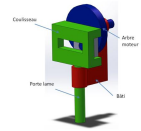


De SolidWorks à Meca3D



Intérêts de modéliser et simuler

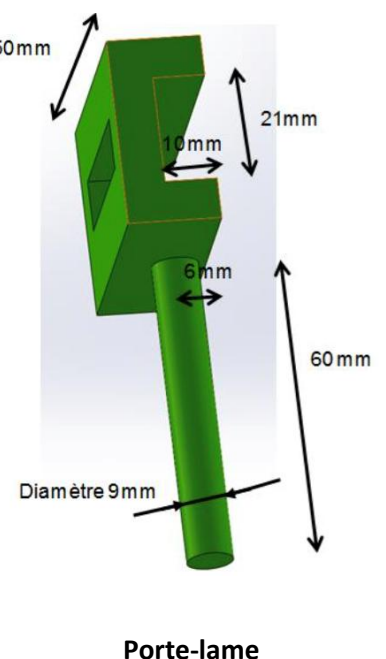
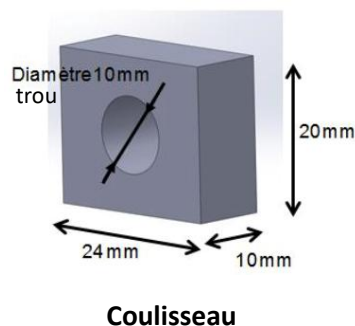
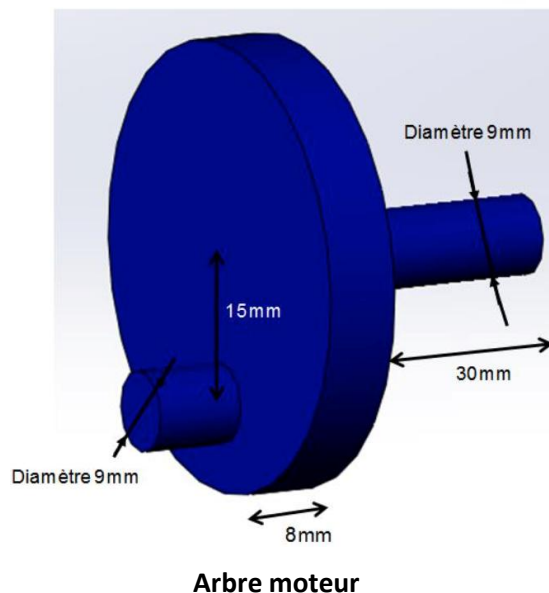
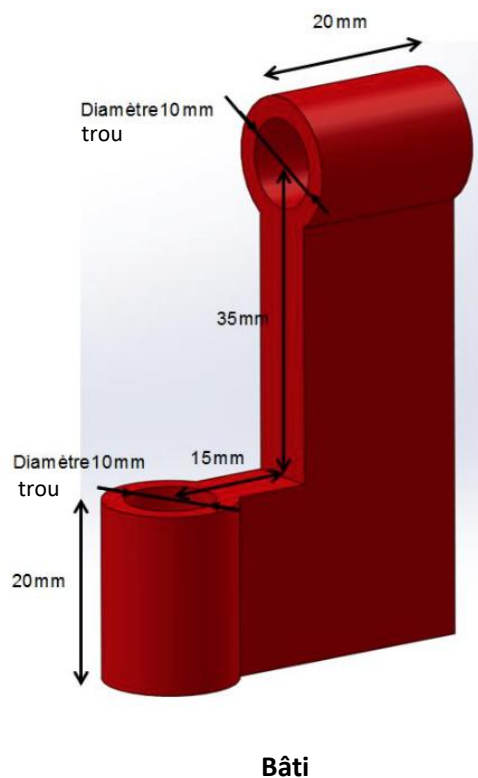
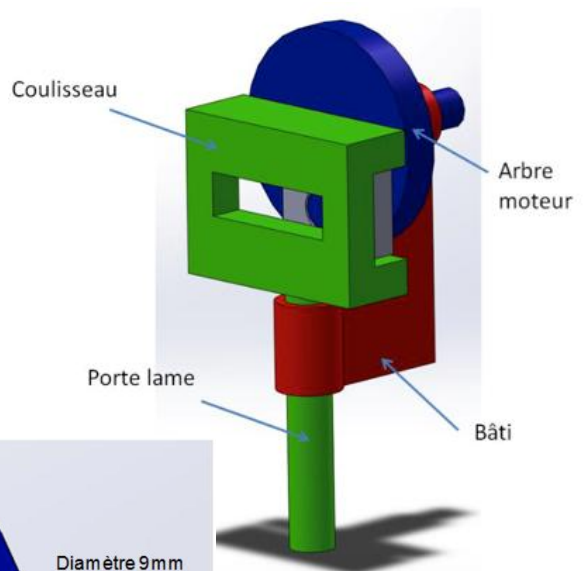
La simulation numérique est aujourd'hui incontournable dans le processus de conception de systèmes. Simuler des phénomènes complexes (physiques, mécaniques, électroniques, etc.) permet d'en étudier les comportements et d'obtenir des résultats sans avoir besoin de recourir à l'expérience sur un prototype ou un système réel. Les délais de conception ainsi que les coûts sont alors nettement réduits ce qui permet aux entreprises de rester compétitive.

Objectif

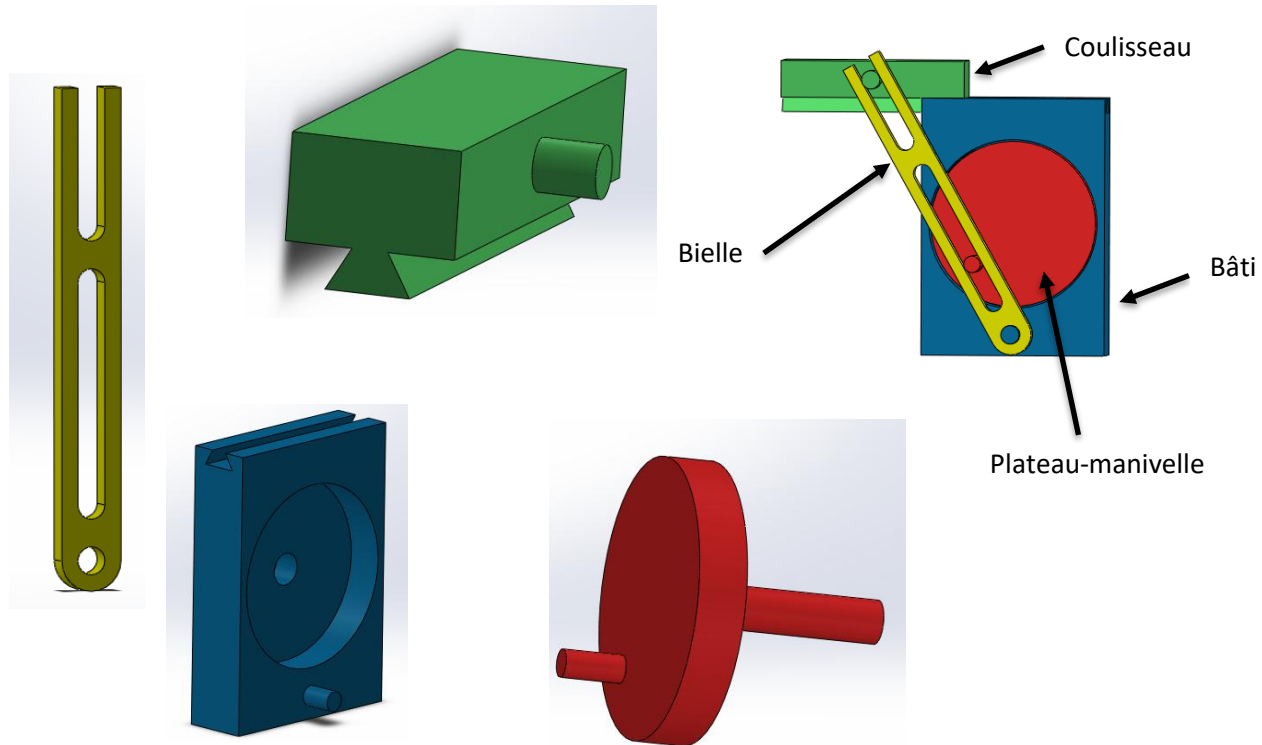
L'objectif de ce TP est de découvrir quelques fonctionnalités des logiciels SolidWorks et Meca3d afin de visualiser l'évolution de paramètres cinématiques et géométriques. SolidWorks est un logiciel de CAO 3D (Conception Assistée par Ordinateur). Meca3d, qui est intégré à SolidWorks, permet l'animation de mécanisme dont il réalise l'étude mécanique. Nous étudierons pour cela 2 supports.

Le premier support étudié est un dispositif de transformation de mouvement utilisé 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 « adaptateurs » au niveau de la chaîne d'énergie.

Seules les distances « critiques » sont indiquées, les autres sont à choisir « intelligemment ».



Nous étudierons également un autre système de transformation de mouvement : l'étau limeur. Vous pouvez voir ce système en mouvement sur la page Wikipédia de l'étau limeur (et en profiter découvrir l'utilité de ce système).



Dans les 2 cas, nous travaillons sur un modèle simplifié du système dans le but d'étudier la cinématique des différentes pièces. La géométrie des pièces est donc simplifiée par rapport au système réel (comme vous avez pu le remarquer). Nous travaillons également sur un modèle réduit en taille qui permet si on le souhaite de l'imprimer sur l'imprimante 3D du labo.

Consigne pour le travail à réaliser

Il y a 4 pièces à réaliser sur la scie sauteuse. **Chacun des membres du groupe doit réaliser une pièce.** Un binôme fera le coulisseau puis le bâti. L'autre binôme fera l'arbre moteur et le porte-lame.

Le premier binôme à finir ses 2 pièces récupère l'ensemble des pièces pour l'étau limeur. Les pièces de l'étau limeur sont disponibles sur CdP.

L'autre binôme récupère l'ensemble des pièces de la scie sauteuse et réalise l'assemblage de la scie sauteuse.

Vous êtes un groupe de 4, n'hésitez pas à vous aider les uns les autres même entre binôme. N'oubliez pas non plus de discuter entre vous. Par contre assurez-vous de TOUS maîtriser le logiciel et de bannir les discussions entre groupes.

Etude cinématique à mener :

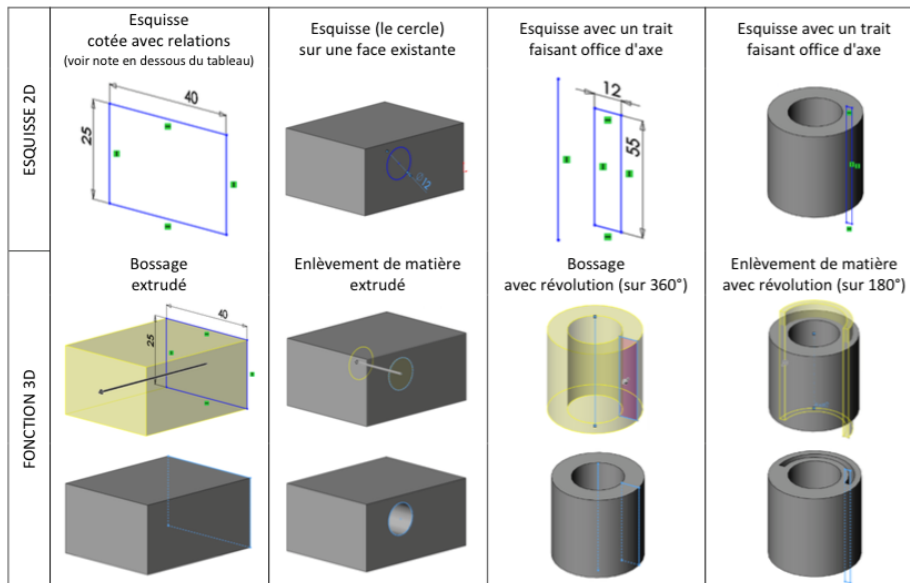
- Déterminer la course du porte-lame pour la scie sauteuse et du coulisseau pour l'étau limeur.
- Comparer la sortie obtenue par la simulation à celle obtenue grâce à la loi entrée-sortie calculée à la main par fermeture géométrique. Conclure.

Activité 1 : réalisation du modèle d'une pièce (SolidWorks fichier pièce)

Principe

Le logiciel SolidWorks permet de créer des volumes à partir de contours fermés appelés « esquisses » associés à des « fonctions » : bossage extrudé, enlèvement de matière extrudé, bossage avec révolution...

Exemples d'esquisses 2D auxquelles sont appliquées des fonctions 3D :



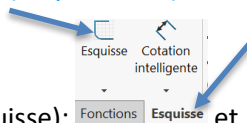
Note : Relation géométrique dans une esquisse : Il est possible d'associer à un trait, une relation géométrique telle qu'horizontale , verticale , parallèle , perpendiculaire...

- ouvrir le logiciel SolidWorks 2021;
- cliquer sur Fichier / Nouveau et choisir « Pièce » ;

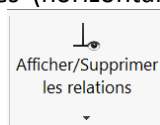
Méthodologie de réalisation d'une pièce

Pour créer une pièce, il faut effectuer successivement les étapes ci-dessous. (Lire tout le texte de l'étape 1 puis commencer à faire votre pièce)

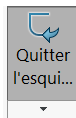
Étape 1 : création d'un profil (esquisse 2D)



- créer une esquisse (onglet esquisse): Fonctions Esquisse et cliquer si ce n'est pas déjà fait sur le plan sur lequel vous souhaitez faire l'esquisse (un plan au hasard pour la première);
- réaliser le profil de l'esquisse à l'aide des outils ligne , cercle ... de la barre d'outils Esquisse ;
remarque :
 - o pour sortir d'un outil ligne, rectangle... appuyer sur la touche « Échap » du clavier ;
 - o pour effacer un trait, sélectionner-le, puis appuyer sur la touche « Suppr » du clavier ;
- ajouter des relations géométriques (horizontale , coïncidente ...) en cliquant sur la flèche sous l'icône



- « afficher/supprimer les relations » et en cliquant sur « ajouter des relations »; si besoin, supprimer des relations géométriques en les sélectionnant directement sur l'esquisse ou en cliquant sur « afficher/supprimer les relations »;
- **coter les traits au fur et à mesure en cliquant sur l'icône « cotation intelligente », plutôt que d'effectuer toute l'esquisse pour ensuite la coter !** (et coter l'esquisse ! et non pas juste entrer la bonne longueur pour le tracé);
remarque : pour modifier une cote, double-cliquer sur celle-ci ;



- fermer l'esquisse ;
- pour rouvrir une esquisse qui a été fermée, en vue de sa modification ultérieure, cliquer droit sur le nom de celle-ci dans l'arbre de création (colonne de gauche), puis choisir l'icône « éditer l'esquisse » ;
- **sauvegarder dans votre répertoire régulièrement** (avant que le logiciel plante !...)

Une esquisse n'est terminée que quand elle est pleinement contrainte, c'est-à-dire que la position de tous les éléments a été définie sans ambiguïté. Le fait que l'esquisse soit sous-contrainte, totalement contrainte ou sur-contrainte est indiquée dans la barre grise en bas à droite de l'écran. **Lorsqu'un élément de l'esquisse est totalement contraint, il devient noir.** Vous pouvez utiliser pour cela l'icône « totalement contraindre l'esquisse » disponible à l'aide de la flèche sous l'icône « afficher/supprimer les relations ».

Quand vous dessinez votre esquisse, travaillez toujours dans la vue normale à l'esquisse (outil  symbole ).

Étape 2 : création d'un volume (fonction 3D)

- réaliser le volume de cette esquisse à l'aide des outils de la barre d'outils Fonctions



(bossage extrudé, enlèvement de matière, ...)

- fermer la fonction :  ;
- pour rouvrir une fonction 3D qui a été fermée, en vue de sa modification ultérieure, cliquer droit sur le nom de celle-ci dans l'arbre de création puis choisir l'icône « éditer la fonction »  ;
- parfois pour que la modification ci-dessus ait lieu, il est nécessaire de cliquer sur l'icône reconstruire  ;

Activité 2 : réalisation du modèle d'un système (SolidWorks fichier assemblage)

Principe

Le principe consiste à insérer dans un fichier dit « assemblage », les différentes pièces et de les lier par des contraintes de conditions géométriques types coaxialité de cylindre, coïncidence de surface, parallélisme, ...

Application :

Les contraintes qui seront mises en place afin de lier les éléments de **la scie sauteuse** seront :

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.

Les contraintes qui seront mises en place afin de lier les éléments de **l'étau limeur** seront :

Bâti - Coulisseau: une coïncidence + une coïncidence;

Bâti - Bielle : une coaxialité + une coïncidence ;

Bâti - Plateau manivelle : une coaxialité + une coïncidence ;

Bielle – Plateau manivelle : une tangence;

Bielle – Coulisseau : une tangence.

Méthodologie de réalisation d'un assemblage

Tout d'abord, créer dans votre répertoire un dossier avec le nom de votre équipe. Puis y insérer les différentes pièces réalisées par les différents membres de l'équipe.

Ensuite, pour créer un assemblage, il faut effectuer successivement les étapes ci-dessous après avoir créé un nouveau fichier **assemblage**.

Étape 1 : insertion de la pièce qui sera FIXE (Bâti)

- insérer le *Bâti* :  ;
remarque : dans l'arbre de création le symbole (f) comme *fixe*, a été inscrit devant *Bâti*.

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

- insérer une seconde pièce :  ;
remarque : SolidWorks ne distingue pas la matière, deux pièces peuvent se superposer...
- ajouter des contraintes (coaxiale, coïncidente...)  entre les différentes pièces ; Si la pièce se positionne dans le « mauvais sens » cliquer sur la case non grisée parmi les 2 ci-contre pour changer le sens de la contrainte.

Alignement des contraintes:



remarque : juste après avoir créé une contrainte, essayer de déplacer la pièce 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 » ;

- parfois pour que la modification ci-dessus ait lieu, il est nécessaire de cliquer sur l'icône reconstruire  ;
- si la pièce est trop mal placée pour que la contrainte se fasse déplacer et faire pivoter cette pièce pour la positionner et l'orienter **approximativement** par rapport au *Bâti* à l'aide de l'icône « Déplacer le composant »



Déplacer le composant

(cliquer sur la flèche dessous pour la rotation);

- 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).**

Activité 3 : animation du modèle du système avec affichage de résultats (Meca3D)

Principe

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

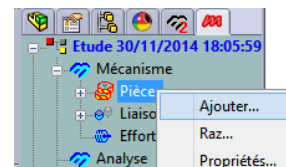
- de déclarer les classes d'équivalence cinématique (groupement de pièces qui n'ont aucun mouvement relatif entre elles) ;
- de préciser les liaisons (entraînant les différents mouvements possibles) entre ces classes d'équivalence cinématique ;
- de réaliser le calcul après avoir déclaré la liaison pilote avec ses caractéristiques (vitesse de rotation...) ;
- d'afficher les résultats.

Méthodologie d'animation et de simulation numérique

Si l'onglet Meca3D n'est pas disponible. Cliquer sur Outils / Compléments, puis cocher le module « Meca3D » . Ouvrez de nouveau votre assemblage.

Étape 1: déclaration des classes d'équivalence cinématique (appelés Pièces dans Meca3D) (ne pas confondre avec une pièce de SolidWorks)

- Aller dans l'onglet meca3d (lettre M) une fois votre assemblage ouvert
- cliquer droit sur Pièces / Ajouter ;
- sélectionner le « **Bâti** » (soit dans l'arbre de création de SolidWorks ou soit en cliquant sur celui-ci dans la zone graphique) ; NB : par défaut, le nom associé à la pièce sera celui du composant de SolidWorks ;
- cliquer sur « Ajouter ». Un symbole représentant un repère s'est affiché au centre de gravité de la pièce.



Remarques :

- l'opération d'ajout de pièce doit être effectuée pour chaque classe d'équivalence cinématique;
- **la pièce créée en 1er est automatiquement fixée** (l'icône de celle-ci est différent, ici ce doit être le *Bâti*) ;
- pour changer cette pièce fixe, cliquer droit sur Mécanisme / Changement de *Bâti* ;
- pour corriger, modifier ou supprimer une pièce, cliquer droit sur celle-ci dans l'onglet « Meca3D ».

Étape 2 : création des liaisons entre les classes d'équivalence cinématique

Pour la scie sauteuse, les 4 classes d'équivalence du mécanisme sont liées entre elles par 4 liaisons listées ci-dessous:

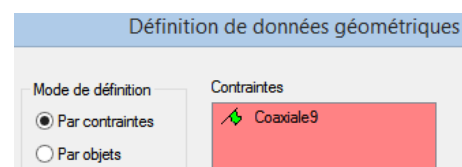
- 1- Pivot : entre *Bâti* / *Arbre moteur* ;
- 2- Pivot : entre *Arbre moteur* / *Coulisseau* ;
- 3- Glissière : entre *Coulisseau* / *Porte lame* ;
- 4- Pivot glissant : entre *Porte lame* / *Bâti*.

Pour l'étau limeur, les 4 classes d'équivalence du mécanisme sont liées entre elles par 5 liaisons listées ci-dessous :

- 1- Pivot : entre *Bâti* / *Plateau* ;
- 2- Pivot : entre *Bâti*/ *Bielle* ;
- 3- Glissière : entre *Bâti*/ *Coulisseau* ;
- 4- Cylindre-plan (linéaire rectiligne dans le logiciel): entre *Plateau*/ *Bielle* ;
- 5- Cylindre-plan (linéaire rectiligne dans le logiciel): entre *Bielle*/ *Coulisseau*.

Créer les liaisons, en cliquant droit sur Liaisons / Ajouter.

- Choisir le type de liaison (attention ce sont les anciens noms...) ;
- Sélectionner les 2 pièces intervenant dans la liaison (dans l'arbre de meca3d ou en cliquant sur les pièces)
- **Choisir le mode de définition « par contraintes »**, et cliquer sur les contraintes à utiliser. Lorsque les données géométriques sont satisfaites, Meca3D affiche un **drapeau vert** en face des contraintes choisies, cliquer alors sur « Terminer ». **S'il existe plusieurs contraintes à sélectionner, cliquer dessus, tout en maintenant la touche CTRL enfoncée.**



Pour les liaisons cylindre-plan de l'étau limeur, elles seront créées, pour plus de simplicité, par objets et non par contraintes. Sélectionner alors simultanément (en maintenant CTRL enfoncée) le plan et le cylindre de la liaison pour la créer.

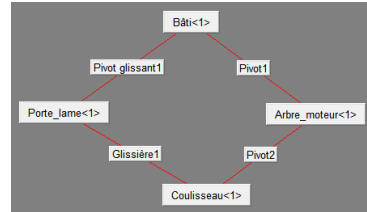
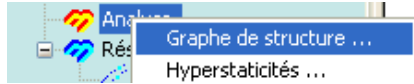
Remarques dans l'arbre de création Meca3D :

- cliquer sur le + devant les liaisons permet de vérifier les pièces en liaison ;
- cliquer sur la liaison met en surbrillance, sur le dessin, les pièces et le repère de la liaison ;
- pour corriger et modifier une liaison, cliquer droit sur celle-ci.

Graphe de structure

Il est possible également de vérifier toutes les liaisons entre les différentes classes d'équivalences à l'aide du graphe de structure (équivalent pour vous pour l'instant à un graphe de liaisons).

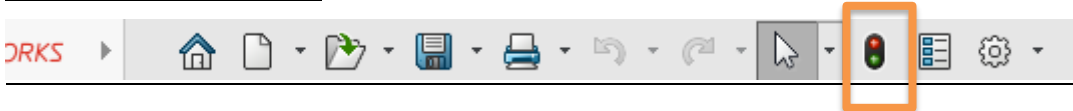
Cliquer droit sur Analyse / Graphe de structure.



NB : sur ce graphe, il est également possible de déplacer les éléments en cliquant dessus...attention parfois des éléments se superposent.

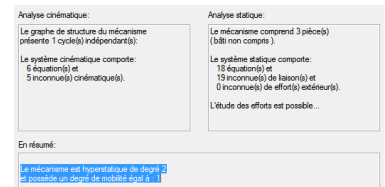
Étape 3 : calcul mécanique

Attention si vous avez bougé le système « à la main », il faut reconstruire le système (bouton encadré ci-dessous) avant de réaliser le calcul.



Avant de voir bouger le mécanisme, il faut que le logiciel calcule les positions successives que ce dernier va prendre. Pour cela, cliquer droit sur Analyse / Calcul mécanique.

La boîte de dialogue ci-contre apparaît en indiquant que le mécanisme possède 1 degré de mobilité. Cela signifie qu'il y aura 1 paramètre d'entrée, et donc qu'une seule liaison sera motrice : les autres pièces suivront le mouvement imposé par cette liaison motrice. (Cela dépendra des systèmes mais pour ce TP vous devez avoir une mobilité de 1)



Sélection et paramétrage de la liaison « d'entrée » ou « pilote »

Dans la colonne liaison il faut sélectionner la liaison d'entrée (ou motrice). Il faut aussi vérifier (et changer si nécessaire) la composante de la liaison qui est commandé. C'est le mouvement que l'on va imposer en entrée.

Les colonnes suivantes permettent de caractériser le mouvement d'entrée de cette liaison pilote : choisir Rotation suivant x, de vitesse imposée 60 tr/min.

Scénario 1				
No.	Liaison	Composante	Type Mvt.	Vitesse
1	Pivot1	Rx (1.1043...	Uniforme	60.000000

Sélection du type d'étude

- **Géométrie** : étude des déplacements des pièces et des trajectoires de points ;
- **Cinématique** : étude des déplacements, vitesses et accélérations des pièces ainsi que des trajectoires de points
- **Statique** : étude des déplacements des pièces, des trajectoires de points et des efforts ;
- **Cinématique et statique** : regroupe les études *cinématique* et *statique* ;
- **Dynamique** : étude complète du système en dynamique.

Choisir ici une étude cinématique.

Choix de la durée du mouvement

L'animation du mécanisme se fera **en boucle**. Il suffit donc de calculer des positions sur **1 seul tour complet** de la liaison d'entrée. Ici, l'*Arbre moteur* (ou le *plateau-manivelle* pour l'étau limier) tourne à 60 tr/min, c'est-à-dire 1 tr/s. Ainsi :

- une durée de 1 s correspond à 1 tr complet: le système fera donc un tour complet en boucle.
- une durée de 0,5 s correspond à 0,5 tr : le système ne fera donc qu'un demi-tour en boucle...

Choisir donc une durée de 1 s.

Choix du nombre de positions

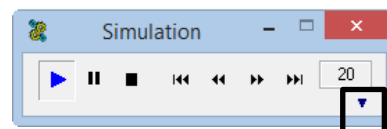
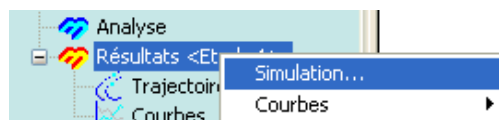
- un nombre de 36 signifie qu'il y aura 36 positions calculées sur 1 tour, soit 1 position tous les 10 degrés ;
- un nombre de 360 signifie qu'il y aura 360 positions calculées sur 1 tour, soit 1 position tous les degrés.

Choisir 36 positions, puis **cliquer sur CALCUL avant de cliquer sur FIN**.

Étape 4 : résultats

Simulation du mouvement

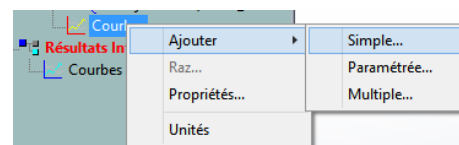
- cliquer droit sur Résultats / Simulation ;
- cliquer sur lecture et visualiser l'animation...
- retourner dans le menu calcul mécanique (voir étape précédente), et essayer une durée de mouvement de 0,5 s, puis resimuler, et comprendre le rôle de la durée du mouvement ;
- remettre une durée de mouvement de 1 s, et resimuler de nouveau.
- En cliquant sur la flèche bleu (cf image ci-contre) et en allant dans l'onglet mouvement vous pouvez modifier la vitesse de l'animation. (Attention la vitesse de l'animation est indépendante de la vitesse « réelle » de la simulation qui elle a été rentrée lors du calcul mécanique).



Mémorisation de courbes

Si l'on souhaite que les courbes précédentes soient mémorisées pour pouvoir les consulter ultérieurement, il faut créer une courbe.

Trois types de courbes de résultats peuvent être construits :



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

Pour ajouter une courbe simple (le même principe s'applique pour les autres courbes)

- cliquer droit sur Courbes / Ajouter / Simple ;

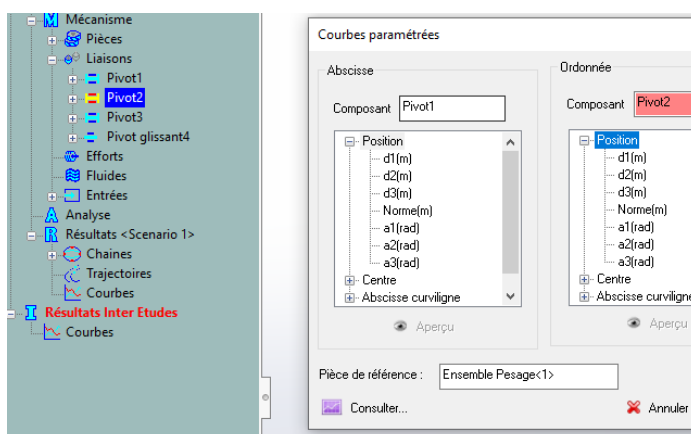
Une boîte de dialogue s'affiche, comportant quatre onglets dont seulement 2 seront utilisés ici :

- *Onglet Pièces* permet de consulter et mémoriser des courbes pour le **centre de gravité** ;
- *Onglet Liaisons* permet de consulter et mémoriser des courbes pour le **centre du repère de la liaison** ;

⚠ Ces onglets sont à utiliser avec précaution car ils donnent des résultats en des points particuliers!

On ne travaillera dans ce TP qu'avec les liaisons et pas avec les pièces.

Pour une courbe paramétrée, on pourra choisir directement la liaison dans les liaisons du mécanisme. On a alors accès aux paramètres de la liaison sélectionnée. Cliquer sur Aperçu pour vérifier que vous avez bien sélectionné le bon paramètre (choisissez le 1 par défaut).



Une fois votre courbe choisie, vous pouvez cliquer sur consulter pour simplement l'observer ou sur ajout pour la mémoriser.

Tracer l'évolution de la sortie en fonction du temps (courbe simple) puis en fonction de l'entrée (courbe paramétrée). Expliquer pourquoi on retrouve la même allure générale. En déduire la course du système.

