sont intégrés dans les équations mathématiques.</p> <p>La modification du modèle (ajout, suppression de composant) est également facilitée.</p> <p>Le développement de modèle complexe (intégrant de nombreux éléments) est également facilité.</p>
	<p>Graphe des liaisons permettant de définir les différentes liaisons du produit (Pivot, rotule,...) entre les différents éléments composant le produit.</p> <p>Réalisé avec un logiciel qui génère des graphes. Permet de montrer la nature des objets et la relation entre eux (ex. : organigramme).</p> <p>Nota : dans ce cas, il s'agit d'un graphe de liaisons dans un système mécanique.</p>

Maquétisation virtuelle ou matérielle, prototype

Pour réaliser une maquette ou un prototype de l'objet en cours de développement, il existe plusieurs techniques qui sont comme suit :

	<p>Réalisée en bois, carton, feuilles en matière plastique et pièces imprimées 3D... Réalisée à une certaine échelle.</p> <p>Coûteuse à réaliser en raison du temps de fabrication.</p> <p>Réservée à un projet ambitieux, complexe...</p> <p>Pour visualiser les volumes, l'esthétique, les contraintes,...</p> <p>Pour une communication vers un public non averti surtout (exemple : présenter un projet immobilier pour validation ou dans des salons immobilier et sur des lieux de vente pour d'éventuels clients).</p> <p>Nota : les architectes s'en servent encore dans des cas particuliers.</p>
	<p>Réalisée souvent avec des pièces en matière plastique imprimées à l'aide d'une imprimante 3D mais également pour certains produits de tailles importantes des prototypes à l'échelle 1 en bois, en matières synthétiques, ... (voiture, mobilier,...).</p> <p>Exécutée rapidement à partir des fichiers numériques des pièces.</p> <p>Permet la validation des fonctions de services (d'usage : besoins fondamentaux d'un produit) telles que l'ergonomie, la facilité d'utilisation, le fonctionnement,...</p>

Retrouvez Éduscol sur





Permet la validation des fonctions d'estime (valorisent l'intérêt du produit) telles que la couleur, le prix, la forme,...

Permet la validation des fonctions contraintes (Imposées) telles que les normes, la résistance mécanique,...

Permet la validation des fonctions techniques (matériaux, finition,... et assemblages utilisés, dimensionnement des différentes pièces,...) , permettant la réalisation des fonctions d'usage, d'estime et contraintes.

Optimisation des systèmes

À l'issue de la phase de conception les acteurs du projet disposent d'un cahier des charges finalisé, des modèles numériques et les simulations associées, des maquettes virtuelles (numériques) ou matérielles, d'un prototype.

La dernière étape consiste à comparer les performances attendues par le cahier des charges à celles obtenues par la simulation et les essais sur le prototype. Il reste à faire converger les performances obtenues selon ces différentes représentations du système pour parvenir in fine aux performances optimales souhaitées. Cela suppose une itération entre les différentes démarches, d'affinement du cahier des charges, des modèles et maquettes numériques, du prototype.

Le système de gestion de données technique et la C.A.O.

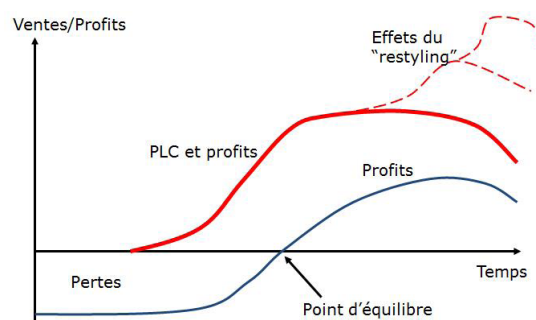
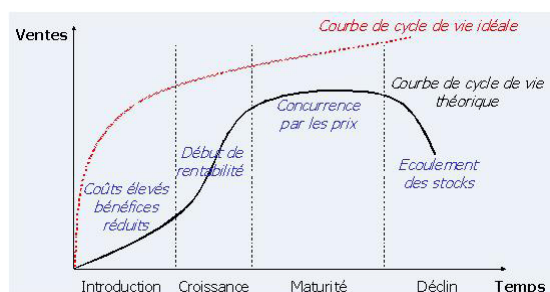
La création ou l'évolution de produit se fait dans un contexte concurrentiel de plus en plus contraint. L'échelle de temps de la durée de vie d'un produit se raccourcit et fait que le délai pour sa mise sur le marché est de plus en plus court. Un glissement de quelques mois peut avoir des effets importants sur le volume de ventes et peut ne jamais être rattrapé.

Le besoin de réduire la phase de recherche et développement nécessite la mise en place de méthodes et d'outils de travail collaboratif.

Ces outils doivent permettre de gérer les différentes phases de vie du produit et ce quel que soit l'acteur concerné.

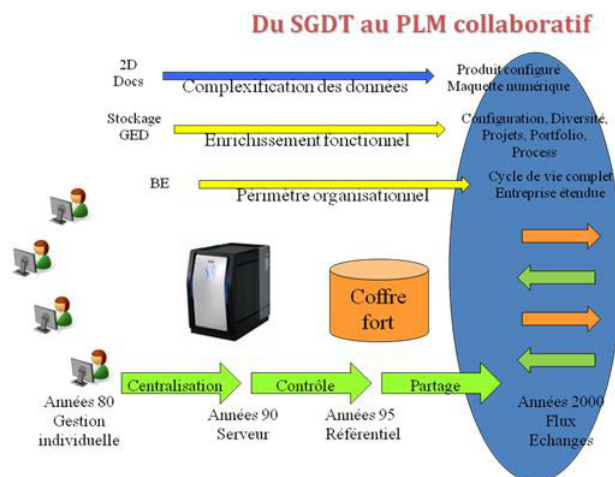
Parallèlement au cycle de vie, l'entreprise s'intéresse aux enjeux financiers avec la notion de pertes et de profits.

L'objectif étant d'arriver au plus tôt au point d'équilibre pour dégager les profits qui lui permettront de perdurer.



Pour éviter le fléchissement de la courbe des profits, le produit subit un « restyling » qui associe une mise sur le marché en phase avec le début de la saturation de l'ancienne version. Cette approche est valable tant pour des produits matériels qu'immatériels. Nous le vivons au quotidien avec l'évolution des produits de grande distribution tels que l'automobile, le téléphone portable, les ordinateurs, les logiciels...

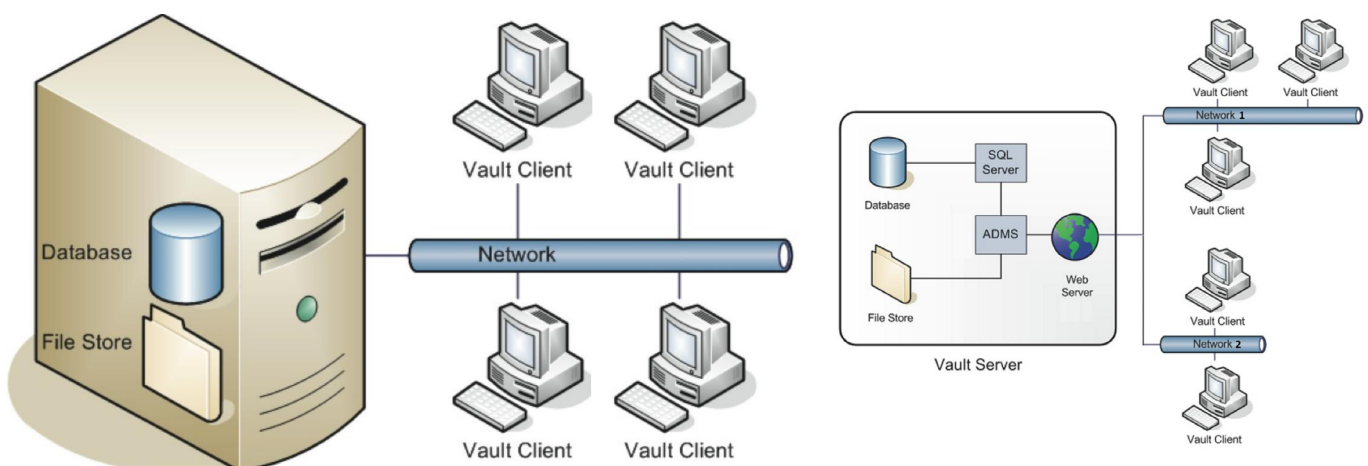
Le système de gestion de données techniques, ou SGDT



Le SGDT est un ensemble d'outils informatiques pour la gestion des données techniques liées à un projet de conception. Ces outils ont pour objectifs de remplir les fonctions suivantes : stocker, gérer et contrôler toutes les informations et processus concernant la définition, la production et la maintenance d'un produit. L'acronyme correspondant en anglais est PDM, pour Product Data Management. Le terme anglo-saxon PLM (Product Lifecycle Management ou gestion du cycle de vie produit) tend à remplacer celui de SGDT. Il en constitue en fait une extension, rajoutant généralement aux 'SGDT traditionnels :

- un mode collaboratif, avec gestion des droits ;
- une gestion du cycle de vie, l'ambition est de couvrir toutes les phases du cycle de vie : spécification, avant-projet, études, industrialisation etc.

Dans le cadre du PLM, il y a donc la volonté d'apporter une vision plus globale, et une dimension plus orientée sur les modifications et les évolutions qui vont impactées le produit.

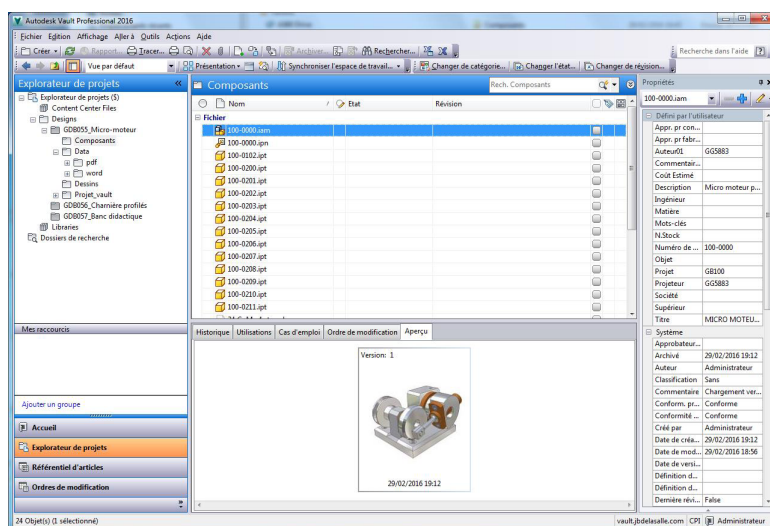


Retrouvez Éduscol sur



Le PLM est un outil qui permet d'associer l'ensemble des acteurs d'une entreprise en centralisant les informations dans une base de données unique. Ces données proviennent d'outils différents, elles sont stockées et identifiées de façon standard permettant à tout utilisateur, en fonction de ses droits de les visualiser, et ou de les modifier. Il permet de garder traçabilité de l'évolution d'un produit au travers de sa documentation.

Le PLM est l'entrée unique de consultation et de création de documents liés à un produit. Quel que soit l'acteur concerné, il pourra en fonction de sa position dans l'entreprise et de ses droits, accéder à l'information qui lui sera utile.



La méthode de planification par réseau logique ou en anglais Precedence Diagram Method (PDM) participe au PLM, il entre dans la boucle de gestion des données en gérant les documents techniques associés au produit. Dans un environnement PLM, le PDM partage la même base de données; dans certains cas il possède sa propre base de données qui est synchronisée avec la base du PLM. Les acteurs sont gérés de la même façon avec des droits qui leur sont octroyés en fonction des tâches confiées. La gestion des validations des documents est identique. Le PDM ne prend pas forcément en compte la notion de gestion temporelle du projet mais simplement la gestion structurelle.