

C02 TP1 Simuler le comportement cinématique en CAO (Scie sauteuse)



Système virtuel : La scie sauteuse

Table des matières

Ressources nécessaires.....	1
Objectifs.....	2
Modéliser et simuler.....	2
Organisation du travail	2
Activité 1 : Ouvrir le logiciel, le modèle et manipuler le modèle	2
Activité 2 : réalisation d'un assemblage SolidWorks.....	3
A2.1. Principe.....	3
A2.2. Construction de l'assemblage	3
Activité 3 : Simulation numérique avec Meca3D	4
A3.1. Principe.....	4
A3.2. Définir le modèle cinématique	4
A3.3. Simuler le comportement cinématique	5
A3.4. Afficher des résultats.....	6
Définir une trajectoire	7
Définir des courbes.....	8
Animation de trajectoire, champ de vecteur et courbe précédemment mémorisée	9
À la fin d'une séance.....	9

Ressources nécessaires

- le **système réel** instrumenté (inexistant ici puisqu'on étudie un système virtuel);
- le **dossier multimédia** du système à partir du site internet www.toulouse-didier.e-monsite.com , onglet **Systèmes**.

Objectifs

Simuler numériquement le comportement cinématique d'un mécanisme.					
Analyser	Modéliser		Expérimenter		Communiquer

Il est proposé :

- de rappeler le principe de **construction** d'un **assemblage** en **CAO** ;
- de réaliser un assemblage simple ;
- de définir un **modèle cinématique** à partir de cet assemblage ;
- de **simuler** le **comportement cinématique** ;
- **d'exploiter la simulation** en traçant des **trajectoires**, **vitesse**s et **courbes** représentatives.

Les **résultats** seront présentés sous la forme d'un **Poster en A3** à la séance suivante, réalisé à partir de copies d'écran, de documents imprimés.

Modéliser et simuler

La simulation numérique fait partie intégrante des processus de conception et d'industrialisation des systèmes. Simuler des phénomènes complexes (physiques, mécaniques, électroniques, etc.) permet d'en **étudier les comportements** et d'obtenir des résultats sans avoir nécessairement besoin de recourir à l'expérience sur un prototype ou un système réel.

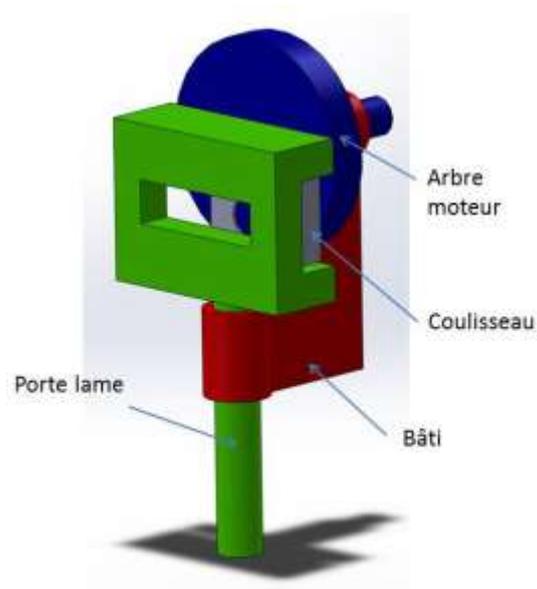
Exemple avec la conception du Falcon 7x.

SolidWorks est un logiciel de **CAO 3D** (Conception Assistée par Ordinateur).

Meca3d, intégré à SolidWorks, permet de simuler le comportement cinématique du modèle à partir de la maquette 3D de Solidworks. Il permet aussi l'analyse des efforts en quasi-statique ou en prenant en compte les termes dynamiques.

Le support étudié est un dispositif de transformation de mouvement (voir figure ci-contre) utilisé, par exemple, sur des scies sauteuses. Ce dispositif permet de convertir un mouvement de **rotation continue** de l'*Arbre moteur* en **translation alternative** du *Porte lame*. Il se classe dans la famille des « transmetteurs ».

L'objectif est de tracer l'évolution du déplacement et de la vitesse du *Porte lame* par rapport au *Bâti* supposé fixe.



Organisation du travail

Travail pratique à réaliser en **1 heure 30** par groupe de **2 élèves**.

Prévoir ensuite **30 minutes** pour préparer pour le document pour la restitution écrite.

Les résultats seront conservés sous la forme d'impressions écran et envoyés (partagés) au chef de projet

Activité 1 : Ouvrir le logiciel, le modèle CAO et manipuler le modèle

Activité 2 : Réalisation d'un assemblage dans SolidWorks

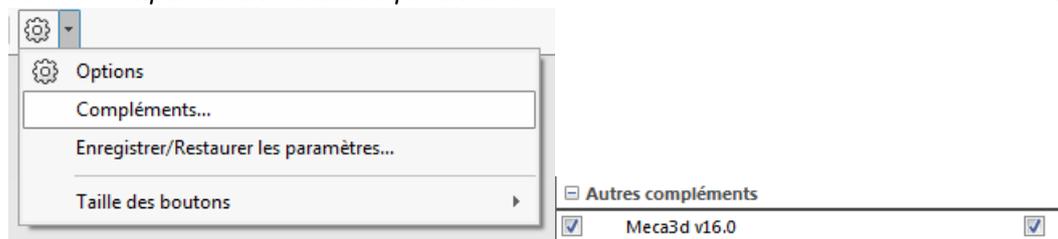
Activité 3 : Simulation numérique avec Méca3D

Activité 1 : Ouvrir le logiciel, le modèle et manipuler le modèle

➤ **Créer un dossier de travail** « Scie sauteuse » pour la séance. Télécharger le fichier **Bati.SLDPRT** [lien](#) et le copier dans votre dossier de travail.

➤ **Ouvrir Solidworks** : Menu Démarrer /Tous les programmes / SOLIDWORKS 2015 / SOLIDWORKS 2015 x64 Edition

➤ **Activer Meca3D** : Menu Outils / Compléments : vérifier que le module « Meca3D » est coché **dans les 2 colonnes**.



➤ Ouvrir le fichier *Bati.SLDPRT* .

➤ Manipuler la vue à la souris :

- roulette de la souris pour zoomer et dézoomer ;
- clic milieu + glisser pour tourner la vue ;
- touche **Ctrl** + clic milieu + glisser pour translater la vue ;

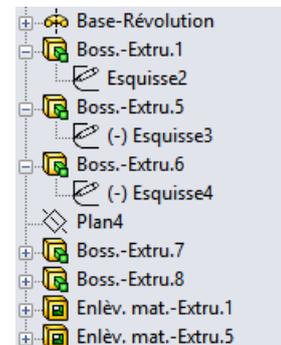
➤ Manipuler la vue au clavier :

- touche **f** pour recentrer en échelle automatique (si la pièce disparaît) ;
- flèches pour tourner la vue et touche **Maj** + flèches pour tourner de **90°**.



➤ Essayer aussi les outils de la barre d'outils Affichage ;

➤ Remarquer l'**arbre de construction** sur le côté de la fenêtre puis fermer le modèle (menu Fichier / Fermer).



Activité 2 : réalisation d'un assemblage SolidWorks

A2.1. Principe

Le principe de construction d'un assemblage consiste à insérer dans un fichier dit « **assemblage** » (extension .SLDASM), les différentes pièces (extension .SLDPRT) et à les **lier par des contraintes géométriques** de types coaxialité de cylindres, coïncidence de surfaces, parallélisme, ...

➤ Visionner l'animation présentant ce principe en sélectionnant, [dans le menu du site](#), « Principe de réalisation numérique d'un **mécanisme** » du dossier multimédia.

Un grand merci à Stephane Genouel pour ce travail de synthèse.

A2.2. Construction de l'assemblage

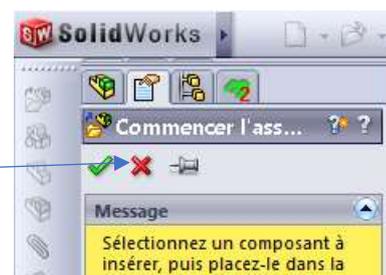
➤ Télécharger toutes les pièces qui serviront à l'assemblage : Pièces.zip.

➤ Décompresser ce fichier (clic droit sur le fichier / 7zip /...) dans le dossier de travail « scie sauteuse ».

Le dossier contient plusieurs fichiers d'extension .SLDPRT. Chaque fichier correspond à une unique pièce.

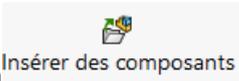
➤ Dans SolidWorks, cliquer sur **Fichier / Nouveau** et choisir « **Assemblage** » ;

➤ cliquer sur la croix pour fermer le menu « Insérer un composant » ;



1 : insertion en premier de la pièce qui sera **FIXE** (Bâti)

➤ sélectionner l'onglet Assemblage ;

➤ insérer le fichier *Bâti* : bouton  **insérer des composants** / insérer des composants ;

Remarque : dans l'arbre de création le symbole (f) *comme fixe*, a été inscrit devant  (f) Bâti<1> (Défaut<<D Bâti. Il peut être modifié : clic droit / Libérer ou clic droit / Fixer.

2 : insertion d'une autre pièce avec ajout de contraintes

➤ insérer le fichier *Arbre moteur* ;  (-) Arbre_moteur<1> (D

Remarque : dans l'arbre de création le symbole (-) *comme libre*, a été inscrit devant cette pièce.

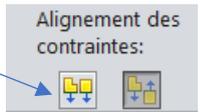
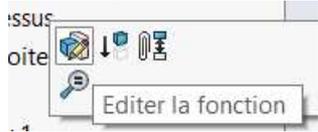
➤ Cliquer + glisser pour déplacer la pièce dans l'assemblage.

Remarque : SolidWorks ne gère pas les interférences de volume, deux pièces peuvent se superposer...

- ➔ ajouter une contrainte **Contrainte** : ici coaxiale en sélectionnant deux surfaces cylindriques adéquates. **Prendre garde à bien sélectionner des surfaces et non pas des arrêtes (cercles) ;**

Remarque 1 : après sélection, si le sens n'est pas correct, cliquer sur un des deux icônes ci-contre :
Remarque 2 : juste après avoir créé une contrainte, essayer de déplacer l'*Arbre moteur* (en maintenant le clic gauche sur cette dernière, tout en déplaçant la souris). Constaté les mouvements relatifs possibles entre les 2 pièces ;

Pour rouvrir une contrainte qui a été fermée, en vue de sa modification, cliquer droit sur le nom de celle-ci dans l'arbre de création, puis choisir l'icône « éditer la fonction »



- ➔ **sauvegarder...** Cette sauvegarde conduira à la création d'un fichier portant l'extension .sldasm (ce qui signifie que le fichier est un assemblage, contrairement à une pièce où l'extension est *.sldprt).

- ➔ **Insérer ensuite les autres pièces** (fichiers) successivement et mettre en place les contraintes ci-dessous :

- *Bâti - Arbre moteur* : une coaxialité + une coïncidence ;
- *Arbre moteur – Coulisseau* : une coaxialité + une coïncidence ;
- *Porte lame - Bâti* : une coaxialité ;
- *Coulisseau – Porte lame* : une coïncidence + un parallélisme.

- ➔ **Manipuler le modèle sous contrainte** en cliquant + glissant un point du port lame ou de l'arbre moteur.

Remarque : afin de sélectionner une surface qui est non visible, il est possible ponctuellement de cacher une pièce (clic droit sur celle-ci, puis sélectionner l'icône *cacher les composants*). Pour la remonter, il suffira de cliquer droit sur celle-ci dans l'arbre de création et de sélectionner l'icône *montrer les composants*).



Activité 3 : Simulation numérique avec Meca3D

A3.1. Principe

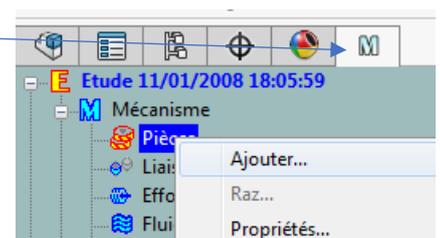
Afin d'obtenir une simulation, il est nécessaire dans Meca3D :

- de déclarer les **ensembles indéformables** (groupement de pièces qui n'ont aucun mouvement relatif entre elles) ;
- de préciser les **liaisons** (spécifiant les mouvements possibles) entre ces ensembles ;
- de **réaliser le calcul** après avoir déclaré une (ou plusieurs) **liaison pilote** avec ses caractéristiques (vitesse de rotation...);
- **d'afficher les résultats**.

A3.2. Définir le modèle cinématique

Déclarer des ensembles indéformables (appelés Pièces dans Meca3D)

- ➔ sélectionner l'onglet « **Méca3D** » juste au-dessus de l'arbre de construction ;
- ➔ cliquer droit sur **Pièces / Ajouter** ;



sélectionner la **pièce de référence (bâti)**, dans l'arbre de création de SolidWorks ou en cliquant sur une pièce de celui-ci dans la zone graphique.

Cliquer sur « **ajouter** » pour ajouter la pièce.

Répéter l'opération pour tous les ensembles.

NB :

- par défaut, le **nom** associé à la **pièce** sera celui du **composant** de SolidWorks ;
- un **repère lié** est défini pour chaque pièce avec comme origine son **centre de gravité**. Il est affiché en bleu ;
- la **1^{ère} pièce créée** est supposée être le **bâti** (pièce de référence). Pour **modifier**, cliquer sur le nom d'une pièce dans la liste définie et la faire glisser en 1^{ère} position ;
- pour corriger, modifier ou supprimer une pièce, cliquer droit sur celle-ci dans l'onglet « Meca3D ».

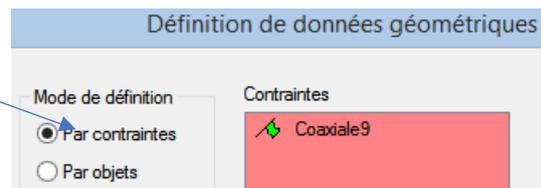
Créer des liaisons entre les ensembles indéformables

➔ **Cliquer droit** sur **Liaisons / Ajouter** ;

Choisir la **liaison Pivot** ;

Choisir les **pièces en liaison** *Bâti* et *Arbre moteur* dans les « Pièces » Meca3D ou en cliquant sur celles-ci dans la zone graphique

Choisir le mode de définition « **par contrainte** » et **sélectionner la ou les contraintes**.



Il faut maintenir la **touche CTRL enfoncée pour sélectionner plusieurs contraintes**. Un drapeau vert doit s'afficher devant la ou les contraintes.

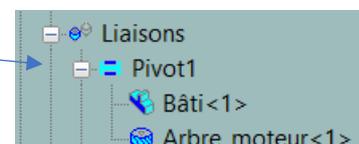
Cliquer sur « **Terminer** » pour définir la liaison.

Définition « Par objets » : s'il n'y a pas de contrainte adaptée à la définition de la liaison, sélectionner le mode de définition « **Par objets** ». Dans ce cas, il faut définir les caractéristiques géométriques de la liaison en sélectionnant des arrêtes ou des faces du modèle CAO :

- pour une droite (axe...) : surface d'un cylindre (prend l'axe du cylindre) ;
- pour un vecteur : une arrête ou une face (prend la direction perpendiculaire à la face) ;
- pour un point : un point ou un cercle (prend le centre).

NB :

- un repère de liaison affiché en rouge est créé pour chaque liaison ;
- cliquer le + devant une liaison permet de vérifier celle-ci ;
- cliquer sur le nom d'une liaison met en surbrillance les pièces associées ;
- pour corriger et modifier une liaison, cliquer droit sur celle-ci / modifier.



➔ Compléter le modèle en définissant les liaisons suivantes :

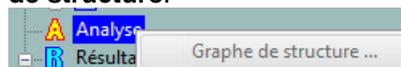
1- Pivot *Arbre moteur / Coulisseau* ;

2- Glissière *Coulisseau / Porte lame* en utilisant une définition « **par objet** ». Choisir une arrête du porte lame ayant la direction adéquate ;

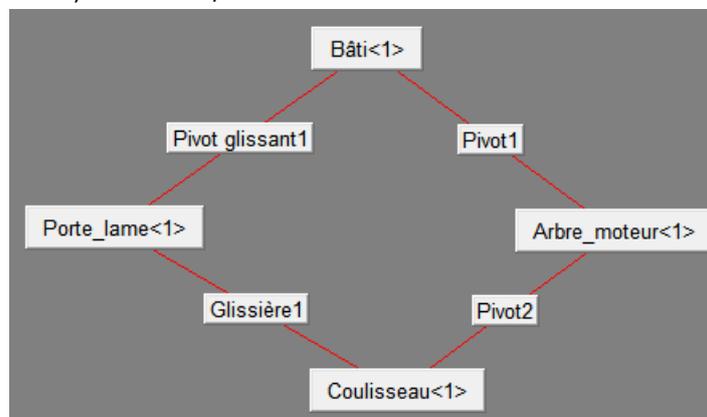
3- Pivot glissant (qui permet une rotation et une translation) *Porte lame / Bâti*

Vérifier le graphe des liaisons du modèle

➔ **vérifier le modèle** sur le graphe de structure : **cliquer droit** sur **Analyse / Graphe de structure**.



NB : sur ce graphe, il est possible de déplacer les pièces en cliquant dessus pour améliorer la visibilité.



A3.3. Simuler le comportement cinématique

1) définir la Position initiale

➔ Si besoin, en manipulant le modèle ou à l'aide de contraintes d'assemblage, **positionner le mécanisme**

dans la **position initiale** : porte-lame en position haute

☞ **Reconstruire** le modèle et les repères des liaisons en cliquant sur le bouton :

2) Paramétrer la simulation, définir la liaison pilote et réaliser le calcul

☞ Clic droit sur **Analyse / Calcul mécanique**.

☞ Vérifier que le **degré de mobilité** est de 1.

Si le degré de mobilité égal 1, cela signifie qu'il y aura 1 paramètre d'entrée, et donc qu'une seule liaison sera pilote ; les autres pièces suivront le mouvement imposé par cette liaison pilote.

☞ Choisir le **type d'étude** : **cinématique**

☞ Sélectionner comme **liaison pilote** la liaison Pivot1 (la liaison et la composante sont modifiables) et imposer une vitesse de rotation de **60 tr/mn**.

☞ Définir le **nombre de positions** (instants sauvegardés) et la **durée du calcul** pour que l'arbre d'entrée fasse un tour pendant la simulation avec une image tous les 10°.

☞ Activer l'**animation simultanée** (permet de vérifier les paramètres du calcul) et **lancer le calcul**. **Penser à reconstruire** le modèle après modification de la position initiale et avant de relancer le calcul.



A3.4. Afficher des résultats

Les résultats d'un calcul sont :

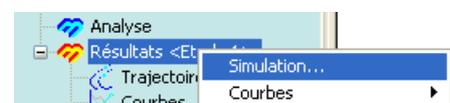
- associés à une **simulation** du mouvement (trajectoire, vecteur vitesse...)
- associés à une **trajectoire** d'un point ;
- une **courbe simple** traçant l'évolution d'une grandeur du mécanisme en fonction du temps ;
- une **courbe paramétrée** traçant l'évolution d'une grandeur en fonction d'une autre.

Les données des courbes peuvent être exportées dans un fichier texte.

Simulation

☞ Cliquer droit sur **Résultats / Simulation**

☞ Cliquer sur **lecture**



La flèche noire située au coin bas droit permet d'accéder à 5 onglets :

- **Sélection** pour choisir les pièces à mettre en mouvement et la pièce de **référence** (pièce fixe) du mouvement ;
- **Mouvement** pour sélectionner la **vitesse de l'animation**. L'incrément définit les images à afficher : une sur une, ou une sur trois...
- **Fichiers Avi** pour sauver la simulation sous la forme d'une vidéo ;
- **Trajectoires** pour afficher des trajectoires déjà définies.

➤ Choisir **différentes pièces de référence** (onglet « sélection » de la fenêtre « simulation ») ;

➤ tester les options de l'onglet « mouvement ».

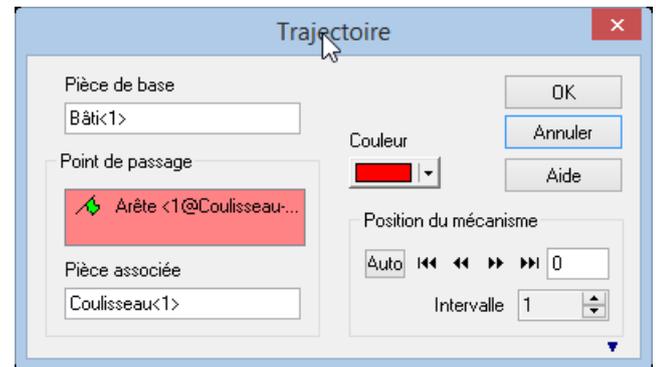
Définir une trajectoire

Créer la trajectoire d'un point est un préalable pour consulter ses positions, vitesses et accélérations.

➤ **cliquer droit sur Trajectoires / Ajouter.**

L'écran ci-contre apparaît ;

➤ sélectionner **le centre du coulisseau** (la sélection d'une arête circulaire, un cercle, prend son centre), la pièce dans laquelle le point est supposé fixe (*Coulisseau*) et la pièce de référence (le *Bâti*).

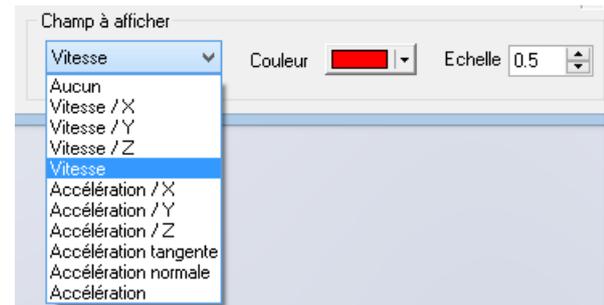
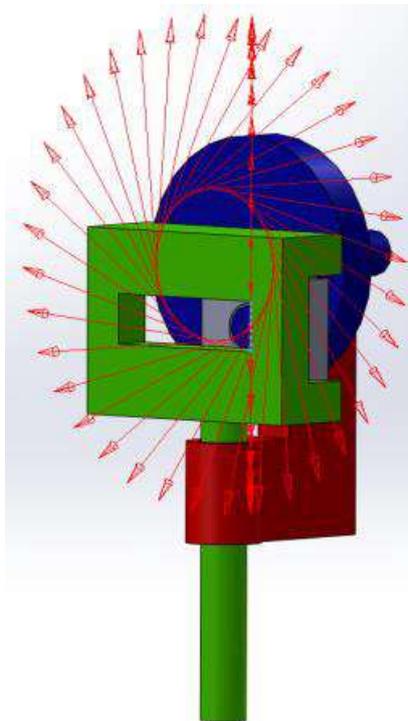


Le point défini est un « point fixe » de la « pièce associée » dont la position dans la pièce associée est définie à l'instant initial de la simulation. La trajectoire est celle de ce point dans la pièce de base.

Afficher la vitesse ou l'accélération du point de la trajectoire

La flèche noire située au coin bas droit permet d'accéder à l'option « champ à afficher sur la trajectoire » :

➤ Choisir les **vecteurs et une échelle** de 0,5 puis cliquer sur OK.



➤ créer une **deuxième trajectoire**, celle d'un point du *Porte lame* par rapport au *Bâti*, avec son champ des vecteurs (échelle 0,5).

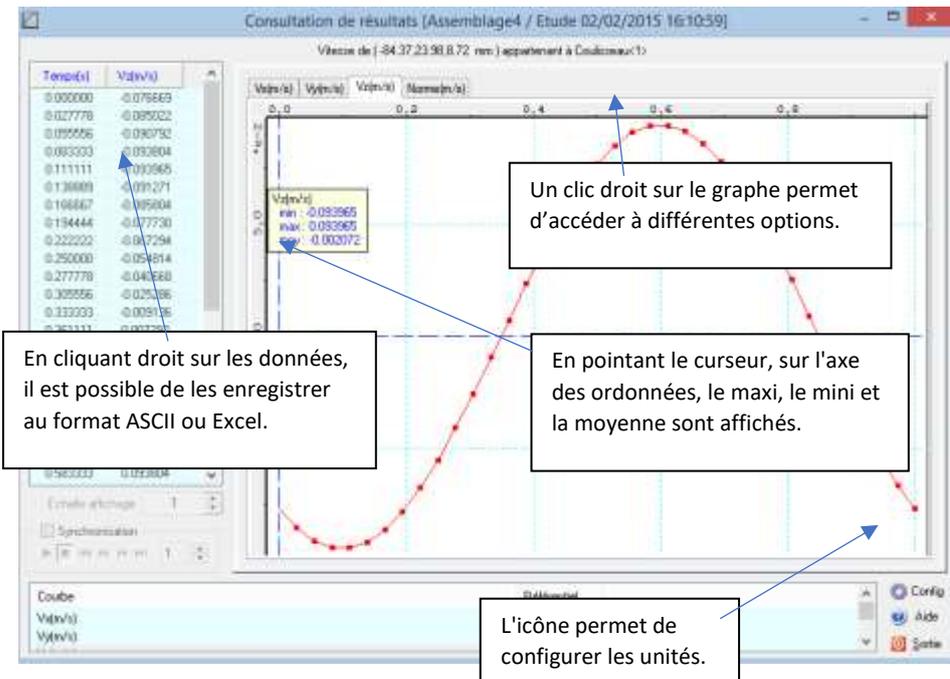
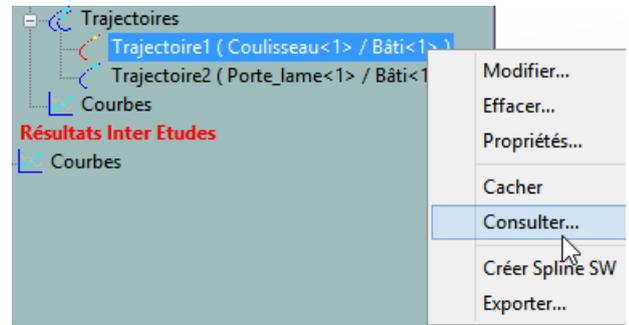
Consulter en enregistrer les valeurs de position, vitesse et accélération du point de la trajectoire

☞ Cliquer droit sur la trajectoire du *Porte lame* et sélectionner « Consulter ».

Un tableau s'affiche.

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

Le bouton **Courbes du tableau** affiche les données du tableau sous forme de courbes. Les données peuvent être enregistrées dans un fichier texte.



☞ En consultant la trajectoire, déterminer la vitesse de translation maximale du coulisseau par rapport au bâti après affichage de la courbe.

Définir des courbes

Les courbes qui peuvent être définies sont :

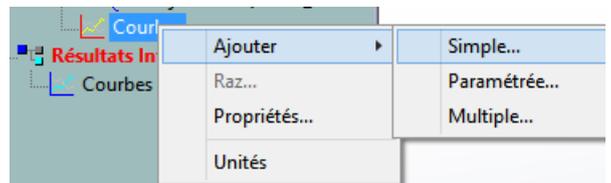
- **courbes simples** pour afficher la variation d'un paramètre unique en fonction du temps ;
- **courbes multiples** pour superposer l'évolution de plusieurs paramètres en fonction du temps ;
- **courbes paramétrées** pour visualiser la variation d'un paramètre en fonction d'un autre paramètre.

Seules les courbes simples sont traitées ici. Les mêmes principes sont utilisés pour les courbes multiples et paramétrées.

☞ cliquer droit sur **Courbes / Ajouter / Simple** ;

Une boîte de dialogue s'affiche, comportant quatre onglets :

- *Onglet Pièces* permet de tracer l'évolution d'un **repère pièce** (lié au centre de gravité) ;
- *Onglet Liaisons* permet de tracer l'évolution d'un **repère de liaison** et donc l'évolution des **paramètres cinématiques des liaisons** ;
- *Onglet Efforts* permet de tracer l'évolution d'effort pour les études statiques et dynamiques ;
- *Onglet Trajectoires* permet de tracer l'évolution de grandeurs liées aux trajectoires créées dans la partie précédente.



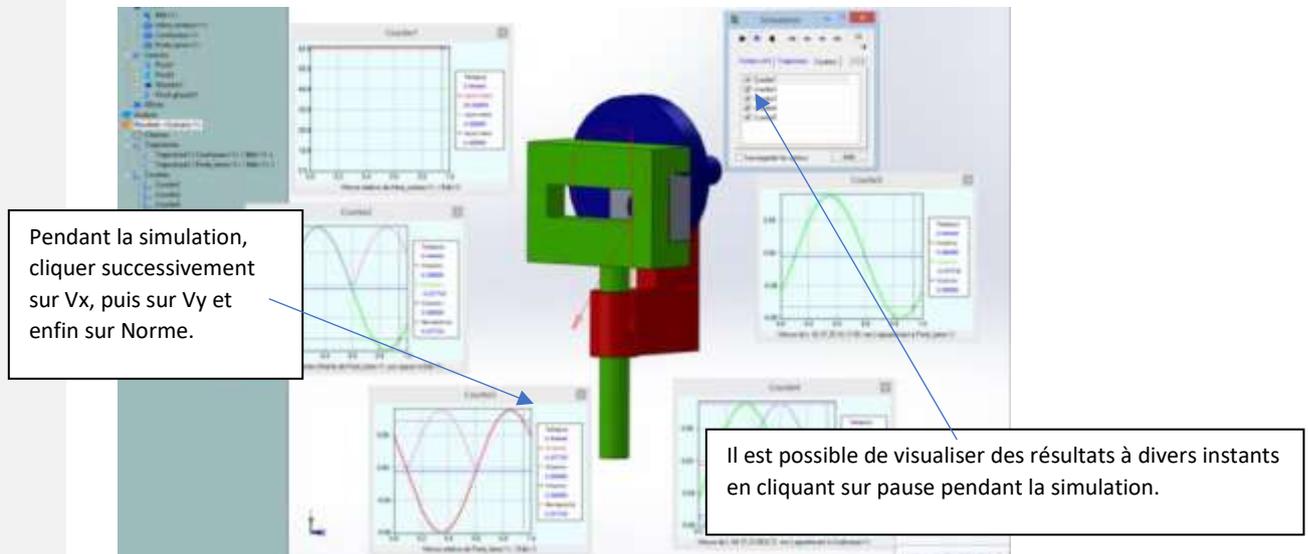
☞ Définir une courbe associée à la **vitesse de rotation de la liaison Pivot Bâti / Arbre**. Une fois créée, pour consulter cette courbe, cliquer droit dessus, puis sélectionner Afficher. Modifier son unité afin que les ordonnées soient en tr/min ;

➤ **Ajouter les courbes suivantes :**

- vitesse de translation du centre de gravité du *Porte lame / Bâti* ;
- vitesse de translation de la *Pivot glissant Porte lame / Bâti* ;
- vitesses des 2 points dont les *trajectoires* ont été créées précédemment.

Animation de trajectoire, champ de vecteur et courbe précédemment mémorisée

- cliquer droit sur **Résultats / Simulation**, puis lancer l'animation ;



- cliquer sur la flèche bleue située au coin bas droit permettant d'accéder aux onglets **trajectoire** et **courbes**.

➤ **Animer les trajectoires** et les **courbes** pendant la simulation. Tester différentes options de l'onglet *trajectoires* (notamment la désélection de l'affichage dynamique et la sélection du champ isolé). Pendant la simulation, afficher toutes les courbes de l'onglet *courbes*.

➤ **Créer les trajectoires des points aux 4 angles du coulisseau** en y insérant l'affichage du champ des vecteurs vitesses. Lancer l'animation et afficher ces trajectoires avec le vecteur vitesse instantanée (champ isolé).

À la fin d'une séance

Éteindre le système. Fermer les sessions et éteindre les ordinateurs en fin de journée.

Merci de laisser votre espace de travail plus propre que vous ne l'avez trouvé, chaises rangées et tables nettoyées !