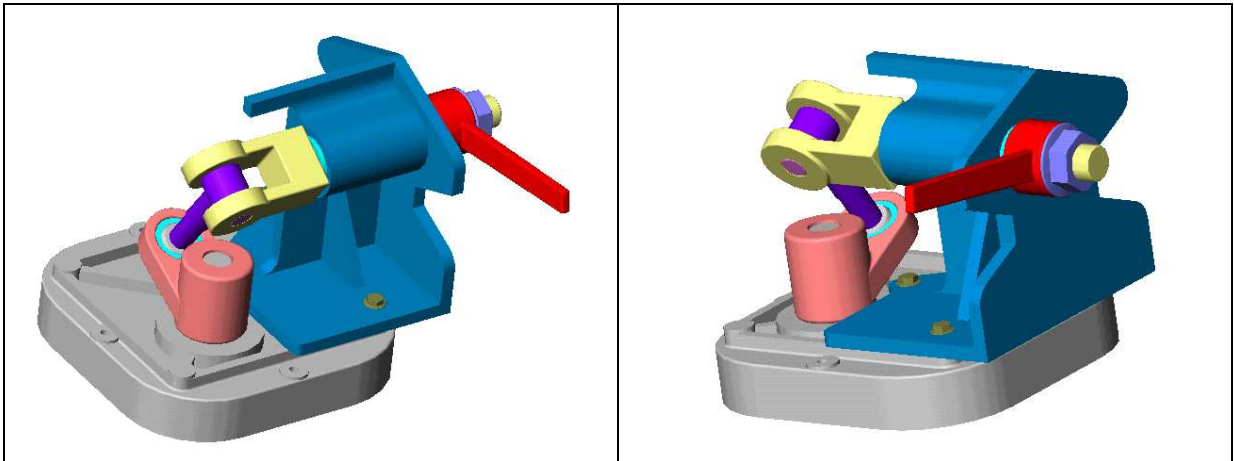


Meca3D pour SolidWorks®

Exemple d'utilisation

Etude du mécanisme d'ouverture d'une barrière de péage



- Le fichier correspondant à cet exemple est fourni au format **PDF** dans le sous-répertoire **Documents** du répertoire **Exemples** de **Meca3D**
- Les fichiers **SolidWorks** correspondant à l'exemple traité dans ce document sont situés dans le sous-répertoire **PortePeage** du même répertoire



ATEMI

BP 81

69132 Ecully Cedex

Tél : 04 78 43 28 40

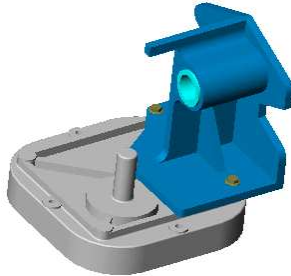
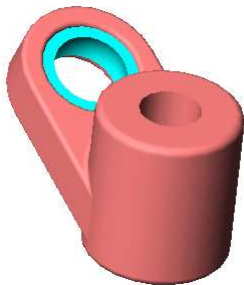


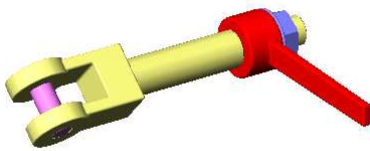
Fax : 04 78 64 91 57

E-mail : atemi@atemi.fr

Internet : www.atemi.fr

Introduction

La maquette volumique représentant le mécanisme comporte cinq pièces ou assemblages de premier niveau au sens de **SolidWorks**

<p>Bati : assemblage composé de sept pièces</p> 	<p>Plateau : assemblage composé de deux pièces</p> 
<p>Croisillon</p> 	<p>Rotule</p> 
<p>Porte : assemblage composé de quatre pièces</p> 	

Les cinq pièces du mécanisme sont liées entre elles par cinq liaisons listées dans le tableau ci-dessous

Liaison	Pièces concernées
Pivot	Bati / Plateau
Rotule	Plateau / Rotule
Pivot glissant	Rotule / Croisillon
Pivot	Croisillon / Porte
Pivot	Bati / Porte

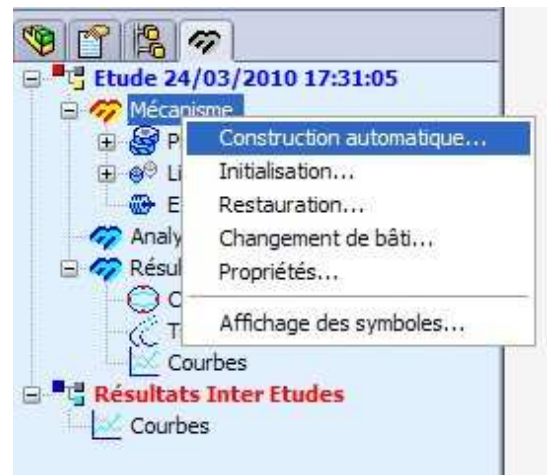
Création du mécanisme

Déclaration des pièces du mécanisme

La première étape dans la création du mécanisme consiste à indiquer à **Meca3D** quels sont les pièces ou assemblages dans **SolidWorks** associés aux différentes pièces du mécanisme.

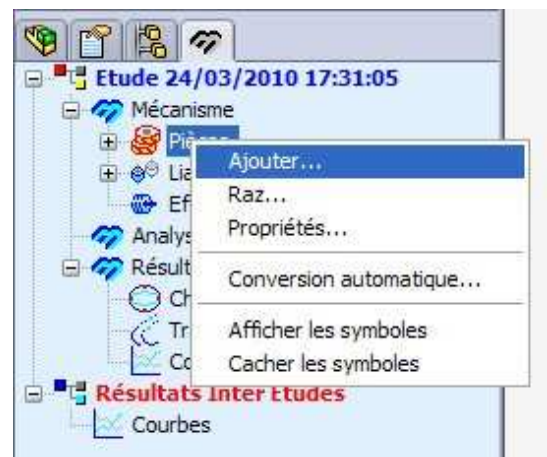
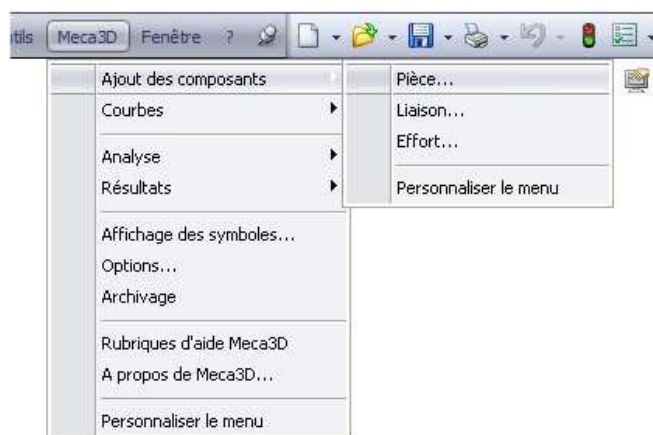
Remarque :

Si l'exemple traité a déjà fait l'objet d'un précédent calcul, il va être possible de réinitialiser les données du mécanisme par l'intermédiaire du menu **Initialisation** correspondant, dans le menu contextuel associé à la branche principale de l'**arbre de modélisation** de **Meca3D** (menu accessible par la touche droite de la souris).



L'ajout de pièce est accessible

- Par l'intermédiaire du menu déroulant de **Meca3D** dans la barre de menus de **SolidWorks**
- Par le menu contextuel associé à la branche Pièces dans l'arbre de construction de **Meca3D**



Quelle que soit l'option choisie, on obtient l'affichage de la boîte de dialogue d'**Ajout des pièces**, qui comporte deux signets

Définition

Il va nous permettre d'indiquer à **Meca3D** les composants qui vont être associés au mécanisme.

Il suffit pour cela de sélectionner le composant dans l'arbre de création de **SolidWorks** ou de cliquer sur l'élément dans la zone graphique.

Note :

Par défaut, le nom associé à la pièce sera celui du composant et les caractéristiques cinétiques seront calculées automatiquement. Si les cases à cocher correspondantes sont désactivées, il sera alors possible de donner un nom différent et de fournir manuellement les caractéristiques de la pièce.

Caractéristiques cinétiques

Cet écran regroupe les **caractéristiques cinétiques** de la pièce en cours de déclaration.

- Centre de gravité
- Inerties
- Repère de base

Si l'option **Mise à jour automatique des caractéristiques cinétiques** est active dans l'écran **Définition**, ces données ne peuvent pas être modifiées manuellement.

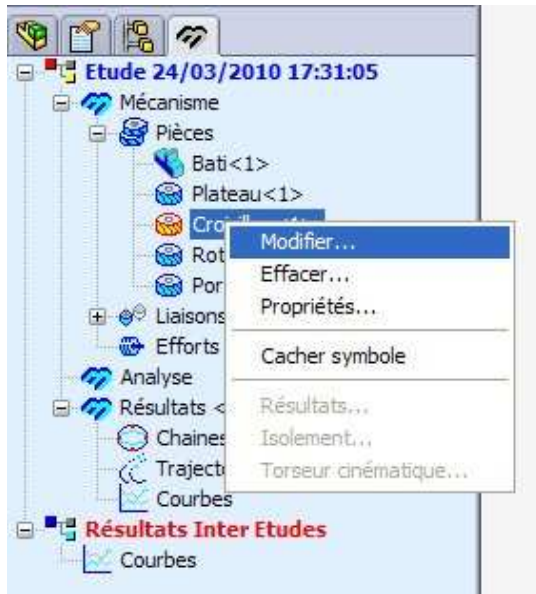
Note :

Seuls les éléments de premier niveau, pièces ou assemblages, peuvent être sélectionnés

Le bouton **Ajouter** va permettre de valider la création de la nouvelle pièce et un symbole représentant un repère va s'afficher au centre de gravité de la pièce. L'opération d'ajout de pièce va donc être effectuée cinq fois pour les cinq pièces du mécanisme.

Au fur et à mesure de la saisie des pièces, l'**arbre de modélisation** de **Meca3D** va s'enrichir d'une nouvelle branche correspondant à la nouvelle pièce ajoutée.

A chaque branche est également associé un menu contextuel – accessible par la touche droite de la souris – qui donne accès à plusieurs fonctionnalités associées aux pièces :



- **Modifier**
Permet de changer les données associées à la pièce
- **Effacer**
Permet de supprimer la pièce
- **Propriétés**
Affiche les données associées à la pièce
- **Cacher symbole**
Active ou inactive l'affichage du repère associé à la pièce

Note :

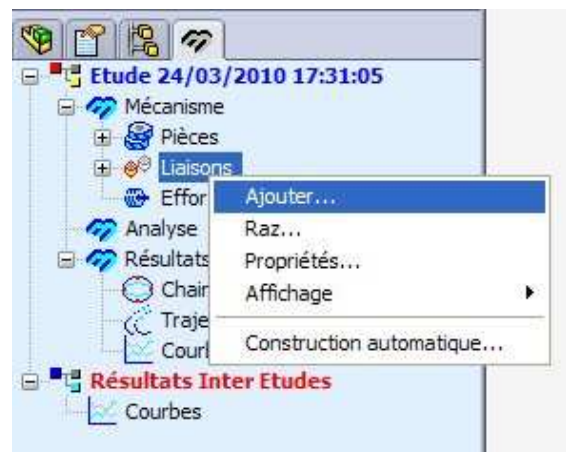
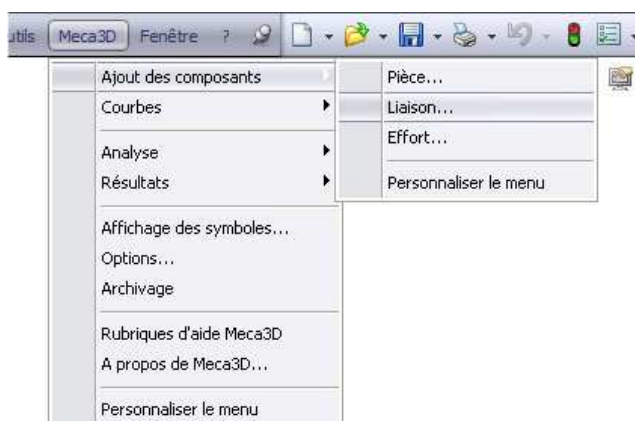
Les menus **Résultats** et **Isolement** ne seront actifs qu'après calcul.

Saisie des liaisons

La seconde étape dans la création du mécanisme consiste à définir les liaisons existant entre les pièces qui viennent d'être déclarées.

Cette fonction est accessible

- Par l'intermédiaire du menu déroulant de **Meca3D** dans la barre de menus de **SolidWorks**
- Par le menu contextuel associé à la branche **Liaisons** dans l'**arbre de construction** de **Meca3D**



Quelle que soit l'option choisie, on obtient l'affichage de la palette des liaisons



Cette palette propose de choisir dans un premier temps le type de la liaison que l'on va créer parmi les vingt types disponibles.

**Nous allons détailler ici la saisie de la première liaison :
Liaison Pivot entre les pièces *Bati* et *Plateau***

Après avoir choisi la liaison **Pivot** dans la palette, valider le bouton **Suivant**.
Le premier masque de saisie des informations concernant les liaisons **Pivot** s'affiche



Ce premier écran va nous permettre de définir

- Le nom de la liaison – si différent du nom proposé par défaut –,
- Les pièces concernées par cette liaison ; ces pièces vont pouvoir être repérées
 - Dans l'arbre de création de création de **SolidWorks**,
 - Dans l'**arbre de construction** de **Meca3D**,
 - Directement à l'écran.

Pour cette première liaison *Pivot*, on sélectionne successivement les deux pièces **Bati** et **Plateau**.

Une fois ces données saisies, le bouton **Suivant** va nous permettre d'accéder à l'écran suivant.

Dans cet écran, nous allons devoir saisir les données géométriques de la liaison *Pivot*, à savoir

- Son **centre**,
- Le **repère** formé par le vecteur directeur de la liaison et les deux vecteurs situés dans le plan perpendiculaire.

Ces données forment la **base idéale** de la liaison.

O	15.570	18.726	51.000
X	1.000	0.000	0.000
Y	0.000	1.000	0.000
Z	0.000	0.000	1.000

Nous avons accès à deux modes de définition distincts pour ces données

- **Par contraintes**
Meca3D affiche la liste des contraintes existant entre les deux pièces concernées par la liaison, telles que ces contraintes puissent satisfaire les données géométriques de la liaison.
 Il suffit alors de sélectionner dans la liste une ou plusieurs contraintes pour satisfaire les données.
 Lorsque les données géométriques sont satisfaites, **Meca3D** affiche un drapeau vert en face des contraintes choisies.

Note : Cette option est désactivée si aucune contrainte acceptable n'est disponible

Dans le cas de la liaison Pivot, la seule contrainte acceptable est la contrainte *coaxiale* (notée à tord concentrique par SolidWorks).

- **Par objets**

Ce mode va permettre de sélectionner directement dans la vue de modèle ou dans l'arbre de création des objets acceptables (faces, plans ou esquisses, etc.) qui seront analysés par **Meca3D** pour déterminer la base idéale.

Lorsque les conditions seront satisfaites, un drapeau s'affichera devant chaque objet judicieusement choisi.

Dans le cas de la liaison Pivot, les seuls objets acceptables sont les faces cylindriques ou les arêtes circulaires.

Lorsque les données géométriques auront été saisies, il suffira de valider le bouton **Terminer** pour enregistrer la nouvelle liaison.

La saisie des autres liaisons du mécanisme est identique dans son principe.

Pour conserver une cohérence avec la suite de cet exercice, il est conseillé de saisir les autres liaisons dans cet ordre :

- Liaison **Pivot** entre les pièces **Bati** et **Porte**.
- Liaison **Rotule** entre les pièces **Plateau** et **Rotule**,
- Liaison **Pivot glissant** entre les pièces **Rotule** et **Croisillon**,
- Liaison **Pivot** entre les pièces **Croisillon** et **Porte**,

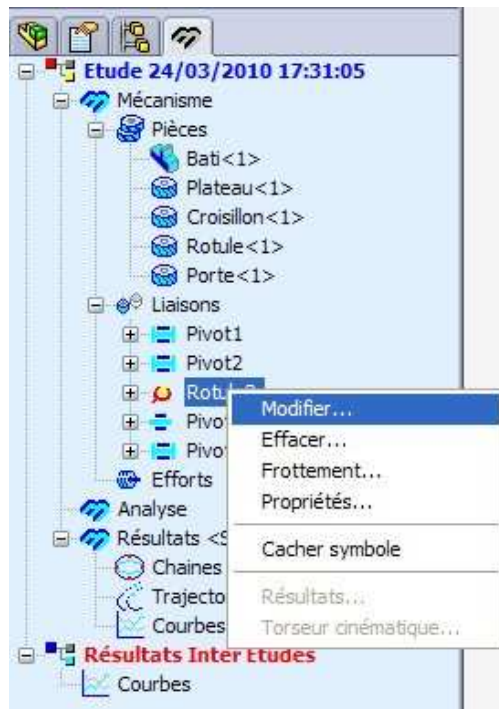
Au fur et à mesure de la saisie des liaisons, l'**arbre de modélisation** de **Meca3D** va s'enrichir d'une nouvelle branche correspondant à chaque nouvelle liaison créée.

Chaque branche de liaison débute par une icône représentative du type de la liaison et fait référence aux deux pièces concernées par la liaison.

Exemple :



A chaque branche est également associé un menu contextuel – accessible par la touche droite de la souris – qui donne accès à plusieurs fonctions :



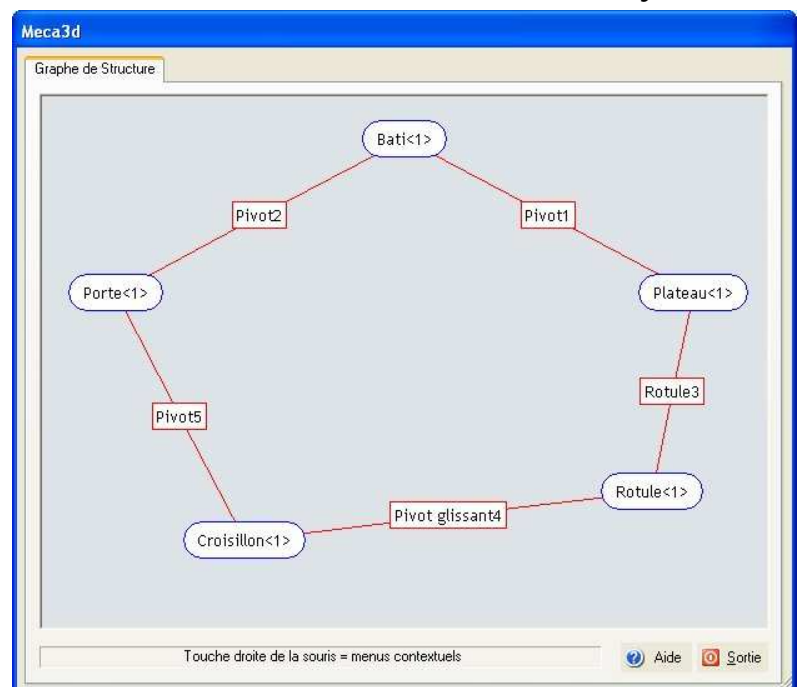
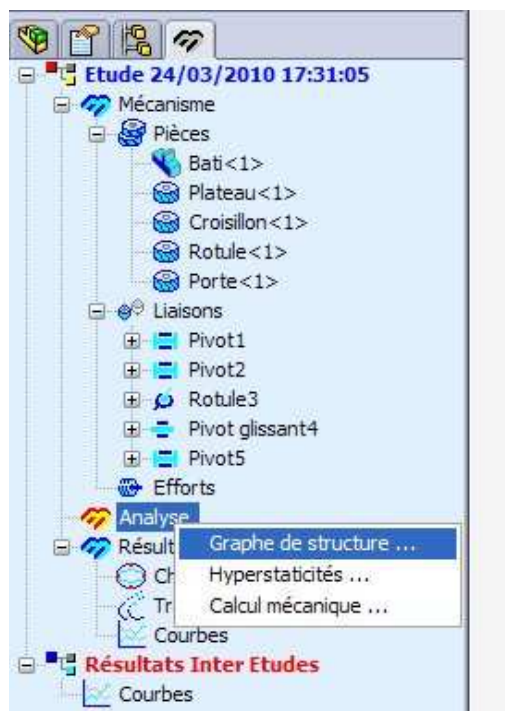
- **Modifier**
Permet de changer les données associées à la liaison en rappelant les masques précédents
- **Effacer**
Permet de supprimer la liaison
- **Propriétés**
Affiche les données de la liaison
- **Cacher symbole**
Active ou inactive l'affichage du repère associé à la liaison

Note :

Les menus **Résultats** et **Torseur cinématique** ne seront actifs que lorsque le calcul aura été effectué.

Graphe de structure

Après avoir saisi les pièces et les liaisons du mécanisme, et avant d'effectuer un premier calcul, il est possible de consulter le **graphe de structure** du mécanisme. Cette fonction est accessible dans le menu contextuel associé à la branche **Analyse**.



Les fonctionnalités du Graphe de Structure sont les suivantes :

- Possibilité de modifier la position d'un élément du graphe en cliquant sur cet élément et en le déplaçant
- Possibilité de recentrer le graphe en cliquant dans la fenêtre en dehors d'un des éléments, et en déplaçant la souris,
- Accès à un menu par la touche droite de la souris, permettant de modifier la forme des éléments affichés, d'imprimer le graphe, ...
- Modification du facteur de zoom sur l'affichage.

Note :

*Le fait de cliquer sur un des éléments du graphe – pièce, liaison ou effort – entraîne l'affichage en surbrillance des entités graphiques associées dans la zone d'affichage de **SolidWorks**.*

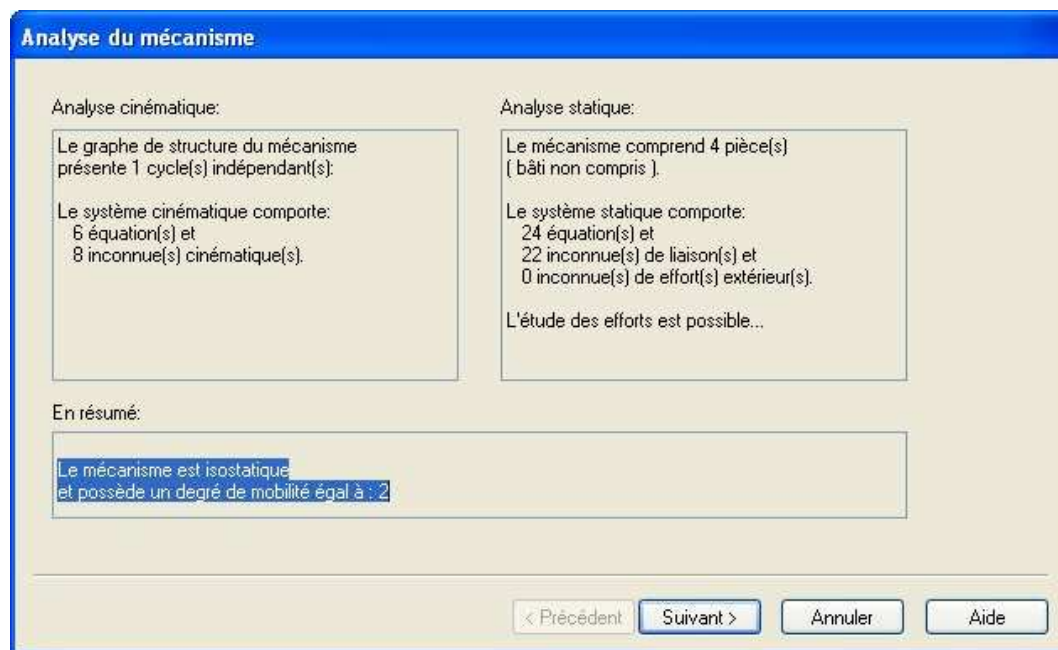
Calcul cinématique

Après avoir saisi les pièces et les liaisons qui composent le mécanisme, il est possible d'effectuer un premier calcul cinématique.

L'accès au module de calcul s'effectue

- Soit par l'intermédiaire du menu déroulant de **Meca3D**,
- Soit par le menu contextuel associé à la branche **Analyse** dans l'**arbre de modélisation**

Le premier écran affiche des informations concernant les analyses cinématique et statique du mécanisme



L'analyse cinématique est basée sur la propriété de fermeture cinématique des cycles du graphe de structure.

Elle offre les informations suivantes :

Nombre de cycles du graphe de structure	Ncycles
Nombre d'équations cinématiques associées	Neq = 6 x Ncycles
Nombre de composantes cinématiques des torseurs de liaison	Ncomp
Degré de mobilité du mécanisme	M = Ncomp – Rang
Degré d'hyperstaticité du mécanisme	H = Neq – Rang

L'analyse statique est basée sur l'hypothèse d'équilibre de chaque pièce du mécanisme, bâti non compris.

Elle offre les informations suivantes :

Nombre total de pièces du mécanisme	Npieces
Nombre d'équations statiques associées	Neq = 6 x Npieces
Nombre de composantes d'efforts de liaisons	Ncomp
Degré d'hyperstaticité du mécanisme	H = Ncomp – Rang
Degré de mobilité du mécanisme	M = Neq – Rang

On notera que dans le cas de l'exemple qui nous intéresse, le module d'analyse a détecté deux degrés de mobilité.

Après validation du bouton **Suivant**, l'écran suivant s'affiche

Choix des paramètres de calcul

Scénario 1

No.	Liaison	Composante	Type Mvt.	Vitesse	Courbe
1	Rotule3	Rx (-1.137...	Uniforme	0.000000	
2	Pivot1	Rx (-1.137...	Uniforme	0.000000	

Mouvements d'entrée

Type d'étude: Etude cinématique

Nbre de positions: 60

Durée du mouvement (sec): 60.000000

Commentaires :

< Précédent Calcul Annuler Aide

Il va permettre de décrire les **liaisons pilotes** du mécanisme (pour chaque mobilité, une liaison devra être renseignée).

- **Type d'étude :**

Cette boîte à options permet de préciser le type d'étude souhaité :

- **géométrique ;**
seuls les déplacements des pièces et les trajectoires de points sont étudiés.
- **cinématique ;**
les déplacements, vitesses et accélérations des pièces ainsi que les trajectoires de points sont étudiés.
- **statique ;**
les déplacements, les trajectoires de points et les efforts en statique sont étudiés
- **cinématique et statique ;**
regroupe les objectifs des études *cinématique* et *statique* , soit l'analyse des déplacements, vitesses, accélérations et efforts en statique dans le mécanisme
- **dynamique ;**
permet l'étude complète du système en dynamique. Elle suppose une modélisation appropriée compte tenu des objectifs visés

Nous choisirons ici de réaliser une étude cinématique

- **Sélection des liaisons et composantes :**

La description des **mouvements pilotes** et **composantes hyperstatiques** est assurée par un écran incluant un tableau à deux pages accessibles par des onglets nommés respectivement **Mouvements d'entrée** et **Hyperstaticités**. (non présent dans notre cas d'étude actuel)

L'écran des **mouvements pilotes** propose plusieurs colonnes :

- la première va permettre de sélectionner, pour chaque degré de mobilité, la **liaison** d'entrée associée ;
- la seconde va permettre de choisir la **composante** de cette liaison pour laquelle nous allons définir une vitesse d'entrée ;
- la troisième va permettre de choisir le **type de mouvement** parmi
 - *uniforme*
 - *variable en position* (défini par une courbe de mouvement)
 - *variable en vitesse* (défini par une courbe de vitesse)
 - *libre* (en dynamique seulement)
- la dernière va permettre d'associer un fichier de description de **courbe**, dans le cas des mouvements variables.

Pour le cas que nous étudions, nous allons compenser les deux mobilités en choisissant

- **Pivot1, liaison pivot entre les pièces Bati et Plateau**
- **Pivot glissant4, liaison pivot glissant entre les pièces Rotule et Croisillon.**

Pour chacune des liaisons sélectionnée, nous choisissons ensuite

- La composante de la liaison,
- Le type de mouvement appliqué à cette composante, à savoir
 - Mouvement uniforme à vitesse constante
 - Position variable, décrit par une courbe définissant la position en fonction du temps,
 - Vitesse variable, décrit par une courbe définissant la vitesse en fonction du temps.
- La vitesse associée à cette composante dans le cas d'un mouvement uniforme.

Nous choisissons ici les données suivantes :

- **Vitesse uniforme de 1 t/mn pour la composante en rotation autour de l'axe X de Pivot1**
- **Vitesse uniformément nulle pour la composante en rotation autour de l'axe X de Pivot glissant4**

- **Durée du mouvement**

Permet d'indiquer le temps total du calcul en secondes

Nous choisissons un temps total de 60 secondes qui correspond à un tour dans la liaison Pivot1 (1 t/mn).

- **Nombre de positions**

Permet d'indiquer le nombre de pas de calcul souhaités.

Nous choisissons ici par exemple 60 positions

Le calcul est exécuté après validation du bouton **Calcul**

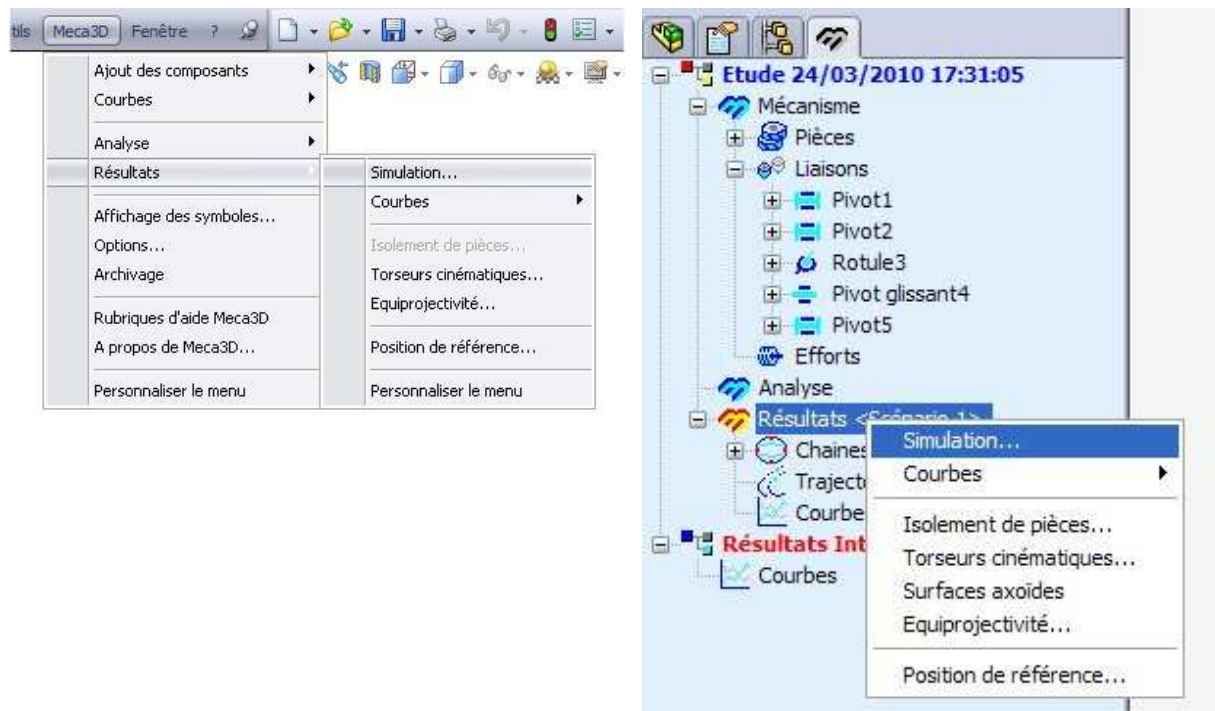
Exploitation des résultats

Les résultats exploitables après cette première analyse cinématique sont

- La **simulation** du mouvement du mécanisme
- La consultation des courbes de **positions**, **vitesse**s et **accélérations** des pièces et dans les liaisons,
- L'affichage des **chaînes** composant le mécanisme.
- La consultation de courbes **multiples** ou **paramétrées**,
- L'affichage des **trajectoires** de points choisis.
- La consultation et la visualisation des **torseurs cinématiques**.

L'accès aux résultats s'effectue

- Par le menu correspondant dans le menu déroulant de **Meca3D**
- Par le menu contextuel associé à la branche **Résultats** de l'arbre de construction.

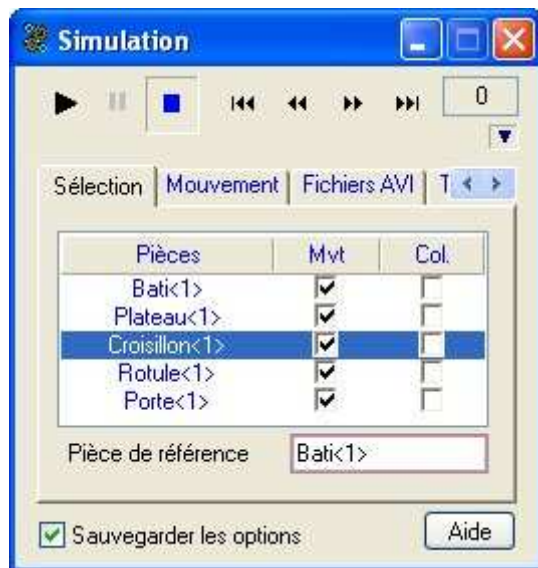


Simulation du mouvement

Le menu **Simulation** affiche une boîte de dialogue réduite qui regroupe les fonctions de base sous la forme d'un clavier de commande semblable à celui d'un magnétoscope

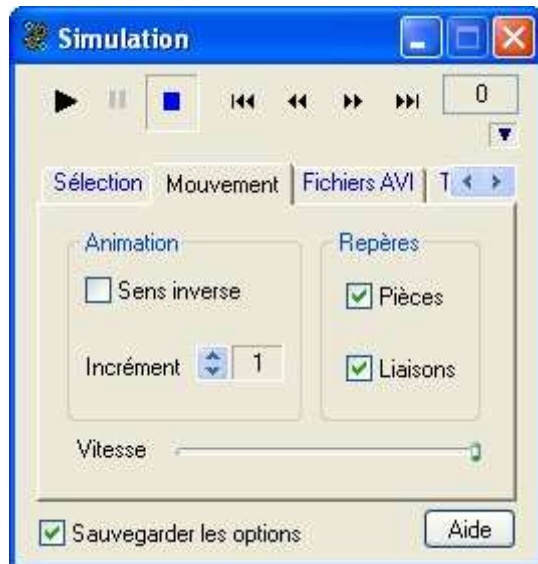


Le bouton bleu situé au coin bas droite du masque permet d'accéder à trois onglets



Dans cet écran, nous allons pouvoir sélectionner

- les pièces que nous souhaitons animer en cochant la case correspondante dans la colonne **Mvt** (toutes les pièces sont choisies par défaut)
- les pièces entre lesquelles on souhaite effectuer des tests de collision en cochant la case correspondante dans la colonne **Col**
- la *Pièce de référence* qui sera considérée comme fixe, les autres étant mises en mouvement dans le repère de cette pièce.



Cet écran nous permet de choisir

- Le sens de simulation
- La Rapidité d'exécution
- Le nombre de pas entre deux positions affichées (Incrément)



Cet écran va permettre de créer un fichier d'animation au format AVI si la case à cocher *Générer le fichier AVI* est active.

- **Fichier AVI**
Permet de donner un nom et un emplacement pour la création du fichier
- **Capture directe**
Permet de saisir les images directement dans la mémoire vidéo.
- Si la case **Réduire ...** est active, la boîte de dialogue sera iconisée pendant la simulation

Notes :

- Si la case **Sauvegarder les options** est cochée, les paramètres choisis seront sauvegardés et restaurés lors d'une prochaine simulation.
- L'exemple traité comporte volontairement un défaut de conception au niveau du bâti ; l'animation du mécanisme en testant les collisions permet de mettre en évidence ce défaut.
- Les tests de collision étant *très consommateurs* de ressources machine, il est conseillé de ne conserver que les pièces *Bati* et *Plateau* pour réaliser ce test.

Courbes de résultats

L'accès aux **courbes de résultats** peut se faire de plusieurs manières

- Par le menu déroulant de **Meca3D**, sous menus **Résultats** puis **Courbes** dans la barre de menus de **SolidWorks**
- Par le menu contextuel **Courbes** associé à la branche **Résultats** de l'**arbre de construction** de **Meca3D**
- Par le menu contextuel associé à la sous-branche **Courbes** de la branche **Résultats** de l'**arbre de construction** de **Meca3D**
- Par le menu contextuel associé à chaque pièce ou liaison - ou effort dans le cas d'une étude statique - dans l'arbre de construction de **Meca3D**

Trois types de courbes de résultats sont disponibles :

- Les **courbes simples** qui permettent d'afficher la variation d'un paramètre unique en fonction du temps
- Les **courbes multiples** qui permettent de superposer l'évolution de plusieurs paramètres sélectionnés, toujours en fonction du temps
- Les **courbes paramétrées** qui permettent de visualiser la variation d'un paramètre en fonction d'un autre paramètre différent du temps

Affichage de Courbes simples

Lors de l'activation du menu de consultation des *Courbes simples*, une boîte de dialogue s'affiche, comportant deux onglets correspondant aux résultats concernant les pièces et les liaisons.

Nous verrons plus loin que dans le cas d'une étude statique, un troisième onglet correspondant aux efforts apparaît également.

• Pièces



Les paramètres à définir sont

- **Pièce**
Choix de la pièce du mécanisme dont on consulte les résultats
- **Type de résultat**
Position du Centre de Gravité,
Vitesse ramenée au CdG,
Accélération ramenée au CdG
- **Type de composante**
Composante en translation ou
composante en rotation
- **Pièce de référence**
Pièce dans le repère de laquelle sont
calculés les résultats.

• Liaisons



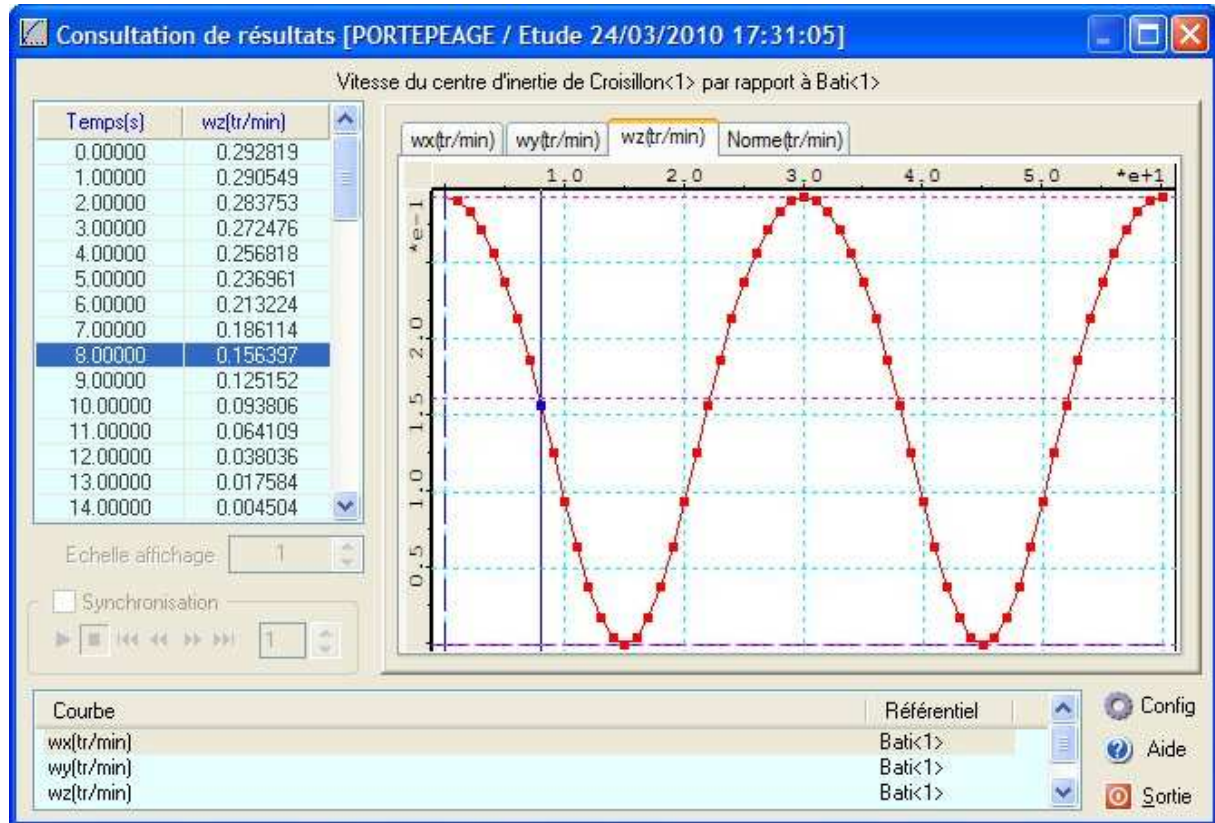
Les paramètres à définir sont

- **Liaison**
Choix de la liaison du mécanisme dont on consulte les résultats
- **Type de résultat**
Position de la pièce 2 de la liaison par rapport à la pièce 1, dans le repère idéal de la liaison
Torseur cinématique de la pièce 2 par rapport à la pièce 1 dans le repère de la liaison
Torseur d'accélération de la pièce 2 par rapport à la pièce 1 dans le repère de la liaison,
Position absolue du centre de la liaison
- **Type de composante**
Translation ou rotation
- **Pièce de référence**

Notes :

- Le bouton *Ajout* n'apparaît que si l'accès se fait par la branche *Courbes* de l'arbre des *Résultats* ; il provoque la création d'une branche dans l'arbre des *Courbes*, correspondant aux données consultées.
- Les options correspondant aux efforts sont *inactives* dans le cas où l'étude *statique* n'a pas été effectuée.
- Pour les résultats de liaison en position, vitesse ou accélération, la saisie de la pièce de référence est inactivée car sans signification

Lorsque les choix ont été effectués quant aux résultats souhaités, la validation du bouton **Consulter** affiche les courbes correspondantes.



L'écran de consultation des courbes comporte plusieurs zones distinctes :

- La liste des coordonnées des points de la courbe affichée
- La liste des courbes consultables
- La représentation graphique de la courbe en cours de consultation.

Pour afficher les différentes courbes il suffit

- De sélectionner une courbe dans la liste
- De cliquer sur l'onglet correspondant

L'appui sur le bouton droit de la souris dans la zone de tracé de la courbe affiche un menu spécifique qui permet



- D'accéder aux différentes possibilités de zooms de la courbe affichée
- De passer du mode zoom au mode panoramique
- D'afficher ou cacher les marqueurs à chaque point de la courbe
- De copier la courbe dans le presse-papiers
- D'afficher un aperçu de la courbe avant de l'imprimer
- D'imprimer la courbe en cours, ou toutes les courbes du dossier consulté

L'appui sur le bouton droit de la souris dans la zone d'affichage des coordonnées affiche également un menu spécifique qui permet



- D'afficher une colonne supplémentaire donnant la position calculée
- De choisir les unités pour la consultation
- De copier les données dans le presse-papiers
- D'enregistrer les données au format ASCII ou Excel
- De créer un rapport au format HTML

Pour obtenir des informations complètes sur l'utilisation du module de consultation de courbes reportez-vous à l'aide en ligne

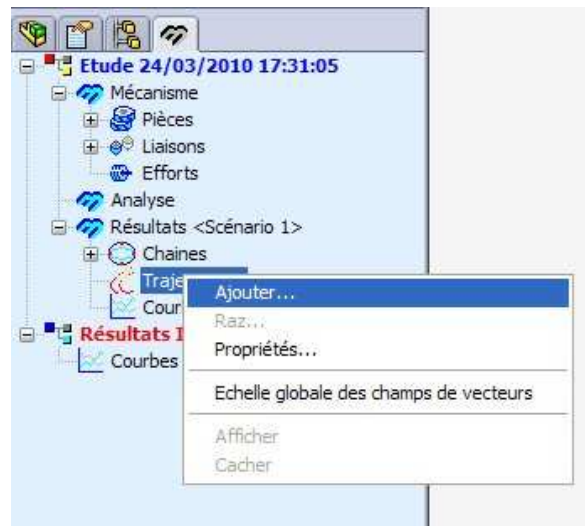


La consultation des autres types de courbes (multiples et paramétrées) sera explorée lors des études statiques et dynamiques de notre système mécanique

Tracé de trajectoires

L'accès au module de gestion des trajectoires s'effectue par le menu contextuel associé à la sous-branche **Trajectoires** de la branche **Résultats** de l'**arbre de construction** de Meca3D

Pour créer une trajectoire, il faut valider le menu **Ajouter** dans le menu contextuel associé à la branche principale de l'**arbre des trajectoires**.



L'écran suivant s'affiche alors

Les champs principaux de cet écran sont les suivants :



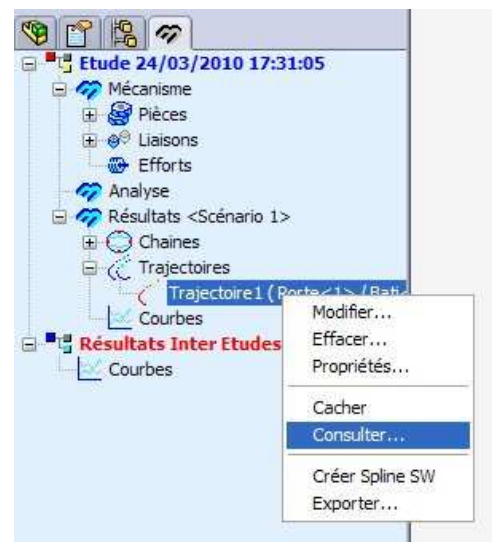
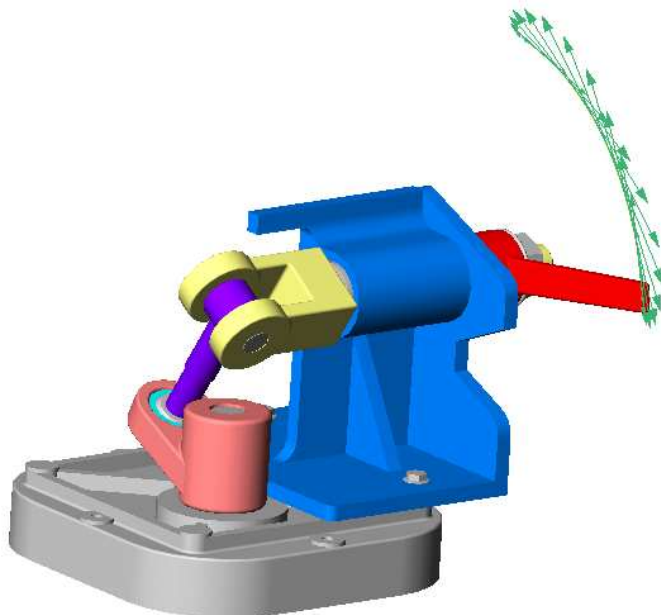
- **Point de passage**
Saisie d'un objet acceptable pour définir le point de trajectoire
- **Pièce associée**
Pièce à laquelle est attaché le point
- **Pièce de base**
Pièce par rapport à laquelle s'effectue la recherche des positions du point

Les autres champs de ce masque de saisie sont :

- La zone **Champ à afficher**
Elle permet de définir le champ de vecteurs que l'on souhaite afficher sur la trajectoire ; le choix est
 - **Vitesse** : composante suivant X, Y ou Z, ou norme
 - **Accélération** : composante, tangente, normale ou norme.
- Les boutons **Couleur** permettent de changer la couleur de la trajectoire ou des champs de vitesse ou d'accélération.

Une fois tous les paramètres choisis, la validation du bouton **OK** entraîne

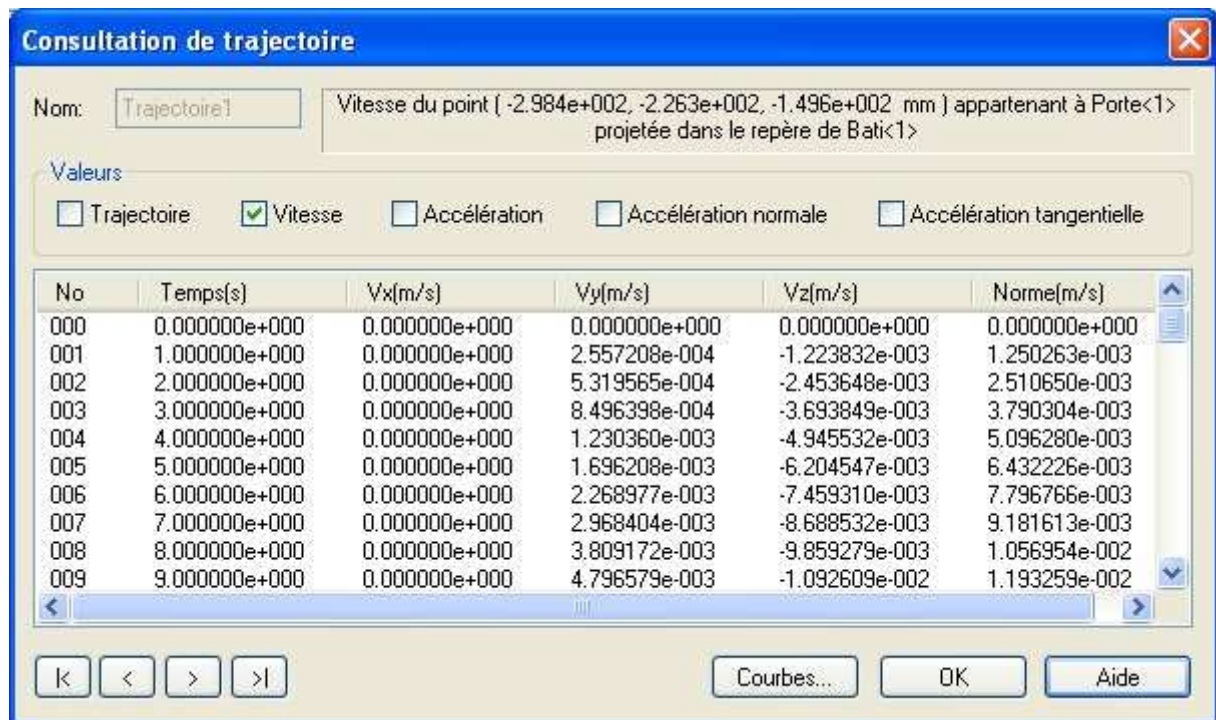
- L'affichage de la trajectoire du point sélectionné, avec les champs de vitesse ou d'accélération choisis
- L'ajout d'une branche correspondant à la trajectoire créée dans l'arbre des trajectoires.



Un menu contextuel est associé à chaque branche trajectoire, permettant

- De modifier ses paramètres,
- De la supprimer
- D'afficher ses propriétés
- D'inactiver sa visualisation
- De consulter ses données
- De créer une courbe **SolidWorks** à partir des points de la trajectoire ; cependant la création échouera si les points se recoupent, ce qui en limite l'utilisation (limitation due à SolidWorks)
- D'exporter les coordonnées des points de la trajectoire au format ASCII ou Excel

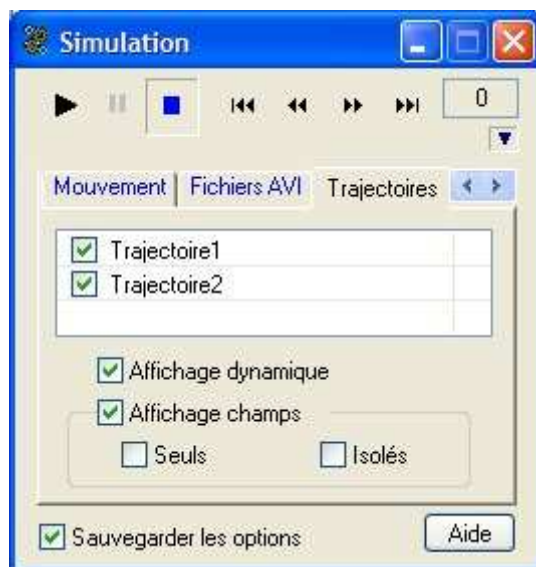
La validation du menu *Consulter* affiche l'écran suivant



Le fait de cliquer sur une ligne du tableau entraîne l'affichage en sur brillance du vecteur correspondant sur la trajectoire

- permettent de naviguer dans le tableau, avec affichage en sur brillance correspondant des vecteurs sur la trajectoire.
- Courbes** affiche les données du tableau sous forme de courbes, comme lors de la consultation des courbes de résultats.

Affichage des trajectoires lors de la simulation du mouvement du mécanisme



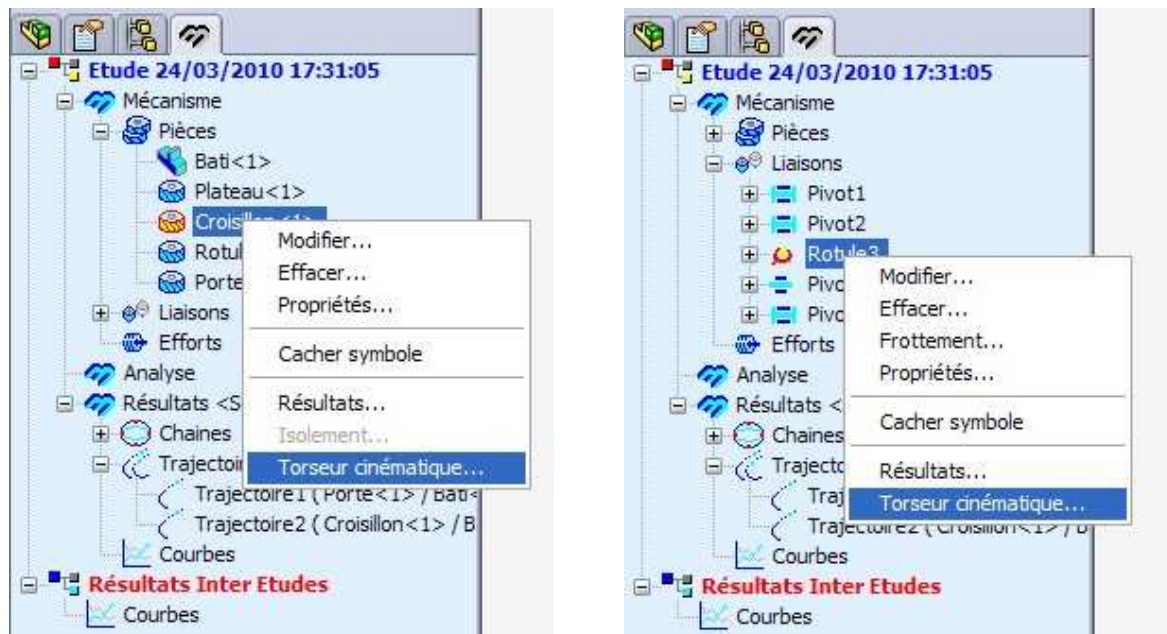
L'onglet **Trajectoires** de la boîte de dialogue de simulation permet de gérer l'affichage des trajectoires lors du mouvement :

- Affichage dynamique** : la trajectoire est tracée jusqu'à la position courante
- Affichage champs** : active ou désactive l'affichage des champs (vitesse, ...)
 - Seuls** : les champs sont affichés sans la trajectoire
 - Isolés** : seul le champ correspondant à la position affichée est tracé

Torseurs cinématiques

A la suite de l'étude cinématique, il est possible d'afficher le torseur cinématique associé au mouvement relatif de deux pièces.

On peut accéder à ce module directement au niveau des branches associées aux pièces ou aux liaisons, en choisissant le menu contextuel **Torseur cinématique...**



Le masque de saisie affiché est le suivant

Torseur(s) cinématique(s)

Pièces
Croisillon<1>

Pièce de référence:
Bati<1>

Point de réduction

Position du mécanisme
Auto 11 11 11 11 0

Intervalle 1

☒ Axe central

Rotation
100

Translation
100

☒ Projections

Valeurs au centre de gravité

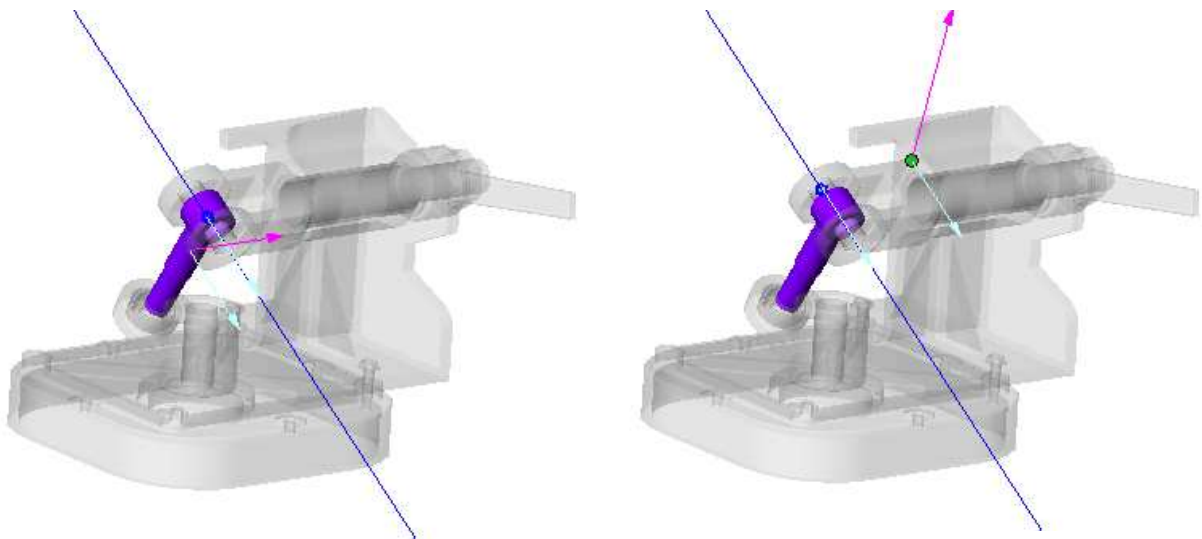
	Rotation [rad/s]	Translation [m/s]	Pt. réduc. (mm)
X	0.000e+000	-3.113e-003	1.557e+001
Y	-4.765e-002	5.483e-010	4.845e+001
Z	3.066e-002	8.522e-010	-5.281e+001
Norme	5.667e-002	3.113e-003	

- **Pièces**
Sélection des pièces dont on veut afficher le torseur.
- **Pièce de référence**
Pièce par rapport à laquelle est étudié le mouvement.
- **Point de réduction**
Point en lequel on exprime le torseur
- **Axe central**
Affichage de l'axe central du torseur cinématique (CDG par défaut)
- **Valeurs**
Valeurs numériques des composantes pour la pièce sélectionnée, au CDG ou au point de réduction

La zone **Position du mécanisme** comporte un ensemble de boutons qui permettent de changer de position et de visualiser l'évolution des torseurs cinématiques pour une position donnée. Le bouton **Auto** permet en particulier de visualiser l'évolution des torseurs de manière automatique.

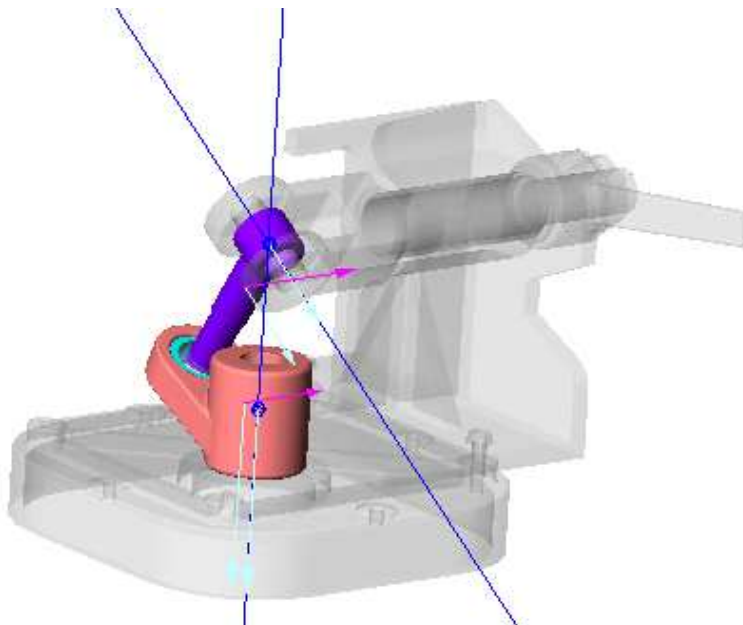
Les zones **Rotation** et **Translation** permettent de définir les coefficients d'échelle et les couleurs de représentation des vecteurs rotation et translation du torseur cinématique étudié.

La case à cocher **Projections** permet d'afficher ou non les deux composantes du vecteur correspondant, en projection dans la base de référence.



Si l'**axe central** est affiché, le **Centre Instantané de Rotation** est représenté par un symbole, et le torseur cinématique est également représenté en ce point.

Il est à noter que plusieurs pièces peuvent être sélectionnées dans la zone **Pièces** ; dans ce cas, les torseurs seront affichés au CDG de chaque pièce.



Calcul statique

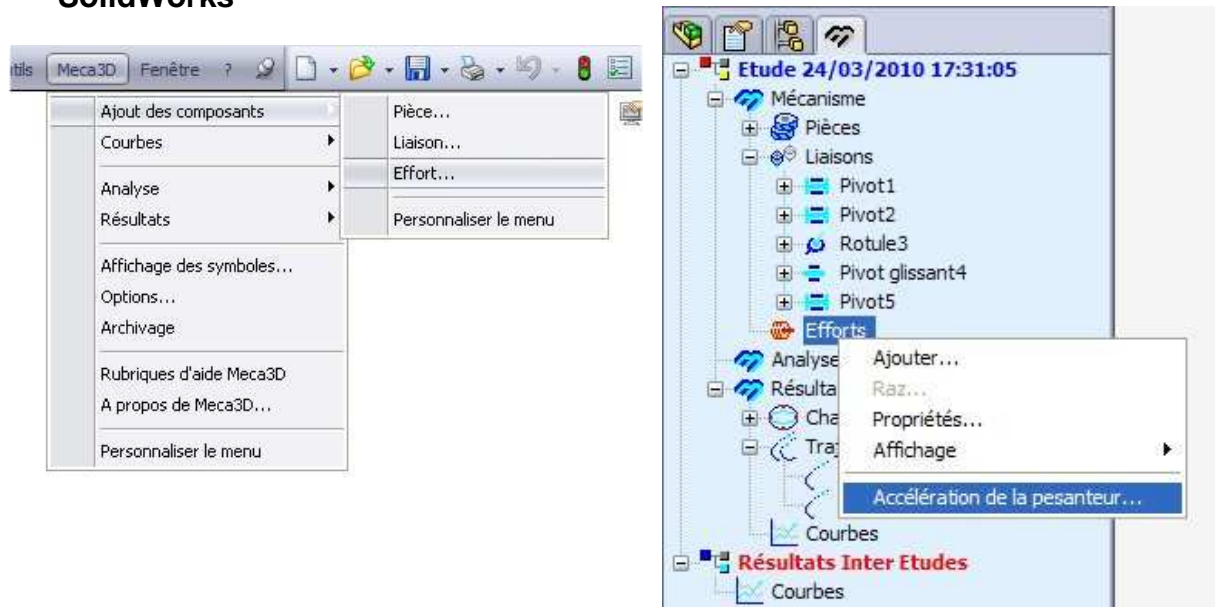
Après avoir effectué l'analyse cinématique de notre mécanisme, nous allons maintenant effectuer une étude statique simple en nous fixant l'objectif suivant :

Calculer l'évolution du moment à appliquer sur la liaison pivot motrice (entre les pièces Bati et Plateau) pour que le mouvement soit possible, les pièces étant simplement soumises à leur propre poids.

Saisie des efforts

Elle peut être effectuée de deux manières

- Par l'intermédiaire du menu déroulant de **Meca3D** dans la barre de menus de **SolidWorks**
- Par le menu contextuel associé à la branche **Efforts**



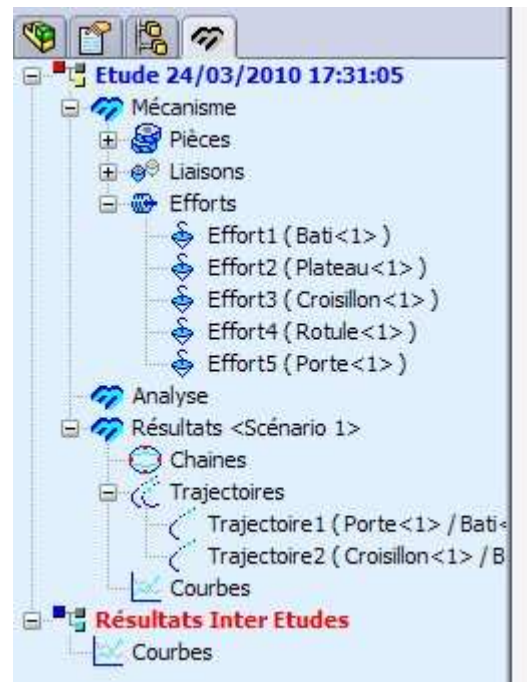
La définition de l'accélération de la pesanteur s'effectue par le menu contextuel de la branche **Efforts**



- **Repère de référence**
Permet de repérer une face plane ou un plan par rapport auquel seront définis les axes du vecteur d'accélération de la pesanteur
- **Accélération**
Permet de définir l'accélération de la pesanteur par rapport au repère défini précédemment

Si aucun objet n'est saisi dans la case **Repère de référence**, les axes seront parallèles au système de coordonnées général.

Lorsque l'**accélération de la pesanteur** a été validée, autant de branches qu'il y a de pièces apparaissent dans l'**arbre de modélisation** de **Meca3D**, sous la branche **Efforts**.



Pour l'ajout d'un effort autre que l'accélération de la pesanteur, on passe par une **palette des efforts**, qui regroupe les types d'efforts définissables sous **Meca3D**.



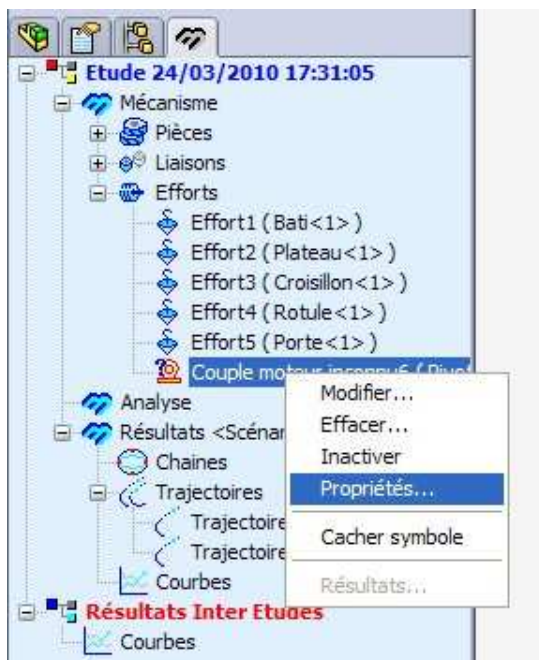
Nous choisissons ici un effort de type **Couple moteur inconnu** ; l'appui sur le bouton **Suivant** affiche ensuite l'assistant suivant



- **Nom**
Permet de nommer l'effort en cours (un nom par défaut est proposé)
- **Appliqué sur la liaison**
Pour un couple moteur inconnu, la seule donnée est la liaison sur laquelle s'applique ce couple. La liaison peut être sélectionnée dans **l'arbre de modélisation** ou directement à l'écran.

La validation du bouton **Terminer** enregistre l'effort qui apparaît dans **l'arbre de modélisation** de **Meca3D** sous la branche **Efforts**.

A la nouvelle branche est également associé un menu contextuel – accessible par la touche droite de la souris – qui donne accès à plusieurs fonctions :



- **Modifier**
Permet de changer les données associées à l'effort en rappelant le masque correspondant
- **Effacer**
Permet de supprimer l'effort
- **Inactiver**
Désactive l'effort pour les calculs
- **Propriétés**
Affiche les données de l'effort
- **Cacher symbole**
Active ou inactive l'affichage du repère associé à l'effort

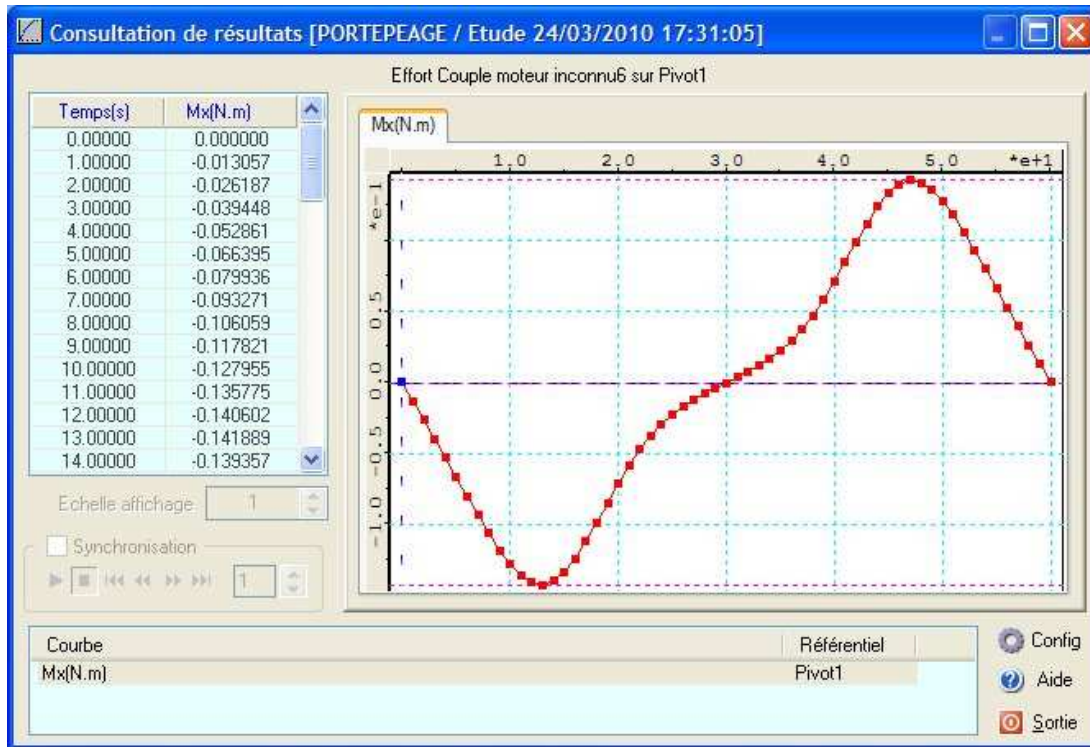
Note :

*Le menu **Résultats** ne sera actif que lorsque le calcul aura été effectué*

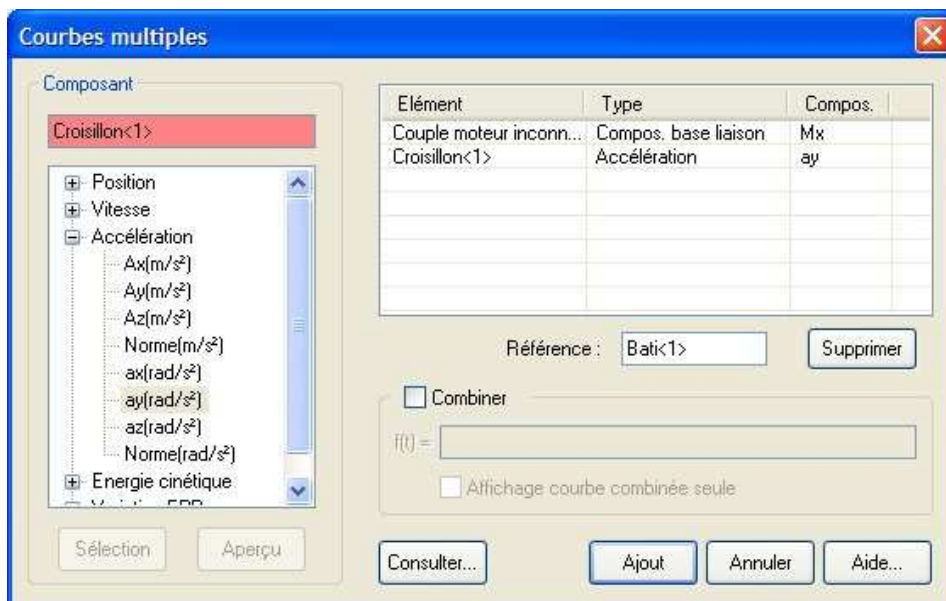
Les données ayant été modifiées, il faut relancer le calcul et choisir une étude de type **cinématique et statique** – éventuellement uniquement **statique** - pour prendre en compte les efforts que nous venons de définir. Les données du calcul qui ont été saisies précédemment sont conservées telles quelles.

Le calcul effectué, on peut alors directement consulter les valeurs du moment calculé par le menu contextuel *Résultats* associé à la branche correspondant à l'effort.

Le choix de la composante en **X** du moment **dans le repère de la liaison associée** permet d'afficher la courbe d'évolution du couple moteur, calculée par **Meca3D**.



Comme nous l'avons évoqué précédemment, le module de consultation de résultats permet de superposer des courbes de résultats dites **multiples** . Par le menu contextuel de la branche *Courbes*, nous allons choisir *Ajouter* puis *Multiple* pour obtenir le masque suivant



- Sélectionner le composant (pièce, courbe ou effort) souhaité ; ce choix active alors l'affichage des composantes accessibles, sous forme d'un arbre

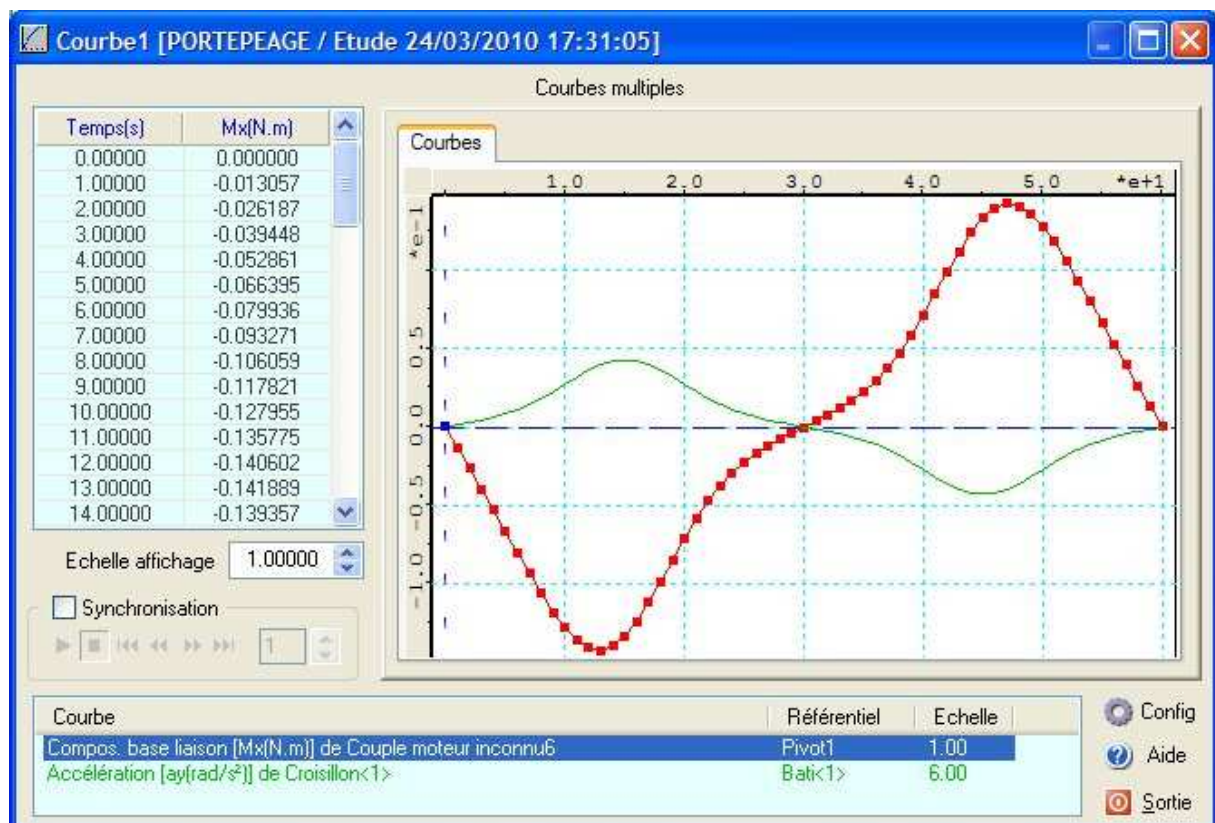
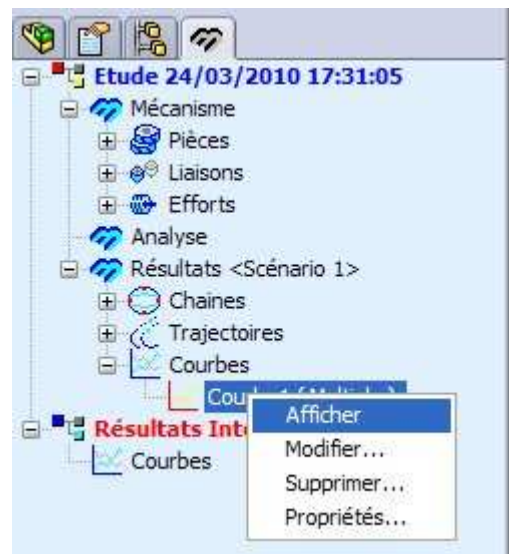
- Choisir la composante souhaitée (on peut visualiser sa variation par le bouton *Aperçu*) puis valider ce choix par le bouton *Sélection*. La ligne correspondante vient s'ajouter à la liste de composantes choisies
- Répéter cette opération autant de fois que désiré (au maximum 6 fois)
- Cliquer sur le bouton *Consulter* pour visualiser les courbes choisies

Notes :

- Le bouton *Supprimer* permet de retirer des éléments de la liste des choix
- Le bouton *Ajouter* permet d'ajouter la courbe à l'arbre des courbes
- Le bouton *Combiner* permet de visualiser une combinaison des valeurs choisies (se reporter à l'aide pour plus d'informations)

Une fois que le bouton *Ajouter* a été validé, la courbe est ajoutée à l'arbre des courbes. Elle peut être consultée par l'option *Afficher* du menu contextuel associé.

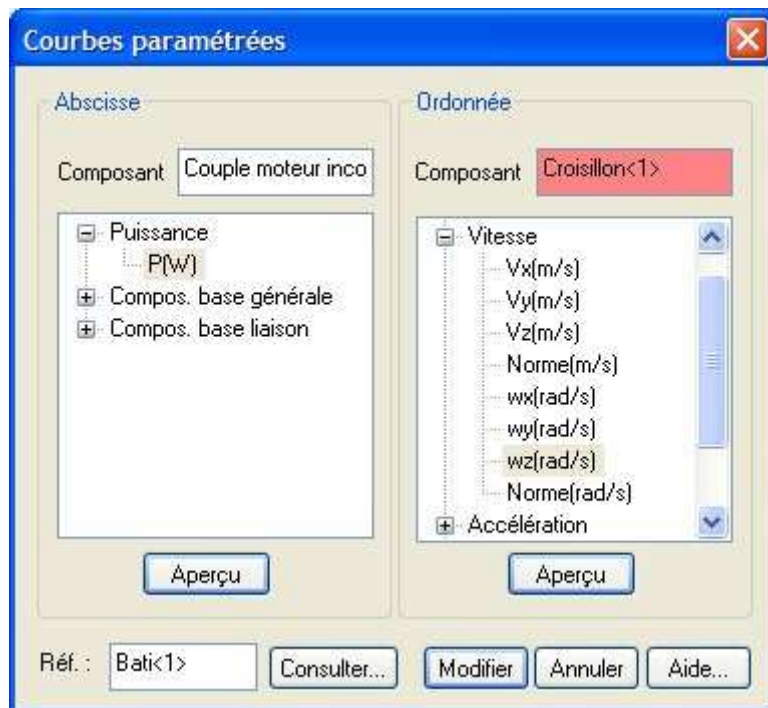
Le module de consultation affiche alors les courbes sélectionnées en superposition dans une même fenêtre graphique; et les options de synchronisation sont également disponibles pour animer le mécanisme en même temps que le tracé des courbes.



Le troisième type de résultats qu'il est possible de consulter avec **Meca3D** concerne les courbes dites *paramétrées*, qui permettent d'exprimer une donnée en fonction d'une autre qui n'est plus obligatoirement le temps.

Nous allons par exemple visualiser l'évolution du moment calculé en fonction d'une composante de la vitesse en rotation de *Croisillon*.

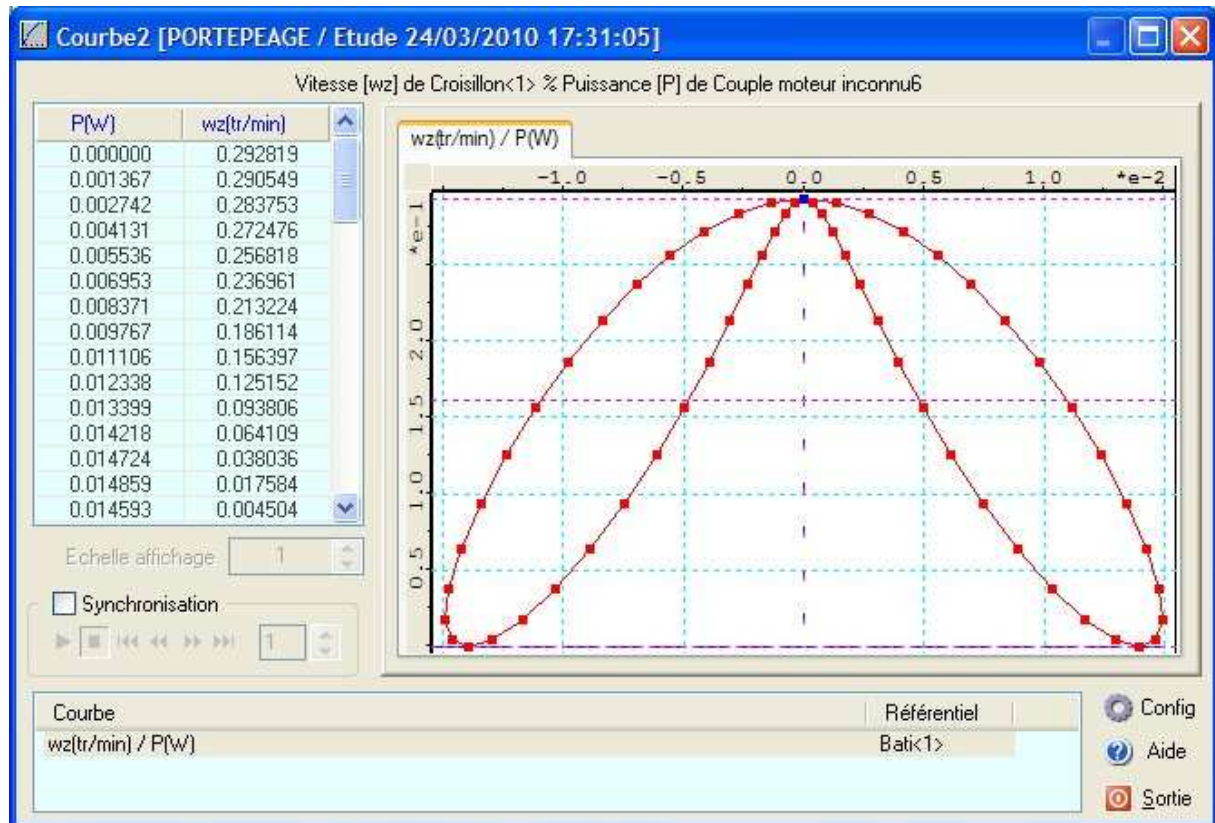
Par le menu contextuel de la branche *Courbes*, nous allons choisir *Ajouter* puis *Paramétrée* pour obtenir le masque suivant



les étapes sont les suivantes :

- Sélectionner les composants (pièce, courbe ou effort) concernés pour les données fournies en abscisse et ordonnée; chaque choix active alors l'affichage des composantes accessibles, sous forme d'un arbre
- Pour chacun, choisir la composante souhaitée (on peut visualiser sa variation par le bouton *Aperçu*)
- Cliquer sur le bouton *Consulter* pour visualiser la courbe choisie

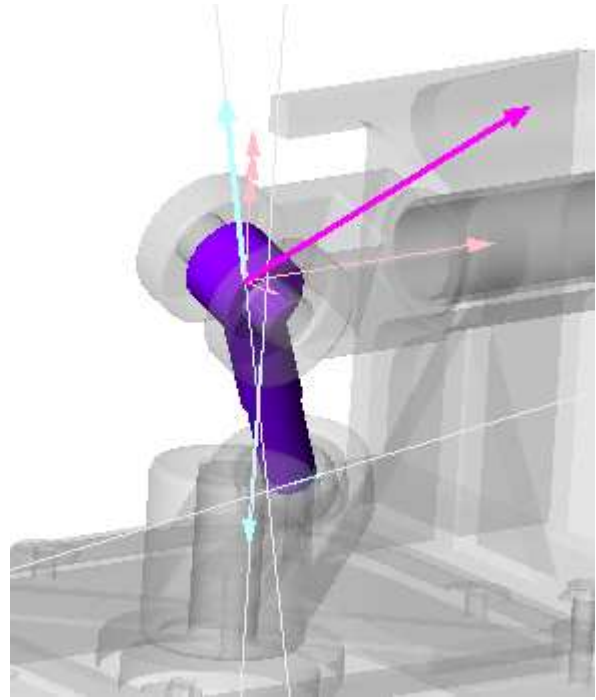
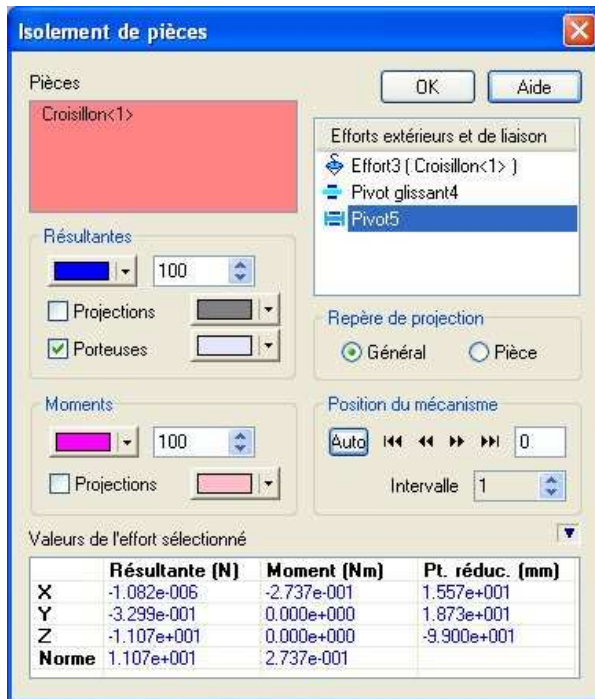
Le bouton *Ajouter* permet d'ajouter la définition de la courbe à l'arbre des courbes



Une autre fonctionnalité intéressante de **Meca3D** en ce qui concerne les études statiques, est de fournir la possibilité de visualiser l'évolution des efforts appliqués à une pièce isolée, au cours du mouvement.

Cette fonction est accessible par le menu **Isolement** dans le menu contextuel associé à chaque pièce, ou par le menu **Isolement de pièces...** de la branche **Résultats**.

Une boîte de dialogue s'affiche alors, qui va permettre de visualiser les efforts appliqués aux pièces sélectionnées, ainsi que leur évolution au cours du temps.



Les zones de l'écran de saisie sont les suivantes :

- **Pièces**
Cette zone de saisie permet de sélectionner les pièces à isoler.
- **Efforts extérieurs et de liaison**
Affiche la liste des efforts extérieurs appliqués sur les pièces, ou de liaison appliqués dans des liaisons impliquant les pièces.
- **Valeurs de l'effort sélectionné**
Affiche en temps réel les valeurs de l'effort sélectionné dans la liste précédente.
- **Résultantes**
Permet de choisir la couleur et la taille des vecteurs représentant les *résultantes* (une valeur de 0 inactive son affichage).
Il est également possible d'afficher les droites porteuses ainsi que les projections sur les axes du repère général – uniquement pour l'effort sélectionné.
- **Moments**
Permet de choisir la couleur et la taille des vecteurs représentant les *moments*.
Il est également possible d'afficher les projections sur les axes du repère général – uniquement pour l'effort sélectionné.
- **Position du mécanisme**
Cet ensemble de boutons permet de changer de position et de visualiser l'évolution des efforts pour une position donnée. Le bouton **Auto** permet en particulier de visualiser l'évolution des efforts appliqués sur la pièce, au cours du mouvement de celle-ci, de manière automatique.

Calcul avec mouvement variable en position

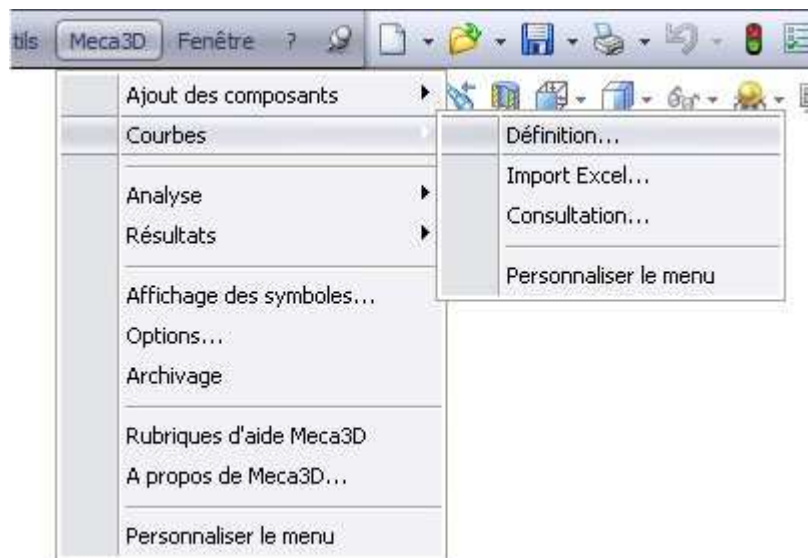
Cette variante va permettre d'asservir le mouvement d'entrée de notre mécanisme en utilisant un **mouvement variable en position** associé à une courbe.

La première étape va consister à créer la **courbe de variation** ; le paramètre qui sera piloté est l'angle de rotation de la pièce **Plateau** en fonction du temps et la courbe sera définie de la manière suivante :

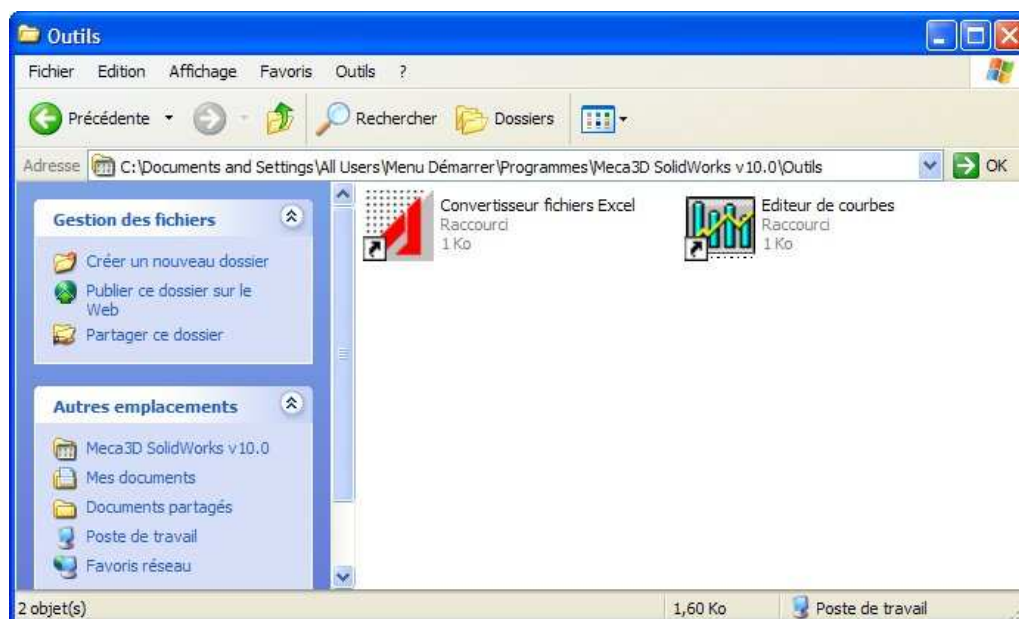
- Variation linéaire rapide entre 0 et 90 degrés sur les 10 premières secondes
- Maintient à 90 degrés pendant 40 secondes
- Fermeture pendant les 10 dernières secondes

Pour créer la courbe, nous allons utiliser l'éditeur intégré à **Meca3D**

A partir du menu écran associé à **Meca3D**



A partir des **Outils** du groupe de programmes de **Meca3D**



Une fois l'éditeur de courbes chargé, nous allons procéder comme suit :

- Définition des bornes de variation de la courbes pour une évolution angulaire de 0 à 90 degrés entre 0 et 60 secondes

Cliquer sur le bouton [**Bornes**], puis saisir les bornes de définition



Dialog box titled "Borne de Tracé" with input fields for Xmin, Xmax, Ymin, and Ymax. The values are set to 0, 60, 0, and 90 respectively. There are "Ok" and "Cancel" buttons at the bottom.

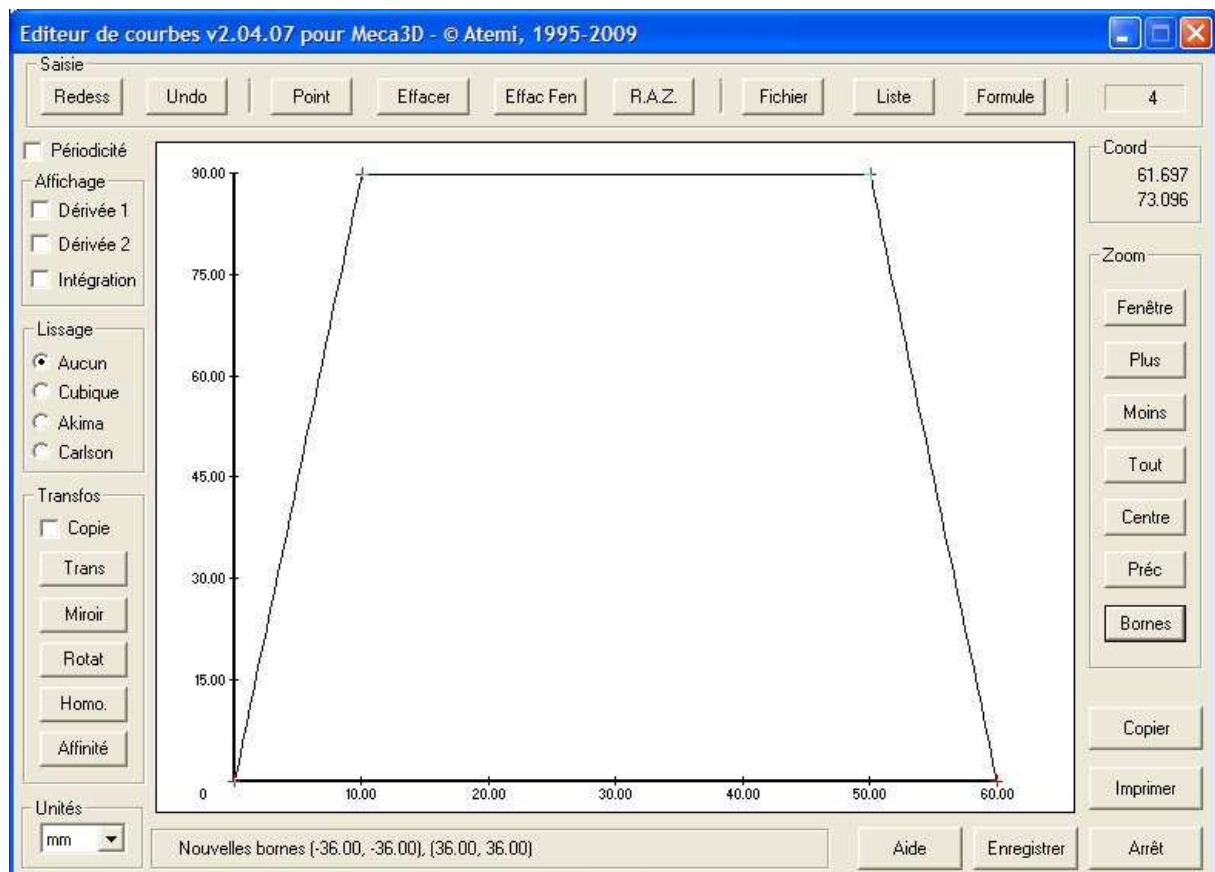
- Choix de l'unité de l'abscisse : le degré
Ce choix s'effectue dans la liste déroulante des unités
- Saisie des quatre points de définition de la courbe :

Pour cela, cliquer sur le bouton [**Point**] puis sur la **touche droite de la souris** et saisir les coordonnées successives

(0,0) / (10,90) / (50,90) / (60,0)



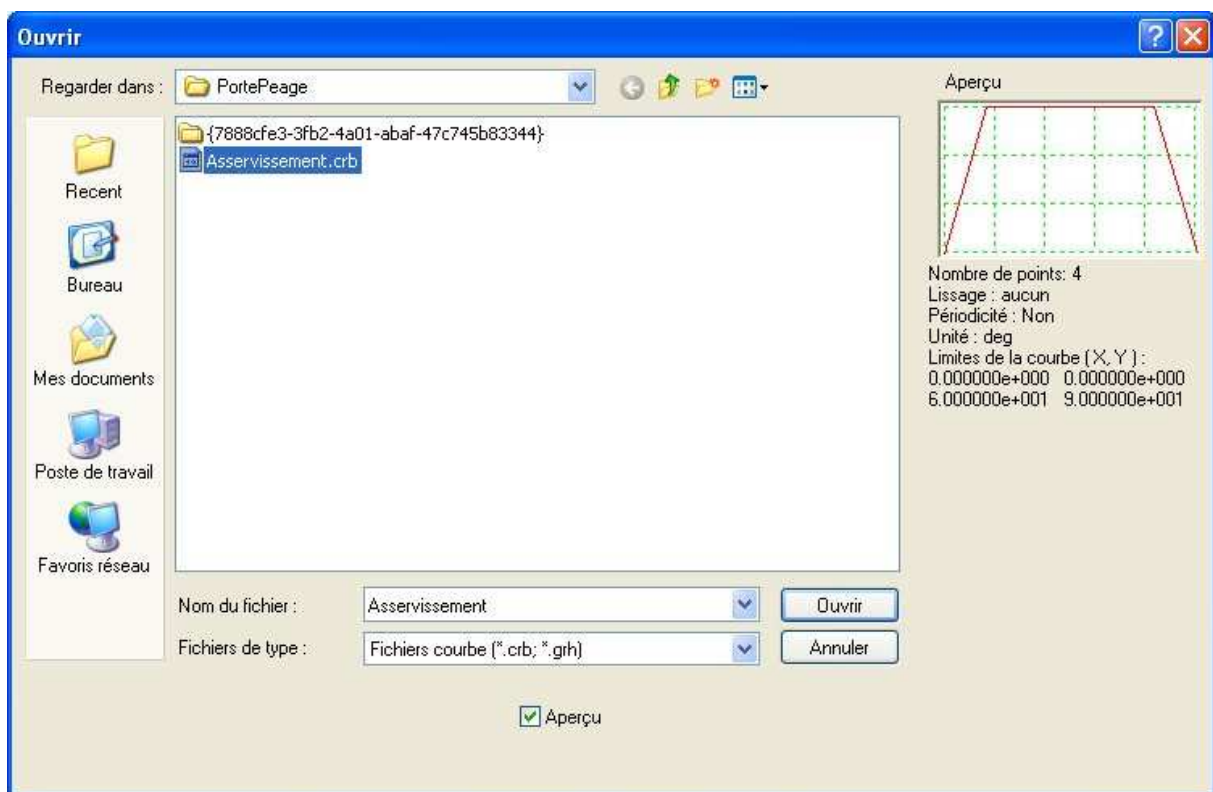
Dialog box titled "Coordonnées du Point" with input fields for X and Y. The values are set to 0.000 and 0.000 respectively. There are "Ok" and "Cancel" buttons at the bottom.



Il suffit maintenant d'enregistrer la courbe dans un fichier externe en cliquant sur le bouton [**Enregistrer**] ; nous la nommerons ici **Asservissement.crb**.

Il est à noter que la courbe qui vient d'être créée n'utilise aucun lissage entre ses points ; c'est donc une **interpolation linéaire** qui sera effectuée au cours du calcul.

De retour dans **Meca3D**, il suffit de relancer le calcul, puis de choisir **Position variable** pour le type de mouvement associé au premier degré de mobilité (Liaison pivot entre le **Bati** et le **Plateau**) ; pour sélectionner la courbe associée, cliquer sur la case correspondante dans la colonne **Courbe**, puis choisir le fichier courbe créé précédemment.



Exécuter le calcul avec ces nouveaux paramètres, et observer l'animation et les nouveaux résultats.

Notes :

- Il est possible de créer une nouvelle étude pour conserver les paramètres de l'étude précédente ; voir le chapitre suivant (Calcul dynamique) pour la procédure à suivre.
- Lors du choix de la courbe, un avertissement s'affiche, du au fait que cette courbe n'est pas lissée et donc non continue en dérivée seconde, ce qui peut donner des résultats incohérents en terme d'accélération.
- Il est possible de définir la courbe avec une **unité différente** du degré (radian par exemple) ; la conversion s'effectuera **automatiquement** au niveau du calcul.
- Si **aucune unité n'est définie** lors de la création de la courbe, c'est l'unité angulaire par défaut – pour les entrées du module de calcul - qui sera utilisée, à savoir le **degré**.

Calcul dynamique

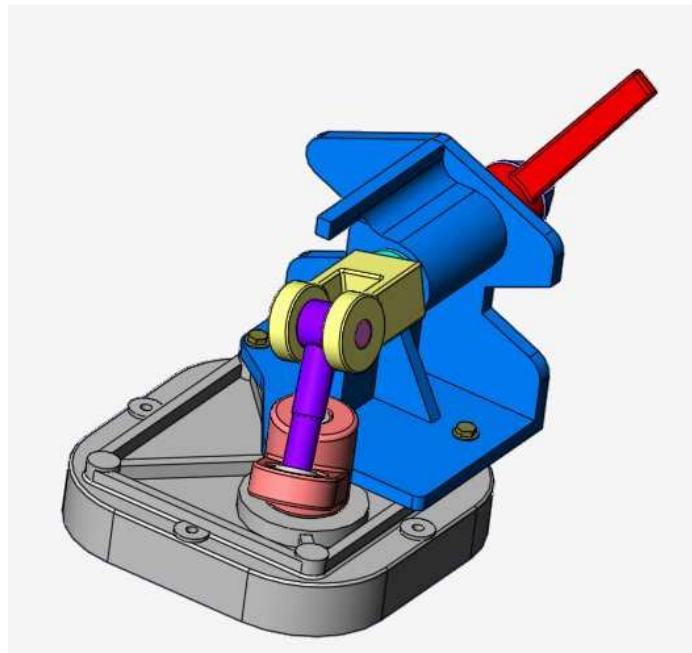
En complément à ces études cinématique puis statique, nous allons maintenant réaliser une étude dynamique qui va nous permettre de mettre en évidence la présence d'une position d'équilibre de notre mécanisme.

Pour cela, nous allons tout d'abord modifier la position de la pièce appelée **Porte**, par rapport à sa position horizontale.

Pour cela, nous utilisons la fonctionnalité correspondante de **SolidWorks** (bouton **Rotation du composant**).



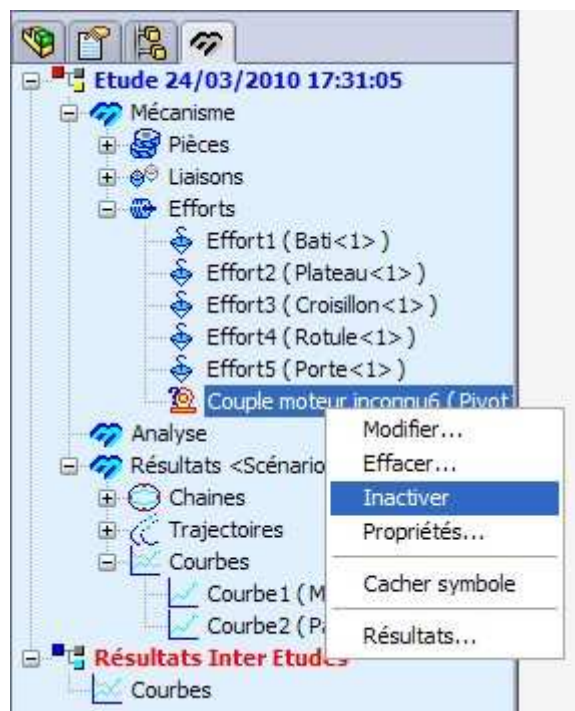
Cette modification du modèle géométrique dans **SolidWorks** entraîne la mise **automatique** à jour du modèle mécanique dans **Meca3D** ;



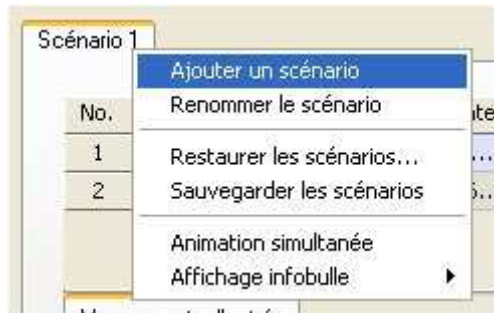
Note importante :

Avant de définir les paramètres d'une étude de type **dynamique**, il faut supprimer ou inactiver les efforts de type *inconnu*.

Nous allons donc *inactiver* le couple moteur inconnu dans l'arbre des efforts.



Dans le module de calcul, nous allons créer un nouveau modèle d'étude – ou scénario - sans modifier les données de la précédente étude cinématique et statique.



Pour cela, il suffit de cliquer avec le bouton droit de la souris sur l'onglet de l'étude en cours, puis de choisir le menu **Ajouter un scénario**.

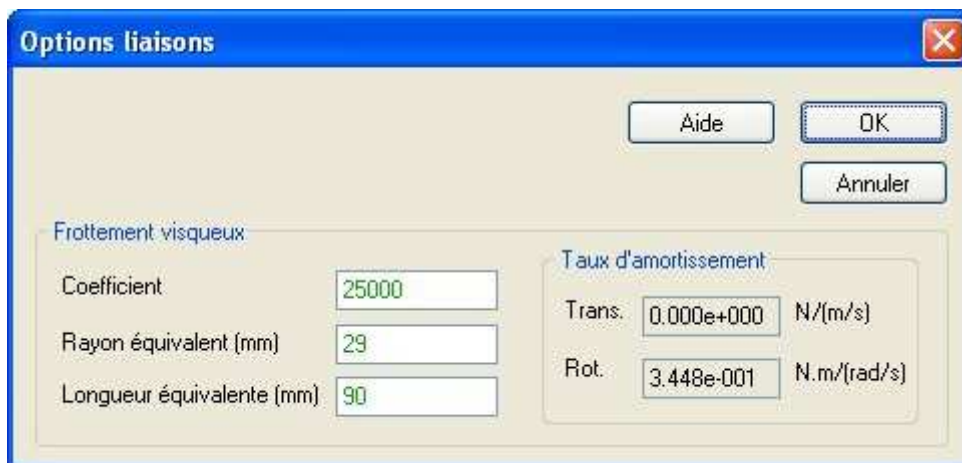
Un nouvel onglet s'ajoute alors correspondant à ce nouveau scénario (il est possible de changer le libellé du scénario directement dans l'onglet ou par l'intermédiaire du menu correspondant).

Choisir ensuite une étude **dynamique** dans la liste déroulante **Type d'étude** et modifier les mouvements d'entrée en choisissant des vitesses de type **Libre**, avec une **valeur initiale à zéro** ; le mécanisme sera ainsi uniquement soumis à l'action de la pesanteur.

Exécuter enfin le calcul en choisissant 300 positions sur un temps de 20 secondes. Il est important de noter que, dans le cas d'un calcul dynamique, le choix du nombre de positions par rapport au temps de calcul – donc de l'incrément de temps – est très important. **Un pas de calcul trop grand peut engendrer des divergences au niveau du calcul, qui entraîneront des résultats incohérents.**

La simulation du mouvement permet de vérifier que le mécanisme, soumis à la seule action de la pesanteur, oscille autour d'une position d'équilibre (qui correspond à la position porte horizontale). Cela peut également être vérifié en visualisant la courbe de vitesse en rotation de la porte par rapport au bâti, dans la liaison correspondante.

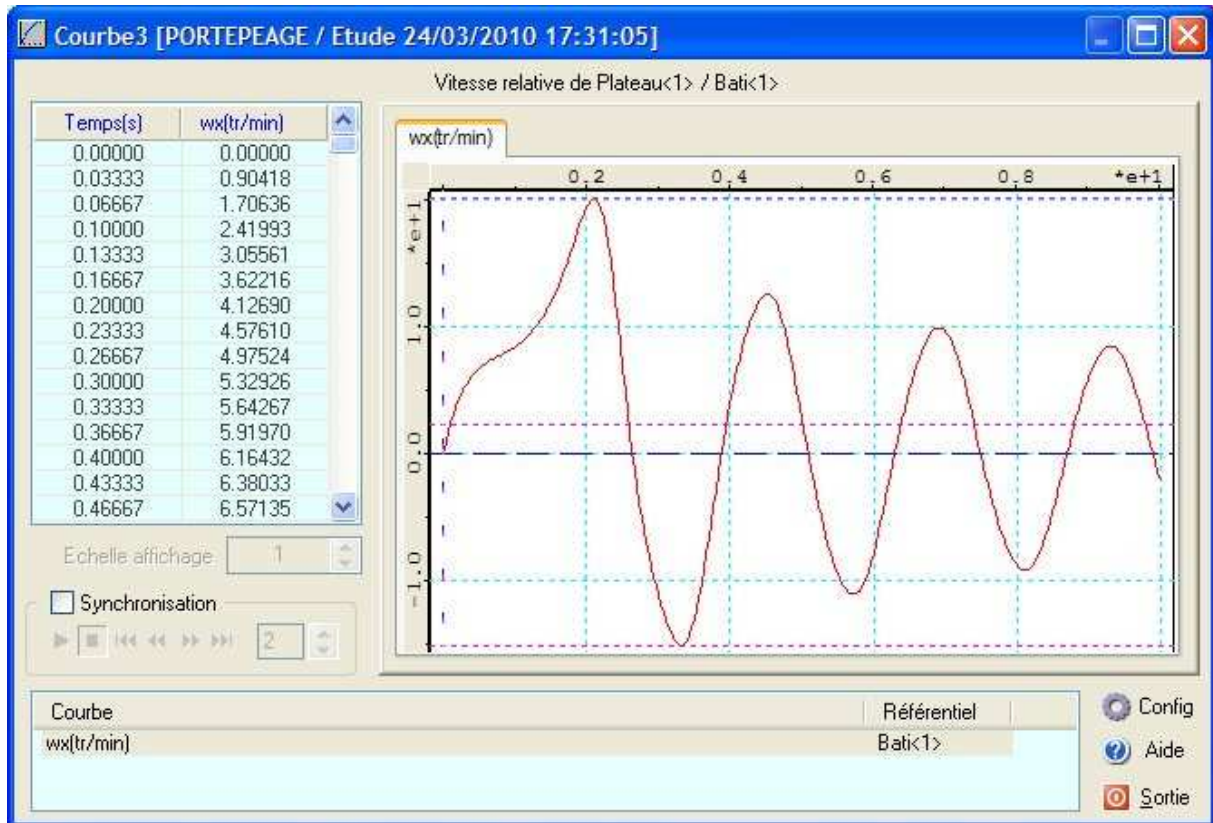
Pour terminer cette étude dynamique, nous allons introduire du **frottement visqueux** dans la liaison **Pivot2** entre la porte et le bâti, par l'intermédiaire du menu contextuel **Frottement...** associé à la liaison.



Note :

Dans le cas de la liaison pivot, seul le frottement visqueux est pris en compte.

La consultation de la vitesse en rotation dans la liaison entre la porte et le bâti permet d'obtenir une courbe amortie ayant l'allure suivante



Stocker la courbe dans l'arbre des Résultats pour une utilisation ultérieure.

Notes :

- Toutes les courbes stockées dans l'arbre de Résultats sont automatiquement mises à jour à chaque nouveau scénario de calcul
- Les courbes associées à un paramètre qui n'a pas été recalculé (c'est le cas du couple moteur inconnu qui a été désactivé) sont inactives.

Mise en place d'une butée

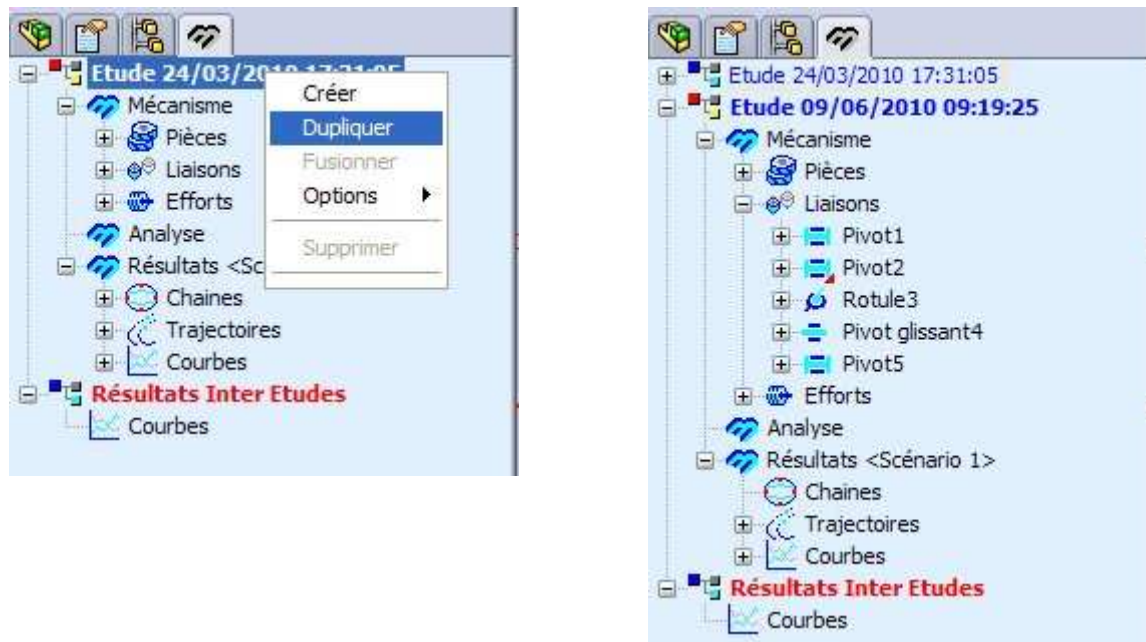
Le modèle géométrique comporte une erreur de conception « volontaire » qui entraîne que la pièce **Plateau** entre en collision avec le **Bati** lors du mouvement.

Nous allons mettre ce défaut en évidence en créant une **came avec rupture de contact** entre ces deux pièces, cette liaison se comptant ici comme une **butée**.

Pour conserver l'étude précédente, nous allons créer une **nouvelle étude** en dupliquant l'étude en cours ; cela nous permettra d'obtenir un **nouveau modèle mécanique**, clone du précédent, que nous allons pouvoir modifier de manière **indépendante**.

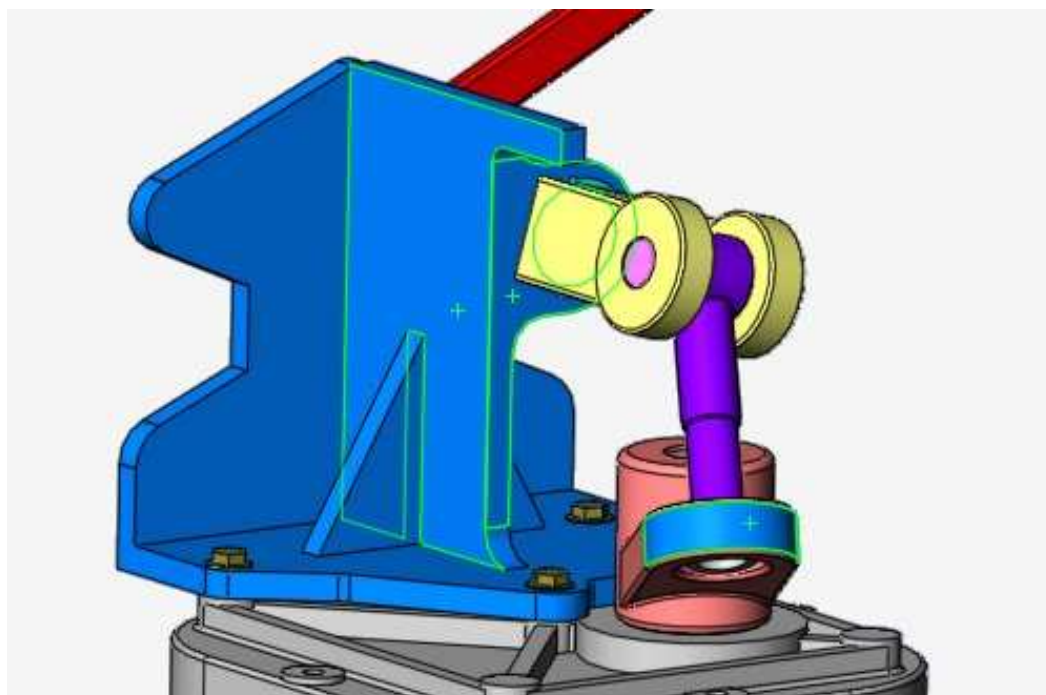
Pour cela, il suffit de cliquer sur la branche de l'étude en cours avec le bouton droit de la souris, et de choisir le menu **Dupliquer**.

Une **nouvelle arborescence**, clone de celle de l'étude précédente est ainsi créée et la nouvelle étude est mise en cours.

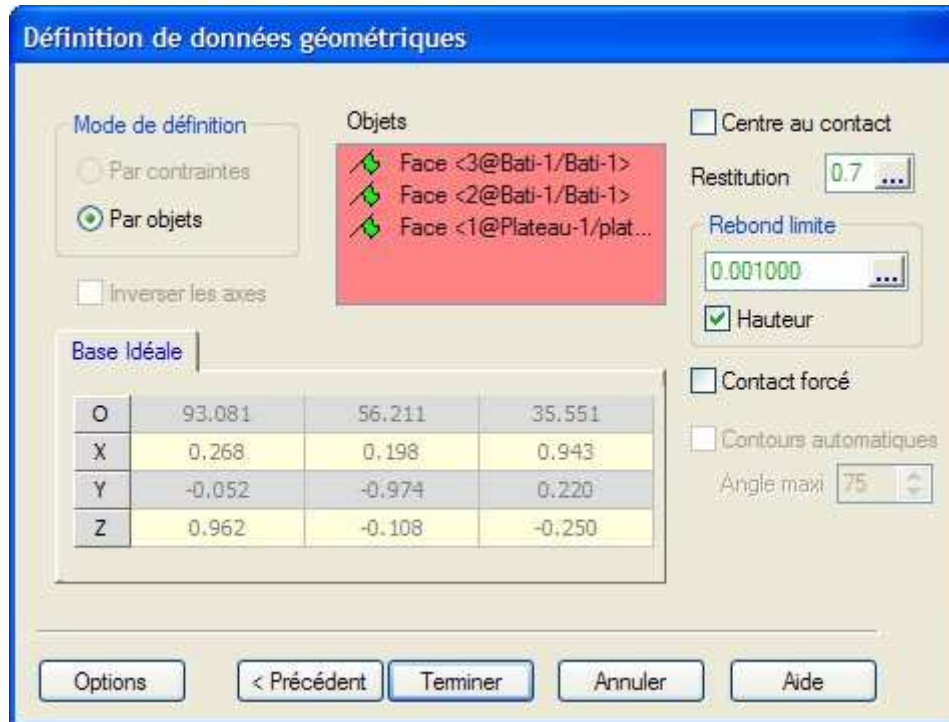


La première opération consistera à **supprimer le frottement** dans la liaison **pivot** entre la **porte** et le **bati**.

Nous allons ensuite créer une liaison **Came**, en saisissant successivement le **plateau** puis le **bati** ; il faut en effet impérativement que la première pièce saisie soit celle qui correspondra au « poussoir », la seconde étant celle à laquelle appartiendra la came.



La seconde étape consiste à sélectionner l'ensemble des entités SolidWorks qui seront potentiellement en contact, *en commençant par la surface appartenant au « poussoir »*, ici la surface cylindrique de l'extrémité ; ensuite les surfaces appartenant au bati qui pourront être en contact avec le « poussoir », **en maintenant la touche « CTRL » appuyée**.



Pour créer une **came à rupture de contact**, il faut décocher la case **Contact forcé** puis choisir un coefficient de restitution compris entre 0 et 1 – 0.7 par exemple - et éventuellement une **vitesse** ou une **hauteur de rebond limite** ; puis valider la saisie.

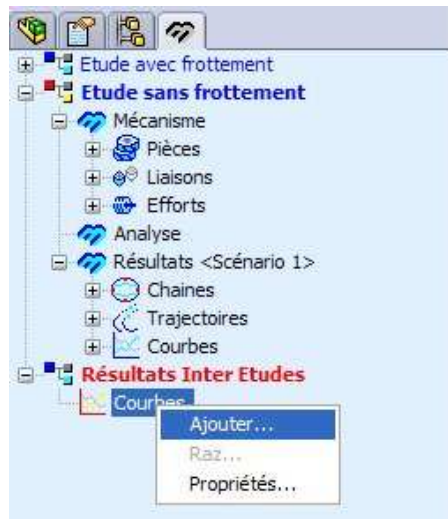
Exécuter le calcul sans modifier les conditions initiales et observer le résultat lors de la simulation.

Stocker la courbe de rotation dans la liaison pivot entre le **Bati** et le **Plateau** dans l'arbre des résultats.

Comparaison de résultats entre diverses études

Cette nouvelle fonctionnalité permet de **superposer** les résultats de calculs provenant de plusieurs études **sur un même graphe**.

Pour illustrer cela, nous allons utiliser les deux études créées précédemment. Dans la seconde étude, nous allons supprimer la liaison **Came** pour obtenir un mouvement similaire à la première et pouvoir comparer la vitesse en rotation dans la liaison pivot motrice **avec** et **sans** frottement dans la liaison pivot de sortie.

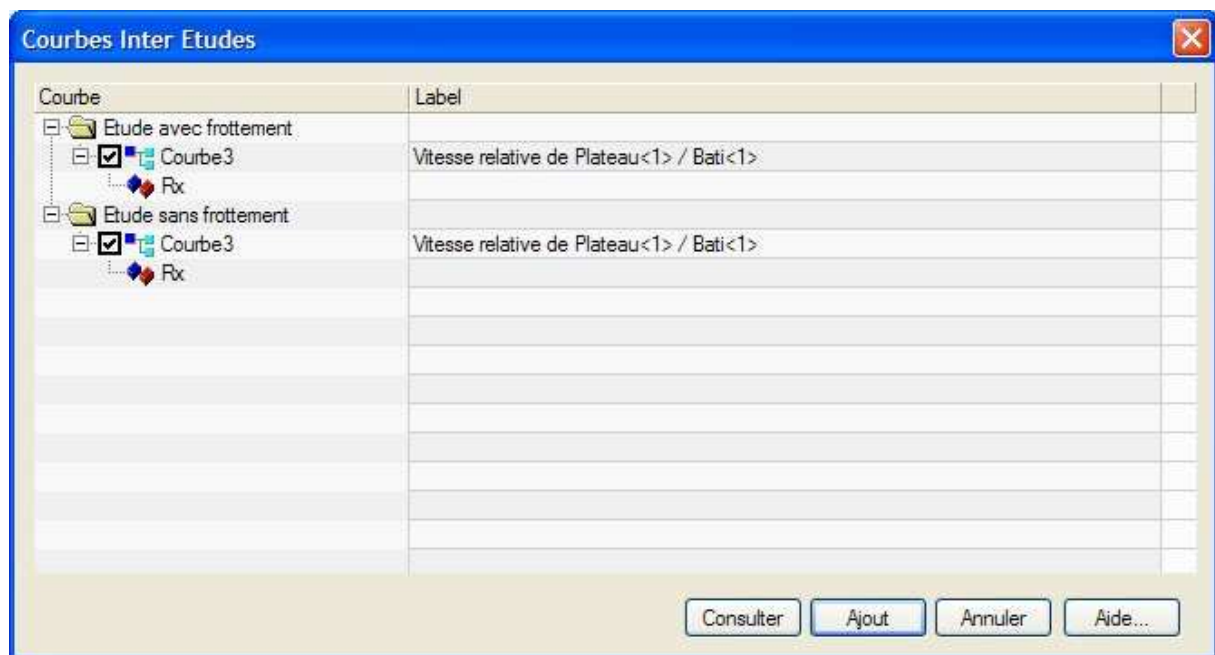


Pour plus de lisibilité, nous allons **renommer** les deux études respectivement en **Etude avec frottement** et **Etude sans frottement**.

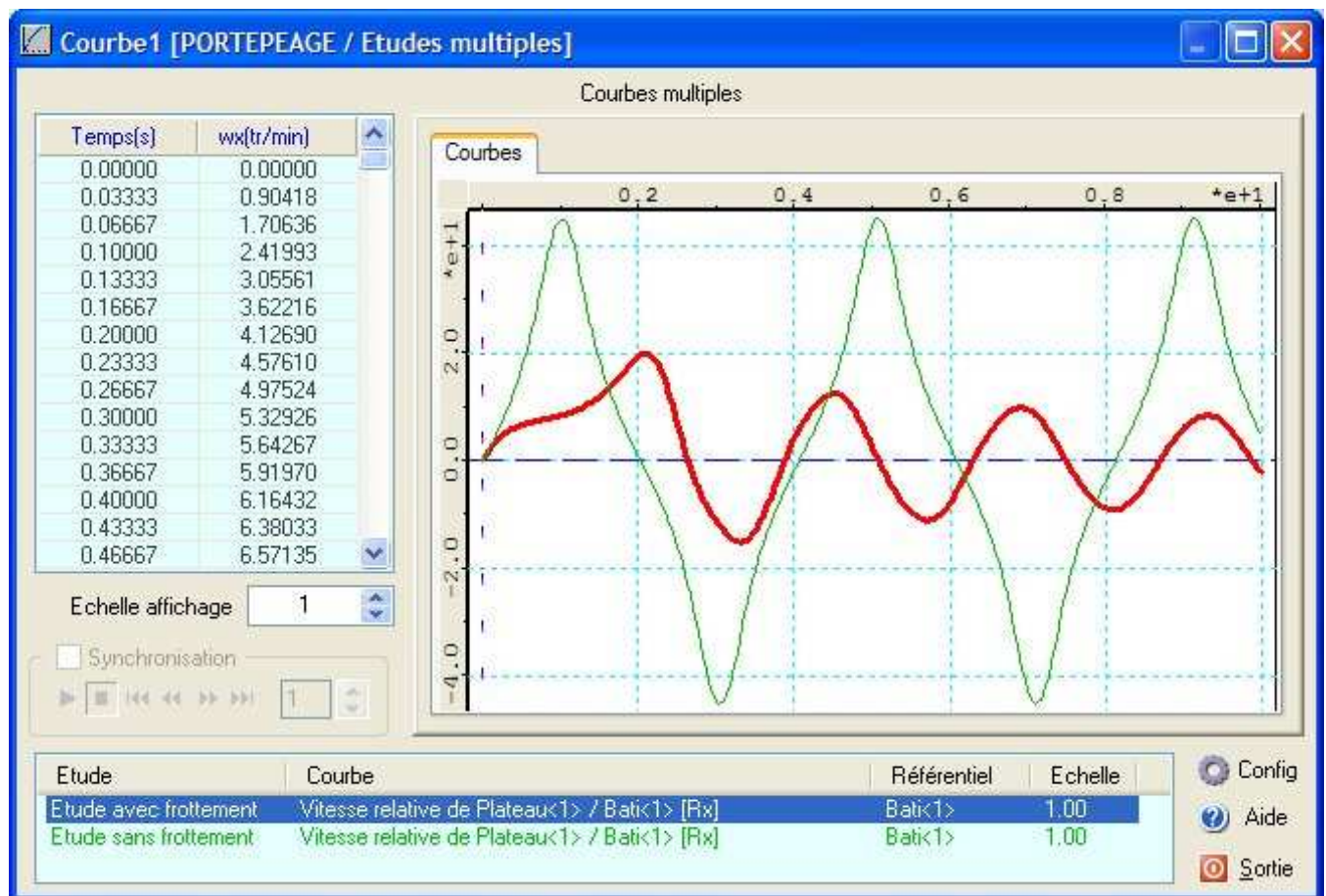
Pour cela, il suffit de **maintenir la touche droite de la souris** appuyée quelques secondes sur le nom de l'étude pour l'éditer et le modifier.

Cliquer ensuite sur la branche **Courbes** de la branche **Résultats Inter Etudes** et choisir le menu **Ajouter**.

La masque qui s'affiche alors propose une **arborescence** dans laquelle on retrouve toutes les courbes **actives** de type **Simple** ou **Multiple** créées pour chaque étude. Les courbes **Paramétrées** ne sont pas proposées (abscisses variables).



Pour sélectionner les courbes à afficher, il suffit de **cocher** les cases situées en face de chaque courbe.



Construction automatique du mécanisme

Ce dernier paragraphe va nous permettre d'utiliser une des fonctionnalités avancées de **Meca3D**, qui est la possibilité de construire automatiquement un mécanisme à partir d'un document d'assemblage de **SolidWorks**.

Cette fonction est accessible par le menu **Construction automatique ...** du menu contextuel associé à la branche principale **Mécanisme** de l'**arbre de modélisation** de **Meca3D**.

Le principe de la construction automatique est le suivant :

- **Meca3D** scrute la base des données du document d'assemblage, et modélise le mécanisme à partir des **composants** et des **contraintes d'assemblage** du document **SolidWorks**;
- Chaque composant d'assemblage est transformé en une pièce **Meca3D**. Les caractéristiques cinétiques du composant **SolidWorks** sont directement récupérées par la pièce;
- Chaque contrainte d'assemblage liant deux pièces est analysée, et transformée, si possible, en une liaison **Meca3D**.

Exemples de contraintes d'assemblage prises en compte par Meca3D

Type de contrainte	Liaison créée
Coïncidente (Plan, Point)	Ponctuelle / Plan
Coïncidente (Plan, Ligne) Parallèle (Plan, Ligne)	Linéaire rectiligne
Coïncidente (Ligne, Point) Concentrique (Face cylindrique, Point)	Linéaire annulaire
Coïncidente (Plan, Plan) Parallèle (Plan, Plan) A distance (Plan, Plan)	Appui plan
Coïncidente (Point, Point)	Rotule

Note :

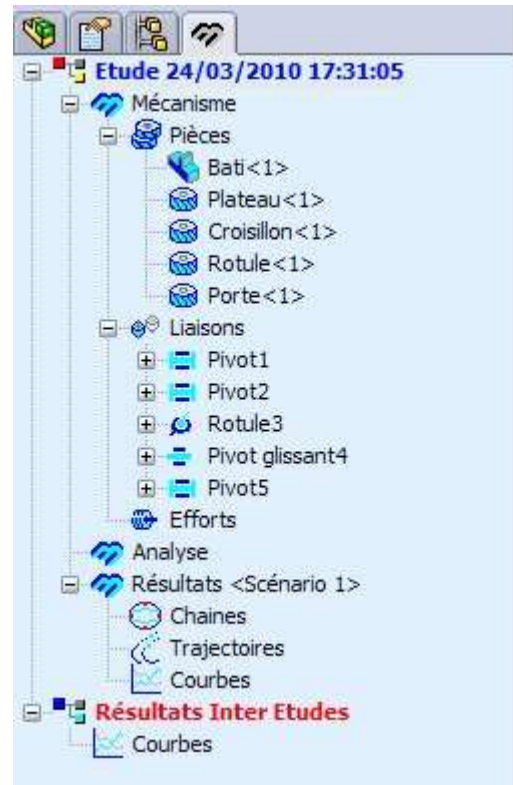
Les autres possibilités sont listées dans le fichier d'aide de Meca3D à la rubrique Construction automatique.

Lors de l'exécution de la construction automatique, Meca3D va :

- D'abord nous demander de confirmer la suppression de la définition actuelle du mécanisme,
- Analyser le document d'assemblage comme décrit ci-dessus,
- Ajouter automatiquement les pièces et les liaisons créées dans l'arbre de modélisation.

Nous obtenons ainsi le nouvel **arbre de modélisation** correspondant au mécanisme créé automatiquement par **Meca3D**, dans lequel nous retrouvons

- Les cinq pièces, correspondant aux cinq éléments de l'assemblage
- Les cinq liaisons dont trois pivots, une rotule et une pivot glissant.



Remarques :

- Les noms des liaisons ne correspondent pas forcément aux noms proposés lors d'une construction interactive,
- L'ordre de création des liaisons est déterminé par le programme,
- Pour exécuter un calcul sur la nouvelle définition du mécanisme, il faudra tenir compte de la modification des noms et de l'ordre des liaisons dans l'arbre pour saisir les nouvelles conditions initiales.
- Il est également possible de saisir d'abord les pièces (manuellement ou *automatiquement* par le menu contextuel correspondant) puis de construire automatiquement les liaisons entre les pièces choisies (menu *Construction automatique* de la branche *Liaisons*).