

CONCEPTION DE FORMES

1 OBJECTIF

Proposer une démarche de conception de formes réalisée à partir d'un exemple :

application à la conception d'un carter de renvoi d'angle (analyser la mise en plan partielle cf. §3.1.1)

2 CONCEPTION DU MECANISME

Il s'agit ici de préciser seulement la chronologie générale de conception d'un mécanisme.

2.1 Cahier des charges et données technologiques

- caractéristiques du moteur et du récepteur
- encombrement de renvoi d'angle, environnement

2.2 Création du mécanisme

2.2.1 Schémas

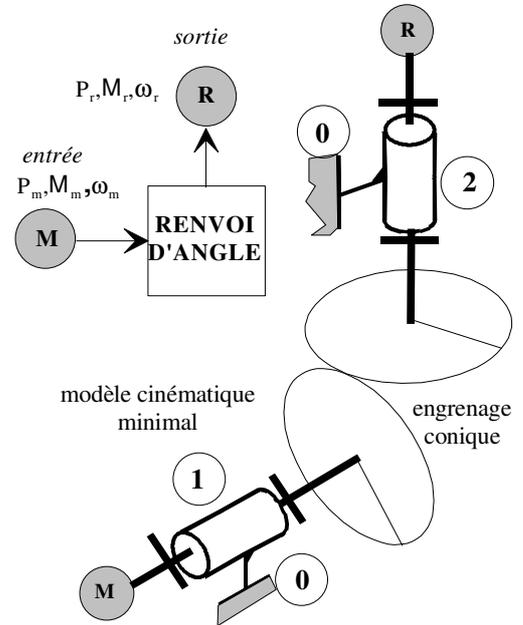
- cinématiques, technologiques ;

2.2.2 Calculs

- dimensionnement : engrenages, diamètres des arbres, roulements

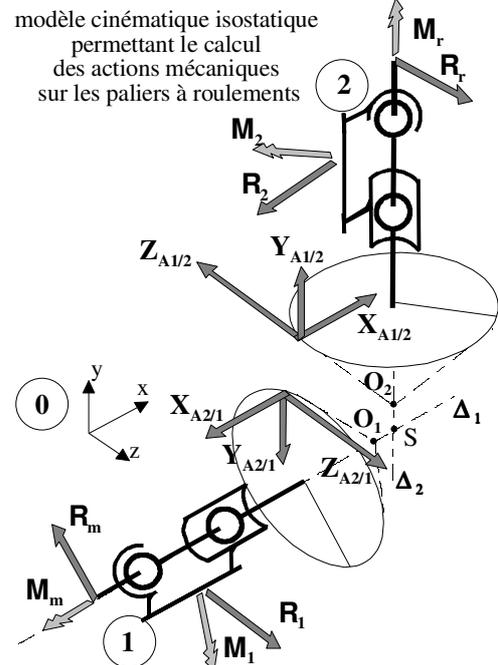
2.2.3 Conception

- des liaisons pivots n°1 et n°2 (deux boîtes à roulements) ;
- de l'agencement spatial de ces sous-ensembles (cf. §3.1.1):
nécessité de la conception d'un **carter** ("forme")

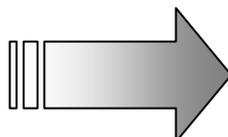


2.3 La fonction carter

Principales fonctions techniques à réaliser par ce carter pour garantir l'agencement spatial du mécanisme :



OBJECTIF à atteindre par le concepteur

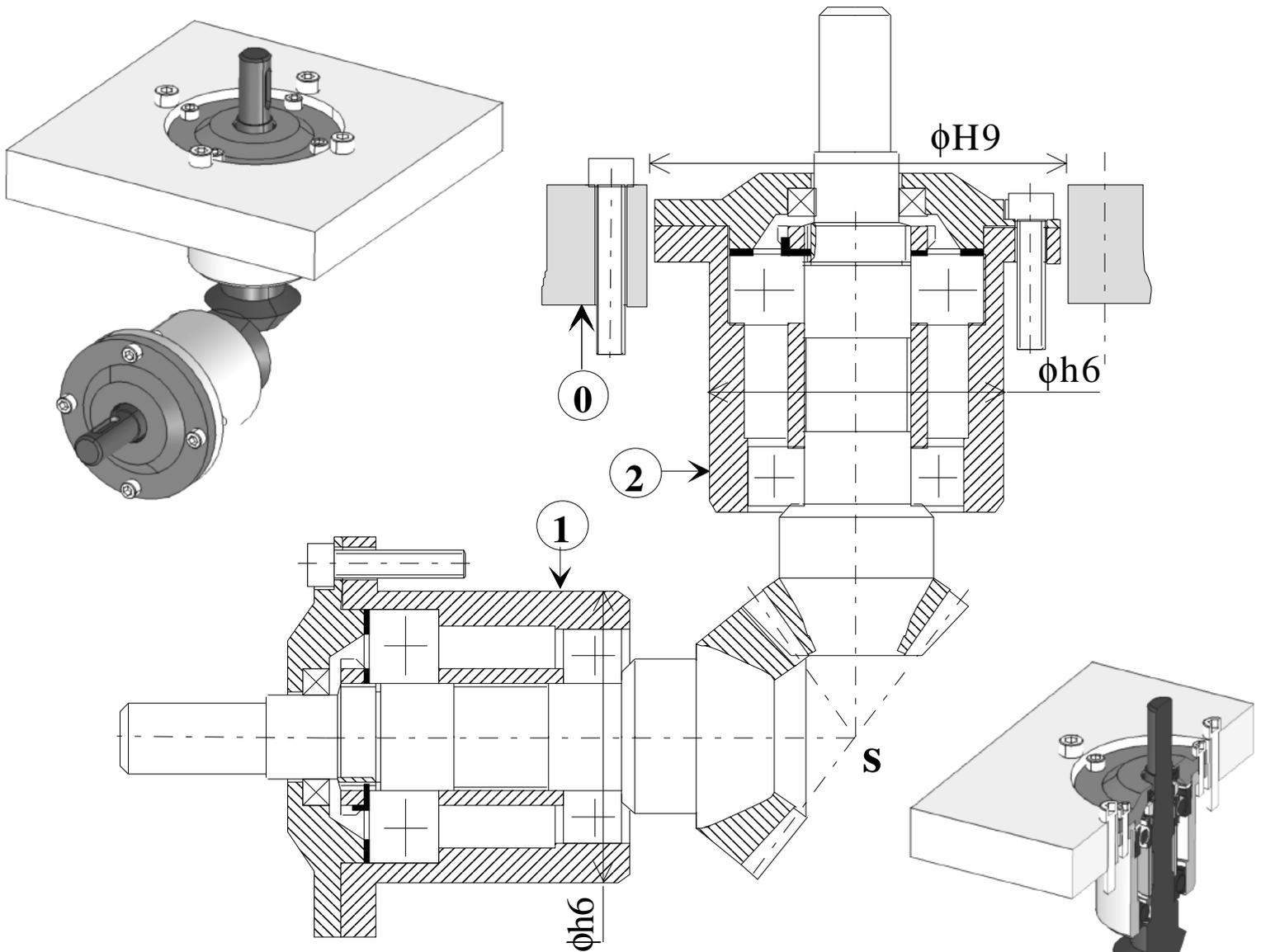


3 CONCEPTION DU CARTER

Il s'agit de concevoir un carter respectant les fonctions techniques déjà précisées pour que le mécanisme défini ci-dessous, composé de deux boîtes à roulements, puisse remplir sa fonction de renvoi d'angle.

3.1 Données sur les liaisons

3.1.1 Analyse structurelle : solutions technologiques des sous-ensembles correspondants aux deux liaisons pivots



3.1.2 Inventaire et description des liaisons

liaison encastrement carter du renvoi d'angle avec bâti (0)
mip axiale : surfaces planes prépondérantes (surfaces planes annulaires); mip radiale courte associée à $\phi h8$; map axial par 4 vis M8.

liaison encastrement sous-ensemble (1) avec carter
mip radiale : surfaces cylindriques prépondérantes ($\phi h6$ sera associé à $\phi H7$); mip axiale surfaces planes annulaires de faibles étendues ; map axial par 4 vis M6.

liaison encastrement sous-ensemble (2) avec carter
mip radiale : surfaces cylindriques prépondérantes ($\phi h6$ sera associé $\phi H7$) ; mip axiale surfaces planes annulaires de faibles étendues ; map axial par 4 vis M6.

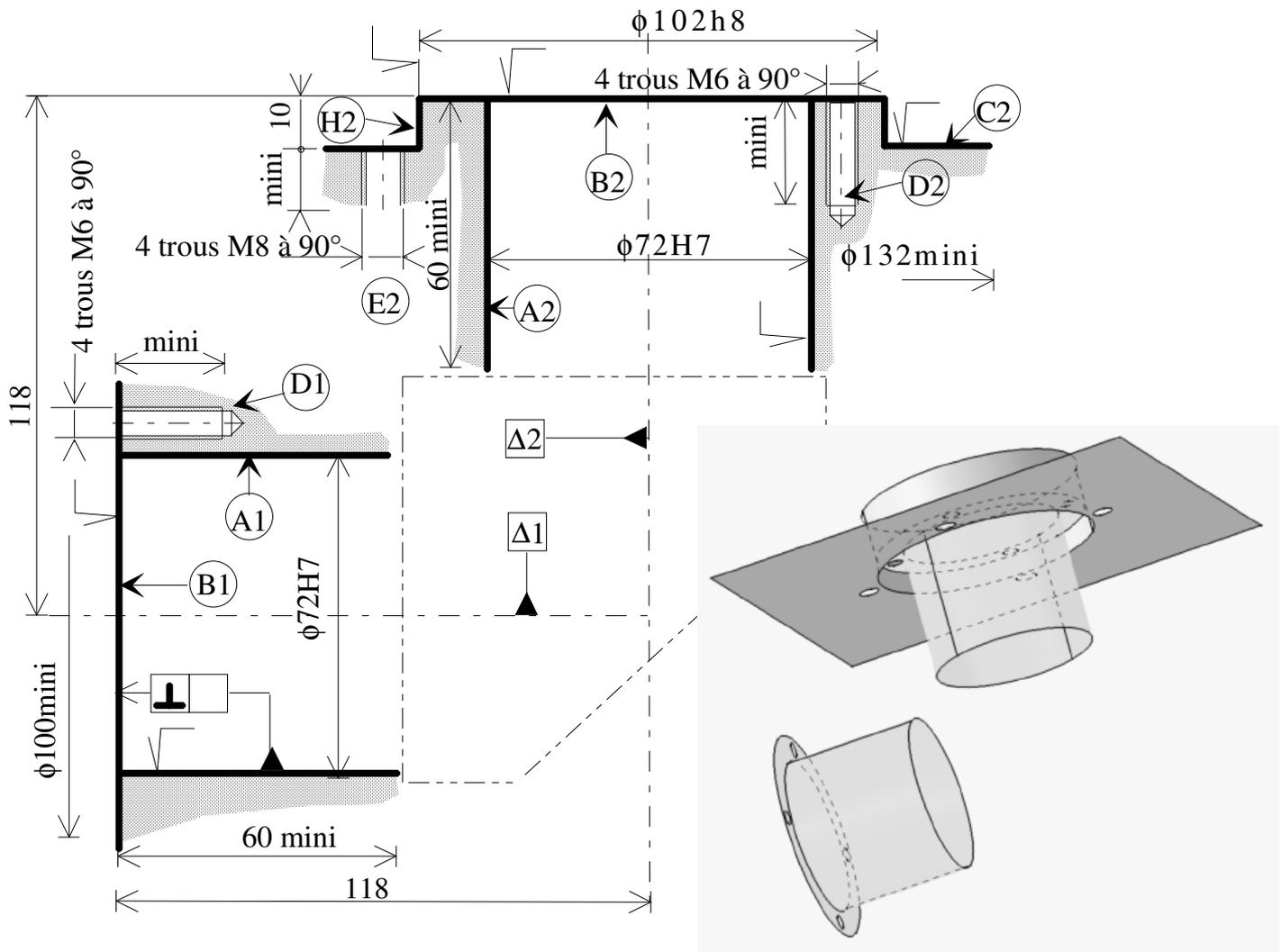
3.2 Méthodologie du tracé de formes

Pour des raisons pédagogiques la démarche de tracé de formes proposée ici est volontairement *séquentielle*. La démarche de modélisation des formes utilisée en B.E. CAO peut se présenter sous une forme plus ou moins *simultanée* pouvant intégrer toutes les phases de conception de formes développées ici, suivant l'expérience du technicien d'études.

3.2.1 Tracé des surfaces fonctionnelles (SF) disponibles sur les composants du mécanisme et issues de l'analyse structurelle du mécanisme (cf. § 3.1)

Il faut :

- caractériser géométriquement les SF
 - A₁, A₂ : surfaces cylindriques de révolution
 - B₁, B₂ : surfaces planes annulaires de faible étendue
 - C₂: surface plane annulaire
 - D₁, D₂ : surfaces hélicoïdales intérieures (borgnes)
 - E₂: surfaces hélicoïdales intérieures (débouchantes)
 - F: surface enveloppe minimale de l'engrenage (parallélépipède avec un "angle cassé")
 - H₂: surface cylindrique de révolution
- tracer les SF :
 - de liaison (ou de contact)
 - de passage (ou de débattement) ;
- se préoccuper de leur position relative et leur association



3.2.2 Localisation de la matière autour des SF

Il s'agit de disposer la matière du « bon côté » des SF qui ont été tracées (ici zones tramées)

3.2.3 Définition fonctionnelle du carter

- inscrire les spécifications géométriques et dimensionnelles (en prenant en compte l'analyse fonctionnelle technique du renvoi d'angle).

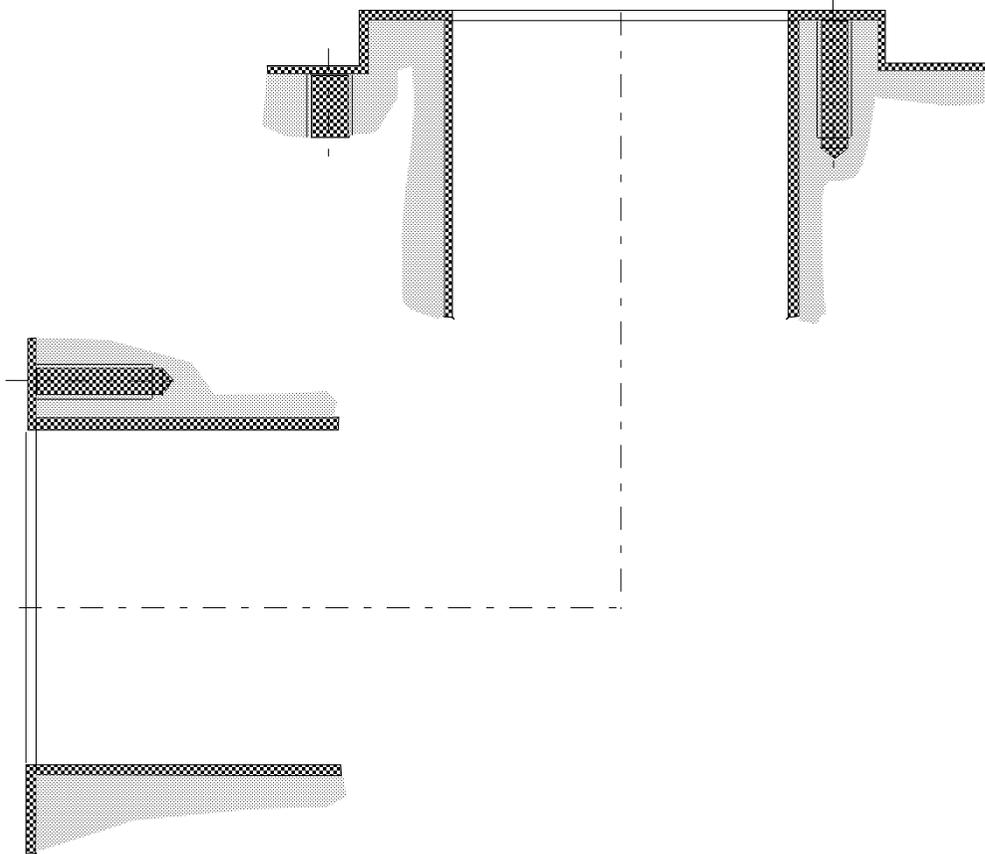
3.2.4 Tracé des sur épaisseurs d'usinage
(application à la conception moulée, soudée, forgée)

Remarque : ce tracé peut être intégré dans la démarche si l'on veut définir les formes brutes du carter

Après usinage, elles permettent d'obtenir les SF, dans tous les cas limiter l'étendue des surfaces usinées.

Particularités:

- en construction moulée : décider des trous venant de fonderie
- en construction soudée : décider des formes pré-usinées
- en construction pliée et emboutie : les SF sont obtenues directement



3.2.5 Tracé des solides enveloppes de matière autour des SF

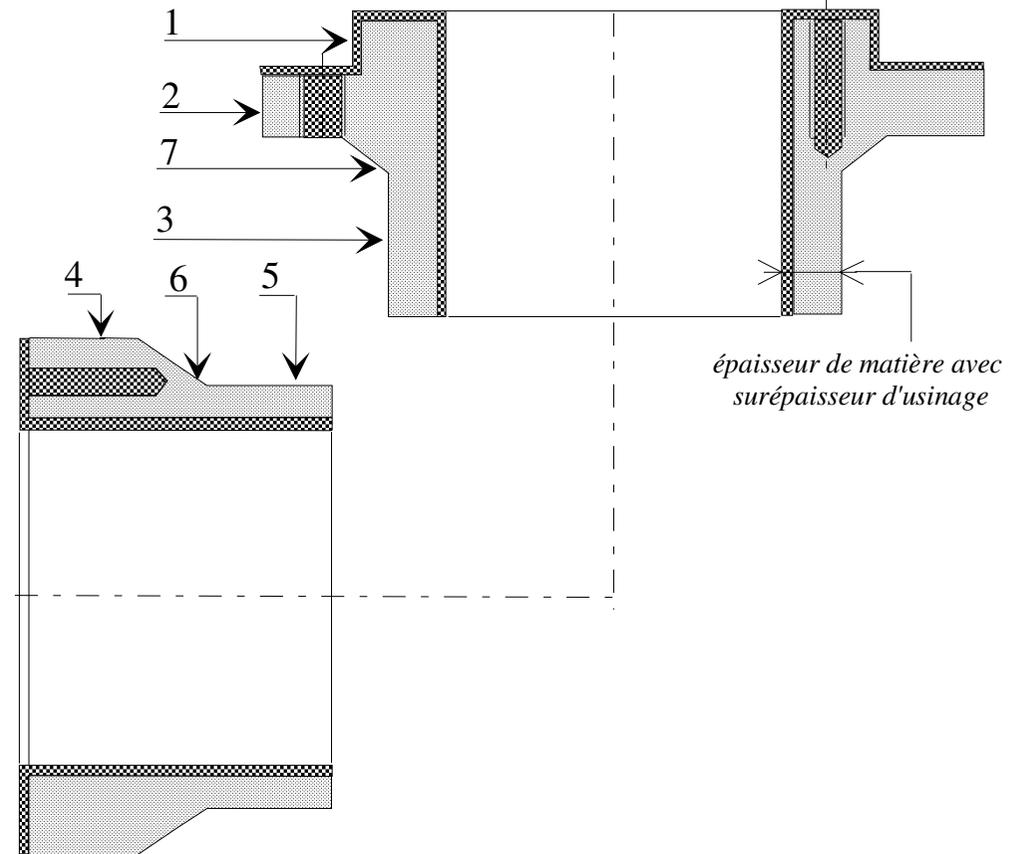
Imaginer des solides de formes géométriques simples : cubes, parallélépipèdes, cylindres, cônes..., avec des épaisseurs de matière constante autour des SF.

Ces épaisseurs dépendent :

⇒ du procédé de fabrication :

- épaisseur minimale pour construction moulée (ex : 6 pour acier, 4 pour fonte)
- profilés standards pour construction soudée (cornière, plat, UPN..)
- épaisseur de la tôle pour le pliage et l'emboutissage

⇒ de la transmission des actions mécaniques

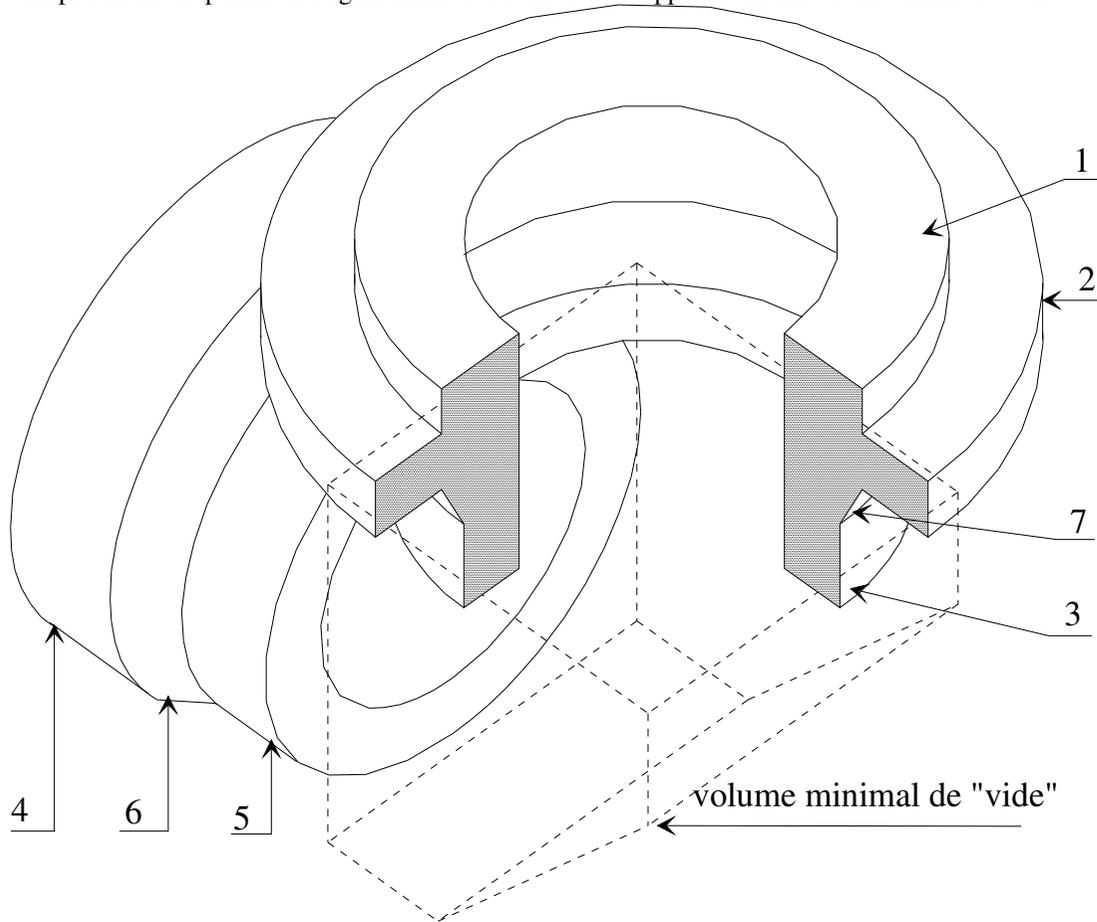


Description géométrique des solides enveloppes de matière

1, 2, 3, 4, 5 : cylindres de révolution

éventuellement 6, 7 : troncs de cône associés à des cylindres creux de révolution

Représentation spatiale de l'agencement des solides enveloppes de matière et du volume de "vide".



3.2.6 Raccordement des solides enveloppes de matière

Types de raccords :

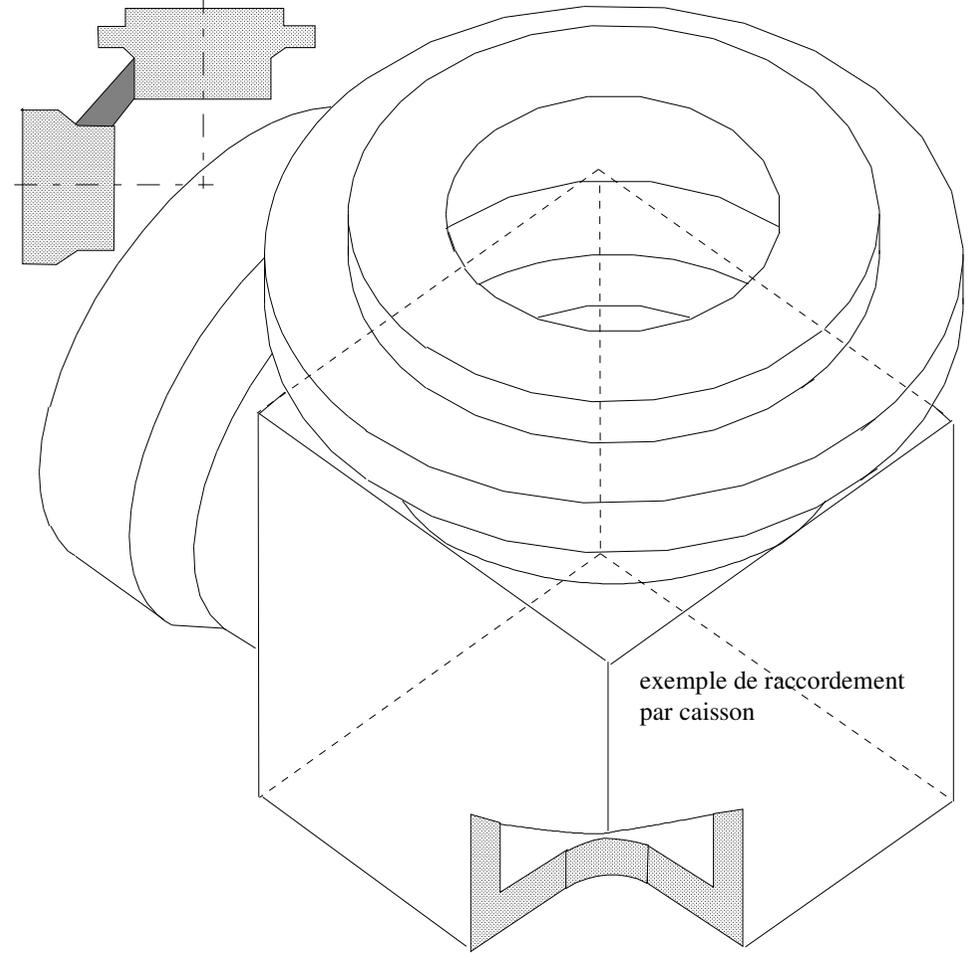
- | | | |
|------------|---------------|----------------------------------|
| - nervures | - raidisseurs | - parois d'épaisseurs régulières |
| - goussets | - renforts | - formes en caissons |

Dans tous les cas rechercher des raccords de formes simples et compactes.

Ces raccords sont fonction :

- | | |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| - des efforts de coupe pour l'usinage des SF | - des sollicitations mécaniques (chocs, vibrations, déformations etc..) |
| - de la protection du mécanisme | - du mode d'utilisation (accès facile à l'intérieur d'un carter par exemple) |
| - de la sécurité | |
| - de l'étanchéité | |

raccordement "trivial":

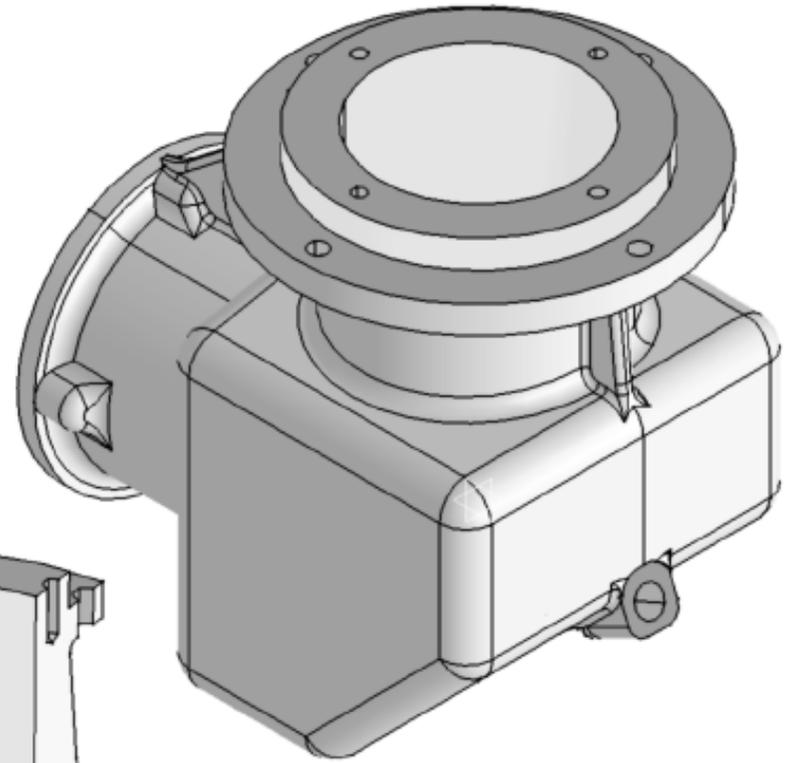
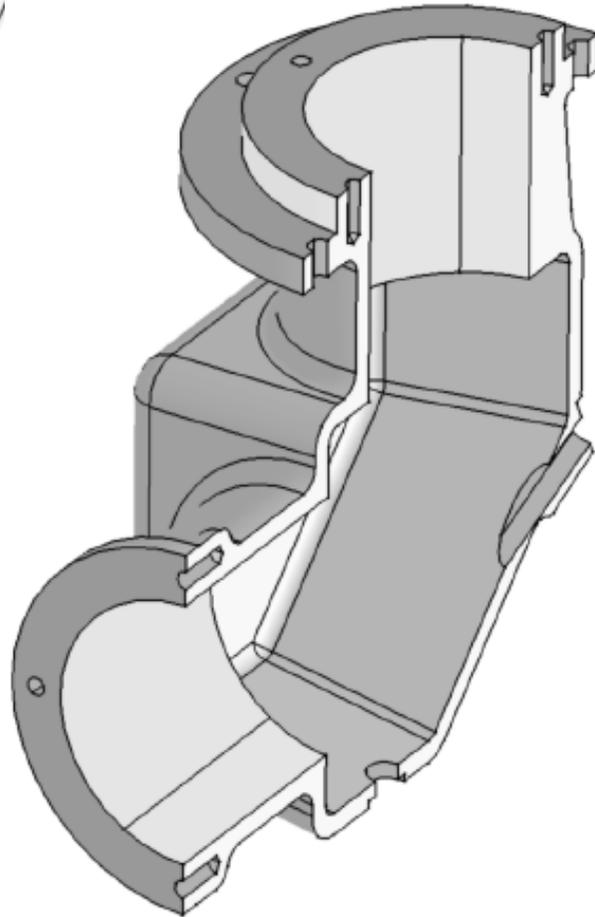
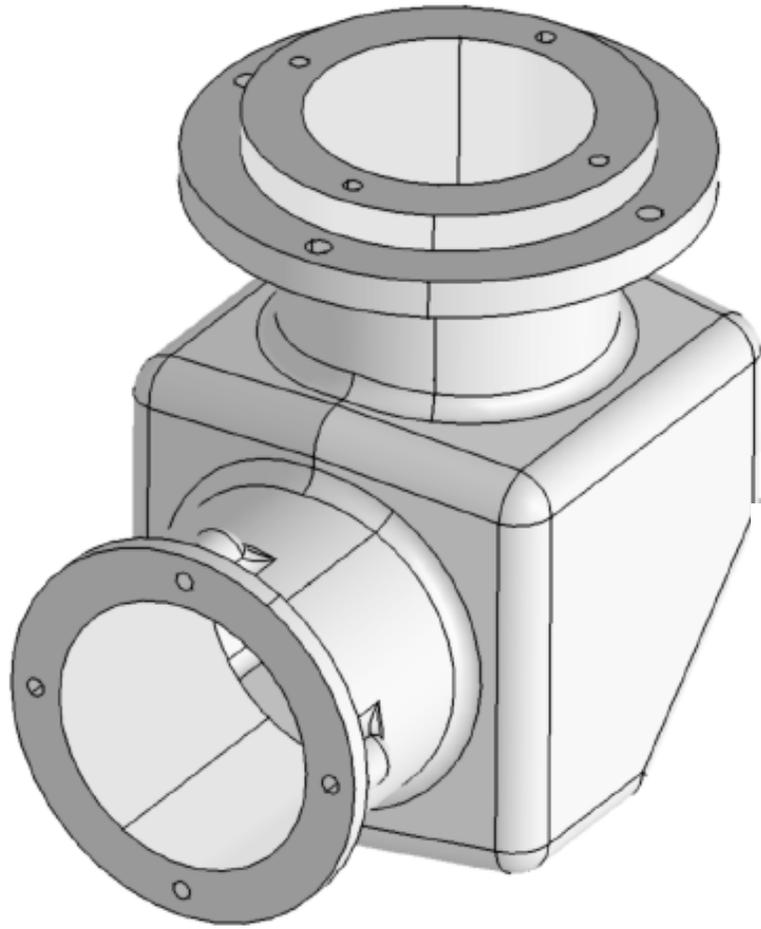


3.2.7 Tracé des formes définitives

Tenir compte des spécificités de chaque procédé de fabrication (exemple pour la conception moulée : choix du plan de joint, tracé des dépouilles)

- Prévoir :
- des ouvertures pour montage, démontage, réglage ou entretien (trappe de visite)
 - une réserve de lubrifiant
 - des accès aux usinages

Remarques: des contraintes économiques et de design (esthétique, mode) altèrent les formes des solides enveloppes définies de façon fonctionnelle.



3.3 Travail de modélisation à réaliser

3.3.1 Objectifs

Il s'agit de concevoir le carter du renvoi d'angle en conception moulée en utilisant le logiciel CATIA V5.

La morphologie de ce carter ne permet plus d'utiliser la modélisation usuelle à partir d'un seul *Corps principal* (par défaut dans l'arbre de conception). Il est nécessaire d'insérer dans l'arbre de conception du carter deux *Corps de pièce* supplémentaires.

Le travail de modélisation se fera donc en deux étapes :

- ⇒ 1° étape de modélisation sur les trois solides indépendants suivants :
 - Corps principal* : formes appartenant au solide enveloppe de la boîte à roulement 1
 - Corps de pièce 2* : formes appartenant au solide enveloppe de la boîte à roulement 2
 - Corps de pièce 3* : formes appartenant au solide enveloppe assurant le raccordement entre les boîtes 1 et 2
- ⇒ 2° étape de modélisation sur le solide carter :

L'intégration des trois corps précédents en un *Corps principal* unique, se fait en utilisant des opérations booléennes.

3.3.2 Travail préparatoire à la modélisation

Définir les contours des esquisses permettant de concevoir les formes principales de ce carter et préciser les types d'opérations d'ajout ou d'enlèvement de matière à leur associer. Décider du joint de moulage et du sens des dépouilles.

3.3.3 Conception sous assemblage du carter

Dans l'atelier Assembly Design ouvrir le produit "**renvoi_dangle**". L'arbre de conception fait apparaître trois sous produits "**iso_boite.1**" (arbre d'entrée), "**iso_boite.2**" (arbre de sortie) et "**iso_bati**". Rendre actif le produit "**renvoi_dangle**" et

insérer une nouvelle pièce "**carter**". Rendre actif ce composant pièce  "**carter**".

Travail de modélisation sur les trois corps de pièce

- cliquer " <i>Insérer</i> " un <i>Corps de pièce</i> (barre des menus) dans le composant pièce  " carter "	 <i>Corps de pièce 2</i>
- cliquer " <i>Insérer</i> " un <i>Corps de pièce</i> (barre des menus) dans le composant pièce  " carter "	 <i>Corps de pièce 3</i>

L'arbre de conception fait alors apparaître ces trois corps de pièce au plus niveau.

conception du *Corps principal*

cliquer  sur *Corps principal*/Définir l'objet de travail ⇒ *Corps principal* (souligné)

Les surfaces fonctionnelles et les solides enveloppes associés impliquent :

➤ pour la mise en position de la boîte à roulement 1 dans le carter

- une esquisse dans le plan XY d'un contour compatible avec les dimensions indiquées sur les tracés des surfaces fonctionnelles planes et cylindriques (prendre une épaisseur moyenne de 6 mm pour définir les solides enveloppes). La cote 60 mini doit être majorée pour des relimitations ultérieures avec les formes de raccordement. Rappel : conception sous assemblage.	
- un solide issu d'une révolution du contour autour de l'axe X	

➤ pour le maintien en position de la boîte à roulement 2 dans le carter

- quatre solides enveloppes de formes cylindriques de révolution issu d'une extrusion d'un contour circulaire	 
- quatre taraudages M6	 

conception du *Corps de pièce 2*

cliquer  sur *Corps de pièce 2*/Définir l'objet de travail ⇒ *Corps de pièce 2* (souligné)

Les surfaces fonctionnelles et les solides enveloppes associés impliquent :

➤ pour la mise en position de la boîte à roulement 1 dans le carter et la mise en position du carter par rapport à un bâti

- une esquisse dans le plan XY d'un contour compatible avec les dimensions indiquées sur les tracés des surfaces fonctionnelles planes et cylindriques (prendre une épaisseur moyenne de 6 mm pour définir les solides enveloppes). La cote 60 mini doit être majorée pour des relimitations ultérieures avec les formes de raccordement. Rappel : conception sous assemblage	
- un solide issu d'une révolution du contour autour de l'axe Y	

➤ pour le maintien en position de la boîte à roulement 1 dans le carter

- quatre taraudages M6	
➤ pour le maintien en position du carter dans le bâti	
- quatre taraudages M8	

○ conception du *Corps de pièce 3*

cliquer sur Corps de pièce 3/Définir l'objet de travail ⇒ Corps de pièce 3 (souligné)

➤ le raccordement des deux solides enveloppes précédents doit remplir la fonction carter (cf. documents conception de forme) par une forme cubique creuse chanfreinée et implique donc :

- une esquisse dans le plan XY d'un contour carré chanfreiné pour minimiser la masse	
- vérifier le recouvrement partiel des deux corps de pièces précédents, dans le cas contraire les modifier	
- un solide cubique plein issu d'une extrusion du contour	

➤ la conception moulée du carter à ce niveau d'élaboration impose au concepteur :

- de choisir le joint de moulage (plan XY) ou élément neutre et d'affecter à ce corps de pièce des formes en dépouilles suivant deux directions dans boîte de dialogue (option <i>Plus</i>). Identifier les surfaces affectées par ces dépouilles.	
Remarque : les autres corps de pièce ont des dépouilles naturelles.	
- de mettre des congés et arrondis sur les arêtes (attention à leurs dimensions : il faut qu'elles soient compatibles avec l'opération suivante)	
- d'évider ce corps de pièce pour en faire un solide creux d'épaisseur constante (6mm).	

Rendre actif le produit "**renvoi_dangle**" et l'enregistrer. Quitter l'atelier Assembly Design.

Travail de modélisation sur l'unique corps de pièce

Pour faciliter la sélection des formes intérieures et pour un contrôle rigoureux des formes du solide résultant d'une opération booléenne on se propose de travailler dans l'atelier DMU Space Analysis (Digital MockUp : maquette numérique). En effet une des fonctions de cet atelier permet de faire un travail de modélisation sur un ensemble mécanique "coupé" (analogie avec l'option coupe pour un travail dans une esquisse)

- dans la barre des menus " <i>Démarrer</i> " sélectionner " <i>maquette numérique</i> " et cliquer sur l'icône DMU Space Analysis pour rendre actif cet atelier ; ensuite dans " <i>Fichier</i> " : ouvrir le produit " renvoi_dangle ".	
- créer un plan de section du mécanisme renvoi d'angle	
- un plan de section est automatiquement créé, sélectionner un autre plan XY	
- une fenêtre d'aperçu apparaît également, elle affiche la section générée, réduire son affichage	
- affichage de la boîte de dialogue " <i>Editions de plans de section</i> ". Cliquer sur l'icône " <i>Boîte de section</i> " pour sélectionner la moitié de la représentation du renvoi d'angle (on peut ajuster l'épaisseur de cette boîte) que l'on souhaite cacher	
- pour créer une coupe volumique, cliquer sur l'icône " <i>Coupe</i> " dans la boîte de dialogue " <i>Editions de plans de section</i> " permettant de voir l'intérieur du renvoi d'angle et de vérifier la cohérence des dispositions constructives	

Rendre de nouveau actif le composant pièce "**carter**", l'atelier Part Design est alors accessible. Cacher les sous produits "**iso_boite.1**", "**iso_boite.2**" et "**iso_bati**". Pour reconstituer un seul corps de pièce correspondant au carter définitif, il faut réaliser des opérations booléennes (du type union avec la relimitation de formes surabondantes) :

○ entre le "*Corps principal*" et le "*Corps de pièce 3*"

L'application de la commande "*relimitation partielle*" à un corps suppose de définir les éléments à garder ou à supprimer lors de l'opération de relimitation. Identifier ces éléments sur les modèles.

- pour adapter les formes du corps principal avec ceux du corps de pièce 3, cliquer sur l'icône " <i>relimitation de corps</i> ". Sélectionner les corps de pièce de telle façon que dans la boîte de dialogue " <i>relimitation partielle</i> " le champ <u>Corps</u> soit rempli par " <i>Corps de pièce 3</i> " et le champ <u>à relimiter avec</u> soit rempli par " <i>Corps principal</i> " et compléter les champs <u>faces à retirer</u>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Remarque : l'arbre de conception n'a plus que *deux corps de pièce* au plus haut niveau

○ entre le "*Corps principal*" et le "*Corps de pièce 2*"

L'application de la commande "*relimitation partielle*" à un corps suppose de définir les éléments à garder ou à supprimer lors de l'opération de relimitation. Identifier ces éléments sur les modèles.

- pour adapter les formes du corps principal avec ceux du corps de pièce 2, cliquer sur l'icône	
-------------------------------------------------------------------------------------------------	--

"relimitation de corps". Sélectionner les corps de pièce de telle façon que dans la boîte de dialogue "relimitation partielle" le champ <u>Corps</u> soit rempli par "Corps de pièce 3" et le champ <u>à relimiter avec</u> soit rempli par "Corps principal" et compléter les champs <u>faces à retirer</u>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Remarques :

- l'arbre de conception n'a plus qu'un *seul corps de pièce* au plus haut niveau
- pour que le produit "**renvoi_dangle**" retrouve ses caractéristiques initiales de représentation, dérouler l'arbre de conception au niveau "*Applications*" sélectionner "*Sections*" et cliquer  sur les fonctions.

modélisation des formes définitives du carter

- congés et arrondis sur les arêtes vives du carter	
- un calcul par éléments finis (cf. § 3.3.4) pour vérifier le dimensionnement du carter sous un chargement donné fait apparaître une déformation angulaire entre les axes X (entrée) et Y (sortie). Proposer une solution pour rigidifier ce carter et la modéliser	
- aménager une forme (bossage) pour un orifice de remplissage obturer par un bouchon M12 et utilisé aussi pour le niveau d'huile à décider (trop plein)	 
- aménager une forme (lamage) pour un orifice de vidange obturé par un bouchon M12	 

mise en évidence des surfaces fonctionnelles de liaison

Colorer toutes les surfaces fonctionnelles de liaison usinées :

- en jaune : surfaces cylindriques de révolution
- en vert : surfaces planes
- en bleu : surfaces hélicoïdales

3.3.4 Conception et dimensionnement intégrés

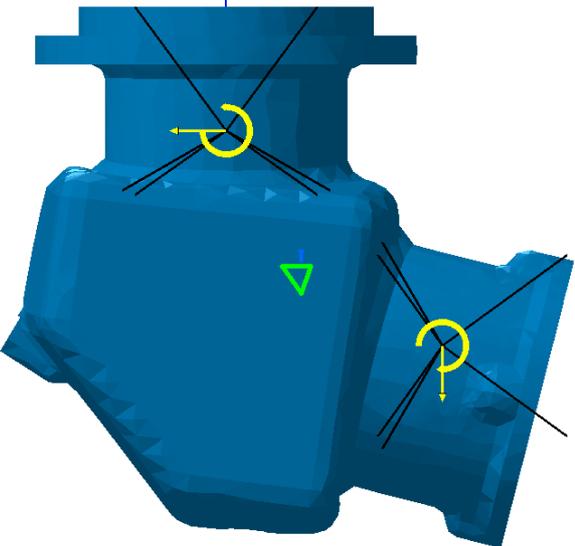
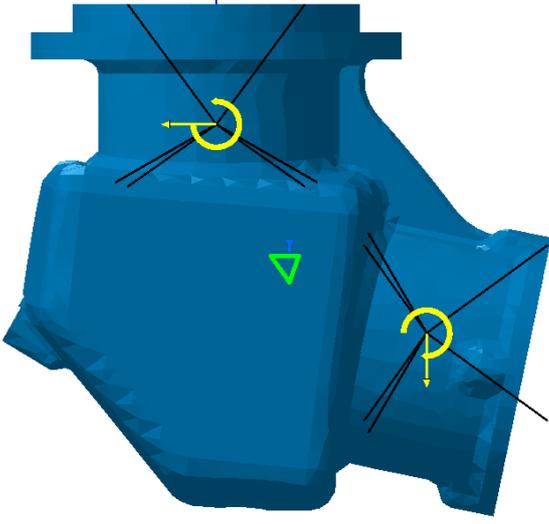
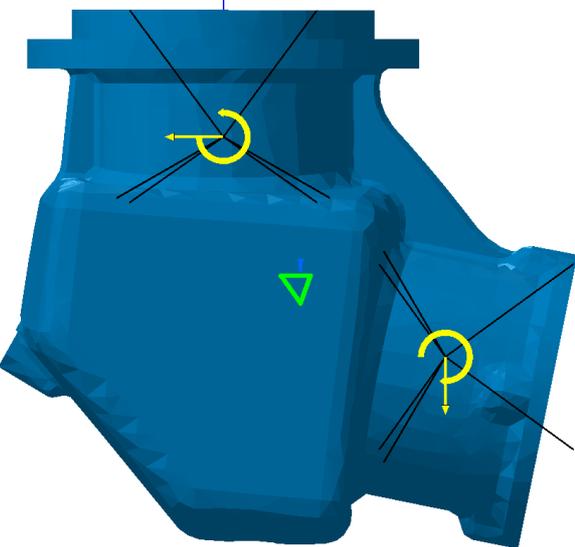
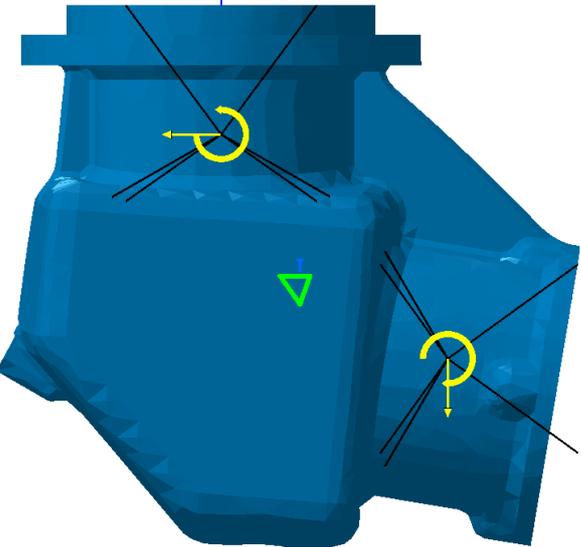
Une étape supplémentaire dans la conception de formes pourrait être envisagée : à partir du modèle géométrique solide élaboré le concepteur pourra vérifier le comportement mécanique du carter ou bien optimiser ses formes et sa masse. Pour cela le logiciel générera automatiquement un modèle en éléments finis (maillage) sur lequel l'opérateur, après avoir choisi un matériau, appliquera des conditions aux limites (modélisations des chargements déterminés par l'étude statique, cf. § 2.3, et de la liaison carter-bâti) avant de lancer la procédure de calcul. Il exploitera par la suite les déplacements et les contraintes normales équivalentes garantissant à ce carter les conditions de rigidité et de résistance.

3.3.5 Mises en plan

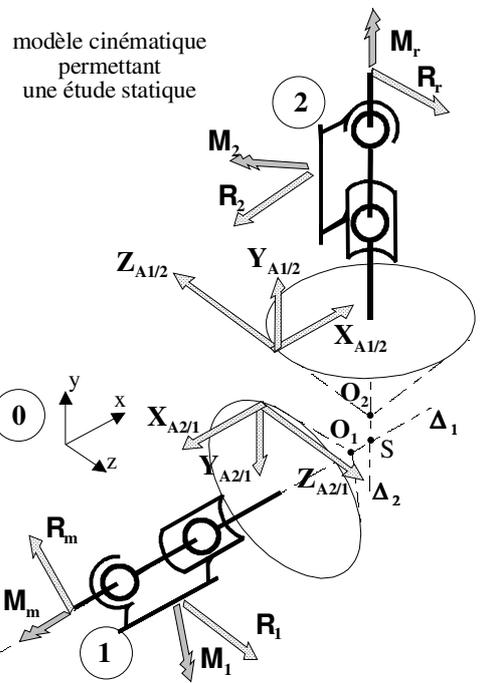
Mise en plan du renvoi d'angle

Mise en plan et définitions dimensionnelle et géométrique du carter

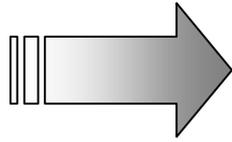
Etude comparative de l'impact des nervures sur le carter pour des chargements donnés sur les paliers

carter sans nervure (déplacement max 0.082)	carter avec une nervure médiane (déplacement max 0.066 ; gain 19%)
	
carter avec deux nervures médianes (déplacement max 0.064 ; gain 22%)	carter avec deux nervures médianes renforcées (déplacement max 0.057 ; gain 30%)
	

METTRE EN POSITION	$\left\{ \begin{array}{l} \text{de (1)/(2)} \\ \text{de (1+2)/(bâti 0) et maintien en position} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{axes : } \Delta_1 / \Delta_2 \\ \text{sommets : } O_1 \text{ et } O_2 \text{ confondus} \end{array} \right.$
TRANSMETTRE DES ACTIONS MECANIQUES	
ASSURER L'ETANCHEITE	
ASSURER LA PROTECTION	
PERMETTRE LES DEBATTEMENTS	
CONSTRUIRE COMPACT	



OBJECTIF
à atteindre par
le concepteur



**DISTRIBUER LA MATIERE (ET LE VIDE)
AUTOUR DU MECANISME
POUR REALISER CES FONCTIONS TECHNIQUES**