

Quelques conseils pour la conception de systèmes mécaniques

Vous trouverez ci-dessous quelques conseils à suivre notamment si votre objectif est la réalisation du système mécanique étudié.

Définir un cahier des charges

Avant de passer à la conception ou à la modélisation d'un système, **définissez les charges fonctionnelles** qu'il devra supporter : vitesse de déplacement, charges statiques ou dynamiques, encombrement, poids maxi etc. Ce travail préparatoire est indispensable et vous permettra de préciser le besoin auquel vous répondez.

Rechercher des idées (brainstorming)

Répondre aux fonctions par des sous-ensembles existants reliés entre eux ou par des innovations (20 % des études). Améliorer des solutions existantes par une re-conception (80 %).

Etablir des schémas "papier"

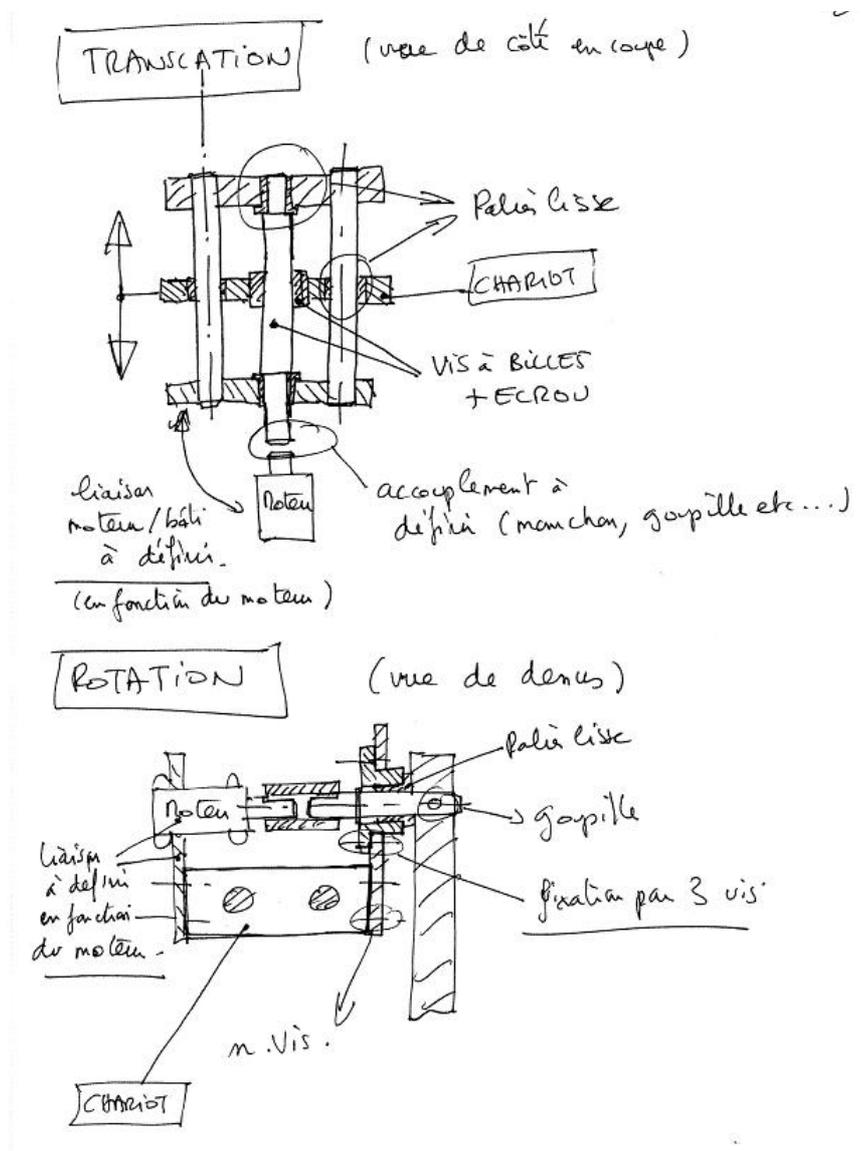
Avant de commencer votre travail de modélisation, **pensez à réaliser des schémas sur papier** du type :

- Schéma blocs
- Schéma cinématique
- Schéma technologique (voir ci-dessous)

Dimensionner les pièces

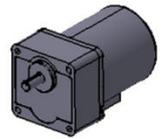
C'est l'étape clé qui vous permettra de valider l'architecture retenue et les choix technologiques opérés. Un travail sur les ordres de grandeurs peut être effectué dans un premier temps (pré-dimensionnement) puis être affiné en utilisant des modèles plus complets et précis. L'utilisation des modules de simulation dynamique et de calculs de structure (Generative Structural Analysis) peuvent vous aider à mener ces études. Si le modèle est

correctement paramétré, il permet l'exploration rapide de différentes alternatives de solutions, voire de réaliser des optimisations géométriques (cf les rubriques correspondantes de la section "Méthodologies").



Choisir des composants

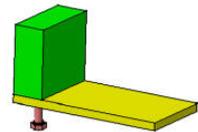
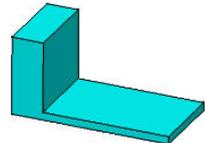
A chaque fois que cela est possible, **il est préférable d'acheter des composants** ou sous-ensembles chez des fournisseurs spécialisés plutôt que de re-concevoir (parfois laborieusement) des systèmes très courants. Dans la majorité des cas, votre conception s'articulera autour de ces composants. Dans l'exemple du schéma ci-dessus, les 2 axes verticaux, la vis à billes, les paliers et leurs supports, le moteur, les accouplements seront achetés. Il ne reste plus alors qu'à concevoir et fabriquer les platines inférieure et supérieure ainsi que le chariot mobile. Des catalogues en ligne et des formulaires d'aide au choix d'un produit sont disponibles sur de nombreux sites web. On peut citer :



- Catalogues existants dans CATIA,
- [Part Server](#)
- [Trace Parts](#)
- [Power Parts](#) (web2Cad)
- [Portail DirectIndustry](#) : permet de localiser les principaux fournisseurs pour chaque classe de composants. Une fois le nom d'un fournisseur trouvé, recherchez son site web et utilisez son catalogue en ligne. DirectIndustry propose une section "demande de documentations" mais celle-ci se contente de vous mettre en contact avec le service commercial des sociétés référencées.
- [Société HPC](#) : vous trouverez sur ce site les principaux composants mécaniques utilisés pour une chaîne de transmission de puissance : engrenages, accouplements, réducteur mais aussi visserie, ressorts etc.
- [RadioSpares](#) : distributeur de composants électroniques qui propose aussi des composants mécaniques destinés à la petite robotique ou aux systèmes automatisés : poulie/courroie, mini-réducteur, petits accouplements flexibles etc.

Prendre en compte les moyens de fabrication

Dès les étapes de conception, vous devez tenir compte des contraintes de fabrication : faisabilité, coût, délais etc. Dans l'exemple ci-dessous, la solution de gauche est dite "usinée dans la masse" et nécessite un long temps de fabrication et un coût matière élevée. La solution de droite est préférable : elle consiste à assembler deux pièces par éléments filetés.



Vous êtes donc invités à vous renseigner dès le début de votre projet sur les moyens de production à votre disposition. A l'ECP, on peut - sous certaines conditions - disposer de:

- moyens conventionnels d'usinage : tournage, fraisage, perçage
- mises en forme de matériaux : cintrage simple de tubes, pliage de tôles etc
- brasage à l'étain et soudage TIG pour les aciers et aluminium
- prototypage rapide et moulage silicone pour des séries de quelques pièces plastiques de petites dimensions.

Modéliser le système

Il n'existe pas un mais des modèles CAO possibles pour un même système. Posez-vous la question des raisons qui vous ont amené à commencer un travail de CAO, adoptez les bonnes stratégies de modélisation et faites le travail nécessaire et suffisant pour atteindre vos objectifs. Cela est particulièrement vrai pour la modélisation de pièces achetées (moteurs, réducteurs etc). La modélisation fine de ces pièces est-elle nécessaire ? Souvent la réponse est : non. Pour un moteur par exemple, le plus souvent seuls l'encombrement et la position des vis de bridage sont nécessaires.

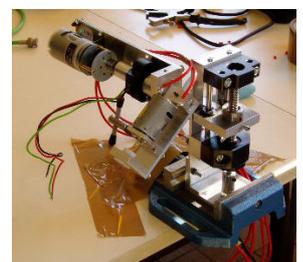
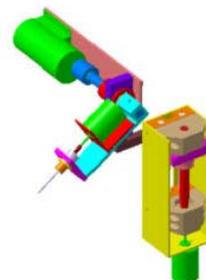
Quand cela est possible, utilisez les modèles fournis par les industriels sur leurs sites ou par les bibliothèques d'éléments paramétrés (voir la section "bibliothèques" du présent site). Ci-dessous, le modèle 3D trouvé sur "[Web2Cad](#)" et transféré par mail au format STEP.

Mettre en plans

La dernière étape consiste à "mettre en plans" les modèles 3D et de les transmettre aux techniciens chargés de leur fabrication. Leurs conseils sont souvent avisés et vous êtes invités à les consulter dès les phases de pré-conception afin d'éviter des modifications d'autant plus coûteuses qu'elles sont tardives.

Réaliser et assembler le système

Si l'on considère que la CAO vous a permis de concevoir le bon système du premier coup, vous voilà enfin arrivés à la dernière étape : la réalisation et l'assemblage des pièces mécaniques.



Pratiques dans l'ingénierie de développement et de réalisation de produits

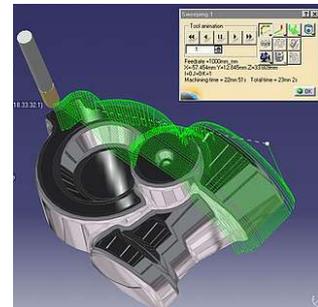
L'ingénierie industrielle utilise en simultané de nombreux outils informatiques

(appelés aussi ateliers lorsqu'ils sont intégrés à un logiciel).

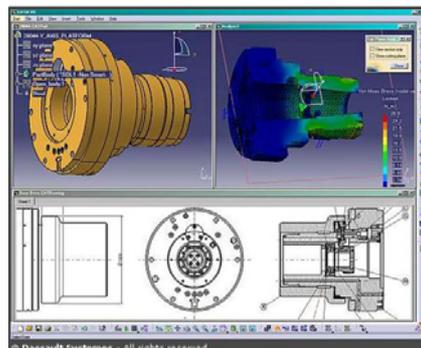
On part d'une modélisation en CAO pour faire du calcul de structures (Eléments finis), de la simulation en maquette numérique (DMU : cinématique et dynamique), de la réparation de production (métaux déformés, rhéologie, usinage, moulage, forge...), de la vérification (reconstruction à partir d'un nuage de points obtenu à l'aide d'une MMT)



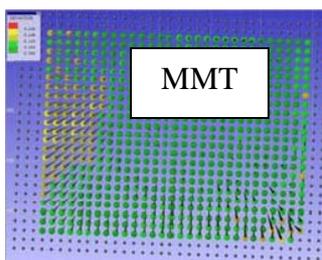
DMU



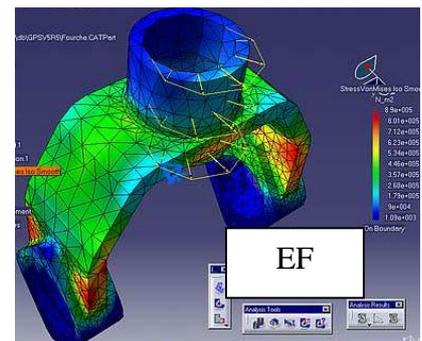
CFAO



CAO



MMT



EF

De la définition à la validation

Les étapes incontournables de la vie d'un produit sont : définition du besoin, conception et définitions, prototypage, essais, industrialisation, maintenance, recyclage.

Toutes ces étapes sont analysées dès le début de la conception : on parle d'ingénierie simultanée basée sur un modèle unique.

De nombreux partenaires interviennent dans la conception et la mise au point d'un produit.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

EADS : développement du tronçon central A340/500

- 8 sociétés européennes
- 60 000 pièces

• **Objectifs du projet « Airbus Concurrent Engineering »**

Coût : - 30% et suppression des maquettes physiques (plusieurs M€)

Délais : - 25 % pour le cycle de développement & - 50 % pour le cycle de mise au point



• **SNECMA : développement du moteur civil CFM 56-7**

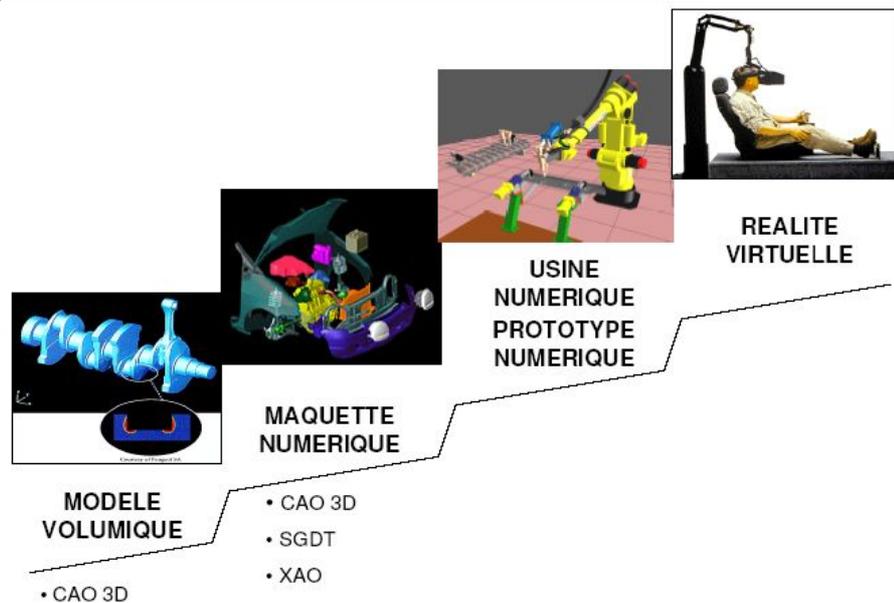
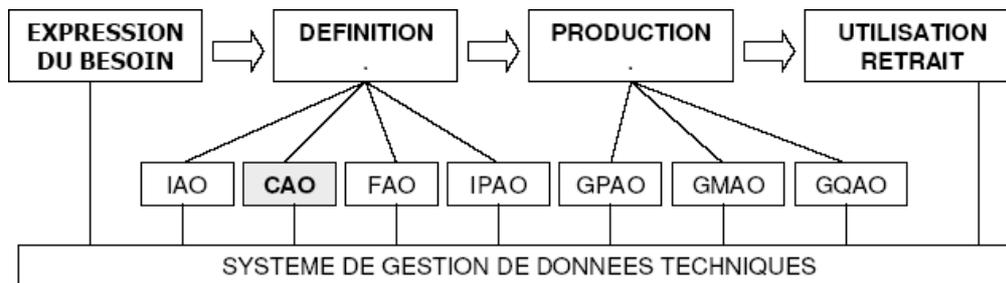
• **Objectifs du projet de Maquette numérique :**

Optimisation des opérations de maintenance : jusqu'à - 80 % sur certains cycles de dépose et de remplacement par rapport aux moteurs de la génération précédente.

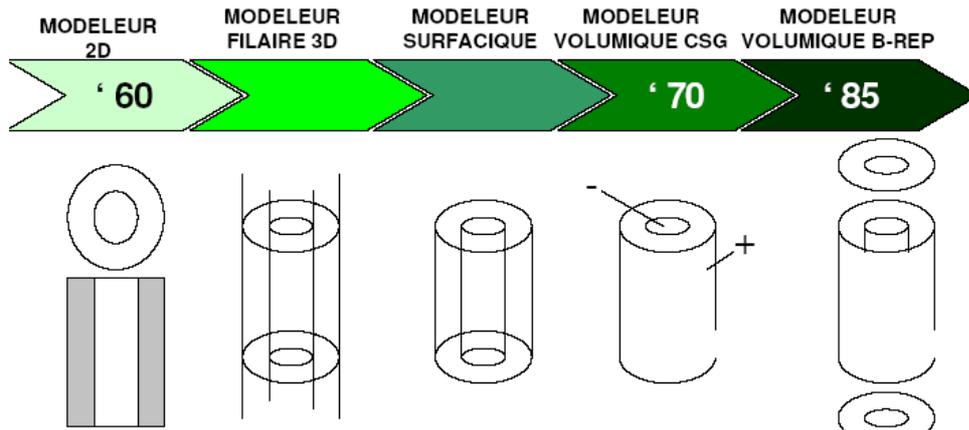


Intégration

Tous les outils XAO tendent à être intégrés au sein d'une seule et même plateforme. **Catia V5 = CAO + IAO + FAO + GPAO + GMAO + GQAO...**



Evolution des modeleurs



Modeleurs volumiques

Modeleur solide
Sous contraintes

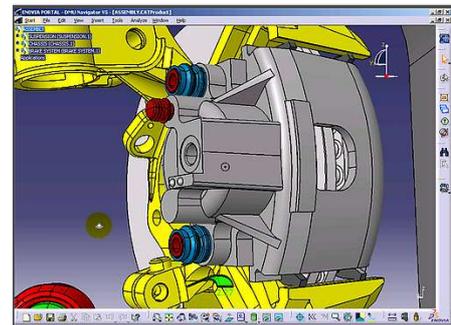
Basé sur les fonctions
Paramétrique
Associativité bi-direct.

Base de données unique.

Vol, Masse, Inertie, Maillage
Processus de conception
(intégration des contraintes fonctionnelles)
Connaissances « métier »
Rapidité de mise à jour
Cohérence des modèles

Catia V5

- Logiciel développé par **Dassault Systèmes** et commercialisé par **IBM**
- Leader de la CAO mécanique dans les secteurs, entre autres, de l'automobile et de l'aviation civile
- Catia est développé en natif sous Windows et dispose donc de toutes les fonctionnalités de ce système : copier-coller, glisser-déposer
- Migration *en cours* des grands comptes



Langage

Modeleur solide

Toutes les conceptions sont aujourd'hui modélisées en 3D

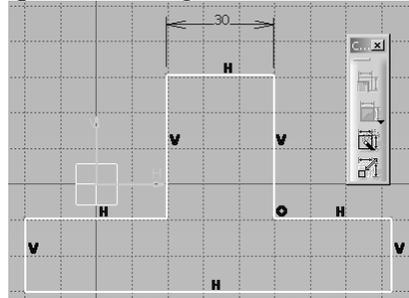
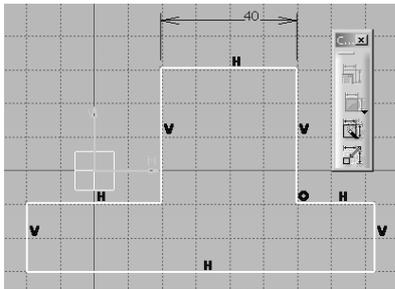
Sous contraintes

Processus de conception (intégration des contraintes fonctionnelles)

On place dès la construction des esquisses des indications dimensionnelles et géométriques appelés contraintes afin de maîtriser l'évolution des conceptions.

Les contraintes peuvent être placées entre différentes pièces.

Peut-on prévoir l'évolution de l'esquisse lorsque l'on change la cote de 40 mm ?



Basé sur les fonctions

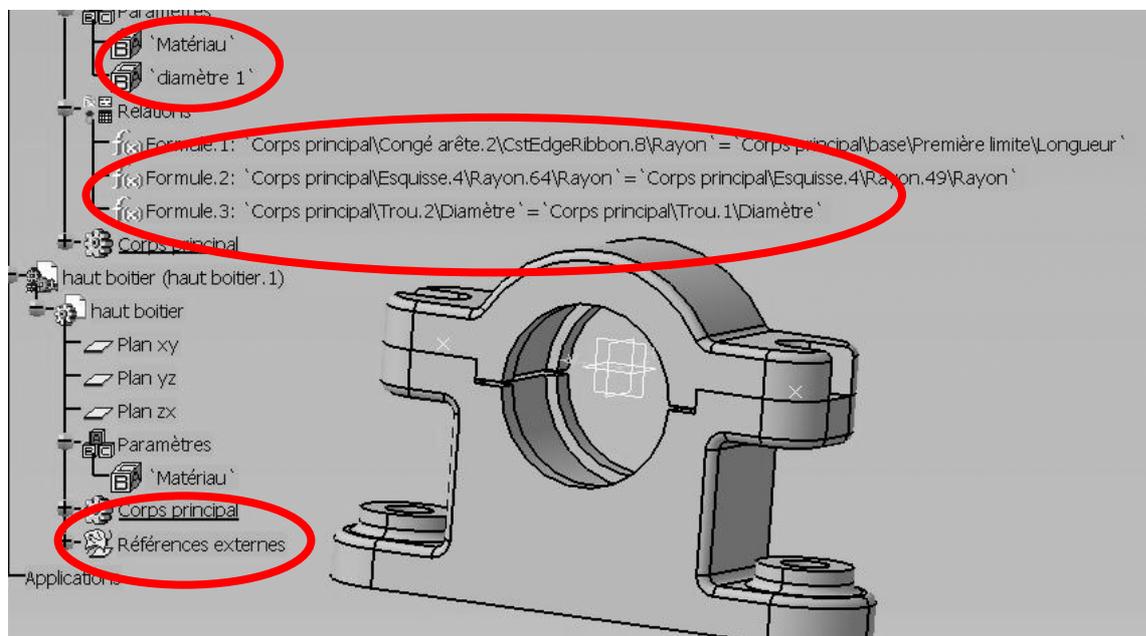
Connaissances « métier »

On intègre dès la conception les procédés d'élaboration et les choix technologiques (nécessite des esquisses à main levée en amont). Des fonctions plis, découpes, nervures, coque, dépouilles, perçage, réseaux... seront reconnus par les autres modules.

Paramétrique

Rapidité de mise à jour

Des fonctions numériques seront placés entre les contraintes afin d'augmenter la rapidité des mises à jours, d'intégrer des connaissances sous forme de lois (Knowledge). On utilisera des constructions sous contraintes entre les pièces d'un ensemble.



Esquisses Pilotantes :

On se base sur une esquisse pour piloter les positions des formes caractéristiques d'un ensemble ou d'une pièce.

Description sommaire des modules de CATIA V 5 étudiés en LP

Tous les modules qui vont être décrits ci-dessous interagissent entre eux d'une manière très simple et très conviviale.

Sketcher : permet de faire l'esquisse d'un profil en 2D. C'est donc le point de départ obligé pour toute création d'objet.

Part Design : module utilisé pour la conception de pièces mécaniques en 3D. Ce module est exploité de pair avec le sketcher. Il permet un paramétrage 3D pendant ou après la conception.

Assembly Design : permet de gérer un assemblage de pièces. Des contraintes mécaniques sont utilisées pour positionner les pièces et établir des contacts. Il offre en outre la possibilité de vérifier la cohérence de l'assemblage : interférence, analyse de distance,...

Generative Drafting : possède les outils nécessaires pour la création de dessins industriels (DAO). Cela peut se faire à partir des pièces 3D ou en utilisant la méthodologie 2D. La cotation dessin est créée automatiquement à partir des contraintes 3D.

DMU Fitting Simulator (simulation de montage): module permettant de définir et de simuler des procédures de montage et de démontage.

DMU Kinematics Simulator : permet de définir des mécanismes et de simuler des mouvements, directement grâce à une action sur les joints ou via des lois de commande. La séquence peut être enregistrée en format vidéo (.avi).

Sheet Metal Design et Sheet Metal Production (tôlerie) : utilisé pour la création de pièces en tôlerie et la préparation de leur fabrication. Ces modules autorisent la conception simultanée entre les représentations pliées ou non pliées de la pièce.

Mold Tooling Design : application permettant la création rapide de moules d'injection pour pièces en plastique. Un catalogue reprend les composants standards : conduit d'écoulement,...

FEM Surface : module permettant de générer un maillage sur un corps surfacique à l'aide d'outils de contrôle de la qualité du maillage. Il y a moyen d'exporter le maillage au format ascii .

Wireframe & Surface : c'est un complément du module Part Design pour la création d'éléments de construction filaires ou surfaciques.

Generative Part/Assembly Structural Analysis : permet d'effectuer une analyse EF de premier niveau, de la pièce ou de l'assemblage (analyse de contraintes et analyse vibratoire).

Le tout se fait d'une manière transparente pour l'utilisateur.

3-Axis Surface Machining (usinage 3 axes) : module qui permet de définir et gérer des programmes destinés à des machines à commande numérique 3 axes : opérations de fraisage (surface, poche et contour) et de perçage. Il permet aussi d'avoir une simulation de l'enlèvement de matière. Il intègre des notions telles que la génération de trajectoire et la gestion d'outils.

DMU Space Analysis: offre des fonctions très rapides de mesure et de contrôle des interférences dans un environnement pour la conception de maquettes. On peut mesurer des lignes, des arcs et des courbes ainsi que la distance et l'angle entre des surfaces, des crêtes et des sommets.

Des vues en coupe sont aussi possibles.

DMU Optimizer: module qui permet de calculer une représentation optimisée des données pour la vérification du design dans le contexte d'une maquette numérique complète.

Méthode de travail

Des cours, TD et TP (60 h)

Des Travaux personnels d'apprentissage (en dehors des TD et TP en utilisant les feuilles d'exercice et l'aide en ligne) (40 h)

Des évaluations en temps limité.

Des études (en dehors des TD et TP) avec remise de Compte Rendu et Présentation orale. (60 h)

Des salles en libre service en dehors des heures de cours pour le travail d'apprentissage (A032 et A014).

RAPPEL : les logiciels de CAO ne sont qu'une aide, ni un but ni une finalité.

Sauvegarde des fichiers

La gestion des données techniques est primordiale en entreprise mais également pour des données personnelles et partagées.

Exemple pour une pompe hydraulique.

Dans le **répertoire IM** (Ingénierie Mécanique) à créer par l'étudiant, créer un **sous répertoire** du nom du produit intitulé **DJ_PompeHydro** dans lequel seront enregistrés tous les fichiers liés au produit.

L'ensemble se nommera : **DJ_Phydro.asm**, les pièces **DJ_Phydro_Clapet.par**, les mises en plan **DJ_Phydro_Clapet.dft**, les fichiers de notice DJ_Phydro.doc ou **DJ_Phydro.xls** et les fichiers de présentation **DJ_Phydro.ppt**.

Attention toutes les pièces issues des bibliothèques seront enregistrées en copie dans le répertoire du produit et l'ensemble utilisera ces copies.

Un fichier excel récapitule tous les fichiers relatifs au projet

DJ_PompeHydro			
fichier	emplacement (lien hypertexte)	création	révision
DJ_Phydro.Catproduct			
DJ_Phydro_Clapet.Catpart		01/10/2002	n°5 du 28/04/04
DJ_Phydro_soutenance.ppt			

Tous les fichiers doivent être ordonnés et protégés.

Tutoriaux & Documents Catia

- [Harvard Design School](#)
Tutorial en anglais pour les fonctions de base utilisées en reconstruction de surface. Idéal pour démarrer.
- [Ecole Centrale Paris](#)
www.lgi.ecp.fr/~moren/catia
- [Université de Bretagne Sud](#)
Cours et exercices sur Catia V5 : pièces, assemblages, éléments finis.
- [Ecole Polytechnique de Montreal](#)
Cours de CAO et applications à CATIA sous forme de 2 TP de modélisation.
- [Université de Liège](#)
Disponibles en ligne : guide d'utilisation de Catia V5, exemple de conception de pièces, exemple d'analyse EF, exemple d'assemblage.
- [Catia Tutorial](#)
Tutoriaux, en français, de grande qualité couvrant les principaux ateliers de modélisation : pièce, assemblage, mise en plan etc.
- [la CFAO au CNRS](#)
Guides, exercices et méthodologies pour CATIA V5. Les documents sont d'une grande qualité.
- [CatiaDr](#)
Disponibles en ligne : rappel sur les surfaces coniques; exemple d'utilisation des tables de paramétrage; comment extruder un texte pour obtenir une géométrie solide 3D.
- ["Data samples" de la société BREUCKMANN](#)
A la rubrique "Download", ce fabricant de moyens de numérisation propose des fichiers de données brutes tels que : carrosserie de voiture, visage, statue ...