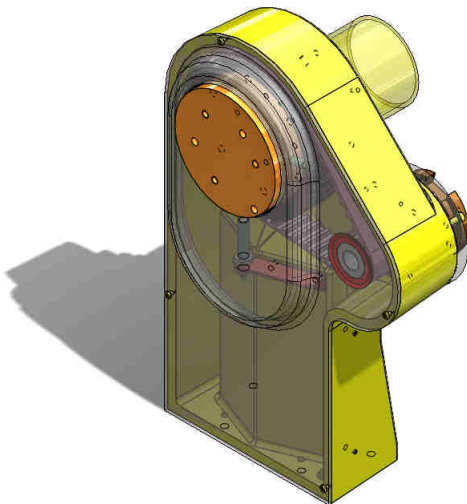


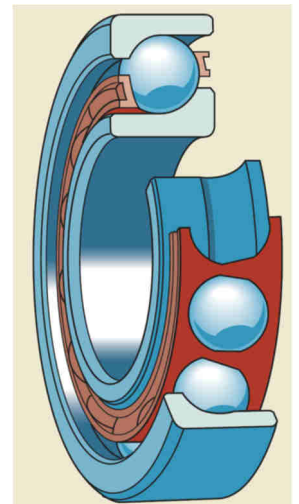
# Conception d'un guidage en rotation par montage de roulements



Le robot ERICC3 est la version didactisée d'un robot série 5 axes développé par la société ABB.

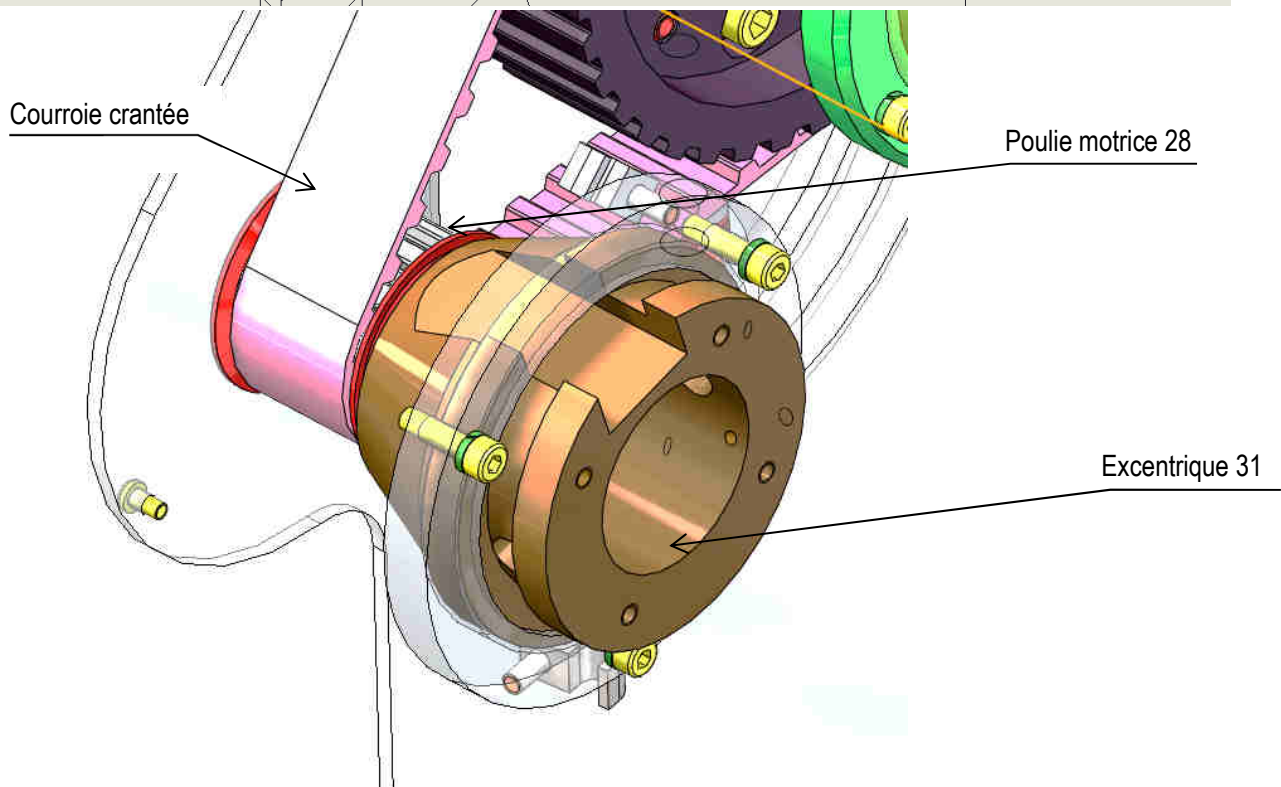
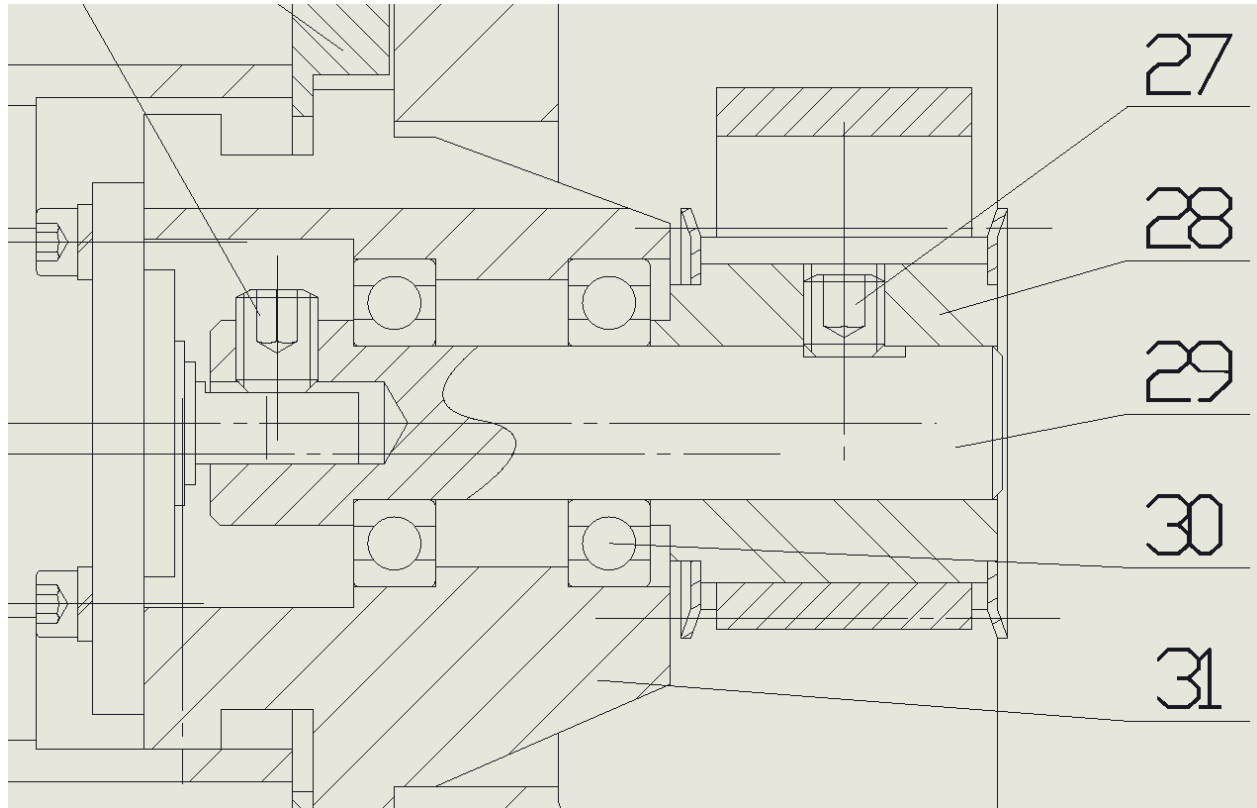


La présente étude porte plus particulièrement sur le mouvement d'épaule et sur la conception des guidages en rotation par montages de roulements.



## Conception de la liaison pivot de la poulie motrice

La liaison pivot de la poulie motrice est réalisée par le montage de deux roulements rigides à billes, conformément au dessin suivant : (le plan complet mesurable est disponible dans le fichier Dessin d'ensemble - giroticc.edrw)



## Conception du montage (2h)

Modéliser dans l'assemblage Giroticc le montage de roulement précédent, c'est-à-dire :

- Planter les roulements à billes SKF 16002
- Modéliser l'arbre 29
- Modifier l'excentrique 31
- Planter les éléments de fixation

Disponibles via la ToolBox de SolidWorks (mode assemblage uniquement) dans la bibliothèque SKF

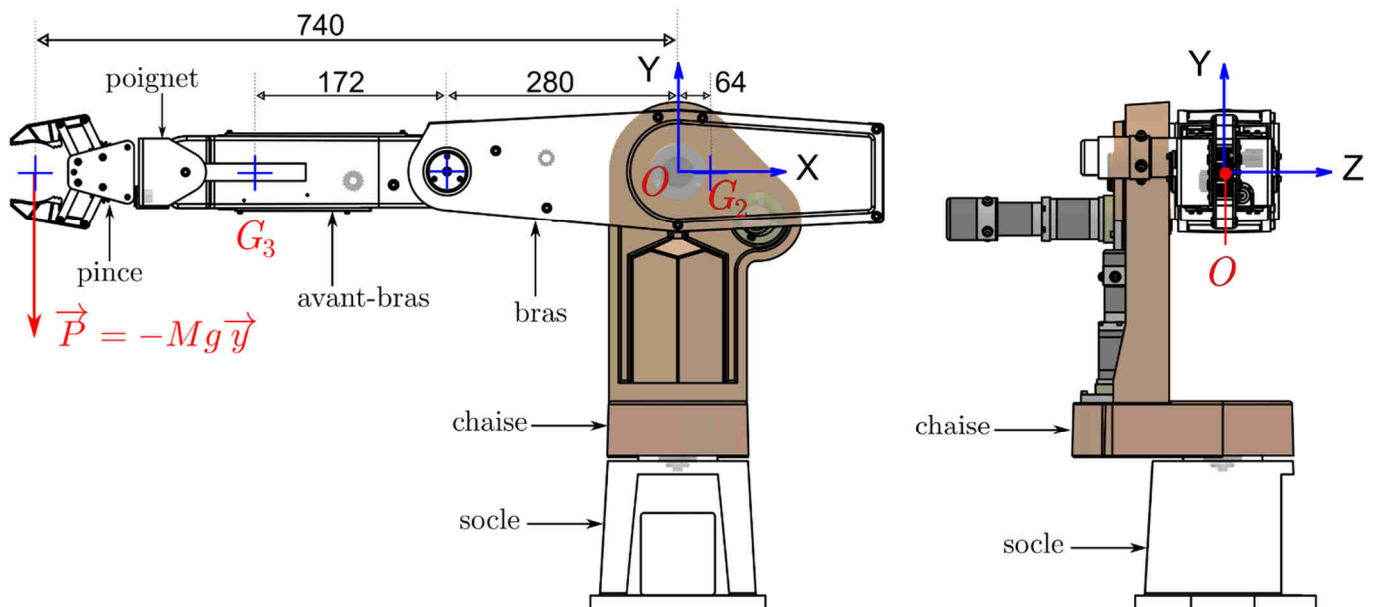
Les dimensions des différents éléments seront prises dans le fichier Dessin d'ensemble - giroticc.edrw

## Conception de la liaison pivot de l'arbre récepteur

La liaison pivot de l'arbre récepteur doit faire l'objet d'une analyse et d'un dimensionnement plus poussés car cette liaison est soumise à des efforts plus importants. En effet, c'est la liaison qui supporte le bras du robot.

## Détermination analytique des efforts supportés (1h)

Le modèle choisi pour le dimensionnement est celui de la figure suivante :

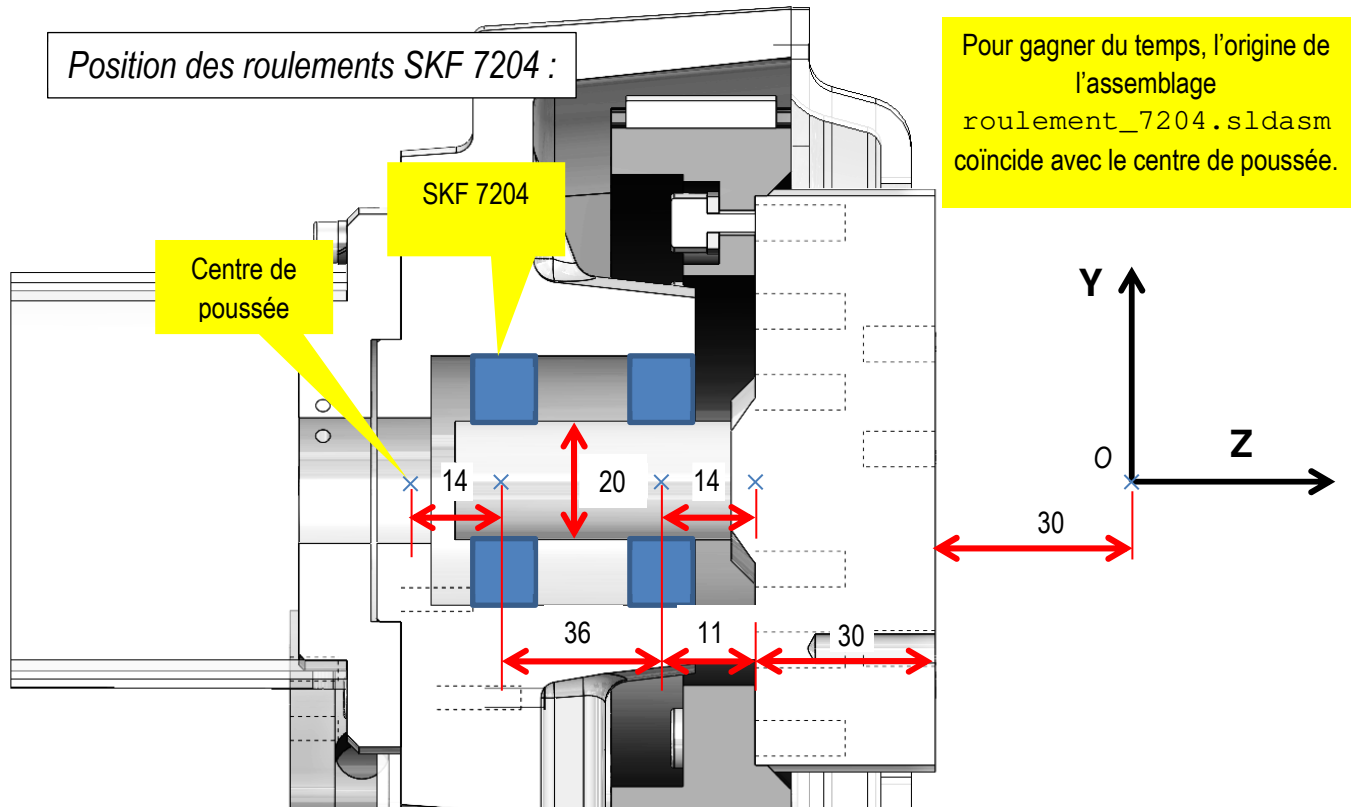


On suppose que la masse portée  $M$  est de 5 kg, les poids du bras (masse : 15,5 kg) et de l'avant-bras (masse avec le poignet et la pince : 4 kg) s'appliquent respectivement aux points  $G_2$  et  $G_3$ .

On néglige en première approche les actions mécaniques exercées par le système poulies-courroie sur le montage.

Déterminer le torseurs des actions mécaniques résultant des différents poids au point  $O$

En prenant en compte les dimensions du schéma suivant, déterminer les forces radiales s'exerçant sur les deux roulements



En cas d'échec à cette partie, ne pas dépasser le temps imparti et passer à la suite.

## Généralités (15min)

Les deux roulements à billes à contact obliques sont disposés en opposition pour former un montage « en O ».

- Justifier l'intérêt de ce type de montage.
- À partir de votre analyse du fonctionnement et des actions mécaniques, préciser quelles sont les bagues qui sont fixes par rapport à la direction de la charge. Que peut-on en déduire sur le montage ?

## Constitution d'un modèle de validation (45min)

Le logiciel Pylvot peut permettre de pré valider un montage de roulements en s'assurant de sa montabilité et de sa capacité (étude qualitative) à résister aux types d'actions mécaniques auxquelles il peut être soumis.

Le logiciel peut également servir d'assistant dans le cadre de la recherche de solutions technologiques pour réaliser les arrêts axiaux.

Modéliser à l'aide du logiciel Pylvot un montage équivalent au montage proposé et faire l'analyse.

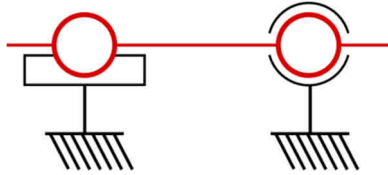
Consigner les paramètres de l'étude et les résultats dans le rapport en illustrant par des copies d'écrans.

## Mise en œuvre d'une étude mécanique (1h)

Consulter l'extrait de documentation SKF sur les roulements SKF 7204.B :

Le centre de poussée du roulement 7204 est déjà modélisé dans l'assemblage Roulement\_7204.sldasm

Le logiciel Méca3D ne sait pas modéliser des liaisons non normalisées de type « demi-rotules » qui correspondraient pourtant assez bien au cas des roulements à billes à contact oblique car ces roulements sont dits à bagues séparables. Pour mener à bien une étude statique afin de déterminer les efforts sur chacun des roulements, nous allons utiliser le modèle isostatique suivant en supposant par conséquent qu'un des deux roulements joue de rôle de liaison rotule :






**Mettre en œuvre un modèle mécanique à l'aide du logiciel Méca3D pour déterminer les actions mécaniques sur chacun des centres de poussée, c'est-à-dire les actions mécaniques supportées par chacun des deux roulements.**

## Validation et calculs de durée de vie (30min)

Les charges supportées par les roulements étant connues, il est maintenant possible de vérifier leur bon dimensionnement.

Pour cela, on dispose de la documentation du fabricant comportant les informations dimensionnelles sur les roulements à contact oblique et toute la démarche de calcul de dimensionnement proposée par le fabricant.

-  Vérifier la capacité du roulement à résister aux efforts déterminés précédemment.
-  Déterminer sa durée de vie en millions de tours.




 Il est impératif de justifier toutes les hypothèses et tous les choix effectués pour mener à bien les calculs de dimensionnement.

## Finalisation du montage (1h30)

Quels que soient les résultats déterminés précédemment, on souhaite modéliser entièrement le montage de roulement.

- Dans l'assemblage Giroticc :**
- Implanter les roulements à billes à contact oblique
  - Effectuer les modifications sur les pièces au voisinage des roulements
  - Implanter les éléments de serrage et de fixation

## Bonus : prise en compte des efforts dans la poulie pour le dimensionnement du second montage

-  Proposer un modèle permettant la prise en compte de ces efforts (on pourra se mettre dans la position du dessin de la page 3)
-  Faire la modification en conséquence sur le modèle Méca3D
-  Mettre en place un nouveau calcul de durée de vie en prenant en compte ces efforts supplémentaires

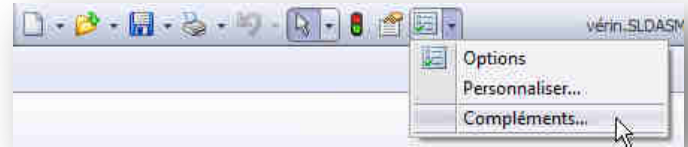
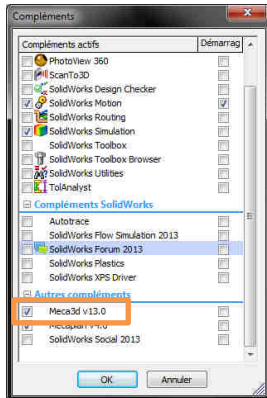
# ANNEXE : NOMENCLATURE PARTIELLE

44	1	Support de capteur	
43	1	Plot de capteur	
42	2	Écrou H	
39	2	Rondelle W	
38	2	Vis CHC	
37	2	Vis sans tête à bout plat	
36	1	Bague de serrage	
35	1	Moteur	
34	1	Réducteur	Rapport 1:66
33	1	Vis CHC	
32	1	Rondelle W	
31	1	Excentrique	
30	2	Roulements à billes à contact radial	SKF 16002
29	1	Arbre	
28	1	Pignon 24 dents	
17	1	Capteur inductif	
16	6	Vis CHC	
15	6	Rondelle W	
9	1	Arbre d'épaule	
8	1	Goupille élastique	
7	1	Roue réceptrice 80 dents	
6	1	Courroie crantée	
5	1	Tube de protection	
4	3	Vis CHC	
3	3	Rondelle W	
2	1	Couvercle	
1	1	Corps	
Rep	Nombre	Désignation	Observations

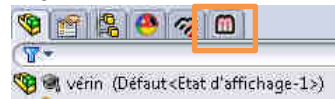
# Annexe : Fiche d'utilisation de Méca 3D

## ACTIVATION :

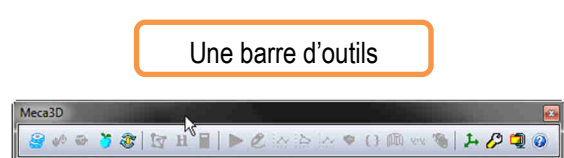
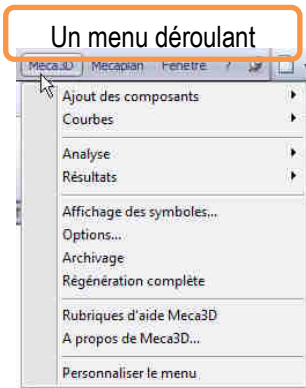
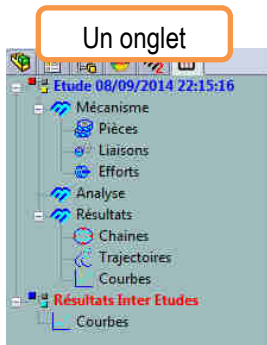
Méca 3D se trouve dans la liste des compléments de SolidWorks. La liste des compléments est accessible comme indiqué ci-contre.



Les compléments peuvent être activés soit au démarrage de SolidWorks, soit pour la session active. Lorsque le complément est activé dans le contexte d'un assemblage, un onglet supplémentaire apparaît.



L'interface de méca 3D intègre 3 interfaces utilisateur possible :



## PRINCIPE D'UTILISATION DE MÉCA3D

Le logiciel Méca3D permet d'effectuer des calculs tridimensionnels de mécanique du solide indéformable. Le logiciel s'appuie sur la géométrie définie dans le modèleur volumique. Bien que les données de SolidWorks soient interprétées par le logiciel Méca3D, il faut avoir conscience que le modèle constitué dans Méca3D est indépendant de la maquette numérique. Par exemple, les liaisons saisies dans Méca3D n'affectent pas le modèle SolidWorks.

Ce qui pourrait apparaître comme une insuffisance de ce logiciel apporte en réalité une grande souplesse au modèle.

Définir un modèle mécanique, c'est :

### ➔ Déclarer des classes d'équivalence

Pour rappel, une classe d'équivalence est un ensemble de solides cinématiquement liés (en liaison complète). La transcription dans SolidWorks d'une classe d'équivalence (au sens de méca3D) est un sous-assemblage. En effet, un sous-assemblage est un ensemble de pièces fixées rigidement dans un assemblage global. Il est à noter qu'une classe d'équivalence peut être constituée d'une pièce unique, auquel cas il n'est pas nécessaire de créer un sous-assemblage. Ce travail préliminaire de regroupement en sous-assemblage est à réaliser en amont de l'utilisation de Méca3D (avec ou sans le complément activé) dans SolidWorks. Ces classes d'équivalence sont nommées « pièces » dans Méca3D ce qui peut malheureusement prêter à confusion.



Pour déclarer une classe d'équivalence, il faut faire un clic droit sur « pièces » puis « ajouter ».

Il suffit alors de désigner le sous assemblage de SolidWorks puis de cliquer sur ajouter

Les caractéristiques cinétiques extraites de SolidWorks sont alors accessibles

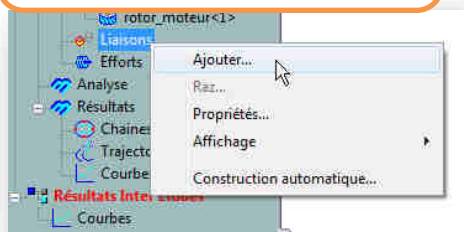
The screenshots illustrate the workflow in SolidWorks:

- Left:** A tree view of a mechanism model. A right-click context menu is open over the 'Pièces' (Parts) folder, with 'Ajouter...' (Add...) selected.
- Middle:** The 'Ajout de la pièce' (Add Part) dialog box. The 'Caractéristiques cinétiques' (Kinematic Characteristics) tab is active. The 'Nom de la pièce' (Part Name) is 'Corps vérin<1>' and 'Prendre celui du composant' (Take from component) is checked.
- Right:** The 'Ajout de la pièce' dialog box showing the 'Caractéristiques cinétiques' tab with various data fields like 'Masse (Kg)' (Mass), 'Centre de gravité (mm)' (Center of gravity), and 'Inerties (Kg.m²)' (Inertias).
- Bottom Left:** A tree view showing the 'Mécánisme' (Mechanism) folder. A right-click context menu is open over 'Mécánisme', with 'Changement de bâti...' (Change base...) selected.
- Bottom Center:** A text box explaining that the first declared class of equivalence in Méca3D determines the reference frame (built) and is marked with a different symbol. It also notes that this class can be changed by clicking on 'mécánisme' then 'changement de bâti'.

## ➔ Déclarer des liaisons

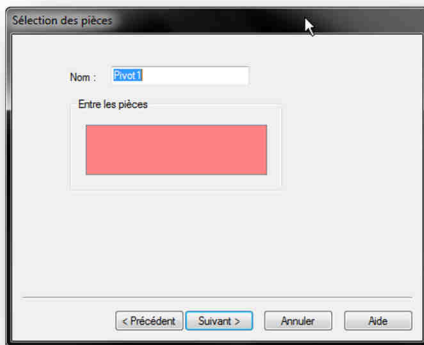
Lorsqu'au moins deux classes d'équivalence sont déclarées, on peut saisir une liaison. La liaison entre deux classes d'équivalence définit non seulement les mobilités autorisées mais également les actions mécaniques transmissibles. Le choix des liaisons est crucial dans la construction du modèle mécanique car la possibilité de résolution en dépend. En effet, pour rappel, la résolution d'un problème de mécanique dite générale (cinématique, statique ou dynamique) n'est rien d'autre que la résolution d'un système d'équations. Le nombre d'équations est dicté par les lois de la mécanique Newtonienne et le nombre d'inconnues est directement conditionné par le choix des liaisons entre solides. Méca3D propose un choix élargi de liaisons par rapport aux 11 liaisons normalisées. Ces liaisons additionnelles (engrenages, cames, liaisons anti-retour, etc.) sont particulièrement utiles dans la modélisation de systèmes mécaniques.

Pour saisir une liaison, il faut faire un clic droit sur « liaisons » puis « ajouter ».

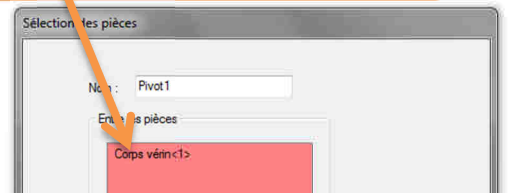
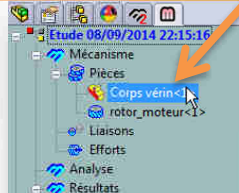


Cette manipulation ouvre le panneau de sélection des liaisons. Ne pas hésiter à se référer à l'aide en ligne, relativement bien documentée, en cas de doute sur les caractéristiques d'une liaison.



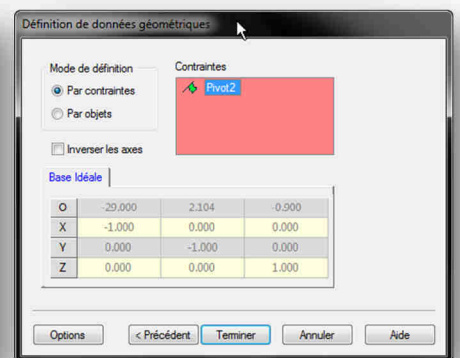
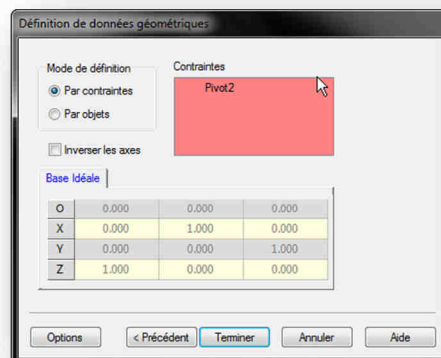


Lorsque le choix de la nature de la liaison est fait, il faut définir les classes d'équivalence qui font l'objet de cette liaison. Il s'agit simplement de sélectionner ces éléments dans la liste des « pièces » déclarées précédemment. Il faut exactement 2 sélections.

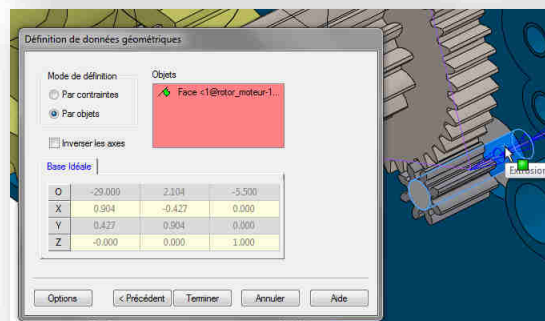


Deux modes de saisie sont possibles, par objets ou par contraintes (parfois).

Lorsque Méca3D détecte dans la liste des contraintes de SolidWorks une contrainte d'assemblage interprétable, il peut l'utiliser pour déterminer les caractéristiques de la liaison, ce qui permet une saisie accélérée. Il reste alors à cliquer sur la contrainte pour valider (drapeau vert).



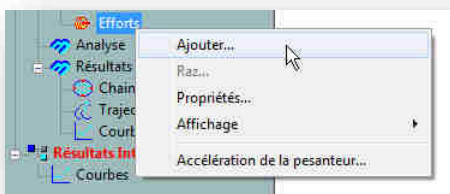
Le mode de saisie par objets consiste à sélectionner des entités géométriques de l'assemblage. La liste des objets acceptables en fonction de la liaison sélectionnée est accessible dans l'aide de Méca3D.



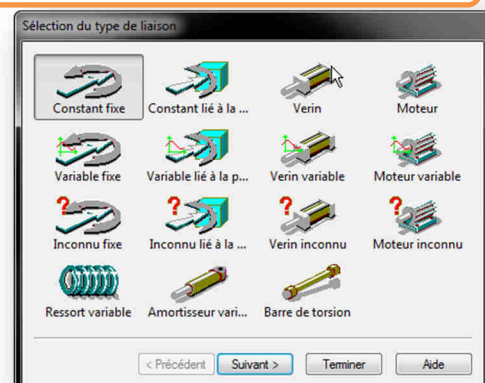
## ➡ Déclarer des efforts

Il va de soi que la déclaration d'efforts doit être faite que dans le cas où une étude statique ou dynamique est menée. Dans le cas d'une étude géométrique ou cinématique, le lancement du calcul peut être fait sans passer par cette étape.

Pour saisir une liaison, il faut faire un clic droit sur « efforts » puis « ajouter ».



Le panneau des efforts est alors accessible

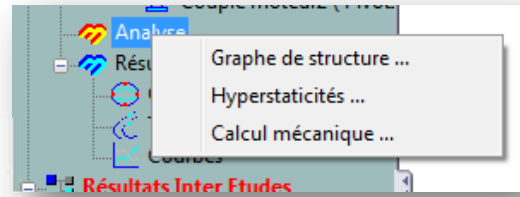
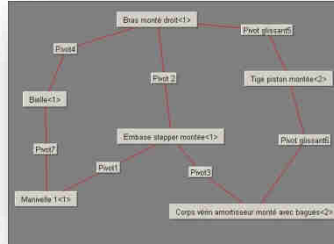


Les actions mécaniques inconnues sont particulièrement importantes car Méca3D refusera de faire la résolution si aucune inconnues n'est déclarée.

## ↳ Lancer le calcul

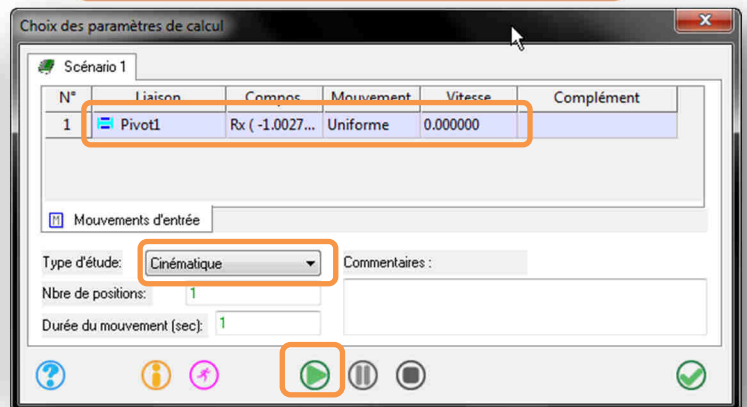
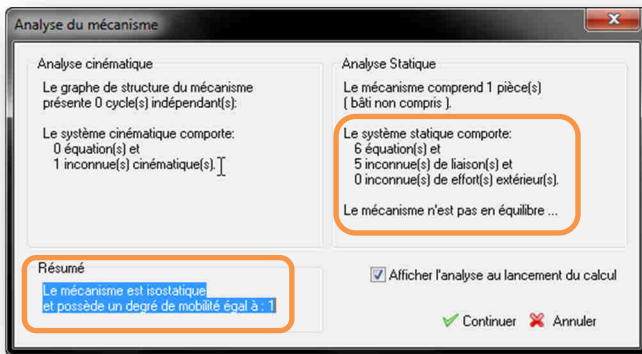
La ligne analyse permet d'obtenir une vue d'ensemble du modèle saisi par le biais des outils « graphe de structure » ou « hyperstaticités ». L'accès à l'interface des paramètres de calcul est également possible.

Graphe de structure :  
vue d'ensemble des  
liaisons et des  
classes d'équivalence  
saisies

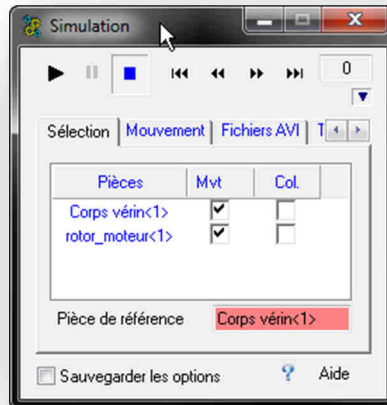
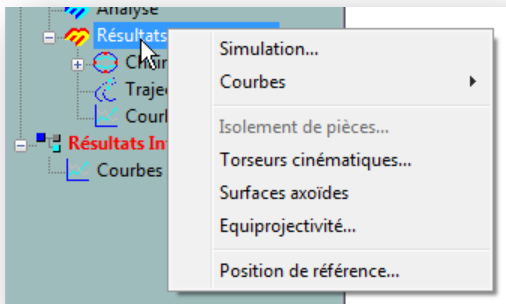


Fenêtre de calcul mécanique : la 1<sup>ère</sup> fenêtre  
fait le bilan des équations et des inconnues

On saisit les paramètres du calcul dans la  
seconde fenêtre.



## ↳ Exploiter les résultats



Les exploitations sont  
nombreuses à commencer  
par l'outil de simulation qui  
permet d'avoir un contrôle  
visuel sur le comportement  
du système.