

**Mise en situation :**

Le mécanisme étudié est une scie sauteuse professionnelle à énergie pneumatique (puissance : 500 W). La lame de scie est entraînée dans un mouvement de translation rectiligne alternative. L'étude se limite à une partie de la scie.

Les objectifs sont de :

- Donner des exemples d'application du cours de cinématique sur :
  - le mouvement de rotation autour d'un axe fixe ;
  - le mouvement de translation circulaire ;
  - le mouvement de translation rectiligne.

Les notions de trajectoire, vitesse, accélération propres à ces différents mouvements seront abordées à travers le logiciel MotionWorks associé à SolidWorks.

- Exprimer la loi entrée-sortie du mécanisme.

**Pré-requis :**

Le cours de cinématique est supposé en cours d'acquisition, les fonctionnalités de base de SolidWorks sont acquises. Par contre, aucune connaissance particulière sur MotionWorks n'est requise.

Chargez le fichier *Scie Alternative auto.asm* présent dans le répertoire *Scie sauteuse1*.

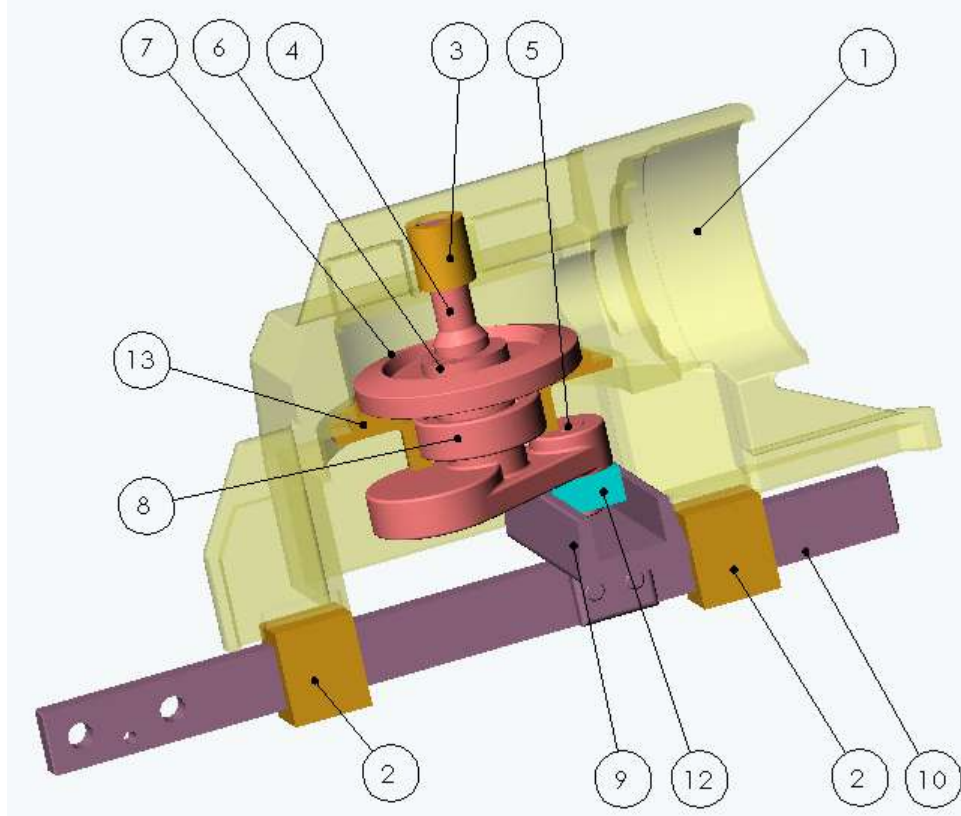


Figure 1

Groupe cinématique	Pièce	Repère
Ens_Bâti	Bâti	1
	Bague prismatique	2
	Coussinet	3
Ens_Vilebrequin	Vilebrequin	4
	Axe	5
	Clavette	6
	Roue conique	7
	Roulement	8
Ens_Coulisseau	Profilé	9
	Support de lame	10
	Goupille	11
Dé	Dé	12
Boîtier de Vilebrequin	Boîtier de vilebrequin	13

Figure 2

La pièce 13 fait aussi partie du bâti, mais elle est insérée comme pièce isolée, nous en verrons la raison plus tard.

L'entrée s'effectue par un réducteur à train épicycloïdal (dont l'étude ne sera pas abordée dans ce TP). L'arbre d'entrée a une vitesse de rotation de 18 000 tr/min par rapport au bâti. Un engrenage conique assure la rotation du groupe cinématique nommé **Ens\_Vilebrequin**. Cet élément entraîne le **Dé** qui entraîne lui-même le groupe **Ens\_Coulisseau** auquel est liée la lame de scie (non représentée).

Dans un premier temps nous limiterons notre étude en partant de la vitesse de rotation de la roue conique 7, cette vitesse est de 37 rad/s.

### Utilisation de MotionWorks :

MotionWorks est un logiciel de calculs cinématiques et dynamiques intégré au logiciel SolidWorks.

Pour pouvoir faire ses calculs, MotionWorks aura besoin de liaisons entre les différentes pièces ou sous-ensembles du mécanisme.

A ces liaisons seront associées des caractéristiques de statique et/ou de cinématique.

Vérifier que MotionWorks sera chargé automatiquement à l'ouverture d'un assemblage SolidWorks.

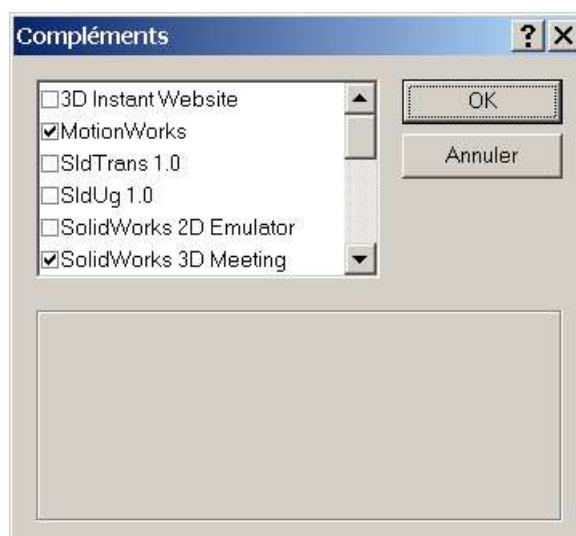
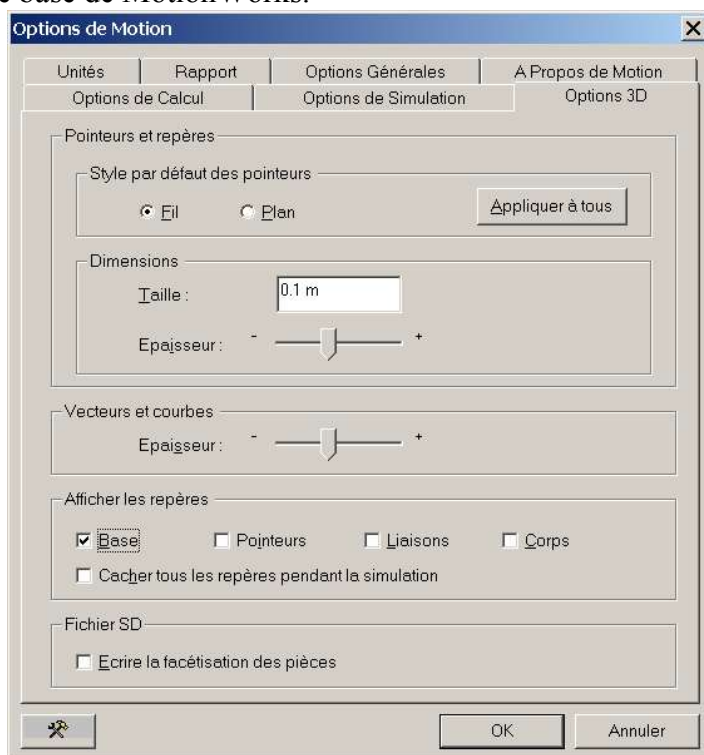



Figure 3

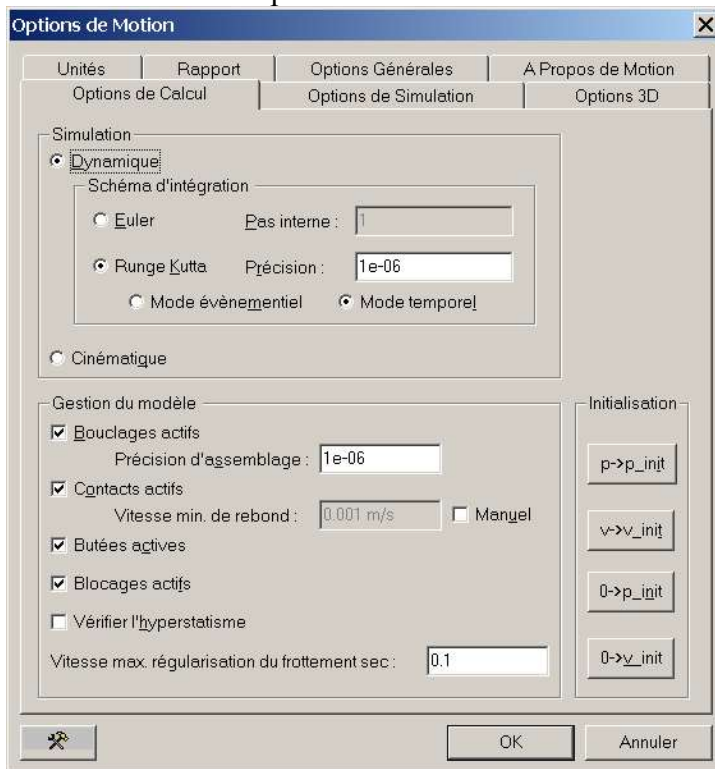
L'assemblage des différents éléments est déjà effectué en utilisant les contraintes d'assemblage de SolidWorks afin de positionner correctement les pièces ou sous ensembles les uns par rapport aux autres.

Afficher le repère de base de MotionWorks.



**Figure 4**

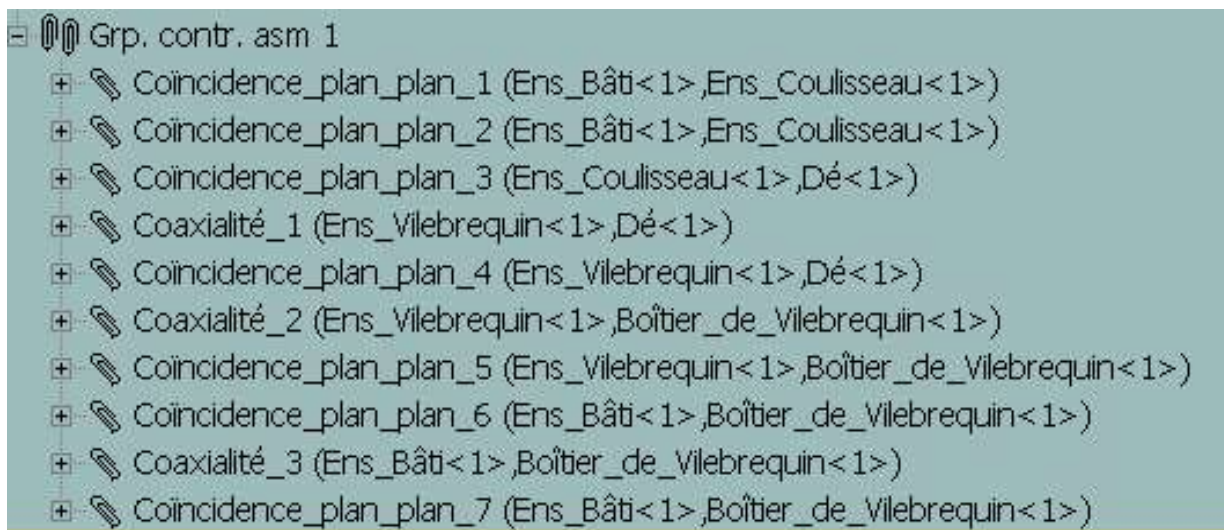
Le système est hyperstatique d'ordre 1. Les calculs de cinématique sont toutefois possibles si l'option *Vérifier l'isostatisme* dans les options du simulateur  est désactivée.



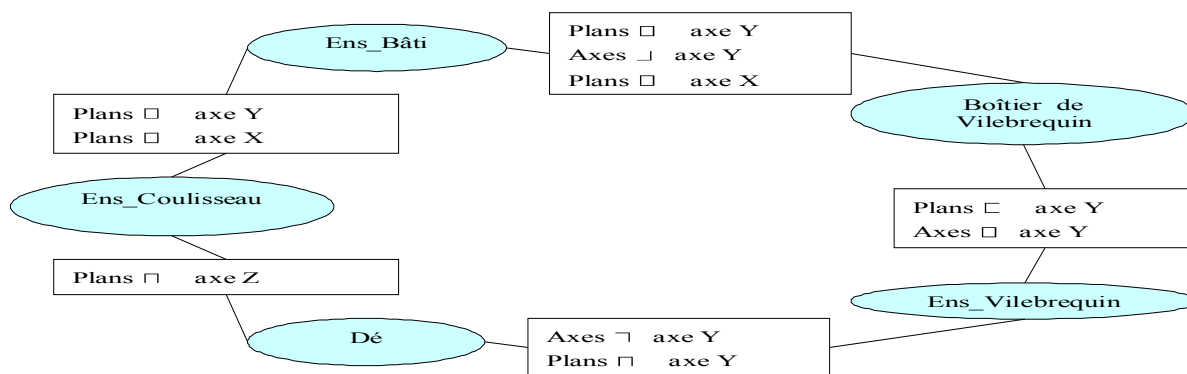
**Figure 5**

### **Contraintes d'assemblage :**

Le mécanisme est construit avec les contraintes d'assemblage définies Figure 6.




**Figure 6**



**Figure 7**

Depuis FeatureManager, et dans l'arbre du modèle, cliquer sur chaque contrainte afin de la visualiser sur le modèle.

### **Interface MotionWorks :**

L'onglet  sous l'arbre de construction Feature Manager permet de basculer dans MotionWorksManager.



**Figure 8**

## Barre d'outils

La barre d'outils propose toutes les fonctions disponibles par icônes.

Barre principale



Barre secondaire



Figure 9

On affiche ou masque ces barres d'outils depuis le menu SolidWorks en les cochant ou non.



boîte d'options du simulateur



éditeur d'application (Macro Langage pour MotionWorks +)



grapheur



ajout de repère



ajout de liaison, ouvre la boîte de dialogue correspondante



annulation de la dernière liaison créée



mode construction et modification des paramètres de simulation



didacticiel au format html associé au modèle ouvert



Human : construction automatique de mannequin



détection de collision pendant la simulation



export des données nécessaires au calcul avec Cosmos/Works

barre de simulation :



début de la simulation calculée



stoppe la simulation, pendant le calcul ou en relecture



démarre un calcul, poursuit la simulation si on l'a stoppée ou si on a augmenté le temps final, rejoue la simulation en mémoire (post-traitement)



désactive l'affichage des images pour effectuer la simulation plus rapidement



fin de la simulation calculée

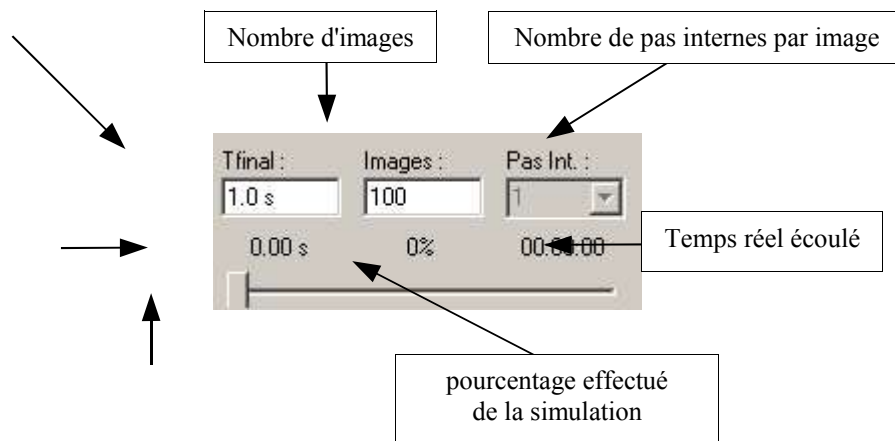



rejoue l'animation en boucle



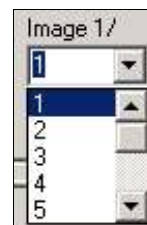
réalise des animations vidéo AVI

La barre des temps permet de définir le temps de simulation et le nombre d'images en sortie. Au cours de la simulation, elle fournit des renseignements sur l'état d'avancement.



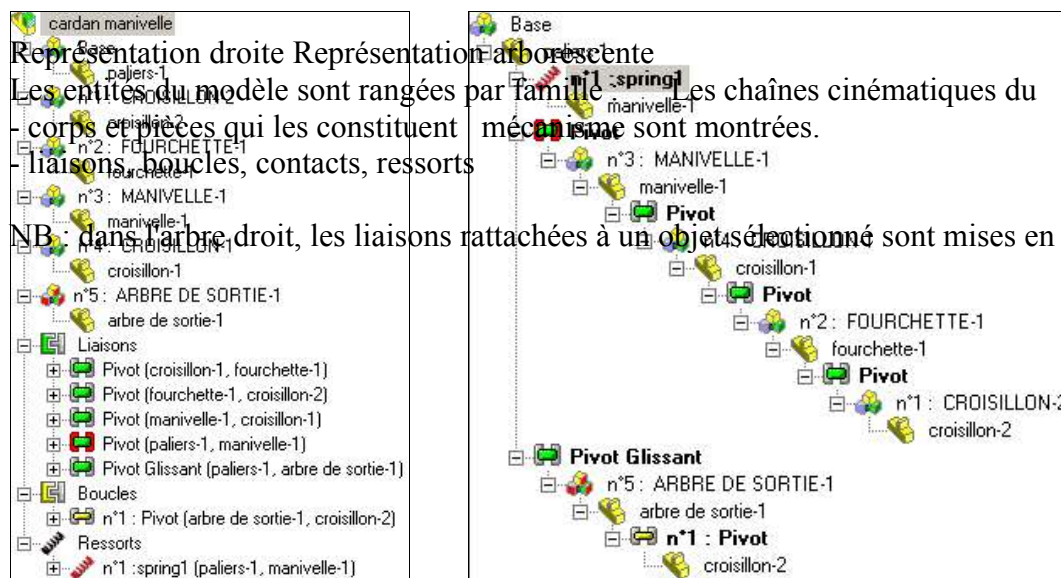
En post-visualisation (revenir au début du calcul par ) , la case **Pas Int.** prend la forme :

On choisit alors le ratio d'images affichées à partir de celles stockées en mémoire après un calcul.  
(Par défaut, valeur 1 : toutes les images sont affichées)



On peut ainsi avoir une animation plus rapide et fluide.

Représentation arborescente : affiche l'arbre de construction de 2 manières :



### **Liaisons cinématiques en mode automatique :**

MotionWorks est capable de convertir automatiquement les contraintes d'assemblage, sous certaines conditions, en liaisons cinématiques.

Pour réaliser cette conversion, à l'intérieur de MotionWorksManager et dans l'arbre du modèle, il faut utiliser l'option **Rendre tout mobile** disponible dans le menu contextuel.

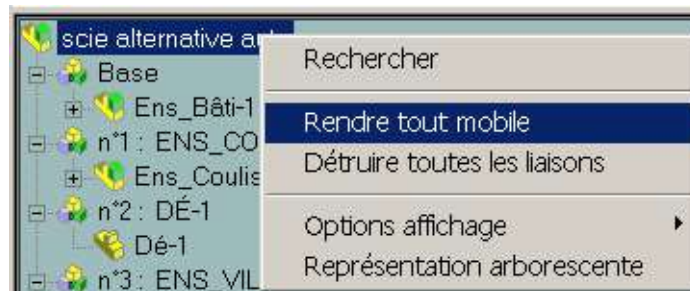


Figure 10

Alors l'arbre du modèle s'enrichit des liaisons cinématiques que MotionWorks a détectées, en fonction des contraintes d'assemblage.

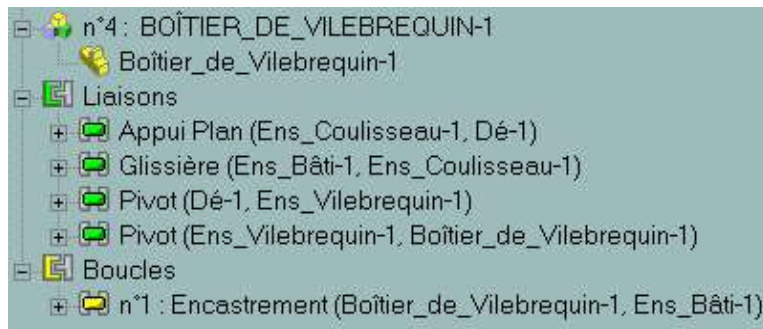
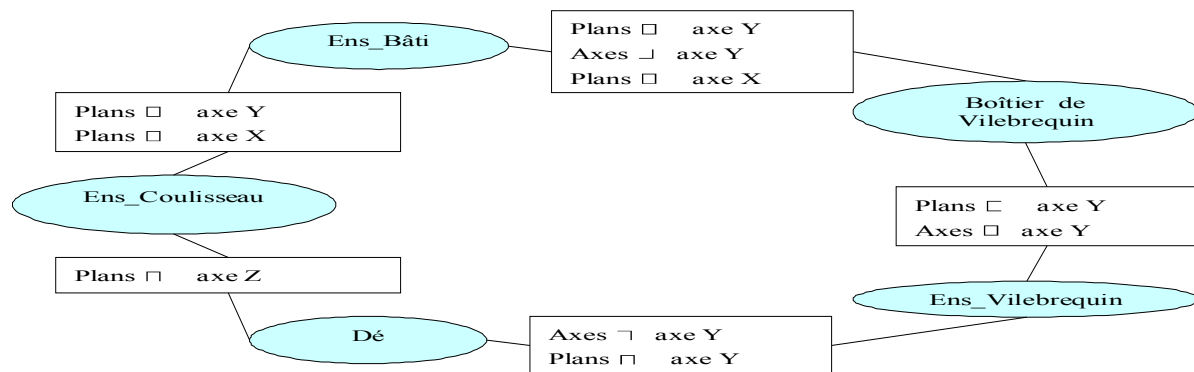
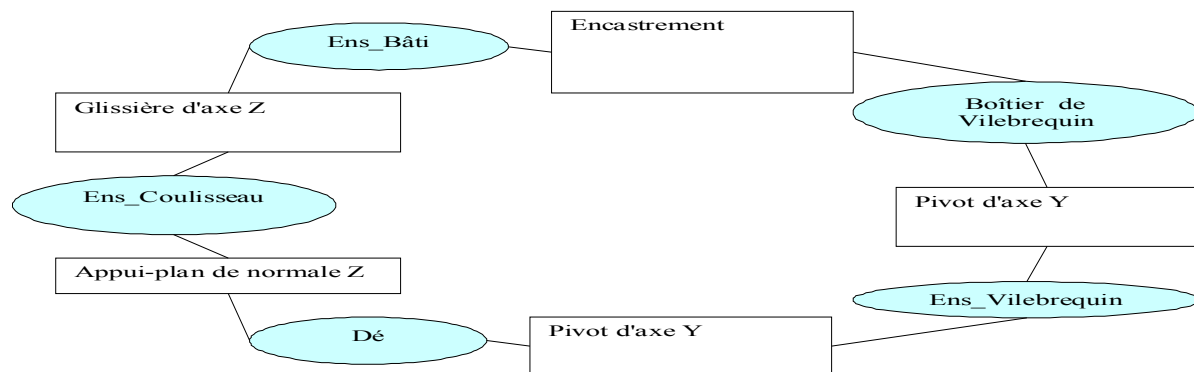


Figure 11

**Analyse de la conversion :****Figure 12**

Les contraintes d'assemblage rappelées sur la Figure 12 sont transformées en liaisons cinématiques ainsi que le précise la Figure 13.

**Figure 13**

La liaison Encastrement entre le groupe Ens\_Bâti et le Boîtier\_de\_Vilebrequin est une liaison de bouclage.

Ce type de liaison, qui va disparaître du logiciel, est toujours une notion délicate à aborder.

Dans ces liaisons de bouclage, il n'est pas possible de définir ou de déterminer des caractéristiques statiques ou cinématiques.

On aura alors intérêt à avoir une liaison cinématique de type Encastrement comme liaison de bouclage.

La liaison de bouclage se fait toujours, dans le mode automatique, en utilisant les dernières contraintes d'assemblage placées dans le mécanisme.

Constater cette propriété pour le mécanisme de la scie alternative.

Un mécanisme peut posséder plusieurs liaisons de bouclage.

**Liaisons cinématiques en mode semi-automatique :****1- Mobile :**


C'est un mode automatique qui crée les liaisons uniquement entre les solides sélectionnés.

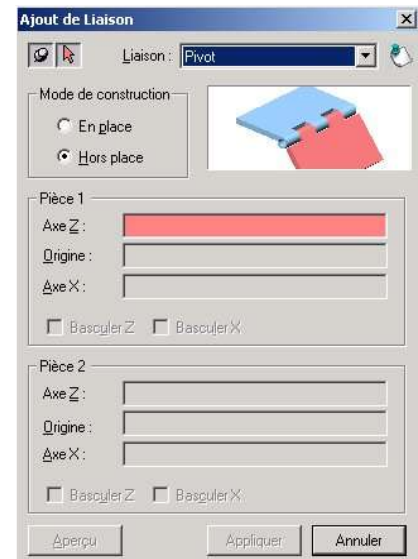
**1- Lier 2 à 2 :**

C'est un mode automatique qui crée les liaisons uniquement entre 2 solides sélectionnés.

**Liaisons cinématiques en mode manuel :****1- Principe de construction des liaisons :**

Le mode construction est activé par l'icône .

Cliquer sur l'icône  ouvre la boîte d'ajout de liaisons :



- Les 5 étapes de construction d'une liaison sont :**

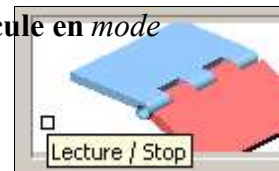
- 1) choix de la liaison :

- par le menu déroulant :



- en cliquant sur l'image représentant la liaison (les liaisons défilent dans un sens ou l'autre suivant que l'on clique en haut ou en bas de l'image).

**NB :** en cliquant dans le coin inférieur gauche de l'image, on bascule en *mode animation* ou *image fixe*.



- en ouvrant la boîte des liaisons

classées par famille (  ) :

## 2) choix du mode de construction :

☒ En place

si les pièces sont déjà  
correctement  
positionnées : elles ne bougent  
pas lors de l'ajout de la liaison.

☐ Hors place

lors de l'ajout de la  
liaison, le  
corps 2 se positionne par superposition des repères de liaison définis sur la  
pièce 1 et sur la pièce 2.

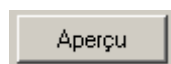


## 3) création d'un repère de liaison OXYZ sur le corps 1

## 4) création d'un repère de liaison OXYZ sur le corps 2

5)  création de la liaison.

## NB : fonction d'aperçu



avant de valider la création, cette commande permet de réaliser la liaison et de la vérifier sans fermer la boîte d'ajout de liaisons. On peut ainsi modifier des paramètres avant de valider définitivement.

L'icône associée (Annuler ajout de liaison) permet de revenir en arrière si la liaison ne convient pas.

- **Les 4 étapes de la construction d'un repère de liaison sont :**

## 1) choix

- ⇒ de l'axe Z du mouvement pour les liaisons *Glissière, Pivot, Pivot Glissant, Linéaire Annulaire, Hélicoïdale* ;
- ⇒ ou du plan XZ du mouvement pour les liaisons *Appui Plan, Ponctuelle, Linéaire Rectiligne* ;
- ⇒ ou du centre O du mouvement pour la liaison *Rotule* .

## 2) choix d'une origine O sur l'axe ou le plan du mouvement :

## 3) choix d'un axe X perpendiculaire à l'axe ou au plan du mouvement :

## 4) inversion des axes X et Z pour avoir le repère dans la configuration voulue :

Il est possible de sauter des étapes. Pour cela, cliquer dans un champ activable (fond blanc) puis sélectionner l'entité voulue. Les **liaisons manuelles peuvent être éditées**.

**NB** : à partir de la version **SolidWorks 2001 sp11**, on peut utiliser sans restriction :

- les géométries de référence comme les plans, les axes et les systèmes de coordonnées
- les origines des pièces

- les lignes de séparation
- les entités d'esquisse
- les surfaces

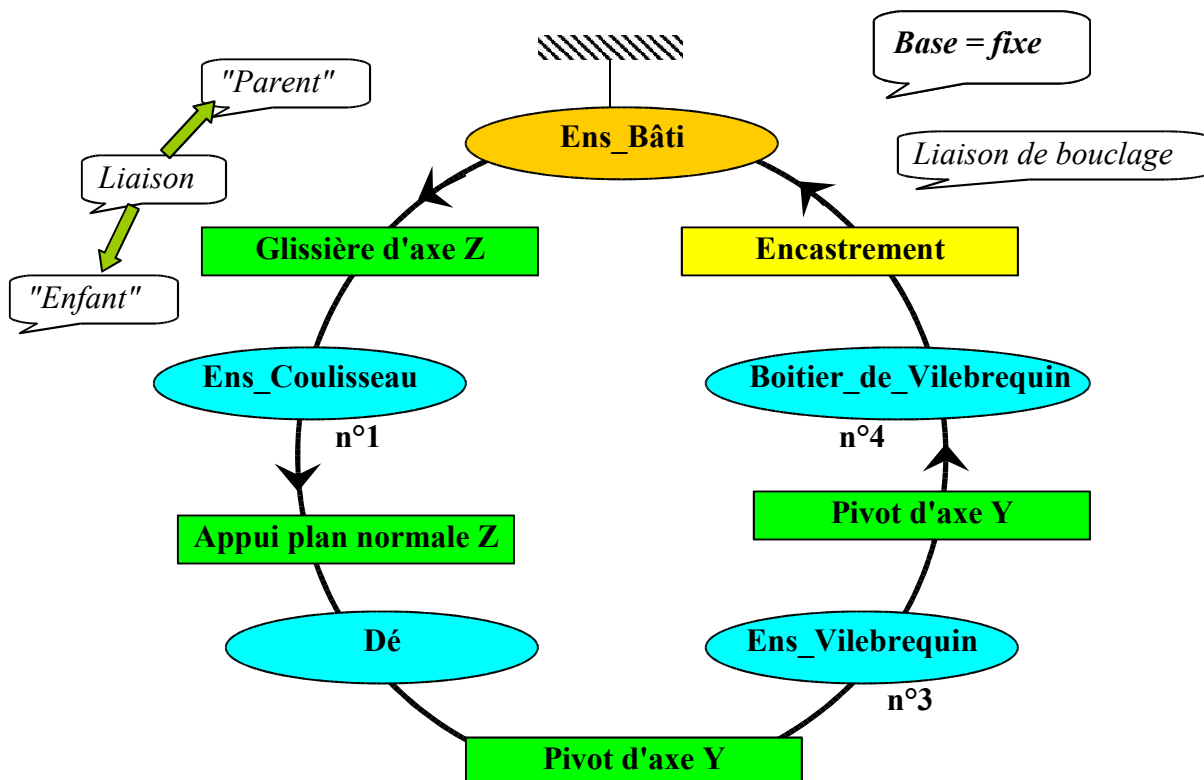
On ne peut pas utiliser les axes temporaires.

## 2- Liaisons mécaniques

Un mécanisme est constitué de corps reliés par des liaisons. Pour deux corps liés par une liaison, on définit un corps "Parent" et un corps "Enfant". La construction d'un mécanisme se fait par des chaînes constituées d'un corps, d'une liaison, d'un corps, d'une liaison...

- ⇒ Une chaîne démarre toujours de la **Base**, le **solide fixe qui sert de référentiel absolu**, elle peut être **ouverte** ou **fermée**.
- ⇒ Un repère de construction est associé à chaque corps et un repère de liaison à chaque liaison : **il est fixe sur le corps "Parent"**.
- ⇒ C'est le mouvement du repère de construction "Enfant" par rapport au repère de liaison qui donne le **mouvement du corps "Enfant" par rapport au corps "Parent"** (paramétrage relatif).
- ⇒ Dans l'arbre du mécanisme, chaque corps est repéré par rapport au précédent par les positions articulaires de la liaison notés  $p[i,j]$  où  $i$  est le n° du corps et  $j$  le n° du ddl de la liaison (de 1 à 6).

Exemple de chaîne (Graphe des liaisons "avec un sens de construction") pour la scie alternative



- **Mécanisme ouvert**

Un mécanisme ouvert est représenté par un arbre constitué de corps reliés par des liaisons. **Il ne possède pas de boucle cinématique.**

On construit le mécanisme sous la forme d'un arbre : un corps peut avoir plusieurs "Enfants" mais il n'a qu'un seul "Parent". La liaison associée à un corps est celle qui le relie à son "Parent".

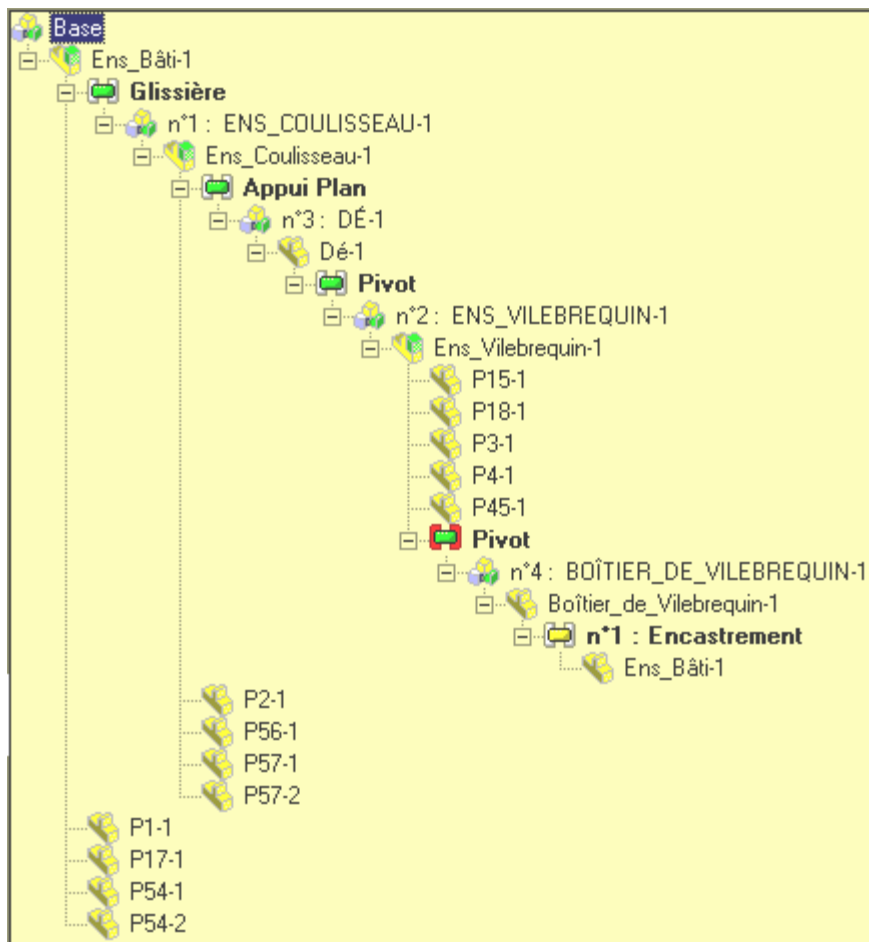
- **Mécanisme fermé**

Un mécanisme est fermé lorsqu'il possède **au moins une boucle cinématique**.

MotionWorks détecte automatiquement les boucles cinématiques et les indique dans l'arbre de construction par en jaune.



### Arborescence obtenue pour pour la scie\_alternative



Les boucles sont fermées à l'aide des liaisons de la bibliothèque.

- ⇒ On peut activer ou désactiver un bouclage mais on ne peut pas y introduire d'effort moteur ou résistant ou y imposer une loi de mouvement.
- ⇒ On prendra donc soin de fermer les boucles cinématiques sur des liaisons parfaites non pilotées (souvent une Rotule, Linéaire Annulaire, Ponctuelle ou bien sûr Encastrement).
- ⇒ Dans les bouclages, les efforts résultants sont fournis mais pas les variables articulaires.

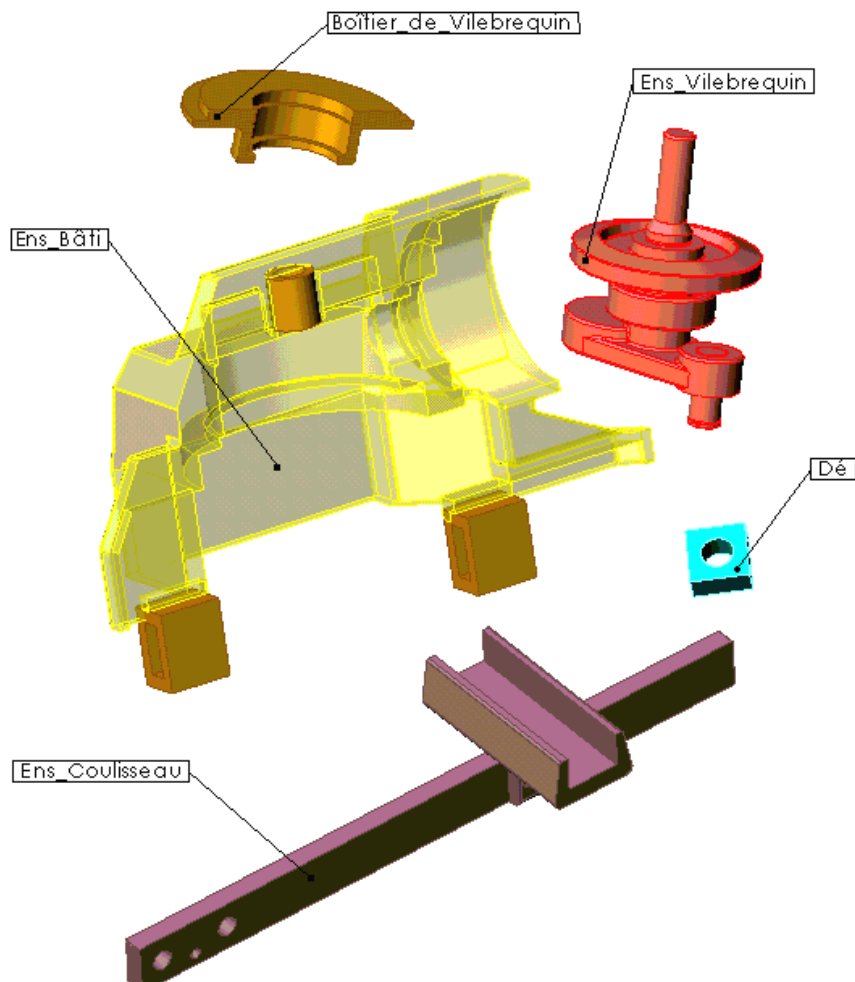


---

Ces restrictions disparaîtront dans une prochaine version de MotionWorks.

### 3 - Construction de la "Scie\_Alternative à construire.sldasm"

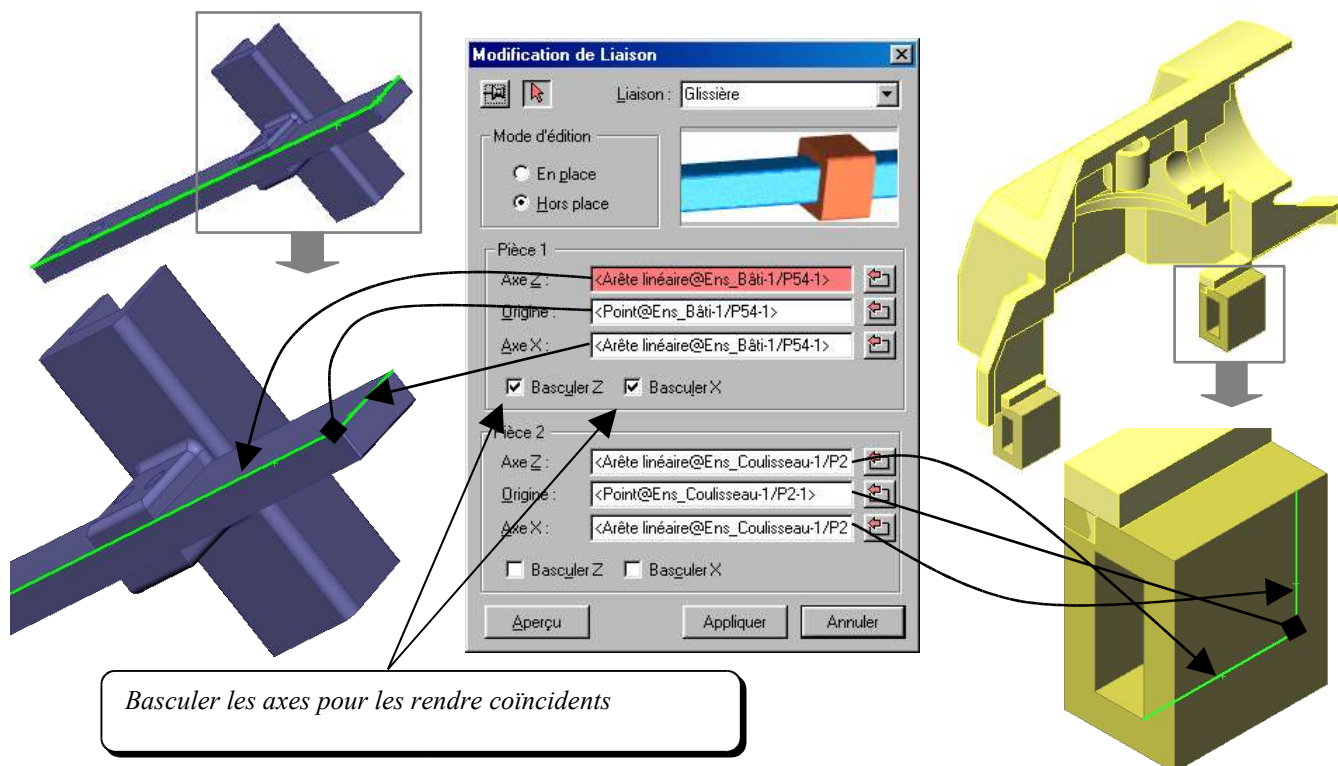
Le mécanisme de départ ne comporte aucune contrainte d'assemblage SolidWorks.



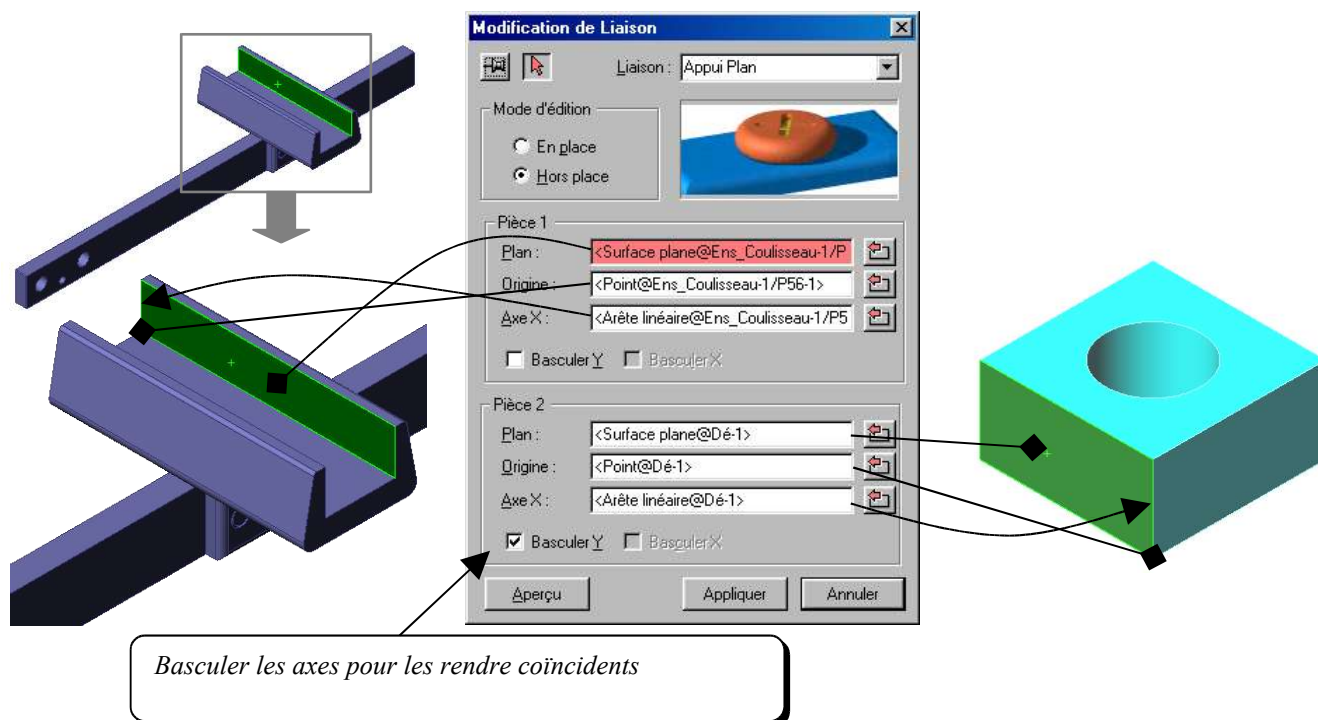
Les liaisons seront construites de manière à terminer la boucle cinématique par la liaison Encastrement entre le groupe **Ens\_Bâti** et le **Boîtier\_de\_Vilebrequin**. C'est sur la dernière liaison dans une boucle que MotionWorks crée la **liaison de bouclage**.

Lors de la création des liaisons, on met en place un repère propre à la pièce. Sauf indication contraire, il est préférable de faire coïncider les repères.

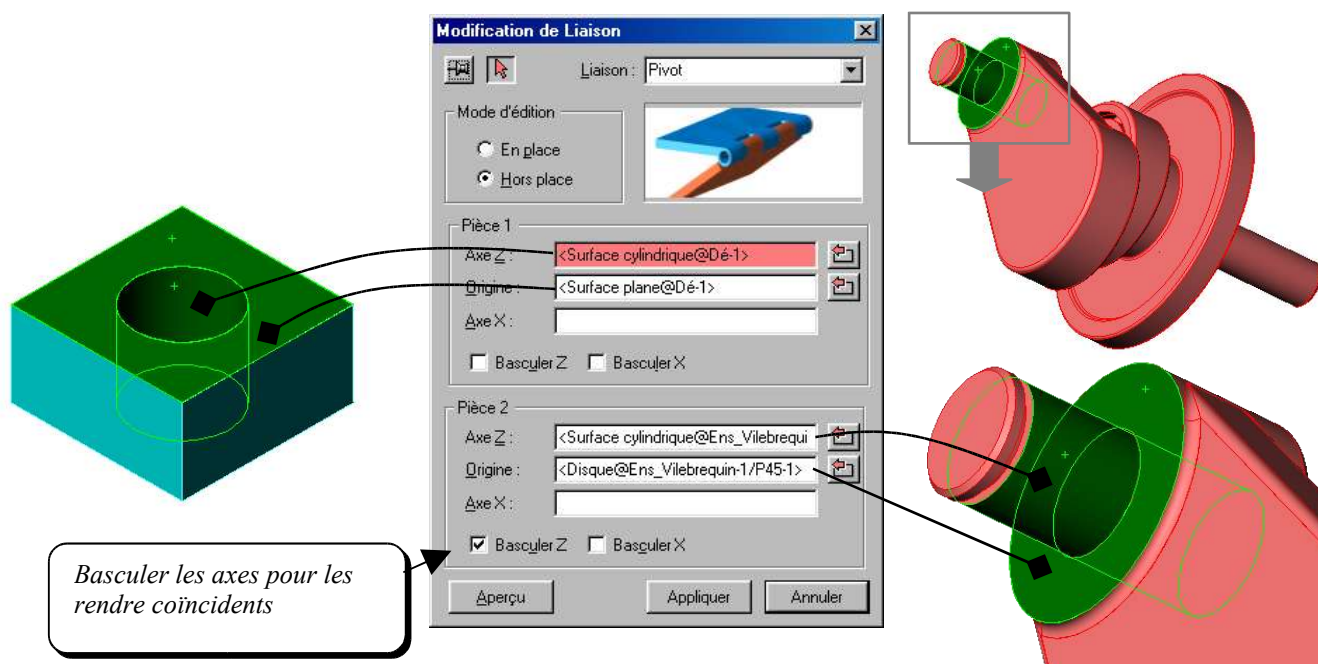
## 1ère étape : Liaison Glissière d'axe Z entre Ens\_Bâti et Ens\_Coulisseau



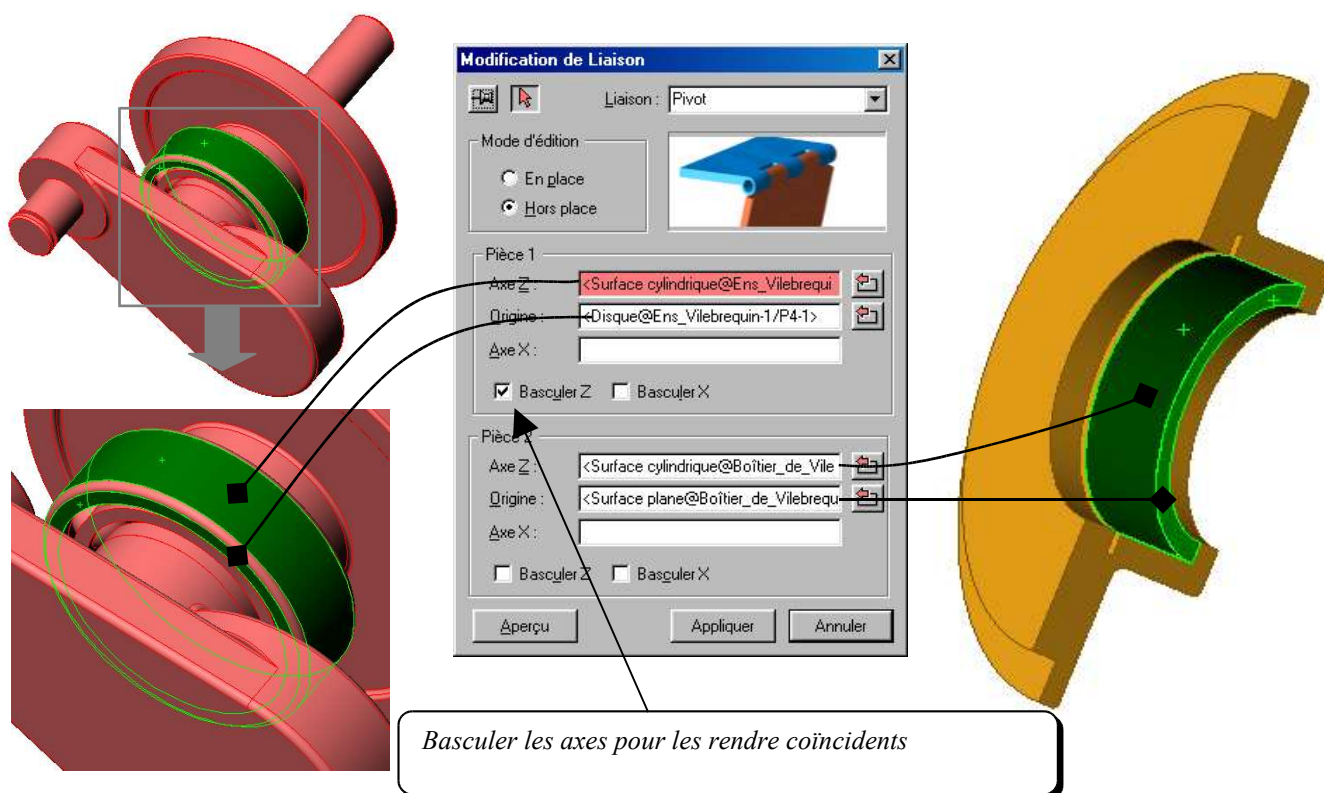
## 2ème étape : Liaison Appui Plan de normale Z entre Ens\_Coulisseau et Dé



### 3ème étape : Liaison Pivot d'axe Z entre Ens\_Vilebrequin et Boîtier de Vilebrequin

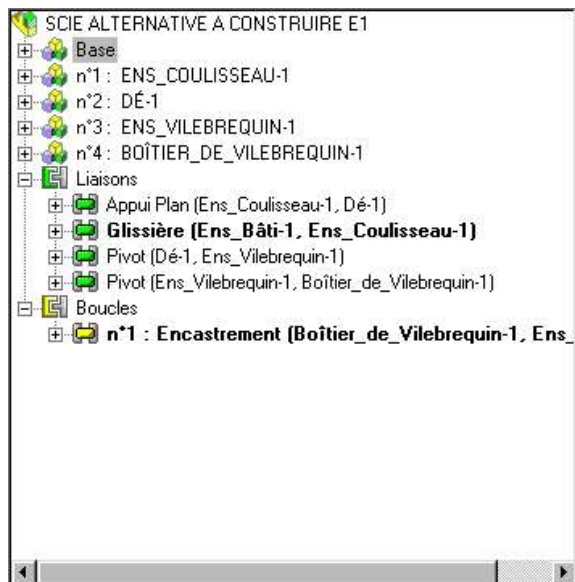
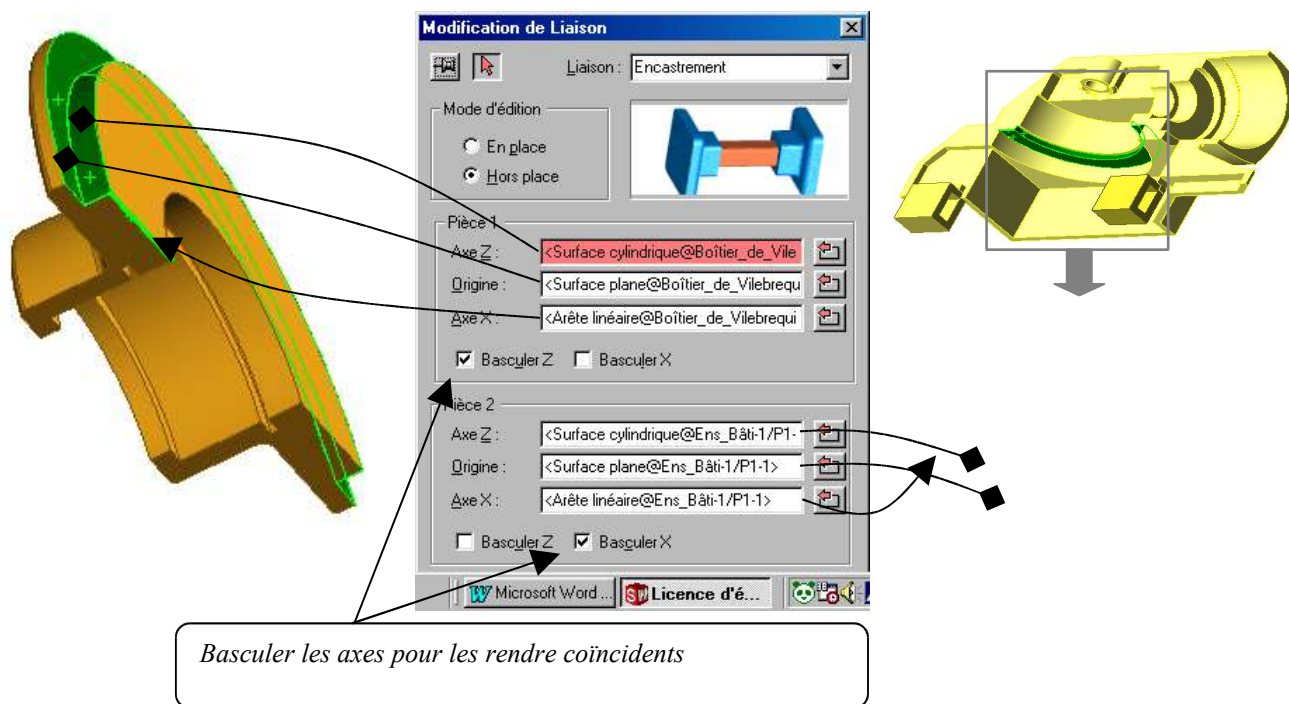


### 4ème étape : Liaison Pivot d'axe Z entre Dé et Ens\_Vilebrequin



**A noter :** Ici l'orientation des axes X n'a pas d'importance : leur correspondance n'est pas nécessaire.

## 5ème étape : Liaison Encastrement entre Boîtier\_de\_Vilebrequin et Ens\_Bâti



**Attention :** La liaison Encastrement ferme la boucle : c'est une liaison de bouclage. Elle apparaît dans un sous-ensemble de liaison, elle est de couleur jaune.

## Mise en place d'une simulation :

### 1-Pilotage de la liaison d'entrée en vitesse :

Le mode construction est activé par l'icône .

Activer l'arbre MotionWorks

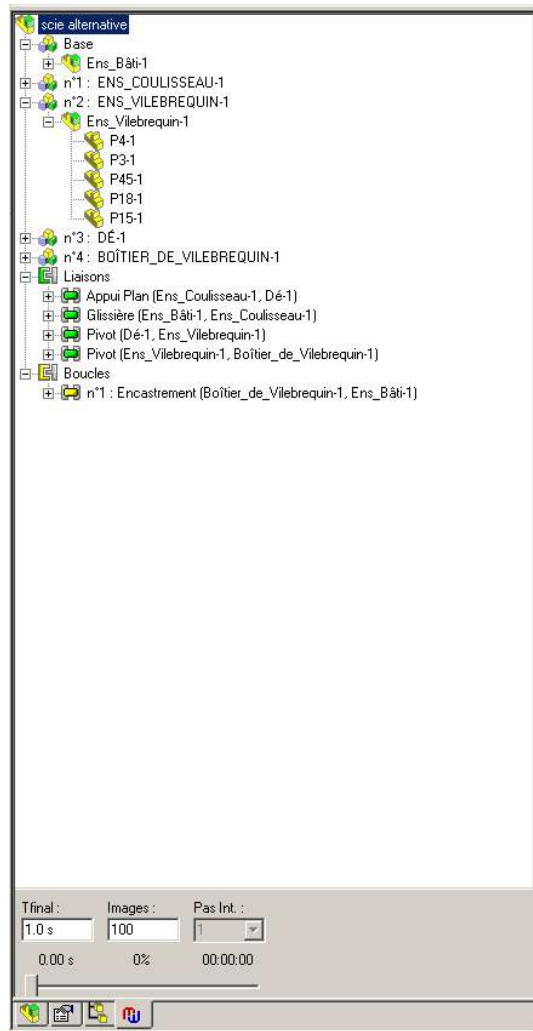


Figure 14

Nous allons motoriser le groupe **Ens\_Vilebrequin**.

Pour cela positionner le pointeur de la souris sur liaison **Pivot (Ens\_Vilebrequin-1, Boîtier\_de\_Vilebrequin-1)**.

Cliquer avec le bouton droit pour faire apparaître un menu contextuel.

Choisir **Propriétés**.

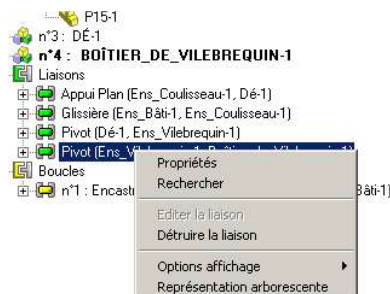


Figure 15

On obtient la boîte de dialogue de la Figure 16



Figure 16

Le bouton **Conditions initiales** permet de régler la valeur initiale de la position angulaire du groupe **Ens\_Vilebrequin** par rapport au groupe **Ens\_bâti**.

Le bouton **Couple articulaire** permet d'appliquer des efforts intérieurs dans la liaison.

**ddl 1 (R)** indique que cette liaison a un degré de liberté en rotation.

Le bouton **Mouv. imposé** permet le **Pilotage** du degré de liberté en **Position**, **Vitesse** ou **Accélération**.

Cliquer sur le bouton **Conditions initiales**.



Figure 17

L'angle peut être réglé en entrant une valeur numérique dans le champ **Position**, Figure 17.

Cet angle est en radians, mais on peut l'exprimer en degrés en modifiant les unités.

Entrer différentes valeurs et constater le résultat sur la position réelle du vilebrequin.

**Attention** : Il n'y a pas de bouton de validation mais le fait de fermer la boîte de dialogue par le bouton **X** valide la dernière valeur entrée.



Des raccourcis claviers intéressants :

- F5** =  $\pi/2$  rad ou  $90^\circ$
- MAJ + F5** =  $-\pi/2$  rad ou  $-90^\circ$
- F6** =  $\pi$  rad ou  $180^\circ$
- MAJ + F6** = 0

Après avoir effectué divers essais, sortir en laissant l'angle à 0 rad.

Cliquer sur le bouton **Mouv. imposé** pour entrer une vitesse de rotation constante.



Figure 18

Cocher l'option **Constante**.

Cocher l'option **Vitesse**.

Entrer la valeur 37 (l'unité s'affiche automatiquement).

La vitesse du groupe **Ens\_Vilebrequin** par rapport au **Boîtier\_de\_Vilebrequin** est donc égale à 37 rad/s

Dans l'arbre MotionWorksmanager, l'icône de la liaison pivot devient rouge. Ceci indique que des données de pilotage ont été enregistrées. Ce sera notre liaison d'entrée.

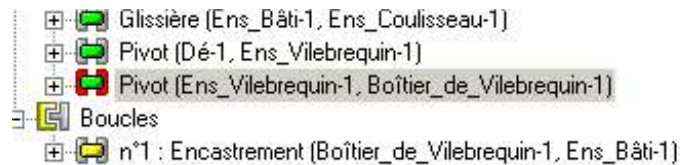


Figure 19

Nous sommes prêts maintenant à faire une simulation.

Il faut régler deux paramètres :

la durée de simulation

le nombre d'images

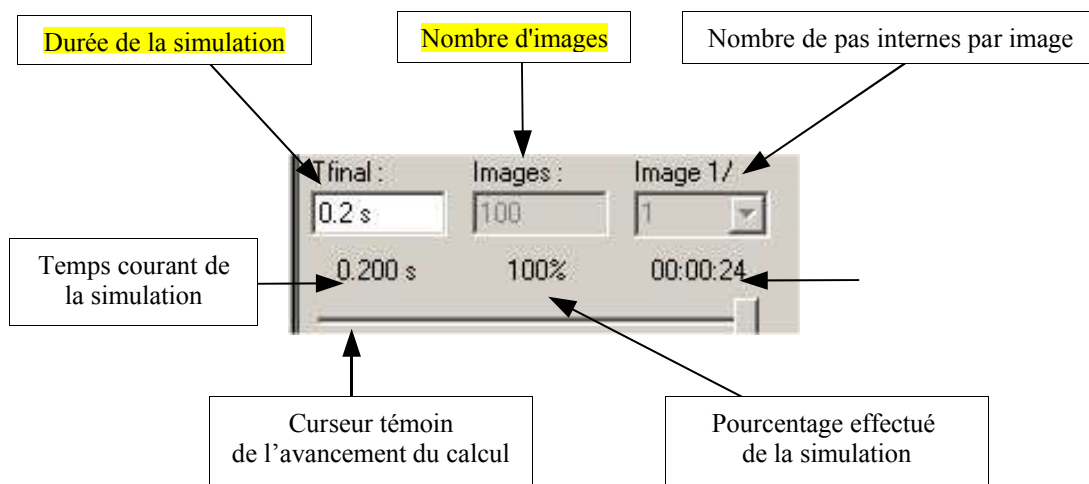


Figure 20

Régler la durée de la simulation à 0.2 s, ce qui permet d'obtenir environ un tour de Vilebrequin.

Le nombre d'images correspond au nombre d'images affichées pendant la simulation, plus ce nombre est grand plus la fluidité du mouvement à l'écran est bonne.

Lancer la simulation



## 2- Dépouillement des résultats :

Le dépouillement des résultats se fait par le grapheur, activé par l'icône



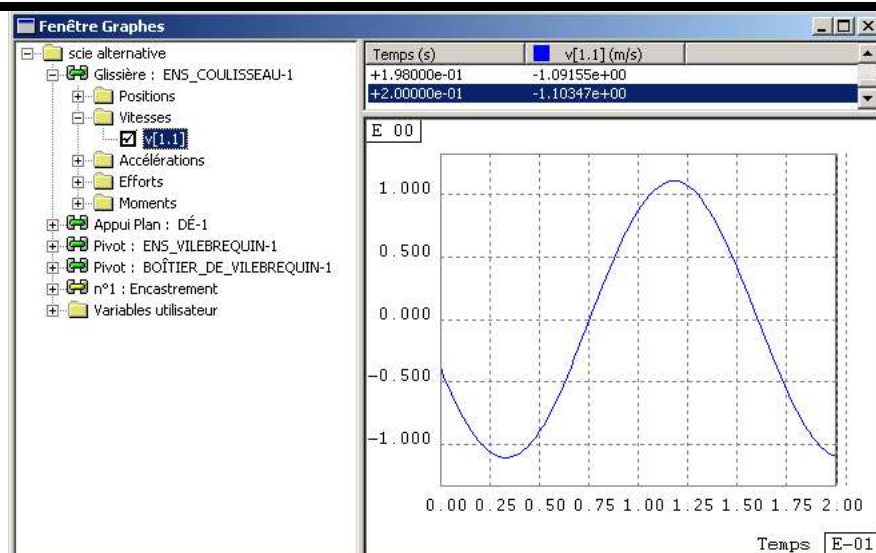


Figure 21

Développer la branche de la glissière *Ens\_Coulisseau*.

Développer la branche des *Vitesse*s.

Cocher la vitesse du groupe *Ens\_Coulisseau* identifiée par *v[1.1]*.

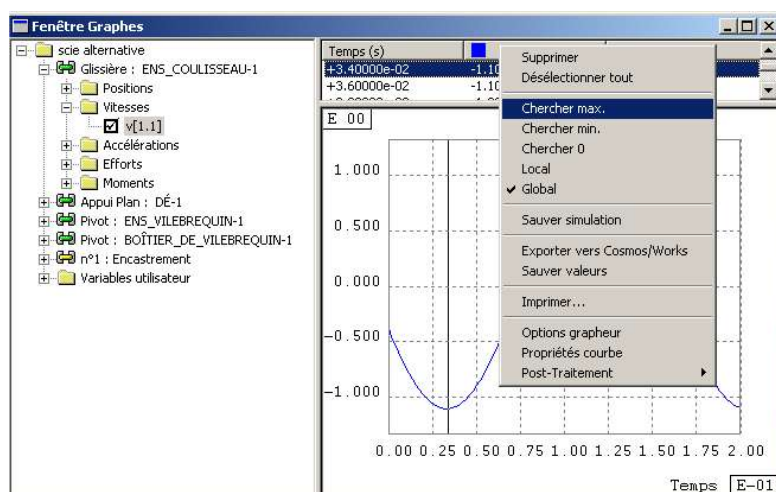


Figure 22

En cliquant avec le bouton droit sur *v[1.1]* dans la zone des valeurs numériques on peut analyser la courbe.

Chercher le maximum.

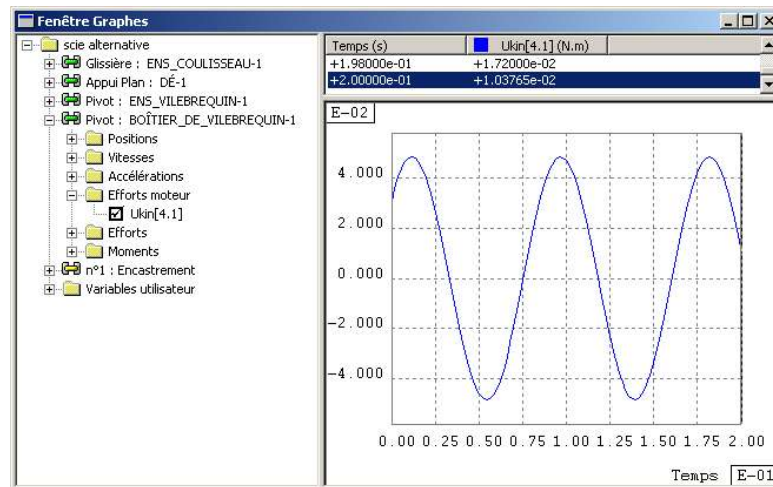
Chercher le minimum.

Chercher les valeurs nulles.

Sauver la simulation.

**Attention :** Dans le grapheur, chaque liaison est identifiée par le nom de la pièce fille choisie au moment de la construction de la liaison.

Pour obtenir une vitesse angulaire constante, il faut imposer un certain couple moteur qu'on peut visualiser.

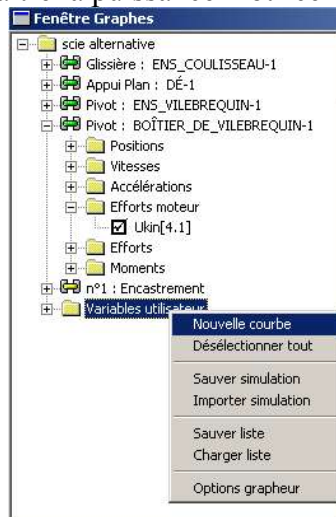


**Figure 23**

On le trouve dans la branche de la liaison pivot d'entrée, identifiée par *Boîtier\_de\_Vilebrequin*, dans une branche nommée *Efforts moteur* et portant le nom *Ukin[4.1]*.

On constate que pour obtenir une vitesse stable, le couple moteur doit osciller autour de la valeur 0.

Supposons que l'on souhaite connaître la puissance motrice instantanée.



**Figure 24**

Il suffit de définir une variable utilisateur que nous allons appeler *Puissance Motrice*. Pour cela, avec le bouton droit de la souris, cliquer sur la branche *Variables utilisateur*. Sélectionner l'option *Nouvelle courbe*.

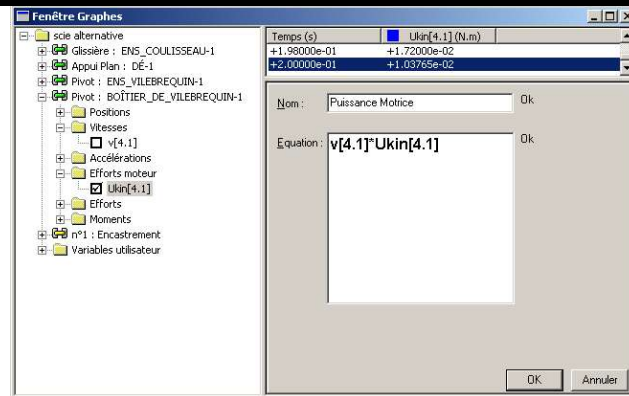


Figure 25

Donner le nom **Puissance Motrice**, elle sera en Watts.

Dans la zone **Equation** entrer la relation donnant la puissance (Couple \* Vitesse angulaire)

Pour cela :

cliquer sur **v[4.1]** dans l'arbre

taper \*

cliquer sur **Ukin[4.1]** dans l'arbre

cliquer le bouton **OK**.

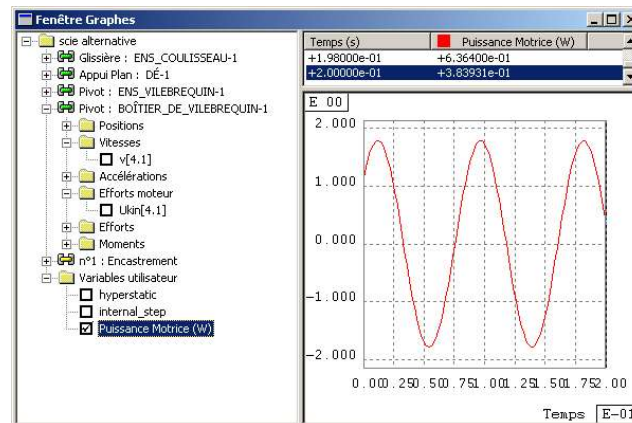


Figure 26

Activer la nouvelle variable en cochant la case située devant son nom.

La puissance instantanée oscille autour de 0.

### 3- Visualisation des vitesses et des trajectoires :

On peut visualiser la vitesse, l'accélération ou la trajectoire d'un point d'un solide en insérant

un repère en ce point. Cette insertion se fait en utilisant l'icône .

Nous allons nous occuper du mouvement du vilebrequin en construisant plusieurs repères sur cette pièce.

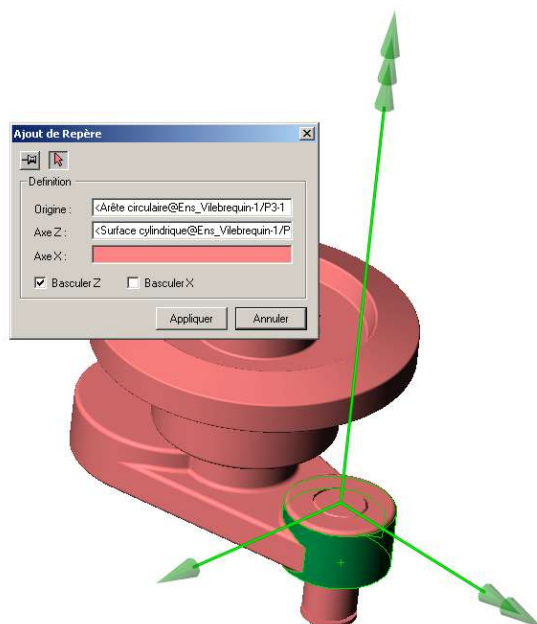


Figure 27

Il peut être intéressant de cacher les autres composants dans l'arbre Solidworks.

Cliquer sur

Sélectionner une arête circulaire.

Pour définir l'axe Z du repère, sélectionner la surface cylindrique (ceci n'est pas indispensable).

Eventuellement, cocher **Basculer Z** pour avoir l'axe Z vers le haut.

Quand le repère a l'aspect de la Figure 27, cliquer le bouton **Appliquer**.

Editer les propriétés de ce repère.



Figure 28

**Afficher** la **Trajectoire** en rouge.

**Afficher** la **Vitesse** en vert, **Echelle** = 0.01.

**Afficher** l'**Accélération** en bleu, **Echelle** = 0.001.

Appliquer en fermant la boîte de dialogue par le bouton

Lancer la simulation

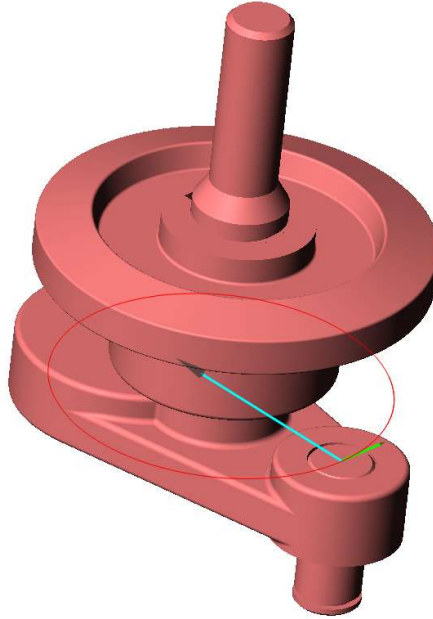


Figure 29

Observer le résultat à l'écran.

Pour connaître la valeur de la vitesse au point origine du repère, il faut donner un nom à la variable correspondante.



Figure 30

Dans le grapheur, cette variable se retrouve au niveau des *Variables utilisateur*.

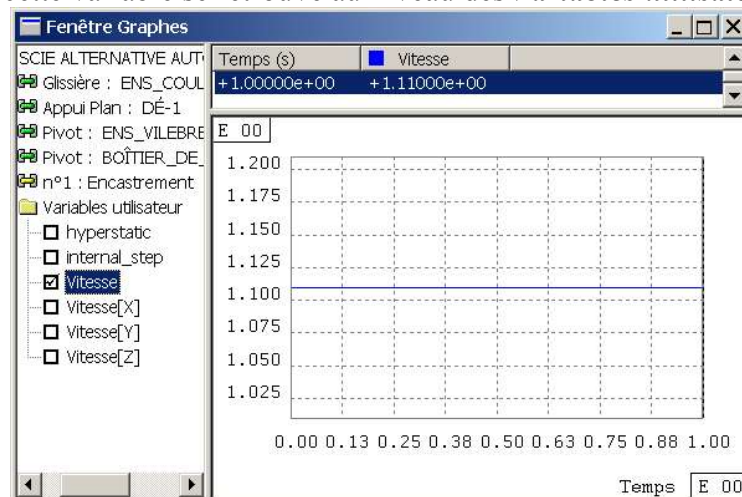


Figure 31

Si des points d'esquisse ont été construits, on peut les sélectionner pour placer différents repères.

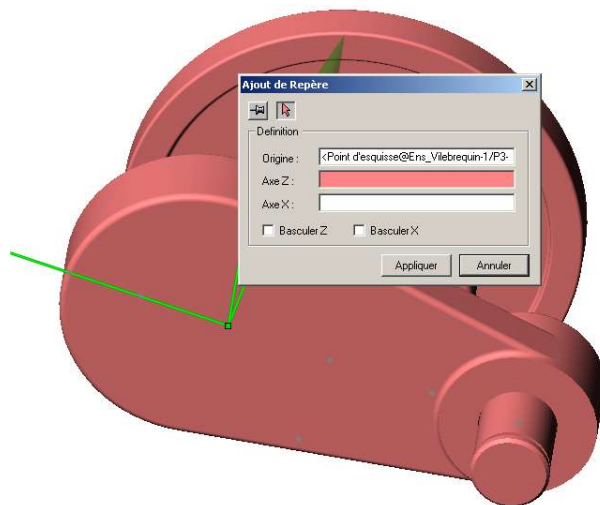


Figure 32

Ici, on veut montrer la proportionnalité de la vitesse avec le rayon, il faut construire des points d'esquisse alignés sur une droite passant par l'axe de rotation. Construire ces points, et y placer un repère.

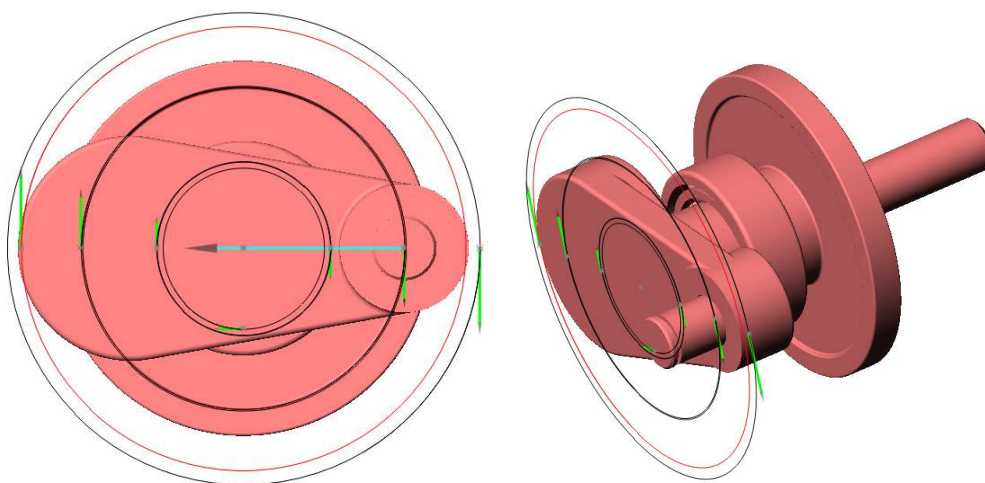


Figure 33

Il est alors facile de visualiser cette propriété au cours du mouvement.

#### **4- Appliquer des efforts extérieurs :**

Pour appliquer des efforts sur une pièce, il faut avant tout définir un repère. Essayons de modéliser l'effort de la pièce à découper sur la lame de scie.

Supposons que cet effort vaille :

0 N      quand la lame de scie sort  
1000N    quand la lame de scie rentre

Nous allons créer un repère situé sur le support de cet effort et placé sur le coulisseau.

Si ce point origine du repère n'est pas un point accessible de la pièce (sommet d'arête), il faut créer un point d'esquisse.

Supposons que le point d'application soit situé au milieu de l'arête inférieure de l'extrémité du coulisseau.

Construire un point d'esquisse à cet endroit.

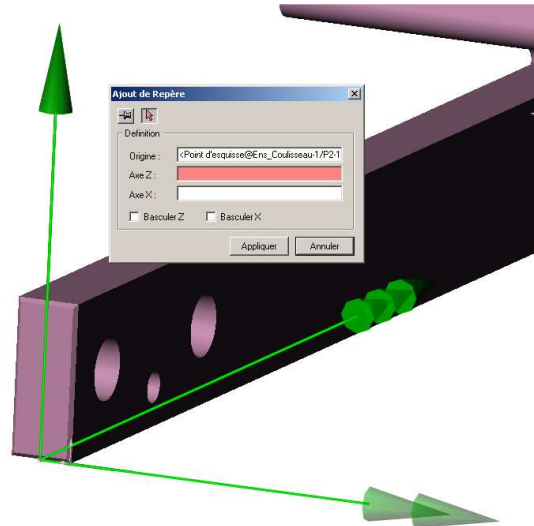


Figure 34



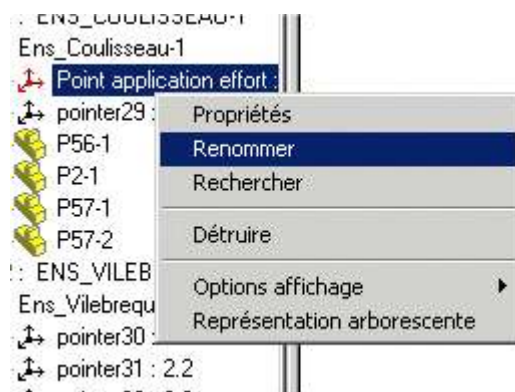
ajout de repère

Sélectionner le point d'esquisse construit.

Laisser les axes tels qu'ils sont.

Cliquer le bouton **Appliquer**.

Nous allons d'abord renommer ce repère.



Menu contextuel sur le repère puis **Renommer**, lui donner le nom **Point application effort**.

Editer les propriétés du repère ainsi créé.

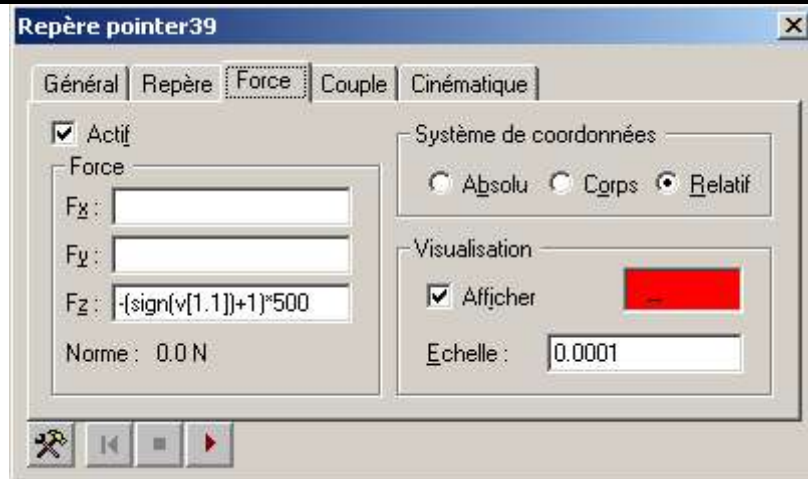


Figure 35

On pourrait écrire une instruction conditionnelle IF vitesse < 0 ....etc.  
Mais pour faire ceci, il faut utiliser le macro langage dont nous parlerons plus tard.

$v[1.1]$  est la vitesse dans la liaison glissière.

Si cette vitesse est  $> 0$ , la lame de scie rentre et on crée un effort  $F_z = -1000$  N, effort opposé à la vitesse.

Si la vitesse est  $< 0$ , la lame de scie sort et on crée  $F_z = 0$  N

Attention de bien préciser dans quel **Système de coordonnées** vous donnez les valeurs, ici ce sera en **Relatif**.

L'échelle est exprimée en N/m quelle que soit l'unité de longueur en cours.

Ici 1000 N seront représentés par  $1000 * 0.0001$  m soit 0.1 m ou 100 mm.

L'échelle, pour nos mécanismes qui ont des dimensions voisines des 100 mm, sera très souvent de cet ordre de grandeur.

## 5- Visualiser des efforts de liaison :

Les efforts dans les liaisons sont visualisables dans les propriétés des liaisons.  
On peut aussi tracer la valeur de chaque composante d'effort ou de moment ainsi que les modules des résultantes ou moments.

Essayons de visualiser, pendant la simulation, la résultante dans la liaison pivot entre le groupe **Ens\_Vilebrequin** et le **Dé**.

Pour cela éditer les propriétés de cette liaison et activer l'onglet **Visu**.



Figure 36

Pour la **Force**, cocher l'option **Afficher**.

Noter que les actions de liaisons sont des torseurs, on peut donc aussi examiner le moment.

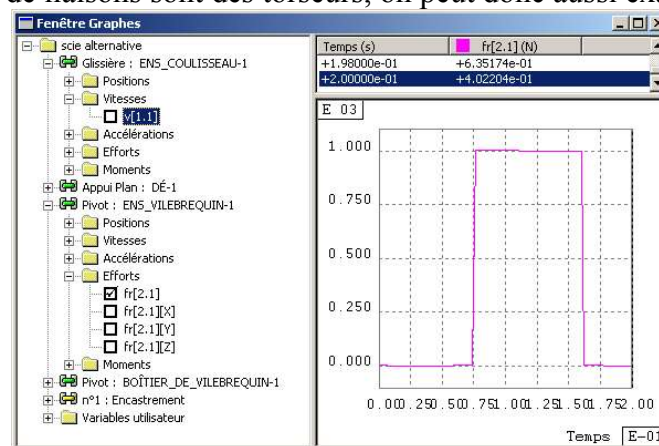


Figure 37

Dans le grapheur, cette même force peut être tracée par son module, ou composante par composante, exprimée chacun dans le repère de liaison.

Le module est indiqué par **fr[2.1]**

La projection sur X est indiquée par **fr[2.1][X]**

Cet effort est l'effort dans la liaison pivot entre le **Dé** et le le groupe **Ens\_Vilebrequin**.

Cet effort est l'effort du père sur le fils donc effort du **Dé** sur le groupe **Ens\_Vilebrequin**.

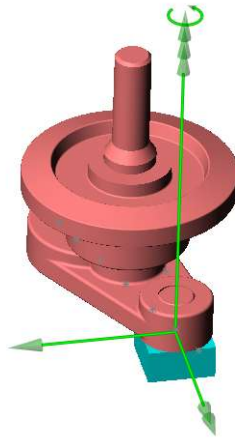


Figure 38

Pour connaître le repère de liaison il suffit de cliquer, en mode construction, sur la liaison.

Un repère vert s'affiche

Donc ici  $fr[2.1][X]$  est la composante suivant l'axe de la coulisse de l'effort du corps père sur le corps fils soit du **Dé** sur le groupe **Ens\_Vilebrequin**.

Cet effort n'est pas nul, ceci est dû à l'inertie du **Dé**.

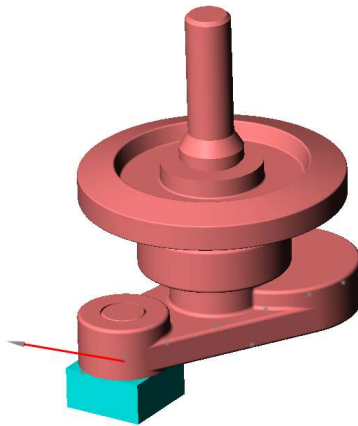


Figure 39

L'effort prédominant est bien entendu la composante de l'effort suivant Y (normal à la coulisse).

## 6- Installer du frottement dans une liaison :

Nous allons installer du frottement dans la liaison Appui plan entre le **Dé** et le **Coulisseau** et dans la liaison Pivot entre le **Dé** et le **Vilebrequin**.

Editer les propriétés de la liaison Appui plan entre le **Dé** et le **Coulisseau**.

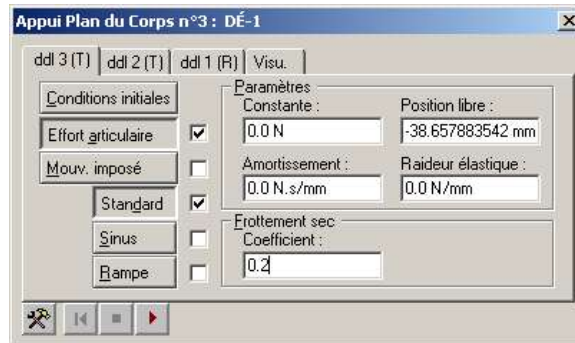


Figure 40

Cliquer l'onglet **ddl3 [T]**, correspondant au mouvement relatif entre le **Dé** et le groupe **Ens\_Coulisseau**.

Cocher la case **Effort articulaire**.

Cocher l'option **Standard**.

Entrer la valeur du coefficient de frottement, soit **0.2**.

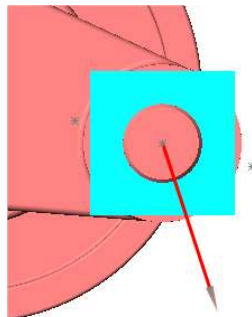


Figure 41

Relancer la simulation et observer le changement de direction de l'effort de contact.

Constater l'angle que fait maintenant l'effort par rapport à la normale au contact.

Constater aussi l'inversion de sens lors du changement de signe de la vitesse de glissement.

Editer les propriétés de la liaison entre le **Dé** et le **Vilebrequin**.



Figure 42

Cocher la case **Couple articulaire**.

Cocher l'option **Standard**.

Entrer la valeur du coefficient de frottement, soit **0.2**.

Entrer la valeur du rayon.

**Attention** : ce n'est pas le rayon de l'axe mais le rayon  $R_{axe} * \sin(\Phi)$ .

Il faut faire un petit calcul....

## 7- Compléments sur le grapheur :

Le grapheur possède beaucoup de fonctionnalités intéressantes.

Parmi celles-ci :

La possibilité de sauver une simulation et de la charger ultérieurement pour faire des comparaisons de courbes.

Refaire la simulation avec un effort sur la scie de 1000 N

Dans l'arbre du grapheur, cliquer avec le bouton droit pour faire apparaître le menu contextuel

Cliquer **Sauver simulation** et donner le nom **1000N.sda**



Figure 43

Editer les propriétés du repère nommé **Point application effort**.

Changer la valeur de l'effort en la passant de 1000 N à 600 N.

Pour cela, la relation devient

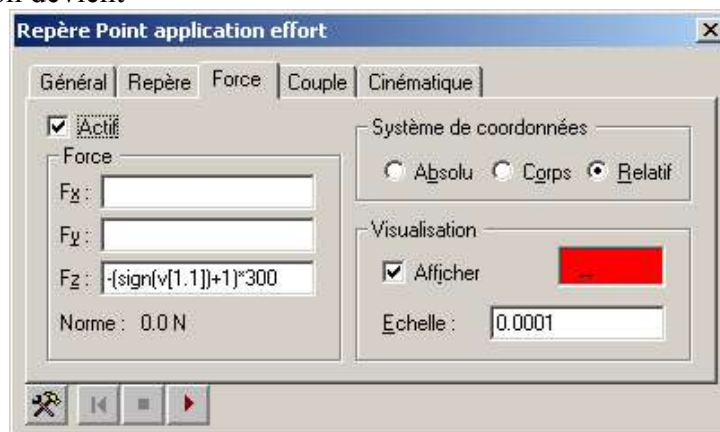


Figure 44

Fermer la boîte de dialogue et faire une nouvelle simulation.

Grâce au menu contextuel du grapheur, charger la simulation sauvée précédemment en utilisant l'option **Importer simulation**.

Superposer la courbe du couple moteur obtenue dans chaque cas.  
Constater qu'on peut facilement comparer l'effet du changement du module de l'effort sur la lame de scie.

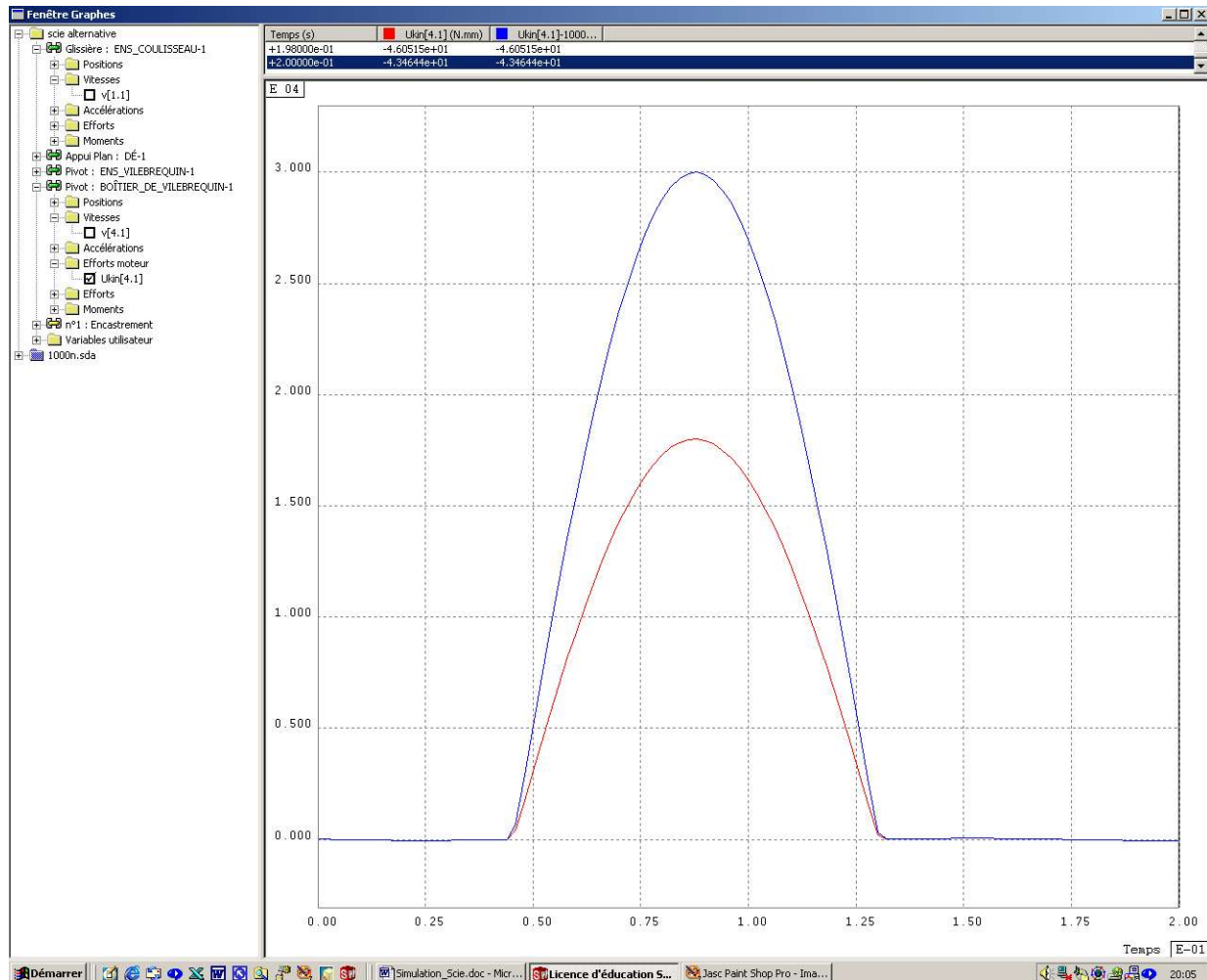


Figure 45

Un autre point intéressant à exploiter est la possibilité de changer la variable affectée à l'axe des abscisses.

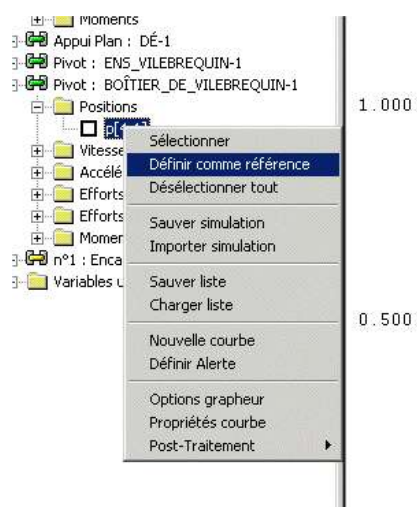
Supposons que l'on veuille tracer la courbe de la vitesse de la lame de scie en fonction de l'angle du vilebrequin.

Afficher la vitesse de la lame de scie correspondant à la vitesse du groupe **Ens\_Coulisseau**, soit **v[1.1]**.

Dans l'arbre, et pour la liaison pivot d'entrée **Boîtier\_de\_Vilebrequin**, faire un clic droit sur la position **p[4.1]** correspondant à l'angle du vilebrequin.

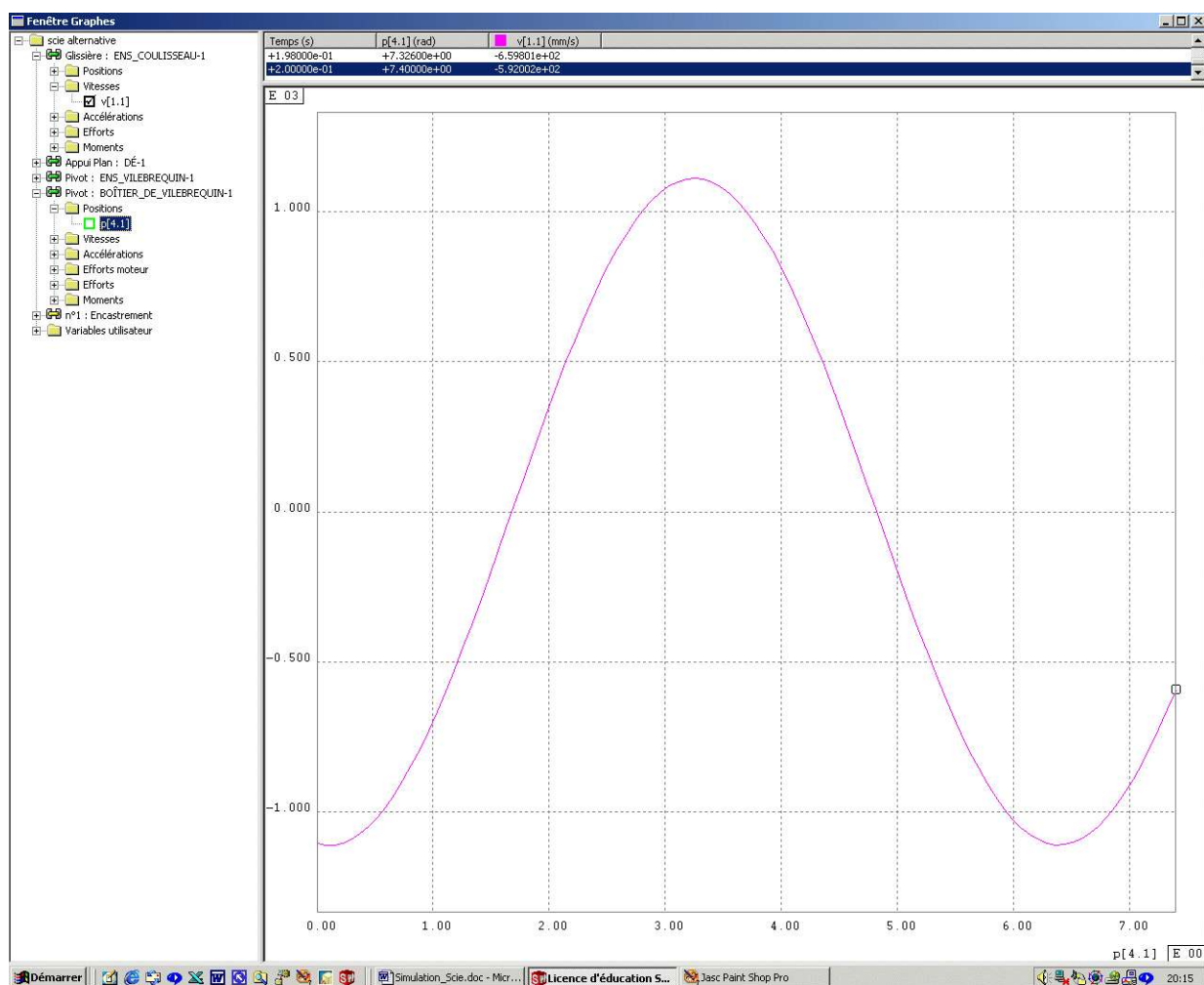
Sélectionner **Définir comme référence**.

Le sigle **p[4.1]** devient vert, ceci signifie qu'il a été choisi variable pour les abscisses.



**Figure 46**

L'abscisse correspond maintenant à l'angle de la liaison pivot d'entrée, comme indiqué sur la Figure 47.



**Figure 47**