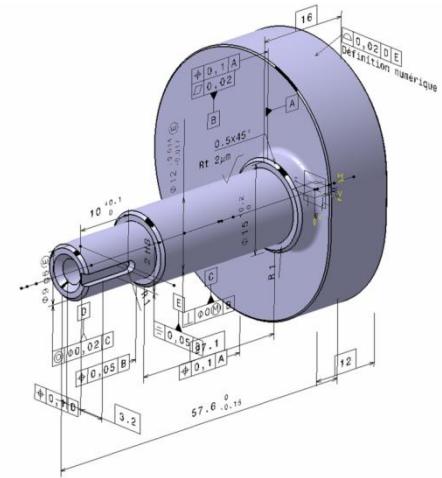
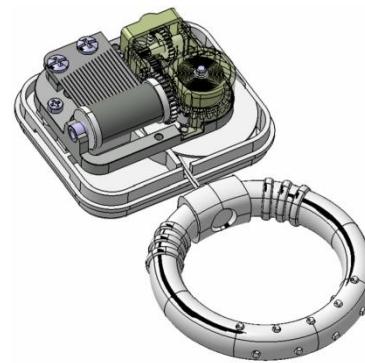
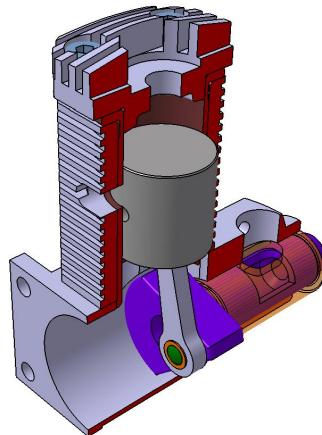
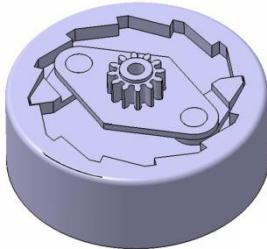


CATIA V5 - Volumique

Sébastien THIBAUD

sebastien.thibaud@univ-fcomte.fr



Présentation Générale

Pourquoi la CFAO (Conception et Fabrication Assistée par ordinateur) ?

- Un outil de CFAO reste un outil ...
- Ce n'est pas parce que l'on sait cliquer sur des icônes que l'on sait concevoir
- Par contre si on sait concevoir il est plus facile d'apprendre à cliquer avec méthode ...
- Les outils numériques de conception permettent de diminuer drastiquement les délais de mise au point d'un produit ... mais pour cela il est nécessaire d'appliquer des méthodologies adaptées.
- Dans ce qui va suivre, on présentera la façon d'appréhender un outil de conception : CATIA V5.
- Ce logiciel est considéré comme un des poids lourds du métier mais il est souvent mal présenté (ce qui sera peut être encore une fois le cas ici ...)
- En effet, très souvent on ne présente pas ce qui fait de ce logiciel, un des leaders du marché : un outil totalement paramétrique et surtout possédant un nombre astronomique de modules sans quitter l'interface (notion d'interopérabilité)
- Un avantage conséquent : la gestion des connaissances et du savoir-faire (Knowledge)
- Autre avantage conséquent : la FAO intégrée à la CAO

Présentation Générale

Déroulement de la formation

- Une présentation rapide des outils de manipulation dans CATIA V5
- Les possibilités des différents modules et surtout l'utilisation du langage paramétrique
- La maîtrise des outils de la CAO Volumique et Surfacique paramétrique

Partie 0 : Configurations environnement et manipulations

- Réglages des options
- Manipulations des vues et environnement de travail

Partie 1 : Volumique

- Sketcher (Esquisseur)
- Part Design (Modélisation volumique paramétrée)
- Assembly Design (Assemblage de composants : produits, pièces)
- DMU (Digital Mock up = Maquette numérique) : Cinématique, Montage, Dynamique des solides rigides et des corps flexibles
- Introduction au paramétrage : CAO Volumique paramétrique / Table de paramétrage
- FTA & Drafting (Tolérancement 3D & Mise en plan)

Présentation Générale

Partie 2 : Paramétrage, gestion des connaissances et savoir-faire (Knowledge)

- Complément sur le paramétrage : gestion d'un assemblage paramétré
- Règles et lois
- Knowledge Advisor : gestion des lois, règles et paramètres
- Méthodes de conception collaborative : squelette de conception / conception en contexte

Partie 3 : Conception surfacique / Hybride

- Modélisation de composants surfaciques avec Generative Shape Design
- Utilisation de Sketch Tracer (modélisation par photos / plans)
- Utilisation du module DMU Optimizer pour l'optimisation d'une bouteille d'eau
- Conception hybride : volumique et surfacique
- Introduction à Freestyle (modélisation surfacique par carreaux de Béziers)
- Introduction à Imagine and Shape (méthode de subdivisions de surfaces type NURBS)
- Vers l'interopérabilité totale : Sketch Tracer / Imagine and Shape / Volumique / Modèle fonctionnel (Introduction à Functional Molded Part)
- Photo Studio : Rendu réaliste (images et vidéos de synthèse)

Présentation Générale

Partie 4 : Rétroconception

- Rétroconception, dans quel but ? (Notion de classe A et problématiques associées)
- Sketch Tracer où le niveau 0 de la rétroconception
- Récupération de nuages de points et/ou de maillages numérisés : Digitized Shape Editor
- Module de rétroconception : Quick Surface Reconstruction
- Qualification des surfaces obtenues à l'aide des outils de vérification de Freestyle

Partie 5 : FAO Fraisage 3 axes

- Principe de la FAO CATIA : notion PPR
- Module de fraisage prismatique (2 axes $\frac{1}{2}$) : Prismatic Machining
- Module de fraisage surfacique (3 axes)
- Gestion des catalogues outils
- Capitalisation des stratégies d'usinage
- Interopérabilité CAO / FAO

Présentation Générale

Partie 6 : FAO Tournage 2/3 axes

- Tournage avec Lathe Machining
- Interaction tournage et fraisage pour le tournage 3 axes (axe broche asservi)
- Gestion des outils de tournage

Partie 7 : FAO et simulation machine

- Création d'un environnement machine : Constructeur de machine outil CN
- Utilisation d'une machine dans le processus FAO : définition de la ressource
- Simulation machine : Simulation du code APT dans l'environnement machine
- De la nécessité de vérifier les trajectoires issues du Post-Processeur avec un logiciel tiers

Partie 1

Volumique



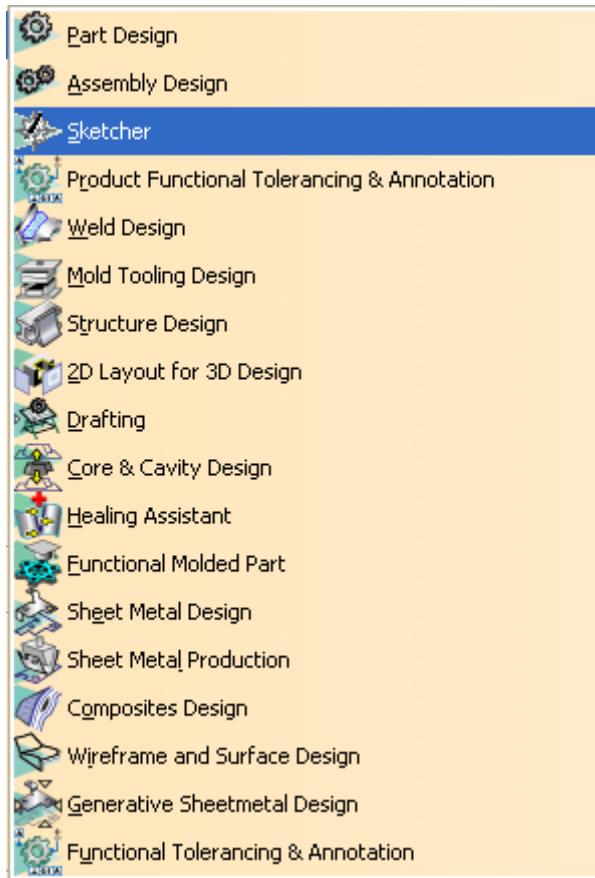
Création des esquisses / Atelier Sketcher

Module Sketcher / Esquisse



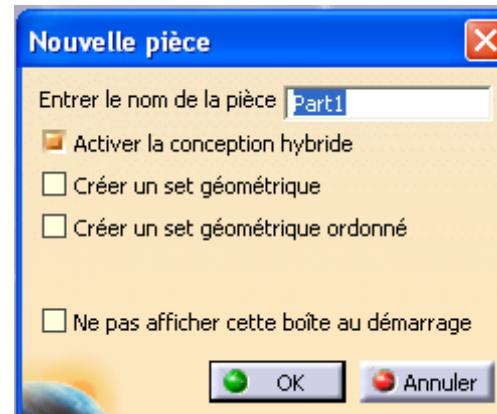
Présentation et utilisation du module esquisse

Démarrer -> conception mécanique -> Sketcher



Une fenêtre Nouvelle pièce apparaît :

- Laisser activer la conception hybride
- Entrer un nom de pièce (par ex : test)
- Valider (OK)
- Par défaut, CATIA se place dans l'atelier Part Design et active l'esquisse
- Sélectionner le plan xy





Utilisation du module esquisse

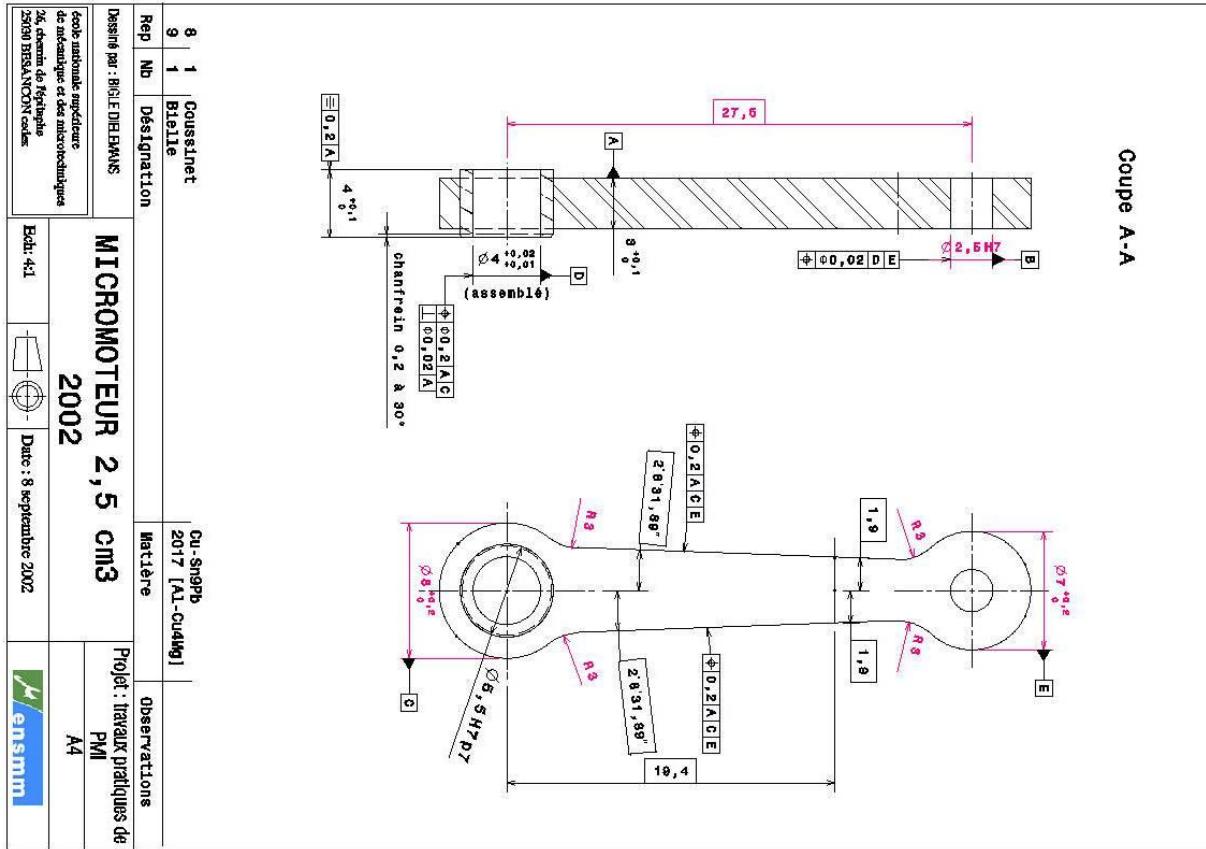
- Nous allons ici apprendre les principes de créations d'une esquisse permettant par la suite de définir des pièces (Part Design)
- Pour cela quelques notions sont à définir
- Dans CATIA V5, la notion de contraintes est forte
- Il est possible de définir des pièces dont les définitions (esquisses) ne sont pas forcément contraintes
- Mais ceci amène indubitablement à des erreurs dans la suite du processus
- Pour tenter de voir tous les aspects de la création d'esquisse, nous allons réaliser trois pièces avec une augmentation des difficultés
- La première pièce : une esquisse définissant une bielle d'un micromoteur
- La seconde pièce : L'esquisse d'un vis FBS
- La troisième pièce : la définition d'une esquisse paramétrée d'une dent d'un pignon (denture droite)



Module Sketcher / Esquisse

Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

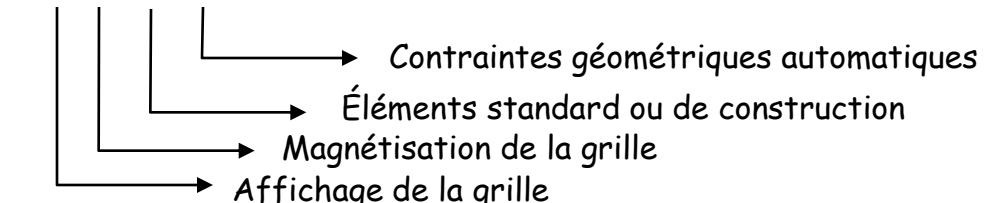
- Ci-joint, on donne le dessin de définition de la bielle d'un micromoteur (micromoteur anciennement réalisé en méthode de fabrication de l'ENSMM - J.P. Bigle / C. Dielemans / L. Guyout)





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

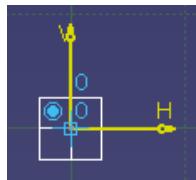
- Dans un premier temps, on ne réalisera que la forme extérieure (sans les alésages)
- Renommer l'esquisse en **Bielle**. Pour cela cliquer **Test** dans l'arbre des spécifications puis faire bouton droit -> Propriétés (ou Alt+Entrée) -> Produit et changer le nom
- Faire OK
- Dans le cas de l'atelier Sketcher, on s'aperçoit rapidement que cela ressemble à une présentation type d'une planche à dessin
- Dans tout atelier CATIA, une panoplie de barre d'outils (icônes) sont présents
- Ici, ces outils sont associés à la définition d'entités géométriques (points, droites, courbes, congés, chanfreins,...) et à leur dimensionnement (contraintes géométriques et dimensionnelles)
- On peut alors dessiner des esquisses et les contraindre
- Il faut alors présenter une barre d'outils importante : les outils d'esquisses



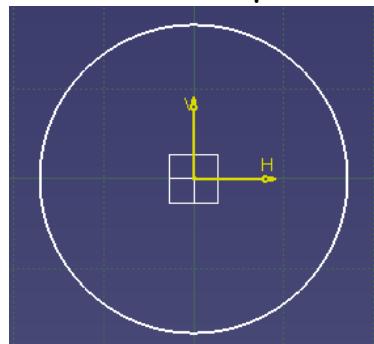


Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

- On va alors commencer l'esquisse de la bielle
- Sélectionner la création d'un cercle
- Les modes de contraintes automatiques doivent être activées
- Déplacer alors le réticule vers le centre du repère (HV: Horizontal/Vertical), jusqu'à voir le symbole de coïncidence (cercle plein dans un cercle) et cliquer



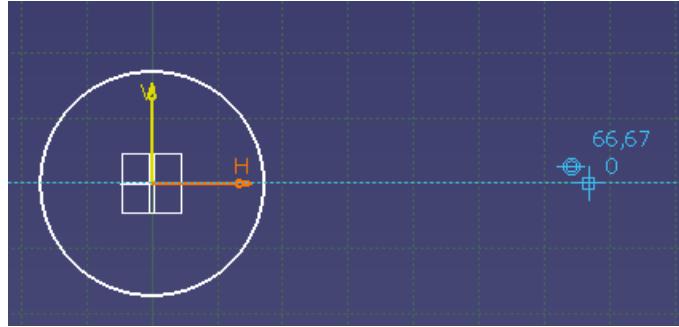
- Déplacer alors le réticule pour faire apparaître un cercle (qui sera donc centré à l'origine du repère)
- En cliquant en dehors du cercle, la couleur de l'esquisse du cercle est blanche, i.e. le cercle n'est pas contraint



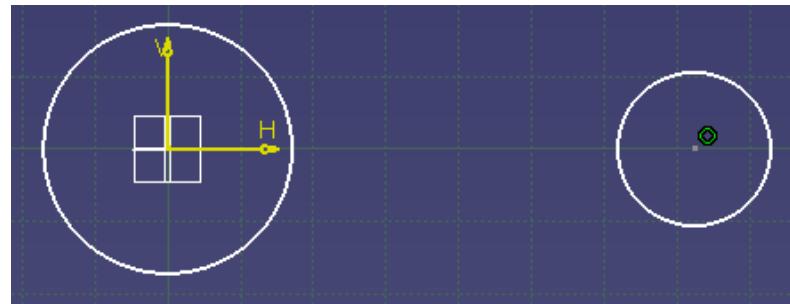


Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

- Créer un nouveau cercle à la droite du premier et tel que son centre soit contraint à se trouver sur l'axe horizontal H



- Ne pas hésiter à faire des pans et des zooms
- Pour être proche de la réalité, le diamètre de ce cercle sera plus petit

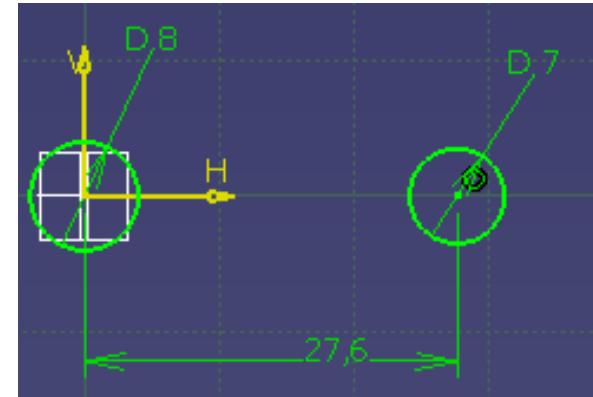


- On voit apparaître un cercle vert, il s'agit du symbole de coïncidence (centre du cercle sur l'axe H)



Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

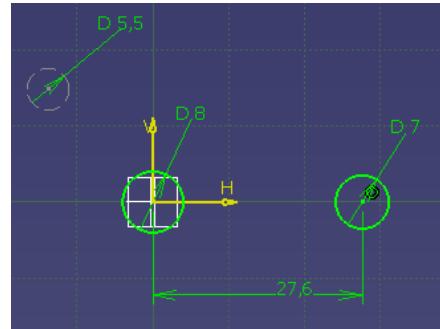
- Définissons maintenant les diamètres de ces deux cercles ainsi que l'entraxe
- Cliquer sur les contraintes
- Cliquer sur le profil du cercle de gauche, une cote apparaît.
- Cliquer à l'emplacement désiré . Le profil devient vert clair -> Il est iso-constraint (totalement défini) car le centre est défini comme étant le centre du repère d'esquisse.
- Faire de même pour le second cercle. Le profil reste blanc -> Il est sous-constraint, le centre n'est pas défini dans le repère d'esquisse
- Il faut donc définir l'entraxe. Pour cela définir à nouveau une contrainte
- Sélectionner le centre du cercle de gauche (ou le point de centre du repère) et le point de centre du cercle de droite. La cote d'entraxe apparaît et est horizontale car les deux points de centre sont sur l'axe Horizontal
- Positionner alors la cote. Le deuxième cercle est iso-constraint.
- Pour définir les bonnes cotes : faire un double-clic sur la cote.
- Donner alors la bonne valeur
- Diamètre du cercle de gauche : 8mm ; de droite : 7 mm.
- Entraxe : 27,6 mm





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

- Faire alors un zoom pour bien visualiser l'esquisse
- Pour apprendre de nouveaux outils de création d'esquisses, nous allons faire une petite entorse au dessin de définition
- Nous allons créer **deux cercles de construction** coaxiaux aux deux précédents cercles
- Pour apprendre les outils de contraintes automatiques, sélectionner l'outil cercle et le définir en tant qu'élément de construction
- Créer un cercle en haut à gauche du cercle de Ø8 et lui définir un diamètre de Ø5,5 mm. Il est défini en trait interrompu fin et blanc (sous-contraint)

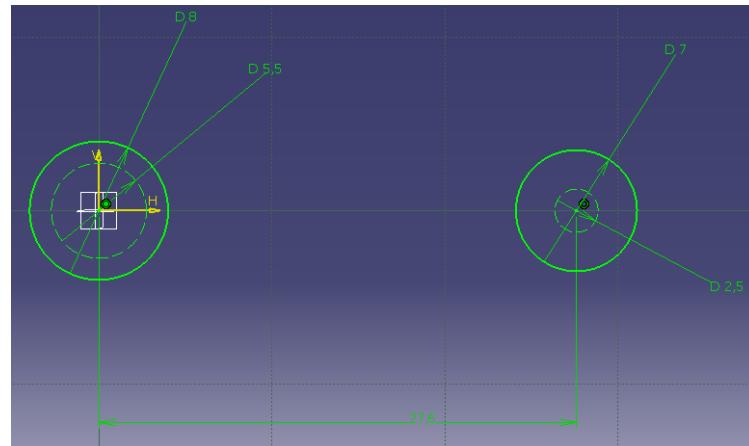


- A présent, définir une contrainte entre le profil de ce cercle et le profil du cercle de Ø8. Ne pas positionner cette cote et faire bouton droit de la souris -> Concentricité



Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

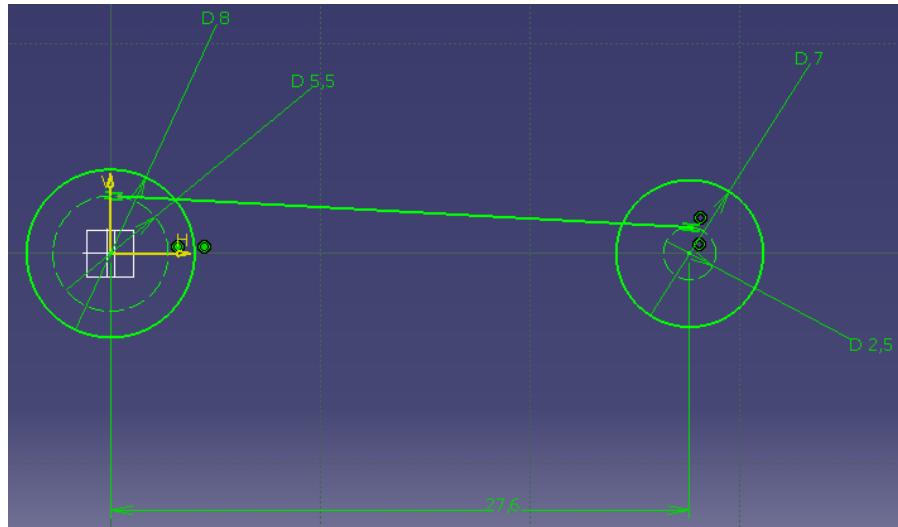
- Le cercle est alors concentrique avec l'autre. Le symbole de coïncidence apparaît et le cercle devient vert clair (Iso-constraint)
- Voyons l'effet d'une sur-contrainte. Définir l'entraxe entre le cercle de Ø5,5 mm et le cercle de Ø7 mm
- L'ensemble des contraintes géométriques et dimensionnelles devient violet : l'esquisse est sur-contrainte mais cohérente.
- Changer cette cote et la définir à 25. L'ensemble des contraintes devient noire : l'esquisse est sur-contrainte et incohérente. Supprimer alors la dernière cote.
- Définir un second cercle (construction) de Ø2,5 mm et concentrique avec le cercle de Ø7 mm (on peut utiliser les contraintes automatiques pendant la création : coïncidence)
- Repasser en mode éléments standard





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

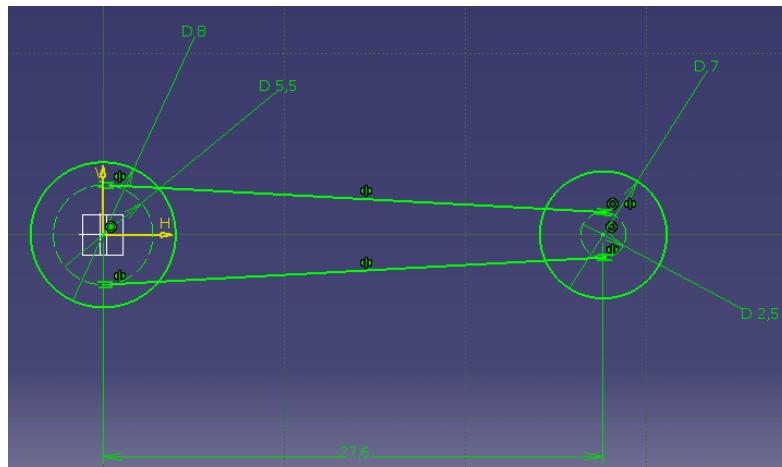
- On va créer les jonctions entre les deux cercles en définissant des droites tangentes aux cercles de construction
- Sélectionner la fonction droite
- Définir la première droite (arête supérieure) s'appuyant sur le cercle de Ø5,5 mm (tangence par bouton droit) et le cercle de Ø2,5 mm
- Définir la deuxième tangence par contrainte en sélectionnant la droite et le cercle de Ø2,5 mm puis bouton droit → tangence. Deux traits parallèles apparaissent au lieu de la tangence. La droite est alors iso-contrainte





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

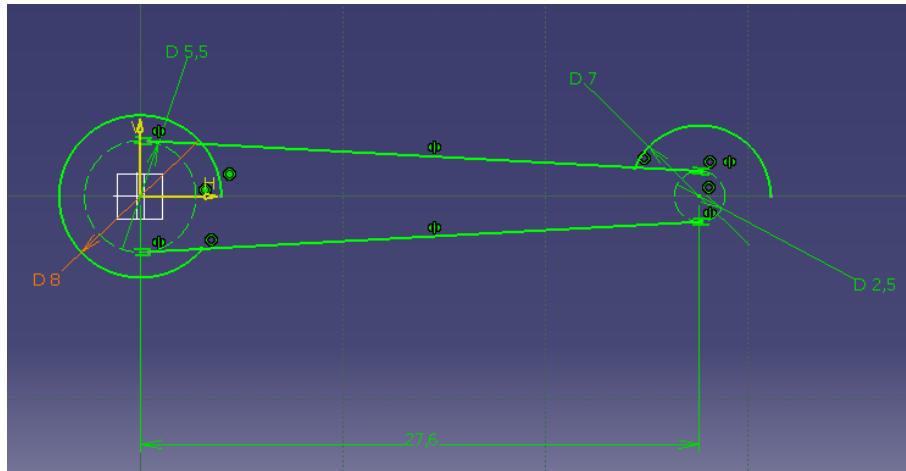
- Il faut maintenant définir la seconde droite. On pourrait utiliser la même méthode.
- Un autre moyen permettant d'apprendre un nouvel outil est de créer une symétrie de la première droite
- Sélectionner la fonction miroir 
- Cliquer sur la droite de référence puis sur l'axe de symétrie (ici l'axe H)
- On obtient la seconde droite qui est iso-contrainte (avec un nouveau symbole -> la symétrie)
- Malgré tout, imposer les contraintes de tangences entre la seconde droite et les deux cercles
- L'esquisse reste iso-contrainte car par construction la droite reste tangente au cercle donc cohérente.





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

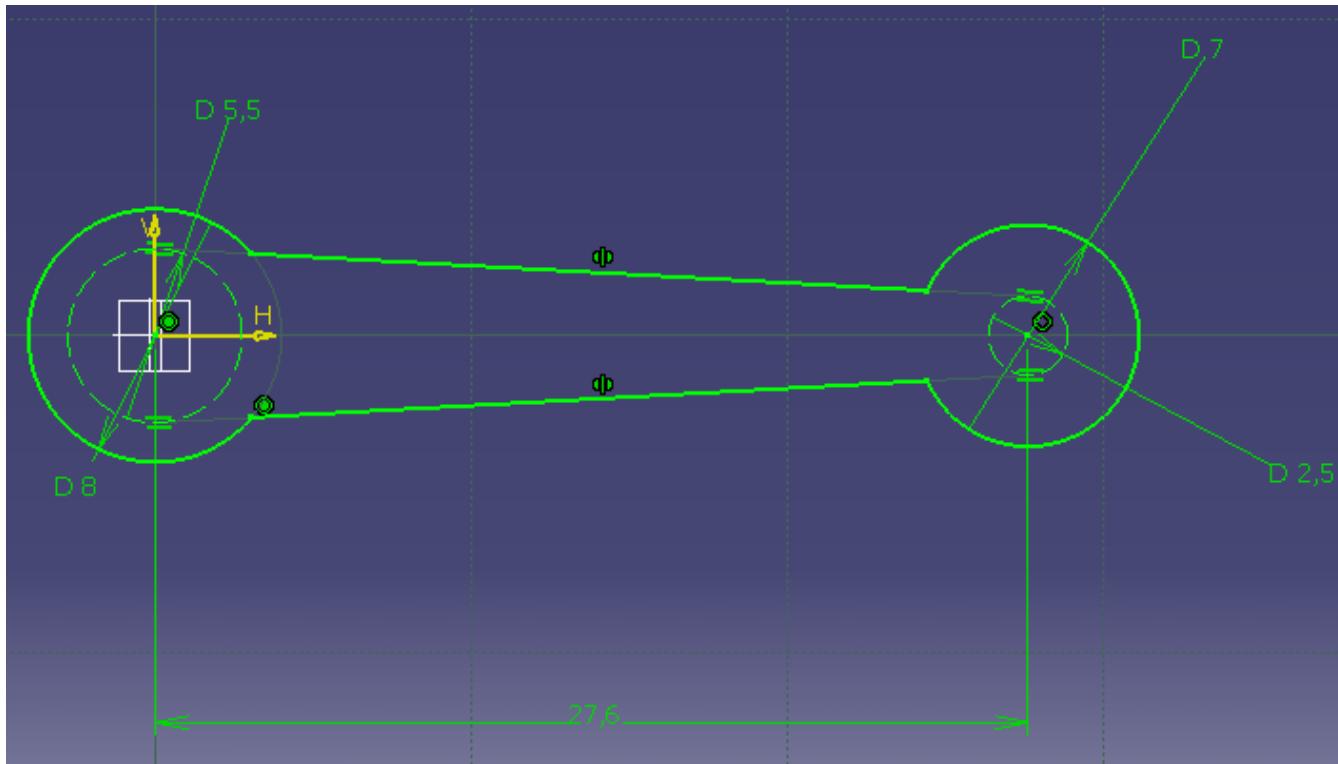
- On veut maintenant définir le profil réel et continu à partir de cette esquisse
- Pour cela, on va tout d'abord couper les cercles aux intersections avec les droites
- Sélectionner la fonction de coupe
- Sélectionner le cercle de Ø7 mm puis la droite supérieure
- En sélectionnant le cercle, on s'aperçoit que celui-ci a été coupé en deux
- Supprimer la partie inférieure (sélectionner cette partie et faire Suppr)
- En faire de même avec le cercle de Ø8 mm. Il est possible que la cote de Ø8 mm disparaîsse. La refaire





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

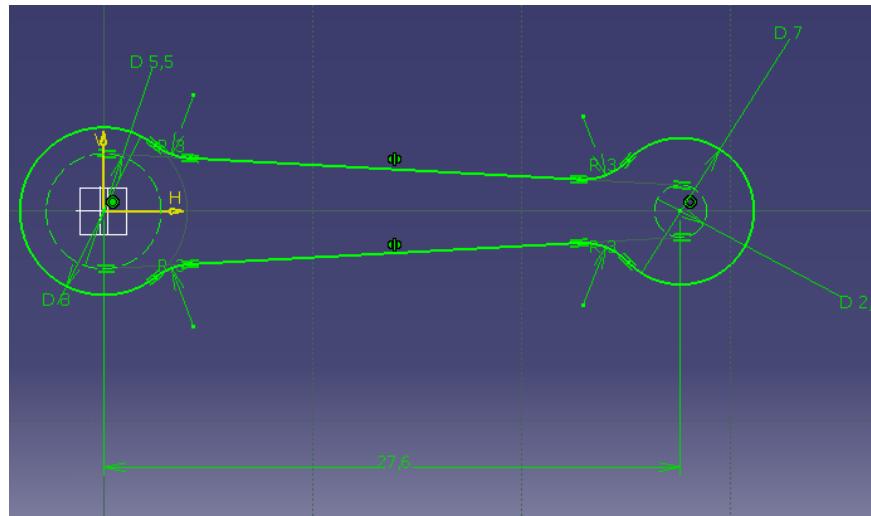
- Maintenant, on fait une relimitation de profil
- Sélectionner le cercle de Ø7 mm et relimiter jusqu'à la seconde droite (profil extérieur)
- Une fois le principe de la relimitation acquis, relimiter l'intégralité du profil.





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

- Il reste à définir les congés de raccordement
- Pour cela, sélectionner la fonction Congé
- Définir les quatre congés : sélection des arêtes adjacentes puis de l'orientation et du rayon
- Une fois créé, définir le rayon de 3 mm.
- L'esquisse est alors terminée et iso-contrainte : si l'on tente de déplacer le profil rien ne se passe.
- Supprimer la cote d'entraxe (sous constraint) et tenter de déplacer le centre du cercle de Ø7 mm .
- Redéfinir cette cote





Utilisation du module esquisse - Esquisse de la bielle

- Il existe un moyen de contrôler une esquisse
- Pour cela, menu déroulant -> Outils -> Analyse d'esquisse
- Cette fenêtre permet de savoir si le profil est fermé et s'il est iso-constraint
- Sortir du mode esquisse par l'intermédiaire de
- On revient alors au mode Part Design
- Dans l'arbre des spécifications, le Corps Principal est, pour le moment, uniquement défini par l'esquisse.1
- L'esquisse est visible dans l'espace 3D
- Enregistrer cette pièce en Bielle.CATPart

Quelques informations

- Par définition, les esquisses sont réalisées dans un plan
- Néanmoins, on peut dessiner sur un plan mais le visualiser dans l'espace
- On verra par la suite, la puissance du mode esquisse : contraintes 3D (avec d'autres esquisses ou sur des arêtes issues de Part Design) et surtout les esquisses paramétriques

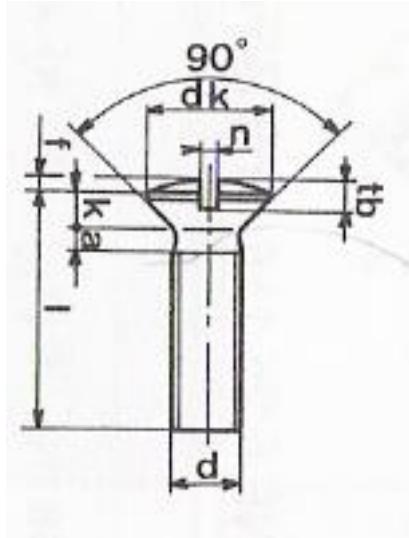




Module Sketcher / Esquisse

Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

- Nous allons définir l'esquisse d'une Vis tête fraisée bombée fendue (FBS) entièrement filetée M6.35
- On veut donc ce type de vis pour un diamètre fileté de 6 au pas métrique et entièrement fileté de longueur 35 mm
- Soit la définition du Mémotech (Mémotech Productique de C. Barlier et R. Bourgeois)



	Vis FS et FBS									
d	M 1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10
pas	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1,25	1,50
dk	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3
k	1	1,2	1,50	1,65	2,35	2,70	2,70	3,30	4,65	5,
a	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3
ds	1,2/1,8	1,6/2	2/2,5	2,5/3	2,9/3,5	3,3/4	4,2/5	5/6	6,8/8	8,6/10
t	0,50	0,60	0,75	0,85	1,20	1,30	1,40	1,60	2,30	2,6
tb	0,80	1	1,20	1,45	1,70	1,90	2,40	2,80	3,70	4,40
tb1										
tb2										
f	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	2	2,3
n	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,2	1,6	2	2,5
m										
Longueur avec tête (l)	2,5	3	4	5	6	6	8	8	10	12
Longueur filetée en bleu (b)	3	4	5	6	8	8	10	10	12	(14)
	4	5	6	8	10	10	12	12	(14)	16
	5	6	8	10	12	12	(14)	(14)	16	20
	6	8	10	12	(14)	16	16	16	20	25
	8	10	12	(14)	16	16	20	20	25	30
	10	12	(14)	16	20	20	25	25	30	35
	12	(14)	16	20	25	25	30	30	35	40
	(14)	16	20	25	30	30	35	35	40	45
	16	20	25	30	35	35	40	40	45	50 38
										50 38 (55) 38
										55 38 60 38 (65) 38
										60 38 (65) 38 70 38
										70 38 (75) 38
										(75) 38 80 38
										80 38



Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

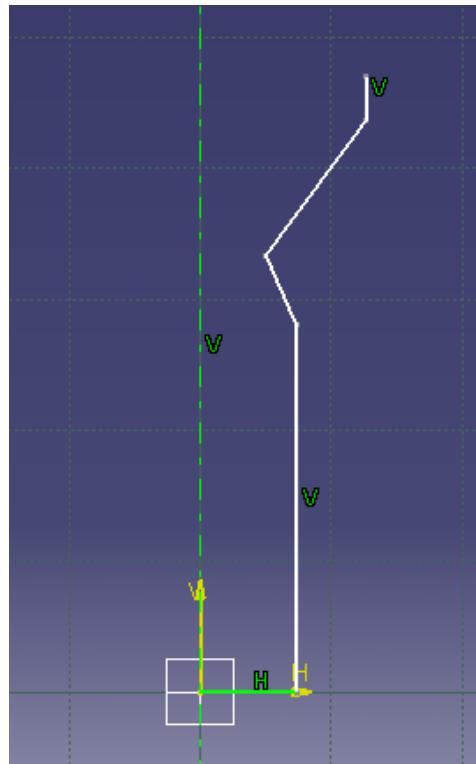
- Définir une nouvelle pièce : Démarrer → Conception de produit → Part Design
- Entrer comme nom de pièce Vis FBS M3x35 et faire OK
- Sélectionner le mode esquisse et sélectionner le plan yz
- Définissons le profil approximatif (l'allure) du profil de la vis sans la partie fendue
- Pour cela on va, comme sur le travail sur planche, définir l'axe de la vis
- Ce n'est pas forcément nécessaire mais on verra que c'est bien utile lors de la création de la pièce
- Définir un axe se trouvant colinéaire à l'axe Vertical et de longueur quelconque (mais suffisamment grand, i.e. plus de 50 mm)





Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

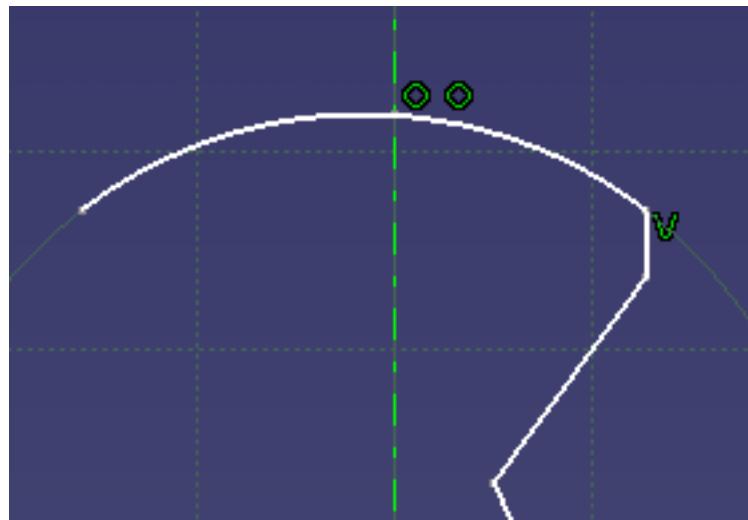
- Utiliser alors la fonction Contour
- Définir le point de départ du contour comme se trouvant à l'origine et essayer d'avoir un profil similaire à celui-ci (pour finir la commande Contour, cliquer à nouveau dessus la fonction)





Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

- Définissons la partie bombée (un arc de cercle)
- Utiliser la fonction arc par 3 points 
- Débuter alors le cercle par le dernier point du contour précédent (de plus haute altitude) de manière à être coïncident
- Puis définir le second point sur l'axe et d'altitude supérieure
- Le troisième point se trouve à gauche de l'axe et en face du premier point (la symétrie par rapport à l'axe sera définie ensuite)





Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

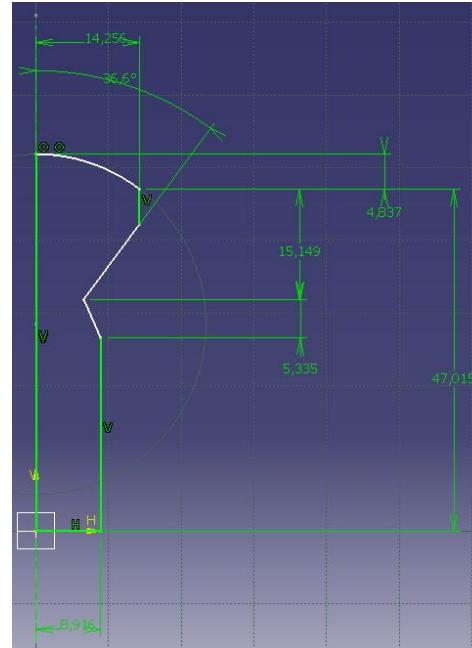
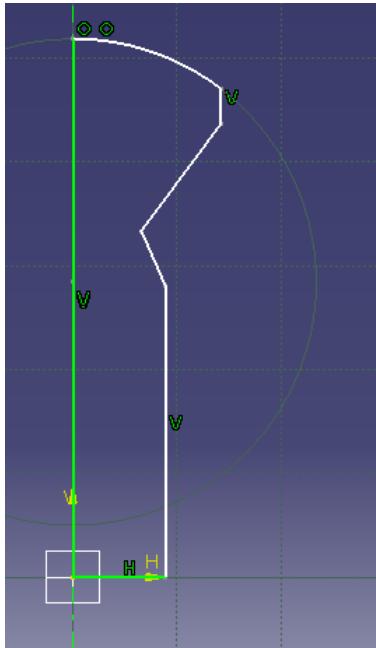
- Définir la cote (sans la poser) entre les deux extrémités de cet arc puis faire bouton droit de la souris
-> Autorisez un axe de symétrie -> Sélectionner l'axe
- L'esquisse a été contrainte pour que ces deux points soient symétriques par rapport à l'axe
- Pour fermer le profil, on définit une droite passant par l'origine et verticale (donc colinéaire à l'axe)





Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

- A l'aide de la fonction relimitation
- Définir le profil fermé et approximatif de la vis
- Définir alors les cotes représentée sur le mémotech

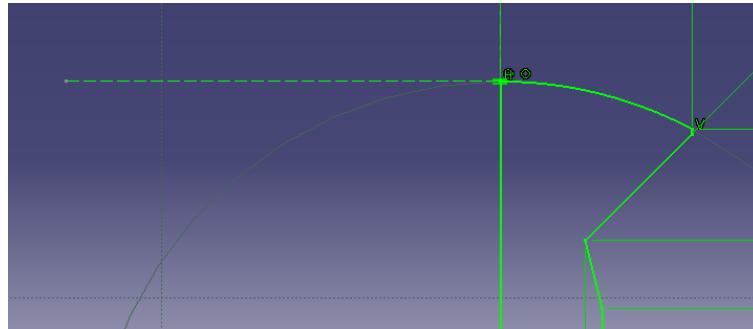


- Il semble qu'il manque des cotes puisque le profil n'est pas iso-constraint
- Les cotes en causes : le rayon du bombé et la longueur du petit épaulement de diamètre dk



Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

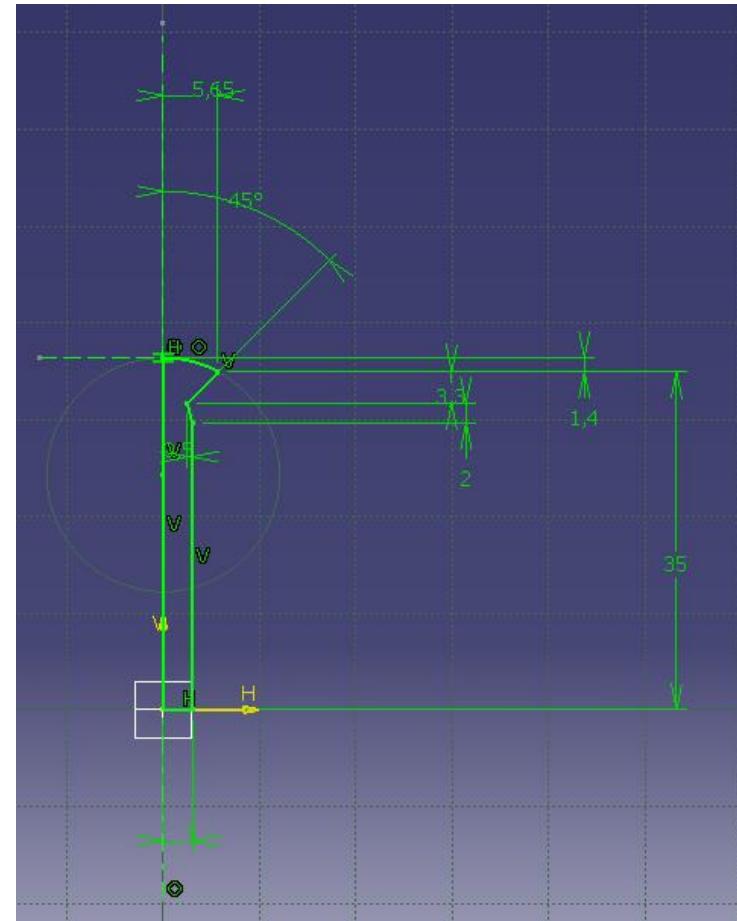
- Pour le moment, définissons les cotes connues pour une vis M6x35
- Définir alors les cotes représentées sur le mémotech
- Lors de la cotation il est possible de définir des formules instantanées
- Par exemple pour le diamètre nominal $d=6\text{mm}$, ici on définit le rayon : il suffit de taper $6/2$
- De la même manière pour $d_h=11,3 \text{ mm}$ et pour l'angle de 90°
- Il est à noter qu'un profil sous-contraint amène, selon l'ordre de cotation, à des petits soucis ...
- Comment définir un profil iso-contraint puisque l'on ne connaît pas toutes les cotes (ou les contraintes)
- Tout d'abord, on va définir que le sommet du cercle (se trouvant sur l'axe) possèdent une tangente horizontale
- Pour cela définir une droite de construction parallèle à l'axe horizontal et passant par le sommet du cercle





Utilisation du module esquisse - Esquisse d'une vis

- Ensuite définir une cote horizontale, entre le fond de la gorge et le diamètre nominal, égale à la moitié du pas de vis soit ici 0,5 mm
- Le profil est alors iso-constraint
- Sortir de l'esquisse et sauvegarder en Vis.CATPart





Utilisation du module esquisse - Esquisse paramétrique de la vis M6

- On peut se rendre compte qu'une vis à toujours le même profil et seule les cotes changent
- Peut-on alors définir des relations ou des lois mathématiques associées à des cotes
- La réponse est évidente : c'est ce qu'on appelle des relations paramétriques
- CATIA V5 possède un modeleur totalement paramétrique
- Éditer l'esquisse de la vis
- Vérifier que l'affichage des paramètres est actif : Menu Déroulant -> Outils -> Options -> Infrastructure -> Onglet Personnalisation de l'arbre : Paramètres en mode Actif
- Sélectionner la fonction Formule
- Créer un paramètre de longueur avec valeurs multiples
- Une fenêtre demande de rentrer les valeurs multiples. Ici, il s'agit de la longueur de la vis M6. Soit si l'on regarde dans le tableau : 8,10,12,14,16,20,25,30,35,40,45,50,55,60 mm
- Valider puis renommer ce paramètre en Longueur_Vis et sélectionner 35 mm. Faire OK
- Faire bouton droit de la souris sur la cote de longueur de vis (en principe la cote de 35 mm) puis Objet Distance.xx -> Éditer Formule
- Sélectionner Paramètres -> Paramètres renommés et double clic sur Longueur_Vis. Faire OK
- La cote de 35mm reste inchangée mais un symbole f(x) apparaît



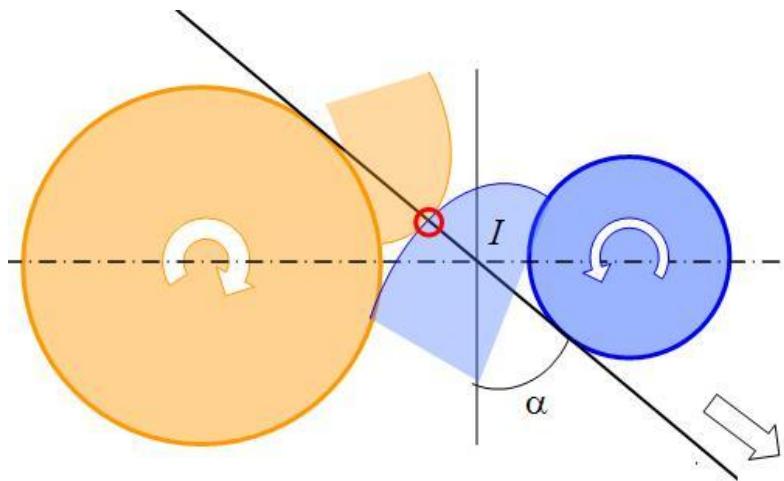
Utilisation du module esquisse - Esquisse paramétrique de la vis M6

- Sortir de l'esquisse
- Dans l'arbre des spécifications, ouvrir l'arborescence sous Paramètres et faire un double clic sur Longueur_Vis
- Choisir dans les choix multiples : 55 mm et faire OK
- La longueur de la vis est ainsi modifiée
- On vient de paramétriser la longueur de la vis, il suffit de choisir la longueur désirée pour avoir l'esquisse associée
- Il est possible de définir une table de paramétrage définissant toutes les vis (tous les paramètres des vis) de ce type via un tableau comme c'est le cas dans le Mémotech.
- Nous verrons cela dans la suite (Part Design)



Utilisation du module esquisse - Paramétrage du profil d'une roue dentée

- En mécanique, on retrouve souvent des réducteurs à base de roues dentées (transmission de puissance)
- Le profil le plus commun est appelé en développante de cercle
- Ce type de profil est défini à partir des surfaces axoïdes du mouvement, i.e. ici des cylindres d'axes parallèles
- Les surfaces axoïdes sont les surfaces théoriques d'engrènement qui roulent sans glisser l'une par rapport à l'autre
- La développante de cercle est la trajectoire d'un point d'une droite qui roule sans glisser sur un cercle.



• L'angle α est l'angle définissant la direction de la droite

• Pour les engrenages, cet angle définit la direction de l'effort d'engrènement et est appelé angle de pression (Dans le cas classique $\alpha = 20^\circ$)



Utilisation du module esquisse - Paramétrage du profil d'une roue dentée

- Il est donc nécessaire de déterminer les diamètres des cercles tangents à la droite.
- Ces diamètres sont appelés cercles de bases et on associe alors la notion de diamètre de base
- Le lieu de contact entre le profil des deux cercles définit le cercle primitif (lieu où les surfaces axoïdes roulent sans glisser)
- Ce cercle primitif est alors défini par son diamètre primitif

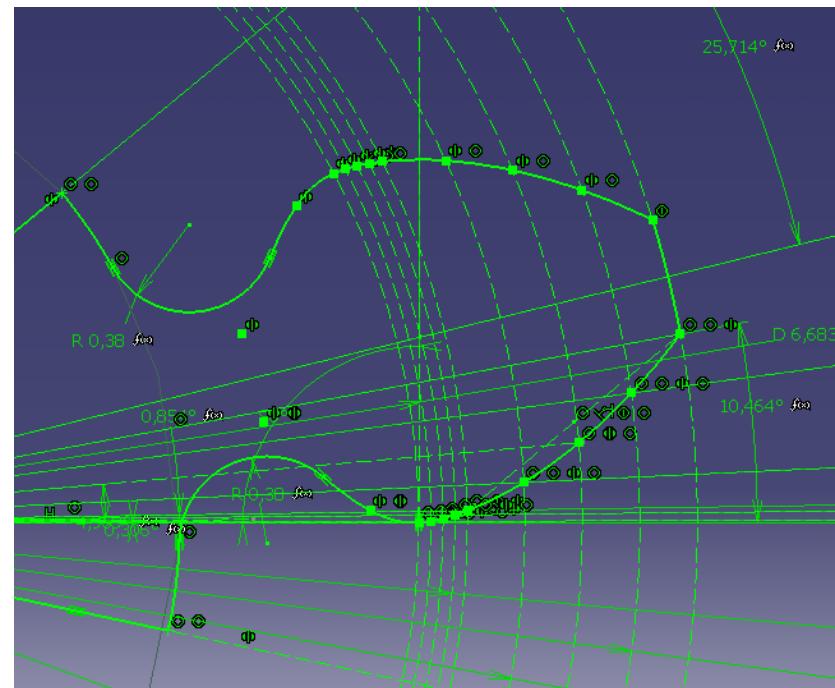
$$D_p = mZ$$

- m est appelé module, il permet de définir l'intégralité de la géométrie d'un pignon (il est calculé par un calcul de résistance des matériaux)
- Il permet de définir la taille et le profil de la roue
- Z est le nombre de dents (dépend de la réduction désirée et choisie)
- Deux pignons ne peuvent engrener que s'ils ont même module (sinon incohérence de la définition des surfaces axoïdes)
- On ne s'étonnera donc pas de voir apparaître le module dans toute la définition du profil



Utilisation du module esquisse - Paramétrage du profil d'une roue dentée

- Le profil en développante de cercle définit d'autres paramètres
- Pour cela rendez-vous sur le site <http://sebastien.thibaud.free.fr/> et suivre la présentation sur la définition d'un profil en développante de cercle
- Une fois cette présentation faite, Ouvrir le fichier Profil_Engrenage_Important.CATPart
- Ouvrir l'esquisse Profil
- On observe que le profil de l'engrenage est complètement paramétré à partir de 5 paramètres indépendants : le module, le nombre de dents, l'angle de pression, le coefficient de déport et le coefficient de qualité de l'engrenage
- On comprendra qu'il est impensable dans une formation aussi courte de mener cette étude complètement
- Néanmoins, ouvrir la commande des formules pour regarder la définition et les relations des formules.
- Une fois ceci effectué, sortir du mode esquisse
- On va passer à la création de pièces





Modélisation volumique

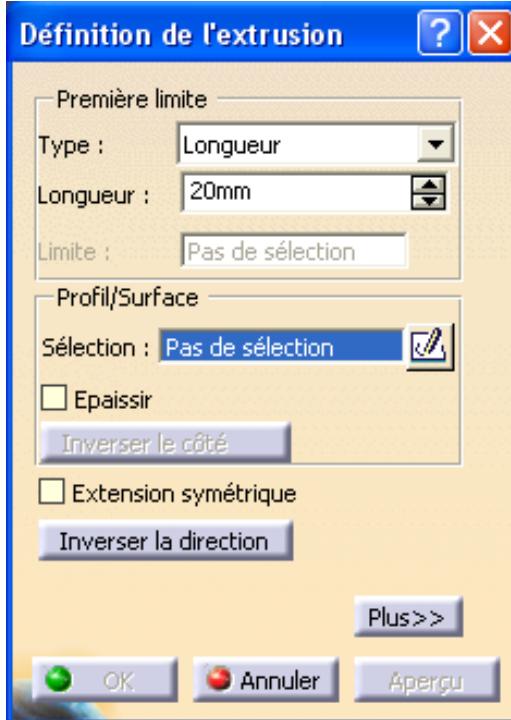
/

Part Design

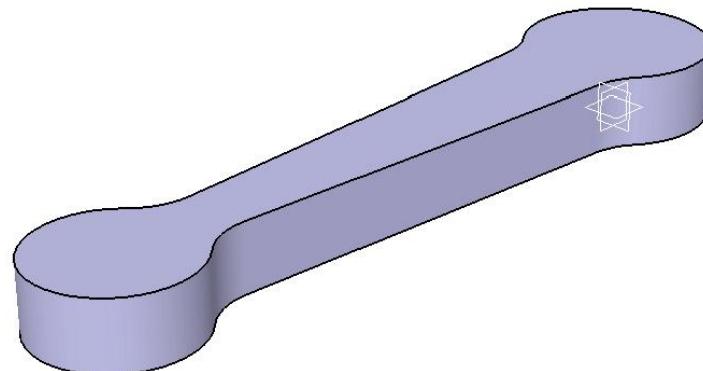


Part Design

- On va maintenant créer la bielle du micromoteur
- En premier lieu, fermer toutes les fenêtres puis ouvrir le fichier Bielle.CATPart
- Le profil de la bielle doit être extrudé pour obtenir la forme volumique de celle-ci
- Pour cela choisir l'outil d'extrusion
- La fenêtre suivante apparaît



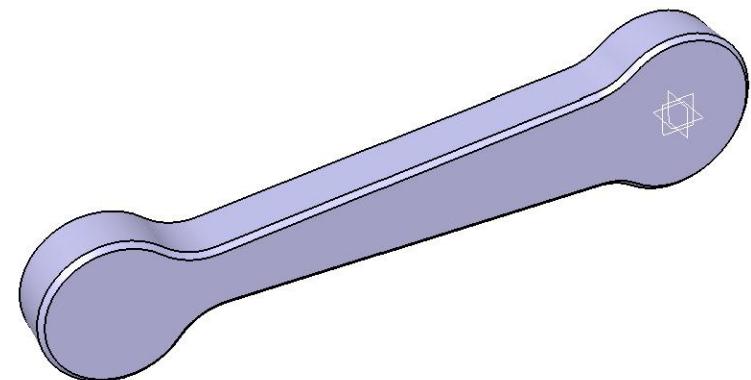
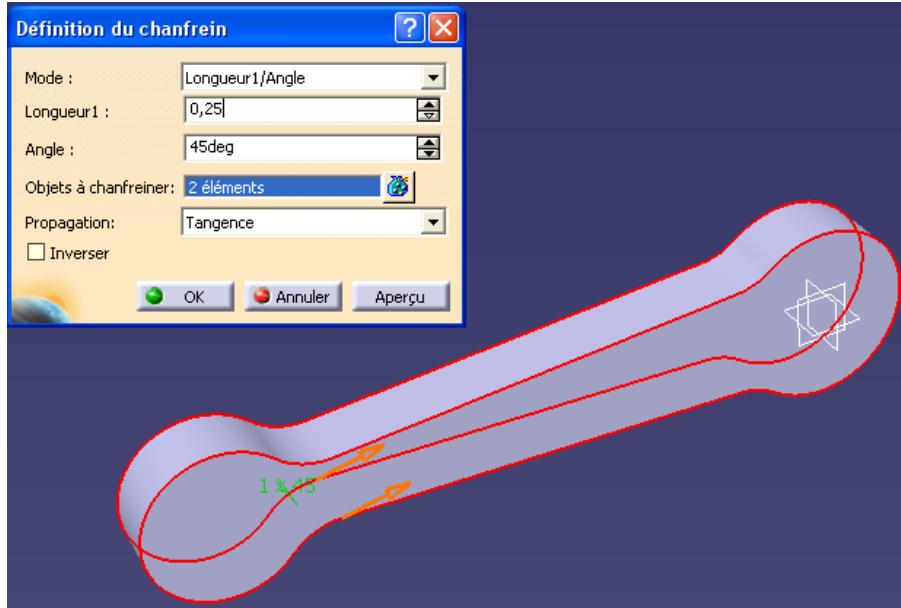
- Choisir comme profil, l'esquisse de la bielle (en cliquant dessus par exemple)
- Définir une longueur de 3 mm (épaisseur de la bielle)
- Faire OK, on obtient la représentation de la bielle
- Dans l'arbre des spécifications, l'esquisse se retrouve sous l'opération d'extrusion





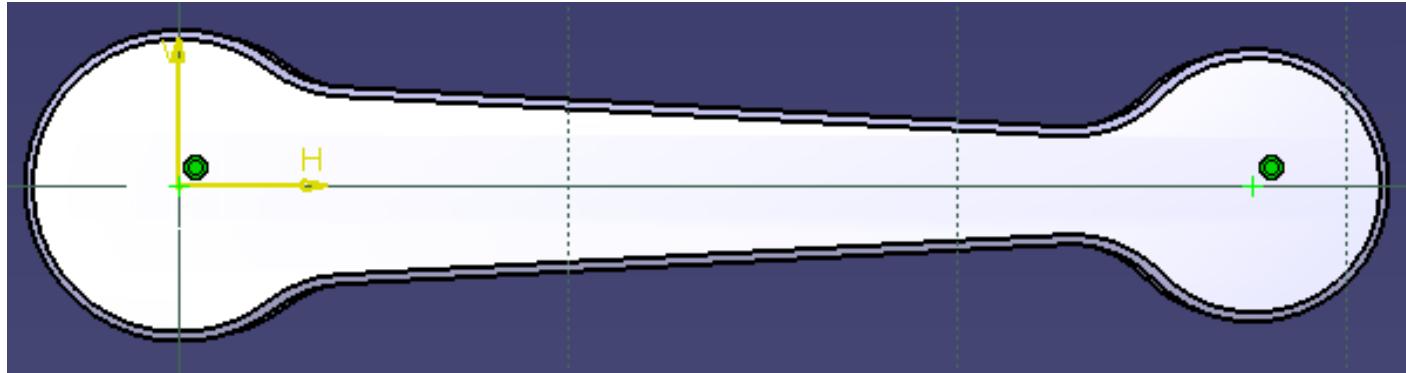
Part Design

- Les mécaniciens n'aiment pas trop les arêtes vives
- On va définir des chanfreins de 0,25mm sur celles-ci
- Pour cela utiliser l'atelier Chanfrein
- Sélectionner les deux faces et choisir une longueur de 0,25 mm pour un angle de 45° (0,25mm à 45°)
- Propagation : Tangence. Faire OK





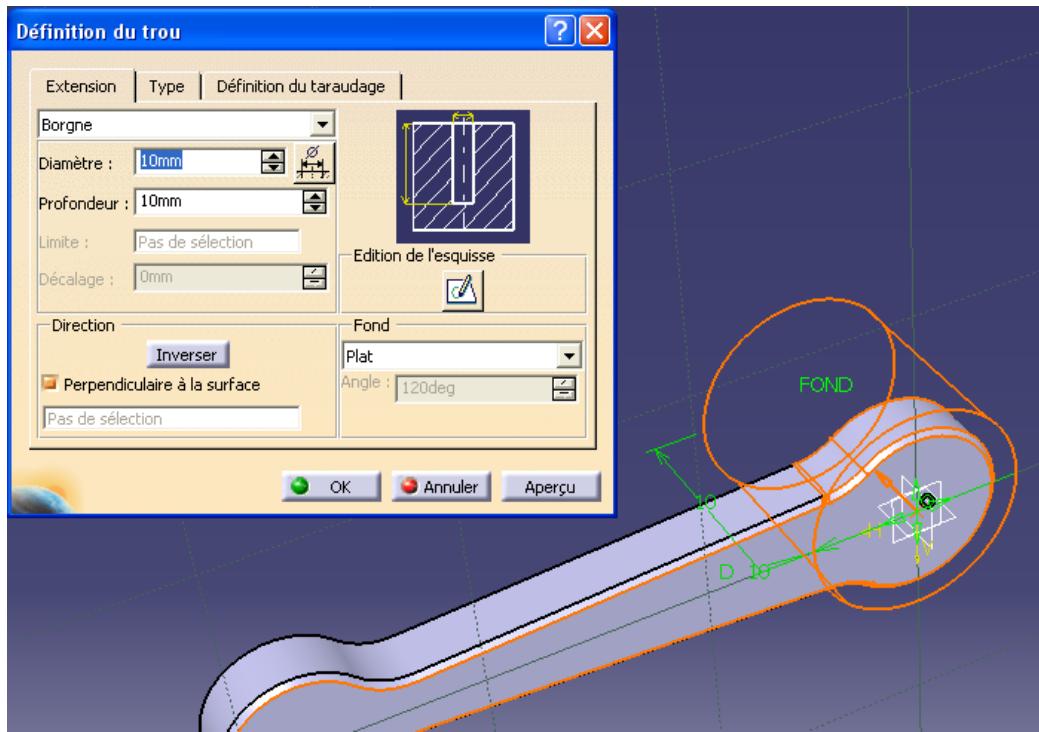
- Il reste à définir les alésages. Pour cela, on va réfléchir encore Produit/Process
- La pièce va être percée puis alésée
- Pour cela, il faut donc que des centrages soit effectués. Et bien, il faudrait donc définir les points de centre
- Sélectionner le mode esquisse et cliquer sur une des deux faces planes
- Utiliser l'outil Point et placer deux points (très approximativement) proches du centre des perçages
- Dans CATIA, on peut contraindre une entité d'une esquisse par rapport à une géométrie volumique
- Dans notre cas, définir (sans la poser) la cote entre un de ces point et l'arête extérieure (circulaire) de la bielle et faire bouton droit → Concentrique
- Le point est alors défini au centre du premier cylindre, faire de même avec le second point





Part Design

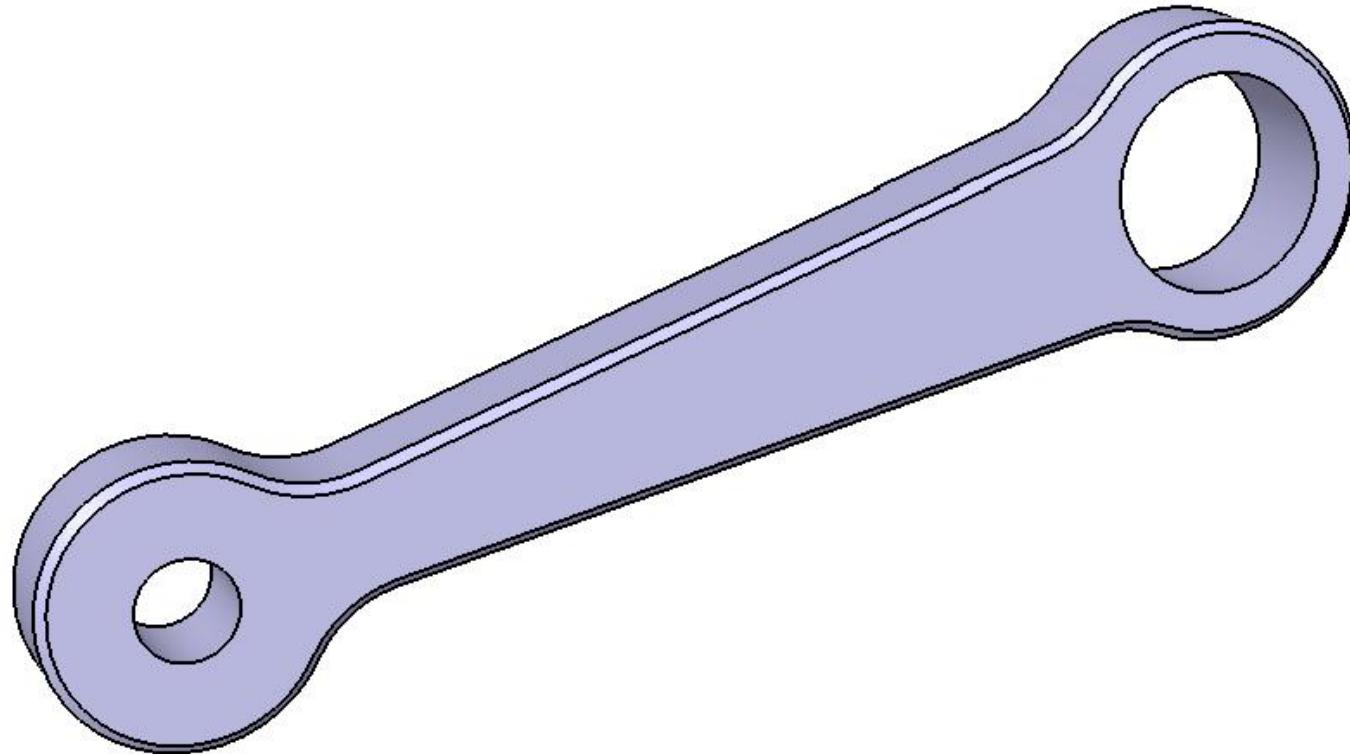
- Sortir du mode esquisse
- Les deux points sont donc positionnés sur la surface
- Définir la commande Trou
- Sélectionner alors le point au centre du plus grand cylindre puis sur la surface plane où se trouve le point (surface sur laquelle on vient percer)



- Définir un trou **Jusqu'au dernier** (au lieu de Borgne)
- Définir alors un Diamètre de 5,5mm
- En cliquant sur on peut définir la tolérance fixée (ici H7 et pas de tolérance d'enveloppe)
- Ceci permet notamment à CATIA, dans le cas de la mise en plan de définir directement la cote de Ø5,5H7
- Utile aussi pour le tolérancement 3D
- Pour le moment, ne sélectionner pas cette option
- Faire OK. L'alésage est réalisé



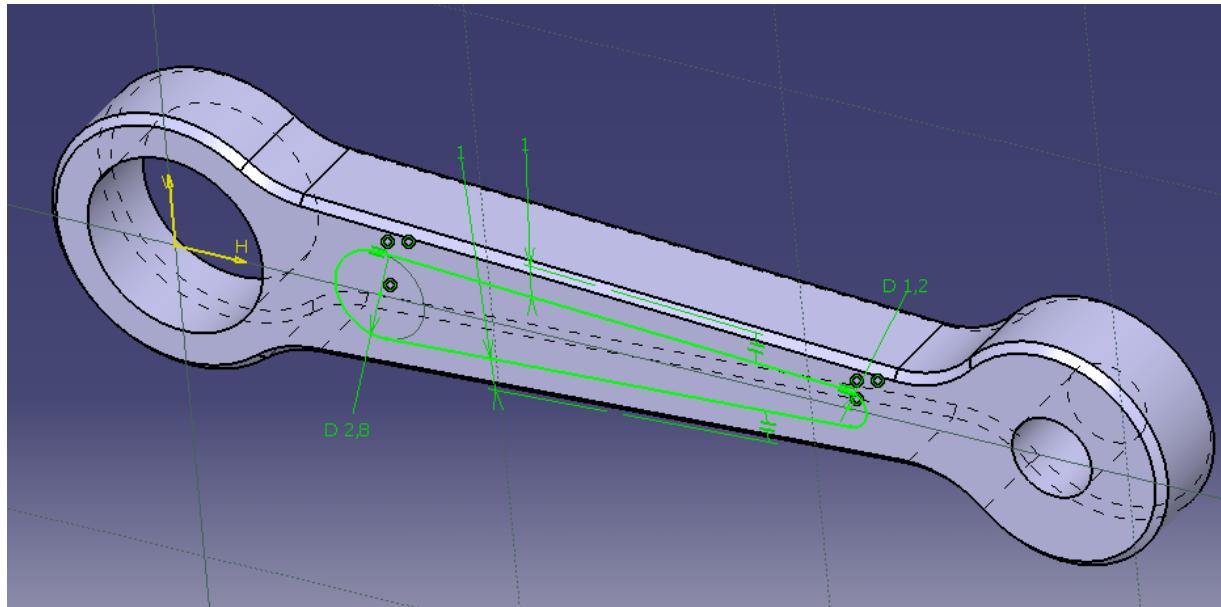
- Faire de même avec le second trou. Un trou débouchant de Ø2,5H7
- Cacher l'esquisse définissant les points de centres et les 3 plans xy , yz et xz
- La bielle est alors terminée. Sauvegarder en [BielleVolumique.CATPart](#)





Part Design

- On va tout de même, faire de nouvelles opérations sur cette Bielle
- On va lui créer des décochements pour l'alléger (comme si elle ne l'était pas assez)
- Ceci va nous permettre de voir, le mode d'esquisse en 3D avec des contraintes sur des opérations déjà effectuées ainsi que l'outil de Poche
- Créer une esquisse sur une des surfaces planes de la bielle

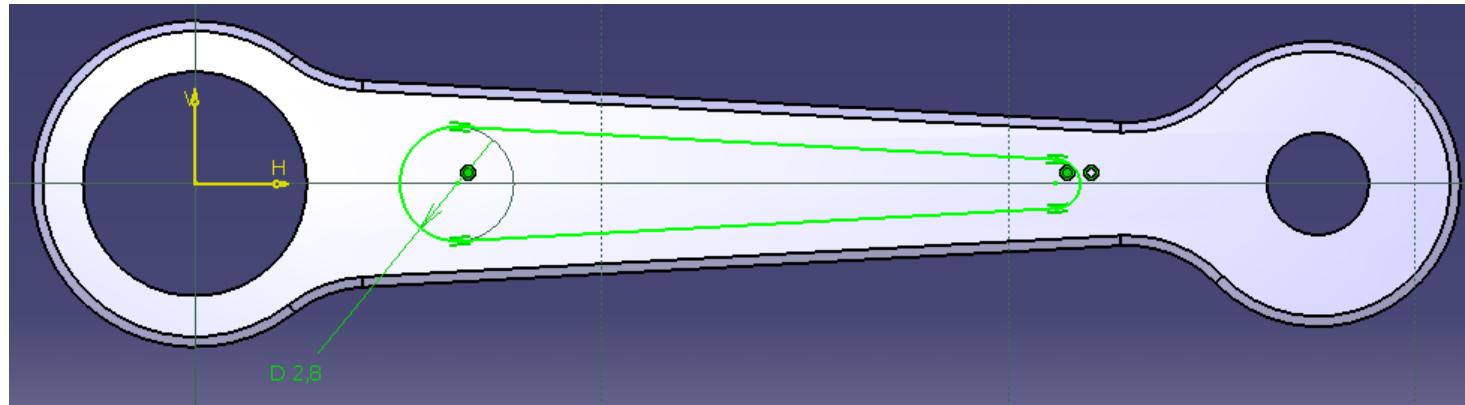


- Les contraintes de parallélismes sont effectuées entre la droite dessinée et l'arête extérieure de la bielle (comme la contrainte de longueur = 1 mm)



Part Design

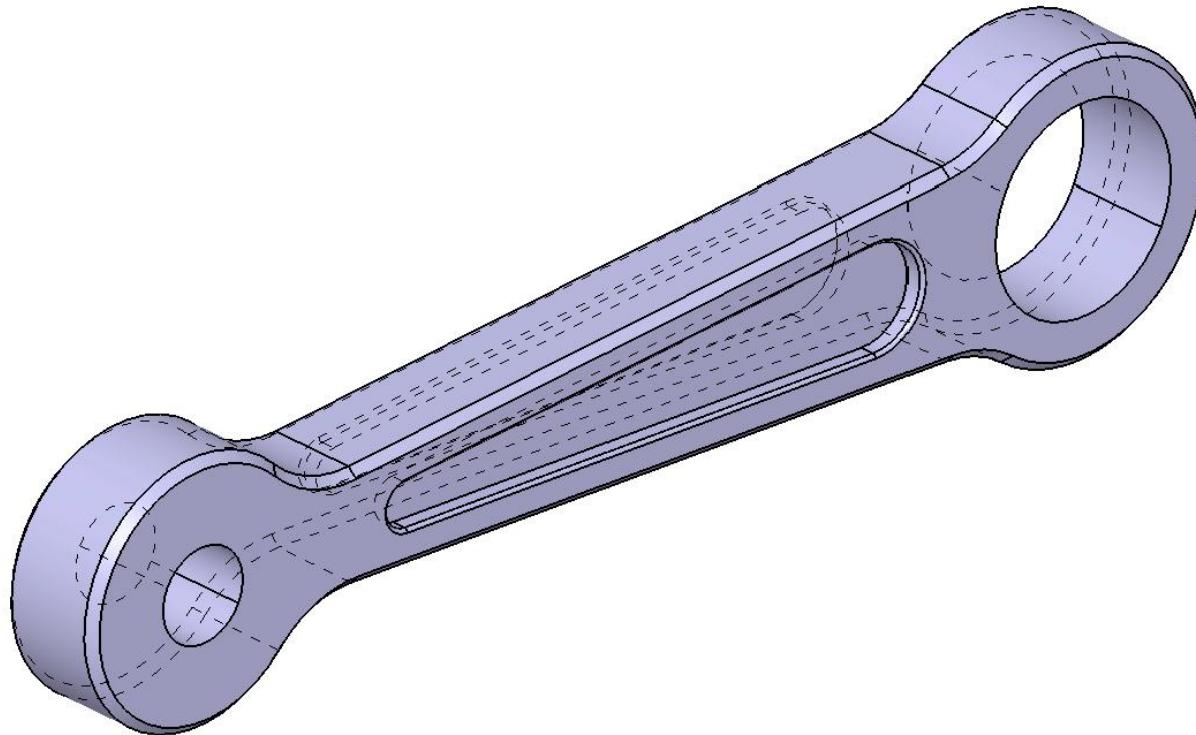
- Pour passer en mode 3D, il suffit d'utiliser les modes de manipulations présentés
- Pour revenir dans le plan de l'esquisse, utiliser le mode de vue normale
- Une fois cette esquisse effectuée et surtout contrainte, sortir de l'esquisse
- Utiliser l'outil Poche . Définir une longueur de poche = 0,5mm
- Réaliser alors une seconde esquisse sur la deuxième face (surface plane) de la bielle
- Définir une esquisse identique à la précédente en faisant apparaître des contraintes de coïncidences et de coaxialités par rapport à la première poche
- Sortir de l'esquisse et effectuer la même opération de poche (longueur = 0,5 mm)





Part Design

- Vous obtenez alors la bielle avec ses deux décochements
- Définir alors sur les arêtes extérieures des décochements (arêtes placées sur les surfaces planes extérieures), un congé de raccordement par utilisation de
- Définir des raccords de 0,1 mm (rayon)

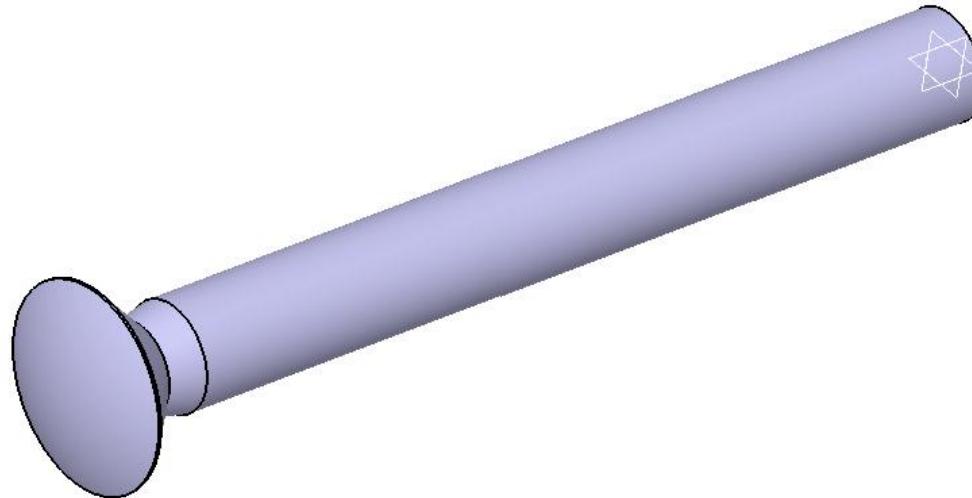




Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Passons à un deuxième type de pièces : les composants issus d'une révolution
- Ouvrir l'esquisse [Vis.CATPart](#) et commencer par le sauvegarder en [VisVol.CATPart](#)
- Utiliser la commande révolution et sélectionner l'esquisse du profil de vis
- On s'aperçoit ici d'une des utilités d'avoir dessiner l'axe de la vis : CATIA le sélectionne comme étant l'axe de révolution par défaut
- On veut une révolution complète, ce qui est proposé par défaut, donc faire OK
- Le profil de la vis est alors défini





Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Il reste à définir maintenant deux nouvelles opérations pour obtenir la (les) vis souhaitée(s)
- La tête fendue (fraisée) et le pas fileté
- En premier lieu, définissons le pas fileté par utilisation de
- Sélectionner la face de révolution sur laquelle s'appuie le filetage comme Face latérale
- Sélectionner la face plane extrémité de la vis comme Face limite
- Donner une définition en Pas Métrique Gros avec pour référence M6
- Pour une longueur de filetage qui dépend de la longueur de la vis ...
- Garder la valeur par défaut de 10 mm

Comment définir la longueur filetée avec la longueur de vis ?

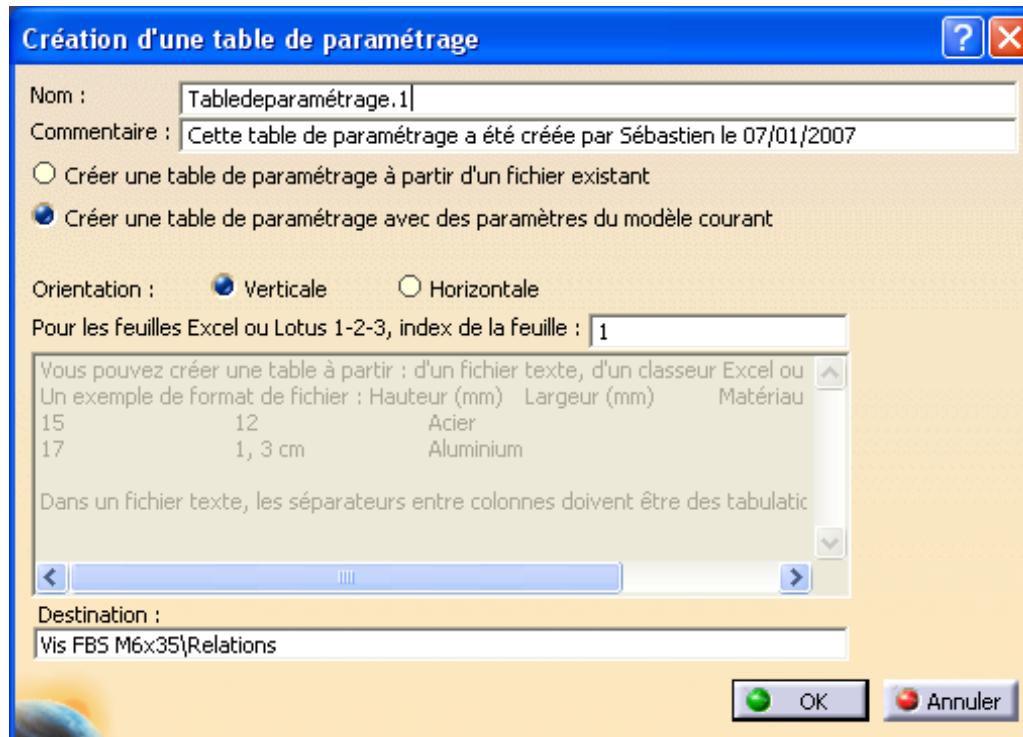
- Si on regarde le tableau associé aux Vis FBS, on s'aperçoit que la longueur filetée dépend de la longueur avec tête ainsi que de a et k
- Sauf dans le cas de vis de grandes longueurs où les longueurs filetées sont fixées
- Dans le cas des Vis M6x50, M6x55 et M6x60, les longueurs filetées sont de 38 mm
- Pour définir ces contraintes, il est intéressant d'utiliser les tables de paramétrages évoquées précédemment



Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Définir une table de paramétrage par utilisation de
- Sélectionner *Créer une table de paramétrage avec des paramètres du modèle courant*
- Choisir une orientation *Verticale*
- Faire OK





Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Dans les paramètres à insérer, filtrer par *Type Paramètres renommés* et choisir *Longueur_Vis* (le faire basculer dans les paramètres insérés). Faire OK
- Créer alors un fichier VisFBSM6.xls et Enregistrer
- La pièce devient rouge : elle n'est pas mise à jour. Une nouvelle fenêtre apparaît → Faire *Modifier la Table* dans l'onglet Configurations
- Excel s'ouvre avec une table VisFBSM6.xls où apparaît le paramètre *Longueur_Vis* (mm) et la valeur courante du paramètre
 - En reprenant le tableau du Mémotech, définir toutes les longueurs avec tête
 - Dans la seconde colonne du tableau définir la longueur filetée (mm). Dans la cellule B1, écrire : *Longueur_Filt* (mm)
 - Définir alors les longueurs filetées associées aux longueurs de Vis par la formule, pour la cellule Bk : $=Ak-5,3$ mm (i.e. la longueur avec tête diminuée des paramètres $a=2$ mm et $k=3,3$ mm)
 - Attention, cette formule n'est pas valide pour les longueurs de 50,55 et 60 mm : il faut définir une longueur filetée de 38mm



Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

Microsoft Excel - VisFBSM6.xls

Edition Affichage Insertion Format

B2 f =A2-5,3

	A	B
1	Longueur_Vis (mm)	Longueur_Filt (mm)
2	8	2,7
3	10	6,7
4	12	8,7
5	14	10,7
6	16	12,7
7	20	16,7
8	25	21,7
9	30	26,7
10	35	31,7
11	40	36,7
12	45	41,7
13	50	38
14	55	38
15	60	38
16		

La table de paramétrage est donc associée à une feuille Excel, complètement modifiable



Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Fermer Excel et accepter d'enregistrer les modifications
- CATIA vous informe alors que le fichier associé à la table de paramétrage a été modifié et que celle-ci vient d'être synchronisée. Fermer alors le Rapport de gestion des connaissances
- Pour le moment, on peut voir que la table ne comporte que les données associées à la longueur de vis
- Il faudrait définir la longueur filetée présente dans le fichier Excel comme un paramètre
- Cliquer sur l'onglet **Associations**
- Cliquer sur **Créer des paramètres**, CATIA vous propose le paramètre **Longueur_Filt** comme paramètre et tel qu'il soit défini comme une longueur
- Ce nom vient de la case B1 et pour CATIA la référence (mm) lui donne le type de paramètre (longueur)
- Faire OK. Le paramètre **Longueur_Filt** est alors créé (arbre des spécifications) et associé à la seconde colonne du tableau Excel.
- Sélectionner la case **Dupliquer les données dans le modèle CATIA** et faire OK
- Dans l'arbre des spécifications, faire un double-clic sur l'opération Filetage/Taraudage
- Dans la case Prof. Taraudage, faire bouton droit **Éditer formule**
- On va définir l'association entre la longueur filetée et le paramètre **Longueur_Filt**
- Rechercher alors le paramètre **Longueur_Filt** et faire un double clic. La formule est définie. Faire OK

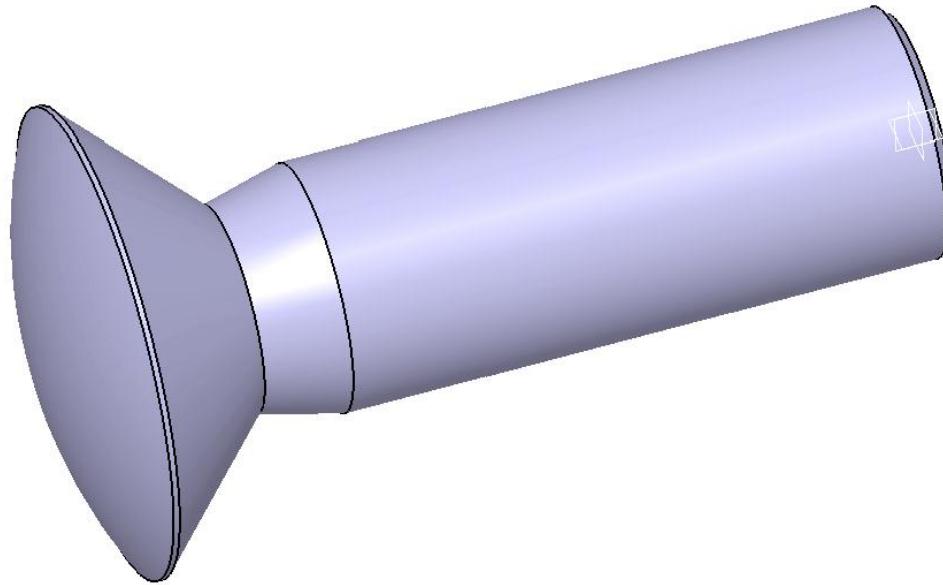




Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Après avoir valider, l'opération de filetage
- Choisir une Longueur de vis de 50 mm et remarquer que la longueur filetée est bien de 38mm
- Le paramétrage est alors terminé
- Créer alors un chanfrein sur le bout de la vis de 0,25mm à 45°
- On obtient alors ce type de représentation

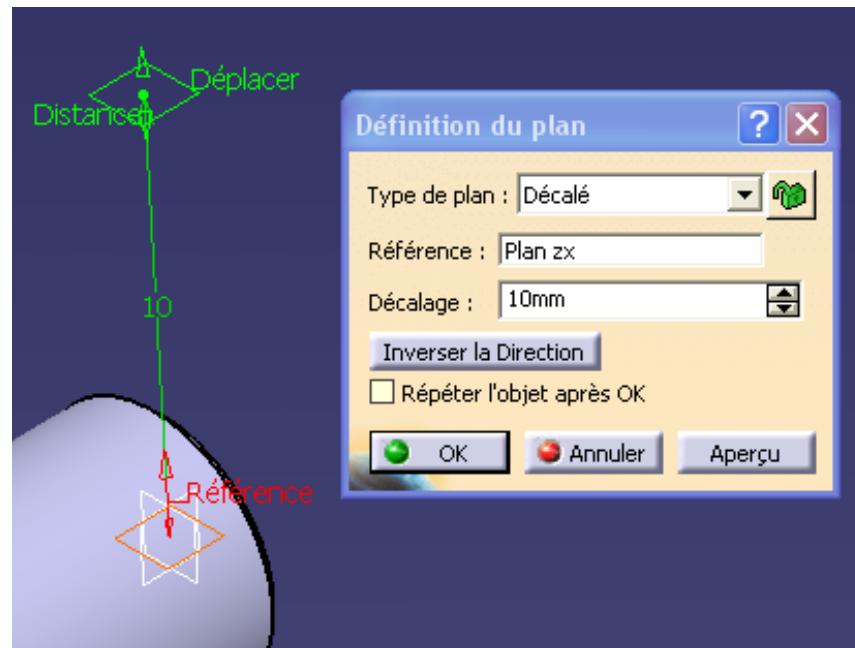




Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Sauvegarder la pièce ainsi obtenue en **VisVol.CATPart** puis **VisType1.CATPart**
- Il y a deux grandes options pour réaliser la fente : les opérations booléennes et la création d'une poche
- On va commencer par la création d'une poche
- Définissons un plan parallèle au plan *xz*
- Type de plan : **Décalé** ; Référence : Plan *zx* ; Décalage 10 mm . Faire OK

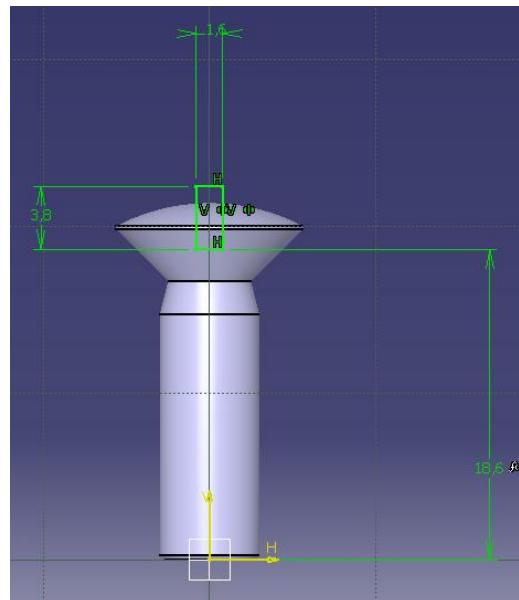




Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Créer alors une esquisse s'appuyant sur ce plan
- Définir une esquisse rectangulaire telle que présentée ci-dessous
- La cote de profondeur de la fente doit être paramétrée telle que cette longueur $L = \text{Longueur_Vis} + f - tb$
- La largeur est égale à n et la fente est symétrique par rapport à l'axe de la vis
- La hauteur du rectangle n'est pas une nécessité (on peut avoir des profils sous contraints) tant qu'il dépasse la tête de vis. Néanmoins définir cette cote en $tb+1\text{mm}$

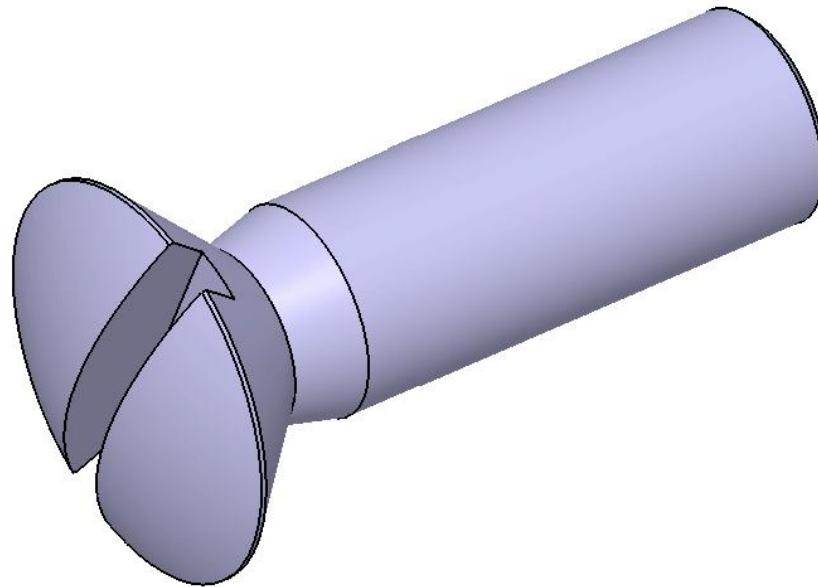




Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL

- Sortir de l'esquisse et enregistrer en [VisType2.CATPart](#) puis [VisType1.CATPart](#)
- Utiliser la fonction Poche et choisir l'esquisse de la fente
- Définir le Type : [Jusqu'au dernier](#) et Faire OK.
- Cacher les plans non nécessaires à la visualisation de la pièce
- La première méthode donne alors la vis désirée. Modifier la longueur de la vis pour vérifier le bon paramétrage





Part Design

Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL - Type 2

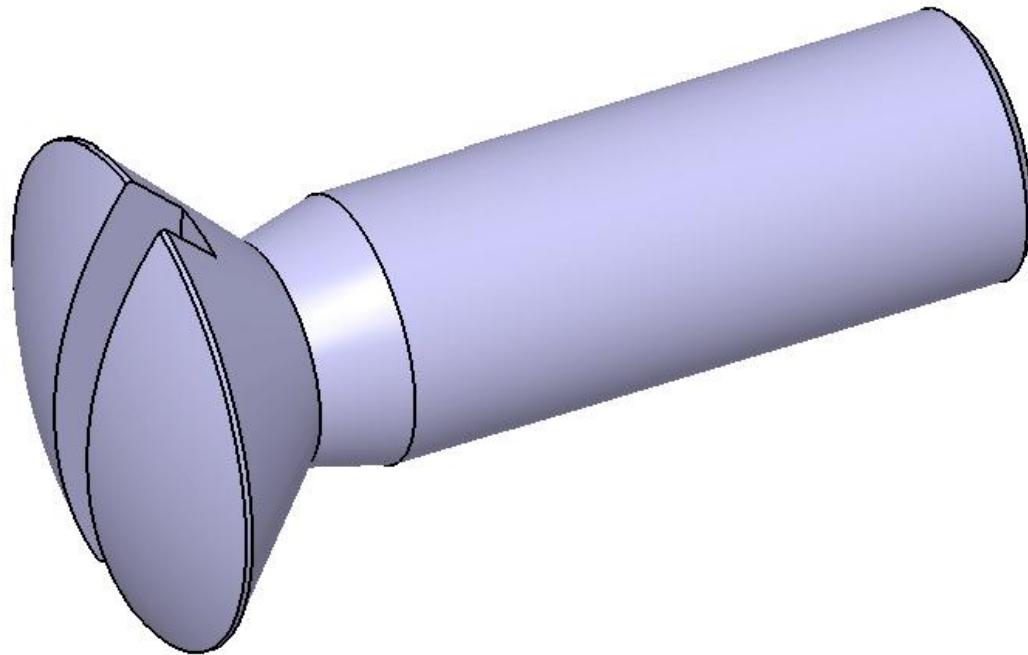
- Ouvrir le fichier VisType2.CATPart
- La deuxième méthode consiste à créer une nouvelle pièce et à la soustraire au corps de vis
- Pour cela : Menu-Déroulant → Insertion → Corps de Pièce
- Un nouveau corps est alors inséré au même niveau que le Corps principal dans l'arbre des spécifications
- Ce corps est alors souligné → c'est l'objet actif. Par la suite, tout ce qui va être défini sera dans ce corps de pièce, sauf si l'on redéfinit le Corps principal comme élément de travail (Bouton droit : Définit l'objet de travail)
- Sélectionner l'esquisse de la fente dans le Corps principal et faire couper (Ctrl+X)
- Sélectionner le Corps de pièce et faire coller (Ctrl+V)
- L'esquisse se retrouve sous le corps de pièce
- Extruder alors le profil sur une longueur de 20mm dans la direction de la vis (inverser direction si nécessaire) et faire OK
- Il nous reste à soustraire ce volume au corps principal. Pour cela faire Enlevez
- Cliquer le volume à retirer puis la vis. Faire OK
- On obtient de la même manière la vis désirée
- Le Corps de pièce a disparu et se retrouve dans l'arborescence du Corps principal (sous Enlevez)





Part Design - Modélisation paramétrique d'une Vis FBS M6xL - Type 2

- Le Corps Principal est de nouveau l'objet de travail
- Sauvegarder

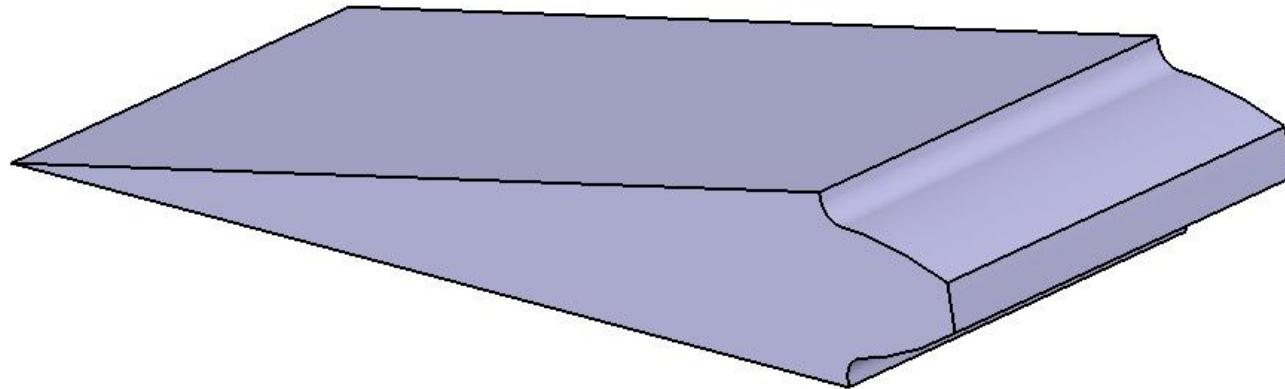




Part Design

Part Design - Roue dentée et Copie Optimisée

- Nous allons utiliser l'esquisse totalement paramétrée définissant le profil d'un roue dentée
- Soit ouvrir le fichier Profil Engrenage_Important.CATPart
- Définir un module de 0,5mm ; Z= 35 dents, $\alpha=20^\circ$, pas de déport et $K=7$ ($K=3$ est-il possible ?)
- Définir une extrusion avec une longueur égale au paramètre LargeurDenture (Éditer fonction). Faire OK



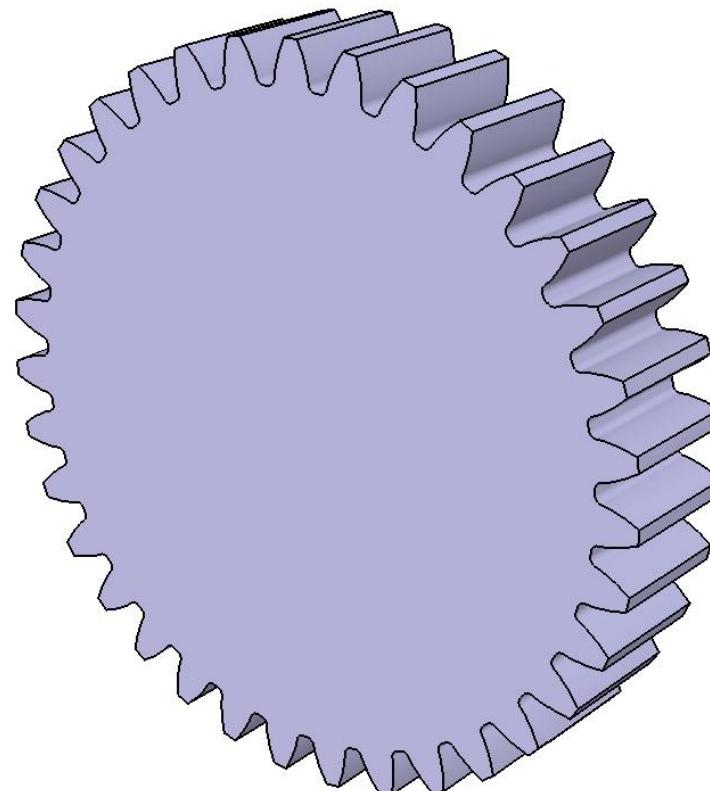
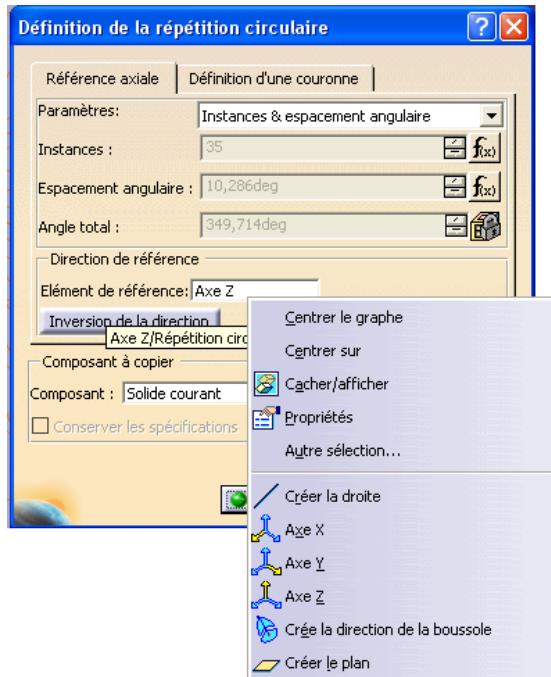
- Définir alors une répétition circulaire de ce volume
- Choisir comme paramètres : Instances et espacement angulaire
- Définir les instances : Bouton Droit dans Instances -> Éditer formule -> Paramètre Z



Part Design

Part Design - Roue dentée et Copie Optimisée

- Espacement angulaire : Bouton Droit → Éditer formule → $360\text{deg}/Z$
- Direction de référence : Cliquer Bouton Droit dans Élément de référence → Choisir Axe Z
- Faire OK. On obtient bien une roue dentée avec 35 dents et de module 0,5mm.
- Sauvegarder en PignonZ35.CATPart

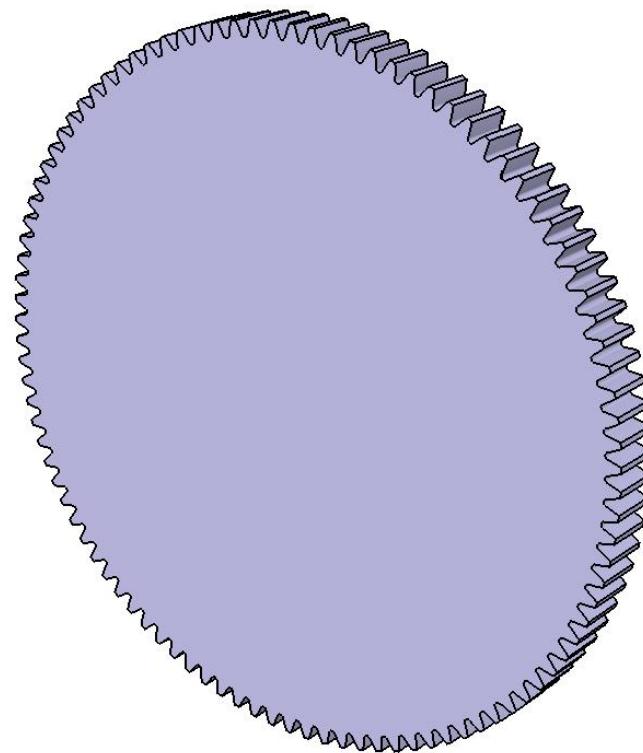
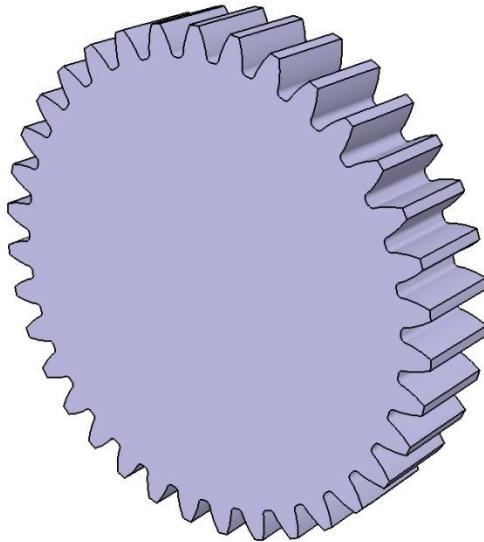




Part Design

Part Design - Roue dentée et Copie Optimisée

- Changer alors le nombre de dents en $Z=100$ dents. Le résultat est immédiat (que dire si l'on devait redessiner de A à Z le profil pour chaque roue)
- Sauvegarder en PignonZ100.CATPart





Part Design

Part Design - Roue dentée et Copie Optimisée

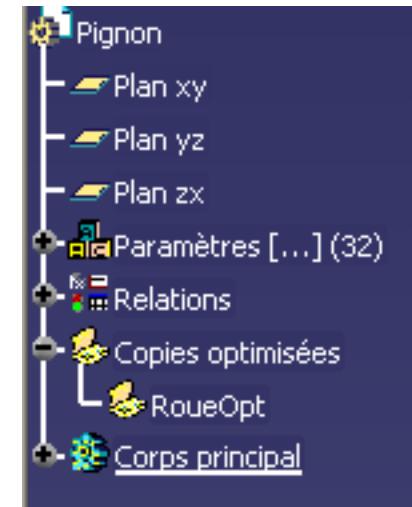
- Comment faire pour définir une roue dentée étagée (deux roues l'une sur l'autre) avec des caractéristiques différentes ?
- On utilise alors un outil très puissant : la Copie Optimisée (Powercopy)
- Fermer toutes les pièces. Faire Fichier-Créer à partir de : Sélectionner le fichier PignonZ100.CATPart
- Le nouveau fichier a été renommé PignonZ100_1.CATPart. Enregistrer en RoueEtagee.CATPart
- Ouvrir PignonZ35.CATPart
- On va définir un plan qui permettra de positionner plus tard la copie optimisée de ce pignon
- Pour cela définir un plan parallèle (décalage nul) au plan de l'esquisse, i.e. le **plan xy**
- Renommer ce plan en PlanSupport (Alt+Entrée puis Onglet Propriétés de l'élément)
- Sélectionner à présent la fonction *Créer une Copie Optimisée*
- Une fenêtre apparaît, on souhaite définir toute la roue et sa définition (paramètres et relations)
- Il est possible de définir des parties de pièces et pas uniquement la totalité
- Pour cela cliquer dans l'arbre des spécifications sur Paramètres, Relations et Corps Principal
- On voit ainsi apparaître dans le fenêtre Composants sélectionnés : Les paramètres, relations et le corps principal sous Copie Optimisée
- Dans la fenêtre Entrée des composants : le plan xy est associé au corps principal



Part Design

Part Design - Roue dentée et Copie Optimisée

- Ceci est assez logique puisque l'esquisse définissant le profil s'appuie sur ce plan
- Nommer cette copie en RoueOpt
- Se placer dans l'onglet Paramètres. On désire pouvoir changer les caractéristiques de ce pignon une fois instancié
- Rechercher alors les paramètres module, Z, anglePression, x et CoeffQualiteEngrenage et les Publier
- Faire OK. Une nouvelle branche de l'arbre des spécifications apparaît : les Copies Optimisées.
- Enregistrer et fermer la pièce
- Par la suite, il est nécessaire que la pièce soit fermée pour faire la copie

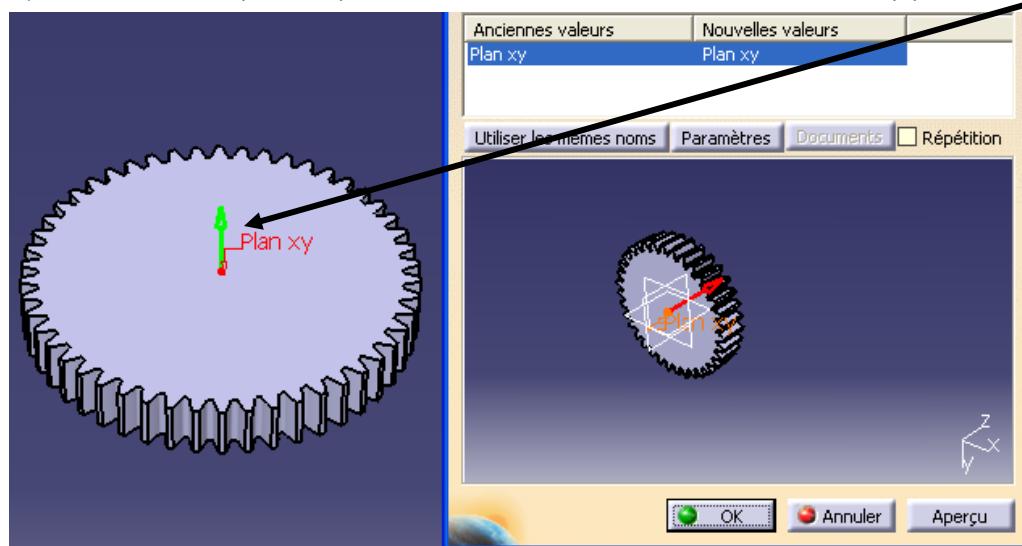




Part Design

Part Design - Roue dentée et Copie Optimisée

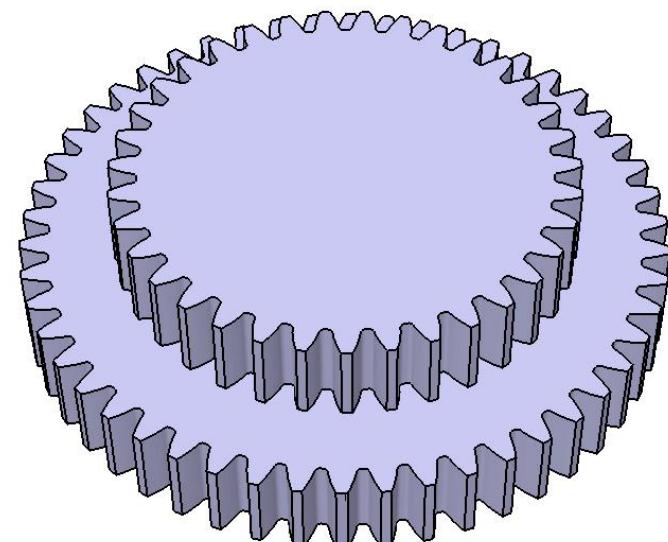
- Revenir à la pièce **RoueEtagee.CATPart**. Si ce n'est pas fait renommer la pièce en **Roue Etagee**.
- Définir le **Corps principal en Objet de travail** et le renommer en **Roue Principale**
- Insérons la copie optimisée. Pour cela utiliser la fonction *Instancier à partir d'un document*
- Sélectionner alors la pièce **PignonZ35.CATPart**. Un avertissement apparaît pour signifier une autre destination d'insertion. Valider.
- Une fenêtre apparaît pour insérer la copie. On doit définir l'orientation du **plan xy** dans la nouvelle pièce.
- Sélectionner le **plan xy** de la roue principale et définir une orientation opposée (**vecteur vert**). Faire OK





Part Design - Roue dentée et Copie Optimisée

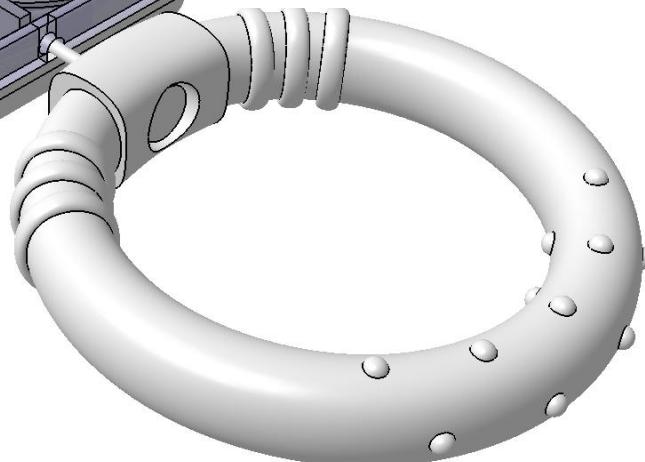
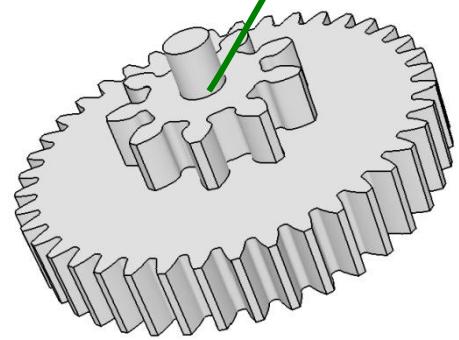
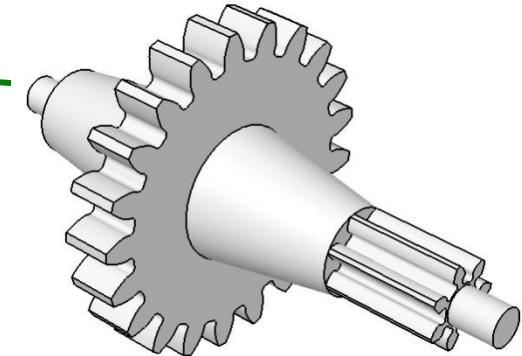
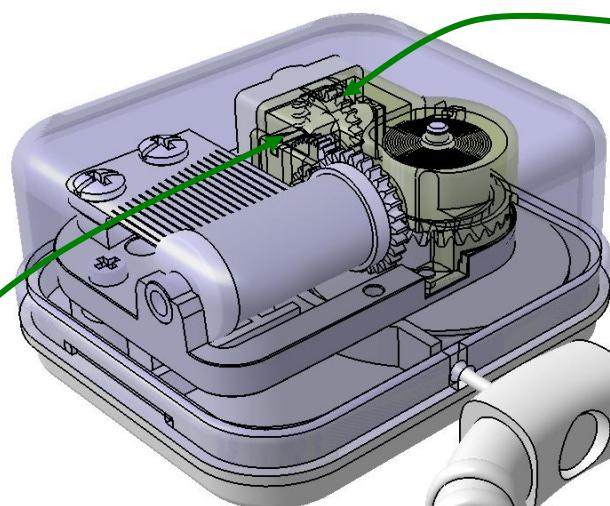
- La copie est alors créée et placée dans un corps de pièce
- La copie est positionnée correctement car les deux pièces sont centrées identiquement (normal ce sont initialement les mêmes pièces)
- En toute rigueur, il faudrait définir les deux autres plans perpendiculaires. Mais rien ne l'empêche puisque CATIA à créé deux Corps de pièces (la roue principale et la copie optimisée)
- La position est donc correcte. Renommer le Corps de pièces en **Roue Secondaire**
- Utiliser alors la fonction Assemblage . Sélectionner la Roue Secondaire. La pièce est assemblée
- L'arbre des spécifications a deux jeux de paramètres
- Le premier jeux pour la Roue Principale
- Le second jeux pour la Roue Secondaire
- Modifier les paramètres pour voir l'influence
- On a donc une roue étagée entièrement paramétrée
- Enregistrer
- Ce type de roue dentée est TRES courant en mécanique





Part Design

Exemple d'un Jouet musical



Par S. Thibaud - 2006



Assemblages et contraintes

/

Assembly Design



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Maintenant que l'on a introduit les deux modules principaux de conception (Sketcher et Part Design), on désire pouvoir définir des ensembles, i.e. des assemblages de composants
- Pour cela, activer le module Assembly Design (Démarrer -> Conception Mécanique -> Assembly Design)
- Pour faire un assemblage, il est aussi nécessaire d'ouvrir les pièces constitutives
- Dans le répertoire **AssemblyDesign**, ouvrir toutes les pièces CATPart
- Faire Fenêtre -> Mosaïque Horizontale
- On doit obtenir une représentation proche de la photo de la page suivante

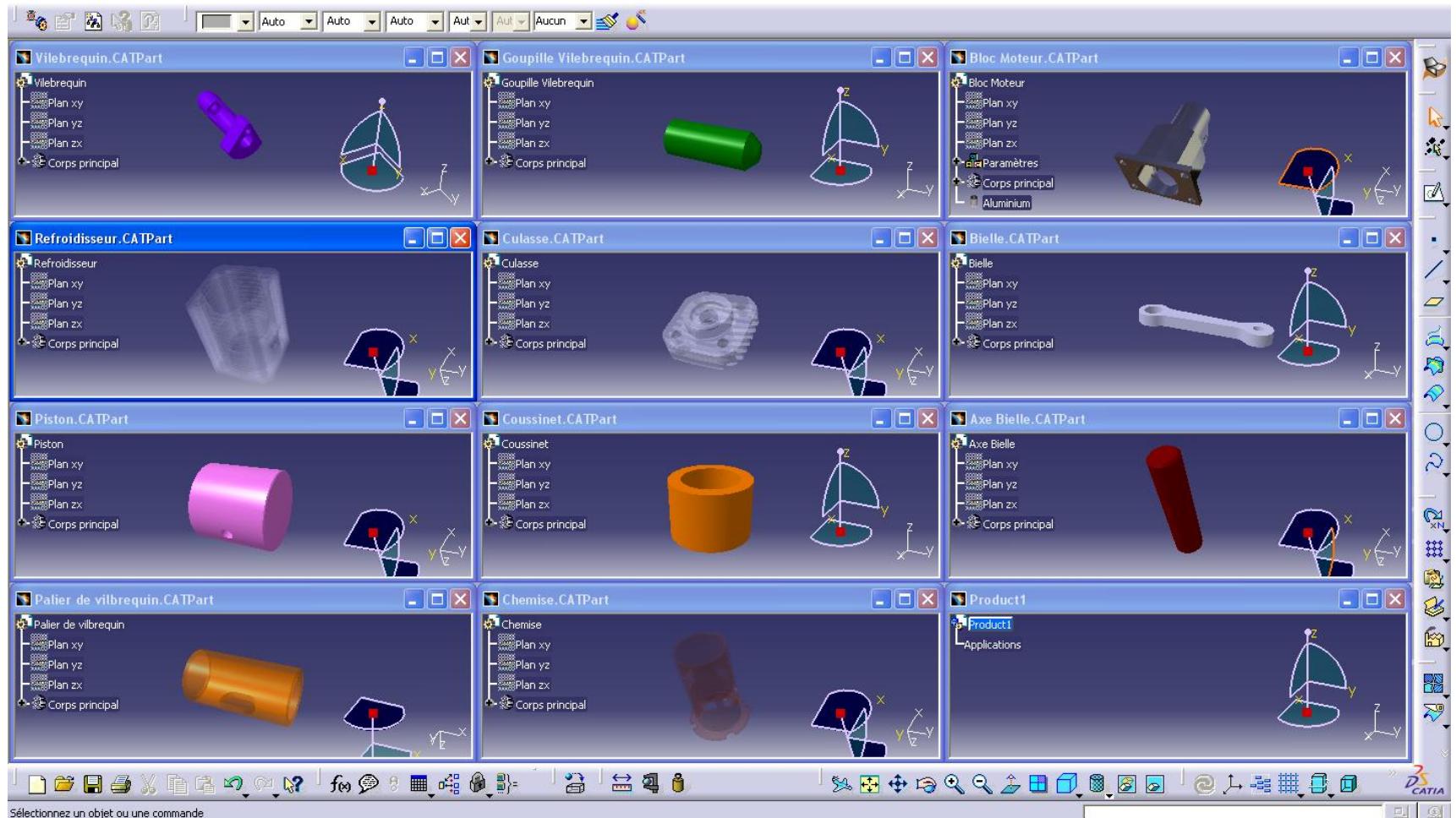
Micromoteur proposé en enseignements de Fabrication Mécanique de l'ENSMM

Par J.P. Bigle, C. Dielemans et L. Guyout



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

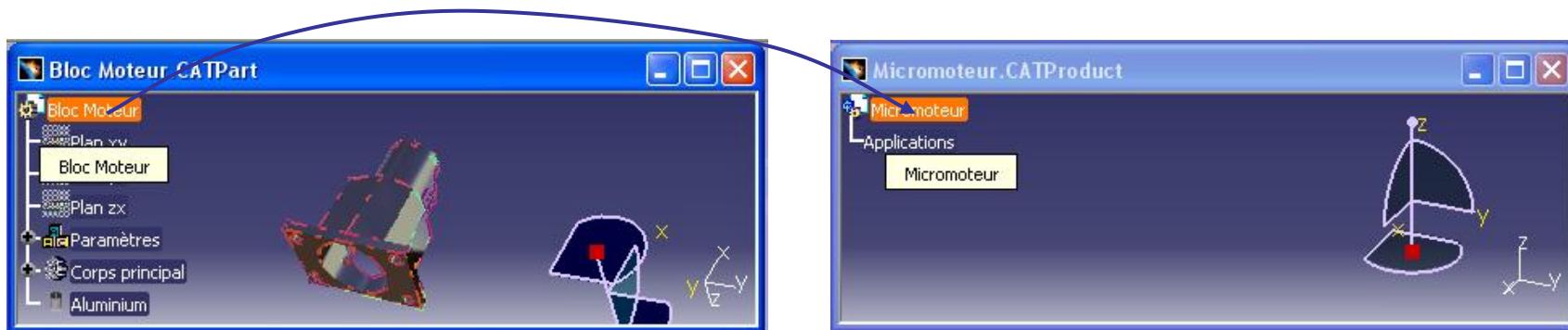




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- On doit alors définir l'ensemble de ces pièces dans l'assemblage
- Revenir à la fenêtre d'assemblage et renommer l'assemblage Micromoteur (Bouton droit sur le produit dans l'arbre de spécification et Propriétés ou Alt+Entrée)
- On note que par défaut l'onglet Micromoteur est encadré bleu ... ceci est important dans le cas de sous assemblages
- De la même manière que lors d'une conception, une **méthode propre d'assemblage** est plus que préférable
- On va alors introduire les pièces une à une dans l'assemblage
- Pour cela, faire un glisser-déposer du bloc moteur vers l'onglet micromoteur (assemblage)

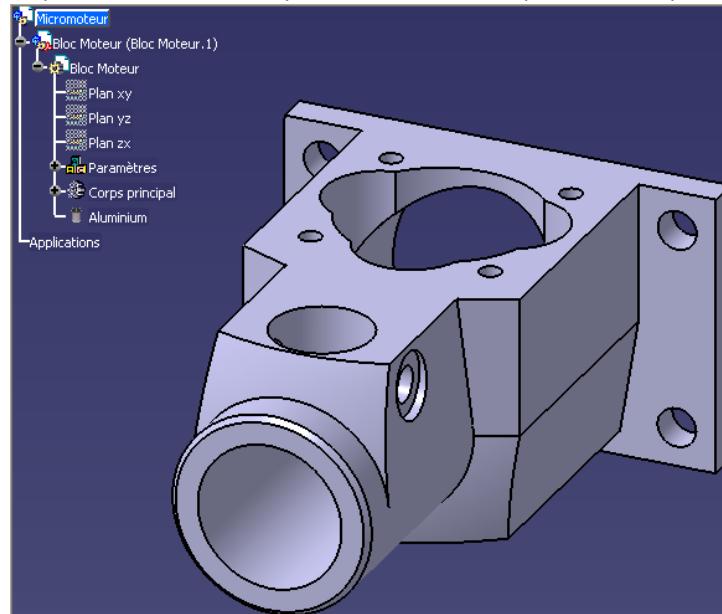




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Le composant **Bloc Moteur** est alors inséré dans l'assemblage et apparaît dans l'arbre des spécifications en tant que **Composant**
- Un composant est une pièce ou un assemblage
- On remarque que derrière l'intitulé **Bloc Moteur** se trouve entre parenthèse l'intitulé **Bloc Moteur.1**
- Dans un assemblage, on peut retrouver une multitude de fois le même composant (ici N°1)
- Si nécessaire réduire la transparence de la pièce à 0 (Corps Principal -> Propriétés-> Graphique)





Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Passer en contexte composant Bloc Moteur (Double Clic sur Bloc Moteur (Bloc Moteur.1))
- On passe alors au niveau du composant (qui peut être on le rappelle un autre assemblage ou une pièce)
- Ici il s'agit d'une pièce. Bloc Moteur (Bloc Moteur.1) est alors encadré bleu.
- Toutes les manipulations ou modifications se font aux sous niveaux de cet encadré bleu.
- Passer en contexte Pièce Bloc Moteur. Le dernier atelier utilisé sur une pièce apparaît
- On travaille à l'échelle de la pièce et non plus au niveau du composant
- Cette notion est très importante
- Prenons un exemple concret : l'assemblage des différents composants (tiens) d'une voiture
- Les ingénieurs motoristes conçoivent le bloc moteur (constitué de dizaines de composants lui-même)
- Les ingénieurs châssis conçoivent eux le châssis devant accueillir le bloc moteur. La caisse en blanc est elle aussi constituée de plusieurs pièces.
- On veut alors savoir si le châssis permettra d'accueillir correctement le bloc moteur
- Ceci se fait dans un contexte d'assemblage où les deux composants sont le bloc moteur et la caisse en blanc
- Cette idée est la base de l'assemblage sous CATIA et en partie de ce que l'on appelle l'ingénierie collaborative associée au cycle de vie de produits (PLM : Product LifeCycle Management)



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

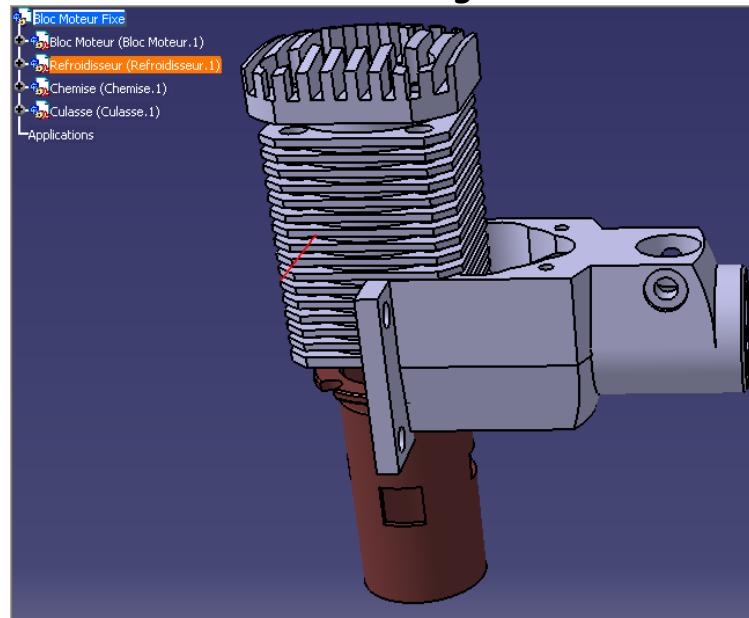
- C'est une des parties importantes de la notion d'ingénierie collaborative
- Par utilisation de la même plateforme de conception, il est ainsi possible de mélanger tous les métiers de l'entreprise
- C'est ce qui fait une des grandes forces de CATIA V5, plusieurs modules métiers sur la même plateforme
- On comprend aussi beaucoup mieux pourquoi CATIA V5 est plutôt utilisé par de grosses structures (standards aéronautique et automobile)
- Dans ce contexte, on introduit la notion de Gestion du Cycle de vie des produits (PLM = Product LifeCycle Management)
- Grâce à la mise en place d'une structure unique, de méthodes communes et la gestion des flux d'information, il est possible de travailler de manière simultanée (ingénierie simultanée)
- On présentera par la suite quelques notions sur la conception collaborative où comment travailler avec des outils et des méthodes communs pour le travail collaboratif tout en gardant une vision égocentré de son travail (voir cours sur le PLM et utilisation de Windchill)
- Repasser en contexte Produit Micromoteur (Double clic sur l'assemblage Micromoteur)
- Fenêtre Mosaique Horizontale



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Si on réfléchit alors à notre système, il serait peut être judicieux de définir un produit des parties fixes du moteur à savoir : le bloc moteur, le refroidisseur, la chemise et la culasse.
- Renommer alors le produit en Bloc Moteur Fixe (car on ne peut pas avoir un produit et un composant avec le même nom, ce qui est assez cohérent) et enregistrer en **Bloc Moteur Fixe.CATProduct**
- Faire un glisser-déposer des pièces **Refroidisseur**, **Chemise** et **Culasse** dans le contexte produit **Bloc Moteur Fixe**
- On obtient ainsi une représentation similaire à la figure ci-dessous





Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- On va alors apprendre à utiliser les outils de manipulations et de contraintes dans l'atelier Assembly Design
- Pour cela arrêtons nous sur les outils importants



- Manipulations : Déplacements et rotations d'un composant
- Alignement : Alignement non contraint d'un composant par rapport à un autre
- Vue éclatée : Création d'une vue éclatée
- Stop sur interférences : lors de manipulation, arrête celle-ci en cas d'interférences

- Commencer par manipuler les pièces à l'aide de l'outil Manipulation



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Une fenêtre comme ci-dessous apparaît



- Déplacement selon l'axe x , y , z ou une direction (arête, axe)
- Déplacement selon le plan xy , yz , xz ou un autre
- Rotation autour de l'axe x , y , z ou autre (arête, axe)
- Dans un contexte assemblé, permet d'empêcher des manipulations selon des ddls contraints

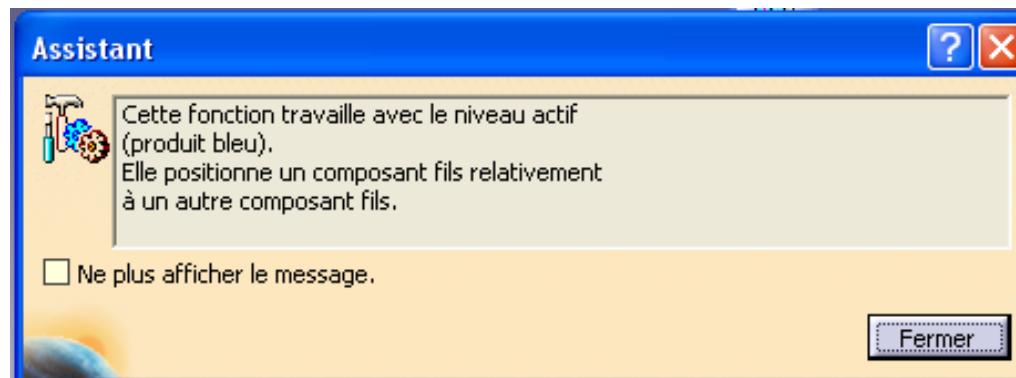
- Déplacer les pièces pour qu'elles n'interfèrent plus entre elles
- Pour cela il suffit de définir la manipulation souhaitée (pour la suite : déplacer les pièces uniquement selon z) puis de déplacer la pièce
- Ne pas cocher Sous contraintes
- Une fois que l'on est satisfait faire OK



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Une fois ces manipulations faites, il est possible d'aligner des pièces l'une par rapport à l'autre pour faciliter l'assemblage
- Ici, ce n'est pas nécessaire et on effectue directement l'assemblage des 4 composants
- En premier lieu, on va assembler la **chemise** et le **refroidisseur** qui sont montés serrés l'un dans l'autre
- Cacher alors le **Bloc Moteur** et la **Culasse**
- Il nous faut alors définir un alignement de l'arbre de la chemise avec l'alésage du refroidisseur (coaxialité des deux axes)
- Sélectionner alors la contrainte de coïncidence
- Une fenêtre d'avertissement peut apparaître pour rappeler que l'on ne peut travailler qu'avec les composants se trouvant sous le contexte actif (cadre bleu)

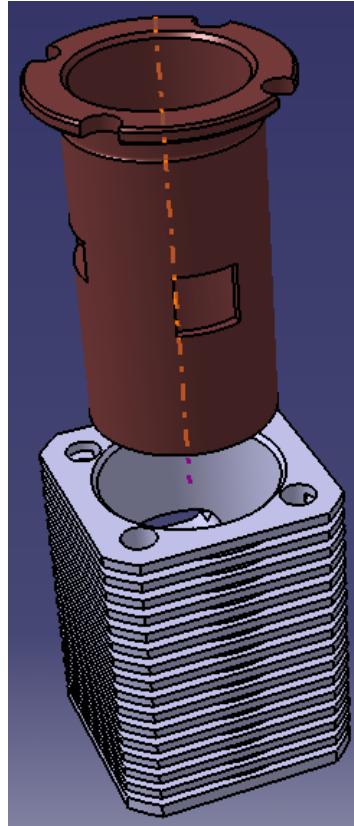




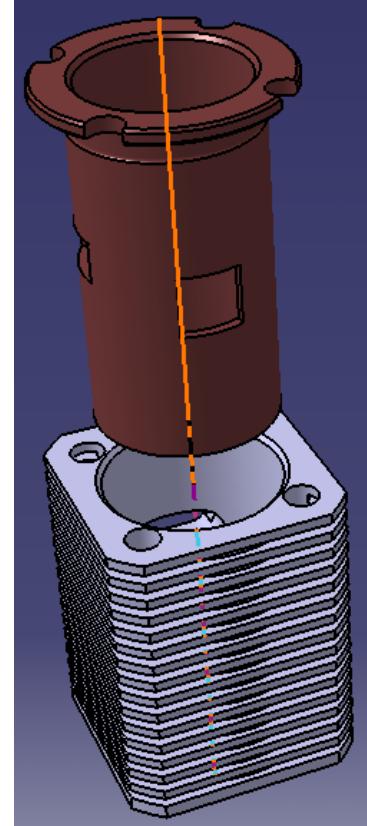
Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

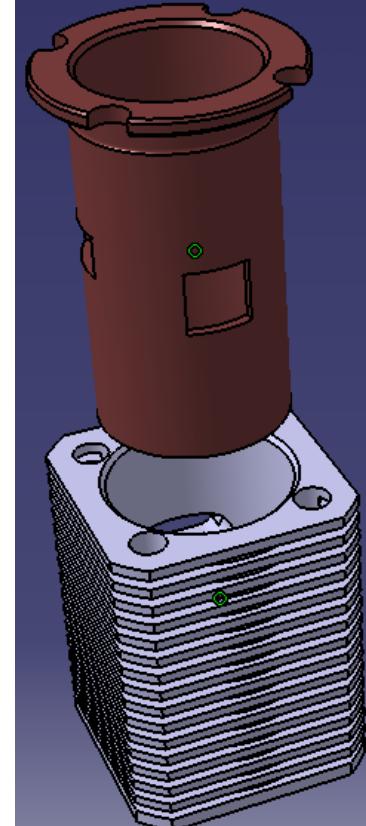
- Sélectionner alors la surface cylindrique extérieure de la chemise (arbre) puis la surface cylindrique intérieure du refroidisseur (alésage) -> On obtient une contrainte (voir arbre des spécifications)



+



=





Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Pour pouvoir laisser passer les vis, il est nécessaire que les passages de vis coïncident
- Avec une contrainte de coïncidence, effectuer cette opération sur une seul trou



- Tenter de contraindre un trou supplémentaire : quel est le résultat ?



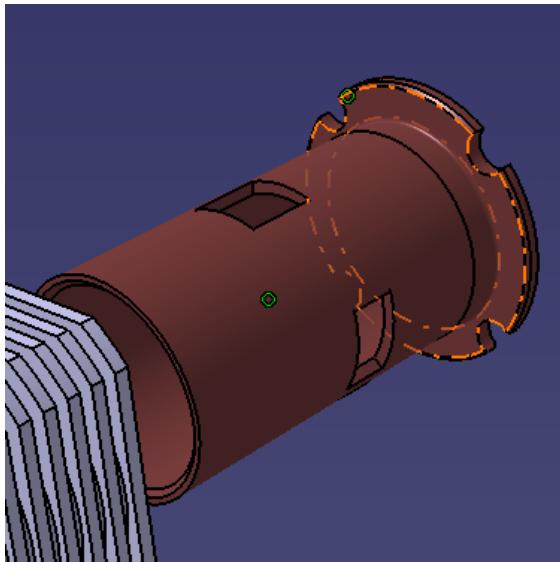
- Supprimer alors cette dernière contrainte (un clic dessus puis Suppr)



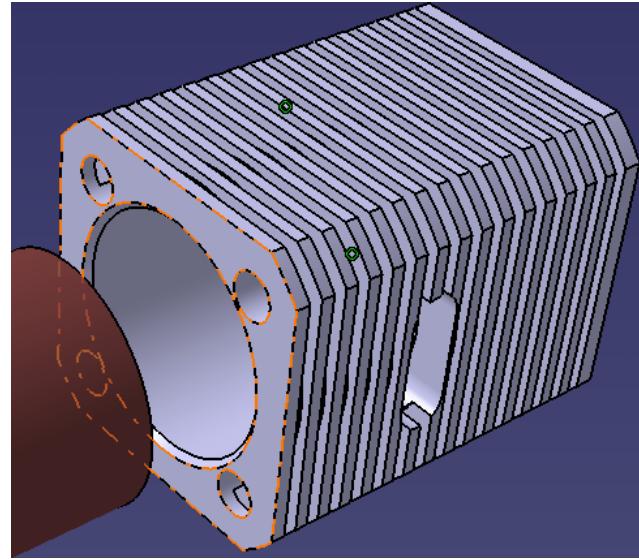
Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

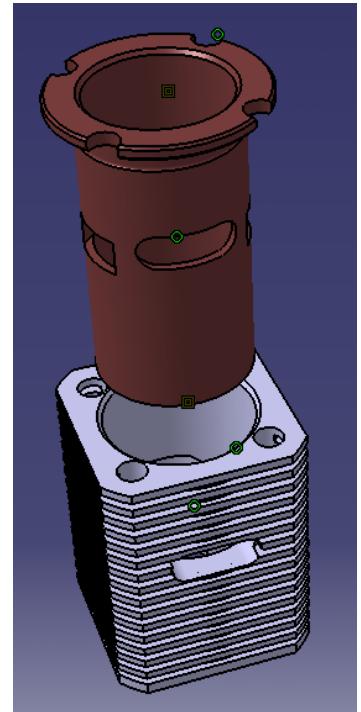
- La dernière contrainte consiste donc à assurer le contact plan entre la collerette de la chemise et le dessus du refroidisseur
- Définir alors une contrainte de contact 
- Sélectionner tout d'abord la surface de la collerette (côté arbre) puis sur la surface supérieure du refroidisseur



+



=



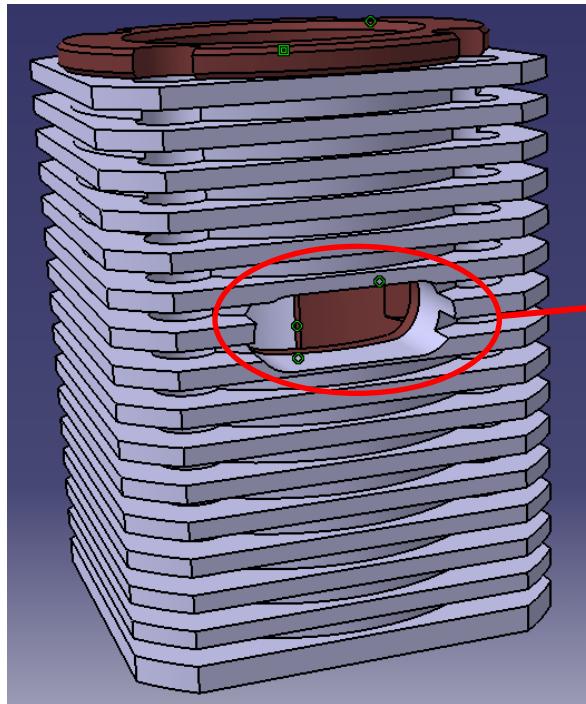
- On obtient une nouvelle contrainte mais, elle est d'une couleur plus foncée



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- En effet, sauf si les axes n'étaient pas déjà alignés, la couleur est différente
- Ceci vient du fait que le contact est défini mais pas effectif
- Pour cela mettre à jour l'assemblage  (ou Ctrl+U)
- Les pièces sont alors assemblées selon les contraintes définies et la couleur est plus claire



On notera que selon le trou de passage de vis choisi pour la contrainte de coïncidence, il est possible de ne pas avoir le bon positionnement angulaire des lumières

Donc attention : Iso-contraint ne veux pas dire bien contraint



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

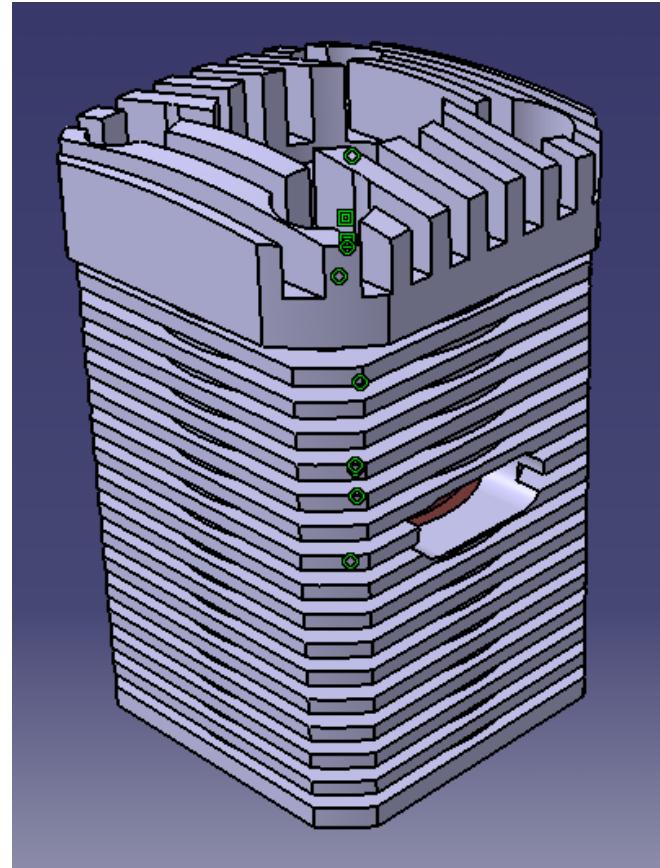
- Faire apparaître la **Culasse**, pour cela plusieurs moyens existent
- Le plus simple ici consiste à passer dans l'espace des objets cachés
- Puis de sélectionner directement la culasse et de faire, soit bouton droit Cacher/Afficher, soit cliquer sur l'icône Cacher/Afficher
- Revenir à l'espace des objets afficher
- Les trois pièces **Culasse**, **Refroidisseur** et **Chemise** sont visibles
- De la même manière que précédemment, assurer l'assemblage de la culasse sur la chemise et le refroidisseur en respectant les trois contraintes :
 - Coaxialité de l'arbre Culasse dans l'alésage Chemise
 - Passage des trous de vis (ici pas de problème de positionnement angulaire)
 - Contact plan entre surface plane de la culasse (côté arbre) et la surface plane de la chemise (dessus de la collerette)



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Après mise à jour, on obtient l'équivalent de la photo suivante

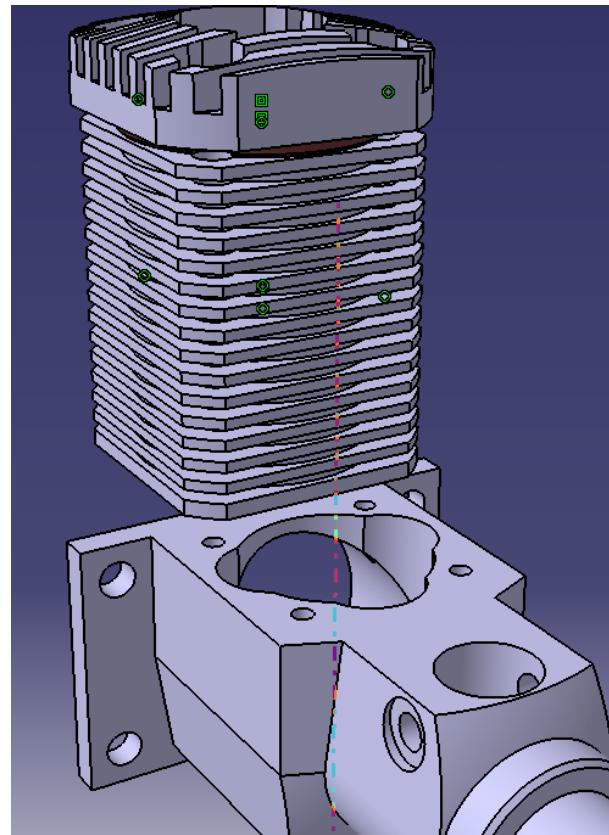
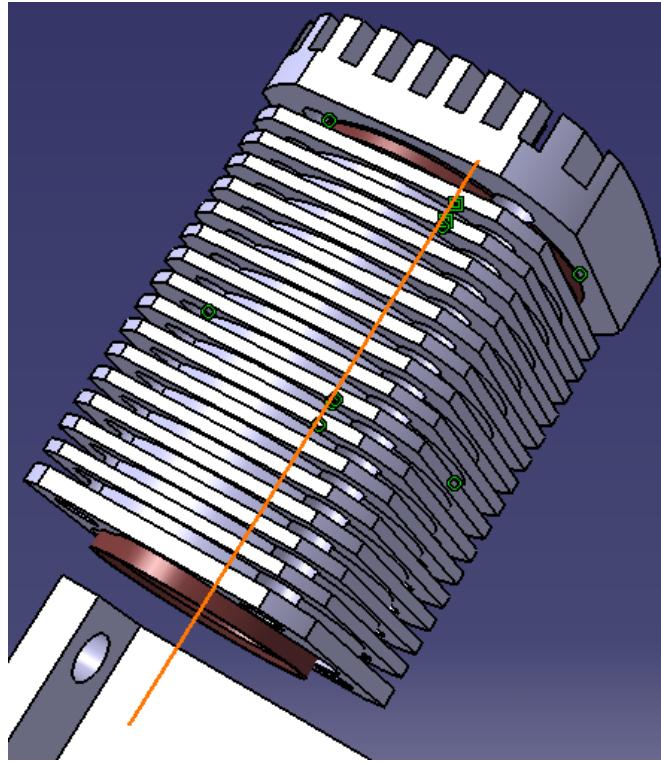




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Faire apparaître le **Bloc Moteur** dans l'espace des objets affichés
- Contraindre la coaxialité entre l'arbre de la chemise et l'alésage (sur forme) du bloc moteur (montage glissant)

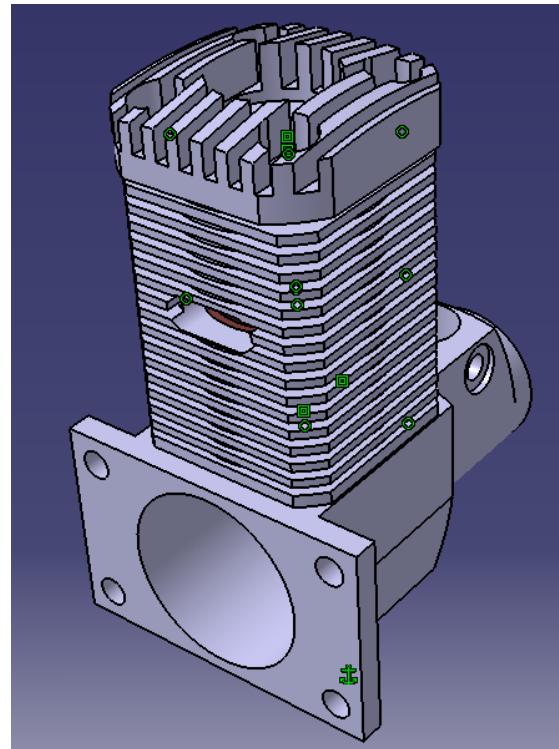




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Assurer la coaxialité d'un passage de vis (attention à l'orientation)
- Imposer un contact plan entre la surface plane supérieure du bloc moteur et la surface plane inférieure du refroidisseur
- Définir le **Bloc Moteur** comme étant une pièce fixe dans l'espace 
- Mettre à jour

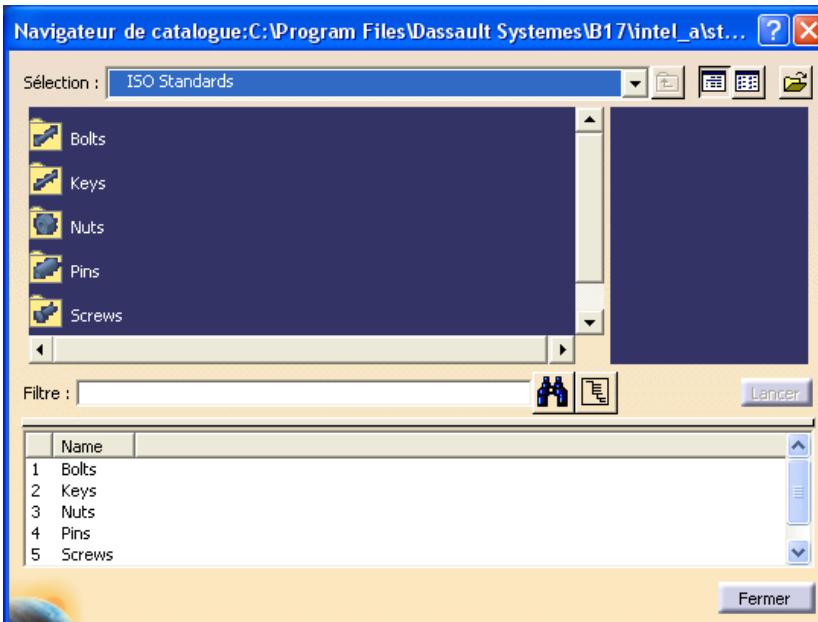




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- L'assemblage est presque terminé ...
- Il manque tout de même les vis, seule la MIP (MIse en Position) a été faite et les vis font la MAP (MAintien en Position)
- On va alors présenter le catalogue, on désire avoir 4 vis CHC M3x40
- Ces vis ne sont pas définies dans le MEMOTECH ou le GDI mais elles existent
- Existent-elles dans le catalogue ? Pour cela ouvrir le catalogue 



- Choisir le catalogue ISO Standards
- Screws (Vis) puis ISO 4762 SCREW (Vis CHC)
- Regarder dans la liste s'il y a dans le catalogue des Vis CHC M3x40. Est-ce le cas ?
- Et bien on va utiliser des vis CHC M3x30 et les paramétriser à M3x40
- Sélectionner donc une Vis CHC M3x30 et faire un glisser-déposer sur le produit Bloc Moteur Fixe
- Pour le moment une seule vis est nécessaire



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- On va commencer par se placer dans le contexte de cette vis. Donc double-clic (dans l'arbre des spécifications) sur la vis
- Le composant est alors le niveau actif
- Dans notre cas, il est nécessaire de modifier la pièce et non le composant. Déployer alors l'arbre des spécifications sous le composant et double-clic sur la pièce (elle est alors encadrée en bleu)
- Éditer les propriétés de la pièce (Alt-Entrée ou bouton droit->Propriétés)
- Renommer alors l'instance en Vis CHC M3x40.1 puis la référence produit en Vis CHC M3x40 (pour le moment car ce n'est pas la référence exacte à introduire dans une nomenclature)
- Choisir comme source -> Acheté
- Le composant (nom et instance) ainsi que la pièce ont donc changé de nom
- Développer l'arborescence des paramètres de la vis
- Si les paramètres ne sont pas visibles, faire *Outils->Options->Infrastructure*, puis choisir l'onglet *Personnalisation de l'arbre*. Sélectionner alors *Paramètres* et faire *Activer*.
- Éditer le paramètre nom (longueur de la vis sans la tête) et lui donner une valeur de 40 mm.
- La vis est alors automatiquement régénérée pour une longueur de 40mm.
- Revenir en contexte Produit Bloc Moteur Fixe



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

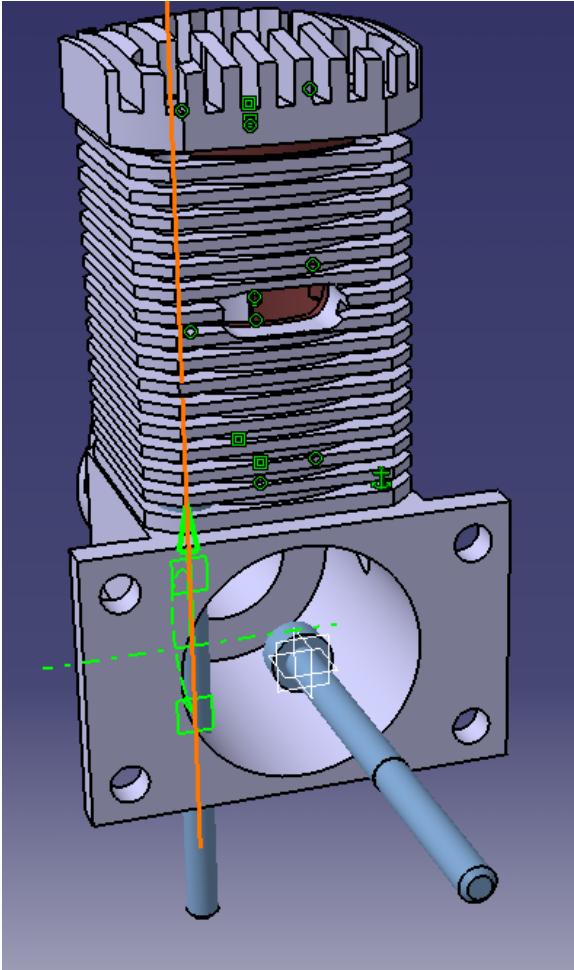
- La vis souhaitée étant définie, on peut alors la dupliquer
- Pour cela faire bouton droit de la souris sur le composant Vis CHC M3x40 (dans l'arbre des spécifications) et faire Copier
- Puis faire un simple clic sur le produit **Bloc Moteur Fixe** (le cadre devient Orange)
- Faire 3 fois Coller (Ctrl+V). De nouvelles vis apparaissent et sont directement instanciées
- On peut alors les placer et les contraindre. En premier lieu recadrer tout sur l'assemblage
- On va alors utiliser les outils d'alignement
- Sélectionner donc l'outil alignement
- Il regroupe l'ensemble des modes de contraintes mais sans les appliquer
- On va alors essayer de placer les vis à leur place (orientation et alignement)
- Cliquer sur la surface extérieure d'une des vis (faire apparaître l'axe)
- Puis sélectionner l'axe d'un des passages de vis dans la culasse
- Une nouvelle représentation est active (double flèche verte), elle permet de réorienter le sens de la vis
- Si cette orientation est satisfaisante cliquer en dehors des flèches sinon cliquer dessus puis en dehors



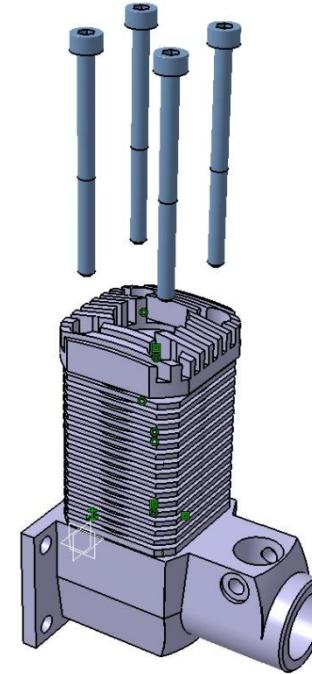


Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur



- Faire de même avec les 3 autres vis (attention : une chose vraie un jour ne l'est pas pour toujours)
- Utiliser alors les outils de manipulations
- Déplacer les 4 vis de manières à les retrouver en dehors du bloc de la culasse et au dessus de celle-ci





Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

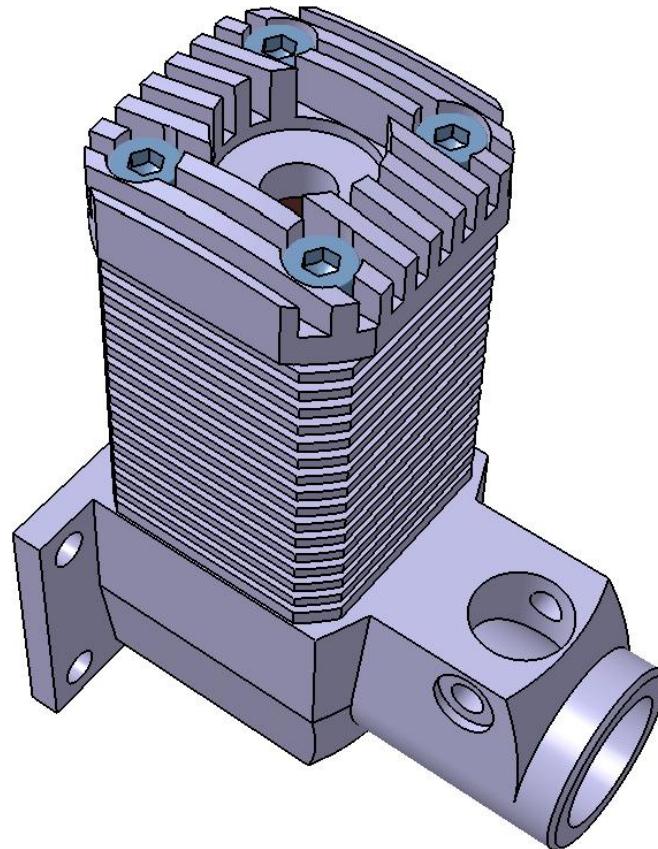
- Faire l'assemblage des vis sur l'ensemble en suivant les contraintes suivantes
 - Coaxialité des vis avec les trous taraudés du bloc moteur (déplacer si nécessaire le bloc moteur selon z)
 - Contact plan entre la tête de vis et le plan se trouvant sur le dessus de la culasse (emplacement des vis)
- On pourrait faire la remarque suivante : « Pourquoi ne pas définir la coaxialité des vis avec les trous de passage de vis sur la culasse ou le refroidisseur ? ».
- Oui mais dans la réalité ce qui guide les vis ce sont les trous taraudés.
- **Conseil important (ce n'est qu'un conseil)** : en CFAO, il faut essayer de rester toujours en contact avec la réalité (pas virtuelle)
- Pour ma part : je réfléchis toujours à concevoir la pièce dans un contexte Produit/Process, i.e. comment l'ensemble que je conçois va être réalisé et est-ce possible ? Sans oublier est-ce montable ?
- Cette relation Produit/Process est insécable (à mon humble avis) ... sinon *Effet Roulement Gonflable*
- La réalité d'un produit c'est l'interaction entre Conception -> Méthode -> Fabrication -> Métrologie-> Assemblage (la productique en gros, pardon c'est PLM ...)
- Pour revenir au Micromoteur, après assemblage et mise à jour, on obtient une représentation similaire à la figure suivante



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Cacher les contraintes





Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- L'ensemble fixe (pas de cinématique) est alors réalisé
- Néanmoins, la réalisation de l'assemblage complet (avec cinématique) n'est pas forcément aisée avec l'ensemble fixe complet
- On va alors réaliser une coupe de l'ensemble fixe selon son unique plan de symétrie (théoriquement il s'agit ici du plan xz)

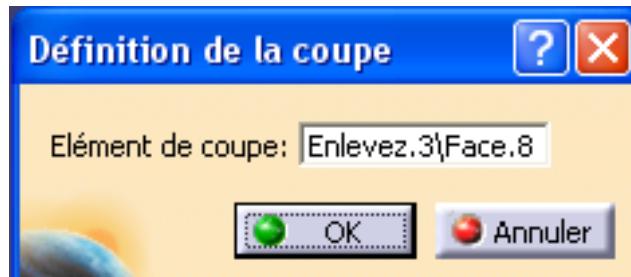
• Réaliser une coupe

• Sélectionner le plan xz de la pièce Bloc Moteur

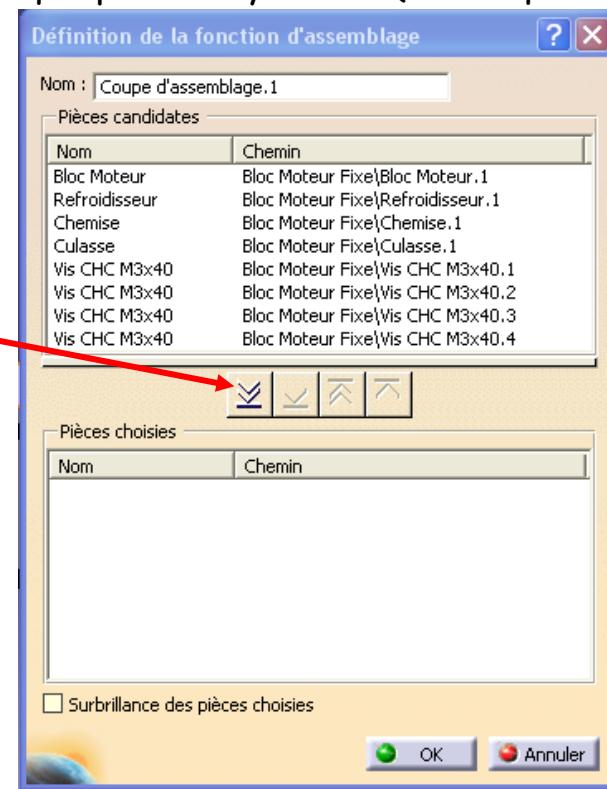
• Faire Ajouter toutes les pièces

• Retirer de la sélectionner les 4 vis

• Valider



• Valider la définition de la coupe

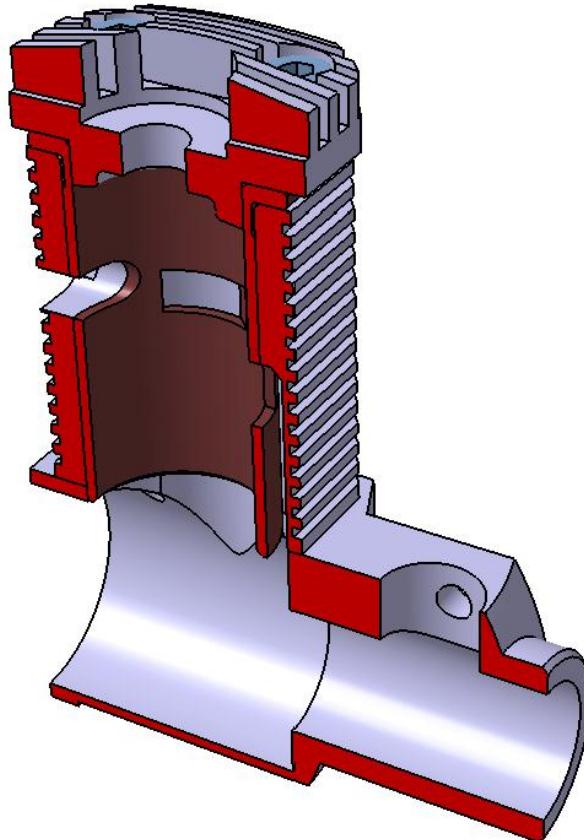




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Cacher les vis et les plans inutiles pour l'assemblage final
- Pour les amateurs, colorier les surfaces coupées en rouge (sélection des surfaces puis Alt+Entrée)





Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

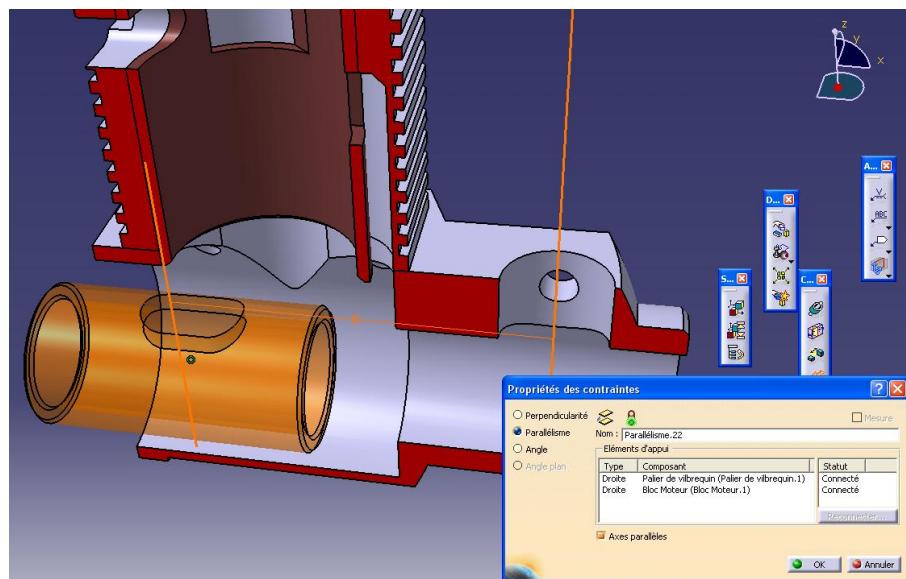
- Fermer les pièces **Bloc Moteur**, **Culasse**, **Chemise** et **Refroidisseur** et le produit **Bloc Moteur Fixe**
- Maintenant, nous allons réaliser complètement l'assemblage du micromoteur avec sa cinématique
- Pour cela, créer un nouvel assemblage et renommer celui-ci en **Micromoteur**
- La première opération consiste à introduire l'assemblage **Bloc Moteur Fixe**
- Faire Bouton droit de la souris sur **Micromoteur** puis **Composant -> Composant Existant** : choisir le Produit **Bloc Moteur Fixe**
- On peut se dire que l'on a oublié de positionner une pièce qui est fixe dans la chaîne cinématique : le **palier de vilebrequin**
- Peut-on alors l'insérer dans l'assemblage **Bloc Moteur Fixe** via l'assemblage **Micromoteur**
- La réponse est évidente, il est bien sûr normal de pouvoir rajouter (enlever ou modifier) un élément d'un sous assemblage
- Pour cela, il suffit de faire un glisser-déposer de la pièce **Palier de vilebrequin** dans le sous assemblage **Bloc Moteur Fixe**
- La pièce est alors positionnée à la fin de l'arborescence de ce produit
- Pour faire la mise en place de ce palier, faire un double-clic sur l'assemblage **Bloc Moteur Fixe** pour le définir comme Parent



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- La première opération consiste à contraindre la coaxialité de ce palier avec l'alésage du bloc moteur
- Attention à la dissymétrie du trou oblong positionné vers la sortie du moteur : il est peut être possible voir nécessaire de faire une opération d'alignement
- La seconde contrainte est associé au parallélisme du trou d'échappement Bloc Moteur (positionné sur le dessus de la surface plane) avec l'axe d'un des cylindres du trou oblong
- A celle-ci s'ajoute une contrainte de distance entre les deux axes de 2mm

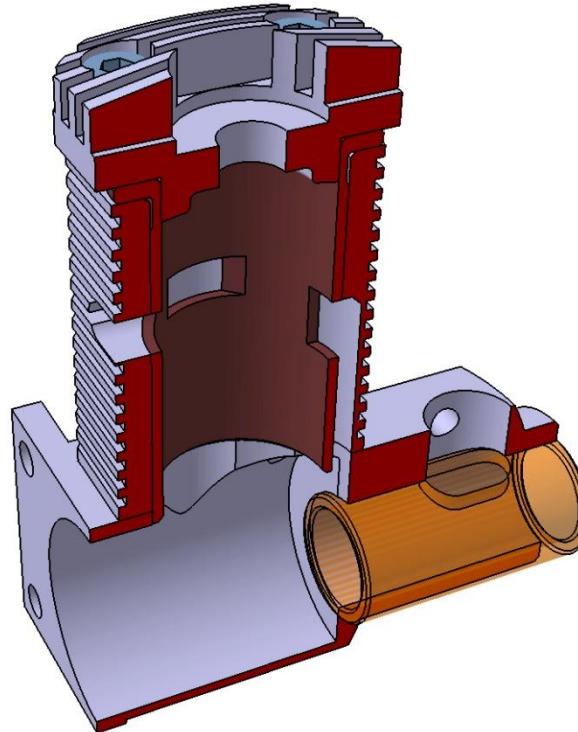




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Après mise à jour et avoir caché les contraintes, on obtient alors l'assemblage final (Bloc Moteur Fixe) suivant
- Fermer la pièce palier de Vilebrequin
- Revenir en contexte Produit [Micromoteur](#)





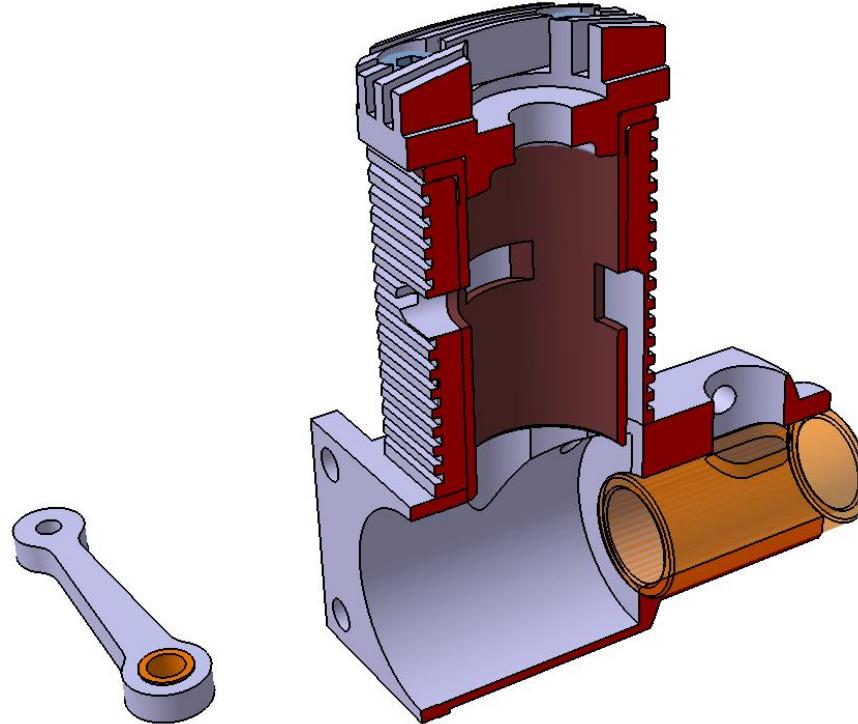
Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Dans le cas système bielle-manivelle, la pièce coussinet est montée serrée dans l'alésage inférieur de la bielle
- On doit donc créer un sous assemblage associé à ce constat
- Pour cela, cliquer bouton droit sur le produit Micromoteur et faire Composants -> Nouveau Produit
- Renommer ce nouveau Produit en **Groupe Bielle** et enregistrer sous le même nom
- Activer le contexte Produit **Groupe Bielle**
- Faire alors un glisser-déposer des pièces **Bielle** et **Coussinet** sur ce produit
- Définir alors les contraintes suivantes
 - Coaxialité des axes du coussinet et de l'alésage (plus grand diamètre) de la bielle
 - Distance d'une des faces (au droit de l'axe) par rapport au plan de la bielle associé de 0,25mm
- Il est à noter que si on déplace une pièce d'un sous ensemble dans le contexte du produit général, on déplace tout le sous ensemble
- Mettre à jour (Ctrl+U) et cacher les contraintes résultantes
- Fermer les pièces **Bielle** et **Coussinet**
- On obtient une représentation proche de la photo ci-après



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur



- De la même manière, une goupille est montée serrée dans le vilebrequin
- Créer un produit **Groupe Vilebrequin** dans le contexte du produit **Micromoteur** (Attention)
- Activer ce produit (Encadré bleu) et sauvegarder
- Insérer alors dans ce produit les pièces **Goupille Vilebrequin** et **Vilebrequin**



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

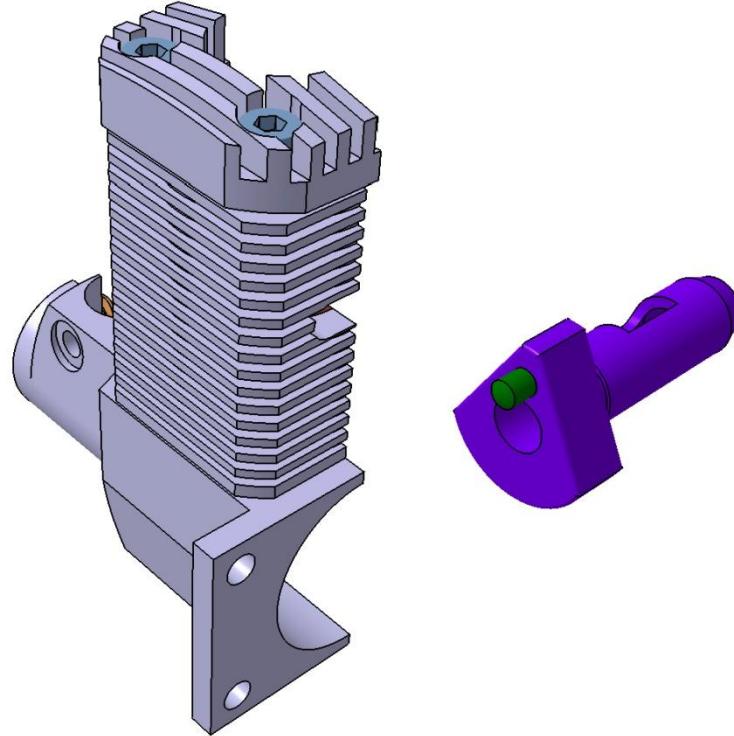
- Il est maintenant nécessaire de définir les contraintes et ici une difficulté peut apparaître quant à l'assemblage de pièces avec surfaces gauches
- Comment définir la distance de montage entre la goupille et l'alésage ?
- Commencer par faire ce qui est facile : la coaxialité de la goupille et de l'alésage
- Ne pas oublier que c'est la partie chanfreinée qui permet de faire rentrer la goupille dans l'alésage (les outils d'alignement sont peut-être nécessaire ?)
- Contraindre alors la coaxialité
- On va alors définir la longueur de goupille insérée dans le vilebrequin
- Utiliser une contrainte de distance entre la surface chanfreinée (au droit de l'axe) et la surface plane extérieure du vilebrequin
- Définir une profondeur de 5mm
- Mettre à jour et cacher les contraintes associées
- On obtient une représentation proche de la photo suivante





Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur



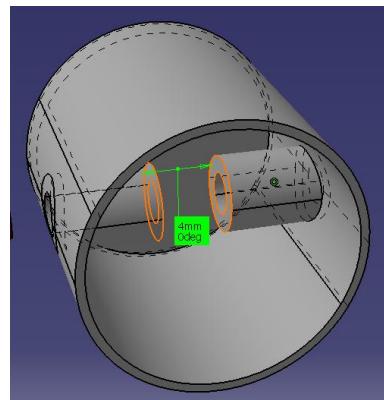
- Le dernier sous ensemble est associé au piston et au deuxième axe de la bielle
- Créer un produit *Groupe Piston* et sauvegarder sous le même nom
- Cacher l'ensemble *Groupe Vilebrequin* et fermer les pièces *Vilebrequin* et *Goupille Vilebrequin*
- Glisser-Déposer *Piston* et *Axe Bielle*



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- On va définir deux nouvelles contraintes dans cet ensemble
 - Coaxialité de l'axe de bielle et de l'alésage du piston
 - Positionnement de cet axe dans l'alésage
- Dans un premier temps déplacer les deux composants pour définir l'assemblage
- Définir la contrainte de coaxialité entre arbre et alésage
- Mettre à jour (Ctrl-U) pour la mise en position
- Si nécessaire, déplacer l'axe du piston
- Utiliser les outils de mesures de distance
- Mesurer la cote entre les deux surfaces planes à l'intérieur du piston (ne pas garder la mesure). Cette cote doit être égale à **4mm**

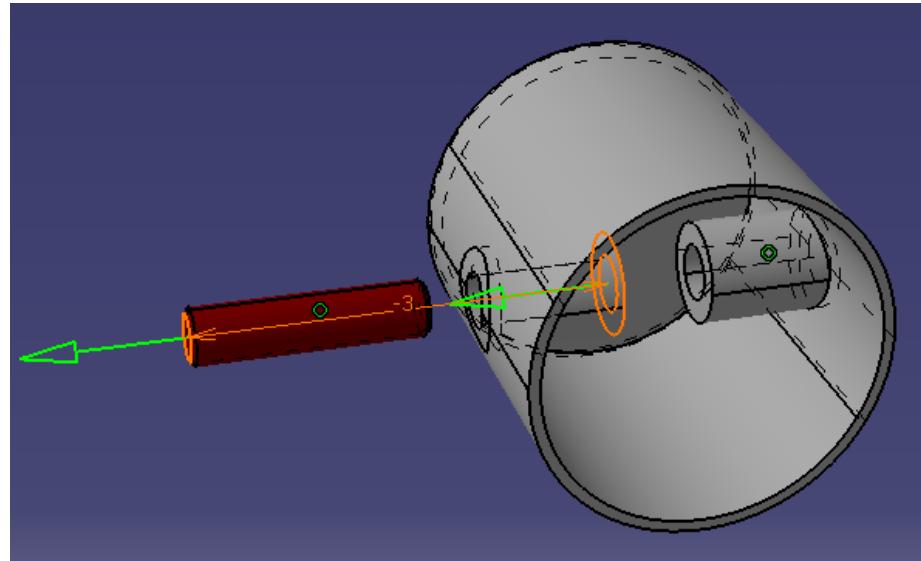




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- De la même manière, mesurer la longueur de l'axe (ne pas garder la mesure).
- En principe cette cote est de **10 mm**
- La distance entre une des surfaces (intérieure) du piston et une surface extrémité de l'axe doit être de 3 mm
- Définir alors cette contrainte de distance



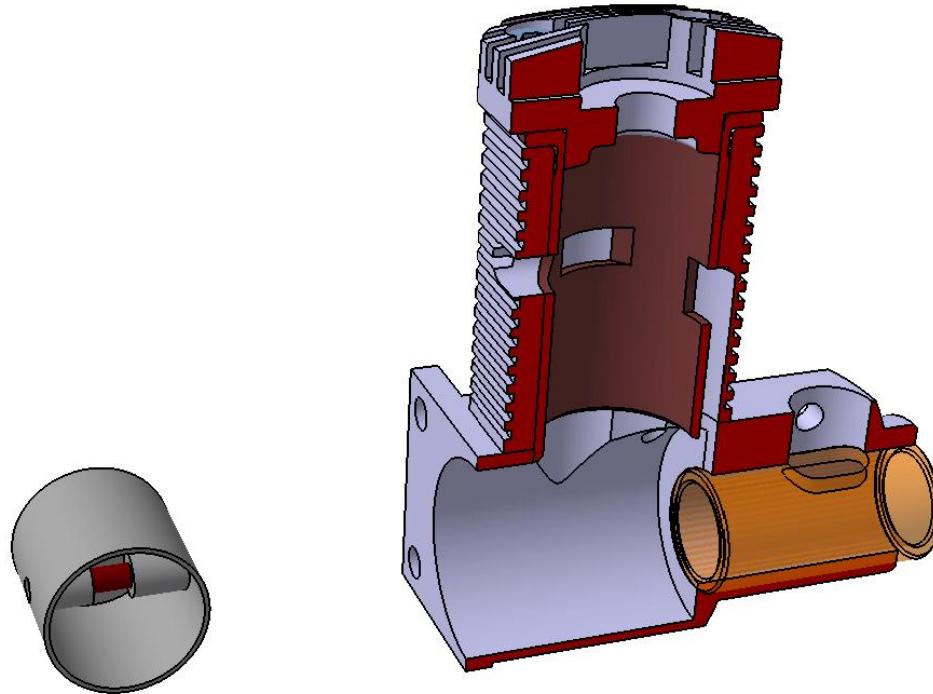
- Mettre à jour et cacher les contraintes



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- On doit obtenir quelque chose de similaire à la photo suivante



- Faire apparaître **Groupe Bielle et Groupe Vilebrequin**
- Tout les sous assemblages sont créés
- Revenir en contexte Produit **Micromoteur** et sauvegarder



Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

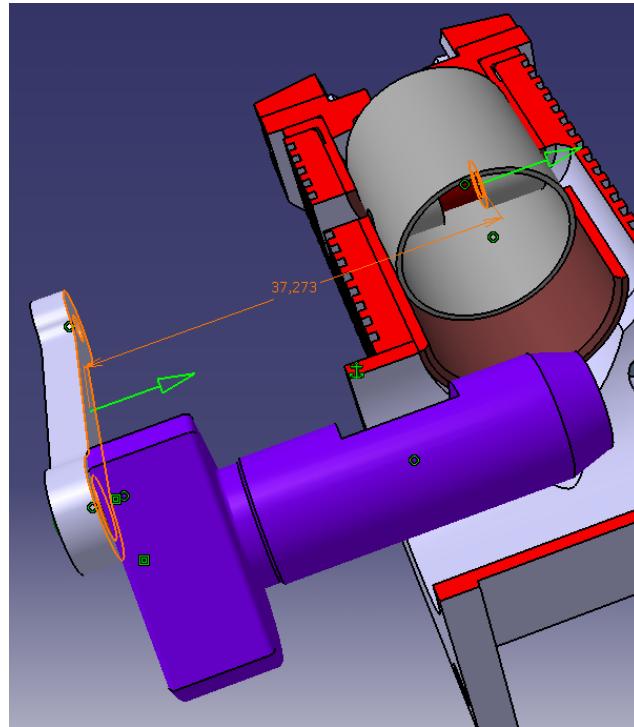
- Une nouvelle remarque peut être posée : « Est-ce bien nécessaire de faire tous ces sous assemblages ? »
- MA réponse est OUI (mais ce n'est que ma réponse), car ceci permet de voir encore l'aspect Produit/Process dans son processus d'assemblage et surtout de bien définir les composants d'un produit et sous-produit
- De plus, nous verrons que dans le cas d'une analyse cinématique, la mise en œuvre est immédiate (ce qui n'est pas le cas en collant toutes les pièces au même niveau)
- Pour l'assemblage de ces sous-ensembles on va définir, dans le contexte Micromoteur, le sous-ensemble fixe
- Dans ce cas, il s'agit du sous ensemble Bloc Moteur Fixe
- Appliquer cette contrainte, celle-ci apparaît au niveau du produit Micromoteur
- Aligner et orienter le *Groupe Vilebrequin* par rapport à l'alésage du *Palier de Vilebrequin*
- Définir alors la contrainte de coaxialité entre le *Groupe Vilebrequin* et l'alésage du *palier de Vilebrequin* - Mettre à jour
- Définir la contrainte de coaxialité entre le *Groupe Vilebrequin* et le *Groupe Bielle* via le *Coussinet* et la *goupille Vilebrequin* - Mettre à jour
- Définir la contrainte de coaxialité entre le *Groupe Bielle* et le *Groupe Piston* via le second alésage de la bielle et l'axe Bielle - Mettre à jour



Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Définir la coaxialité entre le **piston** et la **chemise** - Mettre à jour
- Définir le contact plan entre le **coussinet** et la surface extérieur du **vilebrequin** - Mettre à jour
- Définir une contrainte de distance entre une surface plane intérieure du piston et sa voisine directe sur la bielle - Définir une distance de **0,5 mm**

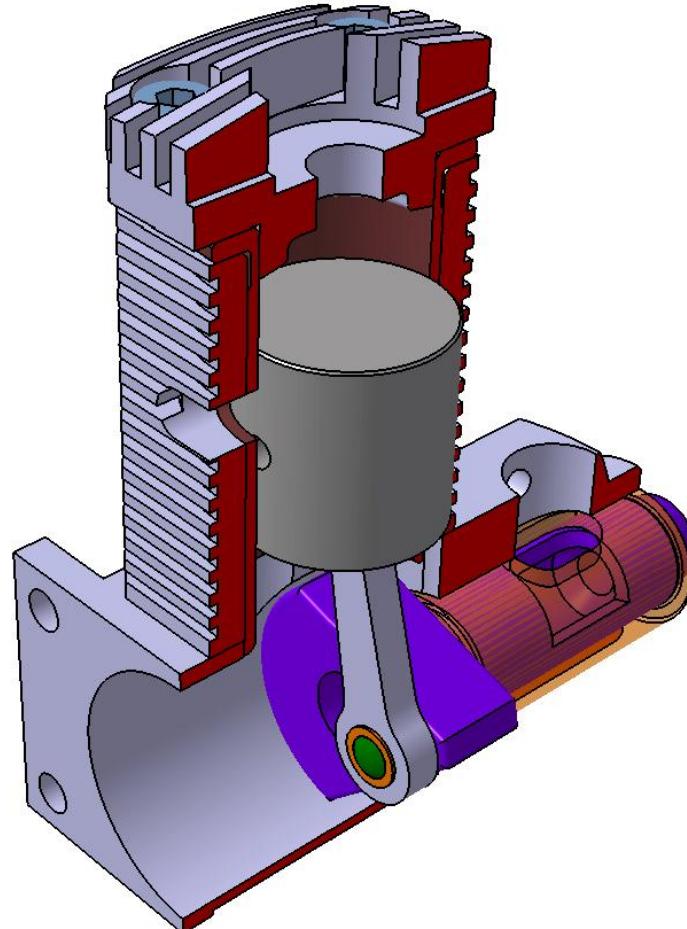




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Mettre à jour et cacher les contraintes - On obtient alors le moteur assemblé

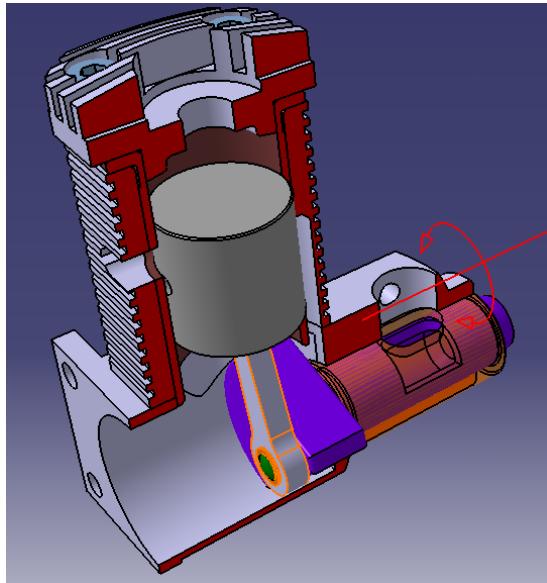




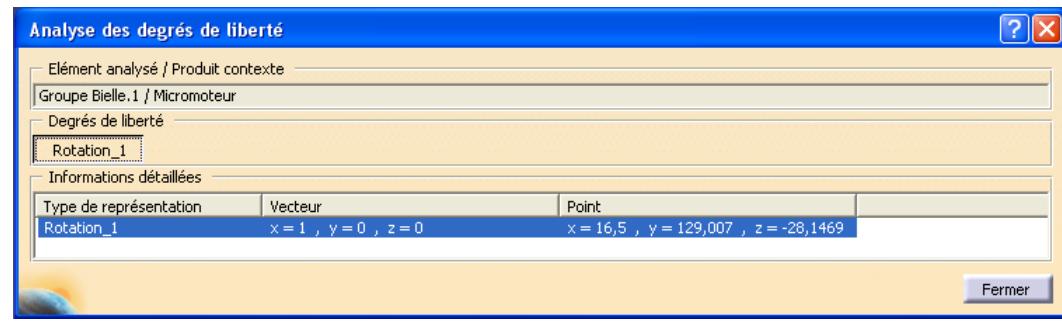
Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Graphiquement, le système semble correctement constraint
- Vérifions ceci, en regardant les degrés de libertés de chaque sous ensembles
- Pour cela assurer vous d'être en contexte Produit **Micromoteur**
- Ensuite faire clic droit sur le sous ensemble *Bloc Moteur Fixe* -> *Objet Bloc Moteur Fixe.1* -> *Degré de liberté du composant*. CATIA informe que cette pièce est totalement constrainte
- Faire de même sur le sous ensemble *Groupe Bielle*



- La bielle suit un mouvement plan sur plan (rien de plus normal) dans le plan *yz* car vecteur rotation selon *x*
- En cliquant sur l'icône *Rotation_1*, il est possible de voir le CIR de cette pièce ainsi que sa position (pour une position particulière)

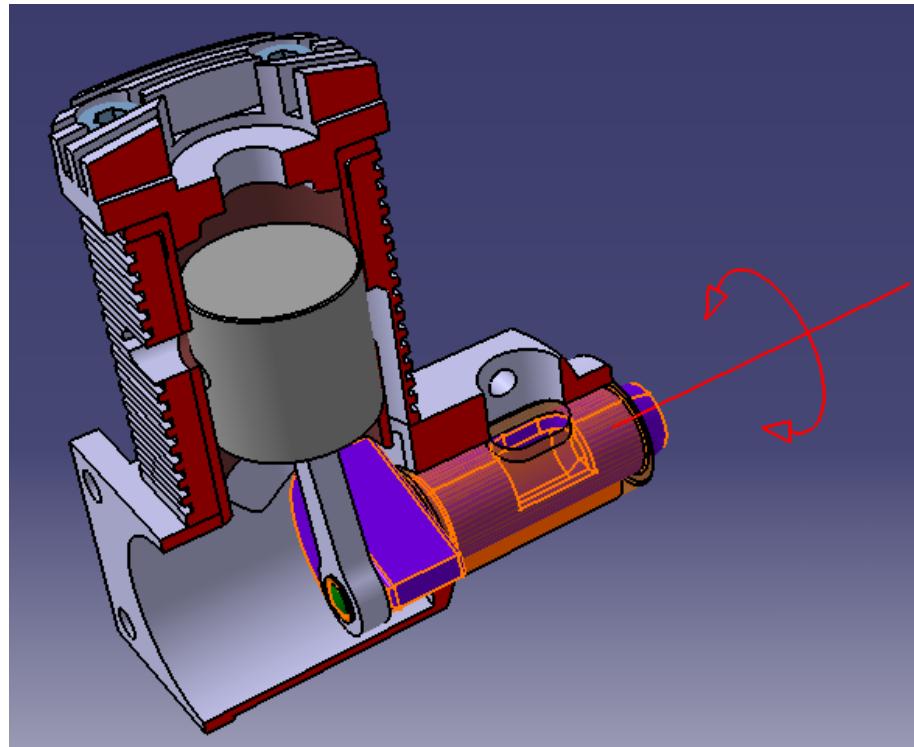




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Dans le cas du Groupe Vilebrequin, le degré de liberté est une rotation
- En effet, le vilebrequin est en liaison pivot avec le bloc moteur
- On rappelle que l'on transforme un mouvement de translation en mouvement de rotation (et vice et versa selon utilisation)

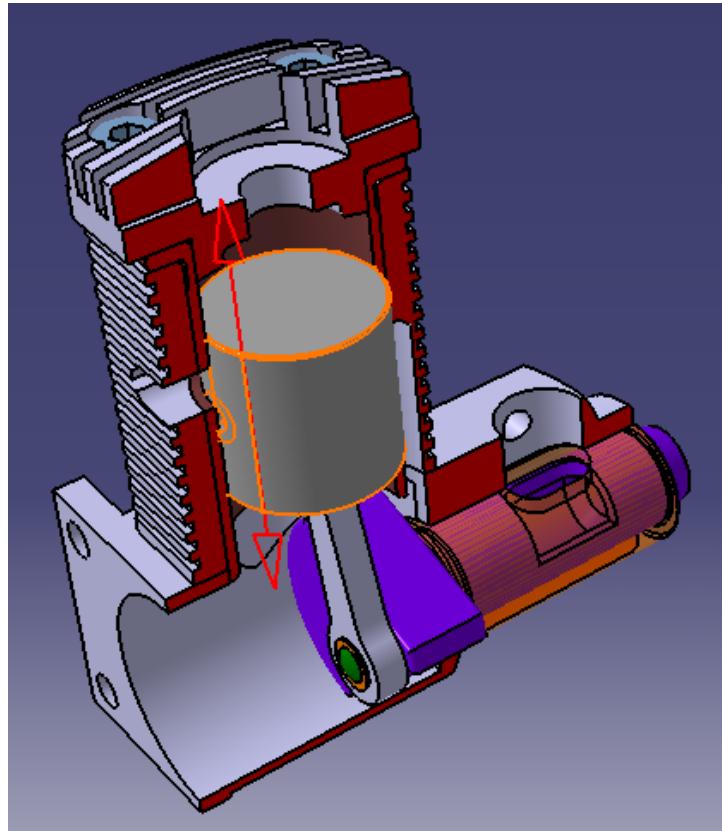




Module Assembly Design

Assemblage(s) sous contraintes du Micromoteur

- Enfin le groupe Piston possède quant à lui un degré de liberté en translation (selon z)
- Les contraintes sont donc justes et l'assemblage est prêt pour une analyse cinématique
- Sauvegarder





Module Assembly Design

Présentation succincte du 3DXML

- Vous avez pu remarquer, que dans le début de cette présentation, il était possible de manipuler des assemblages (CATProduct) dans un fichier Powerpoint (voir Manipulations des Entités)
- En fait, il est possible de visualiser des assemblages (ou pièces) dans Word, Excel et Powerpoint (ou Lotus 1-2-3) ainsi que dans Internet Explorer v6.xx et supérieurs
- On peut le faire sans avoir CATIA sur sa machine
- Ceci se fait par le biais d'un format d'échange appelé 3DXML (XML = Extensible Markup Language ou Langage de Balise Extensible)
- Le langage XML : Son objectif initial est de faciliter l'échange automatisé de contenus entre systèmes d'informations hétérogènes, notamment, sur Internet.
- Comment créer un fichier 3DXML ?
- La réponse est assez simple dans le cas d'un assemblage : il suffit de faire Enregister sous ... Format 3dxml
- Pour une pièce, il est nécessaire de la déplacer dans un produit (un produit avec une seule pièce est une pièce) et d'appliquer la méthode ci-dessus
- Comment visualiser dans Word, Excel ou Powerpoint ?
- Il faut installer le Plugins de visualisation disponible sur le site de Dassault Systèmes



Module Assembly Design

Présentation succincte du 3DXML

- Une fois ce Plugins installé, il suffit de sélectionner dans l'explorer le fichier 3dxml puis de faire copier-coller dans le document Office
- En faisant un double-clic sur la pièce collée, on voit apparaître le produit dans une interface très similaire à CATIA





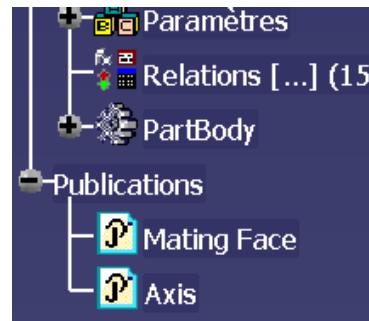
Notions de publications
Répétitions de motifs d'assemblage
Gestion de versions et des sauvegardes



Module Assembly Design

Présentation des publications

- La méthode d'assemblage standard (contraintes sur sélection directe d'entité) peut être longue, fastidieuse et peu robuste
- Que faire lorsqu'il existe plusieurs solutions (configurations) d'un produit et que l'on désire remplacer tout ou partie d'un composant ?
- Une méthode simple et très utilisée dans *CATIA* est associée à la notion de **publication**
- Une publication consiste à définir sur un produit, composant ou pièce un ensemble d'entités utile à des opérations (paramètres, entités géométriques, ...)
- Prenons l'exemple de la vis modifiée lors de l'assemblage du micromoteur, la pièce comporte deux publications :
 - L'axe de celle-ci (**Axis**)
 - La surface d'appui de la vis (**Mating Face**)





Module Assembly Design

Présentation des publications

- On peut rapidement voir l'intérêt de ces deux publications : elles permettent de réaliser rapidement la mise en place de la vis dans un assemblage
- On montrera une deuxième application encore plus puissante : la possibilité de remplacer un sous-ensemble (produit, composant, pièce) par un autre en conservant des contraintes d'assemblage (à condition d'avoir les mêmes publications)

Assemblage du bloc moteur fixe

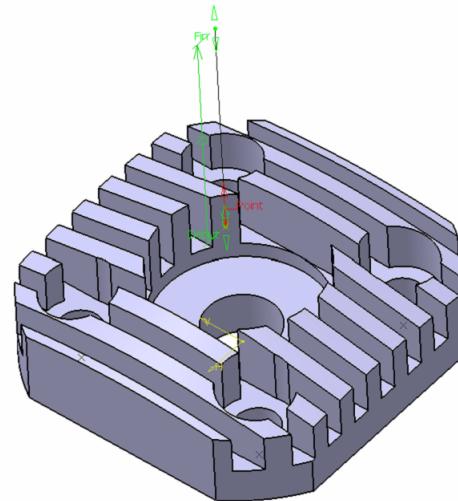
- Reprenons le cas de l'assemblage du **Bloc Moteur Fixe** en utilisant la notion de publication
- Pour cela dans le répertoire **Micromoteur Publications**, ouvrir le fichier **Culasse**
- On va y définir **4 publications** :
 - La surface d'appui avec la chemise
 - L'axe de la culasse
 - La surface d'appui des vis
 - Un des axes de vis



Module Assembly Design

Création des entités à publier

- Les surfaces d'appui sont des surfaces définies
- Les axes résultent d'une définition mais ils sont théoriquement virtuels
- **Il faut donc les définir réellement**
- Afficher l'esquisse **Position Trous Vis**
- Créer, dans un set géométrique, une droite (pour chaque axe des trous de vis) de type **Point-Direction** avec
 - **Le point défini ci-dessous et la direction (clic bouton droit) Composant Z** avec une longueur arbitraire de **20 mm**

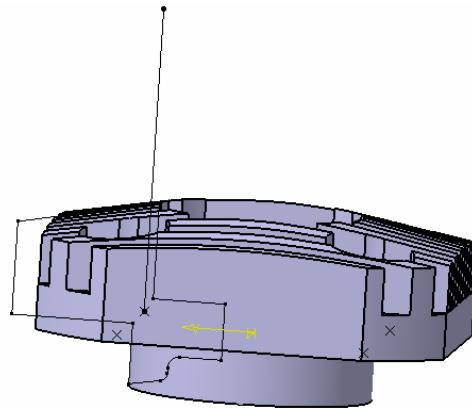




Module Assembly Design

Création des entités à publier

- Afficher l'esquisse **Profil Culasse** (située sous la fonction de révolution)



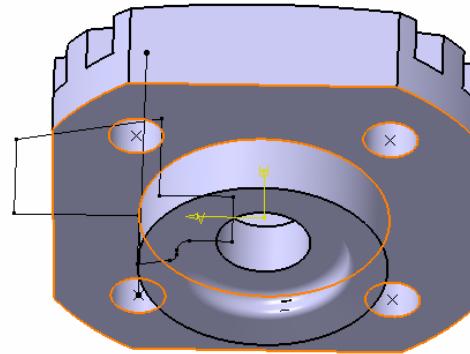
- Définissons alors les publications : menu déroulant **Outils** -> **Publications** ...
- Cliquer sur l'icône **Options** et cocher l'option **Demander** de la possibilité de renommer un élément puis faire **OK**
- Sélectionner alors l'axe vertical de l'esquisse de révolution (**Axe Culasse**)
- Sélectionner ensuite la droite créée dans le **Set Géométrique** et renommer la publication (clic sur le nom dans le tableau) en **Axe Vis**



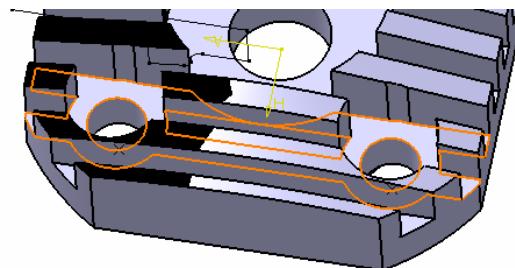
Module Assembly Design

Création des entités à publier

- Sélectionner la face associée à l'appui sur la chemise et renommer la publication en **Face Appui Chemise**



- Faire de même avec la face d'appui des têtes de vis et renommer la publication en **Face Appui Vis** (en toute rigueur il faudrait définir chaque face d'appui pour être plus robuste et donc plusieurs publications)

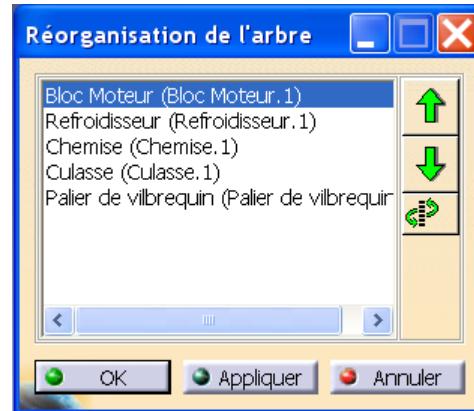




Module Assembly Design

Création des entités à publier

- Cacher les esquisses et la droite (elles ne sont plus nécessaires puisque les publications sont créées)
- Sauvegarder alors la culasse
- Ouvrir un produit et renommer celui-ci en **Micromoteur**
- Insérer alors un nouveau composant et renommer celui-ci en **Bloc Moteur Fixe**
- Insérer dans ce composant les pièces Culasse, Bloc Moteur, Chemise, Refroidisseur, Palier de Vilebrequin (dans un ordre quelconque)
- On présente ici le moyen de réorganiser l'arborescence d'un produit
- Pour cela utiliser la fonction **Réorganisation de l'arbre**  puis cliquer sur le composant **Bloc Moteur Fixe** et réorganiser l'arbre selon le schéma suivant





Module Assembly Design

Création des entités à publier

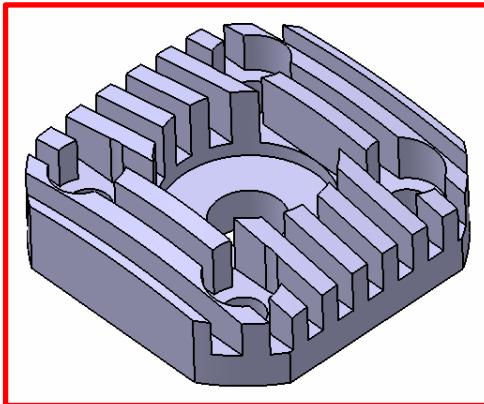
- Développer chaque composant afin d'observer ses publications - Activer le composant **Bloc Moteur Fixe**
- Réaliser alors l'assemblage de l'ensemble de ces composants en appliquant les contraintes directement sur les publications
- Une bonne méthodologie (pour ne pas oublier des contraintes) est de fixer le bloc moteur et de réaliser l'assemblage des composants par rapport à celui-ci puis de descendre dans l'arborescence en considérant les **surfaces réelles de contact**
- Cette méthode est beaucoup plus robuste et rapide
- En considérant que les publications (associées à un assemblage) sont les entités fonctionnelles, on peut encore voir ici la robustesse d'un modèle squelette comprenant initialement ces entités (le reste est considéré comme de l'habillage)



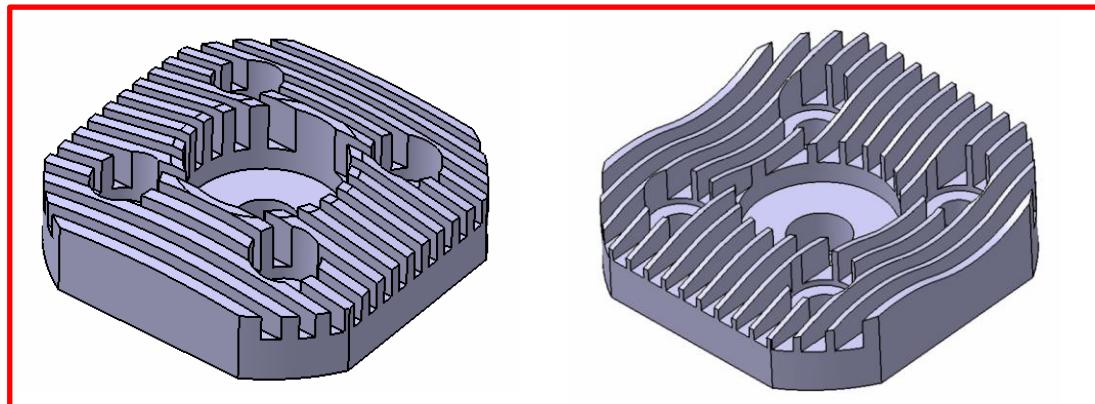
Module Assembly Design

Changer une version d'un produit

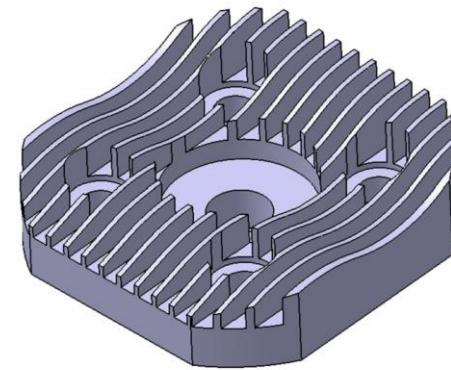
- On peut toujours décomposer un système complexe en un ensemble de systèmes simples
- Ces sous-systèmes ayant chacun un rôle propre dans le produit
- Il est également possible de changer un sous-système par un homologue qui remplit le même rôle
- C'est une nouvelle **version** d'un produit qui répond au même critère
- Prenons le cas de la culasse dans sa version **2002** à l'itération de conception **2**



Version 1998



Version 2002
Itération 1



Version 2002
Itération 2



Module Assembly Design

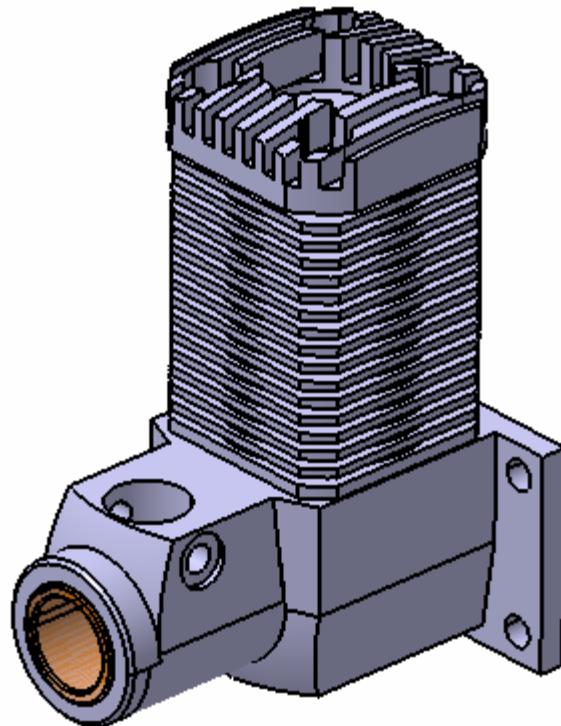
Changer une version d'un produit

- On désire ainsi remplacer la version 1998 par cette version
- Dans le cas d'une méthode d'assemblage monolithique, il faut supprimer (ou désactiver) la version 1998 et les contraintes associées, insérer la version 2002_2 et refaire les contraintes
- Dans le cas où les composants possèdent les mêmes publications, on peut remplacer rapidement ces deux versions et convertir les contraintes d'assemblage
- Dans l'arborescence du produit, faire un clic droit sur le composant **Culasse** puis **Composants-> Remplacer le composant ...**
- Choisir le fichier **Culasse_2002_2** (Répertoire Version 2002)
- On vous informe des effets du remplacement
- Dire **oui** au remplacement puis cliquer sur **OK** : la nouvelle culasse a été remplacée et les contraintes associées ont été réalisées (mettre à jour si nécessaire)

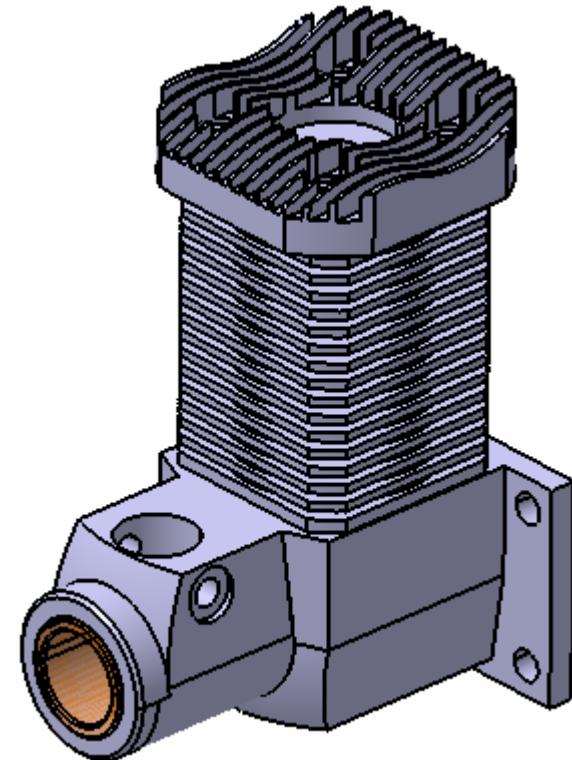


Module Assembly Design

Changer une version d'un produit



Micromoteur avec culasse
en version 1998



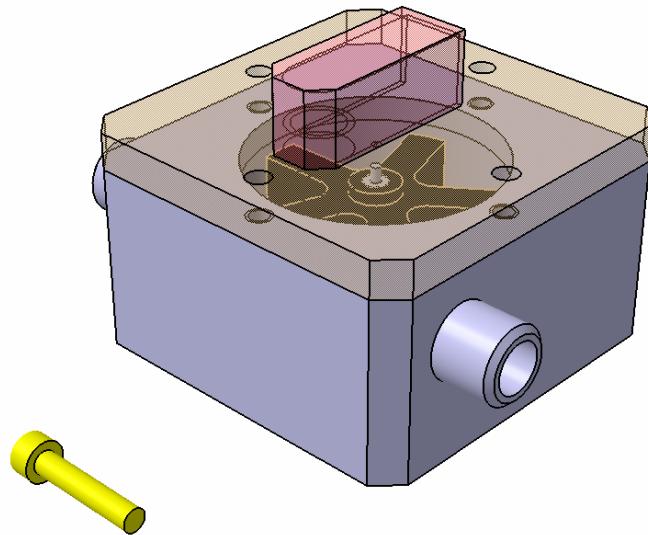
Micromoteur avec culasse
en version 2002



Module Assembly Design

Création d'une répétition d'assemblage

- Le maintien en position d'ensemble est souvent réalisé par l'utilisation d'un réseau de visserie
- Il n'y a rien de plus fastidieux que de réaliser les contraintes d'assemblages de chaque vis indépendamment
- Pour cela, on peut utiliser une répétition d'un motif
- Ouvrir dans le répertoire **RepetAssemblage**, le produit **Debitmetre.CATProduct**

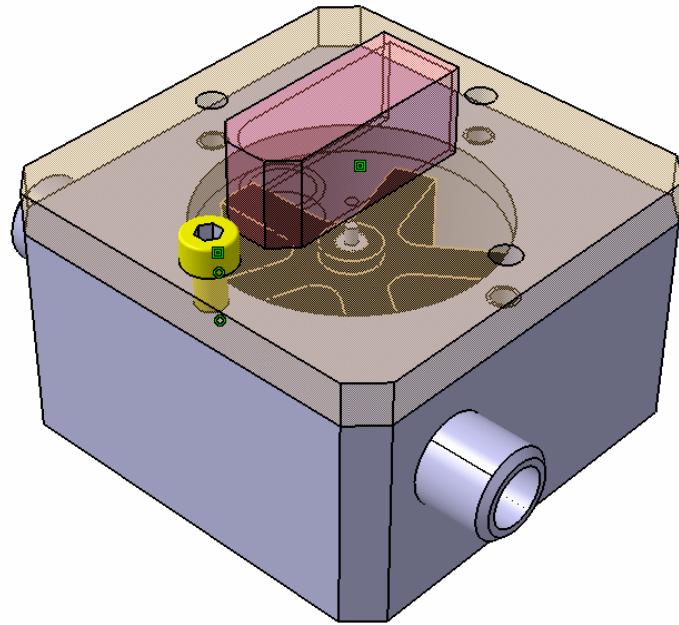




Module Assembly Design

Création d'une répétition d'assemblage

- Réaliser l'assemblage (coïncidence d'axe et appui) de la vis M6 sur le bâti supérieur comme ci-dessous



- Utiliser la fonction de réutilisation d'un motif d'assemblage

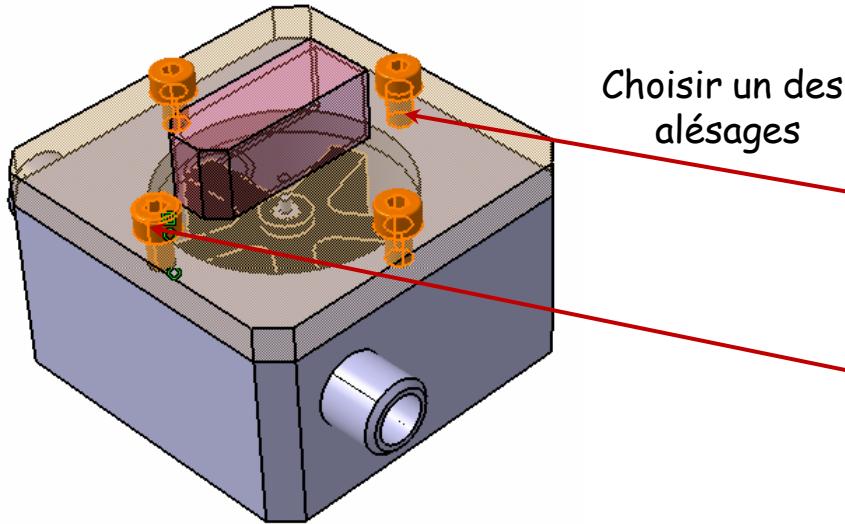




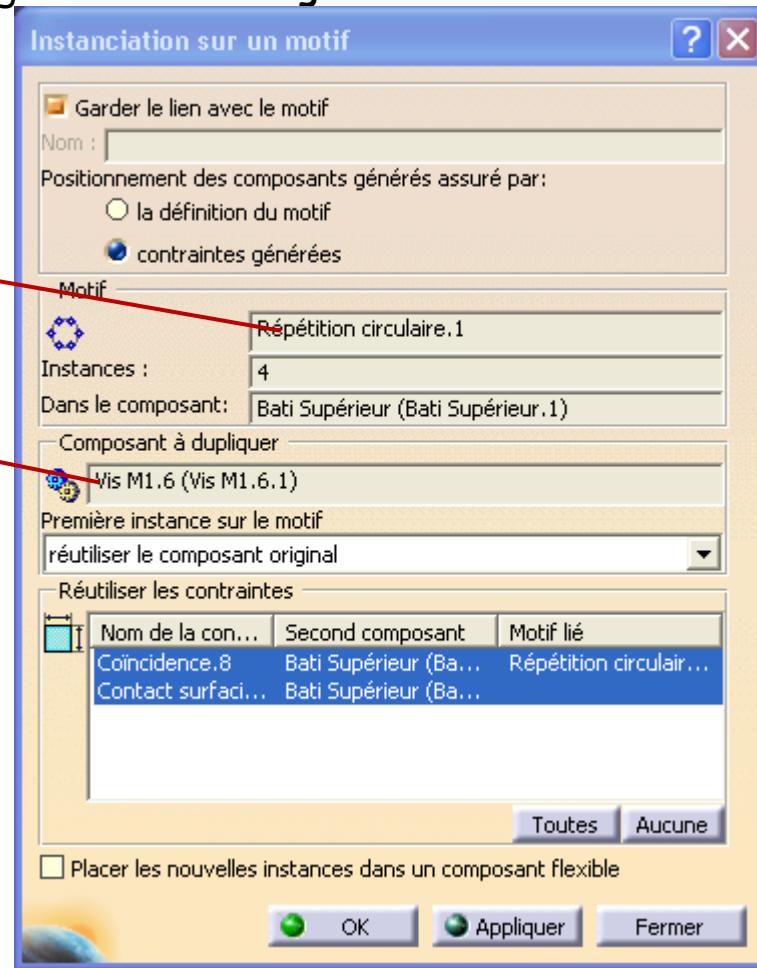
Module Assembly Design

Création d'une répétition d'assemblage

- Cocher la case **Garder le lien avec le motif** et l'onglet **Contraintes générées**



- garder les autres options par défaut et faire **OK**
- 3 nouvelles instances de vis ont été créées ainsi que les contraintes d'assemblage associées





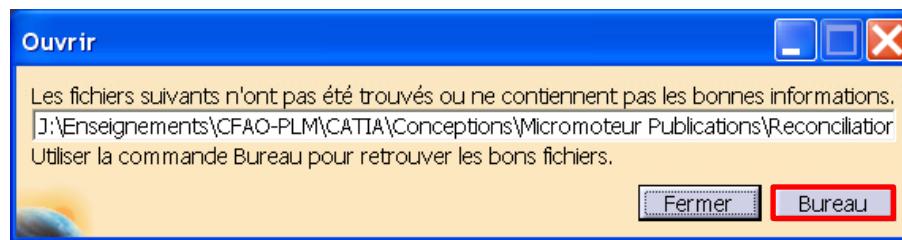
Gestion des Liens et Enregistrements



Module Assembly Design

Gestion d'une sauvegarde

- En l'absence d'outils de gestion d'un coffre-fort (PDM) et de méthodes, il est courant de perdre les liens (changement de noms et/ou de répertoire)
- Il est possible de reconnecter les liens perdus ou rompus à l'aide du **Bureau CATIA**
- Pour cela fermer l'ensemble des entités ouvertes dans la session
- Ouvrir le produit **Micromoteur** du répertoire **Micromoteur Publications\Reconciliation**
- CATIA informe que le fichier lié au **Bloc Moteur** n'est pas accessible (perte du lien associé à une mauvaise sauvegarde des données)
- Cliquer sur l'icône **Bureau**

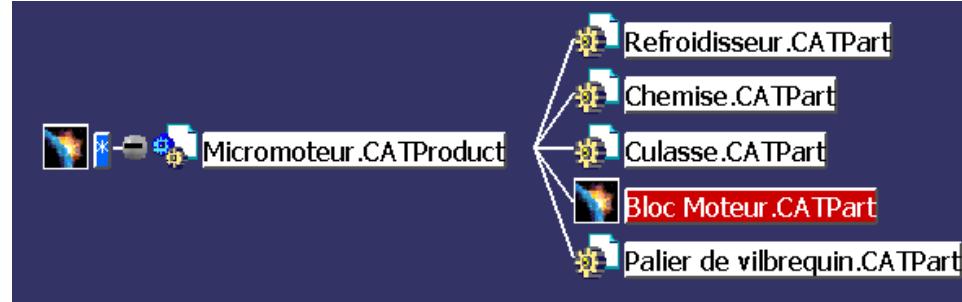




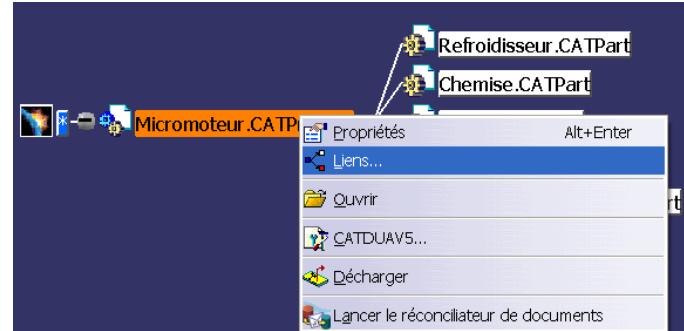
Module Assembly Design

Gestion d'une sauvegarde

- Une fenêtre graphique s'ouvre et présente les liens entre entités de l'assemblage



- On peut voir que le lien vers le fichier **Bloc Moteur.CATPart** est rouge : perte du lien ou le fichier n'existe pas à l'endroit spécifié
- Faire un clic bouton droit sur la branche principale **Micromoteur.CATProduct** et sélectionner la commande **Liens**

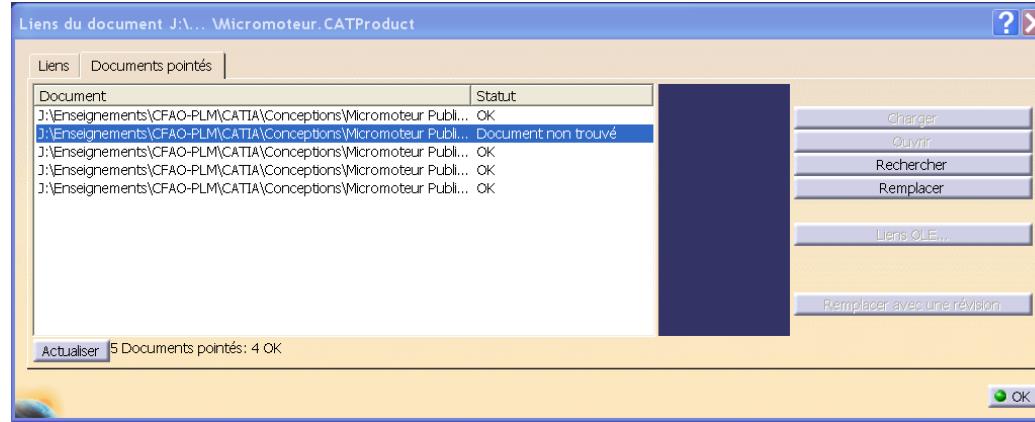




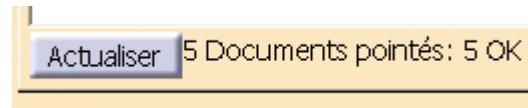
Module Assembly Design

Gestion d'une sauvegarde

- Une fenêtre graphique s'ouvre, sélectionner alors l'onglet **Documents Pointés**



- Choisir le **document non trouvé** puis faire **Rechercher**
- Pointer alors vers le fichier situé dans le répertoire **Micromoteur Publications** lié au Bloc Moteur
- Le document possède à présent un statut **OK** (en sélectionnant le lien, une représentation de la pièce est possible) et à droite de l'icône **Actualiser** tous les liens sont **OK**

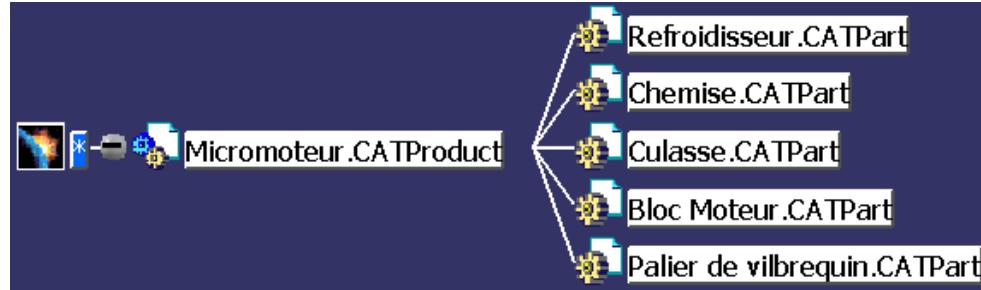




Module Assembly Design

Gestion d'une sauvegarde

- Faire OK - L'arborescence ne présente plus de lien cassé



- Fermer cette fenêtre et revenir au produit **Micromoteur** - le bloc moteur est de nouveau présent
- Pour éviter des liens vers des répertoires différents, on propose d'enregistrer l'ensemble des entités dans le même répertoire
- Pour cela faire menu déroulant **Fichier** -> **Gestion des enregistrements**
- **Enregistrer** le produit **Micromoteur.CATProduct** puis cliquer sur l'icône **Propagation du répertoire**
- Faire **OK**, les documents sont alors enregistrés dans le même répertoire que le document **Micromoteur.CATProduct**



Maquette Numérique (Digital Mock Up)

-

DMU Kinematics



DMU Kinematics

Maquette numérique et simulations cinématiques

- Une fois que l'assemblage est correctement effectué, il est maintenant possible de faire une analyse cinématique de celui-ci
- Pour passer dans le module d'analyse cinématique : *Démarrer -> Maquette Numérique -> DMU Kinematics*
- Seules les icônes ont été modifiées et on voit apparaître dans l'arbre des spécifications une branche *Applications*
- En premier lieu, il est nécessaire de définir le mécanisme pour l'analyse
- Un mécanisme est associé à un contexte de produit (donc au niveau bleu d'un assemblage)
- Un problème va alors se poser : les liaisons ne sont pas définies
- La première possibilité est de créer ces liaisons comme on le ferait dans un logiciel de cinématique standard (Motion-machin, Adams, Meca3D...)

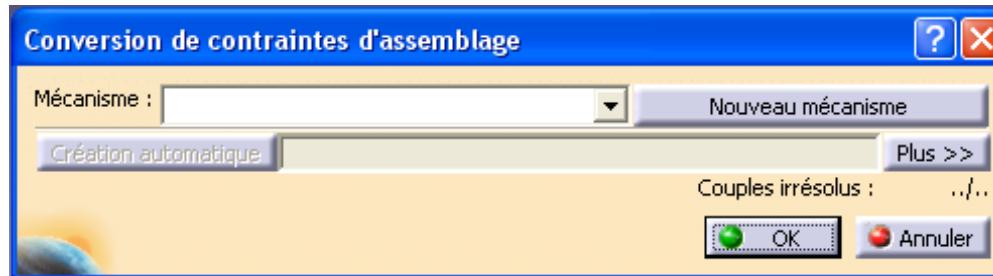


- Ouvrir le produit **Micromoteur** du répertoire **DMUKinematics**
- Si ce n'est pas le cas, se placer sur le contexte **Micromoteur**



Maquette numérique et simulations cinématiques

- Une deuxième solution consiste à traduire les contraintes d'assemblage en liaisons
- Pour cela et on en a déjà fait état, il est nécessaire d'avoir eu une méthodologie d'assemblage cohérente et consistante (faire ce que l'on appelle des groupes d'équivalence et non pas insérer toutes les pièces au même niveau)
- Utiliser cette deuxième méthodologie en sélectionnant 



- Créer un nouveau mécanisme et faire OK pour mécanisme.1
- L'icône *Création automatique* apparaît alors , cliquer dessus (*Couples irrésolus* initialement 4/4)
- En principe l'intitulé *Couples irrésolus* donne 0/4 (pas de problèmes de conversion des contraintes en liaisons)
- En cliquant sur *Plus >>*, on peut voir les différents couples détectés
- Faire *OK* puisqu'il n'y a pas de problèmes (car bonne méthode d'assemblage)



Maquette numérique et simulations cinématiques

- Dans l'arborescence on peut voir, sous Applications, l'intitulé Mécanismes puis Mécanisme.1 (le micromoteur)
- Dans la sous-arborescence apparaît alors les liaisons, les commandes, les parties Fixes, les lois et Vitesses-Accélérations
- En développant l'onglet liaisons, on peut voir les traductions de nos assemblages en liaisons (la dénomination pourrait faire hurler un mécanicien : révolution à la place de pivot, cylindrique à la place de pivot-glissant,...)
- Revenons au niveau Mécanisme.1, on peut noter que le nombre de DDL (degrés de liberté) de ce mécanisme est égal à 1
- Ceci est bien légitime puisque ce degré de liberté est associé soit à la rotation du vilebrequin soit à la translation du piston, i.e. entrée/sortie du mécanisme
- Ce DDL va être commandé, il s'agira de la rotation du vilebrequin (ceci nous permettra de connaître la loi d'entrée en regardant l'évolution du mouvement du piston)
- Pour cela, faire double-clic **Cylindrique** entre le Groupe Vilebrequin et le Bloc Moteur Fixe
- Sélectionner *Commander en angle*, ne pas fixer de limites et faire OK
- Un message vous informe alors que le mécanisme est simulable
- L'onglet Commande est alors défini par une commande en angle sur cette liaison



Maquette numérique et simulations cinématiques

- Sélectionner *Simulation avec commandes*
- Sélectionner l'icône
- Définir une borne mini de 0° et une borne maxi de $+360^\circ$ puis OK
- Entrer alors la valeur de 0° comme valeur initiale
- Déplacer manuellement, la barre de défilement Commande.1 de gauche à droite (ou de droite à gauche) pour vérifier que la cinématique est bien celle recherchée
- Faire *réinitialiser la position* puis Fermer
- On va maintenant définir une loi de sortie pour voir l'effet sur l'entrée
- Pour cela, on va utiliser l'éditeur de formules
- Filtrer par Type : *Angle*
- Rechercher et sélectionner Mécanisme.1/Commandes/Commande.1/Angle (ou similaire)
- Faire *ajouter formule*
- On va définir une évolution linéaire de l'angle en fonction du temps
- Chercher dans Paramètres -> Durée -> Double clic sur 'Mécanisme.1\KINTime' (temps courant de simulations)



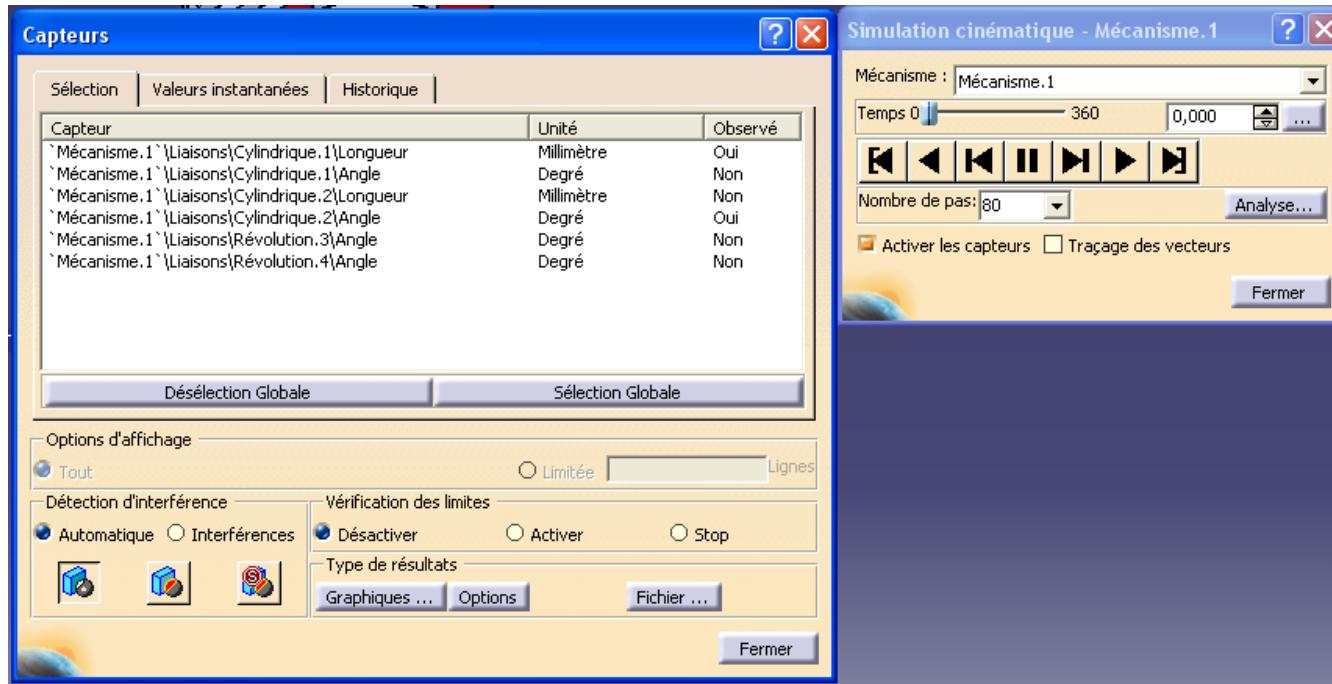
Maquette numérique et simulations cinématiques

- L'éditeur de Formules étant apparu, chercher dans Paramètres -> Durée -> Double clic sur 'Mécanisme.1\KINTime' (temps courant de simulation)
- Dans CATIA V5 (à la différence de nombreux logiciels), les unités doivent être consistantes et elles sont vérifiées
- Donc si on veut, une équation du type Angle = k*temps, k doit être homogène à une unité d'angle par une unité de temps
- Par défaut les unités choisies peuvent être visualisées (et modifiée) Outils->Options->Général->Paramètres et mesure -> Unités
- Entrer alors la formule suivante 'Mécanisme.1\KINTime'*1deg/(1s) puis faire OK (angle = 1deg/s*t)
- Le paramètre Mécanisme.1/Commandes/Commande.1/Angle est alors associé à une formule activée, faire OK
- Dans la branche associé au mécanisme, l'onglet lois voit apparaître une sous branche : la formule que l'on vient de définir
- Choisir alors une *Simulation suivant des lois* 
- Définir un temps de simulations de 360s (on rappelle que angle = 1deg/s*t) 
- Faire *activer les capteurs*



DMU Kinematics

Maquette numérique et simulations cinématiques

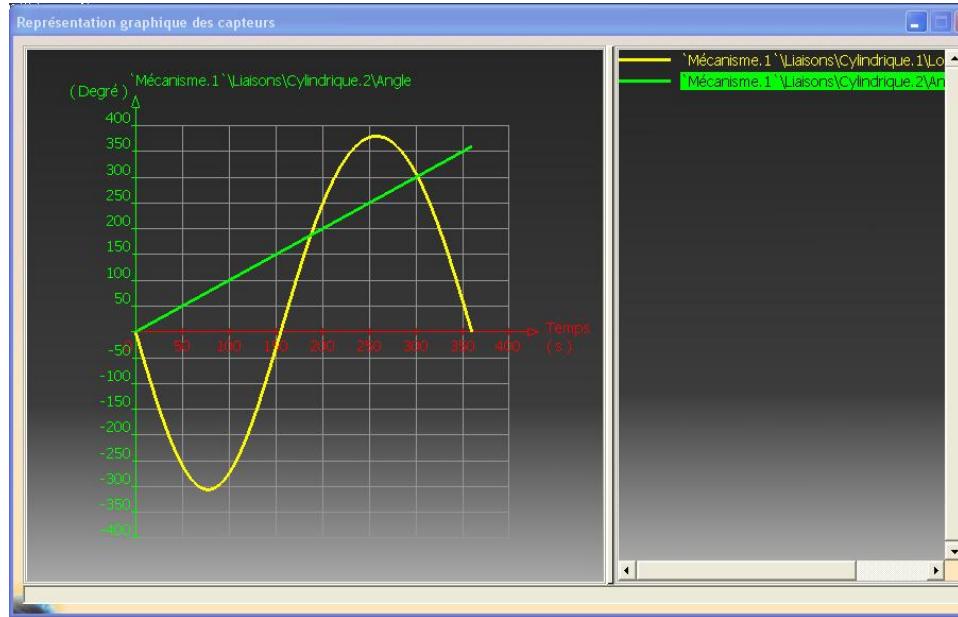


- Cliquer le capteur **Cylindrique.1/Longueur** (Déplacement du piston)
- Cliquer le capteur **Cylindrique.2/Angle** (Rotation du vilebrequin)
- Sélectionner l'icône **Options** et vérifier que l'option **Fonction du temps** est cochée
- **Sans fermer** la fenêtre Capteurs, retourner sur la fenêtre Simulation cinématique
- Définir un nombre de pas égal à 360 (360 positions calculées soit une position par degré)



Maquette numérique et simulations cinématiques

- Activer la lecture ➔
- Une fois celle-ci terminée, sélectionner l'icône Graphiques ...
- Théoriquement, on obtient des courbes proches de la représentation suivante



- La courbe de déplacement ne semble pas symétrique par rapport à l'axe des abscisses ?
- Ceci est tout à fait normal, la position initiale ($t=0$) ne correspond pas forcément à la position médiane du mécanisme ...



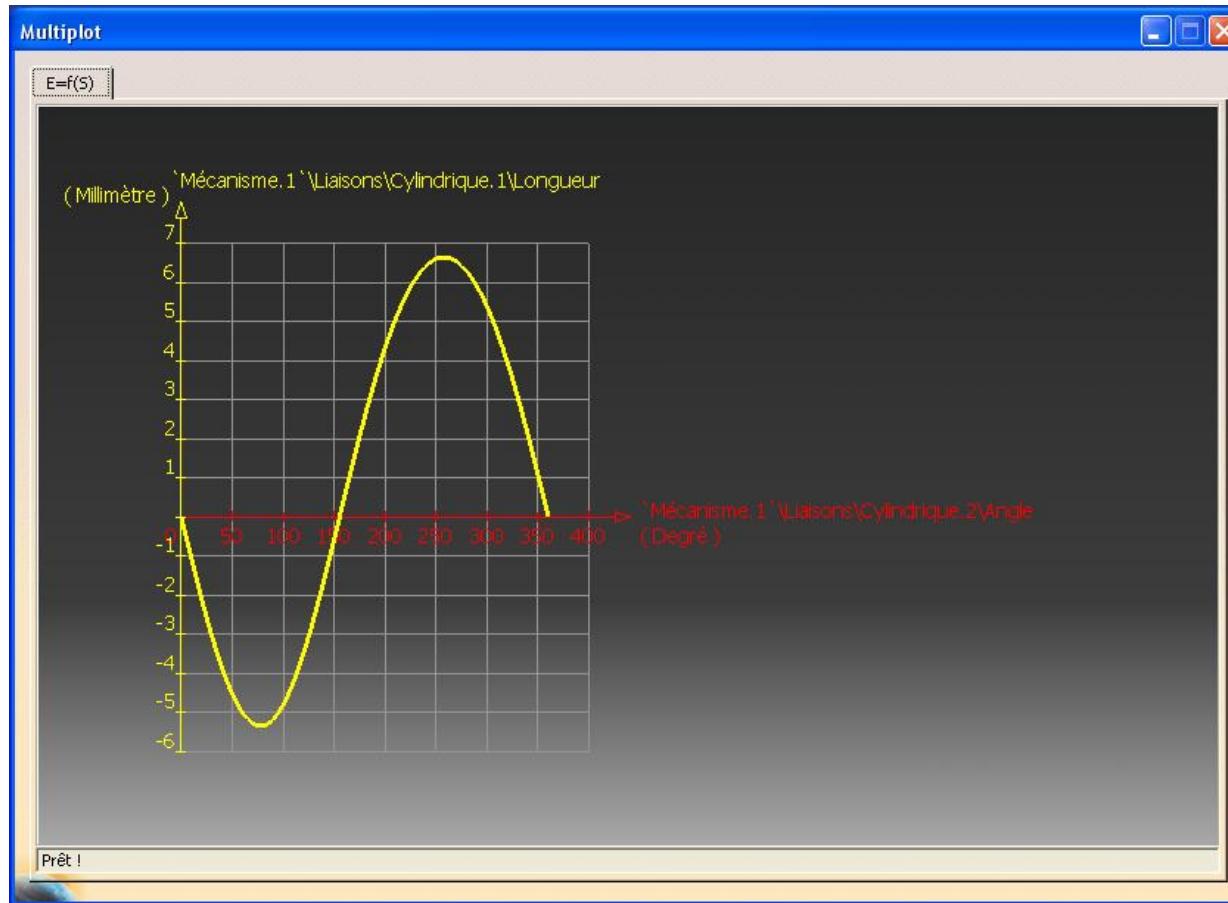
Maquette numérique et simulations cinématiques

- Fermer la fenêtre graphique
- Sauvegardons les résultats au format Excel. Pour cela cliquer sur l'icône Fichier...
- Et enregistrer au format XLS en **resultats.xls**. On peut alors traiter les résultats sous Excel ...
- Est-il possible de tracer directement la courbe Entrée en fonction de la Sortie ?
- Pour cela rembobiner le magnétoscope à 0 par l'intermédiaire de 
- Retourner sur la fenêtre Capteurs et cliquer sur l'onglet Historique
- Faire effacer la liste et cliquer sur Sélection
- Cliquer sur l'icône Options et cocher la case Personnalisées
- Faire ajouter, renommer la courbe $E=f(S)$
- Sélectionner en abscisse : l'évolution de la position angulaire du piston (liaison Cylindrique.2)
- Sélectionner en ordonnée : l'évolution du déplacement du piston (liaison Cylindrique.1)
- Faire OK et fermer la fenêtre
- Relancer la lecture
- Tracer le nouveau Graphique



DMU Kinematics

Maquette numérique et simulations cinématiques





Intérêts du module de cinématique

- Il permet bien évidemment de vérifier la cinématique associée à la conception ainsi que les effets du paramétrage (architecture, modification de la cinématique, ...)
- Deux autres applications peuvent aussi être définies
- La première est associée à la mise en évidence des collisions et interférences entre pièces et ayant pour résultat un disfonctionnement du système
- La seconde application est associée à la mise au point du système
- On montrera dans le cadre de la gestion des connaissances, la possibilité de concevoir selon des lois imposées le profil d'une came

Vers la simulation dynamique

- Il n'y a pas de solutions de simulation en dynamique des solides rigides dans l'offre DS (tous ce qui est associé au calcul est externalisé vers des partenaires ou des rachats, i.e. Simulia)
- On doit alors utiliser un logiciel tiers
- Sur le marché deux logiciels se distinguent : MSC Simdesigner et LMS VirtualLab
- Mon avis : On a tenté Simdesigner ... et on a vu LMS VirtualLab -> Mon choix : VirtualLab
- Sinon un logiciel libre Decade Dynamics (Développé par T. Paviot - SUPMECA)

Tolérancement 3D

-

Functional Tolerancing & Annotation (FTA)

Functional Tolerancing & Annotation

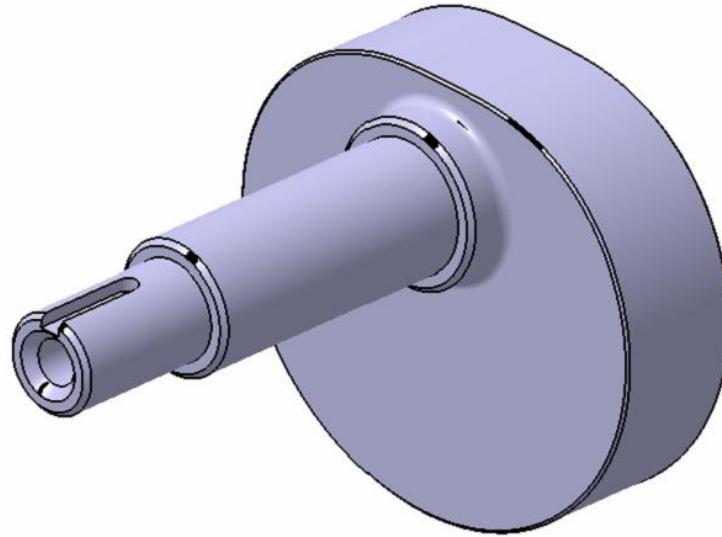
Vers un tolérancement dimensionnel et géométrique 3D

- Toute personne ayant fait de la construction mécanique a eu à réaliser , à un moment donné, une mise en plan d'une conception (dessins d'ensemble et de définition)
- Ces mises en plan sont alors « cotées » afin de définir le contrat existant entre le BE et le BM
- Ces mises en plan tendent (enfin c'est ce que l'on veut nous vendre) à disparaître au profit d'un tolérancement direct de la maquette numérique 3D
- Le module FTA (Functional Tolerancing Annotation) est l'atelier dédié à cette tâche
- Il permet de définir une chaîne bidirectionnel entre le plan et la maquette numérique
- Il supporte les normes actuelles ASME et ISO
- Il permet de vérifier (au sens des normes) la cotation créée (notification de l'impossibilité d'un tolérancement au sens de la norme)
- Il permet alors d'envisager plusieurs processus :
 - La récupération du tolérancement 3D dans le module de mise en plan et donc de la cotation directe dans celui-ci (associativité)
 - L'utilisation du tolérancement 3D pour le calcul des chaînes de cotes 3D avec prise en compte statistique (ou pire des cas) des procédés de réalisation avec une applications tierce (par exemple CETOL 6σ)

Functional Tolerancing & Annotation

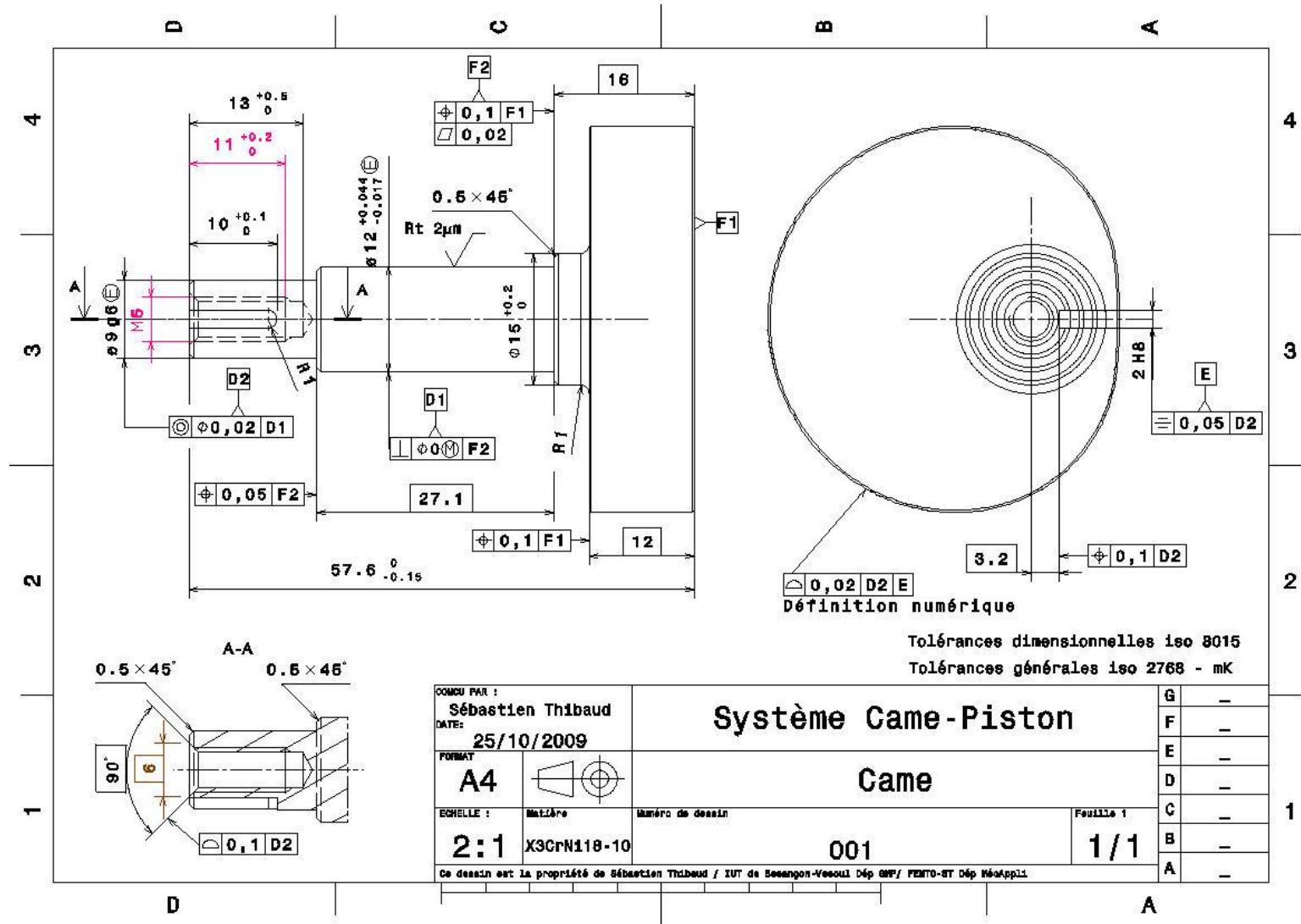
Tolérancement d'une came

- Prenons l'exemple de la came qui sera réalisée par la suite dans le cadre du knowledge
- Pour cela ouvrir la pièce **CAME.CATPart** située dans le répertoire **FTA**



- On désire alors réaliser la cotation 3D correspondante à la cotation 2D définie sur la mise en place suivante (les puristes noteront que les références ne sont pas écrites selon la norme ... ce qui montrera la puissance de FTA à refuser cette écriture)

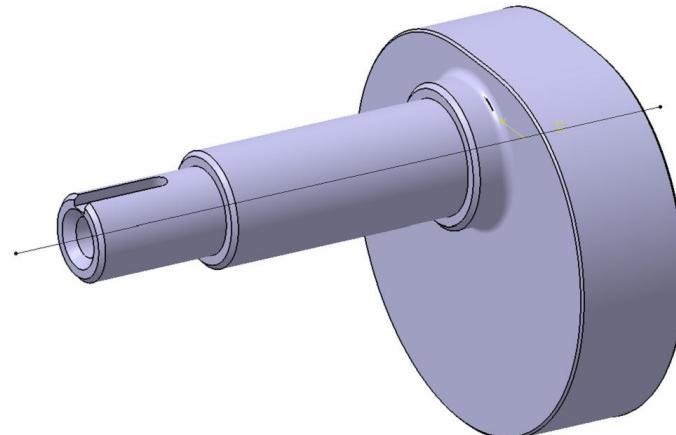
Functional Tolerancing & Annotation



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

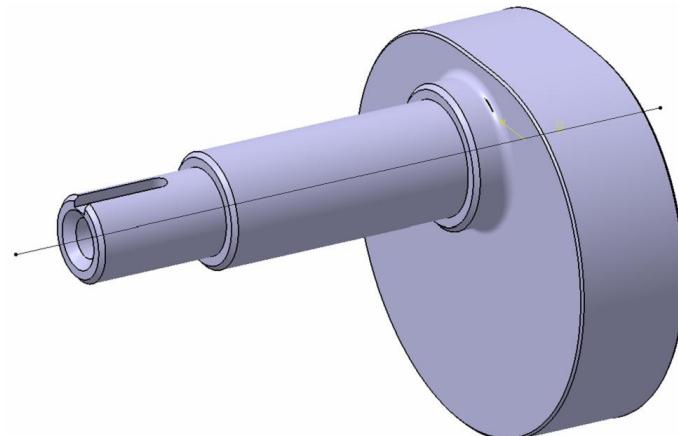
- Pour commencer à préparer ce tolérancement, on crée les entités nécessaires (plans et esquisses pour la définition des coupes/sections)
- Pour cela, on utilise un set géométrique dans lequel on définira ces entités
- Dans le cadre de cette présentation, on utilisera directement les plans de base
- On crée seulement un esquisse (une droite définissant un plan de coupe)
- Pour cela passer dans l'atelier Part Design et insérer un **Set Géométrique** (Insertion-> Set Géométrique) - Nommer le en **Entités FTA**
- Créer une esquisse de type droite (sur l'axe de la came) sur le plan XY comme représentée ci-dessous et renommer celle-ci en **Coupe AA**



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

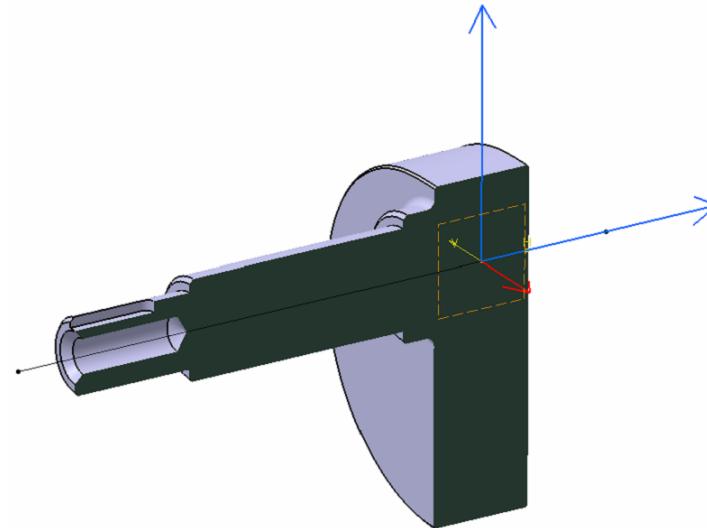
- On définit maintenant la vue de gauche comme étant relatif au plan **ZY**
- Dans le cas des trois plans de définition de la pièce, ce plan n'existe pas (le plan **YZ** oui)
- Il faut donc le créer dans le set géométrique - Ceci amène à rappeler que la construction d'une pièce ne se fait pas au bon vouloir de l'utilisateur
- Créer alors un plan par **deux droites** avec
 - Droite 1 : **Axe Z** (clic droit dans la case correspondante)
 - Droite 2 : **Axe Y** (clic droit dans la case correspondante)
- Valider puis renommer ce plan en **Vue de Gauche**



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

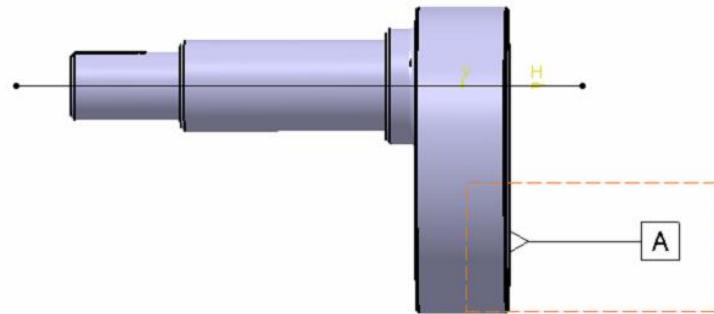
- Passer ensuite dans le module **Functional Tolerancing & Annotation** (Démarrer-> Conception Mécanique -> Functional Tolerancing & Annotation)
- On commence par définir le premier plan d'annotations (celui où va être créé l'ensemble des cotes et annotations de la vue de face)
- Pour cela, sélectionner l'icône **Vue d'annotation**  puis sélectionner le plan **ZX**
- Une branche supplémentaire apparaît dans l'arborescence associée à **FTA**
- Un clic sur cette vue propose une vue en coupe



Functional Tolerancing & Annotation

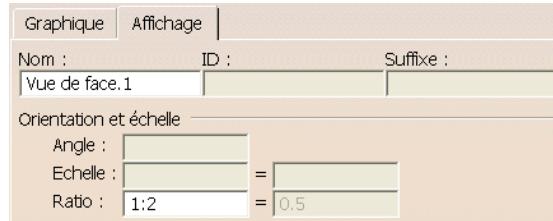
Tolérancement d'une came

- On peut alors commencer à coter et tolérer cette vue comme présentée sur la mise en plan
- Débutons par définir la référence spécifiée **F1**, pour cela sélectionner la fonction associée 
- Nommer celle-ci en **F1** puis sur **OK**
- La sous-branche **Références** propose alors **F1** comme référence mais elle n'est pas spécifiée en référence simple
- L'explication est assez simple, la norme définit une référence spécifiée par une ou plusieurs lettres majuscules (**A,B,C, AA, ...**) et la notation **F1** n'est donc pas juste au sens de la norme
- Supprimer alors cette référence (Sélection puis Suppr) et redéfinir **F1** en **A**
- Une référence simple est alors spécifiée



Tolérancement d'une came

- Le nombre de cotes et spécifications pouvant être importantes, on peut définir une échelle sur chaque plan d'annotations (elle s'applique sur celles-ci)
- Pour cela, faire un clic bouton droit sur la vue puis faire propriétés (Alt+Entrée)
- Cliquer sur l'onglet **Affichage** et définir un ratio de 1:2



- La référence est alors deux fois plus petite (imposer une taille de police de 2,5)
- On passe alors à la définition de la tolérance de localisation qui sera également définie comme une référence B (F2 sur le dessin de définition)
- Pour cela, on utilise l'outil principal de définition de tolérances : l'assistant de tolérancement



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- L'assistant s'ouvre

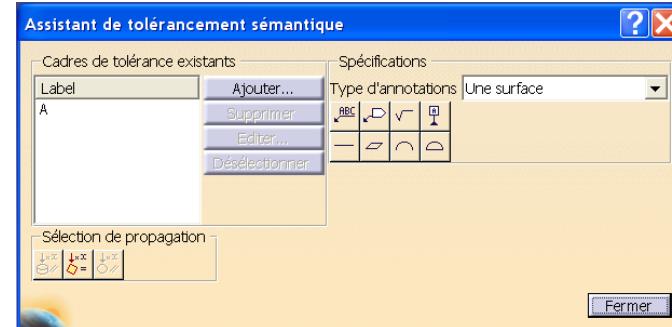
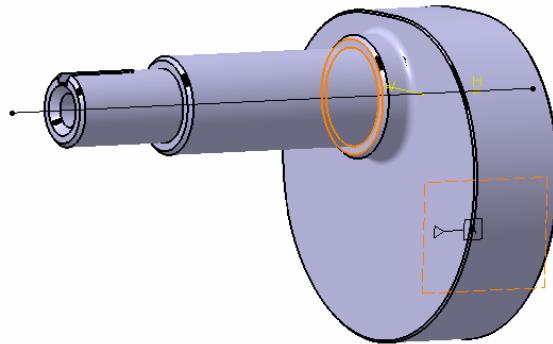


- On désire ici spécifier (localiser) la position de la surface **B** par rapport à la référence spécifiée **A**
- Etant donné que l'on définit une position, il est nécessaire de définir la (les) références par création de cadres de tolérances
- Cliquer sur l'icône **Ajouter**, une nouvelle fenêtre apparaît
- Choisir la référence **A** comme référence principale puis sur cliquer sur **OK**
- **NOTA** : Pour définir une référence associée à la réunion de deux références (par ex : $A-B$), il suffit de définir la référence **A** puis de cliquer à nouveau dans le cadre et de sélectionner la référence **B**

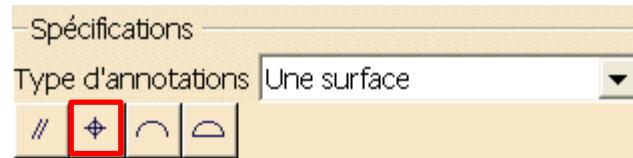
Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- Un cadre est alors donné avec le label A
- Sélectionner la surface plane associée à B, la fenêtre de l'assistant propose alors toutes les possibilités de tolérancement pour cette surface



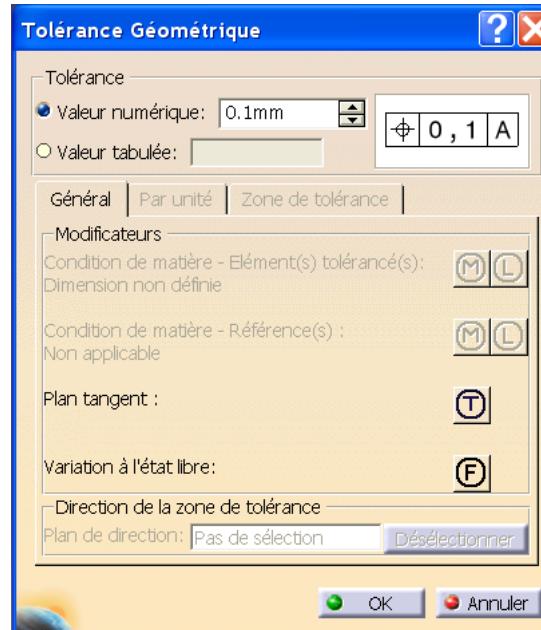
- Sélectionner ensuite le cadre de tolérance A précédemment créé
- Les nouvelles possibilités de tolérancement de cette surface par rapport au système de références spécifié sont présentées
- Choisir la spécification de localisation



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

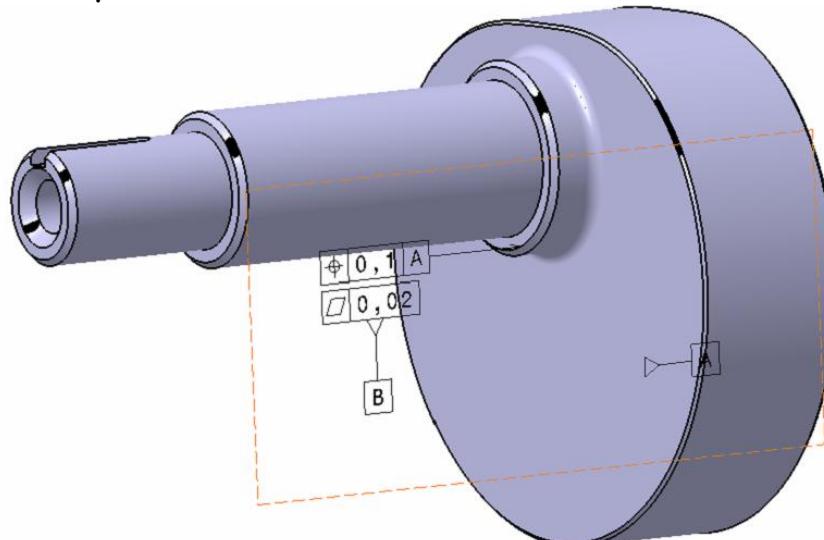
- Une nouvelle fenêtre permet de spécifier les données de la spécification de localisation
- Certaines options ne sont pas disponibles selon la spécification et/ou le système de référence
- Ceci est un réel outil car il permet d'éviter la définition de tolérances incohérentes ou non définies par la norme
- Définir une tolérance numérique de **0.1 mm** puis valider



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

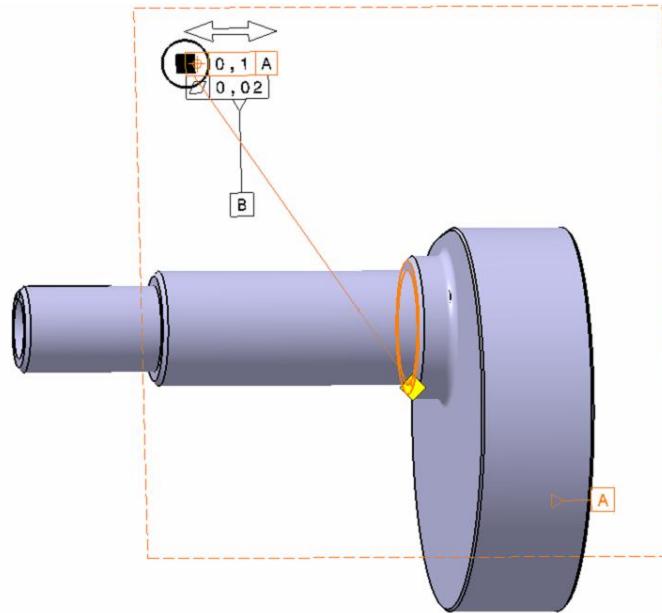
- Cliquer sur l'icône **Désélectionner** du cadre de tolérance
- Sélectionner alors l'icône de référence spécifiée 
- Nommer celle-ci en **B** (puis faire **OK**) - Déplacer celle-ci au dessus du cadre de tolérance (clic+déplacement sur la lettre B)
- Choisir une tolérance de planéité et définir la tolérance à **0.02mm** puis faire **OK**
- Fermer l'assistant et définir une police de **2.5mm** pour ces tolérances
- Les deux cadres sont alors séparés



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

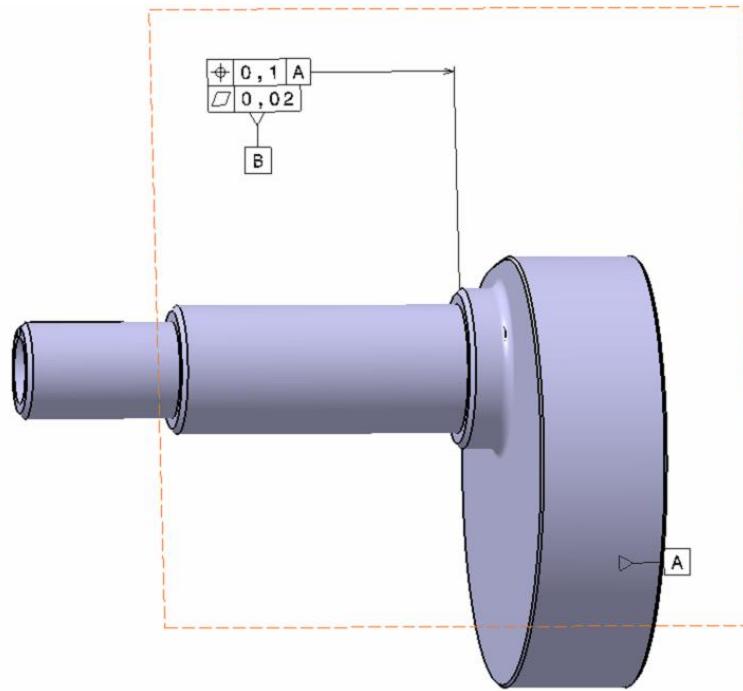
- Pour les lier, sélectionner ceux-ci (Ctrl+clics) puis faire **Insertion -> 3D Grid / Grouping -> Grouping -> Automatique** (ou l'icône 
- On désire maintenant placer ces cadres au dessus de la pièce avec une ligne de cote
- Pour cela déplacer le cadre de localisation à l'emplacement souhaité
- Cliquer sur l'extrémité de la flèche pour faire apparaître un losange jaune



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

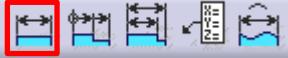
- Faire un clic droit sur celui-ci et sélectionner l'option **Basculer en lien d'orientation**
- Une ligne de cote est alors donnée et la spécification pointe dessus

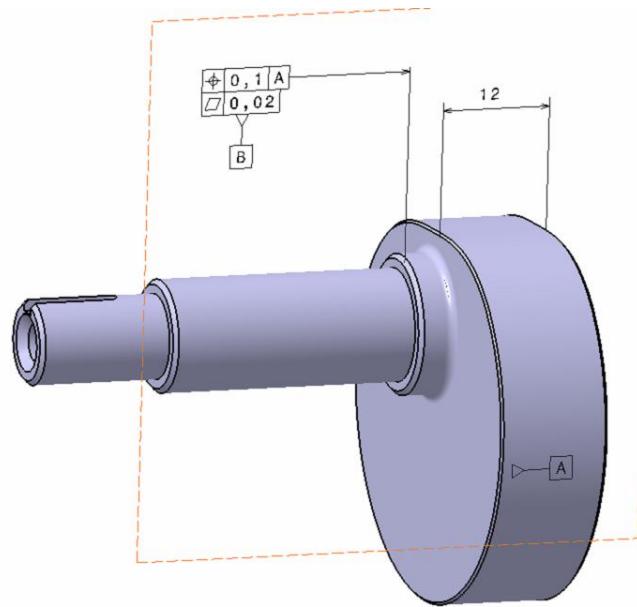


- En cliquant sur un cadre ou sur une référence, on peut alors visualiser les entités géométriques et les références associées

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- La tolérance de localisation doit être ici liée à une cote dimensionnelle permettant de positionner la surface **B** par rapport à la surface **A**
- Pour cela, choisir la fonction de cote dimensionnelle 
- Il faut alors sélectionner les deux surfaces délimitantes (**A** et **B**)
- Pour montrer un des intérêts de l'outil FTA, définir une cote entre la surface **A** et l'autre face du profil de la came (cote de **12 mm**)



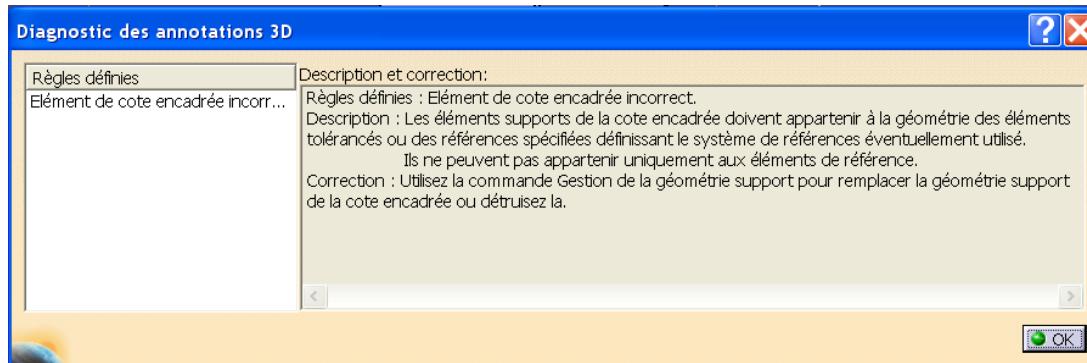
Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- Pour lier cette cote à la localisation, elle doit être définie comme une cote encadrée
- Pour cela, utiliser la fonction **cote encadrée** - Sélectionner le cadre associé à la localisation
- Une fois la fonction ouverte, choisir la cote puis faire **OK**
- La cote est alors grisée et dans l'arborescence un point d'exclamation apparaît sur cette cote



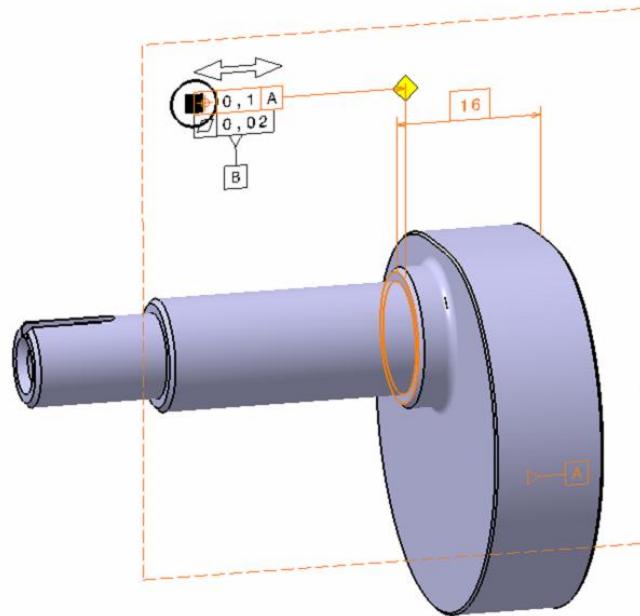
- Faire un clic bouton droit sur cette branche et sélectionner **Compte rendu du diagnostic sur annotations 3D** - Une fenêtre s'ouvre et donne le diagnostic (juste)



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- Supprimer cette cote et réaliser la bonne relation entre la référence A et B
- Définir ensuite cette dimension en cote encadrée (l'erreur disparaît et la cote reste blanche)
- Un clic sur le cadre de la localisation présente alors l'ensemble des spécifications de cette tolérance



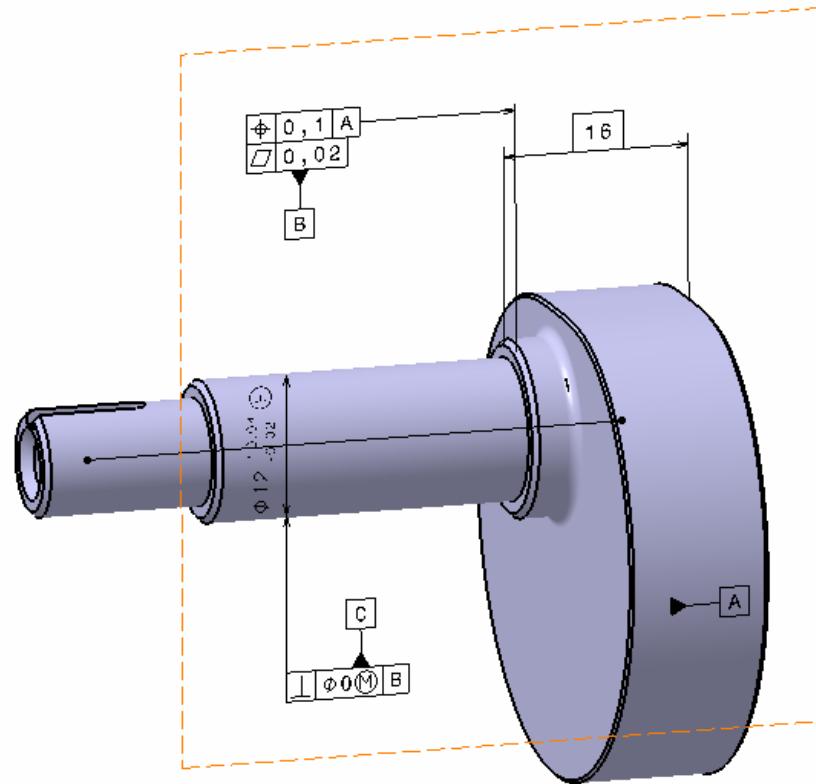
Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- On va maintenant définir la portée cylindrique de la came
- Pour cela, utiliser l'assistant de tolérancement et sélectionner la surface réputée cylindrique associée à la portée
- Choisir la cotation d'un diamètre - Définir alors la tolérance par valeurs numériques ($+44\mu\text{m}$ / $-17\mu\text{m}$) avec une spécification d'enveloppe
- Cette cote est en fait associée à une tolérance de classe **g6** mais l'utilisation d'une spécification géométrique de perpendicularité avec diamètre nul de tolérance au maximum de matière implique une modification de la tolérance dimensionnelle (voir cours GPS)
- Définir ensuite **sur** (pour définir l'axe de la surface réputée cylindrique) cette cote, une tolérance géométrique de perpendiculaire avec pour cadre de références la surface **B** (créer ce cadre)
- Définir alors cet axe comme la référence **C** puis fermer l'assistant
- On peut voir que la flèche d'indication du cadre de tolérance n'apparaît pas
- Pour cela, cliquer sur ce cadre, le losange jaune associé apparaît
- Faire un clic droit sur celui-ci et choisir une forme de symbole de type **flèche ouverte**
- Faire de même sur les symboles de références et définir des triangles pleins
- On notera que l'assistant a créé (extraction) au sens de la norme l'entité tolérancée : l'axe de la surface réputée cylindrique

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came



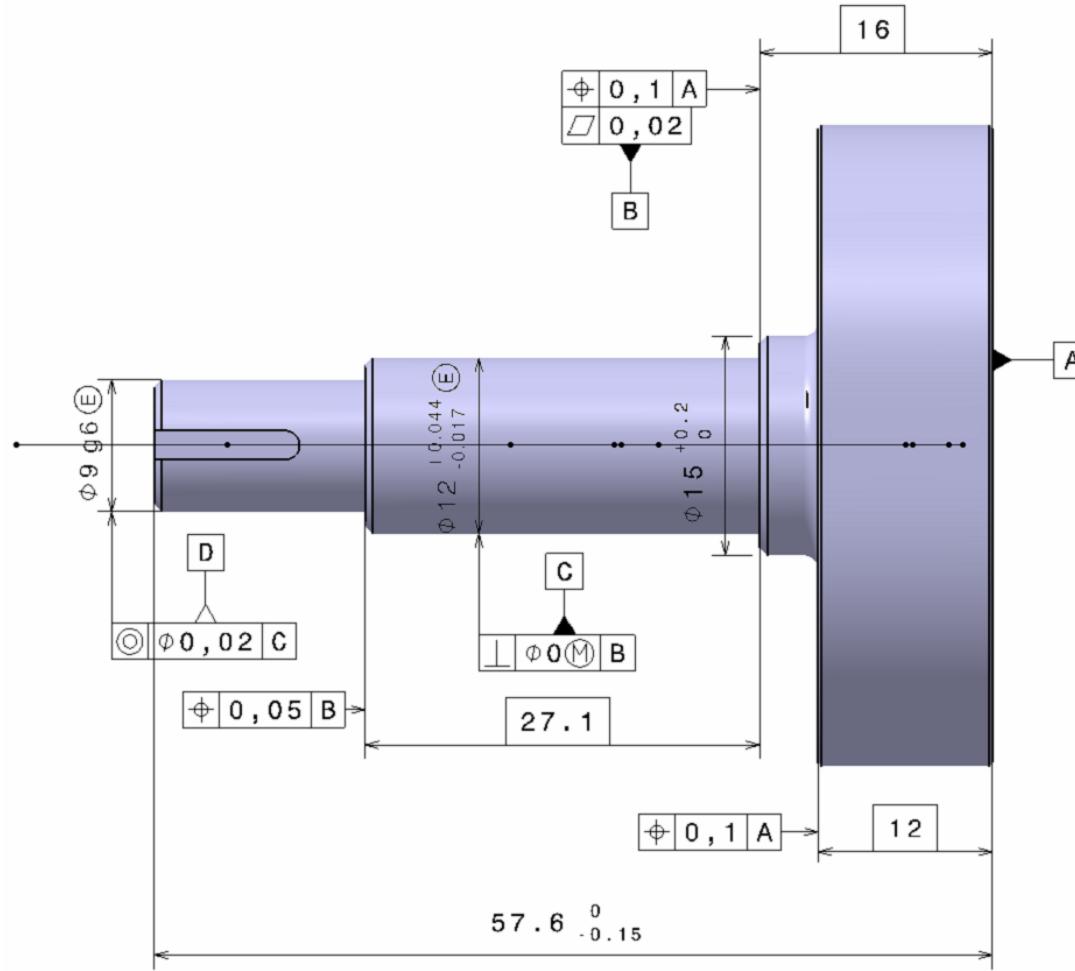
Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- On peut s'apercevoir (si ce n'est pas déjà fait) qu'au regard du dessin de définition la vue de face n'est pas associée au plan ZX mais au plan XY
- Pour changer la définition du plan d'annotation, faire un clic bouton droit sur celui-ci puis sélectionner **Nouveau support de vue** ...
- Sélectionner alors le plan XY dans l'arborescence et valider par **OK**
- Réagencer (si nécessaire) les annotations
- Définir ensuite l'ensemble des tolérances dimensionnelles et géométriques de la vue de face (comme spécifiées sur le dessin de définition), sauf dans le cas:
 - Du perçage / taraudage
 - De la longueur de la rainure de clavette
 - Des chanfreins et congés
 - De l'état de surface de la portée
- Pour la cote de **57.6** mm, utiliser la génération de cote dimensionnelle (obtention de la cote nominale) puis sélectionner celle-ci et faire bouton droit -> **Propriétés** (Alt+Entrée) - Cliquer sur l'onglet tolérance et choisir l'option **TOL_NUM2** en valeur principale et définir la tolérance haute et basse

Functional Tolerancing & Annotation

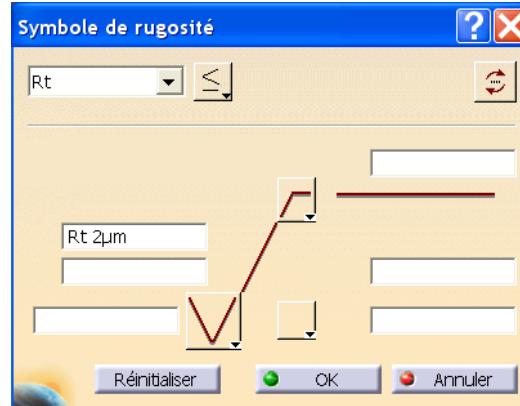
Tolérancement d'une came



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- Maintenant, on définit la spécification d'état de surface sur la portée de la came
- Pour cela, utiliser l'assistant et sélectionner la surface réputée cylindrique et associée à la portée
- Choisir l'icône de spécification d'état de surface
- Remplir la spécification suivante et valider par OK - Fermer l'assistant



- Pour la cotation du rayon associé au congé de raccordement, choisir une cotation dimensionnelle et sélectionner la surface torique liée au congé (dans la zone où l'on veut placer la cote)

Functional Tolerancing & Annotation

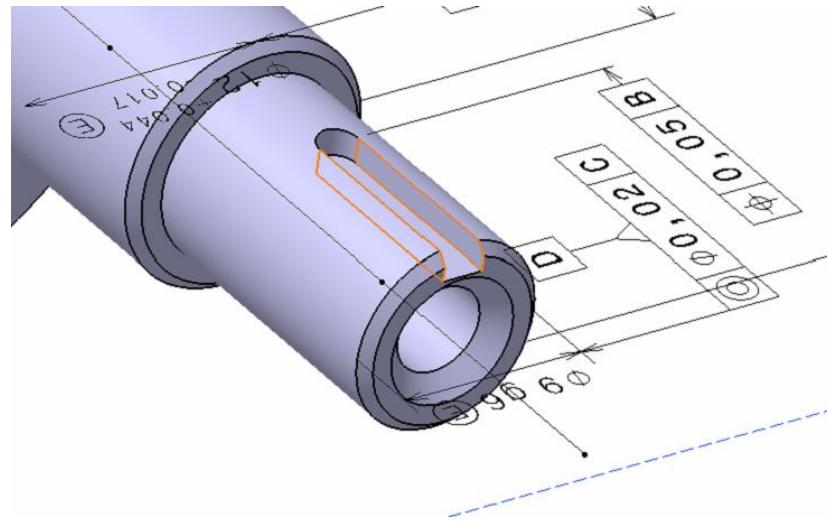
Tolérancement d'une came

- Pour le chanfrein, il n'existe pas de fonction permettant la cotation (associative) de type $0.5\times45^\circ$
- Pour une raison simple, c'est qu'au sens de la norme cette notation est acceptée mais elle est préférée à une cotation de longueur + une cotation angulaire
- Si l'on désire tout de même écrire $0.5\times45^\circ$, il suffit d'utiliser la fonction **Texte attaché**  puis par sélection de la surface inclinée de taper le texte associé
- **ATTENTION** : Cette méthode est esthétique mais non associative. Une modification de l'angle et/ou de la longueur du chanfrein ne sera pas considérée (donc pas mise à jour)
- L'autre méthode consiste à appliquer une cote de longueur et une cote angulaire. C'est cette méthode qui doit être considérée dans le cadre de la chaîne numérique ... même si ici le chanfrein ne définit pas une surface fonctionnelle
- A vous de faire votre choix ... s'il n'est pas imposé par les standards entreprises (ou par l'enseignant)
- Passons à la vue de gauche en définissant un nouveau plan d'annotation associé au plan **Vue de Gauche** créé dans le Set Géométrique **Entités FTA**

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

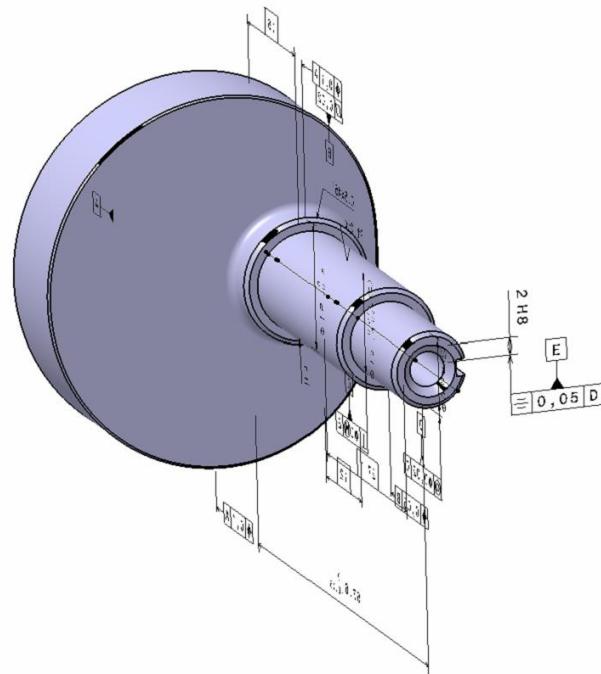
- Définissons un cas intéressant associé à la rainure de clavette
- Pour cela utiliser l'assistant de tolérancement et sélectionner les deux faces planes de cette rainure



- L'assistant propose justement la définition d'une rainure de clavette, choisir la cote dimensionnelle et définir une largeur de **2H8**
- Sélectionner ensuite le cadre de tolérance associé à D, trois spécifications sont possibles mais seule celle liée à la symétrie est utilisée ici - Choisir cette option et appliquer les spécifications associées
- Définir cette entité comme la référence spécifiée E

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

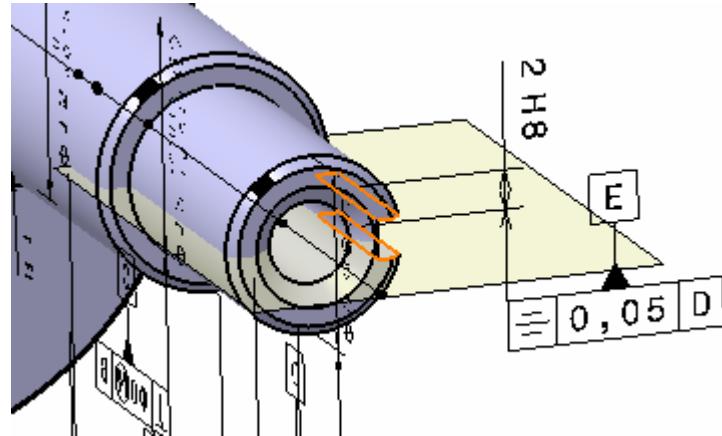


- A quoi correspond l'entité tolérancée ? A la surface médiane dérivée de deux surfaces réputées parallèles
- Mais où peut-on définir cette surface (plan) médiane au sens de la norme ?

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- Il est possible de créer les éléments tolérancés non définis (directement) par la géométrie
- Ceci a déjà été fait, lors du tolérancement des axes des surfaces réputées cylindriques
- Utiliser pour cela l'outil de création de géométrie 
- Selectionner la spécification de symétrie créée précédemment
- L'outil vous propose alors l'élément tolérancé au sens de la norme : le plan médian - Cocher la case **Plan** (le plan apparaît dans le 3D) et faire **OK** (si l'entité est nécessaire)
- Le plan médian est alors créé et placé dans la branche **Géométrie de construction**



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

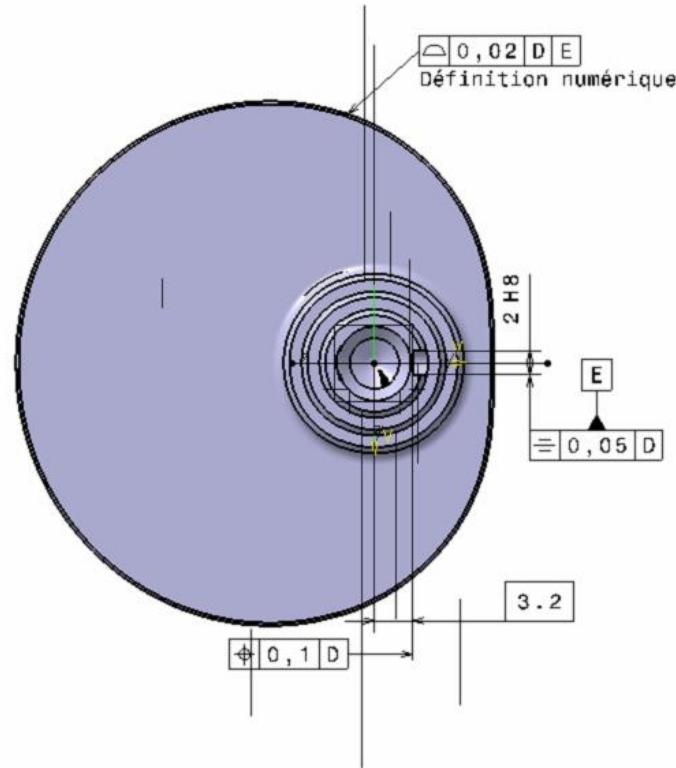
- Créer ensuite la localisation du fond de la rainure par rapport à l'axe (spécifié D)
- Si nécessaire, utiliser la commande de rotation pour repositionner une annotation 
- Cette option peut être configurée : Outils -> Options ->Conception Mécanique -> Functional Tolerancing & Annotation puis Onglet Manipulateurs



- Définir la spécification de forme sur la surface fonctionnelle du profil de came - Crée le cadre de tolérance D|E
- Sélectionner alors le cadre et définir un **Texte** avec la fonction associée  et cliquer sur le cadre de la spécification de forme (ceci a pour effet, d'attacher le texte au cadre)
- Ecrire **Définition numérique** (pour informer que le profil de la came est défini par le profil CAO)

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

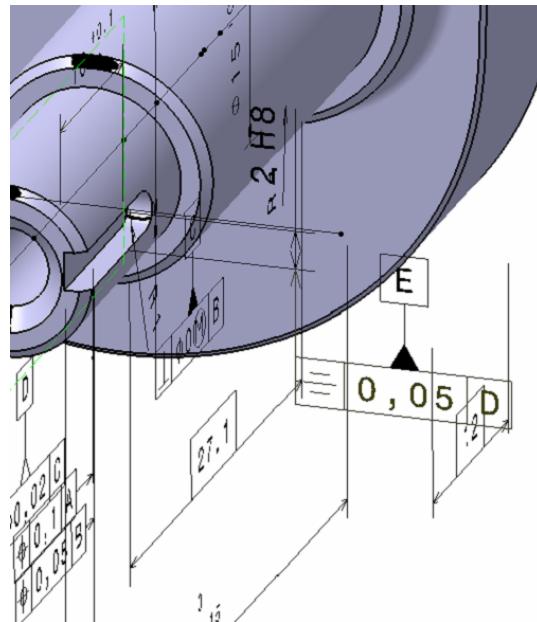


- Repasser dans la vue de face (bouton droit sur le plan d'annotation puis **Activer la vue**) et définir la largeur de la rainure de clavette ainsi que le rayon de fin de rainure

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

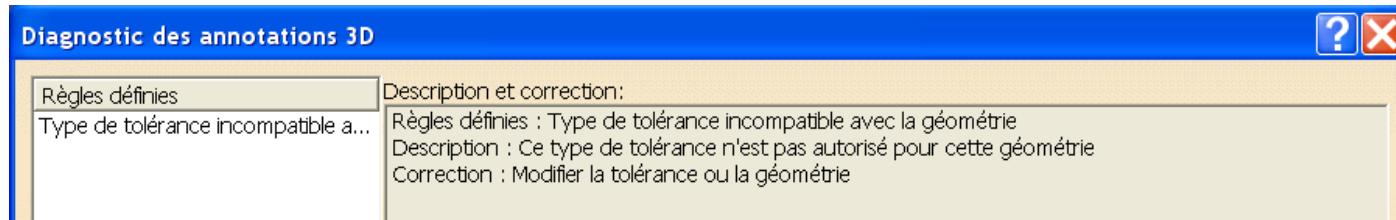
- Regardons une fois de plus, l'effet de la modification d'une entité et du tolérancement associé
- Pour cela, on va rompre la définition de symétrie de l'esquisse de la rainure
- Pour cela localiser l'opération de **Poche** associée à la rainure et éditer l'esquisse de définition
- Modifier la valeur de 1 mm (localisation d'un des plans par rapport à l'axe) en une valeur de 0.5 mm
- Sortir alors de l'esquisse, la spécification de symétrie change alors de couleur (et la branche associée présente un symbole d'exclamation)



Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- Faire un clic bouton droit sur celle-ci et choisir l'option **Compte rendu du diagnostic sur annotations 3D**
- Le compte rendu est explicite, il n'est pas possible de définir une condition de symétrie
- Il faut donc changer de spécification ou la définition de la géométrie



- On voit une fois de plus que la méthodologie de définition de l'esquisse n'est pas bonne
- Deux solutions se présentent pour éviter ce phénomène :
 - Imposer une symétrie
 - Définir la cote de positionnement d'un des plans par rapport à l'axe comme étant lié (à un facteur $\frac{1}{2}$) à la largeur de la rainure
- Cette dernière solution est utilisée de préférence
- Appliquer celle-ci à l'esquisse précédemment modifiée ... la spécification est alors respectée

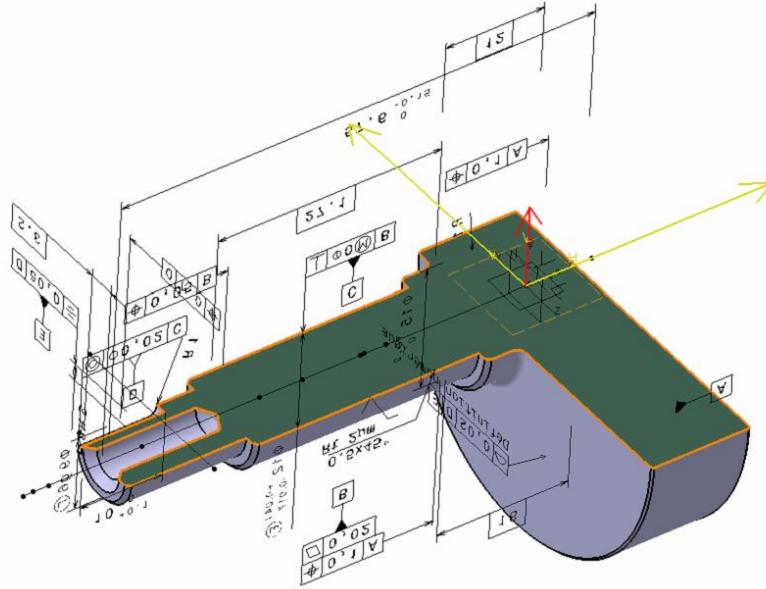
Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- Une question légitime peut rapidement (immédiatement) être soulevée : peut-on demander une cotation automatique à partir de la construction de la pièce (esquisse et fonctions) ?
- Il est effectivement possible de récupérer les informations (dimensionnement) d'une pièce à l'aide de la fonction de cotation automatique
- Certains seraient tentés de croire que tout peut être automatisé : c'est une erreur car la cotation et le tolérancement associé ont un objectif de fonctionnement et dépendent du concepteur
- De plus (et ce n'est que mon avis), vouloir utiliser un outil automatique n'entraîne que très rarement une mise en place plus rapide de la cotation
- Prenons l'exemple de la cotation du trou taraudé de M5
- Créer un nouveau plan d'annotation de type **Vue de Coupe** s'appuyant sur le plan **XZ**
- Afficher la coupe en cliquant sur la vue dans l'arborescence

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came



- Utiliser alors la fonction de cotation automatique
- Sélectionner une des surfaces définissant le trou
- Une boîte de dialogue apparaît avec l'ensemble des cotes associées à ce trou
- Choisir les cotes à créer (ou faire tout sélectionner pour toutes les créer) puis faire OK
- Les cotes sont alors créées en s'appuyant sur la définition de la fonction trou associée

Functional Tolerancing & Annotation

Tolérancement d'une came

- La cote **M5** n'est pas associée au plan d'annotation souhaité
- On peut la ramener dans le dernier plan d'annotation créé (la coupe)
- Pour cela faire un clic droit sur la cote puis choisir **Transfert vers vue/plan d'annotation** et choisir le plan souhaité : la cote est alors transférée

Un petit bilan

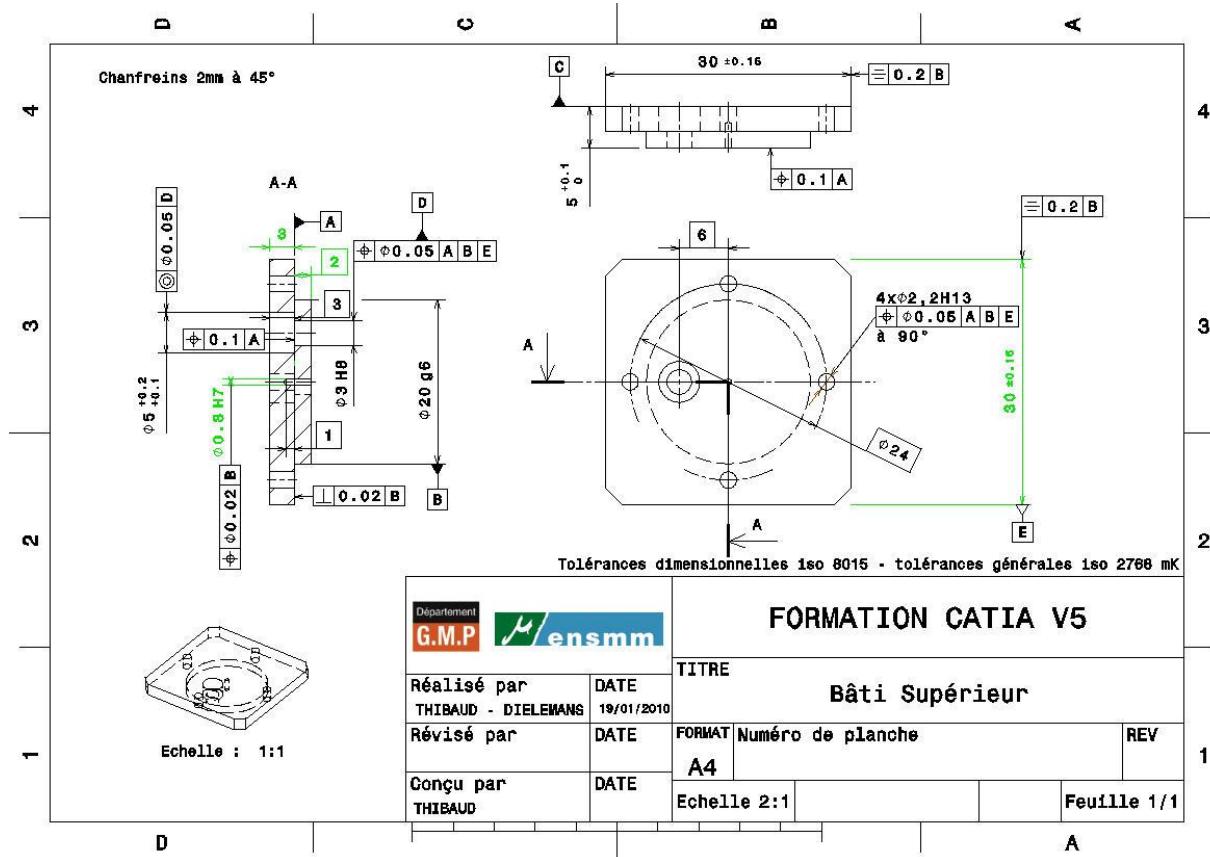
- Le module FTA vient d'être en partie présenté
- La cotation 3D pour un produit (assemblage) existe également par l'atelier équivalent (**Product Functional Tolerancing & Annotation**)
- La présentation se doit être poursuivie vers deux ateliers :
 - L'atelier Drafting : comment réaliser le dessin de définition d'une pièce ou le dessin d'ensemble d'un produit ?
 - Comment gérer le tolérancement 3D et les chaînes de cotes associées ?
- On poursuit en premier lieu par la mise en plan
- Le deuxième atelier n'est pas proposé dans la licence ED2 CATIA et fait appel à module CAA V5 - Dans le cadre de l'AIP PRIMECA de FC, le choix de l'outil CETOL 6σ de la société **Sigmetrix** a été fait

Mise en plan

Drafting

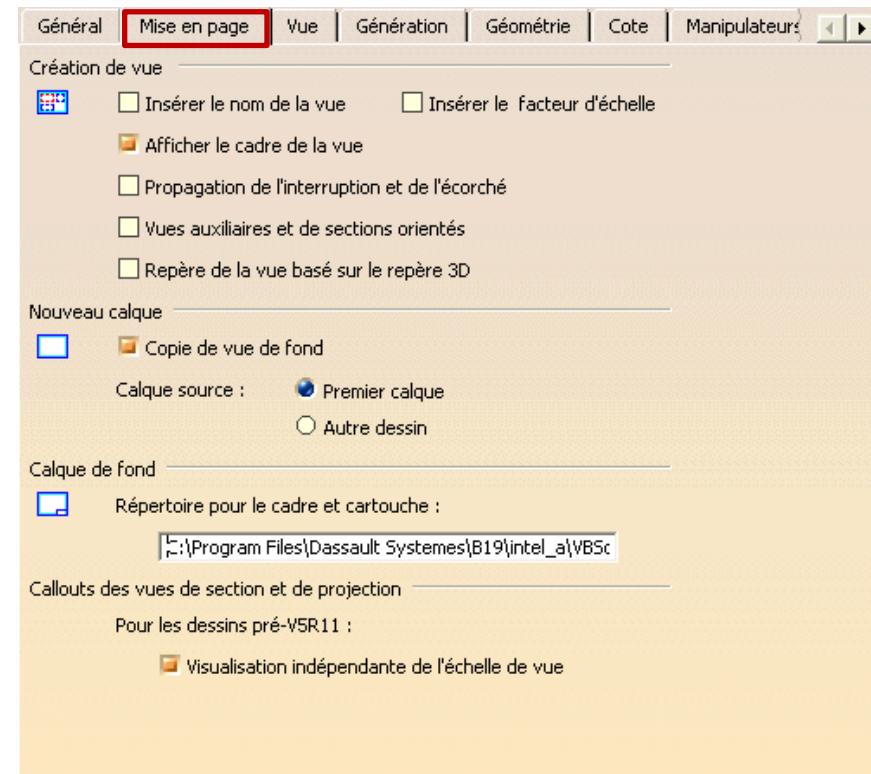
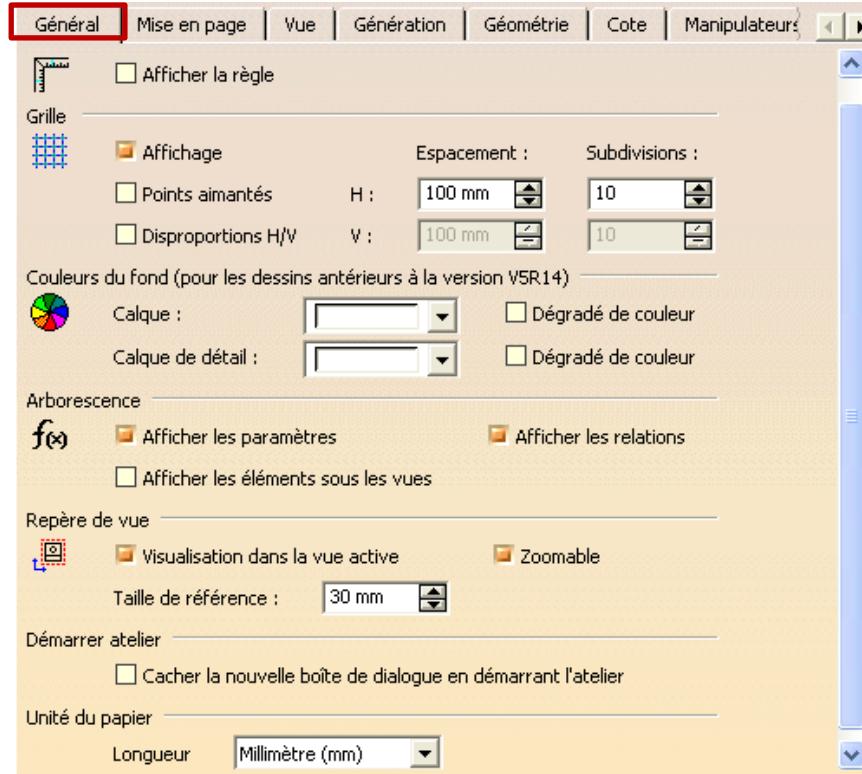
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- On désire réaliser le dessin de définition du bâti supérieur du débitmètre (C. Dielemans - S. Thibaud
- TP PMI de l'ENSMM d'après un projet du BAC STI Microtechniques)



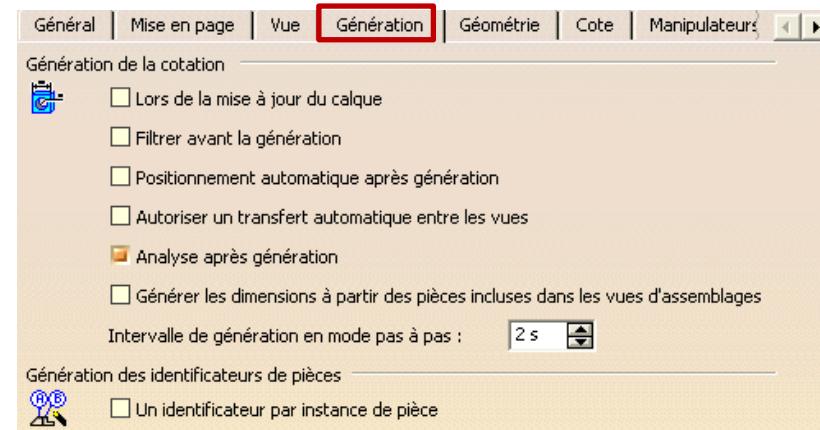
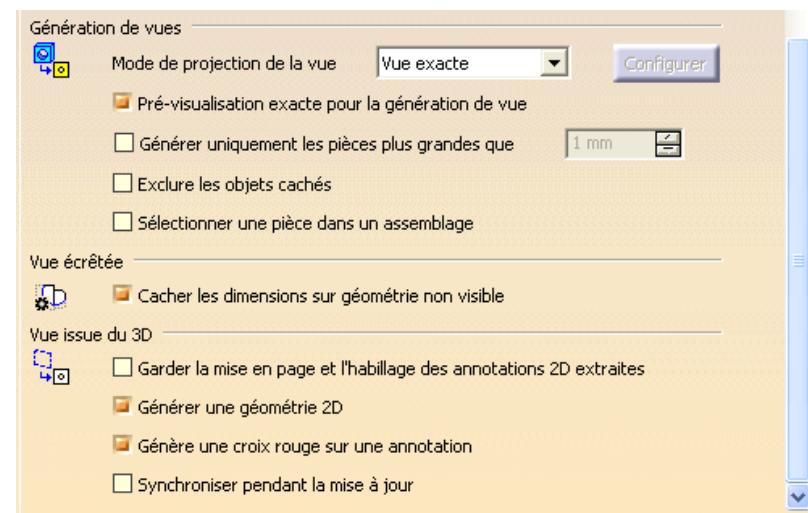
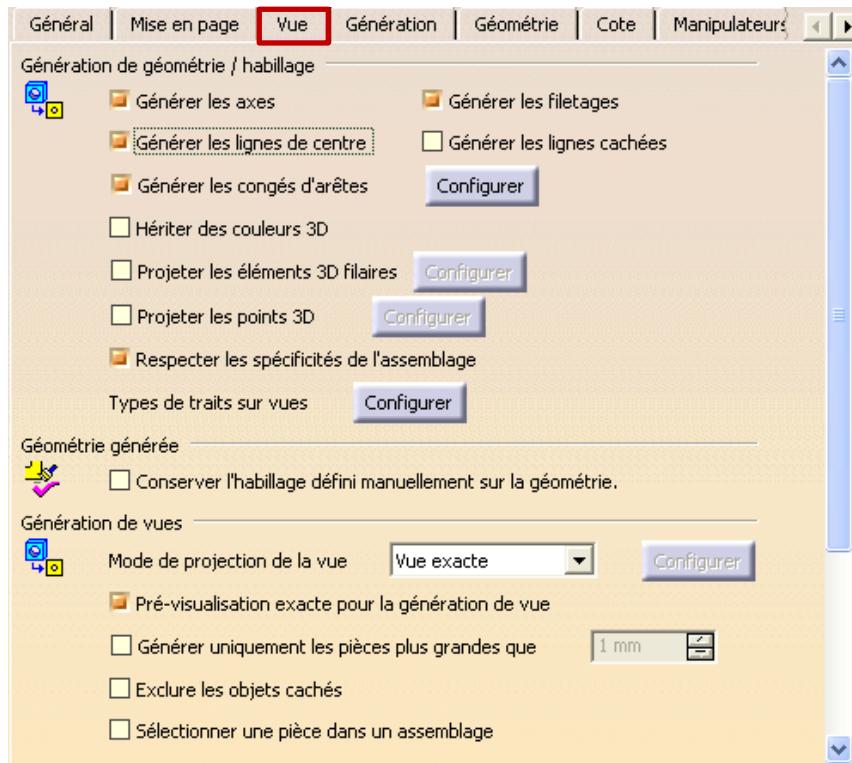
Configuration de l'atelier Drafting

- Afin de débuter l'apprentissage de cet atelier, il est nécessaire de le configurer
- Pour cela faire **Outils ->Options** puis choisir la branche **Conception mécanique -> Drafting**
- Définir la proposition suivante (à affiner selon l'utilisateur)



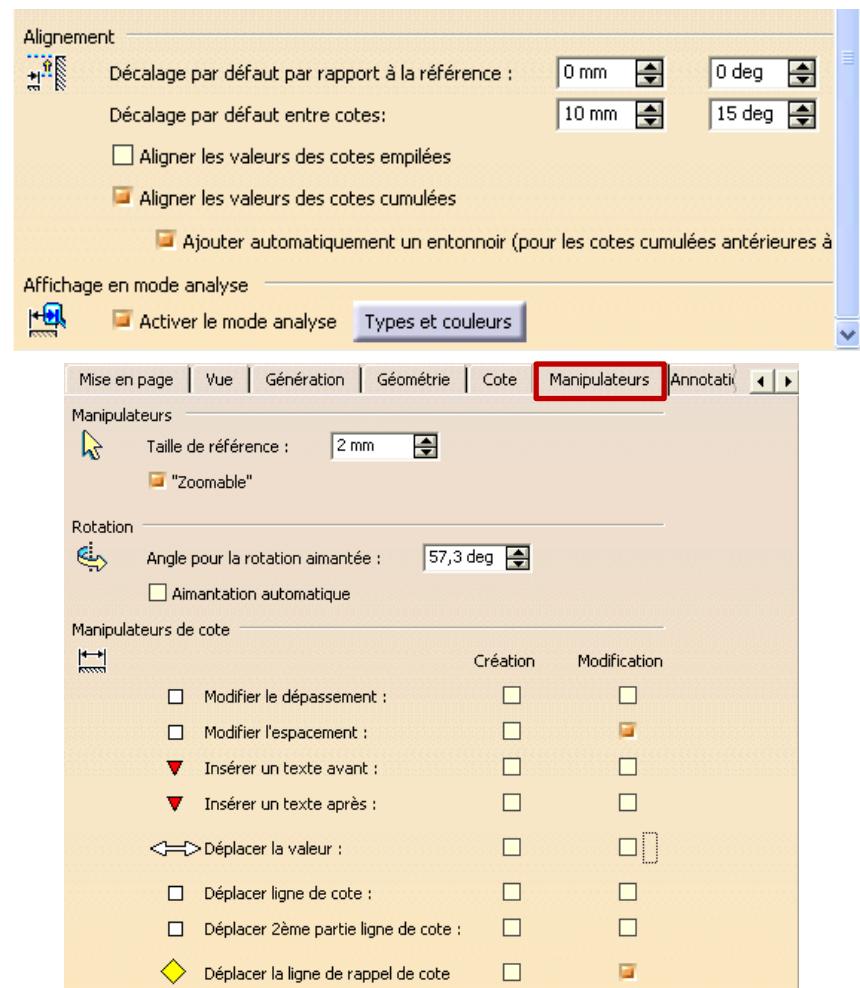
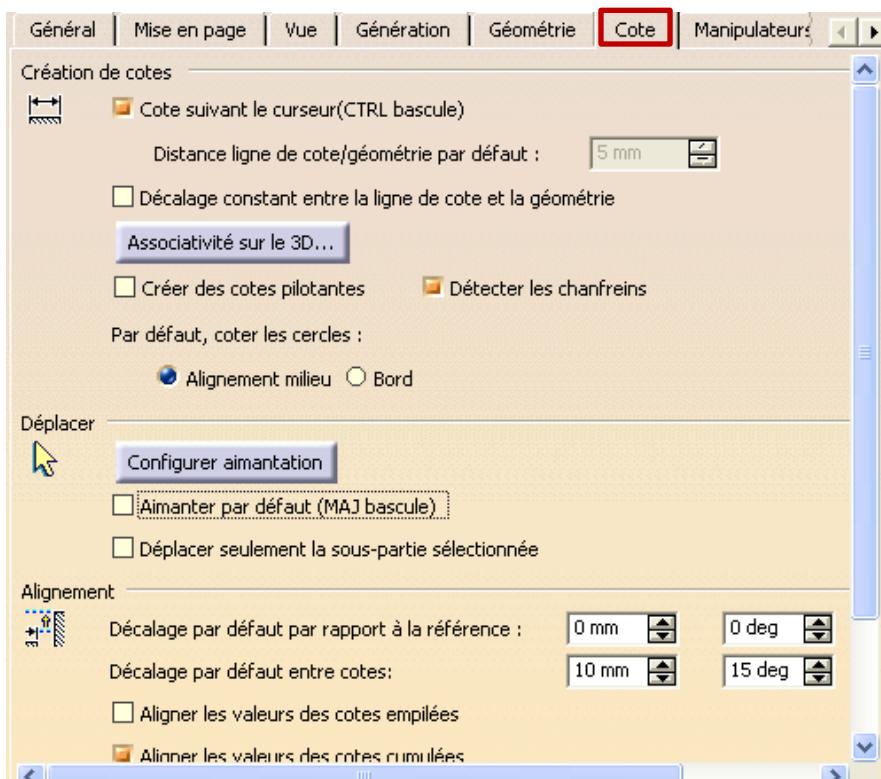
Drafting

Configuration de l'atelier Drafting



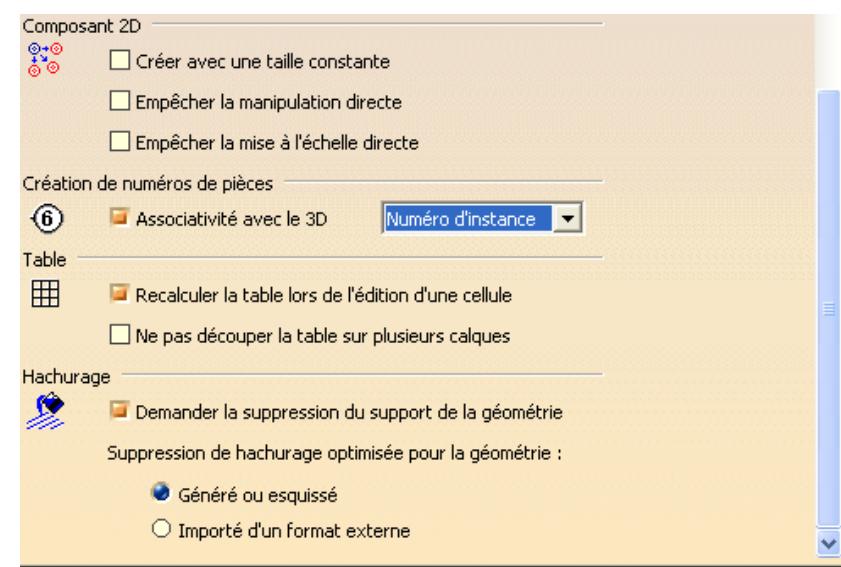
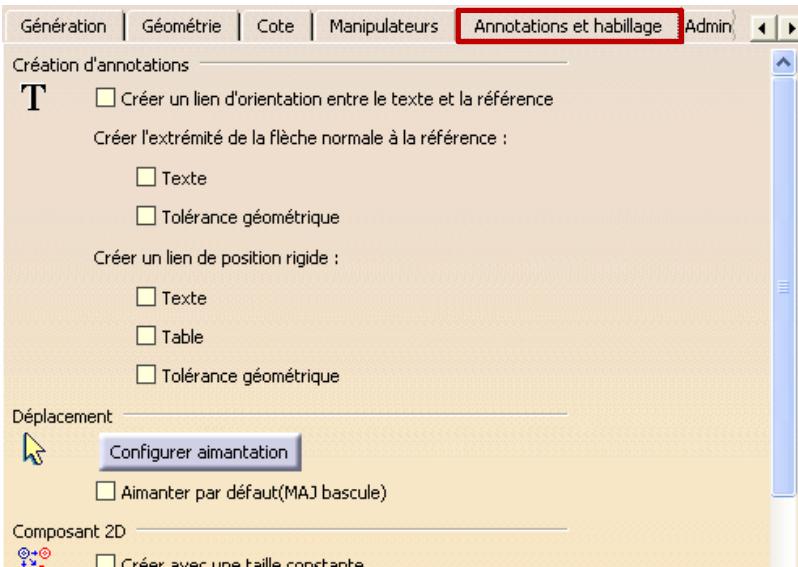
Drafting

Configuration de l'atelier Drafting



Drafting

Configuration de l'atelier Drafting

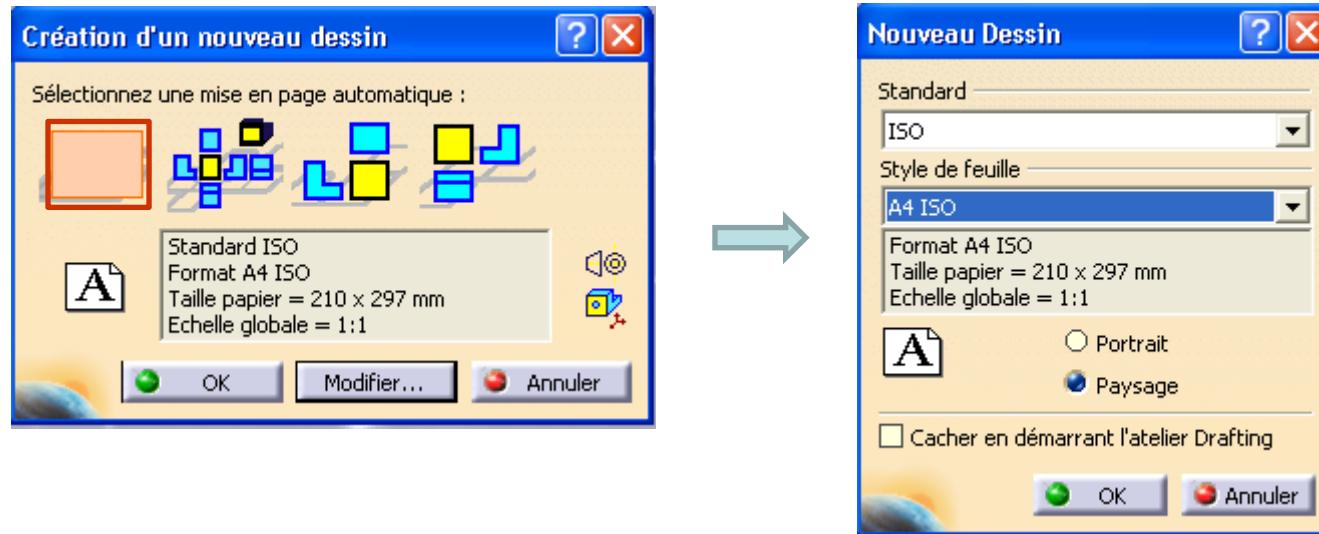


- Enregistrer, si nécessaire, ces options comme indiqué dans la partie **configurations**
- D'autres options sont paramétrables comme la taille des différentes entités et polices lors de la génération d'habillage
- Ces options sont définies dans le fichier `xxx\intel_a\resources\standard\drafting\ISO.xml`
- Elles sont également disponibles par l'intermédiaire de **Outils->Standards...**
- On pourra regarder l'importance de modifier ces standards par la suite (flèches de coupe ...)

Drafting

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Dans le répertoire Drafting, ouvrir le fichier **Bati_Sup.CATPart**
- Ouvrir l'atelier **Drafting** (**Démarrer->Conception Mécanique->Drafting**)
- Choisir une mise en page vierge puis cliquer sur l'icône **Modifier...** et définir les options ci-dessous

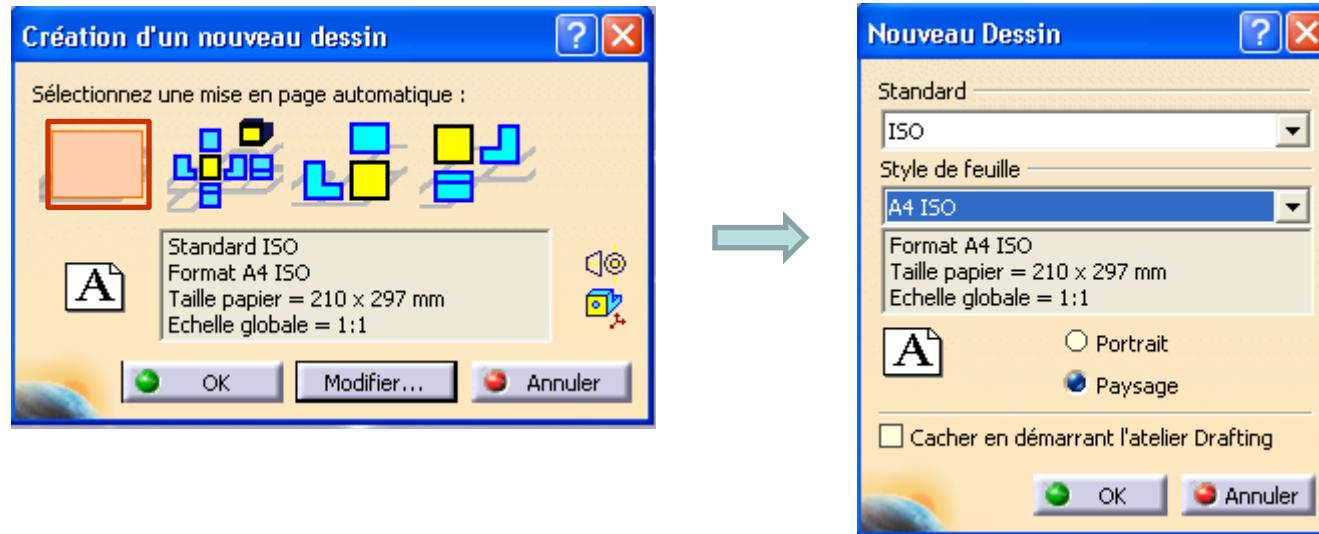


- Valider ensuite ces deux fenêtres

Drafting

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Dans le répertoire Drafting, ouvrir le fichier **Bati_Sup.CATPart**
- Ouvrir l'atelier **Drafting** (**Démarrer->Conception Mécanique->Drafting**)
- Choisir une mise en page vierge puis cliquer sur l'icône **Modifier...** et définir les options ci-dessous

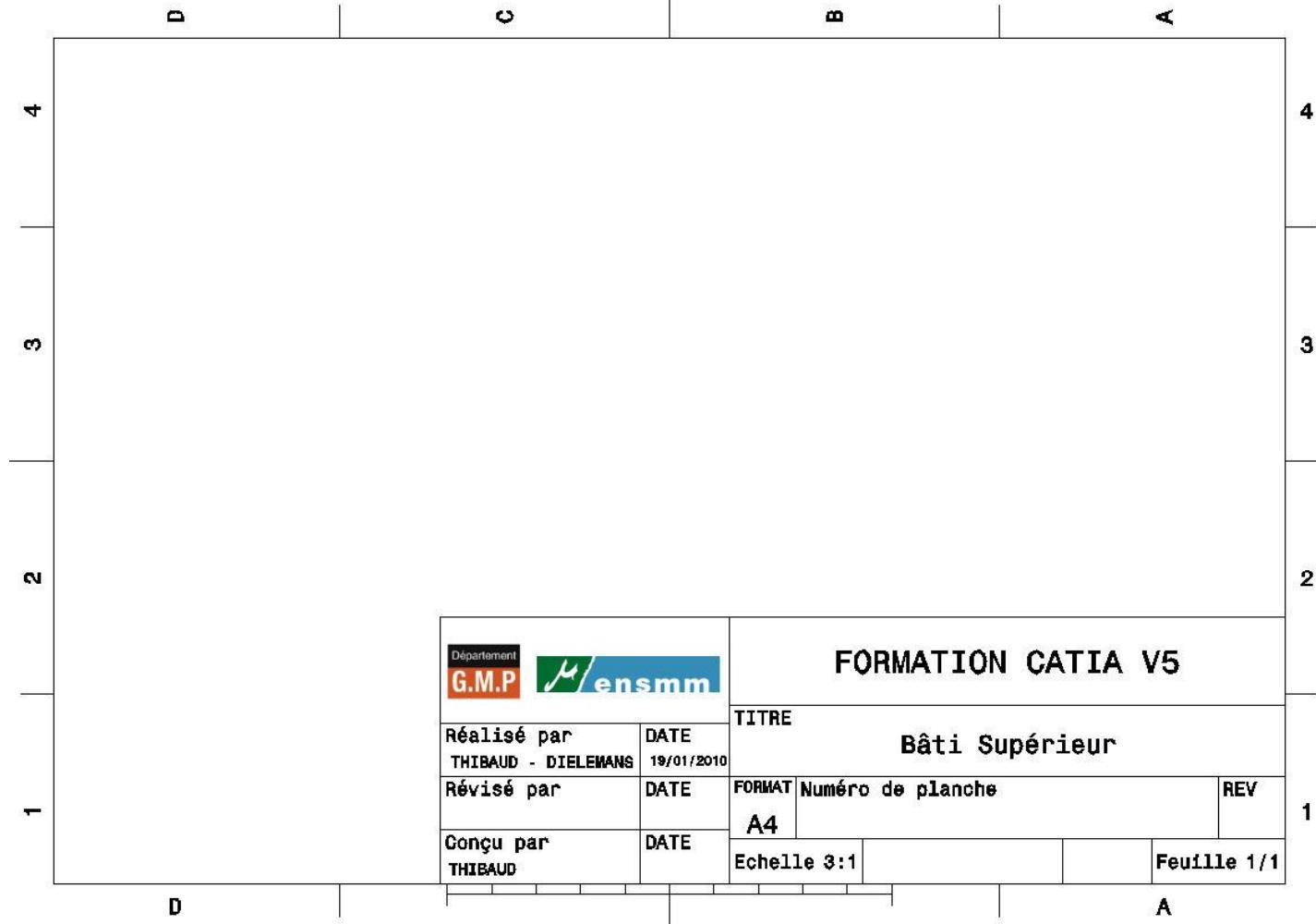


- Valider ensuite ces deux fenêtres

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

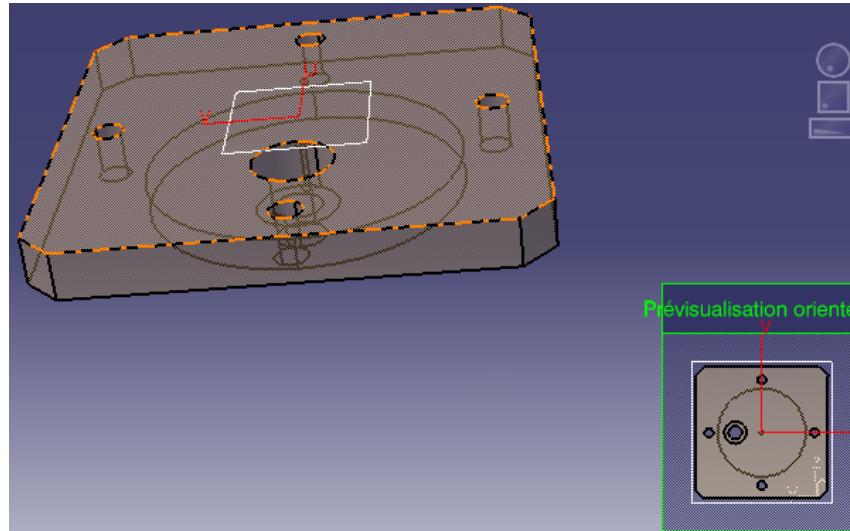
- L'ensemble des vues seront réalisées à l'échelle 3:1, pour cela il faut définir l'échelle globale de la vue de mise en plan
- Dans l'arborescence, faire un clic droit sur la branche du calque associé puis sur propriétés puis définir une échelle de 3:1 dans la case associée puis faire OK
- On remarque que cette échelle est liée à un calque
- On peut ainsi définir plusieurs calques pour une mise en plan ayant des propriétés différentes
- Il est également possible de définir des échelles différentes pour des vues d'un même calque
- On va commencer par définir le **calque de fond (cartouche, délimitation)**
- Pour cela faire **Edition->Fond de Calque**
- Choisir la fonction **Cartouche** 
- Définir le cartouche (par exemple **Dessin Cartouche - Modèle 2** avec l'action **Créer**)
- Faire **OK** - le cartouche et la bordure de la mise en plan sont alors automatiquement créés
- Il est possible de définir ses propres cartouches modèles
- Modifier selon l'utilisateur le cartouche puis revenir à la vue de calque (**edition->calque de vues**)

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre



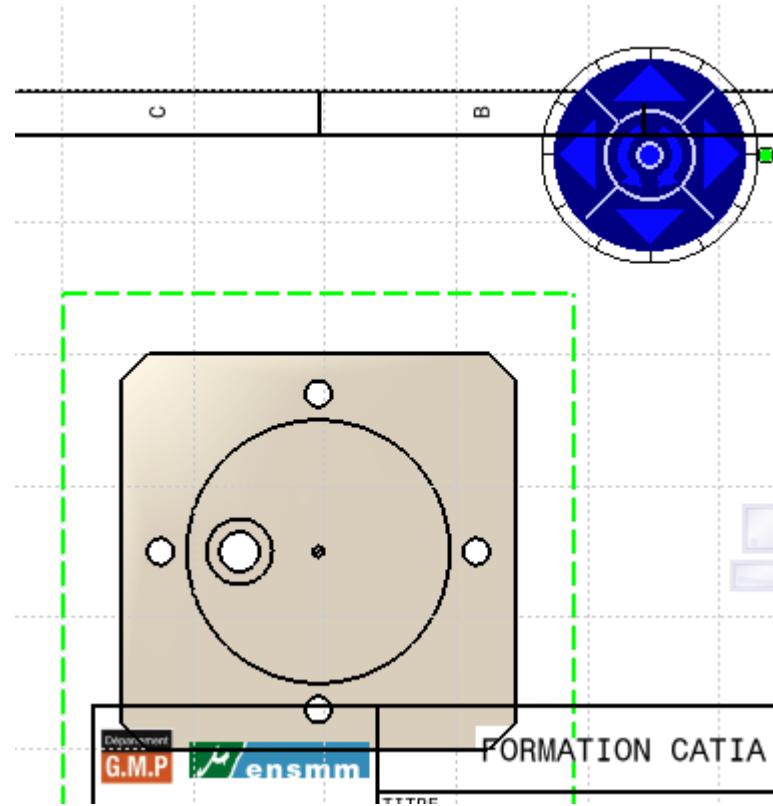
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Passer un mode de visualisation des fenêtres de type mosaïque verticale (Fenêtre->Mosaïque Verticale) pour voir la mise en plan et la vue 3D
- On définit à présent les vues en plan à partir de la conception 3D
- Choisir la définition de la **vue de face** 
- Cliquer sur la face plane du dessus du bâti dans la vue 3D



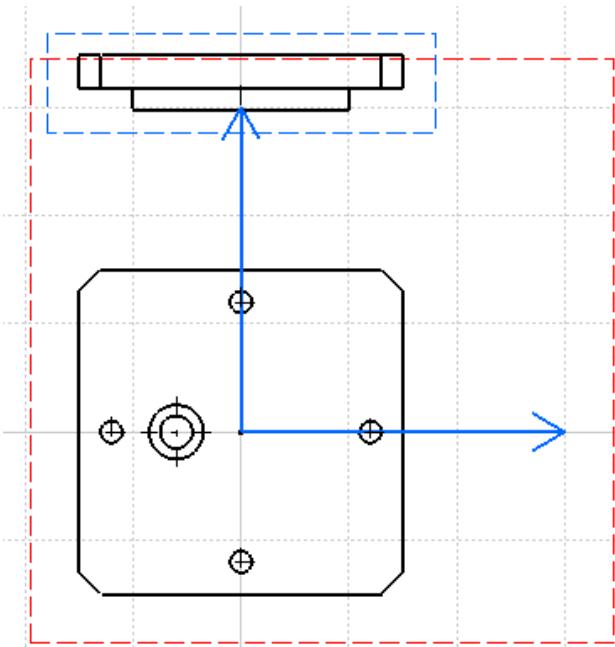
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Dans la vue en plan, on peut voir apparaître la projection de la pièce et une boussole de manipulation permettant d'orienter la vue (rotation dans le plan ou hors plan) - **Garder l'orientation proposée**
- Agrandir la fenêtre au maximum



Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

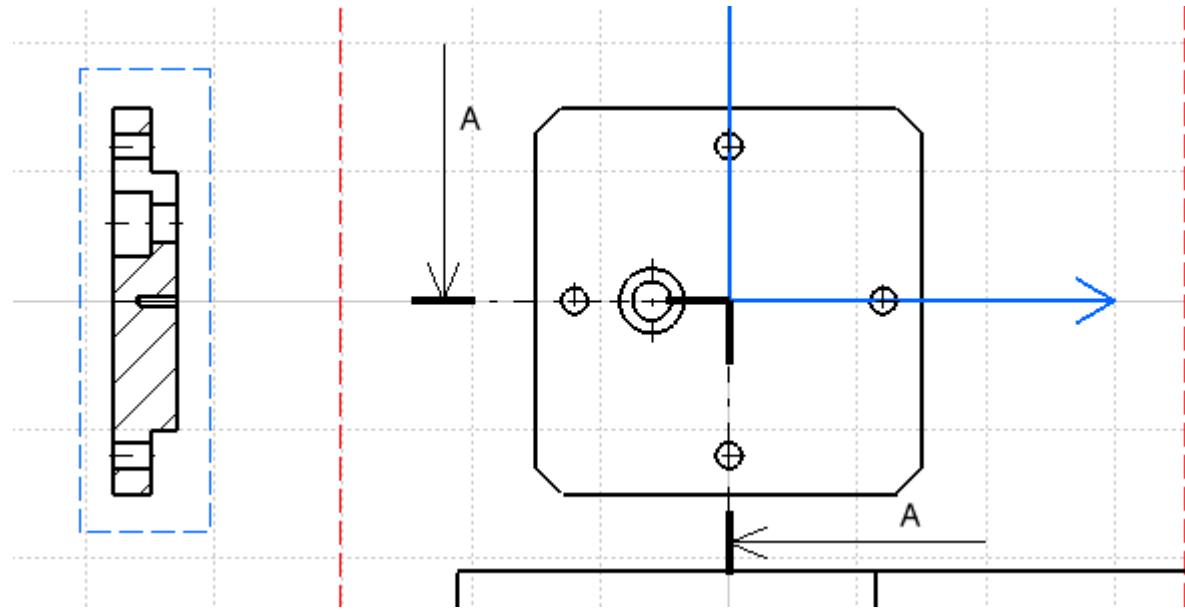
- Définissons la vue de dessous à l'aide de la fonction **Vue projetée** 
- En fonction de la position de la souris, le modeleur propose une projection
- Placer alors la vue de dessous (au dessus de la vue de face) et cliquer à l'emplacement voulu
- Il est possible de déplacer une vue en déplaçant son cadre englobant



- Pour rendre une vue active (application sur cette vue d'annotations), il suffit de faire un double-clic sur le cadre associé et celui-ci devient rouge
- Un déplacement de la vue de face implique le déplacement des vues associées (projétées)
- Un déplacement d'une vue projetée ne peut s'effectuer que selon la direction de projection (sauf si l'option clic-droit **Positionnement des vues -> Positionner indépendamment de la vue de référence** est définie)

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

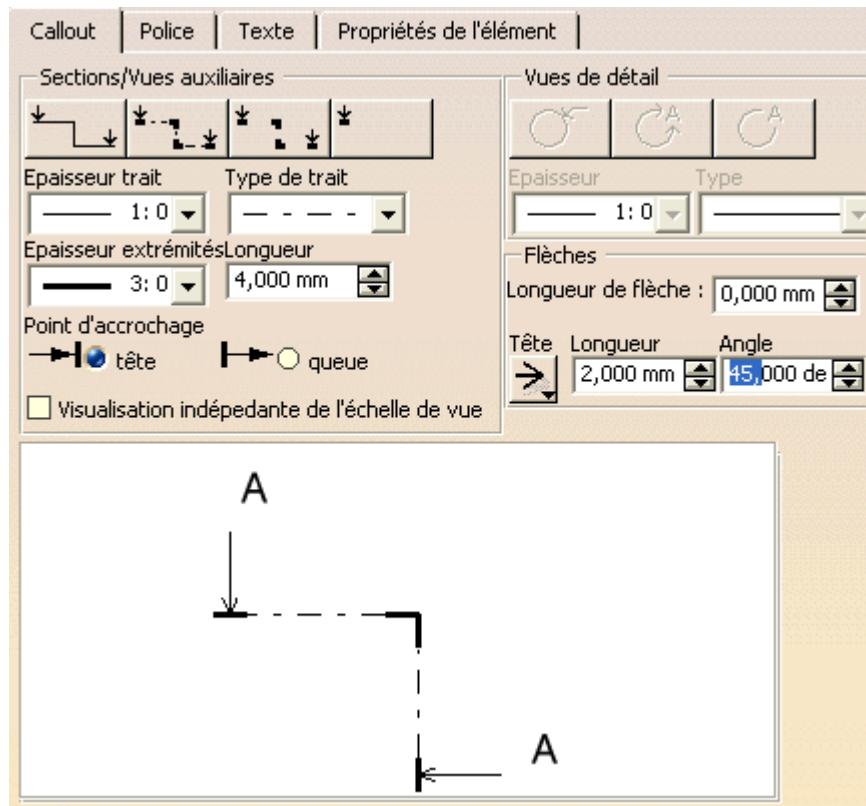
- La vue de droite est associée à une coupe brisée (appelée sous CATIA coupe dépliée)
- Définir cette coupe brisée avec la fonction associée 
- Définir le profil dans l'ordre suivant : vertical puis horizontal en passant par le centre de la pièce
- Faire un **double-clic** pour arrêter la définition de la coupe puis placer la vue



- On peut noter que l'habillage lié à l'indication de coupe (flèches) n'est pas très bien défini

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Ceci est lié aux standards CATIA, on peut modifier cette définition (propre à cette mise en plan) en changeant les propriétés (Clic Bouton Droit sur une des flèches puis Propriétés)

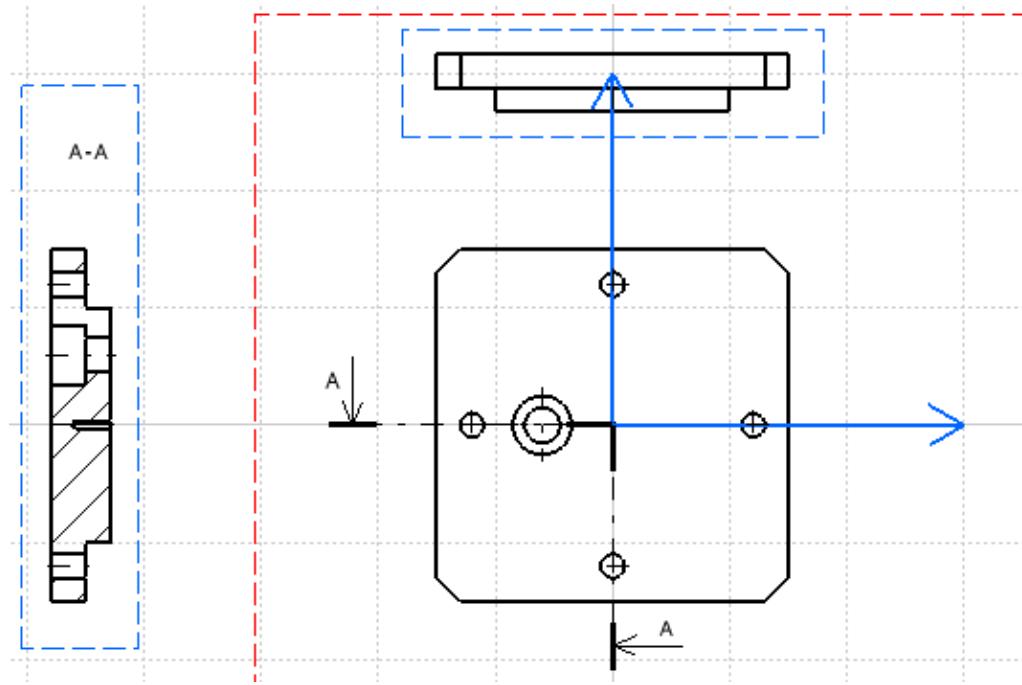


- Définir **Une épaisseur de type 3 (0,7mm)** pour l'épaisseur d'extrémités et une longueur de **4mm**
- Une longueur de Tête de 2mm**
- Une longueur de flèche de 6mm**
- Valider et repositionner les repères de vue **A**
- Le nom de la coupe **A-A** n'apparaît pas (car l'option a été décochée dans les préliminaires)
- Tout d'abord, le nom de cette coupe en affichant les propriétés de la vue de droite et retirer le **Préfixe**



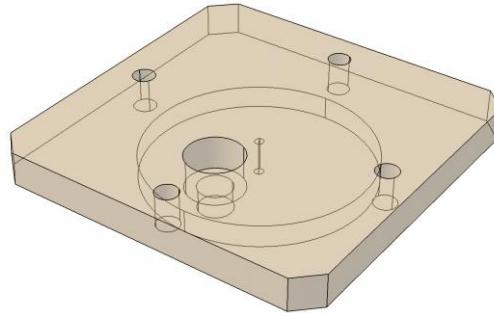
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

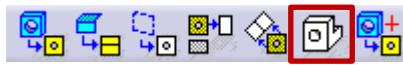
- Faire ensuite un clic bouton droit sur la vue de droite et choisir l'option **Objet A-A -> Ajout nom de vue**
- Supprimer l'annotation liée à l'échelle (double clic sur celle-ci et suppression du texte) et changer la taille de la police en **2,5**
- Placer le nom de la vue au dessus de la vue



Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

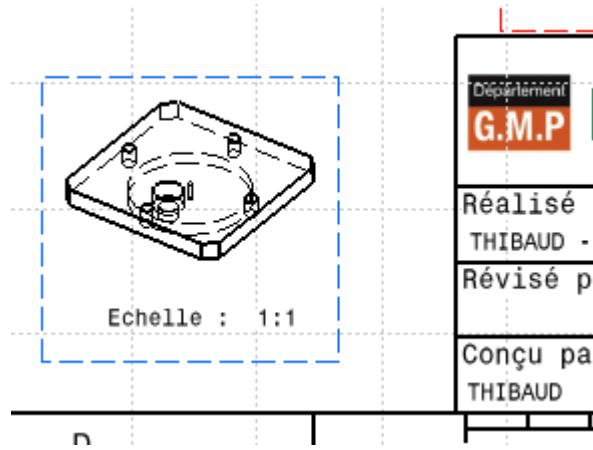
- On veut représenter en traits interrompus fins la représentation du centreur de diamètre 20mm dans la vue de face (active)
- Afficher une fois de plus les propriétés de cette vue et cocher la case **Lignes cachées**
- On définit maintenant la vue isométrique, pour cela passer en mosaïque verticale et positionner la vue 3D proche de la vue ci-dessous



- Repasser sur la mise en plan et utiliser la fonction de **vue isométrique** 
- Dans la vue 3D, cliquer sur le plan supérieur du bâti puis valider la vue
- Placer celle-ci à gauche du cartouche, changer son échelle (1:1), afficher les lignes cachées et uniquement l'annotation liée à l'échelle

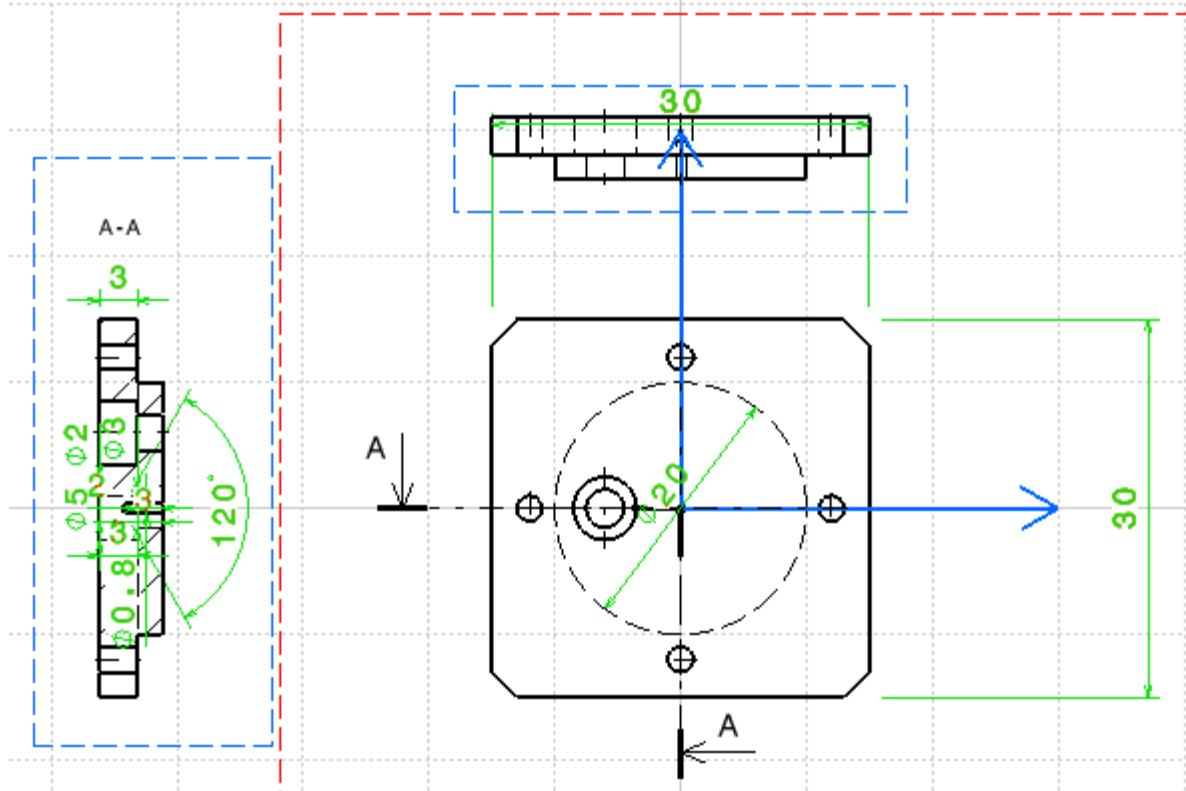
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- On obtient la représentation suivante



- Passons maintenant à l'habillage (annotations, cotations)
- On peut utiliser la génération automatique de la cotation permettant de récupérer les définitions de la pièce 3D - Attention toutes les cotes ne sont pas récupérables
- Activer la vue de face et utiliser la fonction correspondante
- On obtient alors l'ensemble des cotes générées automatiquement (associatives) et de couleurs vertes

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre



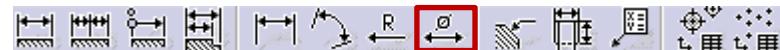
- Changer la taille de police de ces cotes en 2,5 et supprimer les cotes non nécessaires

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Définissons la cote de **30+/-0,15**
- Pour cela faire un clic bouton droit sur la cote de 30 générée précédemment puis **Propriété**
- Dans l'onglet **Tolérance**, imposer les options suivantes puis faire **OK**



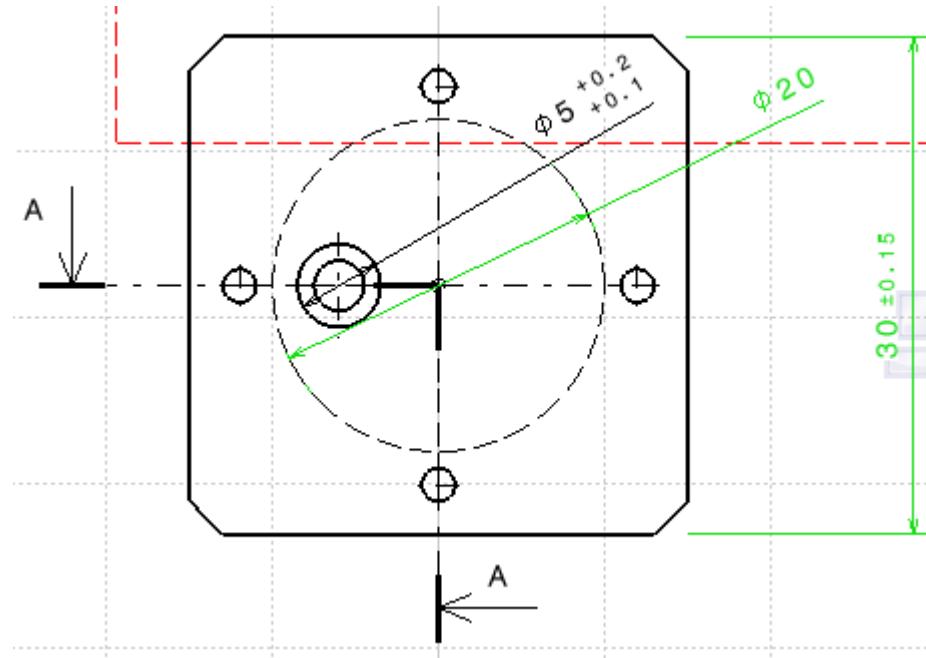
- Pour définir la cote de ø5(+0,2/-0,1), utiliser la génération de **cotes de diamètre**



- Sélectionner dans la vue de face le cercle associé à l'alésage du support de diode et placer la cote

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

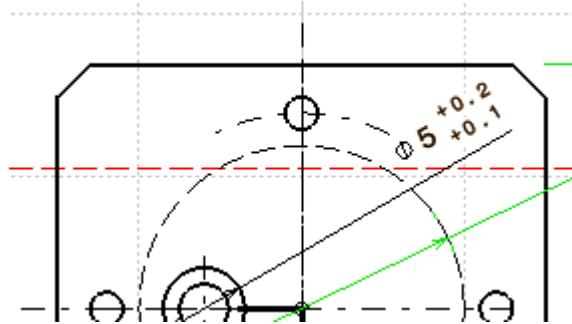
- Imposer la tolérance



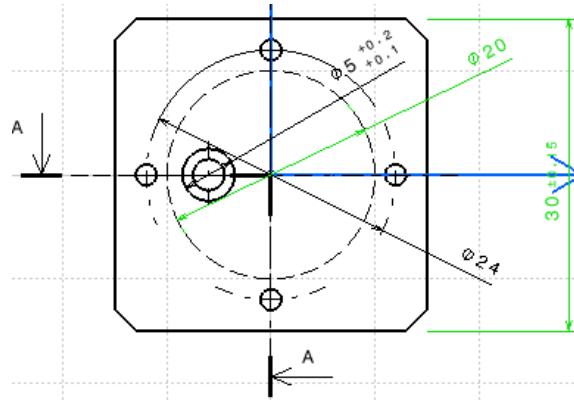
- Sélectionner les 4 couples d'axes associés aux trous de vis et les supprimer (Touche Suppr)
- Définir un trait d'axe avec référence
- Sélectionner un des trous de vis puis le cercle représentant le centreur de ø20

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Un couple d'axes a été défini en relation avec le centreur
- En cliquant sur ce couple 4 carrés blancs apparaissent et permettent d'agrandir la taille de ces axes
- On peut alors voir la définition d'une position d'un trou selon un cercle

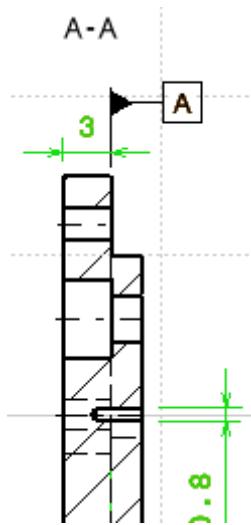


- Faire de même pour les 4 autres trous puis définir la cote de diamètre du cercle théorique sur lesquels s'appuient les trous



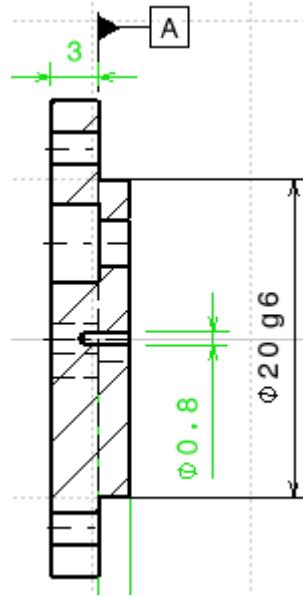
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Activer la vue de droite
- Définissons la référence spécifiée A
- Pour cela, utiliser la fonction associée puis sélectionner l'arête associée à la face en contact avec le bâti inférieur
- Positionner alors la référence et changer la taille de la police si nécessaire
- On veut que le triangle de référence soit noir ci, pour cela faire un bouton droit dessus et choisir l'option **Forme du symbole -> triangle plein**



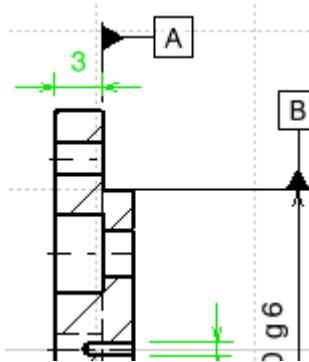
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- On peut rapidement s'apercevoir que la génération automatique de cotes n'implique pas nécessairement un gain de temps (au contraire)
- Supprimer la cote de ø20 dans la vue de face et créer celle-ci dans la vue de droite
- A l'aide d'un des carrés blancs associés à cette vue, propager la ligne de rappel jusqu'à la pièce
- Editer cette cote et définir une tolérance de type **g6** (option **TOL_ALP1**)



Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

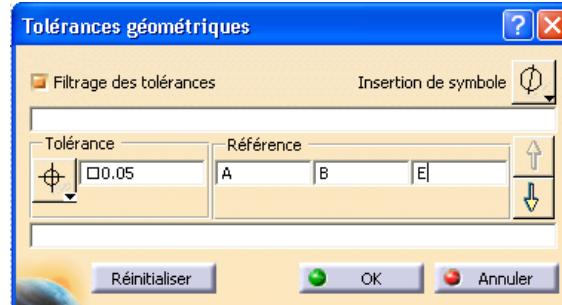
- Pour définir la référence spécifiée **B** associée à l'axe de la surface réputée cylindrique (centreur)
- Choisir la fonction de référence et cliquer sur la cote de ø20g6 au plus près de la flèche où l'on veut placer cette référence (dans le cas de définition de la référence associée à l'enveloppe cliquer sur une des lignes de rappels)



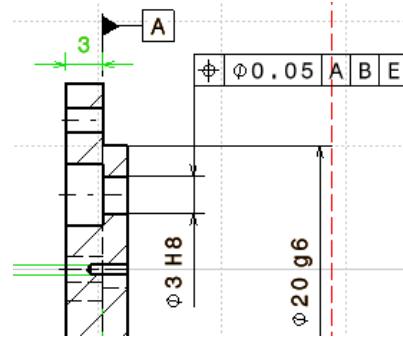
- Définir la référence spécifiée **C** sur la vue de dessous et la référence spécifiée **D** dans la vue de face
- Définissons maintenant la référence spécifiée **D** relative au plan associé au fond de l'alésage de ø3H8
- Pour cela, il faut créer la spécification de localisation de ce plan
- Activer la vue droite et créer la cote de ø3H8
- Utiliser la fonction **Tolérances géométriques**

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

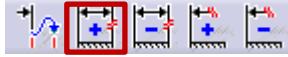
- Cliquer sur l'une des flèches de la cote de $\phi 3H8$ et placer le cadre de la spécification
- Remplir le cadre (type de spécification, tolérance, références) - Utiliser si nécessaire les symboles d'habillage (en haut à droite de la fenêtre)

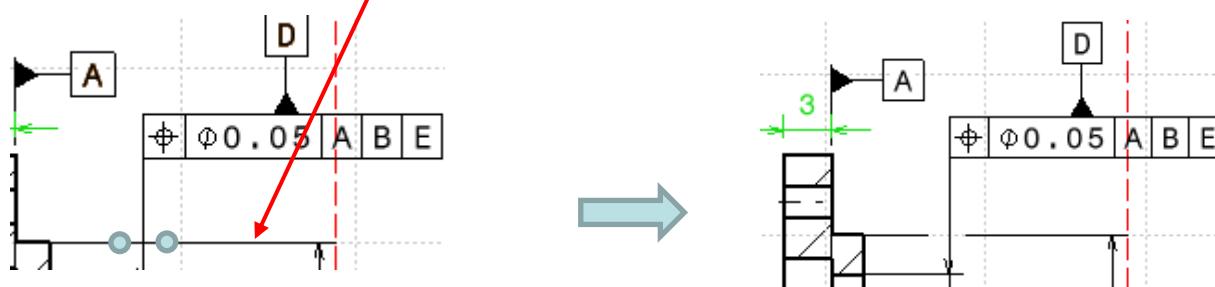


- Valider la spécification et changer la police et la position du cadre si nécessaire



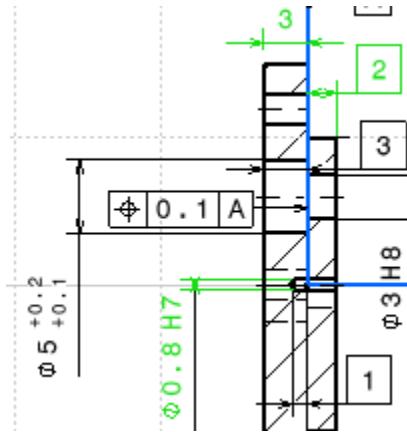
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Définir la référence spécifiée D à l'aide de la fonction associée et en cliquant sur le cadre de tolérance
- Pour réaliser une interruption de cote, utiliser la fonction associée 
- Sélectionner ensuite la cote à interrompre, puis les lieux du début et de fin d'interruption

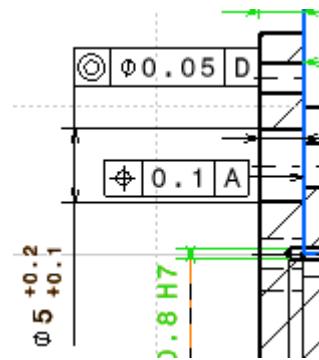


- Certaines cotations sont encadrées, comment réaliser l'encadrement ?
- Utiliser les propriétés de la cote puis dans l'onglet **Texte** choisir l'option **Cadre -> Rectangle**
- Réaliser alors l'ensemble des cotations du bâti supérieur et notamment la localisation des trous de vis
- Pour une plus grande lisibilité et l'apprentissage de l'orientation d'une spécification géométrique, supprimer sur la vue de face la cote de $\varnothing 5 +0,2/-0,1$
- Définir alors cette même cote mais sur la vue de droite

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

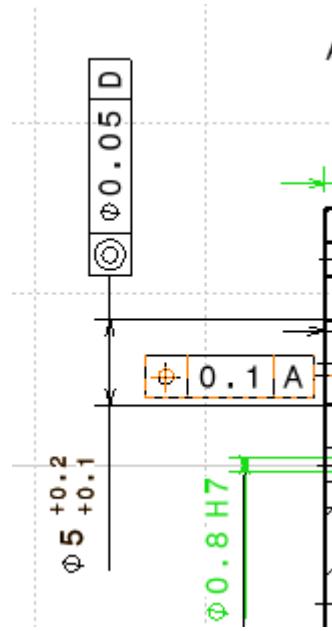


- Définir ensuite la tolérance de coaxialité entre l'axe de ce trou et la référence D



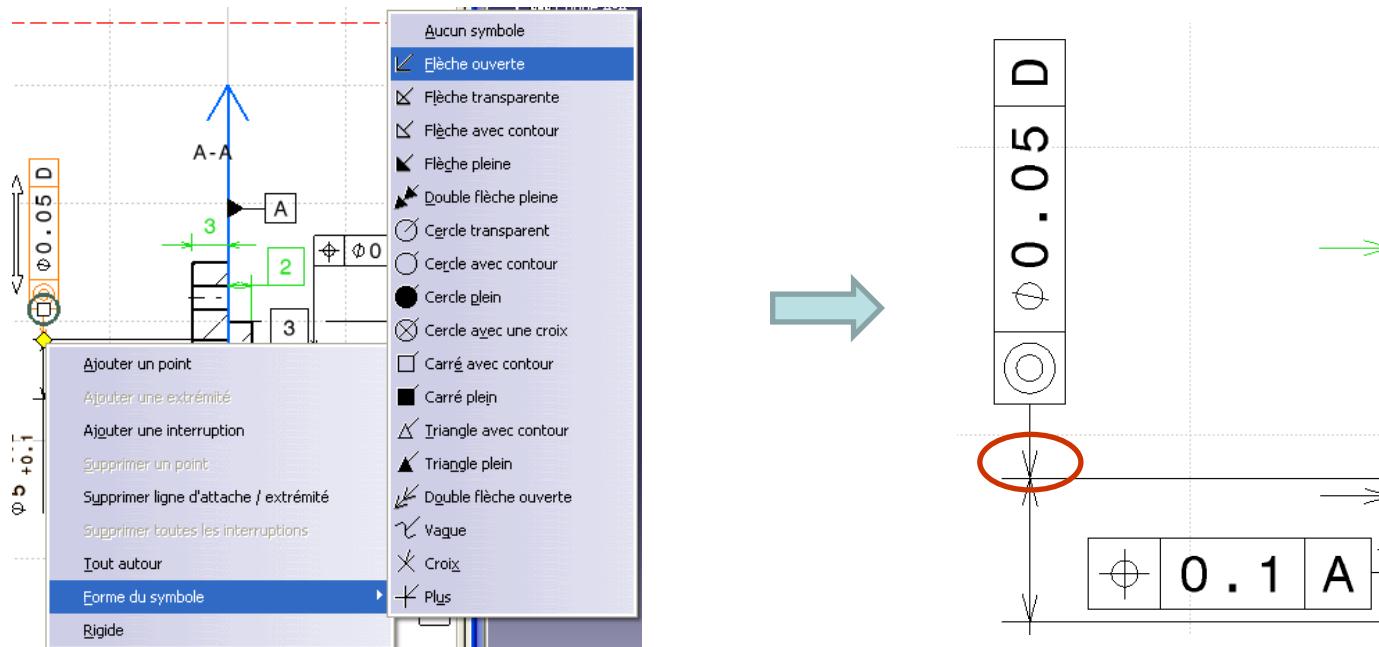
Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Pour un problème d'encombrement et de lisibilité, on voudrait que le cadre soit placé verticalement
- Pour cela faire un clic bouton droit sur le cadre puis **Lien d'orientation -> Créer**
- Sélectionner l'arête (verticale) associée au dessus de la pièce (vue de droite)
- Placer ensuite correctement le cadre



Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

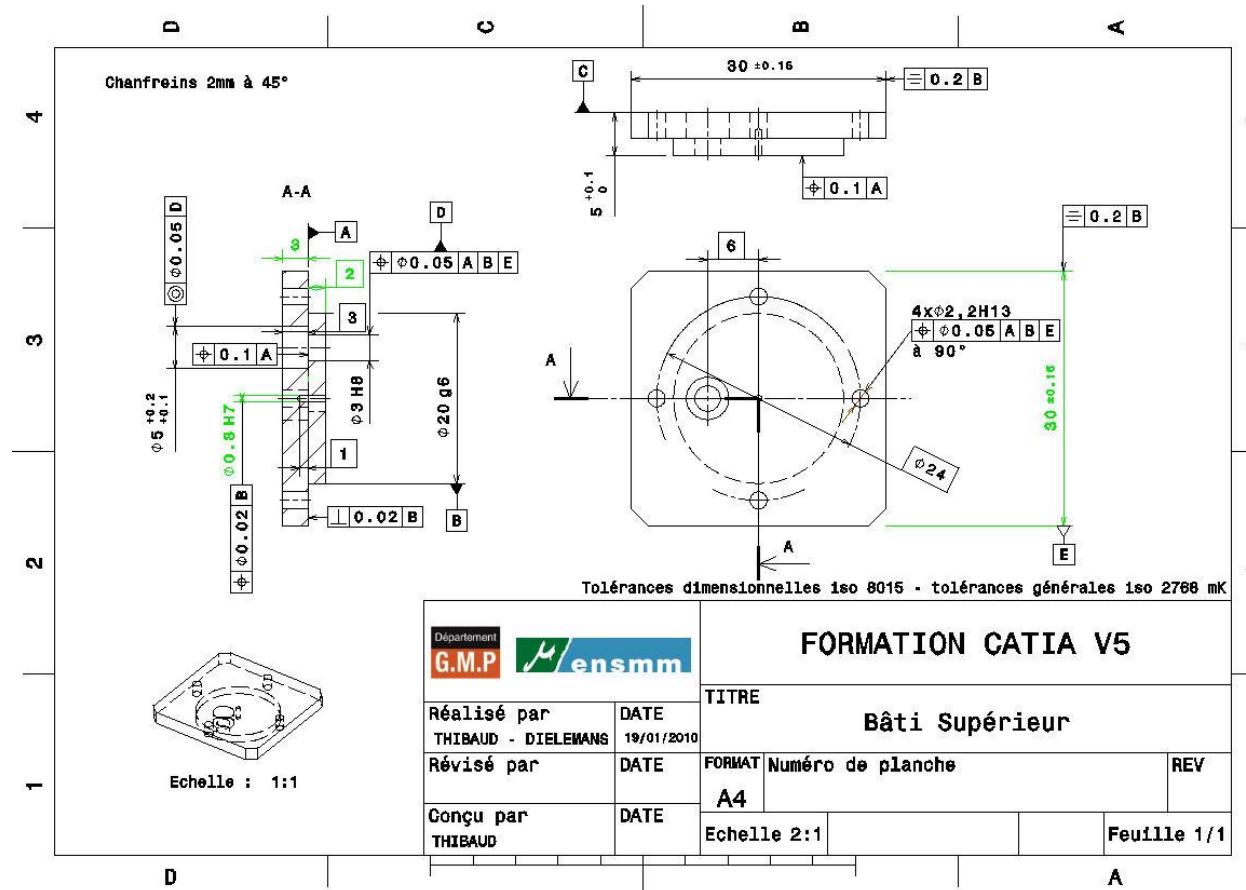
- On peut noter qu'il n'y a pas de flèche indicatrice sur les spécifications géométriques (encore une option des standards à modifier)
- Pour les créer, sélectionner un cadre pour faire apparaître un losange jaune à l'extrémité de la ligne de rappel
- Faire un clic bouton droit dessus et sélectionner **Forme du symbole -> Flèche ouverte**



Drafting

Mise en plan du bâti supérieur du débitmètre

- Passer dans le calque de fond et définir les tolérances générales et chanfreins avec l'outil **Texte T**



FTA & Drafting



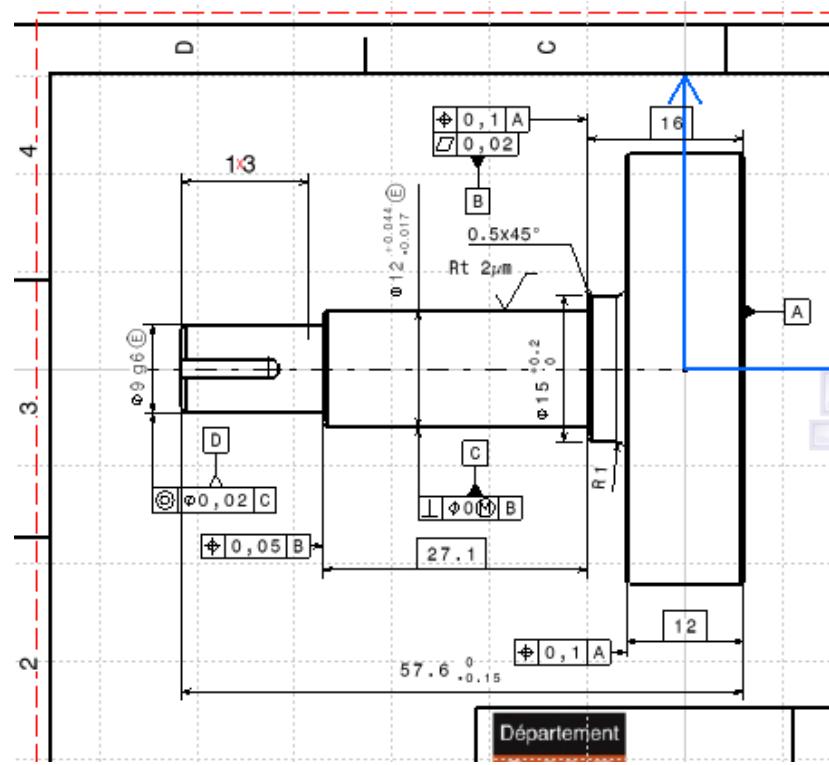
Drafting & FTA

- Lorsque l'on utilise le module FTA, est-il possible de réutiliser les annotations 3D et de faire directement la mise en plan ?
- Il est évident que la réponse est positive et l'atelier de mise en plan vient dans la suite logique de FTA : cette logique est appliquée dans le concept appelé 3D master
- Fermer toutes les entités présentes dans l'environnement CATIA
- Ouvrir le fichier **Came.CATPart** du répertoire **Drafting\ExCame**, on y retrouve la came tolérancée en 3D
- Ouvrir de l'atelier **Drafting** et définir un format A4 (paysage) à l'échelle **2:1** (feuille vierge)
- Créer le cartouche et le cadre
- Utiliser ensuite la fonction de définition d'une **vue issue du 3D** 
- Afficher les fenêtres en mosaïque verticale

Drafting

Drafting & FTA

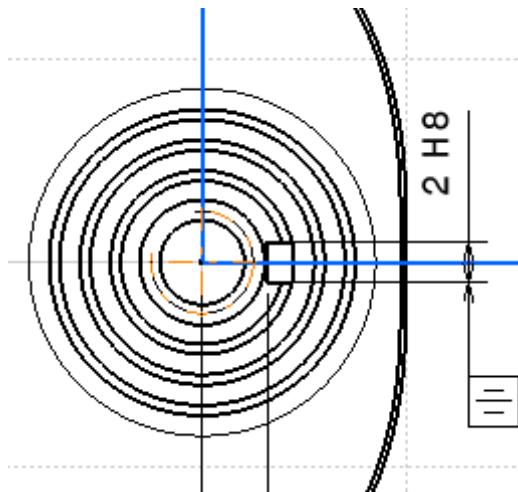
- Sélectionner dans l'arbre de la vue 3D, la branche **Annotations.1->Vues-> Vue de Face.1**
- La vue avec les annotations sont alors proposées, cliquer dans la mise en plan pour valider et générer la vue de face - Il y a en principe peu (pas) de modifications à faire sur la vue générée



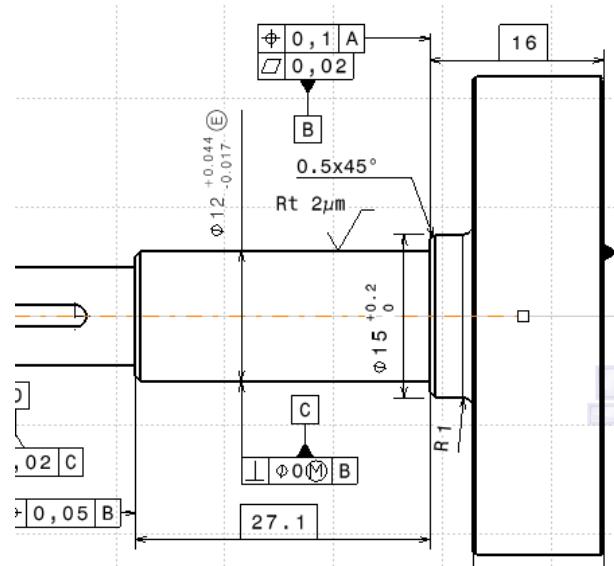
Drafting

Drafting & FTA

- Créer une nouvelle vue issue du 3D à partir de la vue de face.2 (placer celle en vue de gauche)
- On peut noter qu'il n'y a pas d'associativité (de placement) entre les deux vues
- Définissons cette associativité, faire un clic bouton droit sur la vue de gauche puis **Positionnement des vues -> Aligner les vues à l'aide d'éléments**
- Cliquer d'abord sur le trou le couple d'axes définissant le taraudage dans cette vue puis l'axe de la portée cylindrique dans la vue de face : les vues sont alignées



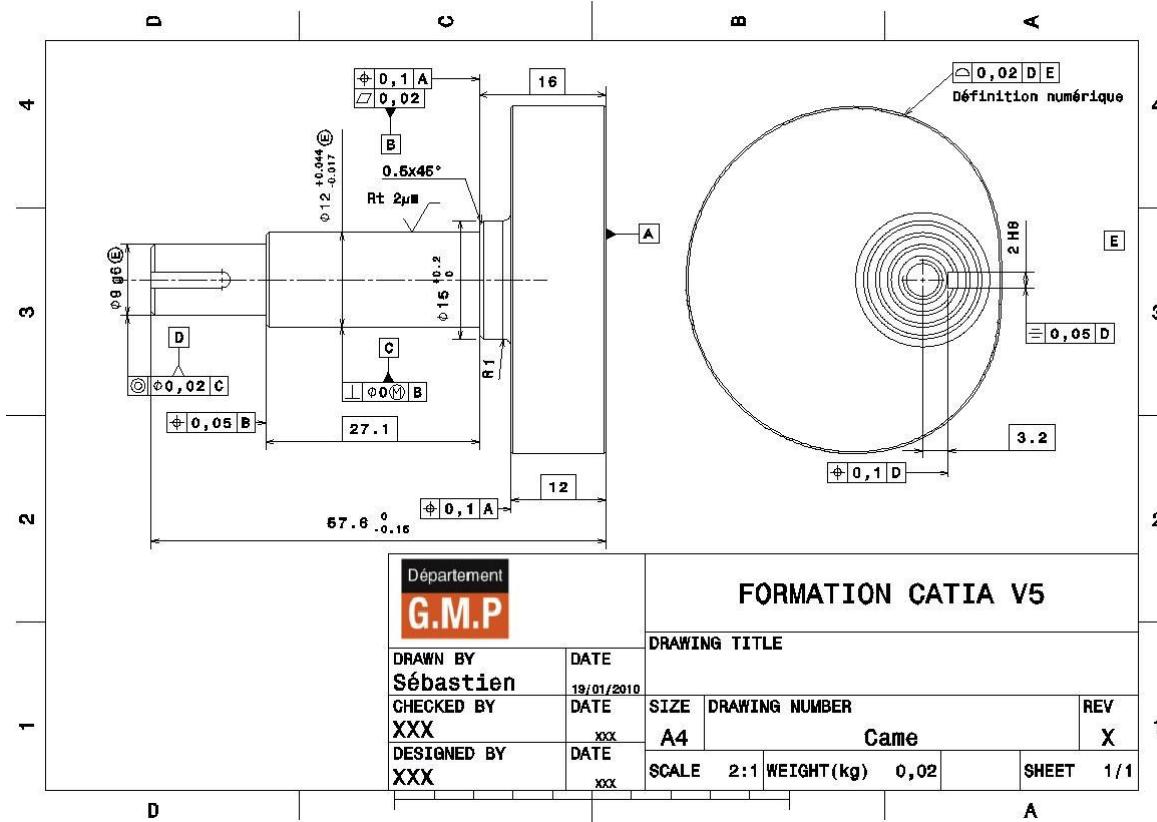
+



Drafting

Drafting & FTA

- On peut alors poursuivre avec d'autres vues 3D ou par utilisation standard de l'atelier Drafting
- Des modifications effectuées dans FTA seront répercutées sur la mise en plan (mettre à jour)



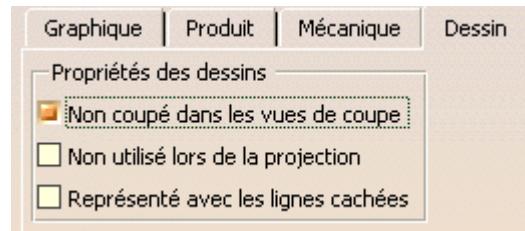
Mise en plan des dessins d'ensembles

Nomenclatures



Dessin d'ensemble

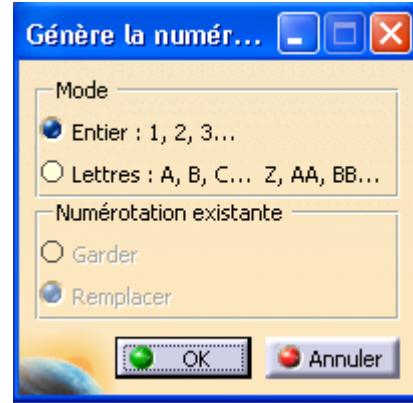
- Une particularité de la mise en plan est associée aux plans d'ensemble
- On souhaite réaliser la mise en plan du dessin d'ensemble du débitmètre
- Ouvrir le produit **Debitmetre.CATProduct** dans le répertoire **Drafting\ExEnsemble**
- Passer, si nécessaire, dans l'atelier **Assembly Design**
- Dans le cas de coupes ou de sections, certaines pièces n'apportent aucune information lorsqu'elles sont coupées
- Dans cet assemblage, c'est le cas de deux types d'entités : les vis et l'axe de la roue à aubes
- Développer la branche du composant **Ensemble Roue** puis éditer les propriétés de l'instance **Axe**
- Dans l'onglet **Dessin** cocher la case **Non coupé dans les vues de coupe**



- Faire de même pour les vis

Dessin d'ensemble

- Définissons le système de numérotation des pièces pour la future génération de la nomenclature 
- Choisir une définition en mode **Entier** puis faire **OK**



- Afficher la nomenclature via le menu déroulant **Analyse -> Nomenclature**
- On peut alors visualiser la nomenclature avec le nombre d'instances de composants - la création et affichage de celui-ci est fonction de l'organisation de l'arborescence (réorganiser celle-ci si nécessaire)
- Le format utilisé est associé à la norme **STEP AP203** (bientôt AP239 ?)
- Il est possible de sauvegarder celle-ci en un fichier texte, html ou excel

Drafting

Dessin d'ensemble

Nomenclature : Debitmetre

Nomenclature | Liste des composants |

Nomenclature de Debitmetre

Quantité	Référence	Type	Nomenclature	Révision
1	Bati Inferieur	Assemblage		
1	Ensemble Roue	Assemblage		
1	Bati Supérieur	Assemblage		
4	Vis M1.6	Pièce		

Nomenclature de Bati Inferieur

Quantité	Référence	Type	Nomenclature	Révision
1	Bati inférieur	Pièce		01
2	Raccord	Pièce		
1	Porte Diode	Pièce		
1	Cache Diode	Pièce		

Nomenclature de Ensemble Roue

Quantité	Référence	Type	Nomenclature	Révision
1	Axe	Pièce		
1	Roue a aubes	Pièce		

Nomenclature de Bati Supérieur

Quantité	Référence	Type	Nomenclature	Révision
1	Bati Supérieur	Pièce		
1	Porte Diode	Pièce		
1	Cache Diode	Pièce		

Récapitulatif sur Debitmetre
Pièces différentes : 8
Total des pièces : 14

Quantité	Référence
1	Bati inférieur
2	Raccord
2	Porte Diode
2	Cache Diode
1	Axe
1	Roue a aubes
1	Bati Supérieur

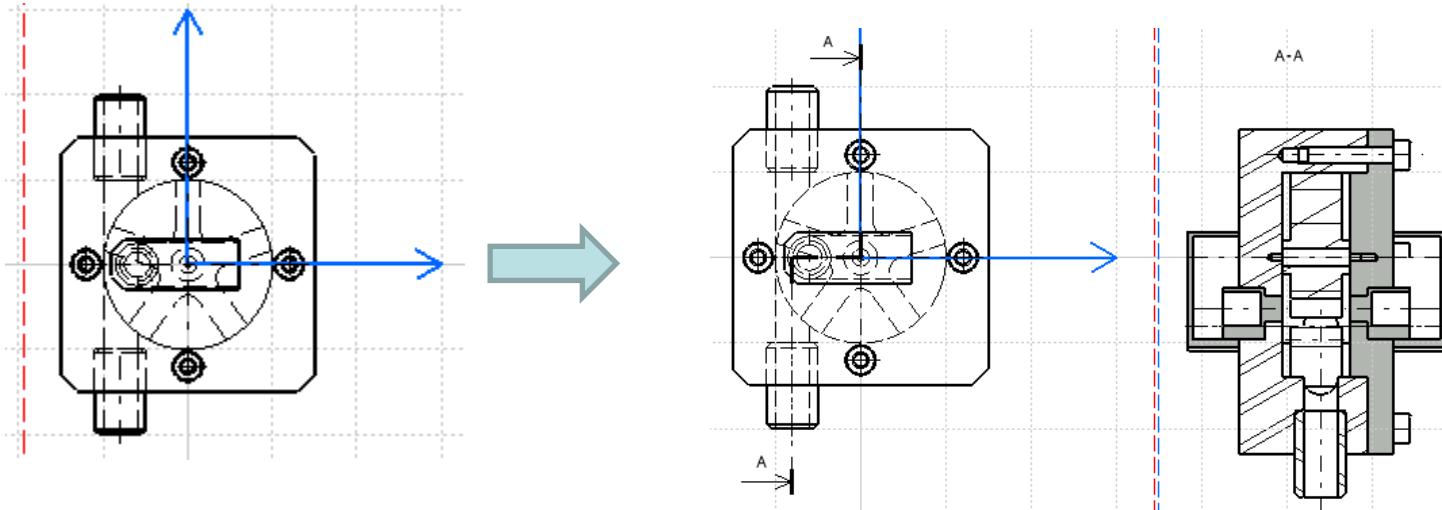
Format AP203

Définition des formats

OK Enregistrer sous...

Dessin d'ensemble

- Ouvrir l'atelier **Drafting** et créer une mise en plan sur un **format A4** (paysage) et à l'échelle **2:1**
- Définir une vue de face comme représentée ci-dessous puis la coupe brisée suivante



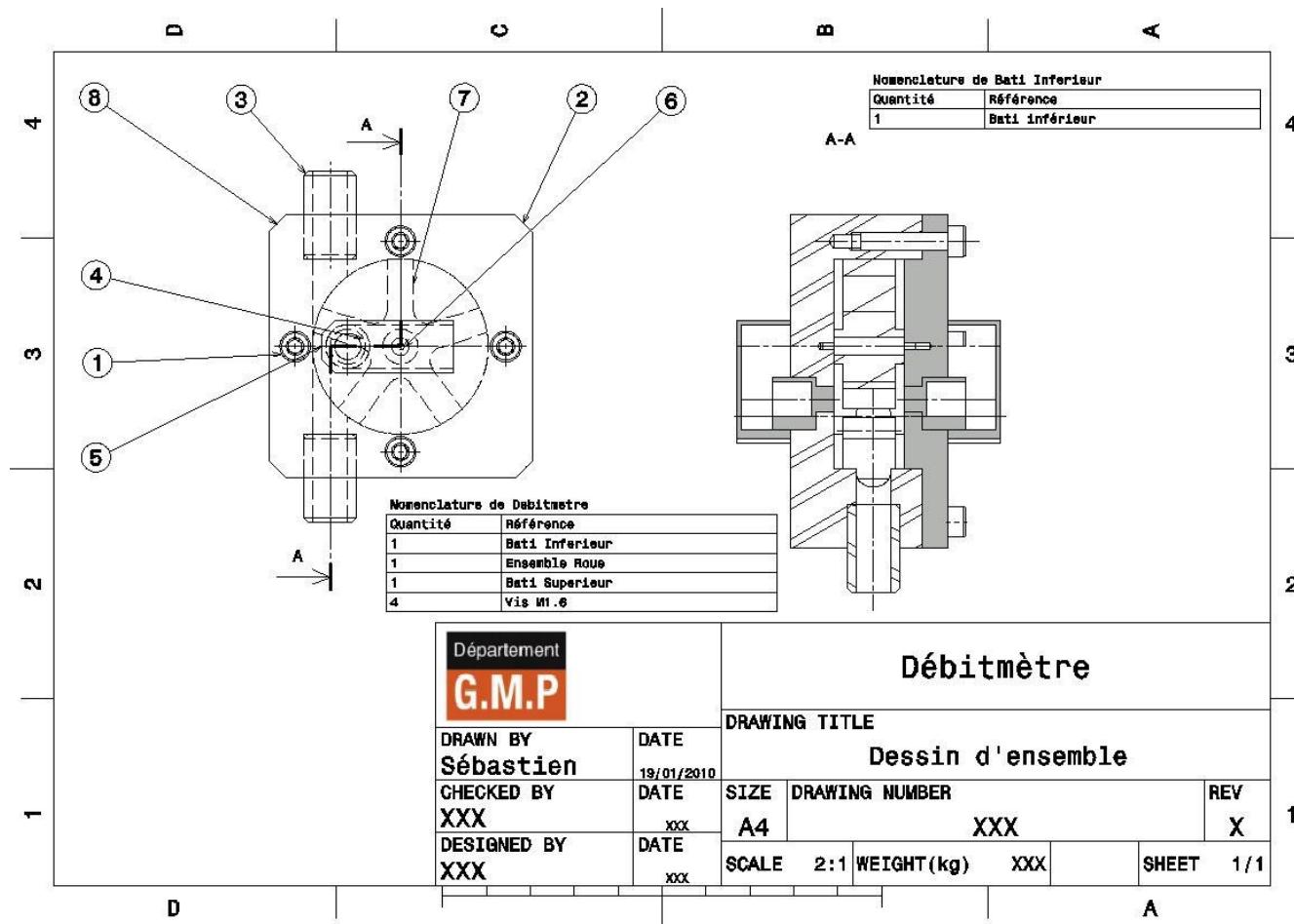
- On notera que l'axe et les vis n'ont pas été coupés
- Activer la vue de face et la fonction de génération automatique des numéros de pièces
- Agencer la position des repères de pièces (refaire l'opération sur l'autre vue pour harmoniser si nécessaire)



Dessin d'ensemble

- A présent, il reste à créer la nomenclature (relative à celle visualisée dans **Assembly Design**)
- Utiliser le menu déroulant **Insertion -> Génération -> Nomenclature -> Nomenclature**
- Cliquer à l'endroit souhaité pour la création de celle-ci
- 4 autres calques sont créés avec les nomenclatures pour chaque sous-ensemble + la nomenclature dans le calque 1



Drafting**Dessin d'ensemble**

Partie 2

Paramétrage avancé

Gestion des connaissances

Knowledge

Gestion des connaissances et du savoir-faire

Présentation de la première étude : définition d'une came

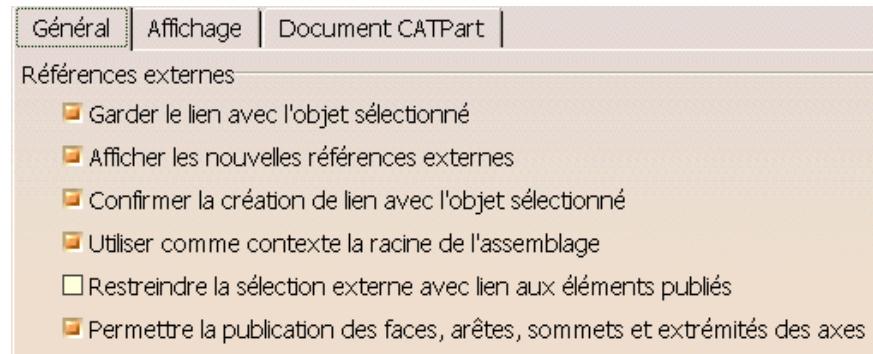
- On désire réaliser un système permettant de transformer un mouvement rotatif continu en un mouvement de translation alternatif (ou selon une loi de sortie définie)
- Pour cela, on propose de réaliser un système de type Came-Piston (appelé aussi tige)
- La loi de sortie étant définie, quelle forme doit-on donner à la came pour transformer le mouvement rotatif en ce mouvement de translation imposé ?

Présentation de la première étude : définition d'une came

- L'idée principale d'une came est de définir le lieu du point de contact entre celle-ci et le piston pour une position angulaire donnée
- Le système se réduit alors à 3 liaisons :
 - Une liaison pivot entre le galet et le bâti fixe
 - Une liaison glissière entre le piston et le bâti fixe
 - Une liaison ponctuelle entre le piston et le galet (en fait un point qui glisse sur le profil de la came)
- Comment réaliser cette étude ? A l'aide d'une modélisation cinématique liée à un paramétrage des liaisons (commandes d'entrée et de sortie)
- Pour cela, on réalise en premier lieu, le schéma fonctionnel du système par le biais d'un squelette

Activation de références externes

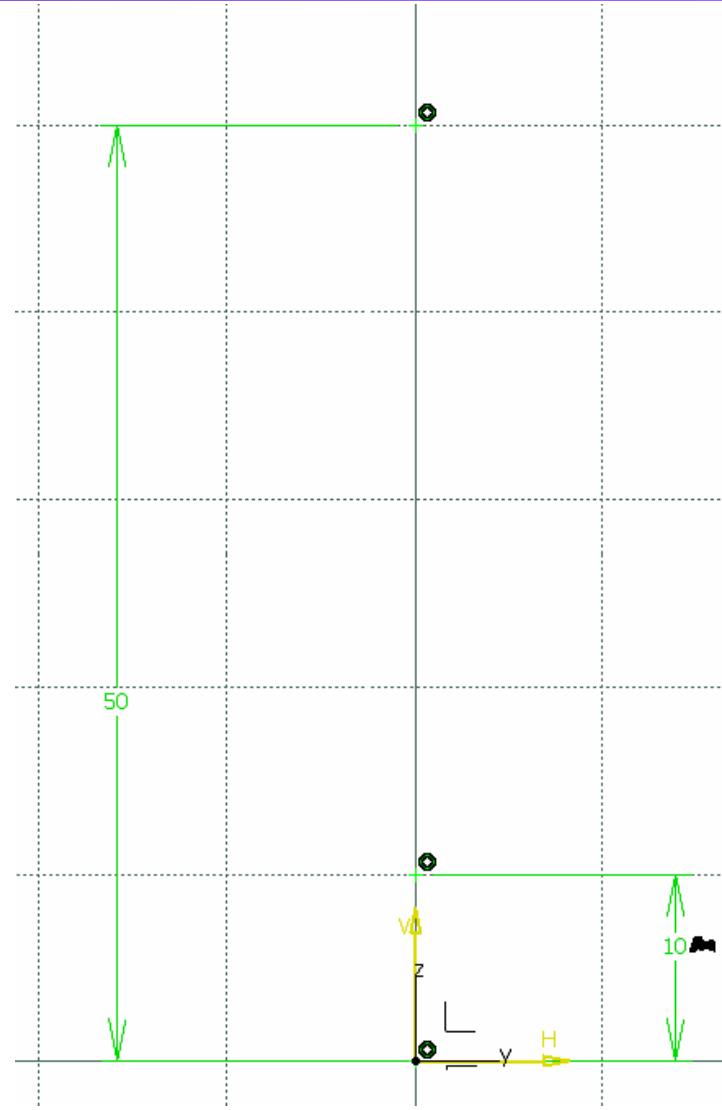
- Dans la suite, la création d'entités géométriques sera basée sur le squelette : on fait de la conception dite en contexte (directement dans le contexte de l'assemblage)
- Il serait donc nécessaire, du fait du paramétrage, que les entités qui seront créées soient référencées par rapport au squelette (notion de lien)
- Pour cela, définir dans **Outils->Options->Infrastructure-> Infrastructure Part**



- Lorsqu'une entité sera créée en s'appuyant sur une entité du squelette, il faudra valider le lien externe entre ces pièces (une modification du squelette modifiera la position des pièces)

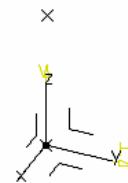
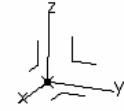
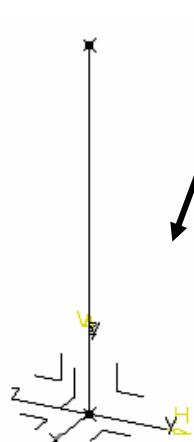
Définition de la came

- Ouvrir le module **Assembly Design**
- Activer, dans **Outils->Options->Infrastructure Part** puis l'onglet **Document CATPart**, l'option **Lors de la création de la pièce Crée un système d'axes** (ceci permet de remplacer les 3 plans de construction par un repère)
- Créer une première pièce à la racine de l'arborescence et renommer celle-ci en **Squelette**
- Le squelette est assez simple puisqu'il va être défini par :
 - 2 points représentants le lieu des liaisons pivot et glissière (la distance entre ces deux points a peu d'influence)
 - Un troisième point définissant la position initiale du lieu de contact entre le galet et le piston (on définira un paramètre dans l'assemblage associé à cette longueur de valeur initiale 10mm)



Définition des entités relatives aux pièces

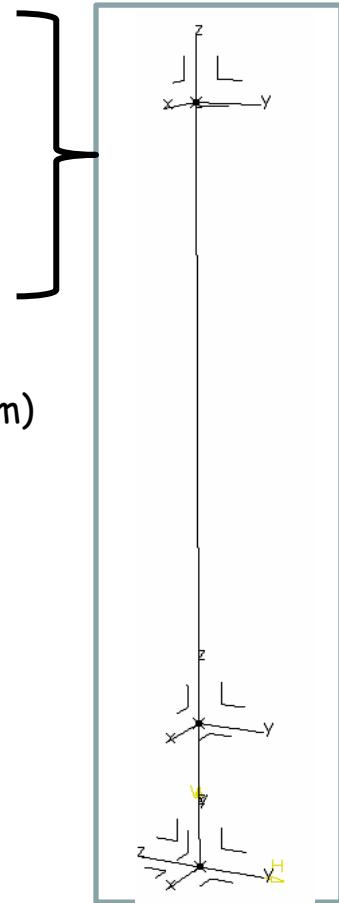
- Définir alors une nouvelle pièce nommée **Bati** et spécifier le centre du repère associé au squelette comme point origine (un des points créés qui est coïncident avec l'origine du repère squelette)
- Définir un second repère situé sur le second point créé et de même orientation
- Définir ensuite une nouvelle pièce nommée **Came** spécifier le centre du repère associé au squelette comme point d'origine
- Créer alors une droite passant par ce point et le point initial de contact



Vérifier que chaque repère pointe sur un point du squelette et si nécessaire sélectionner l'origine pour le faire pointer (Alt Gr + Clic pour localiser l'entité)

Définition des entités relatives aux pièces

- Définir alors une nouvelle pièce nommée **Piston**
- Créer un point associé (référence externe) au point de contact Piston/Came
- Définir une droite entre ce point et le point de sortie
- On obtient un squelette comme représenté ci-contre
- Le squelette est alors entièrement défini
- Changer la valeur du paramètre associé au rayon initial de la came (cote de 10 mm) et vérifier l'impact du paramétrage (mettre à jour si nécessaire)

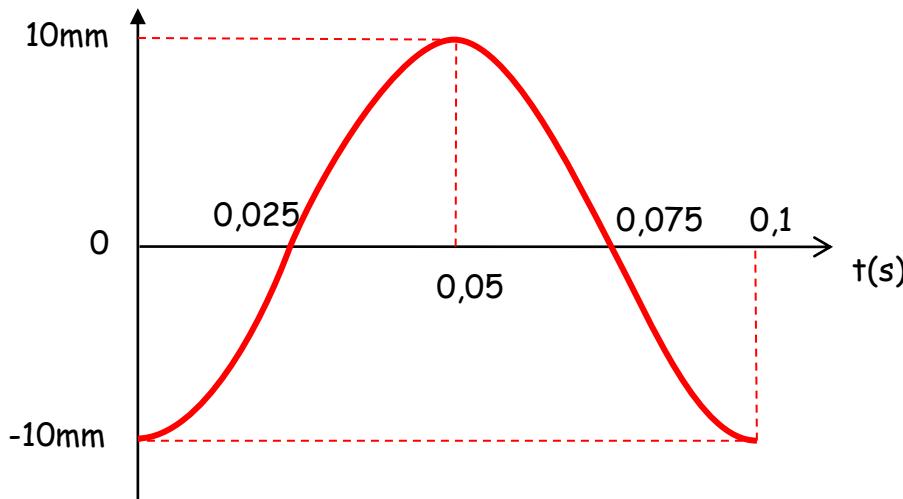


Définition de la cinématique du système

- Le principe consiste maintenant à définir la cinématique partielle du système
- Elle est dite partielle car pour le moment on ne peut définir les surfaces (forme et position) au contact piston/came : c'est que l'on cherche à déterminer
- L'idée va donc consister à imposer le cycle que suit chaque pièce en contact :
 - Le mouvement de translation imposée du piston ($d=d(t)$)
 - Le cycle de rotation de la came pour ($\text{angle} = f(t)$)
- Ceci permet de définir en fait la loi angle/déplacement
- Pour cela, activer l'atelier **DMU Kinematics**
- Créer un nouveau mécanisme et définir les deux liaisons connues : pivot et glissière entre repère des pièces considérées, soit :
 - Liaison pivot entre le repère lié à la came et le premier repère du bâti (activer **Commandée en Rotation**)
 - Liaison glissière entre le repère lié au piston et le second repère du bâti (activer **Commandée en Longueur**)
- Définir le bâti comme pièce fixe
- Si les liaisons et commandes sont correctement définies, la simulation est possible

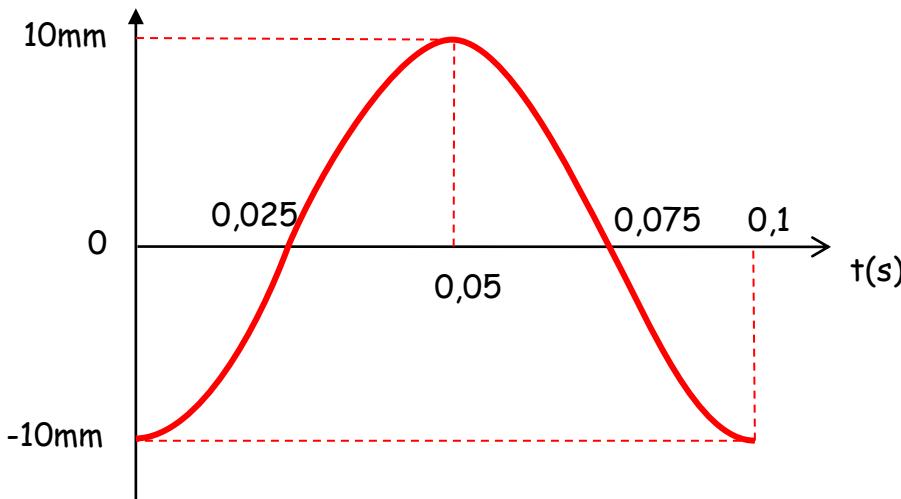
Définition de la cinématique du système

- Pour le moment les deux mouvements ne sont pas couplés
- On va alors imposer ces deux mouvements :
 - La came tourne à une vitesse de 600 tr/min
 - Le piston se déplace selon un mouvement oscillant (sinusoïdal) entre -10mm et +10mm (la position initiale est la position basse)
- On va donc rechercher à savoir en combien de temps la came réalise un tour soit
 - $600 \text{ tr}/60 \text{ s} = 10 \text{ tr/s}$ → Il faut 0,1s pour faire un tour
- La loi de déplacement est représentée par

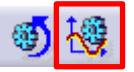


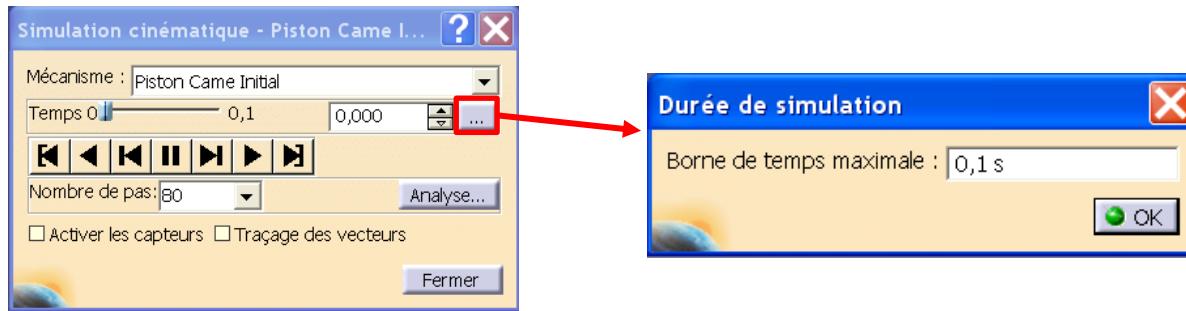
Définition de la cinématique du système

- Sélectionner la fonction **Formule**
- On va alors associer, à chaque commande la formule suivante, au paramètre de temps des simulations nommé 'Nom du mécanisme\KINTime' où *Nom du mécanisme* est le nom défini lors de la déclaration du mécanisme, soit (en notant $t = \text{'Nom du mécanisme'\KINTime}$)
 - Rotation = $360\text{deg}/(0,1\text{s}) * t$ (Paramètre de type angle)
 - Déplacement = $10\text{mm} * (1 - \cos(360\text{deg}/(0,1\text{s}) * t))$ (Paramètre de type longueur)



Définition de la cinématique du système

- Une fois ces deux formules définies, il est nécessaire de vérifier leurs évolutions
- Pour cela, activer la fonction de l'atelier **DMU Kinematics** -> Simulations suivant des lois 
- Définir le temps de simulation à 0,1s



- Animer le mécanisme (définir un nombre de pas de 200) et vérifier la cohérence des mouvements
- Si nécessaire, corriger les lois de mouvement ou l'orientation de la liaison (double-clic sur la liaison et inversion du sens)

Description de la came

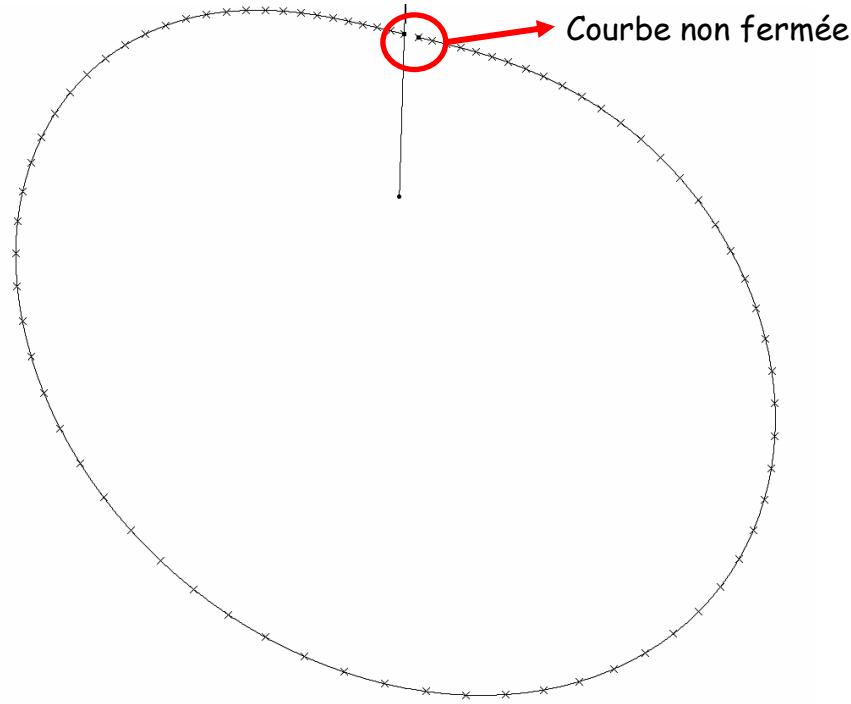
- Il est maintenant possible de définir le profil de la came
- Pour cela, il est nécessaire de décrire la trajectoire du point de contact du piston avec la came dans le repère mobile lié à la came
- Pour cela, sélectionner la fonction **Trace** 
- Définir comme élément à tracer **le point de la droite définissant le piston en contact avec la came**
- Définir comme produit de référence la **came**
- Cocher la case **Produit de Référence** dans l'option **Destination de la trace** (le profil obtenu sera insérer dans la pièce Came)
- Le nombre de pas est lié à la quantité définie dans la simulation par lois



- Faire **OK** et visualiser le profil de la came

Description de la came

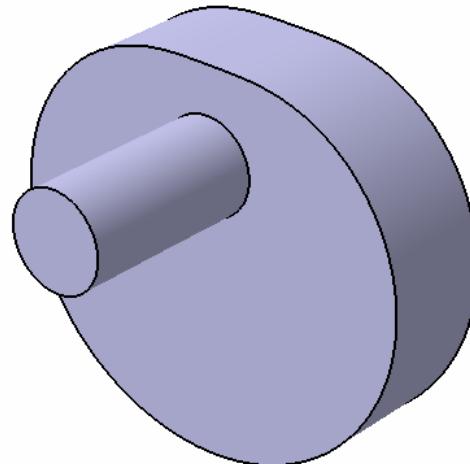
- Le profil (points + spline interpolée) est alors inséré dans un set géométrique lié à la came



- La spline semble ne pas être fermée, éditer celle-ci et cocher la case **Courbe fermée** et valider
- Vérifier qu'elle est bien fermée
- Cacher alors les points de définition et la droite liée à la came - Vérifier la cinématique

Conception de la came

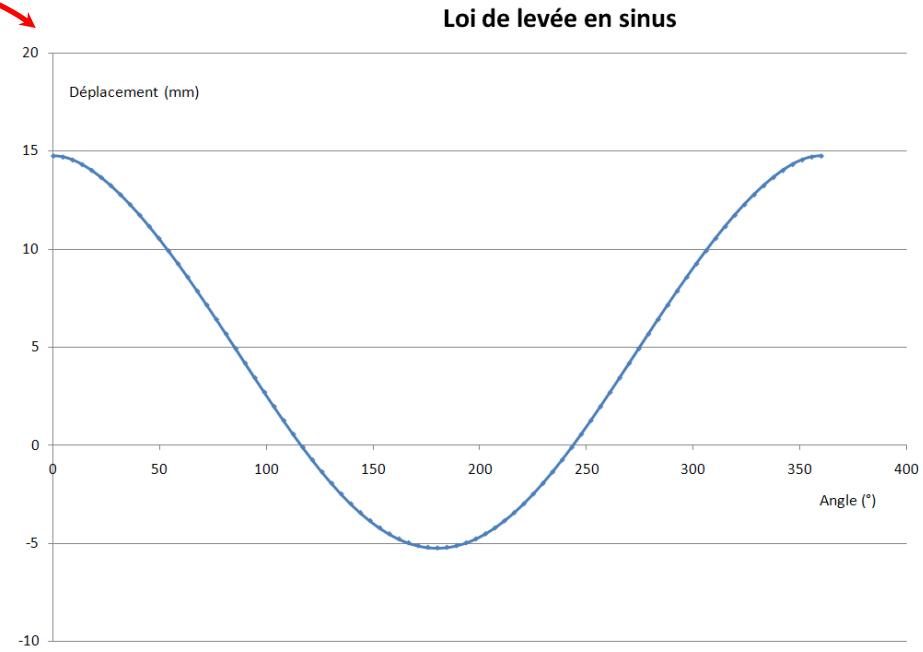
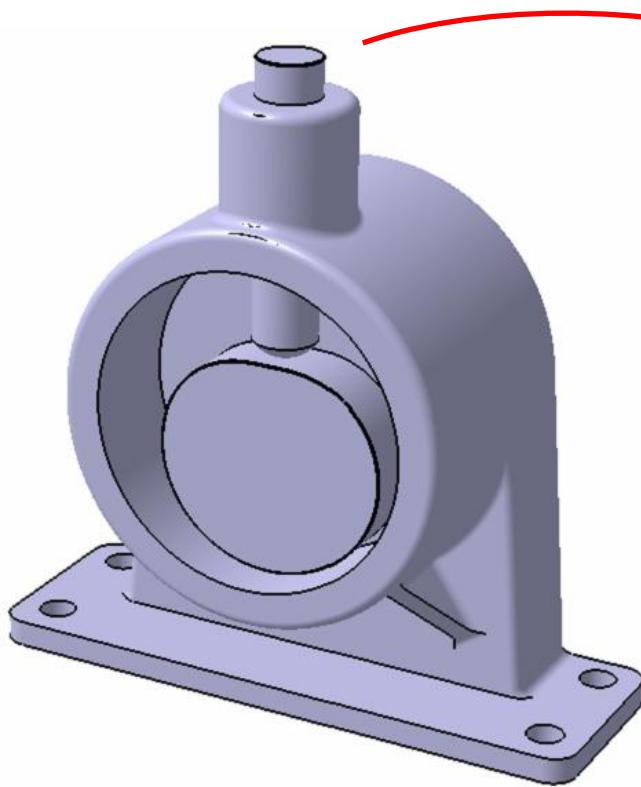
- On peut alors concevoir (conception volumique) la came
- Pour cela, se placer dans le contexte de la pièce **Came** et définir le **Corps Principal** comme **Objet Principal** (clic bouton droit sur la branche associée ...)
- Si ce n'est pas le cas, activer l'atelier **Part Design**
- Réaliser l'extrusion de la spline avec l'option **Extension symétrique** et une longueur de **6mm** (la came a donc une épaisseur de **12 mm**)
- L'axe de rotation de la came étant défini (axe de la liaison pivot), on peut réaliser une portée cylindrique de longueur **20mm** et de diamètre **10mm**
- La conception du système peut alors se poursuivre



Vérification de la loi de levée après conception / assemblage

- Les 3 pièces (composants) du système ont été conçues
- On va alors vérifier que la loi de levée est correctement réalisée
- De plus, on vérifiera les éventuelles interférences entre pièces
- Ouvrir les 3 pièces du répertoire **Final - Loi Sinus**
- Réaliser l'assemblage de ces pièces
- Utiliser le module **DMU Kinematics** pour réaliser la simulation du mécanisme
- Quel type de liaison doit-on définir entre la came et le piston ?
- Définir alors l'ensemble des liaisons et commande(s) puis simuler le fonctionnement du mécanisme
- Est-ce correct ?

Vérification de la loi de levée après conception / assemblage

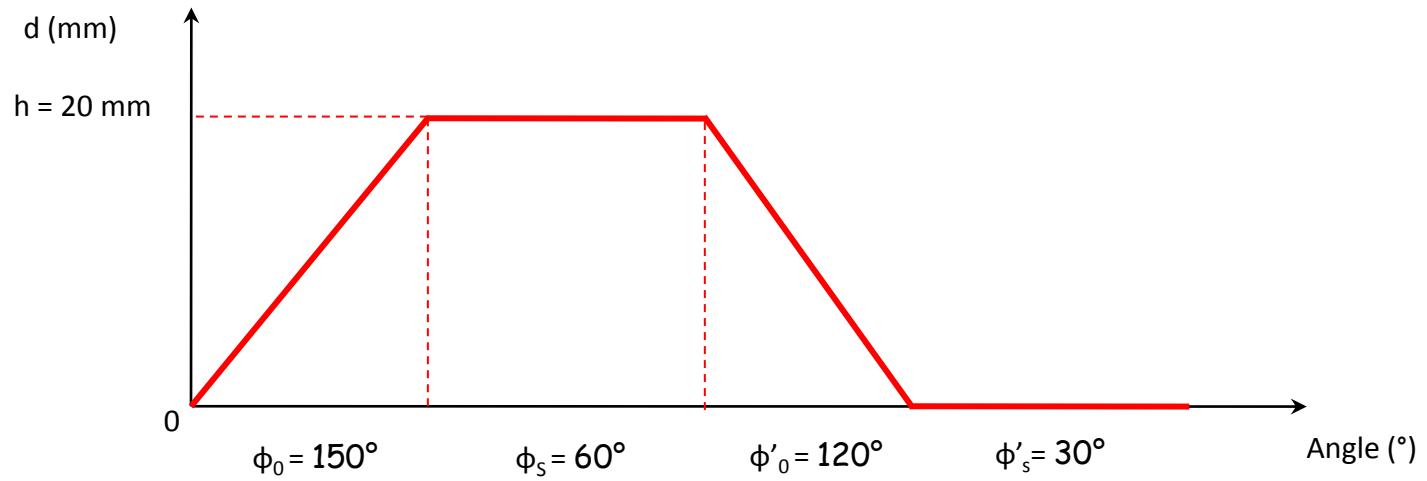


Knowledge

Création de lois

Création de lois de commandes plus complexes

- La loi de sortie (déplacement) possède une particularité qui la rend simple : elle est définie par une équation
- Comment paramétriser le mouvement lorsque celui est associé à une loi expérimentale ou défini par morceaux ?
- Dans le cas d'un système came/piston, la forme de la came peut engendrer lors du fonctionnement des chocs intempestifs (passage d'un point où la vitesse change brusquement de signe)
- Pour éviter (limiter) ce phénomène, on introduit des lois permettant d'amortir les chocs
- Dans le cadre de cette étude on souhaite la loi de levée suivante



Création de lois de commandes plus complexes

- Pour éviter les phénomènes de choc en montée et en descente, on définit une loi de mouvement en accélération respectivement en cosinus (montée) et en sinus (descente)
- On a donc les lois suivantes à respecter

Entre $0 \leq \phi \leq \phi_0$: $d = \frac{h}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi}{\phi_0} \phi \right)$

Entre $\phi_0 \leq \phi \leq \phi_0 + \phi_s$: $d = h$

Entre $\phi_0 + \phi_s \leq \phi \leq \phi_0 + \phi_s + \phi'_0$: $d = h \left(1 - \frac{\psi}{\phi'_0} + \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{\phi'_0} \psi \right)$ $\psi = \phi - \phi_0 - \phi_s$

Entre $\phi_0 + \phi_s + \phi'_0 \leq \phi \leq 360^\circ$: $d = 0$

- Comment imposer cette loi de commande ?
- On utilise la gestion des connaissances et le module associé : **Knowledge Advisor** (Gestion des connaissances -> Knowledge Advisor)

Création de lois de commandes plus complexes

- Créer les paramètres de type angulaire suivants

Nom	phi0	phis	phi01	phis1
Valeur	150°	60°	120°	30°

- Créer un paramètre de longueur $h=20\text{mm}$
- Passer dans le module **Knowledge Advisor** et définir un **ensemble de paramètres**
- Renommer cet ensemble en **Loi de levée** et déplacer les 5 paramètres précédents dans cet ensemble
- Définir une **Règle**  (nom : **Loi de levée**) selon la structure suivante



```

if (Loi de commande angle <= Phi0)
    Loi de commande longueur = ...
else if (Loi de commande angle <= (Phi0+Phis))
    Loi de commande longueur = ...
  
```

- Attention aux unités et parenthèses
- Valider cette règle
- Le gestionnaire de connaissances affecte alors cette règle à la loi de commande en longueur

Knowledge

Création de modèles intelligents et réactifs

Capitalisation du savoir-faire métier

Notion de Gabarit

Création de catalogues

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

- Dans la première partie de la formation, on s'est attaché à définir une roue dentée (cylindrique droite) générique
- Le concepteur peut alors utiliser ce modèle paramétrique et l'incorporer dans un composant plus complexe (notion de copie optimisée)
- Mais comment rendre ce modèle « intelligent » ?
- On entend par intelligent, la capacité du modèle à
 - Vérifier des éventuels problèmes de définition ou de réalisation selon un savoir-faire métier
 - Réagir (proposer ou modifier) sur des définitions de paramètres
- L'exemple simple, sur une roue dentée seule, peut être présenté sur la notion d'interférences
- On montre que pour une denture droite, la condition d'interférence de taille (denture extérieure) est donnée par

$$Z \geq \frac{2\left(\frac{C}{2} - x\right)}{\sin^2 \alpha}$$

- Dans le cas d'un angle de pression de 20° et d'un déport nul, la roue doit posséder au moins **17 dents**, ce que le modèle paramétrique ne sait pas pour le moment

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

- Comment vérifier cette éventuelle interférence de taille et réagir sur celle-ci ?
- Ouvrir dans le répertoire **\Knowledge\RoueIntelligente**, le fichier **Roue.CATPart**
- Imposer un déport nul et une roue à 20 dents
- Passer dans l'atelier **Knowledge Advisor** 
- Cliquer sur la fonction de **Vérification** - Renommer cette vérification en **Vérification Interférences** puis valider : une fenêtre apparaît ...
- On souhaite intervenir si le nombre de dents ne vérifie pas la relation d'intéférences
- Pour cela définir **Warning** dans le **type de vérification** (apparition d'une fenêtre d'avertissement)
- On désire afficher le message (paramétré) suivant

Problèmes d'interférences de taille - $Z \geq xx$ dents ou utiliser un déport

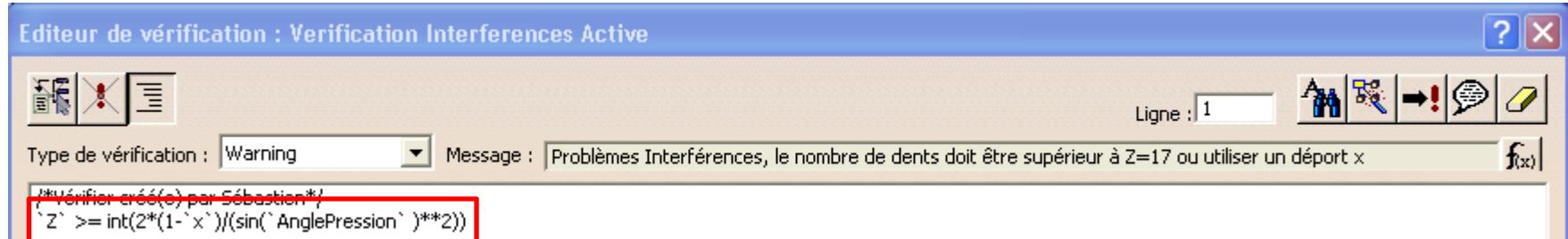
- Dans le champ associé au message faire une clic droit puis faire éditer formule, écrire la formule suivante

"Problèmes Interférences, le nombre de dents doit être supérieur à $Z = "+ToString(int(2*(1-x)/(sin(`AnglePression`)**2)))+"$ ou utiliser un déport x"

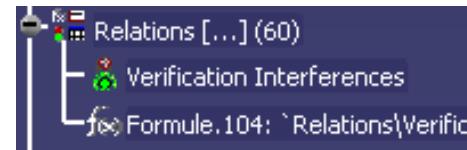
- Valider cette formule pour revenir à la fenêtre de vérification

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

- Il faut maintenant définir le critère de vérification, à savoir l'inégalité liée à l'interférences, soit



- Valider la vérification - Dans la branche **Relation**, on peut voir apparaître une branche avec la vérification (avec en principe un feu vert) ainsi que la formule définissant le message



- Cette dernière n'est pas nécessaire à la visualisation, faire un bouton droit sur la branche associée puis **Objet Formule.xx -> Cacher**

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

- Définir un nombre de dents égal à 15 - Le feu passe au vert (voir également dans la barre d'icônes) et le message associé à la vérification apparaît



- On peut également visualiser l'état des vérifications à l'aide de la fonction accessible par l'icône



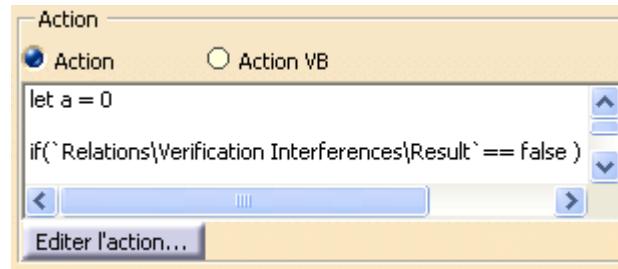
- Celle-ci permet de présenter les relations défectueuses et les paramètres impliqués - Elle permet également d'éditer des rapports (HTML) de vérification

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

- Cette opération n'est associée qu'à une vérification
- On propose maintenant d'agir en fonction de cette vérification , en imposant le coefficient de déport minimal pour éviter les interférences de taille
- Pour cela, utiliser la fonction **Réaction**  et nommer celle-ci en **Calcul Déport**
- Choisir l'option **Sélection** dans la case **Type** puis cliquer (dans l'arbre) sur le paramètre **Z**
- L'algorithme sera le suivant
 - Si le nombre de dents change :
 - Si **Vérification Interferences** n'est pas vérifiée
 - Calcul du déport minimum et on impose celui-ci
 - Informer sur la valeur imposée du déport
 - Si **Vérification Interferences** vérifiée
 - Vérifier le déport minimum
 - Comparer avec le déport existant
 - Si la valeur du déport minimum est plus faible (en valeur absolue) que le précédent, on impose cette nouvelle valeur

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

- Choisir l'onglet **Action** puis cliquer sur l'icône **Editer l'action...**
- Entrer le code suivant puis valider



```
let a = 0
if(`Relations\Verification Interferences\Result`== false )
{
    `x` =(1-`Z` /2*sin(`AnglePression` )**2)

    Message("Le déport (minimal) imposé x="+ToString(`x` ))
}
else
{
    a=(1-`Z` /2*sin(`AnglePression` )**2)
    if(abs(`x`)>abs(a))
    {
        `x` =(1-`Z` /2*sin(`AnglePression` )**2)
        Message("le déport a été diminué à x="+ToString(`x` ))
    }
}
```

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

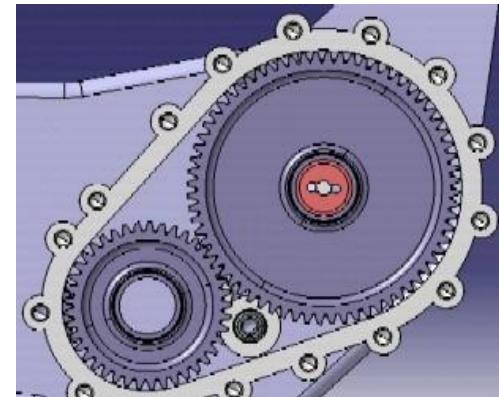
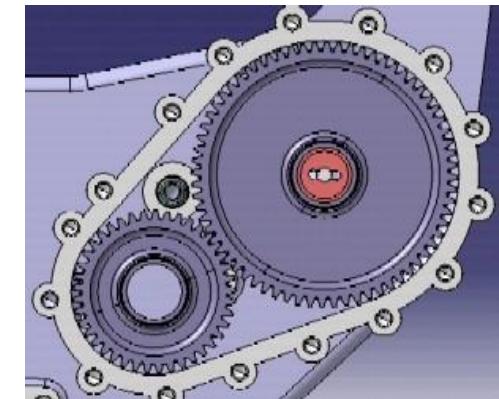
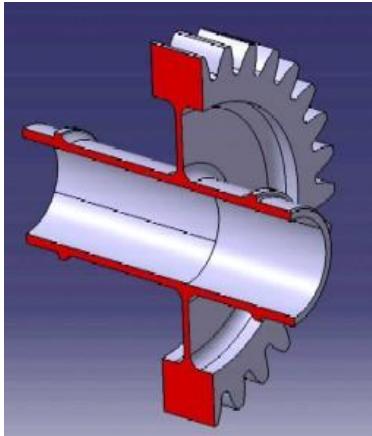
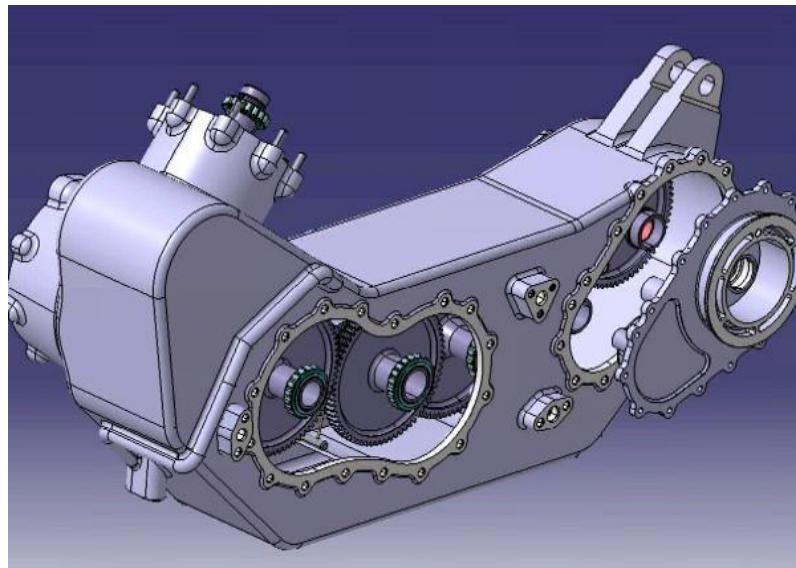
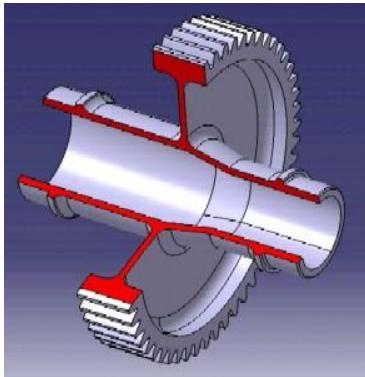
- Une fois la réaction programmée, valider par **OK**
- Vérifier l'influence d'un changement du nombre de dents dans l'ordre suivant : **Z=12, Z=15, Z=18**

Pour aller plus loin

- On peut voir que le modèle **Roue.CATPart** possède deux publications
- Celles-ci correspondent aux plans tangents sur le profil de la dent (au lieu du cercle primitif)
- Elles permettent de réaliser et gérer aisément l'assemblage de deux roues dentées (un engrenage) avec les modifications qui peuvent y être appliquées
- On peut également réaliser des vérifications et réactions sur cet assemblage pour permettre notamment :
 - De traduire la condition de fonctionnement sans jeu (formule des involutes)
 - De faire varier l'entraxe en fonction du module, nombre de dents, ...
 - De définir des critères de dimensionnement : liens avec les module de calculs en dynamique pour récupérer les efforts sur les dents afin de définir le module (calcul RdM ou EF)
 - De définir des notions d'encombrement,
 - ...

Interaction sur le comportement d'une roue dentée

- On peut également par l'utilisation de la programmation de macros Visual Basic définir des fonctionnements et réactions très complexes - C'est la capitalisation du savoir-faire



Exemple d'une boîte relais
Hispano-Suiza

<http://cao.etudes.ecp.fr/index.php?page=hispano.htm>