

EPF Montpellier

Guide d'utilisation CATIA V5



TABLE DES MATIERES

Présentation rapide de CATIA V5 :	2
1. Démarrage de CATIA V5 :	2
2. Atelier Part Design :	2
2.1 Quelques raccourcis souris :	3
2.2 Fonctionnement de la barre d'outils :	3
2.3 Commandes communes :	4
3. Création d'esquisses :	4
3.1 Démarrage de l'atelier d'esquisse :	5
3.2 Fonctions de base :	5
3.3 Erreurs récurrentes :	9
4. Eléments de références :	10
5. Crédit/Suppression de volumes :	11
5.1 Crédit de composants issus d'un contour :	11
5.2 Crédit de composants d'habillage :	11
5.3 Crédit de composants issus d'une surface :	12
6. Transformations :	12
7. Outils divers :	13
8. Atelier Assembly design	14
8.1 Contraintes géométriques d'assemblage :	15
8.2 Manipulation et visualisation des pièces	15

PRESENTATION RAPIDE DE CATIA V5 :

CATIA V5 est un logiciel de CAO 3D volumique et surfacique. Il fait appel à des opérations élémentaires paramétriques pour générer différents objets géométriques.

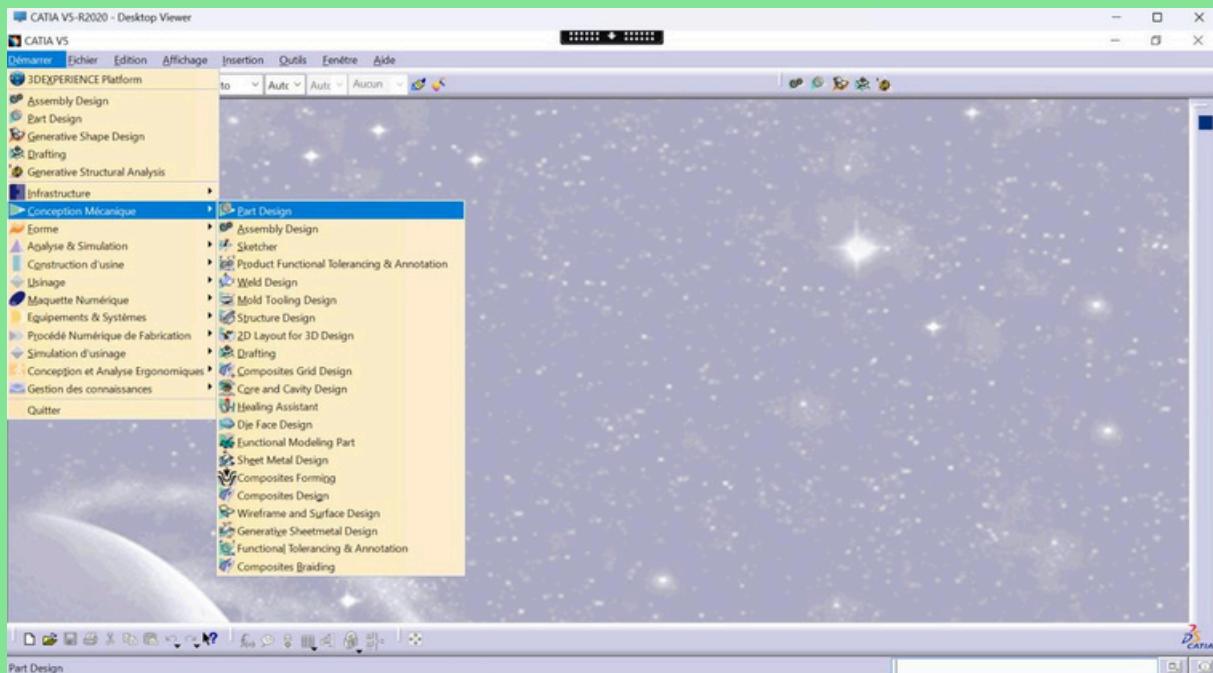
Ce logiciel est organisé en modules fonctionnels nommés « Ateliers » permettant chacun de créer ou de modifier un type d'objet bien précis.

Dans ce tutoriel nous allons nous concentrer sur l'atelier Part Design et Assembly Design.

1. DEMARRAGE DE CATIA V5 :

Après avoir lancé CATIA, une fenêtre vierge s'ouvre. Pour ouvrir un atelier, cliquez sur « Démarrer » et choisissez un atelier dans le sous-menu.

Vous pouvez aussi ouvrir un fichier existant à partir du menu « Fichier » puis « Ouvrir ».



Remarque : Avec CATIA, on peut ouvrir plusieurs fichiers de types différents en même temps. Lorsque l'on passe d'un fichier à un autre, l'atelier correspondant est activé automatiquement, il n'y a donc qu'un document actif à la fois.

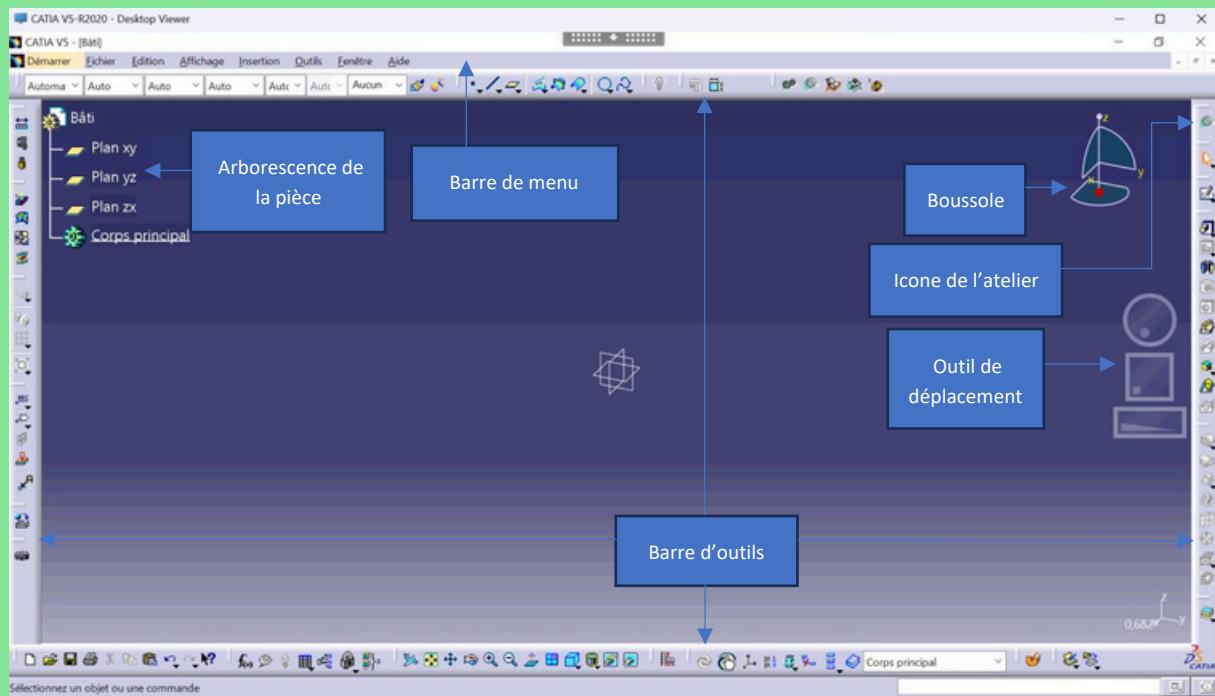
Cette remarque est importante lorsque l'on travaille dans un contexte d'assemblage. Chaque atelier possède des fonctionnalités qui lui sont propres, utilisables à partir des barres d'outils qui apparaissent dans les zones de menu.

2. ATELIER PART DESIGN :

Cet atelier permet de créer des objets 3D volumiques à partir d'esquisses 2D ou de modifier des éléments déjà définis (congés, chanfreins, symétrie etc...).

Pour ouvrir l'atelier Part Design, cliquez sur « Démarrer », « Conception Mécanique » puis « Part Design ». Un pop-up va apparaître sur l'écran dans lequel vous pourrez renseigner le nom de votre pièce. Nommez votre pièce.

Après avoir nommé votre pièce, l'atelier Part Design s'ouvre :



Remarque : Il est possible que la position des outils présentés sur le screen shot ci-dessus ne corresponde pas à la vôtre, ils sont peut-être positionnés ailleurs dans votre barre d'outils, ils peuvent aussi être « cachés » au niveau des bords de la barre d'outils sur les deux petites flèches. Vous pouvez donc récupérer ces outils en faisant glisser ces flèches vers votre zone de travail.



2.1 QUELQUES RACCOURCIS SOURIS :

Dans l'atelier part design, on peut se déplacer autour d'une pièce en 3D et il peut être chronophage d'utiliser la barre d'outils de déplacement ou la boussole. Pour vous faciliter la vie voici quatre raccourcis bien pratiques :

- « clic molette » -> centrage sur l'objet visé
- « maintient clic molette » + « mouvement » -> déplacement
- « maintient clic molette » + « clic gauche » + « mouvement » -> zoom
- « maintient clic molette » + « maintient clic gauche » + « mouvement » -> rotation autour de l'objet centré

2.2 FONCTIONNEMENT DE LA BARRE D'OUTILS :

Les fonctions faisant appel à des sous menus possèdent une icône de flèche, sur laquelle on peut cliquer pour accéder au menu entier :



Si on veut laisser une fonction active pour pouvoir l'utiliser plusieurs fois de suite il faut double-cliquer sur l'icône, celle-ci passe alors en couleur orange : 

Pour désactiver la fonction, cliquez à nouveau sur l'icône : 

Pour sortir d'une commande en cours sans valider son action, utilisez la touche ECHAP.

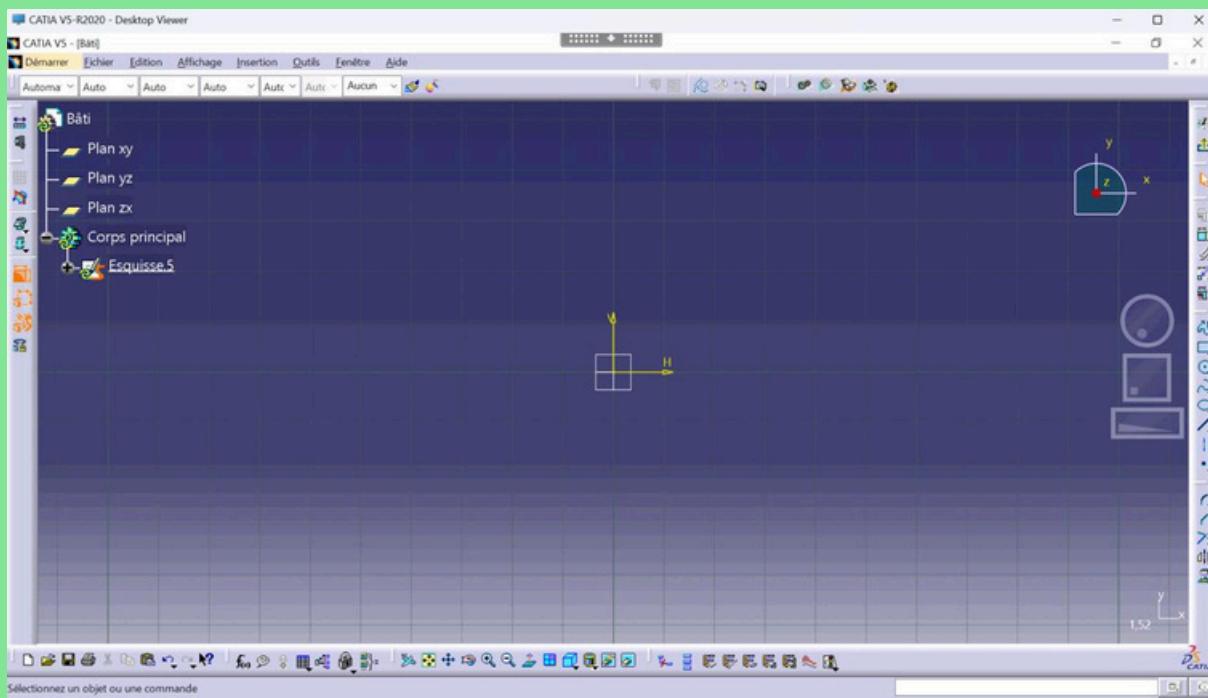
Pour annuler une commande, utiliser la fonction « Annuler » avec l'icône (ou Ctrl+Z) : 

2.3 COMMANDES COMMUNES :

Icône	Opération	Effet
	Centrer tout	Recadre le graphisme pour que tout le dessin soit visible ("zoom tout")
	Déplacer	Déplace le graphisme visible : "panoramique" (idem bouton central)
	Tourner	Rotation du graphisme autour du centre de l'écran (appui / bouton gauche)
	Agrandir	Zoom avant (idem CTRL + bouton central)
	Réduire	Zoom arrière (idem CTRL + bouton central)
	Vue normale	Place le plan de l'écran parallèle à un plan donné de la pièce
	Vue Iso / menu vues	Choix de la vue affichée : Dessus=:XY, gauche=XZ, face=YZ
	Rendu réaliste/ menu rendu de vue	Choix du mode de rendu : filaire, ombré, avec ou sans arêtes cachées
	Cacher / Montrer	Bascule les objets entre les espaces visible et invisible
	Affichage objets cachés	Visualise l'espace visible ou invisible (bistable)

3. CREATION D'ESQUISSES :

Dans l'atelier d'esquisse, l'interface passe sous la forme d'une page quadrillée 2D avec un repère H/V jaune. Les barres d'outils spécifiques de l'atelier s'affichent.



3.1 DEMARRAGE DE L'ATELIER D'ESQUISSE :

Dans l'atelier Part Design, l'atelier d'esquisse est accessible en cliquant sur  puis en désignant un plan ou une face plane de pièce. Pour sortir de l'esquisse, cliquez sur l'icône .

Remarque : Bien que l'on travaille en 2D, il est possible d'orienter le plan d'esquisse dans l'espace pour visualiser l'ensemble de la géométrie en 3D.

3.2 FONCTIONS DE BASE :

Barre d'outils :		Outils
Icône	Fonction	Utilisation
	ACTIVE/DESACTIVE LA GRILLE MAGNETIQUE	Accroche les points sur le pas de la grille. (paramétrable dans Outils/Options...)
	Bascule entre éléments standards/éléments de construction	Permet de créer des éléments géométriques qui peuvent servir de référence, mais ne seront pas utilisés pour générer le 3D
	Active/Désactive la création automatique des contraintes géométriques	Permet au système de générer automatiquement des contraintes géométriques lors du tracé à main levée
	Active/Désactive la création automatique des contraintes dimensionnelles	Permet au système de générer automatiquement des contraintes dimensionnelles lors du tracé à main levée

Barre d'outils : Contours			Menu : Points
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Point	Point à main levée par clic gauche	
	Point avec coordonnées	Coordonnées cartésiennes ou polaires + 1 pt origine	Crée les contraintes dimensionnelles
	Points équidistants	1 contour existant + le nombre de points à créer	Accepte tout contour (ouvert ou fermé)
	Point par intersection	2 contours sécants	Crée les intersections réelles ou par extension
	Point par projection	1 point et 1 contour	Crée le point projeté le plus proche

Barre d'outils : Contours			Menu : Droite
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Droite	2 Points extrémités	extension symétrique avec l'option :
	Droite infinie	Direction H ou V + 1 point OU 2 points	choix de la direction :
	Droite bi-tangente	2 courbes	Si plusieurs points possibles, le plus proche est créé
	Bissectrice infinie	2 droites	Si droites parallèles, crée la droite moyenne
	Axe	Idem droite	Utilisé pour générer des volumes de révolution
	Contour	N points	Génère un contour formé de droites et arcs enchaînés

Barre d'outils : Contours			Menu : Spline
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Courbe (spline)	N points de passage	Les points déterminent la tangence et le rayon de courbure
	Raccord entre 2 courbes	2 points sur 2 courbes	Crée 1 arc ou 1 spline tangente entre les 2 points selon l'option :

Barre d'outils : Contours		Menu : Cercle	
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
 	Cercle	CENTRE + 1 POINT DU CERCLE	On peut aussi saisir les coordonnées du centre et le rayon
	Cercle par 3 points	3 points du cercle OU 2 points + rayon	
	Cercle avec coordonnées	Coordonnées centre + rayon	Crée les contraintes dimensionnelles
	Cercle tri-tangent	3 courbes ou droites	
	Arc par 3 points	3 points	Point 1 = début de l'arc Point 2 = milieu de l'arc Point 3 = fin de l'arc
	Arc par points limites	3 points	Point 1 = début de l'arc Point 2 = milieu de l'arc Point 2 = fin de l'arc
	Arc centré	3 points	Point 1 = centre Point 3=fin Point 2 = rayon et début

Barre d'outils : Contours		Menu : Contour prédefini	
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Rectangle	2 points	Les 2 points correspondent à la diagonale
	Rectangle orienté	3 points	Point 1 et 2 = premier côté Point 3= second côté
	Parallélogramme	3 points	Point 1 et 2 = premier côté Point 3 = second côté
	Contour oblong	3 points	Point 1 et 2 = axe du contour Point 3 = Rayon et largeur
	Contour oblong En arc	4 points	Point 1= centre de l'arc Point 2 et 3 = extrémités de l'arc Point 4 = point de passage
	Trou de serrure	4 points	Point 1 et 2 = axes du contour Point 3 = petit rayon Point 4 = grand rayon
	Hexagone	2 points	Point 1 = centre Point 2 = rayon cercle inscrit

Barre d'outils : Opération			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Congé	2 éléments consécutifs	Options de relimitation des éléments : 
	Chanfrein	2 éléments consécutifs	Options de relimitation des éléments : 

Barre d'outils : Contours		Menu : Conique	
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Ellipse	3 points	Point 1 = centre Point 2 = extrémité grand axe Point 3 = point de passage
	Parabole	4 points	Point 1 = foyer Point 2 = sommet Point 3 et 4 = extrémités
	Hyperbole	5 points	Point 1 = foyer Point 2 = centre Point 3 = sommet Point 4 et 5 = extrémités
	Conique	5 points	Point 1 et 2 = extrémités Point 3, 4, 5 = points de passage Options de tangence aux points limites : 

Barre d'outils : Relimitations			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Relimitation	2 éléments	Relimite le premier élément ou les 2 éléments à leur intersection selon l'option : 
	Coupure	2 éléments sécants	L'élément 1 est coupé en 2 parties à l'intersection avec l'élément 2
	Effaceur	1 élément sécant avec un ou plusieurs autres	La portion située entre ou à l'extérieur des intersections est supprimée selon l'option : 
	Suppression des relimitations	1 cercle ou 1 courbe	Reconstitue le cercle entier
	Complément	1 cercle ou une ellipse	Trace l'arc complémentaire

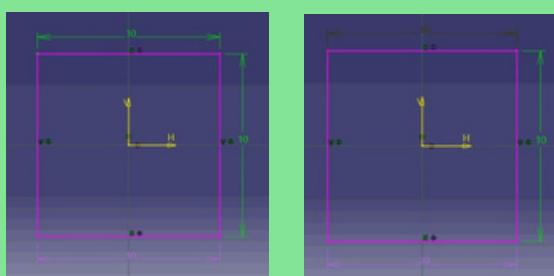
Barre d'outils : Géométrie 3D			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Projection sur le Plan d'esquisse	Eléments 3D : faces ou arêtes	Les éléments projetés apparaissent en jaune et restent liés à la géométrie 3D
	Intersection avec le plan d'esquisse	Eléments 3D : faces ou arêtes	Pour casser le lien avec le 3D, il faut utiliser la commande <i>isoler</i> accessible par clic droit sur l'objet ou sa représentation dans l'arbre
	Projection Edge silhouette	Face cylindrique	

Barre d'outils : Transformation			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Symétrie	Eléments à transformer + axe de symétrie	Crée des contraintes de positionnement
	Translation	Eléments à transformer + vecteur de translation	Le sous-menu propose le mode duplication
	Rotation	Eléments à transformer + centre de rotation + angle	Le sous-menu propose le mode duplication
	Facteur D'échelle	Eléments à transformer + centre d'homothétie + facteur d'échelle	Le sous-menu propose le mode duplication
	Décalage	Eléments à transformer + 1 point	Crée les contraintes de parallélisme

Barre d'outils : Contrainte			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Contraintes	Eléments à contraindre + icône	Par défaut : contraintes dimensionnelles. Par menu contextuel (clic droit) : contraintes géométriques
	Contraintes de contact	Elément de référence + élément à contraindre	L'élément de référence reste fixe
	Contraintes dans une liste	Eléments à contraindre + icône : Accède à la boîte de dialogue "contraintes"	Les contraintes accessibles dépendent des éléments sélectionnés
	Auto-constrainte	Eléments à contraindre	Crée automatiquement les contraintes entre les éléments sélectionnés. Le choix des références est proposé dans une boîte de dialogue
	Animation de contrainte	1 Contrainte dimensionnelle	Fait varier dynamiquement la valeur de la contrainte selon les options de la boîte de dialogue

3.3 ERREURS RECURRENTES :

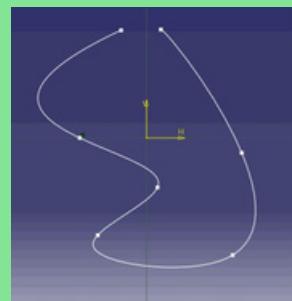
- Une esquisse avec des contraintes incohérentes ou sur-contrainte :



Vérifiez vos contraintes de distance et vos contraintes d'horizontalité, verticalité, symétrie etc...

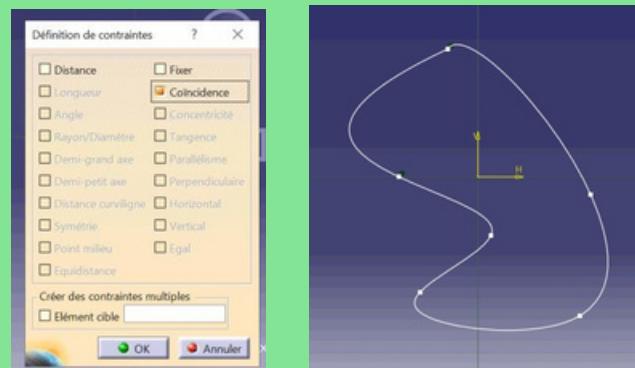
Les contraintes violettes sont des sur-contraintes, les contraintes noires sont des contraintes incohérentes. Supprimez les contraintes « de trop ».

- Une esquisse non-fermée :



Vérifiez le contour de votre pièce et identifiez la section non fermée. Après avoir identifié les points posant problèmes vous pouvez les relier ou sélectionner vos deux points en maintenant la touche Ctrl puis utiliser

l'outil de coïncidence dans le menu suivant :

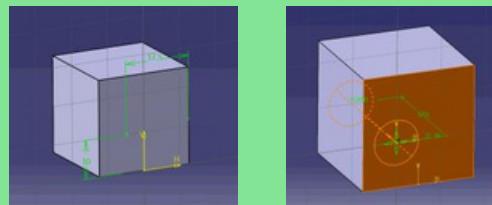


4. ELEMENTS DE REFERENCES :

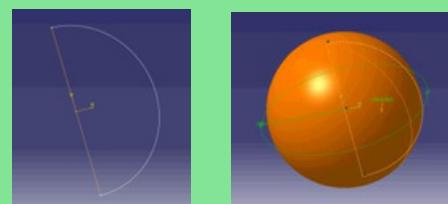
Les éléments de références sont utilisés pour servir de base à d'autres éléments et apparaissent dans l'arbre comme des "corps surfaciques". Il existe 3 types d'éléments de référence : les points, les droites et les plans.

Exemples :

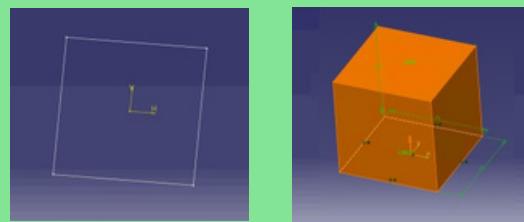
- Un point peut servir à centrer un perçage :



- Une droite peut servir d'axe de révolution :



- Un plan peut servir de surface d'extrusion :



5. CREATION/SUPPRESSION DE VOLUMES :

Sur CATIA V5, on peut générer des volumes de 2 manières :

- A partir d'un profil plan quelconque placé dans une esquisse et transformé par une opération d'extrusion ou de révolution autour d'un axe. On appelle ça une création de composant issu d'un contour.
- A partir d'une surface existante par remplissage ou ajout d'épaisseur.

Remarque : Même les volumes simples doivent être générés de cette manière. Il n'existe pas de fonction spéciale permettant de générer un cube, un pavé, un cylindre... Il faudra créer une esquisse contenant un carré, un rectangle, un cercle puis l'extruder.

On peut aussi effectuer des opérations sur des volumes existants, telles que des chanfreins, des congés, des dépouilles etc...

Ces opérations sont nommés composants d'habillage.

5.1 CREATION DE COMPOSANTS ISSUS D'UN CONTOUR :

Les fonctions permettant de générer des volumes sont résumées dans le tableau suivant :

Barre d'outils :		Composants issus d'un contour		
Icône	Opération	Type	Objet CATIA créé	Éléments d'entrée
	Extrusion selon une direction droite normale au plan du profil (prisme)	ajout	Extrusion	1 contour fermé plan + paramètres d'extrusion
	retrait		Poche	
	Création d'un volume de révolution (révolution ou tore)	ajout	Révolution	1 contour fermé plan + 1 axe OU
	retrait		Gorge	1 contour ouvert plan avec les 2 extrémités sur l'axe + 1 axe
	Création d'un trou débouchant, borgne, lamé, lisse ou taraudé	retrait	Trou	1 face plane sur 1 solide + 1 esquisse de positionnement + paramètres du trou
	Extrusion suivant une courbe-guide avec section constante		Nervure	Profil= 1 contour fermé plan + 1 courbe guide= contour ouvert plan continu en tangence
	Volume à section variable s'appuyant sur 1 ou plusieurs courbes-guides (lissage)	ajout	Surface guidée	N contours fermés plans pour définir les sections + X courbes guides passant par un point de chaque section
	retrait		Surface guidée	
	Extrusion selon une direction droite normale au plan de profil	ajout	Raidisseur	1 contour ouvert plan ayant ses extrémités sur une face plane de solide existant

5.2 CREATION DE COMPOSANTS D'HABILLAGE :

Tous les composants d'habillage s'appuient sur un solide existant que l'on va modifier. Les fonctions comportent de nombreux paramètres de réglage et peuvent être délicates à mettre en œuvre dans le cas de géométries complexes. Il est donc conseillé d'effectuer ces opérations en dernier sur les volumes.

Barre d'outils :		Composants d'habillage	
Icône	Opération	Objet CATIA créé	Éléments d'entrée
	Congé à rayon constant sur arêtes	Congé arête	1 ou plusieurs arêtes : courbes planes ou gauches
	Congé à rayon variable sur arêtes	Congé arête	1 ou plusieurs arêtes : courbes planes ou gauches
	Congé entre 2 faces	Congé face	2 faces planes non parallèles
	Congé tangent à 3 plans	Congé tri-tangent	3 plans non parallèles
	Chanfrein d'angle constant	Chanfrein	1 ou plusieurs surfaces OU arêtes + paramètres du chanfrein
	Dépouille d'angle constant	Dépouille	Face à dépouiller, élément neutre et direction
	Création d'un corps évidé à partir d'un corps plein	Coque	1 ou plusieurs faces à retirer + 1 ou 2 valeurs d'épaisseur
	Ajout de matière sur une face	Surépaisseur	1 ou plusieurs faces à épaisser + 1 valeur de surépaisseur
	Ajout d'un taraudage	Taraudage	1 cylindre (poche circulaire) + 1 plan + paramètres du taraudage

5.3 CREATION DE COMPOSANTS ISSUS D'UNE SURFACE :

Avec ces opérations, on modifie un solide existant ou on crée un nouveau volume.

Barre d'outils :		Composants issus d'une surface	
Icône	Opération	Objet CATIA créé	Éléments d'entrée
	Supprime une portion de volume délimitée par une surface sécante	Coupe	1 plan OU 1 face plane de pièce OU 1 surface
	Génère une coque à partir d'une surface	Surface épaisse	1 surface OU 1 face externe de pièce + 1 ou 2 valeurs d'épaisseur
	Génère un volume à partir d'une surface	Remplissage	1 surface délimitant un volume fermé

6. TRANSFORMATIONS :

Ces opérations permettent d'effectuer des transformations géométriques sur des éléments ou des corps de pièces : translation, symétrie, rotation, homothétie.

Selon le cas, les transformations s'appliquent à un corps de pièce ou à un élément seul, et permettent une opération avec ou sans duplication.

Barre d'outils : Composants de transformation			
Icône	Opération	Elément transformé	Éléments d'entrée
	translation	Corps de pièce courant	1 axe + 1 distance
	rotation	Corps de pièce courant	1 axe + 1 angle
	symétrie	Corps de pièce courant OU élément sélectionné	1 point, 1 droite ou 1 plan
	Répétition rectangulaire	Corps de pièce courant OU élément sélectionné	1 ou 2 directions + nombre d'instances et espacement dans chaque direction
	Répétition circulaire	Corps de pièce courant OU élément sélectionné	1 axe + 1 angle + nombre d'instances OU 1 axe + angle total + incrément
	répétition	Corps de pièce courant OU élément sélectionné	1 esquisse de points
	Symétrie avec duplication	Corps de pièce courant OU élément sélectionné	1 plan
	Facteur d'échelle	Corps de pièce courant	1 point + 1 valeur du facteur OU 1 plan + 1 valeur de facteur

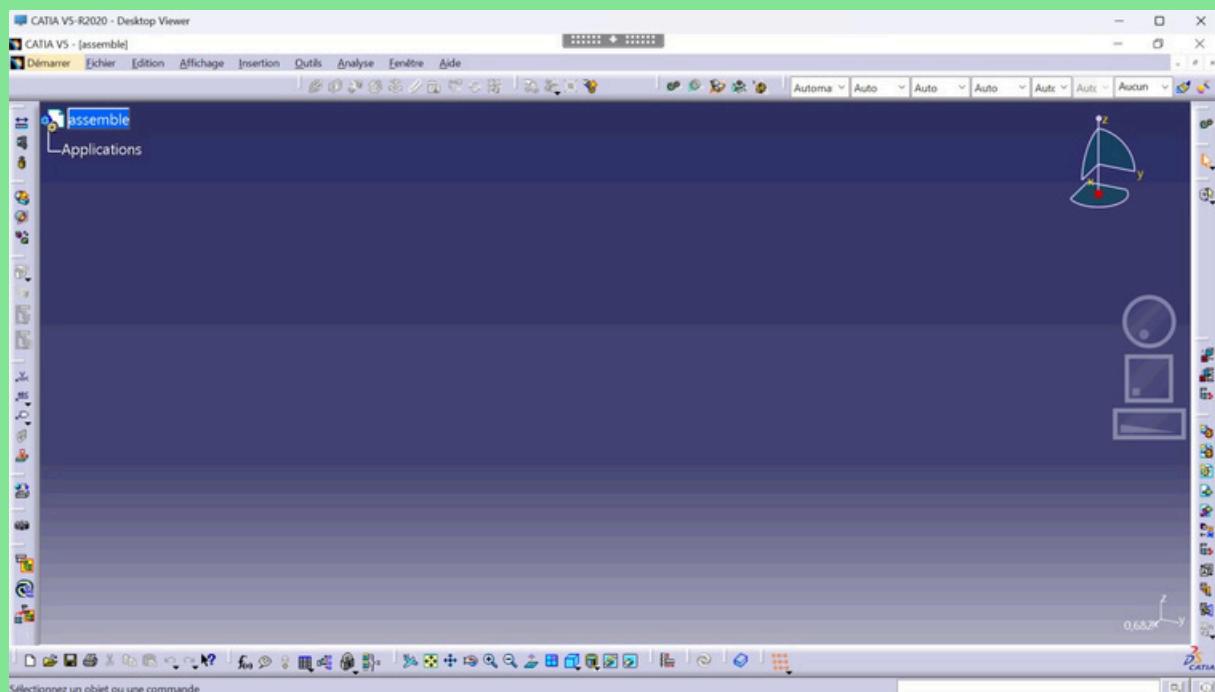
7. OUTILS DIVERS :

Icône	Opération	Éléments d'entrée	Éléments d'entrée
	Appliquer matériau	Corps de pièce + matériau	Définit le matériau utilisé pour les caractéristiques mécaniques d'un corps de pièce
	Mesure relative	2 éléments	Donne la distance et l'angle entre les éléments dans le repère global ou local
	Mesure absolue	Élément ou corps de pièce	Donne des informations géométriques sur un élément (position, surface, volume...)
	Mesure d'inertie	Corps de pièce	Donne les informations d'inertie: coord. du CdG, moments d'inertie, volume, masse volumique
	Mise à jour	Corps de pièce	Force la mise à jour d'un solide après une modification

8. ATELIER ASSEMBLY DESIGN

Cet atelier permet de créer des produits constitués de différentes pièces mécaniques réalisées dans l'atelier "Part Design". Les liaisons entre les solides sont définies par l'intermédiaire de contraintes géométriques liant une ou plusieurs entités géométriques des pièces assemblées.

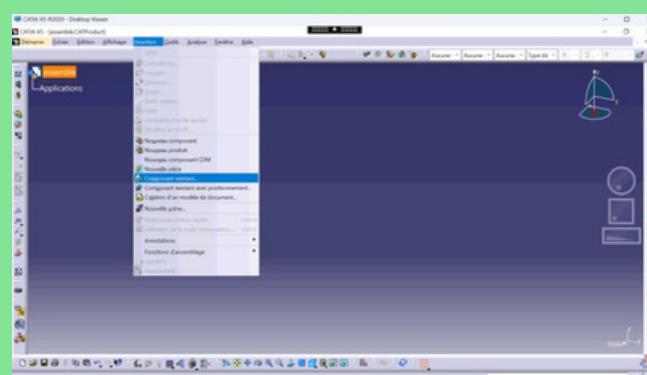
Pour ouvrir l'atelier Assembly Design, cliquez sur « Démarrer », « Conception Mécanique » puis « Assembly Design ». Un pop-up va apparaître sur l'écran dans lequel vous pourrez renseigner le nom de votre assemblage. Nommez votre assemblage. Après avoir nommé votre assemblage, l'atelier Part Design s'ouvre :



Dans un premier temps, il est conseillé de créer les pièces une à une dans l'atelier « Part design » puis de les assembler dans l'atelier « Assembly design ».

Il est également possible de créer les pièces en configuration, c'est à dire en s'appuyant sur la géométrie d'une pièce déjà créée mais cette méthode offre de nombreux inconvénients pour un débutant, notamment celui de générer des contraintes externes entre 2 pièces souvent délicates à gérer.

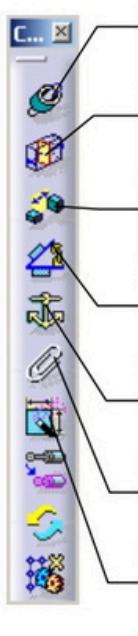
Pour insérer un composant existant sur votre assemblage, cliquez dans un premier temps sur le nom de votre assemblage en haut de l'arborescence pour le sélectionner (il sera surligné en orange) puis cliquez sur le menu « insertion » puis « composant existant ». Cela va vous ouvrir une page où vous pourrez sélectionner des pièces provenant du Part Design avec une extension .CATPart.



8.1 CONTRAINTES GEOMETRIQUES D'ASSEMBLAGE :

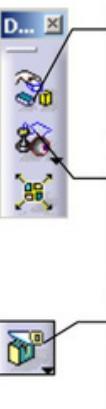
Les contraintes permettent de positionner les pièces les unes par rapport aux autres et d'ainsi éliminer ou autoriser certains degrés de liberté. Ces contraintes pourront par la suite être converties en une ou plusieurs liaisons mécaniques (glissière, rotule, pivot etc...) permettant la simulation de la cinématique du produit.

Voici les principales fonctions que nous allons utiliser dans l'atelier Assembly Design :



- Coïncidence** : permet de déclarer la coïncidence entre deux entités de même nature : 2 axes, 2 plans etc
- Contact** : permet de déclarer le contact entre deux surfaces solides du produit (les plans de référence ne peuvent être utilisés ici)
- Distance** : même chose que contact mais avec un décalage d'une surface par rapport à l'autre. Les plans peuvent être utilisés ici.
- Angle** : permet de spécifier un angle entre deux surfaces
- Fixe** : permet de définir les pièces qui n'ont pas de mouvement par rapport au référentiel de base. Il est conseillé de commencer par fixer le carter avant d'aborder d'autres contraintes.
- Fixité relative** : permet de définir une liaison encastrement (aucun mouvement possible) entre deux pièces du produit.
- Mode rapide** : en activant cette commande, l'utilisateur désigne directement les entités géométriques et CATIA instancie la contrainte la plus adaptée à la désignation

8.2 MANIPULATION ET VISUALISATION DES PIECES



- Manipulation** : permet de déplacer (translation ou rotation) une pièce selon une direction spécifiée. En cochant « Sous contraintes », le déplacement se fait en respectant les contraintes déjà déclarées, ce qui permet de simuler « à la main » la cinématique d'une pièce et observer par exemple une loi d'entrée-sortie
- Alignement** : permet d'aligner deux entités géométriques afin de réorganiser le positionnement des différentes pièces. Attention, cette commande ne crée pas de contraintes géométriques permanentes mais permet uniquement de manipuler rapidement les objets pour les amener dans une position proche de leur configuration finale.
- Coupe** : permet de couper un assemblage à l'aide d'un plan ou d'une surface à spécifier. Une boîte de dialogue apparaît alors permettant une coupe sélective effectuée sur des pièces à choisir dans une liste. Pour supprimer une coupe, passer par sa représentation dans l'arbre des spécifications.

Lors de la modélisation de votre assemblage, la fenêtre graphique n'est pas forcément à jour. Pour qu'elle le soit, vous devez utiliser la commande de mise à jour accessible via l'icône :



Cette commande peut par exemple permettre d'actualiser la position de vos pièces dans votre assemblage après y avoir appliqué des contraintes.