

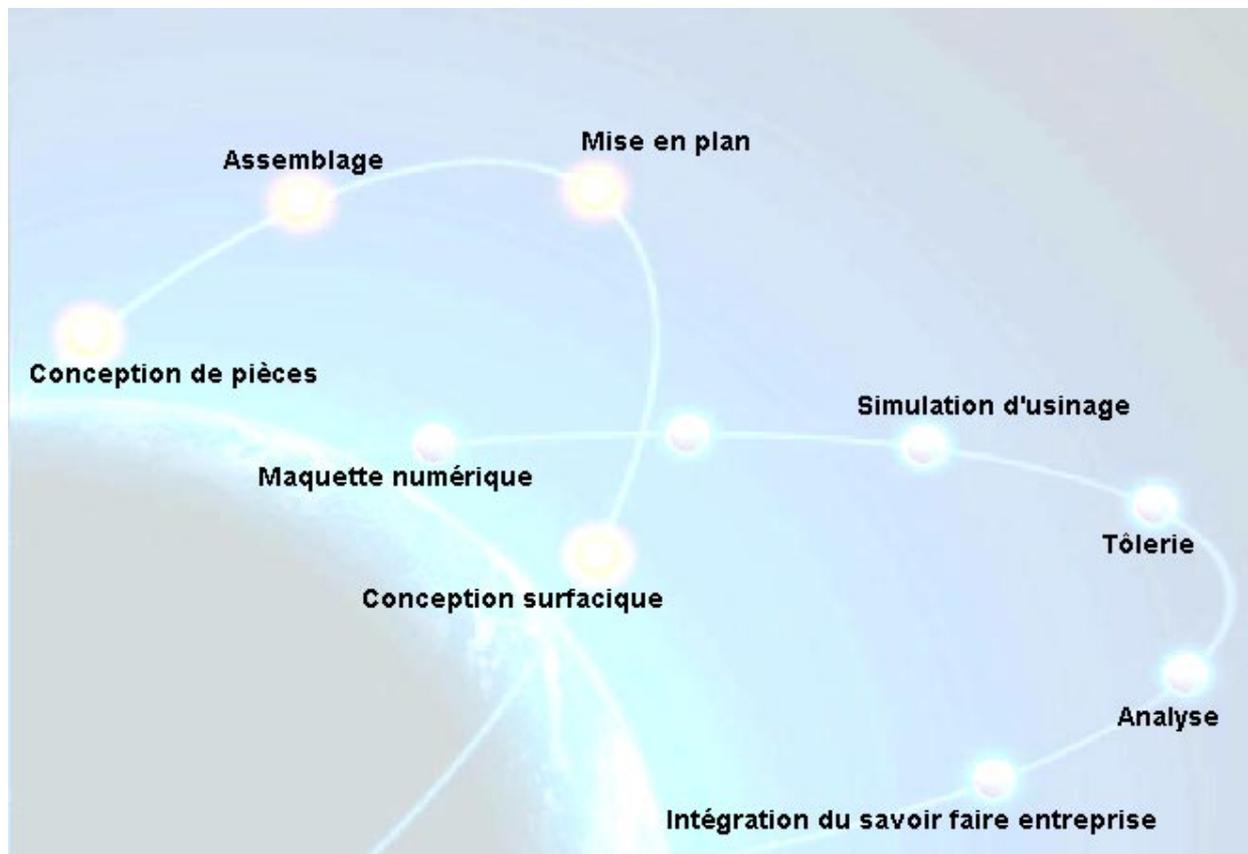


Université de Liège
Faculté des sciences appliquées



Infographie/CAO

Guide d'utilisation du logiciel CATIA V5



Janvier 2001 - version provisoire
Manuel préparé par Vincent Wadeux et destiné à un usage interne.

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	3
2	DESCRIPTION SOMMAIRE DES MODULES ACTUELLEMENT DISPONIBLES	4
3	GÉNÉRALITÉS	7
3.1	Interface	7
3.2	Déplacement et zoom des éléments à l'écran	7
3.3	Déplacement et zoom de l'arbre	8
3.4	Sélection des objets	8
3.5	Eléments actifs	8
3.6	Cacher ou montrer des objets	8
3.7	Propriétés graphiques des objets	8
3.8	Choix du style de rendu	9
3.9	Capture et manipulation des images	9
3.10	Personnalisation des différents modules	10
3.11	Extension des fichiers	10
4	APPRENTISSAGE DE QUELQUES MODULES	11
4.1	Sketcher et Part Design	11
4.1.1	Création d'un contour	11
4.1.2	Définition de contraintes	12
4.1.3	Part Design	14
4.2	Assembly Design	16
4.2.1	Manipulation des composants	16
4.2.2	Imposition de contraintes entre les composants	16
4.2.3	Mise à jour des contraintes	19
4.2.4	Détection de collisions entre composants	19
4.2.5	Enregistrement des résultats	19
4.3	Generative Part Structural Analysis	20
4.3.1	Analyse statique	20
4.3.2	Analyse modale	23
4.4	Wireframe & Surface Design	24
4.4.1	Barre d'outils filaires	24
4.4.2	Barre d'opérations	24
4.4.3	Barre d'outils surfaciques	25

PS : La plupart des figures présentes dans ce manuel proviennent du CD de documentation livré avec le logiciel.

1 Introduction

CATIA¹ est un puissant logiciel de CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur), conçu par Dassault Systèmes et commercialisé par IBM. Il est très utilisé en aéronautique et en automobile.

La version 5 est disponible depuis fin 99. A chaque nouvelle release, il y a de nouveaux produits qui sont proposés et des fonctionnalités supplémentaires sont ajoutées aux modules existants. Au moment où ce manuel a été rédigé, la release 5 est opérationnelle depuis décembre 2000 (on parle de CATIA V5R5). A terme, tous les modules qui existent dans la version 4 (V4) seront présents dans la version 5.

Le logiciel fournit une large gamme de solutions intégrées pour couvrir tous les aspects de design et de fabrication. Parmi les nombreuses fonctionnalités de base, on peut citer :

- conception de pièces
- assemblages
- rendu réaliste
- dessin interactif et génératif
- interfaces DXF/DWG, IGES

Il permet ainsi de concevoir des pièces et des assemblages de pièces directement en 3 dimensions sans dessiner de plan.

Lorsqu'on parle de la version 5, on utilise souvent la notion de maquette numérique. Ce terme désigne l'ensemble des données informatiques qui permet de manipuler un objet aussi bien ou mieux qu'on ne pourrait le faire avec une maquette réelle ou un prototype. On peut tester sa résistance à diverses contraintes, vérifier qu'un sous-ensemble est montable ou démontable, s'assurer que la mobilité des composants les uns par rapport aux autres ne génère pas de collision,...

La maquette numérique permet de diminuer les coûts, les délais et d'augmenter la qualité car on évite de passer par une phase de prototype ou de maquette réelle. De plus, les modifications ultérieures sur les pièces sont beaucoup plus faciles à réaliser.

Grâce au module de fabrication, on peut simuler l'usinage des pièces sur des machines à commande numérique et on peut générer automatiquement le fichier d'usinage qui est utilisé par la machine numérique réelle.



¹ Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application

2 Description sommaire des modules actuellement disponibles

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

Les modules les plus intéressants pour un apprentissage rapide sont les suivants :



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.



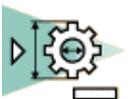
Assembly Design : permet de gérer un assemblage de pièces. Des contraintes mécaniques sont utilisées pour positionner les pièces et établir des contacts. Il offre en outre la possibilité de vérifier la cohérence de l'assemblage : interférence, analyse de distance,...



Generative 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.



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



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.

Les autres modules, plus spécifiques, sont les suivants :



Knowledgeware (gestion des connaissances) : Ce module est composé de quatre parties :



Knowledge Advisor (gestionnaire de connaissances) : convertit des pratiques implicites en connaissances explicites : définition de comportements, de formules et de règles qui seront pris en compte dans le design de la pièce.



Generative Knowledge (générateur de connaissances) : permet aux utilisateurs de produire automatiquement des conceptions intelligentes à partir de scripts.



Knowledge Expert (expertise de connaissances) : permet d'élaborer et de partager le savoir-faire de l'entreprise dans des bases de données fondées sur des règles.



Product engineering optimizer (optimisateur de connaissances) : permet de définir une cible d'optimisation (coût, volume, temps) et de gérer les variables à prendre en compte dans le calcul. Les objectifs fixés conduisent le système à trouver une solution optimale pour la conception.



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.



DMU² Navigator : permet de « marcher » ou « voler » au travers de la maquette numérique 3D. Il y a aussi moyen d'ajouter des annotations et des liens hypertextes à la maquette.



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).



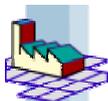
DMU Fitting Simulator (simulation de montage): module permettant de définir et de simuler des procédures de montage et de démontage.



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.



Plant Layout (implantation d'usines): permet de mettre en œuvre un processus optimisé pour l'élaboration de plans d'usine qui contribue à l'amélioration des conditions de production.



Digitized Shape Editor (conception de formes digitalisées) : application permettant de lire, importer et manipuler des éléments digitalisés sous la forme d'un nuage de points. On va pouvoir contrôler la forme et la qualité de ces données numérisées.



Structure Design : module utilisé pour concevoir rapidement des éléments de structure composés principalement de profils et de plaques. Les structures linéaires ou courbes et les plaques sont créés en utilisant des sections standard ou définies par l'utilisateur. L'interface de ce module permet un positionnement très facile des structures.



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,...

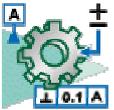


FEM Surface : module permettant de générer un maillage sur un corps surfacique à l'aide d'outils de contrôle de la qualité du maillage. Il y a moyen d'exporter le maillage au format ascii .

² DMU : Digital Mock-Up



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.



3D Functional Tolerancing & Annotation: permet de définir et gérer des spécifications de tolérance et des annotations directement sur des pièces 3D.



Catia Team PDM: permet de gérer les informations relatives au produit et au processus de conception du produit (notamment le suivi des révisions). Les documents sont stockés dans un emplacement accessible via une base de données. Les données sont partagées entre les utilisateurs mais en toute sécurité grâce aux autorisations et « verrous » que l'on peut imposer.



Equipement & Systems Engineering (solution de conception d'équipements & systèmes): il est composé de plusieurs modules :



System Routing (routage de systèmes): permet d'optimiser les systèmes de routage de production



Circuit Board Design (conception de cartes électroniques): fournit une interface bidirectionnelle entre CATIA V5 et un logiciel de conception de circuits électroniques. Ce module est utilisé dans un contexte de conception mécanique et de définition complète numérique d'un produit.



Systems space reservation (Réservation spatiale): permet de définir la manière dont sont disposés les tracés de systèmes électriques.



Electrical system functional definition (conception de systèmes électriques): permet de concevoir et de réaménager des systèmes électriques de manière fonctionnelle.



Electrical Library: destiné à la création et à la gestion de catalogues d'appareils électriques, tels que connecteurs, équipement électrique, câbles,...



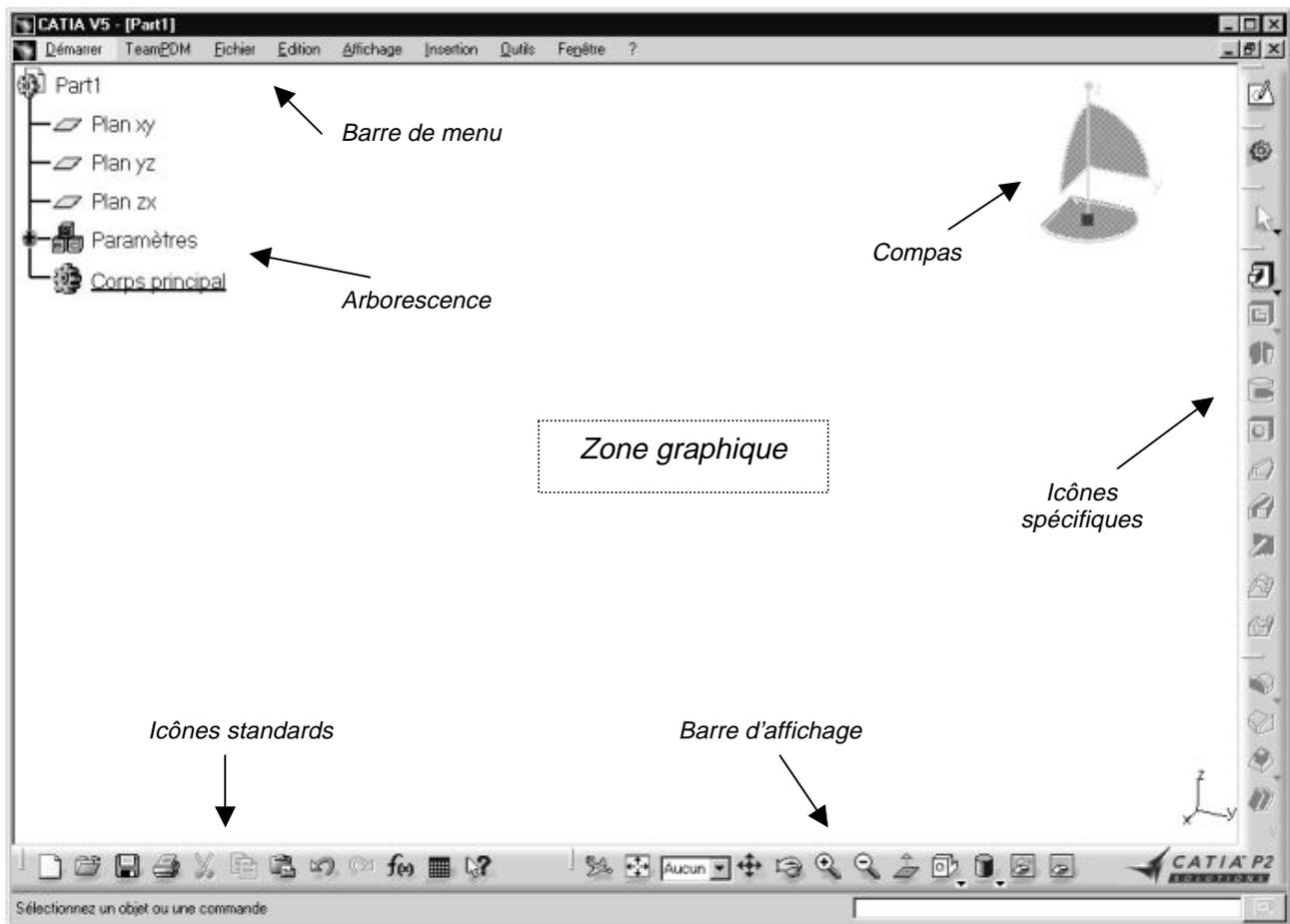
Electrical wire routing (Routage de câbles électriques): gère la définition des câbles électriques dans la maquette numérique, conformément à la définition fonctionnelle des signaux électriques.

3 Généralités

Dans cette partie, nous allons voir quelques fonctions qui sont communes à plusieurs modules. Pour avoir plus de détails, vous pouvez aller consulter la documentation au format html installée dans le répertoire *D:\Dassault Systemes \ B05doc*. Pour y accéder, sélectionnez dans la barre des menus : ? → Contenu, Index et Recherche. Dans chaque menu, il existe une rubrique intitulée *Getting Started* contenant un tutorial qui permet de réaliser un scénario pas-à-pas.

Pour essayer certaines fonctions décrites ci-dessous, il y a moyen de s'entraîner en ouvrant un fichier de type *.CATPart.

3.1 Interface



3.2 Déplacement et zoom des éléments à l'écran

- Avec la souris

Pour translater les éléments : maintenez appuyé le bouton central de la souris (ou la roulette) et déplacez la souris.

Pour effectuer une rotation des éléments : maintenez enfoncés le bouton de gauche et le bouton central et déplacez la souris.

Pour faire un zoom : maintenez appuyé le bouton central, cliquez sur le bouton de gauche, puis déplacez la souris en avant ou en arrière (zoom + ou -).

- Avec les icônes de la barre d'affichage :



Pour recentrer les éléments dans la fenêtre, il suffit d'appuyer sur l'icône .

Vérifiez que l'icône  est bien présent dans la barre d'outils en bas de la fenêtre. Si ce n'est pas le cas, il faut le faire apparaître en cliquant sur l'icône .

3.3 Déplacement et zoom de l'arbre

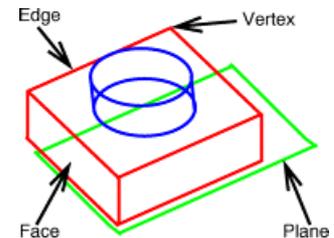
Si vous amenez le pointeur de la souris sur le petit système d'axes (en bas à droite de la zone graphique) ou sur les barres verticales de l'arbre, la flèche devient une main. Si vous cliquez à ce moment-là, la pièce devient grise. Vous pouvez alors déplacer l'arbre ou changer sa taille comme si c'était une pièce. Recliquez sur l'arbre ou le repère pour sortir de cette option.

3.4 Sélection des objets

A l'aide de la souris, il y a moyen de sélectionner certaines parties de la pièce : un point particulier, une arête, un axe, une face, un plan.

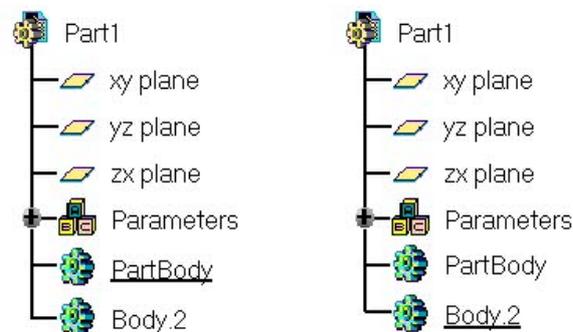
La partie sélectionnée est mise en surbrillance. Pour en sélectionner plusieurs, il faut maintenir la touche CTRL enfoncée.

La sélection d'objets peut aussi se faire à partir de l'arborescence.



3.5 Eléments actifs

La notion d'éléments actifs est très importante. Les deux figures ci-dessous illustrent des situations différentes. L'objet de travail est très vite repéré car il est souligné dans l'arbre. Pour définir un corps en temps qu'élément actif, il faut amener le pointeur de la souris dessus, cliquer sur le bouton droit de la souris et choisir Définir l'objet de travail (Define in Work Object).



3.6 Cacher ou montrer des objets

Il est parfois utile de cacher momentanément une pièce, lors de la conception d'un assemblage complexe par exemple. Si vous sélectionnez une pièce et que vous cliquez sur l'icône vu/caché , vous transférez votre pièce dans l'environnement des objets cachés. Cliquez sur  pour voir cet environnement (le fond d'écran change de couleur).

Recliquez sur l'icône  pour faire réapparaître l'objet dans l'environnement des objets vus.

Ce que l'on vient de dire pour un pièce est aussi valable pour le repère central, un système d'axes locaux ou un profile.

3.7 Propriétés graphiques des objets

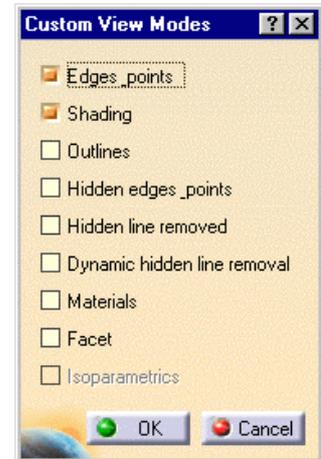
Pour modifier le nom ou les propriétés graphiques d'un objet ou d'une partie d'un objet, sélectionnez-le (à partir de l'arbre ou de la géométrie) puis choisissez *Propriétés* après avoir appuyé sur le bouton droit de la souris.

3.8 Choix du style de rendu

Dans la barre d'affichage, outre les styles de rendu prédéfinis (filaire , rendu réaliste avec arêtes , ...), l'utilisateur peut choisir une vue personnalisée . Pour définir le style, choisir dans le menu Affichage → Style de rendu → Personnalisation.

Une fenêtre s'ouvre dans laquelle il suffit de cocher le ou les modes souhaités.

Par le même chemin que précédemment, l'utilisateur peut choisir entre une vue en perspective ou une vue parallèle.



3.9 Capture et manipulation des images

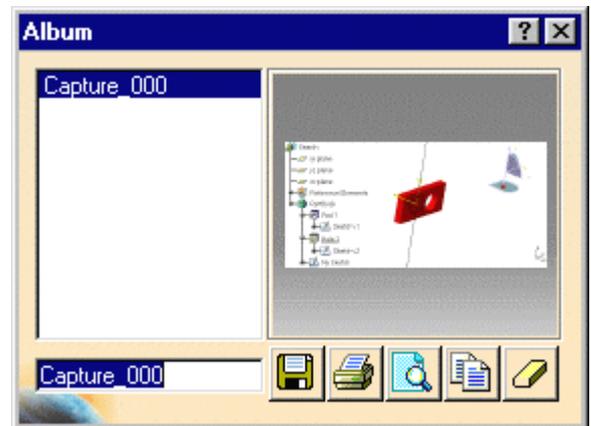
Pour capturer une image, sélectionnez Outils → Image → Capture.... La barre de capture s'ouvre.

Selon que vous désirez capturer la figure ou l'arbre, vous devez choisir une capture pixel  ou vectorielle .



Cliquez sur l'icône de saisie  et à l'aide de la souris, encadrez l'image à capturer puis cliquez sur l'icône d'album . Choisissez Outils → Image → Album... pour voir le contenu de cet album.

Les images stockées dans l'album peuvent être sauvegardées sous différents formats (JPG, BMP,...) avec l'icône .



Si les images sont destinées à être imprimées, il est préférable de modifier certains paramètres de saisie : le fond d'écran doit être blanc et les lignes blanches doivent être imprimées en noir. Pour cela, cliquez sur l'icône d'options  et faites les modifications suivantes :

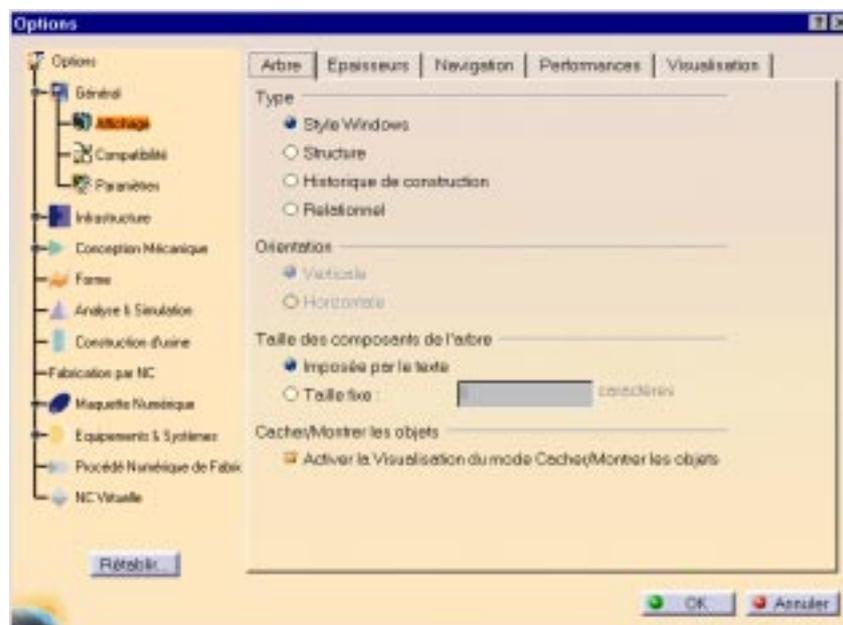
- dans *Générales*, cochez *Fond blanc*
- dans *Divers*, cochez *Capturer les vecteurs blancs en noir*



3.10 Personnalisation des différents modules

Dans le menu Outils, choisir Options. Une fenêtre s'ouvre (voir ci-dessous) et reprend pour chaque module, les paramètres que l'utilisateur peut modifier. Les plus intéressants sont repris ci-dessous, avec le chemin pour y arriver :

- Général → Général : il est parfois recommandé de supprimer l'option *sauvegarde toutes les ... minutes*.
- Général → Affichage → Performances : si le fichier que vous manipulez n'est pas trop gros, vous pouvez augmenter la résolution des éléments : choisissez dans *précision 2D* et *3D* l'option *proportionnelle à la taille des éléments* et la valeur minimum (0.01). De même, choisissez environ la valeur 1 pour le *niveau de détail statique* et *pendant les déplacements*.
- Général → Affichage → Visualisation : c'est l'endroit où vous pouvez personnaliser par exemple votre couleur de fond d'écran.
- Conception Mécanique → Sketcher : c'est là que vous pouvez modifier la taille de la grille du sketcher (ce module est décrit au paragraphe 4.1)



3.11 Extension des fichiers

Les extensions principales spécifiques à CATIA sont les suivantes :

Extensions	Documents
.CATPart	Part Design
.CATDrawing	Generative Drawing
.CATProduct	Assembly Design
.CATAnalysis	Structural Analysis
.CATProcess	Prismatic Machining

Pour ce qui concerne l'importation ou l'exportation de fichiers non standards, allez consulter l'aide à l'endroit suivant : *INFRASTRUCTURE / Basic Tasks / Importing and Exporting Non-CATIA Files* ou procurez-vous les notes internes qui ont été rédigées à ce propos.

4 Apprentissage de quelques modules

4.1 Sketcher et Part Design

Pour ouvrir un nouveau document de type Part design, il existe plusieurs méthodes :

- cliquer sur l'icône  ou Fichier → Nouveau... et choisir Part dans la fenêtre qui s'ouvre
- choisir Démarrer → Conception Mécanique → Part Design

4.1.1 Création d'un contour

Pour entrer dans la fenêtre de travail du sketcher, il faut sélectionner un plan

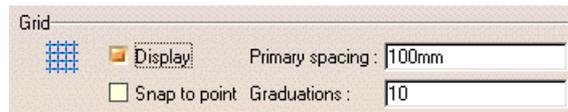
- à partir du repère ou de l'arbre,
- à partir d'une face de l'objet

puis cliquer sur l'icône 



De nouveaux icônes apparaissent dans la barre verticale à droite (notamment l'icône ) ainsi qu'une grille. La taille de la grille peut être modifiée dans le menu

Outils → Options → Conception Mécanique → Sketcher

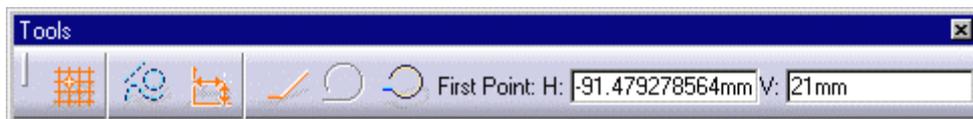


Vous pouvez alors commencer votre profil en cliquant sur les icônes suivants :



Si vous choisissez de créer un profil point par point ( ou ), vous devez double-cliquer sur le dernier point pour mettre fin à la création du contour.

Les coordonnées des points s'affichent dans la barre d'état comme celle ci-dessous (elles peuvent être rentrées manuellement).



L'option de snapping (icône ) permet de commencer ou finir le profil sur un point de la grille.

Une autre option intéressante est le plan de coupe (icône ). Il permet de couper l'objet par le plan du sketcher et cache ainsi la partie de l'objet dont on n'a pas besoin.

Sous certains icônes, on voit apparaître une flèche noir. En cliquant dessus avec le bouton gauche, une autre boîte s'ouvre contenant d'autres options. Par exemple, en cliquant sur la flèche de l'icône , la barre des profils prédéfinis apparaît :



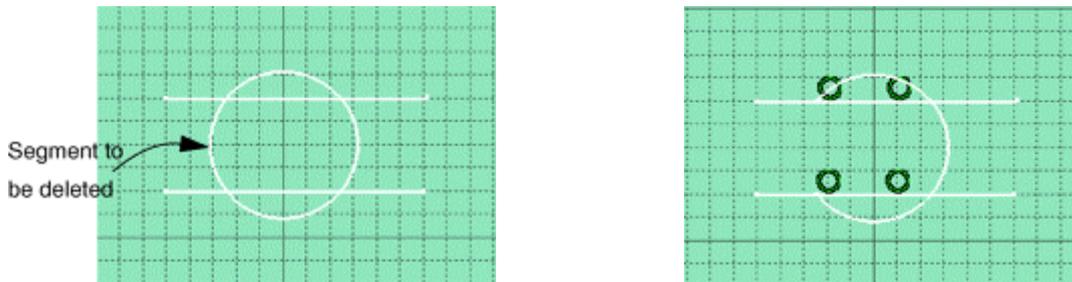
Vous avez la possibilité de faire plusieurs opérations sur votre profil : arrondi, chanfrein, relimitation, cassure, symétrie, projection d'élément 3D.



La fonction de relimitation est particulièrement intéressante pour les profils complexes. Lorsqu'on clique sur l'icône, la barre d'options apparaît.



Si l'icône *gomme* est enfoncé, cela permet de supprimer certains éléments si ceux-ci intersectent d'autres éléments du sketcher. Un exemple est illustré sur la figure ci-dessous :



Si vous désirez supprimer plusieurs éléments, vous devez double-cliquer sur l'icône de relimitation et effacer les éléments les uns après les autres.

4.1.2 Définition de contraintes

Définir des contraintes signifie paramétrer la géométrie de manière à la rendre plus facilement modifiable par la suite. En effet, une modification de la géométrie se fera simplement en modifiant les contraintes.

Les contraintes à imposer sur votre esquisse sont de deux types :

- contraintes géométriques :

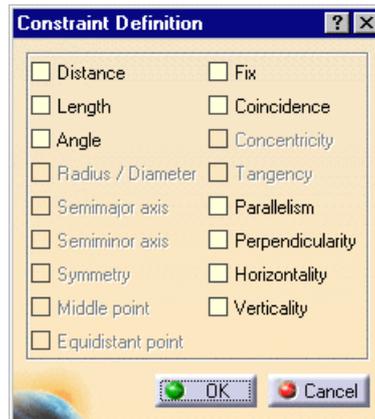
Nombre d'éléments		
1	2	3
Fixe Horizontal Vertical	Coïncidence Concentricité Tangence Parallélisme Point milieu Perpendicularité	Symétrie Point équidistant

- contraintes dimensionnelles :

Nombre d'éléments	
1	2
Longueur Rayon/Diamètre	Distance Angle

Il est conseillé d'imposer d'abord les contraintes géométriques, puis seulement après les contraintes dimensionnelles.

Pour définir une contrainte, sélectionnez le ou les éléments³ qui vous intéresse et cliquez sur l'icône . Une boîte de dialogue s'ouvre et vous pouvez alors choisir parmi les contraintes qui sont disponibles.



Des symboles⁴ apparaissent sur le sketcher :

Symbole	Signification
	Perpendiculaire
	Parallèle
	Horizontal
	Vertical
	Coïncide
	Dimension



Si le système constate des sur-contraintes (imposition des 3 angles d'un triangle par exemple), les symboles et les éléments sont affichés en magenta. Il faut dans ce cas effacer les contraintes qui posent problème.

Pour quitter la fenêtre du sketcher et revenir dans le monde 3D, il faut cliquer sur l'icône . Vous revenez alors dans la fenêtre du *Part Design* (l'icône  réapparaît dans la barre verticale gauche). Avant d'effectuer cette commande, il faut bien vérifier que les contours sont fermés.

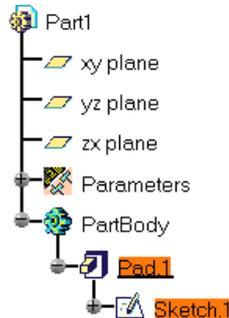
Si vous avez modifié des éléments du sketcher qui appartiennent à un solide et que vous revenez dans l'environnement 3D, le solide est mis à jour (les éléments sont de couleur rouge pour indiquer qu'une modification va avoir lieu). Normalement, la mise à jour est automatique. Si elle n'a pas lieu, appuyez sur l'icône de mise à jour .

³ Rappel : pour sélectionner plusieurs éléments, il faut maintenir la touche CTRL enfoncée.

⁴ Par défaut, les symboles sont de couleur verte.

4.1.3 Part Design

L'opération la plus classique à effectuer est d'extruder le profil que l'on vient de tracer (icône ) et de construire de cette manière un « bloc ». Remarquez la manière dont l'information est contenue dans l'arbre :



Les barres d'outils spécifiques au module Part Design sont les suivantes :



Extrusion, poche, révolution, gorge, trou, nervure, rainure, raidisseur, lissage, lissage en retrait.



Congé, chanfrein, dépouille, coque, surépaisseur.



Coupe, surface épaisse, remplissage, couture.



Translation, symétrie, répétition, facteur d'échelle.

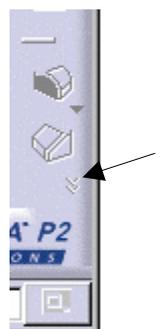


Assemble, ajoute, relimitation partielle, retrait de volume.

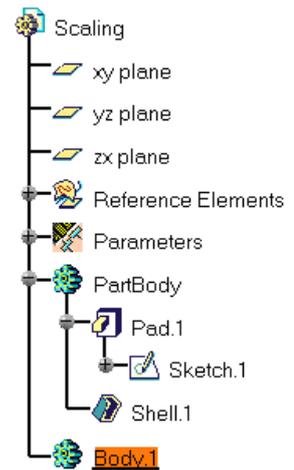


Si vous ne voyez pas tous les icônes cités plus haut, il y a deux explications :

- ils n'ont pas été placés dans la fenêtre. Il faut alors aller voir dans le menu Affichage → Barres d'outils et sélectionner la barre qui est nécessaire.
- ils sont présents dans la barre verticale mais cachés car la barre est trop petite pour contenir tous les icônes. Dans ce cas, une double flèche apparaît en bas de cette barre. Pour faire apparaître les icônes cachés, déplacez une des barres d'outils en dehors de la barre verticale.

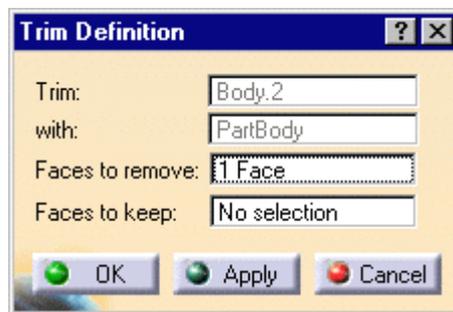


Les opérations booléennes sont effectuées entre des corps (body). Pour créer un nouveau corps, il faut choisir dans la barre de menu **Insérer** → **Corps**. L'arbre a alors la structure suivante :

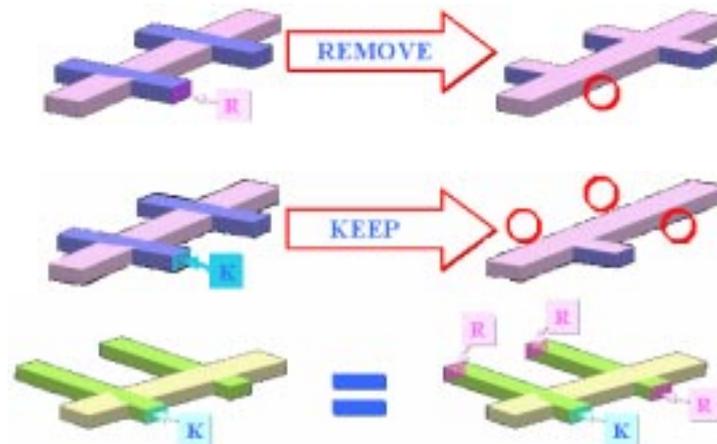


Ce nouveau corps devient alors le corps actif (il est souligné). Si on veut que PartBody redevienne le corps actif, il faut le sélectionner, cliquer dessus avec le bouton droit de la souris et choisir **Définir l'objet de travail** (Define In Work Object).

Lorsqu'on choisit l'opération de *Relimitation Partielle* (Union Trim), la fenêtre suivante s'ouvre :



Les trois figures ci-dessous illustrent la notion de faces à éliminer ou faces à garder. Dans la première figure, on choisit pour l'opération de relimitation une face de la partie à supprimer ; dans la deuxième, on choisit une face de la partie à garder. La troisième figure montre qu'il n'est pas nécessaire de sélectionner toutes les faces de la pièce.



Pour illustrer ce module, il existe des notes où des exemples sont expliqués pas à pas.

4.2 Assembly Design

Dès qu'une pièce est composée d'un assemblage d'autres pièces (fixes ou mobiles entre elles), il faut utiliser ce module.

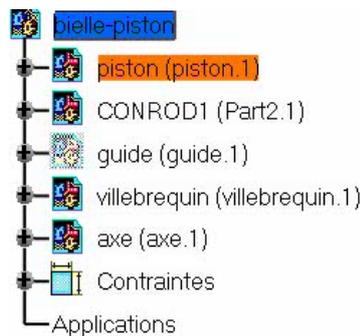
La procédure pour créer son assemblage est très facile.

Il faut d'abord construire toutes les pièces séparément à partir du module *Part Design*. Pour chaque pièce, allez dans le menu *Propriétés* pour choisir un nom de pièce approprié.

Ensuite, ouvrez le module *Assembly Design* en choisissant Démarrer → Conception Mécanique → Assembly Design. L'icône  doit alors est présent dans la barre verticale à droite.

Insérez les pièces une à une en utilisant l'icône  ou en choisissant Insertion → Composant Existant. Vous pouvez insérer soit un fichier CATPart, soit un fichier CATProduct (dans ce cas, ce composant sera considéré comme un sous-assemblage).

Votre arbre doit alors avoir cette forme :



4.2.1 Manipulation des composants

Vous pouvez déplacer les pièces les unes par rapport aux autres en cliquant sur l'icône . Une boîte de dialogue s'ouvre dans laquelle vous devez choisir la direction de translation ou l'axe de rotation. Dans le cas où des contraintes ont été imposées, n'oubliez pas de cocher la case *Sous contraintes* (With respect to constraints).



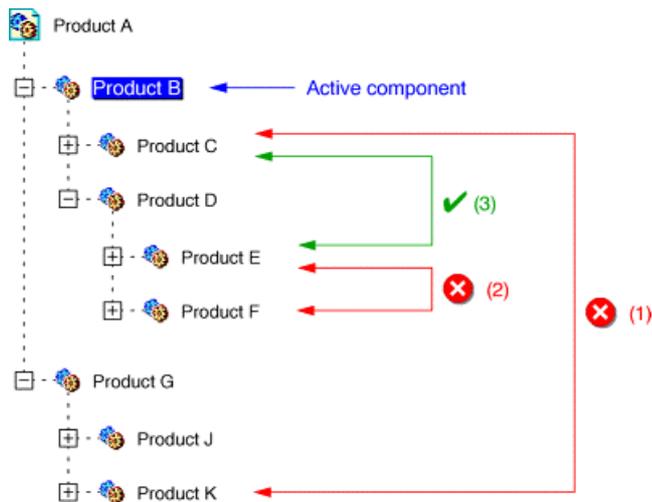
4.2.2 Imposition de contraintes entre les composants

L'aspect le plus important de l'assemblage est l'imposition des contraintes entre pièces. Cela se fait très facilement mais il faut connaître certaines règles de base :

- Les contraintes ne peuvent être appliquées qu'entre des *composants enfants* du composant actif.
- On ne peut pas appliquer des contraintes entre deux éléments géométriques appartenant au même composant.
- On ne peut pas appliquer des contraintes entre deux composants appartenant au même sous-assemblage si celui-ci n'est pas le composant actif.

Le composant actif est encadré en bleu. Il est activé par double-clic. Le composant sélectionné est encadré en orange. La sélection se fait par simple clic.

La figure ci-après résume les différents cas :



- (1) La contrainte ne peut pas être appliquée car *Produit K* n'appartient pas au composant actif *Produit B*. Pour définir cette contrainte, *Produit A* doit être actif.
- (2) La contrainte ne peut pas être appliquée car *Produit E* et *Produit F* appartiennent à un composant autre que le composant actif *Produit B*. Pour définir cette contrainte, *Produit D* doit être actif.
- (3) Cette contrainte peut être appliquée tant que *Produit C* appartient au composant actif *Produit B* et que *Produit E* est contenu dans *Produit D* qui est lui-même contenu dans le composant actif *Produit B*.

Le tableau ci-dessous reprend les types de contraintes, leur icône et les symboles utilisés dans la fenêtre.

Icônes	Type de contraintes	Symboles utilisés dans la fenêtre
	Contact	
	Coincidence	
	Offset	
	Angle	
	Parallélisme	
	Perpendicularité	
	Fixation	

Dans les tableaux qui suivent, on a récapitulé le domaine d'application de quelques contraintes.

- CONTRAINTE DE CONTACT

	Face plane	Sphère	Cylindre	Cône	Cercle
Face plane	x	x	x		
Sphère	x	x		x	x
Cylindre	x		x		
Cône		x		x	x
Cercle		x		x	

- CONTRAINTE DE COÏNCIDENCE

	Point	Ligne	Plan	Face plane	Sphère (point)	Cylindre (axe)
Point	x	x	x		x	x
Ligne	x	x	x		x	x
Plan	x	x	x	x	x	x
Face plane			x	x		
Sphère (point)	x	x	x			
Cylindre (axe)	x	x	x			

- CONTRAINTE D'OFFSET

	Point	Ligne	Plan	Face plane
Point	x	x	x	
Ligne	x	x	x	
Plan	x	x	x	x
Face plane			x	x

- CONTRAINTE ANGULAIRE

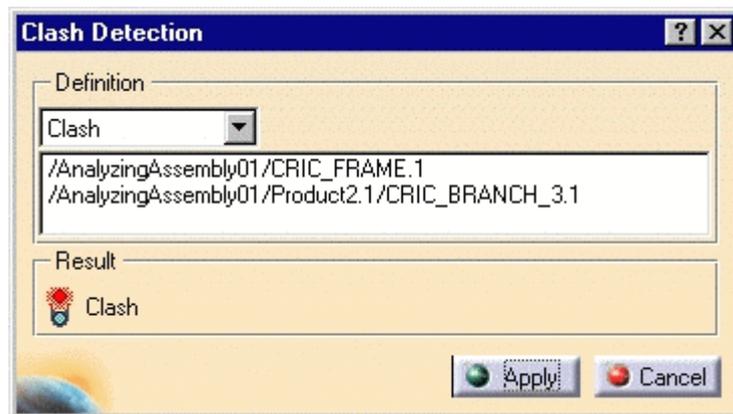
	Ligne	Plan	Face plane	Cylindre (axe)	Cône (axe)
Ligne	x	x	x	x	x
Plan	x	x	x	x	x
Face plane	x	x	x	x	x
Cylindre (axe)	x	x	x	x	x
Cône (axe)	x	x	x	x	x

4.2.3 Mise à jour des contraintes

Lorsque des modifications sont apportées sur des pièces constituant un assemblage, il ne faut pas oublier de mettre à jour les contraintes en cliquant sur l'icône . Il arrive parfois que certaines contraintes ne soient plus correctes. On peut le constater dans l'arbre par un point d'exclamation qui vient se mettre sur l'icône de contrainte (exemple : ). Dans ce cas, soit on édite la contrainte en double cliquant dessus et on essaie de reconnecter l'élément qui pose problème, soit on supprime la contrainte et on impose une nouvelle.

4.2.4 Détection de collisions entre composants

Lorsqu'un assemblage est effectué, il est important que les pièces ne s'interpénètrent pas. Avec le module *Assembly Design*, il y a moyen de détecter ces collisions. Pour cela, il faut aller dans le menu et choisir Analyse -> Détection de collision (Compute Clash). Ensuite, il faut sélectionner les composants désirés dans l'arbre (en gardant la touche CTRL appuyée) et lancer le calcul.



Il y a trois résultats possibles : collision (feu rouge), interférence (feu orange) ou pas d'interférence (feu vert). Dans le premier cas, le système indique par des traits rouges sur les éléments le ou les endroits où il y a un problème. Dans le deuxième cas, les zones d'interférence sont signalées par des traits jaunes.

4.2.5 Enregistrement des résultats

Pour sauvegarder l'assemblage, vous devez vous placer à la tête de l'arbre. Le format utilisé est de type .CATProduct. Si vous avez édité et modifié une ou plusieurs pièces tout en restant dans le contexte d'*Assembly Design*⁵, leurs fichiers (de type .CATPart) seront automatiquement mis à jour. Dans le même ordre d'idée, si vous modifiez une pièce dans *Part Design*, elle sera aussi modifiée dans tous les assemblages dont elle fait partie. Il y a donc un risque de perdre certaines contraintes dans l'assemblage si la géométrie de la pièce a changé.

⁵ Il y a moyen en effet de modifier une pièce tout en restant dans le contexte d'assemblage. Il suffit de double-cliquer sur l'élément de l'arbre que l'on veut éditer. Les icônes de *Part Design* apparaissent et les modifications peuvent être faites en faisant abstraction des autres composants de l'assemblage. Pour revenir dans le contexte d'assemblage, il faut double-cliquer sur le sommet de l'arbre (l'icône  est alors de nouveau visible dans la barre verticale de droite).

4.3 Generative Part Structural Analysis

Avant d'utiliser ce module, il faut appliquer un matériau à la pièce que l'on veut étudier. Pour cela, sélectionnez votre pièce et cliquez sur l'icône . Dans la fenêtre qui s'ouvre, choisissez votre matériau parmi la librairie qui vous est proposée.

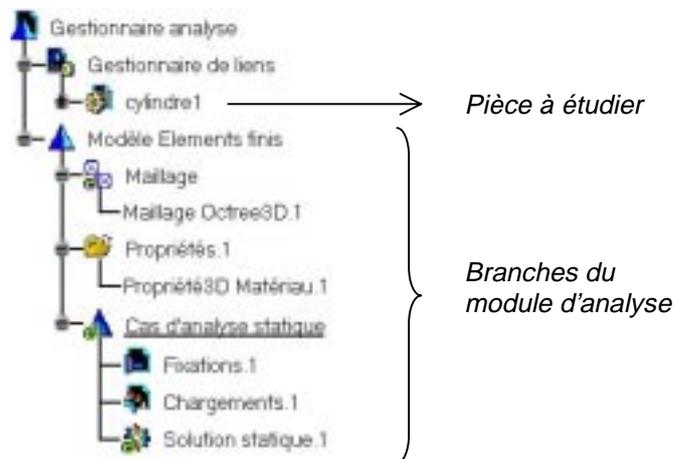
Ensuite, allez dans le menu pour choisir Démarrer ->Analyse & Simulation ->Analyse Structurelle. Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre, vous devez choisir entre une analyse statique ou une analyse modale. Les caractéristiques principales de chaque analyse sont expliquées ci-après.



Lorsqu'on entre dans le module d'analyse à partir du module de conception (de pièce ou d'assemblage), ce dernier reste ouvert dans une deuxième fenêtre.

4.3.1 Analyse statique

Une fois dans le module d'analyse statique, l'arbre prend la forme suivante :

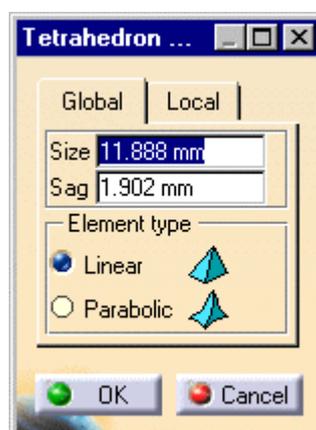


Il contient des rubriques vides qui seront complétées par la suite (fixations, chargements,...).

Les paramètres et les fonctions principales sont les suivantes :

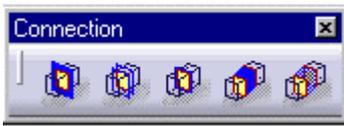
- Spécification du maillage

Les 3 paramètres caractéristiques d'un maillage sont leur ordre (tétraèdres à 4 ou à 10 nœuds), leur taille et leur flèche⁶ (*sag* en anglais). En cliquant sur la rubrique maillage dans l'arbre, on va pouvoir modifier ces paramètres d'une manière globale ou d'une manière locale.



⁶ indique la distance tolérée entre les éléments et la géométrie qu'ils doivent représenter.

- Connections



Les connections sont utilisées pour spécifier les interactions aux frontières entre des corps d'un assemblage. Elles peuvent être glissante, de contact, soudée, rigide ou souple.

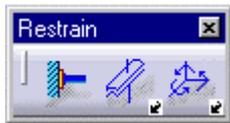
- Pièce virtuelle



Les pièces virtuelles sont des structures créées sans support géométrique. Elles représentent des corps pour lesquels il n'existe pas de modélisation géométrique mais qui jouent un rôle dans l'analyse d'une pièce ou d'un assemblage. Les différents types de pièces virtuelles acceptées sont les suivants : rigide, souple, de contact, ressort ou ressort souple.

- Contraintes

La barre d'outils de contraintes comprend les options suivantes :



Type de charge	symbole
Encastrement	
Glissement surfacique	
Glissement axial	
Pivot glissant	
Rotule	
Pivot	
Contrainte avancée	
Contrainte isostatique	

- Chargement

Les différents cas de charges que l'on peut imposer sont repris dans le tableau ci-dessous :

Type de charge	symbole
Pression	
Force distribuée	
Moment distribué	
Accélération	
Force de rotation	
Force linéaire	
Force surfacique	
Force volumique	
Déplacement forcé	

L'analyse est lancée en cliquant sur l'icône . Dans la fenêtre qui s'ouvre, il faut choisir ce que l'on veut calculer : soit on fait une analyse complète, soit on ne calcule que le maillage, soit on choisit un cas d'analyse particulier (lorsque plusieurs cas d'analyse ont été configurés).



L'option *Preview* permet d'avoir une estimation du temps et de la mémoire nécessaire pour le calcul. Lorsque les calculs sont finis, le maillage est visible sur la pièce et les branches de l'arbre sont mises à jour. Le post-traitement peut alors commencer. Le tableau ci-dessous résume les différentes possibilités :

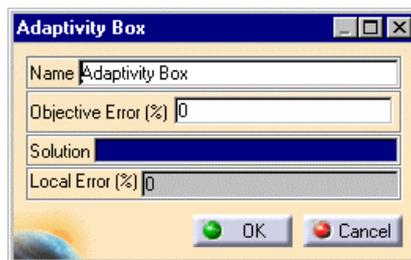
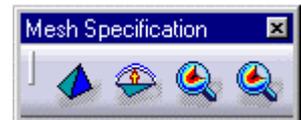
	icône	action
Barre d'outils image		Visualisation du maillage déformé
		Visualisation des contraintes de Von Mises
		Visualisation des déplacements
		Visualisation des contraintes principales
		Visualisation des précisions
Barre d'outils analyse		Création d'un rapport (au format HTML) contenant des résultats de calcul et des images
		Animation de la déformation
		Visualisation des résultats dans une section plane à travers la structure
		Modulation de l'amplitude
		Détection des extremum



Pour obtenir une image de couleur continue représentant les contraintes de Von Mises par exemple, il faut choisir le bon mode de visualisation. Dans la barre des menus, allez dans **Affichage** → **Style de rendu** → **Personnalisation** et cochez **Rendu réaliste avec texture**. En effet, avec les autres styles de rendu, les valeurs apparaissent sous forme d'iso-niveaux.

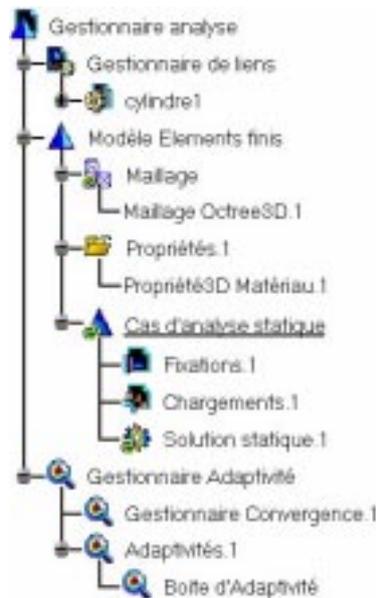
Une fois l'analyse préliminaire effectuée, le maillage peut être raffiné aux endroits où les contraintes sont importantes. Pour cela,

- Cliquez sur l'icône d'adaptabilité  qui se trouve dans la barre de spécification du maillage
- Entrez une valeur pour le pourcentage d'erreur que vous voulez atteindre



- Modifiez l'emplacement et la dimension de la zone d'adaptation, symbolisée par une boîte, à l'aide des points de contrôle de celle-ci.
- Sélectionnez dans l'arbre un cas d'analyse qui sera associée au raffinement du maillage que l'on vient de créer.
- Appuyez sur OK pour finir la création du raffinement.

L'arbre prend l'allure suivante :

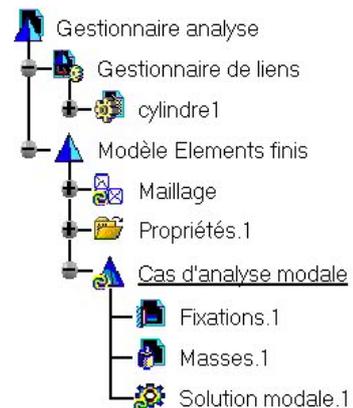


Le calcul peut alors être relancé en cliquant sur l'icône 

4.3.2 Analyse modale

Les résultats fournis par cette analyse consistent en un ensemble de fréquences et leur mode de vibration associé.

Dans le module d'analyse vibratoire, l'arbre prend la forme suivante :



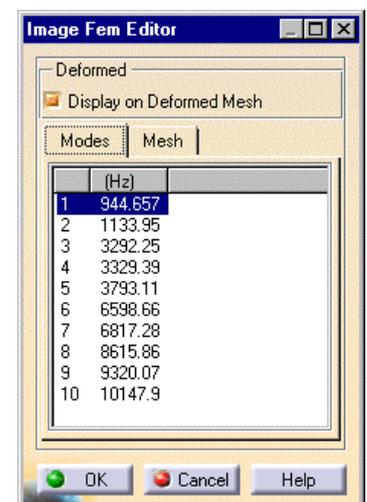
Vous pouvez calculer les modes de vibrations du système libre. Dans ce cas, il n'y a pas de contrainte associée au cas d'analyse (la branche correspondante dans l'arbre restera vide).

Vous pouvez aussi étudier votre système dans son environnement, c.à.d. imposer des contraintes, comme dans la cas statique. Vous avez la possibilité de placer des contraintes additionnelles sur la géométrie.

Celles-ci peuvent être de type simple  , linéique  ou surfacique 

L'analyse est lancée en cliquant sur l'icône 

Ensuite, en cliquant sur maillage déformé qui apparaît dans la branche solution modale de l'arbre, la liste des fréquences est affichée. Pour voir le mode de vibration associé à chacune d'elles, il faut cliquer sur l'icône 



4.4 Wireframe & Surface Design

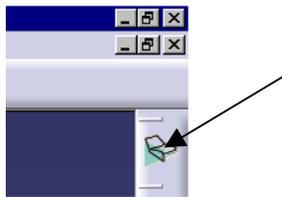
Ce module permet de dessiner des éléments de construction en fil de fer ou des surfaces. C'est un complément très utile au module *Part Design*.

On y accède en choisissant Démarrer → Conception Mécanique → Wireframe and Surface Design. La fenêtre de travail s'ouvre avec tous les icônes propres à ce module, symbolisé par  et l'arbre contient une rubrique Corps surfacique.



On peut revenir dans le module *Part Design* de deux manières différentes. La première est de repasser par Démarrer → Conception Mécanique → Part Design.

Le deuxième manière, plus rapide, est uniquement réalisable si le menu de démarrage a été personnalisé. Dans ce cas, il suffit de cliquer sur le symbole correspondant au module *W & S Design* (dans la barre verticale à droite) et choisir *Part Design* dans la boîte de dialogue qui s'ouvre (voir figures).



Les trois barres d'outils principales du module *Wireframe & Surface Design* sont les suivantes :

4.4.1 Barre d'outils filaires



Elle permet de

- créer un point, une ligne ou un plan
- créer une projection ou une intersection
- tracer un cercle, une courbe *spline*, un arrondi, une courbe parallèle à une autre, une courbe frontière.

Signalons qu'il est possible de construire un plan de différentes manières :

- parallèlement à un autre plan
- passant par 3 points, 2 lignes, un point et une ligne, une courbe plane
- normal à une courbe
- tangent à une surface
- à partir de ses équations
- faisant un certain angle avec un autre plan

4.4.2 Barre d'opérations



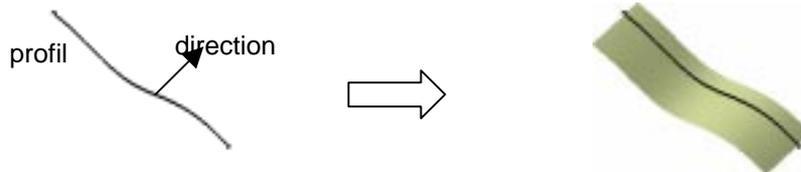
Ces outils permettent de joindre, de scinder (*splitting*) ou de couper (*trimming*) des surfaces, d'effectuer des opérations de translation, rotation, symétrie, mise à échelle (*scaling*) et transformation affine.

4.4.3 Barre d'outils surfaciques

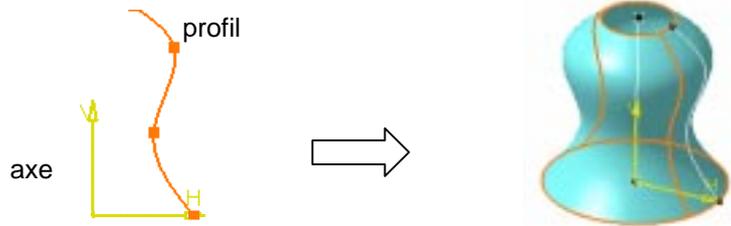


Les différents types de surfaces disponibles sont les suivantes :

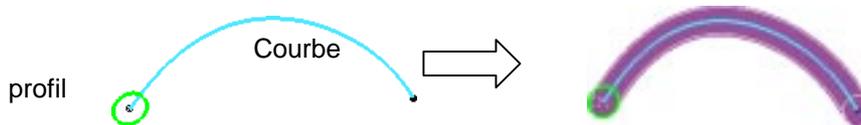
- Surfaces par extrusion (*extrude surfaces*)
Donnée indispensable : un profil
A spécifier : la direction d'extrusion et les limites (début et fin)



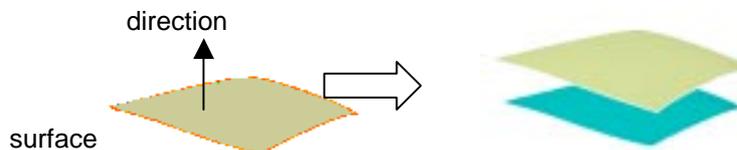
- Surface de révolution
Données indispensables : un profil et un axe de révolution
A spécifier : l'angle de révolution



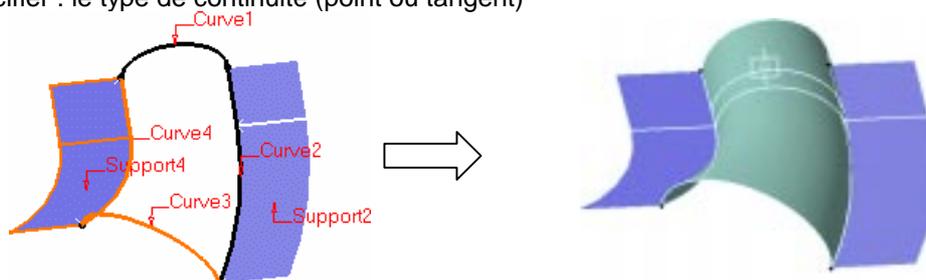
- Surfaces par balayage (*swept surfaces*)
Données indispensables : une courbe guide et un profil plan
Optionnel : une ligne directrice, une deuxième courbe guide



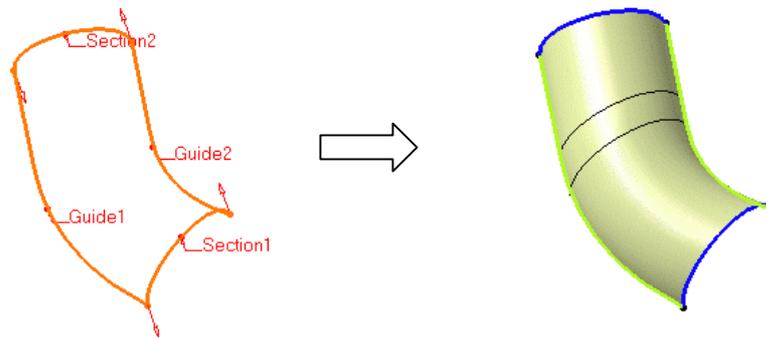
- Décalage de surfaces (*offset surfaces*)
Donnée indispensable : une surface
A spécifier : la distance de décalage et la direction



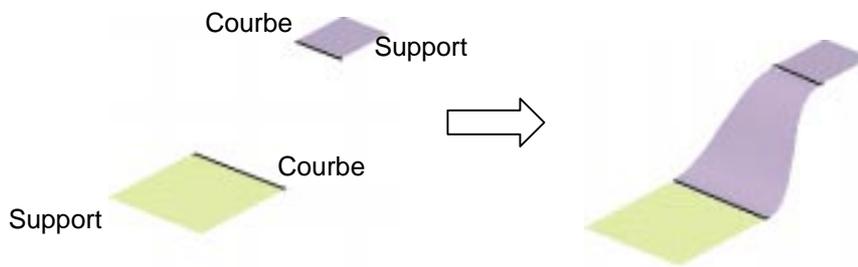
- Surfaces par remplissage (*filling surfaces*)
Données indispensables : des surfaces ou des courbes frontières pour former un contour fermé
A spécifier : le type de continuité (point ou tangent)



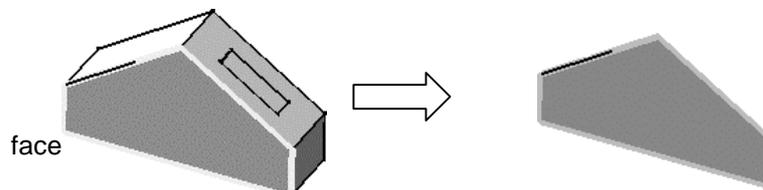
- Surfaces guidées (*lofting surfaces*)
Données indispensables : une ou deux courbes planes et une courbe directrice
Optionnel : une courbe guide, une courbe directrice



- Surfaces par raccord (*blend surfaces*)
Données indispensables : 2 courbes et leur support
A spécifier : la tension, la continuité (degré 0, 1 ou 2), le point de fermeture



- Extraction de géométrie (*extract surfaces*)
Données indispensables : une face ou le bord d'un élément



Ceux qui doivent utiliser ce module trouveront tous les détails dans la documentation.