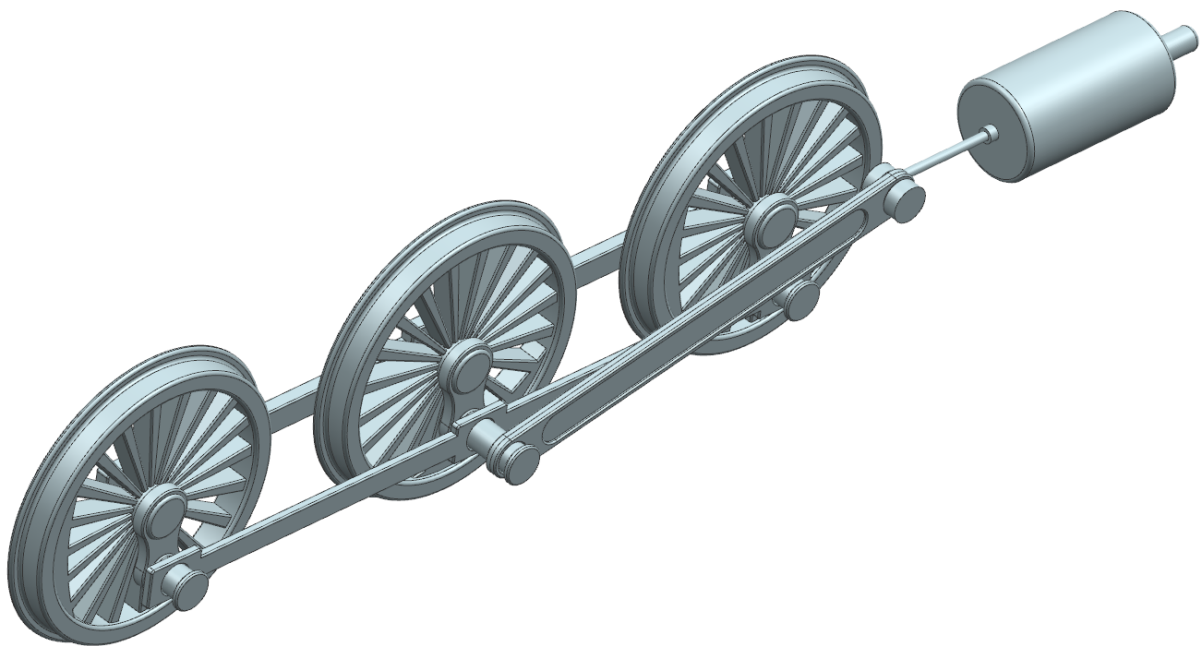


MATH0001 Communication graphique

Tutoriel NX Création d'une simulation à partir d'un assemblage



Professeur: Éric Béchet

Faculté des sciences appliquées
Université de Liège

Assistants: Justine Parmentier
Martin Purnode

1 Introduction

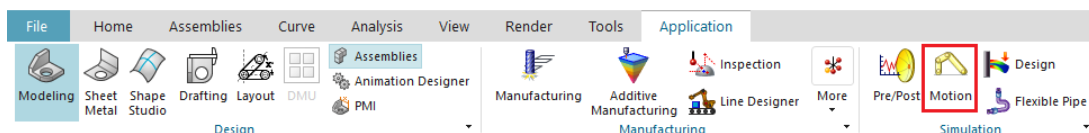
Lors du précédent TP, nous avons vu comment assembler plusieurs pièces préalablement réalisées afin de mettre en forme un assemblage et de lui permettre quelques mouvements. Si ces premiers mouvements permettent d'avoir une première vague idée des positions atteintes grâce à ces premiers mouvements, aucune information n'est disponible sur les vitesses, accélérations ou même déplacements précis de nos pièces. La construction d'une simulation permet de recueillir les premières données de cinématique de notre assemblage, d'extraire des données graphiques, d'obtenir des valeurs extrêmes de vitesses, ... Dans ce tutoriel, nous allons réutiliser la construction du train que vous pouvez soit refaire vous même, soit reprendre de l'archive dans laquelle se trouvait ce document (*Train.prt*).

2 Débuter une simulation

Une simulation se crée obligatoirement à partir d'un assemblage. Deux méthodes permettent de débiter une simulation. Elles sont équivalentes et ne dépendent que du fait que votre assemblage soit ouvert ou non sur NX.

2.1 Vous avez votre assemblage ouvert sur NX

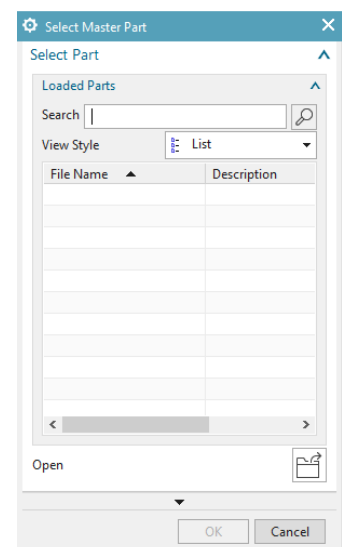
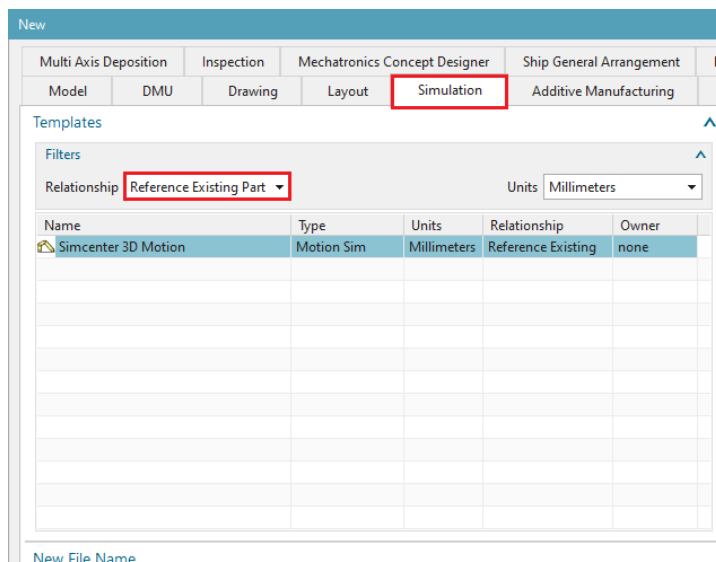
Si votre assemblage est ouvert sur NX, alors vous pouvez ouvrir directement une nouvelle simulation. Il suffit d'aller dans l'onglet *Application* puis de cliquer sur l'option *Motion*. La page changera alors pour offrir de nouvelles options.



Une fois les nouvelles options visibles, sélectionnez l'option *New Simulation* située sur la gauche de l'écran. Une nouvelle page s'ouvrira alors vous demandant le nom de votre simulation ainsi que l'emplacement de sauvegarde. Par défaut, cet emplacement sera le même que celui de votre assemblage et c'est ce qu'il faut. Si ce n'est pas à cet emplacement que le logiciel vous propose de sauvegarder, changez ça manuellement.

2.2 Votre assemblage n'est pas chargé sur NX

Si votre assemblage n'est pas chargé sur NX, par exemple parce que vous venez d'ouvrir NX, alors vous allez devoir lancer une nouvelle simulation en cliquant sur *New*, puis en allant dans la partie simulation. Une fois là-bas, sélectionnez comme *Relationship* l'option *Reference Existing Part*.

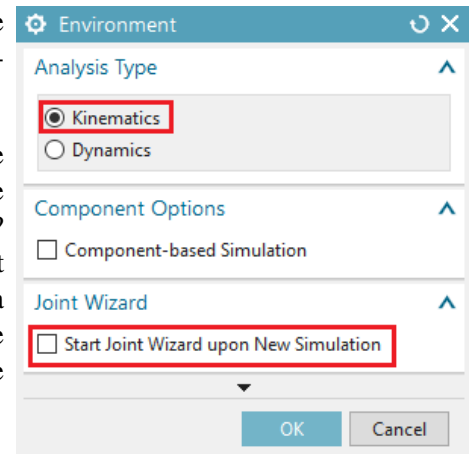


Sélectionnez alors *Simcenter 3D Motion*, la seule option disponible. Dans la partie *Part to Reference*, cliquez sur  pour faire apparaître une nouvelle fenêtre. Celle-ci va vous demander quel pièce doit être utilisée pour la création de la simulation. Cliquez encore une fois sur *Open* et allez chercher l'assemblage *Train.prt* que nous avons construit précédemment.

3 La construction d'une simulation

Lorsque la page de simulation se lancera, une fenêtre de dialogue s'activera automatiquement. Deux options seront intéressantes pour nous:

- ✦ L'*Analysis Type* que nous mettrons sur l'option *Kinematics*. Dans ce mode, tous les degrés de liberté devront être contraint. Ce mode demande plus d'attention, mais nous y reviendrons.
- ✦ Le *Joint Wizard* que nous allons désactiver. Ce dernier a pour but de transformer les contraintes d'un assemblage directement en quelque chose de lisible pour la simulation. Pourquoi ne pas l'utiliser alors ? Deux raisons ici: la première est que ce que comprend le logiciel et vos attentes ne sont pas toujours la même chose, ce qui peut amener à des effets non désirés. Ensuite, le but de ce TP est de vous apprendre à faire ce travail manuellement au cas justement où le *Joint Wizard* ne fonctionne pas comme voulu.

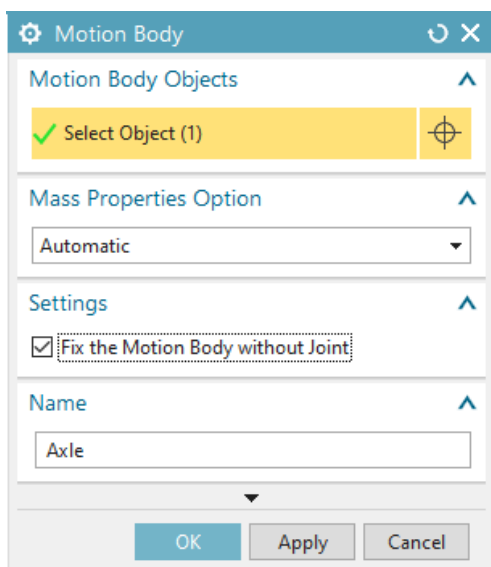


3.1 Ajout des premières pièces et fixation par rapport au repère

Tel quel, la simulation n'est pas au courant qu'il existe des pièces dans votre travail. La première étape sera donc de le lui faire comprendre. Pour ça, il va falloir utiliser les options se trouvant dans l'onglet *Mechanism*, à savoir le *Motion Body*, le *Joint* et le *Driver*. Commençons alors par la première option.

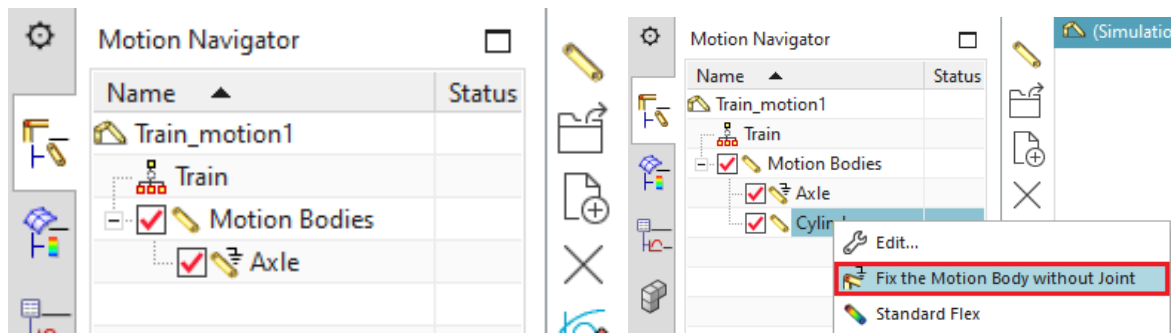


Cette commande permet de dire à la simulation "Cette pièce existe". C'est donc la première chose à faire avant de vouloir décrire les mouvements que cette pièce peut ou non avoir. Il n'est pas nécessaire de marquer toutes les pièces avant de commencer à indiquer les mouvements de celles déjà marquées. Nous allons commencer par marquer une première pièce, l'axe.



- ✦ Cliquez sur 
- ✦ Sélectionnez la pièce *Axe*. Pour rappel, il s'agit de la pièce qui porte les trois roues et qui était contrainte pour un *Fix* dans l'assemblage.
- ✦ Dans la partie *Name*, inscrivez *Axe*. C'est une bonne pratique de nommer ces pièces, car vous les retrouverez bien plus facilement par la suite, surtout lorsque leur nombre commencera à être bien plus important.
- ✦ Dans la partie *Settings*, cochez la case *Fix the Motion Body without Joint*. Ceci permettra d'empêcher tout mouvement de cette pièce lors du calcul de la simulation.

Dans le *Motion Navigator*, vous devriez vous apparaître un nouvel onglet *Motion Bodies* qui vous indique l'ensemble des pièces que vous avez renseigné à la simulation. Vous pouvez également voir qu'il y a un petit symbole  sur cette pièce, marquant ainsi qu'elle ne peut pas bouger.



Refaites maintenant un nouveau *Motion Body* en sélectionnant la pièce *Cylinder*, mais veuillez à ce que l'option *Fix the Motion Body without Joint* ne soit pas sélectionnée. Nommez cette pièce *Cylinder*. Vous pouvez voir qu'elle apparaît à son tour dans le *Motion Navigator*. Faites donc un clic droit sur son emplacement dans ce navigateur et sélectionnez l'option *Fix the Motion Body without Joint*. Cela aura le même effet que d'avoir laissé cette option lors de la définition de ce *Motion Body*. Si vous vous rendez compte que vous avez bloqué une pièce lors de sa définition et que ce n'était pas volontaire, vous pourrez désactiver cette fixation par un procédé similaire à celui montré ici.

3.2 Création du premier joint

Nous allons créer maintenant un *Motion Body* de l'une des roues. Ajoutez donc la roue de gauche et donnez lui le noms "Roue_gauche". Veuillez à ce que l'option *Fix the Motion Body without Joint* soit encore non sélectionnée. Ce sera d'ailleurs le cas pour le reste du TP. Cette roue n'a pas pour vocation de rester immobile, nous allons donc informer la simulation que cette pièce peut tourner sur un axe de rotation en créant un *Joint*.



Joint

Un joint est une commande qui permet à l'utilisateur de spécifier à la simulation quel(s) mouvement(s) une pièce peut ou non avoir. Il est possible de lier le mouvement d'une pièce à une autre, comme nous le verrons plus tard. Les joints ont plus ou moins la même utilité que les contraintes que nous avons utilisées lors du TP sur l'assemblage. Elles sont de plusieurs types, dont les plus utiles pour nous sont



Revolute

qui permet la rotation d'une pièce autour d'une autre. Il lui faut donc un vecteur et un centre de rotation autour desquels tourner.



Slider

qui permet la translation d'une pièce le long d'une direction sélectionnée. Il est donc nécessaire de lui préciser cette direction et quel est l'endroit de cette pièce qui doit servir de référence pour ce mouvement. La plupart du temps, il n'est pas important et vous pouvez prendre n'importe quel point sur votre pièce.



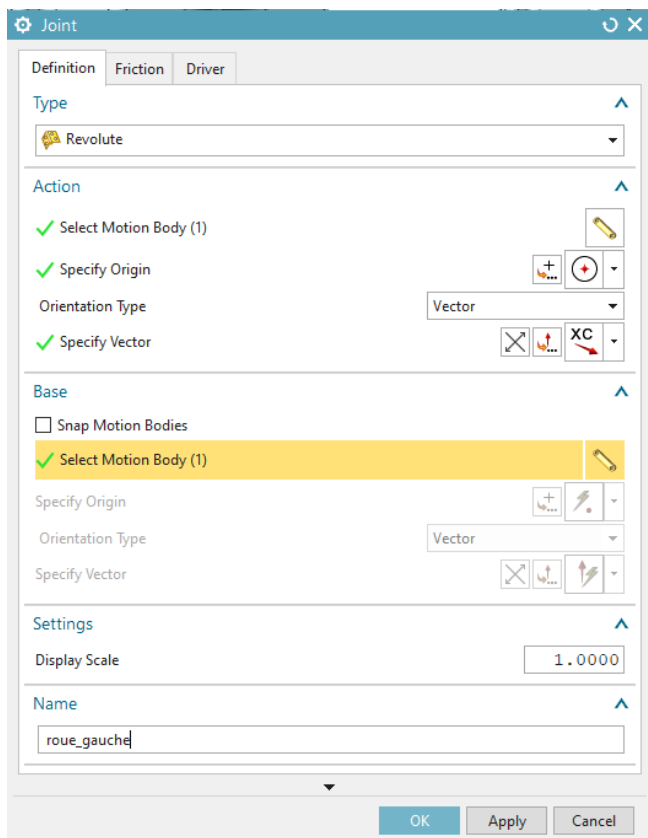
Cylindrical

qui combine la rotation et la translation d'une pièce autour/le long d'un axe. Attention que vous ne pouvez pas choisir un axe de rotation et une direction de translation différente. Il est généralement préférable d'utiliser des joints *Revolute* plutôt que ce type de joint lorsque ce n'est pas absolument nécessaire.



Fixed

qui permet soit de fixer une pièce par rapport au système de coordonnées, ce qui revient au même que de faire l'opération *Fix the Motion Body without Joint* que nous avons déjà fait plus tôt, soit d'empêcher le mouvement d'une pièce par rapport à une autre, comme si elles étaient collées entre elles.



En ce qui concerne notre roue, c'est le joint *Revolute* que nous allons utiliser.

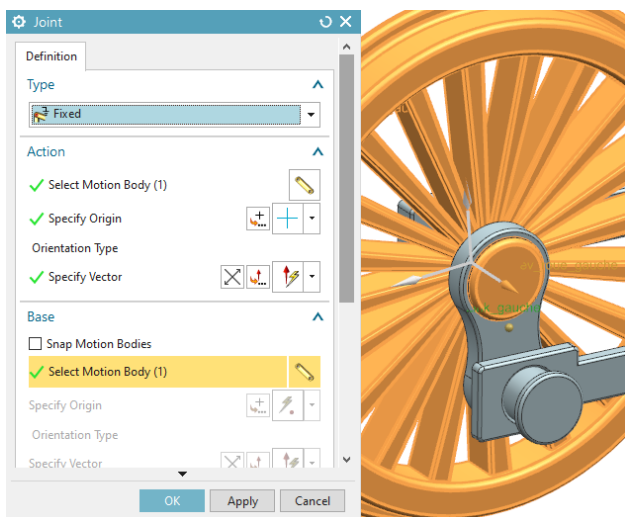


- ✦ Cliquez tout d'abord sur **Joint**
- ✦ Sélectionnez le joint *Revolute* dans l'option *Type*
- ✦ Dans *Select Motion Body*, choisissez la roue de gauche soit dans la feuille de construction, soit dans le *Motion Navigator*
- ✦ Il est très probable que le logiciel vous sélectionne automatiquement une origine. Cependant, il est programmé pour sélectionner comme origine le centre de masse de la pièce et ce dernier n'est ici pas au centre, du fait de la géométrie de la roue. Sélectionnez donc le centre de rotation en vous aidant par exemple de l'option *Arc/Ellipse/Sphere center*
- ✦ Sélectionnez le vecteur XC comme axe de rotation
- ✦ Dans l'option *Base*, vous pouvez cliquer sur *Select Motion Body* et sélectionner l'axe
- ✦ Nommez ce joint rev_roue_gauche et cliquez sur **OK**

Dans le joint que nous venons de créer, vous vous demandez peut être à quoi peut bien servir l'option *Base*. Si vous ne choisissez pas de base, tous les joints que vous créerez conserveront leurs effets par rapport au repère de la construction. Si vous liez un joint à une base, alors les effets de ce joints suivront cette base comme si cette base était devenue la nouvelle référence de construction. Dans le cas de notre roue dont l'axe de rotation n'est pas censé bouger, l'utilité de la base est au mieux relative, mais vous verrez rapidement la vraie raison de son utilisation.

3.3 Utilisation de la base

Ajoutez le link de la roue gauche comme *Motion Body* en le nommant *Link_gauche*. Cette pièce est censée être entraînée par le mouvement de la roue de gauche et ne pas avoir de mouvement par rapport à celle-ci, c'est à dire que les deux pièces sont comme collées entre-elles. Il s'agit dès lors d'une parfaite introduction au joint *Fixed* et à une vraie utilisation de la base.



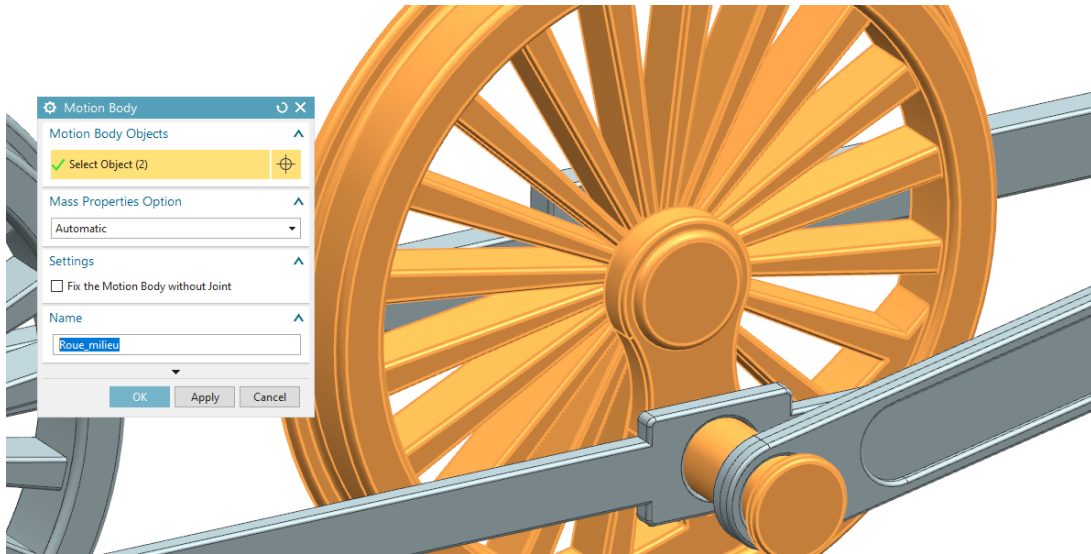
- ✦ Créez un nouveau joint de type *Fixed*
- ✦ Dans *Select Motion Body* de l'onglet *Action*, sélectionnez le *Link_gauche*
- ✦ Comme origine et comme vecteur, vous pouvez choisir ce que vous voulez. La pièce étant vouée à être collée à une autre, il n'est pas important de choisir un point ou un vecteur plutôt qu'un autre.
- ✦ Ici, si nous ne choisissons pas de base, cette pièce sera complètement immobile. Si nous précisons une base, alors cette pièce deviendra immobile par rapport à cette pièce. Si nous mettons une caméra sur cette base, que nous donnions un mouvement à cette base et que nous filmions le link, celui-ci nous semblerait immobile. Choisissez donc la roue comme base.

Remarque Lorsque vous utilisez une base pour dire qu'une pièce a un mouvement autour d'une autre, il n'est pas nécessaire de faire un second joint en intervertissant les rôles entre la base et la pièce "principale".

3.4 Ajout des autres roues

Pour la première roue, nous avons réalisé un collage de deux pièces en utilisant un joint *Fixed*, ce qui nous a permis d'introduire la notion de base. Il est cependant possible de gagner un temps certain en définissant intelligemment mes

Motion Bodies. Cliquez sur  et sélectionnez cette fois la roue centrale **et** son link dans le même *Motion Body*, en leur donnant le nom `roue_milieu`. De par cette opération, vous venez de créer une pièce unique composée de deux morceaux qui sont maintenant collés entre eux.



Attention, ce genre d'opération n'est utile que pour des pièces n'ayant aucun mouvement relatif entre eux, que ce soient des translations ou des rotations. N'utilisez cette technique que lorsque les pièces que vous choisissez sont comme collées entre elles. Il ne serait par exemple pas efficace de faire un seul *Motion Body* avec l'ensemble des trois roues et des trois links, car elles ne pourraient pas avoir leur rotation propre.

Créez un nouveau *Motion Body* avec la roue de droite et son link. Vous pourrez ensuite créer un joint *Revolute* pour chacune de ces deux roues. Comme pour la première roue que nous avons introduite, utilisez le vecteur XC comme axe de rotation et vérifiez bien que le centre de rotation soit bien situé au centre de la roue. Si votre origine est mal mise, vous verrez rapidement des problèmes apparaître dans la simulation.

3.5 Ajout de la tige de couplage

Ajoutez un nouveau *Motion Body*, le `side_rod`. Cette pièce dispose de trois emplacements où des joints *Revolute* seront nécessaires à chaque rencontre avec un link. Ajoutez ces links un à un, en faisant bien attention à chaque fois à vérifier la position du centre de rotation, en sélectionnant XC comme axe de rotation et en choisissant le link correspondant au trou dont vous faites le joint comme base. Ici, le but de créer une base est bien plus important que lorsque nous avons indiqué la base pour la rotation des roues. En effet, ici, les centres de rotation des joints que vous construisez seront mobiles. Lorsque les roues vont tourner, elles entraîneront avec elles les links. Si ces derniers sont indiqués comme bases, alors les centres de rotation suivront les déplacements de ces links, entraînant alors la tige de couplage.

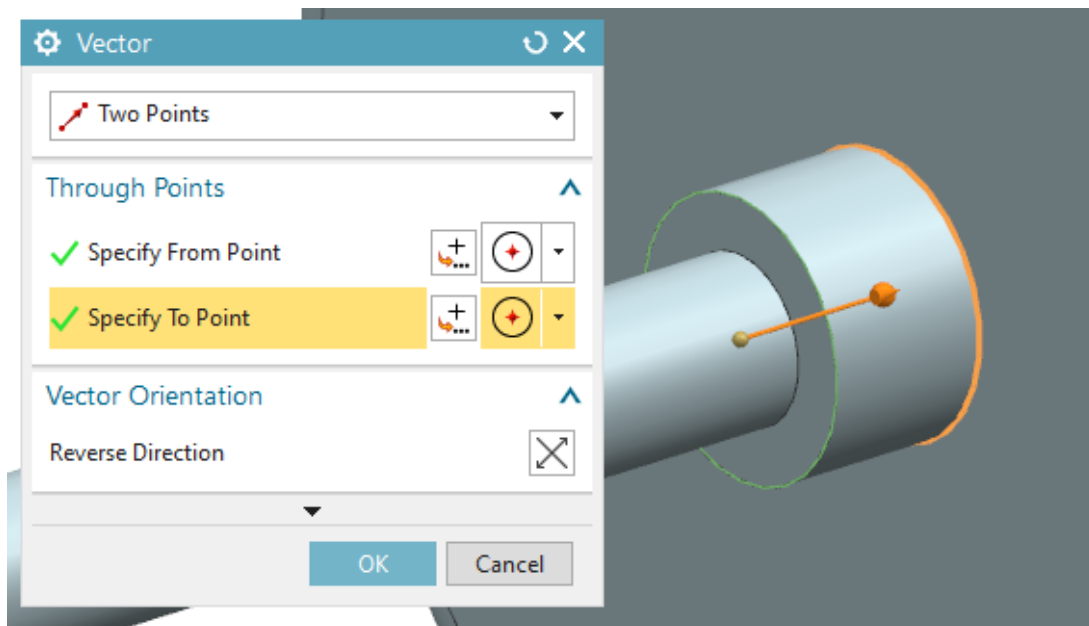
Remarque Sélectionner une pièce comme "principale" et une autre comme "base" est l'équivalent que de les choisir dans le sens inverse. En effet, ici nous signalons le type de mouvement qui est possible pour une pièce autour d'une autre. Si la pièce A tourne autour de la pièce B, dire que la pièce B tourne autour de la pièce A est équivalent.

3.6 Ajout des dernières pièces

Deux pièces sont encore à être ajoutées, la *main_rod* et la *piston_rod*. Créez donc deux nouveaux *Motion Bodies* séparés. Vous aurez ensuite à créer un premier joint *Revolute* entre la *main_rod* et le *main_link*, et un second entre la *main_rod* et le *piston_rod*. Le vecteur XC sera utilisé dans les deux cas. Encore une fois, vérifiez la position des centres de rotation si vous ne voulez pas avoir de surprises.

Le dernier joint que nous allons devoir utiliser sera le  *Slider*. Son utilisation est très similaire à celle du joint *revolute* que nous avons intensivement utilisé jusqu'ici.

- ✦ Débutez un nouveau joint, mais de type *Slider* cette fois
- ✦ Sélectionnez le *piston_rod* ou le cylindre comme pièce "principale"
- ✦ Sélectionnez le centre du trou du cylindre comme origine
- ✦ Le vecteur n'est ici pas parfaitement équivalent au vecteur YC. Nous allons donc devoir utiliser un outil pour définir le vecteur de translation. Cliquez sur la boîte de dialogue vecteur , une fois dessus, sélectionnez l'option *Two Points* qui vous permet de définir un vecteur à partir de deux points que vous allez devoir choisir. Cette méthode est très utile si vous ne parvenez pas à sélectionner un vecteur facilement.
- ✦ Choisissez comme premier point le centre du cercle marquant l'entrée de la tige dans le cylindre (en vert sur l'image) et comme second point le cercle marquant la jonction entre le petit et le grand cylindre (en orange sur la photo).



3.7 Création du driver

Jusqu'ici, nous avons informé la simulation de l'existence de différentes pièces et nous avons exprimé le type de mouvement que ces pièces pouvaient avoir. Cependant, à aucun moment, nous n'avons initié de mouvement. Le



Driver  répond à ce besoin. Cliquez alors sur cette commande. Une nouvelle fenêtre s'ouvrira alors.

- ✦ Comme *Driver Type*, sélectionnez l'option *Joint Driver*
- ✦ Dans *Driver Object*, sélectionnez le joint *rev_roue_gauche* que nous avons construit plus tôt dans ce TP
- ✦ Vous verrez de nouvelles options apparaître, dont l'option *Rotation* dans l'onglet *Driver*. Changez sa valeur de *None* vers *Polynomial*.
- ✦ Vous aurez alors l'opportunité de choisir le déplacement initial, la vitesse de rotation, l'accélération angulaire et le *Jerk*, qui est la dérivée temporelle de l'accélération. Entrez la valeur de 20 degrés par seconde comme vitesse de rotation et cliquez sur *OK*.
- ✦ Une fois ce driver mis, tous les degrés de liberté devraient être contraints. Dans une bonne simulation, il est généralement possible de n'utiliser qu'un seul driver.

The screenshot shows the 'Driver' configuration window. It has three main sections: 'Driver Type', 'Driver Object', and 'Driver'. The 'Driver Type' dropdown is set to 'Joint Driver'. The 'Driver Object' section shows 'Select Driver Object (1)' with a selection icon. The 'Driver' section has a 'Rotation' sub-section where 'Polynomial' is selected from a dropdown. Below this, four parameters are listed: 'Initial Displacement' (0), 'Velocity' (20), 'Acceleration' (0), and 'Jerk' (0). Each parameter has a unit dropdown (°, °/s, °/s², °/s³ respectively). At the bottom, there is a 'Settings' section with a 'Name' field containing 'Drv001' and a checked 'Preview' checkbox. Three buttons are at the very bottom: '< OK >', 'Apply', and 'Cancel'.

4 Lancement de la simulation

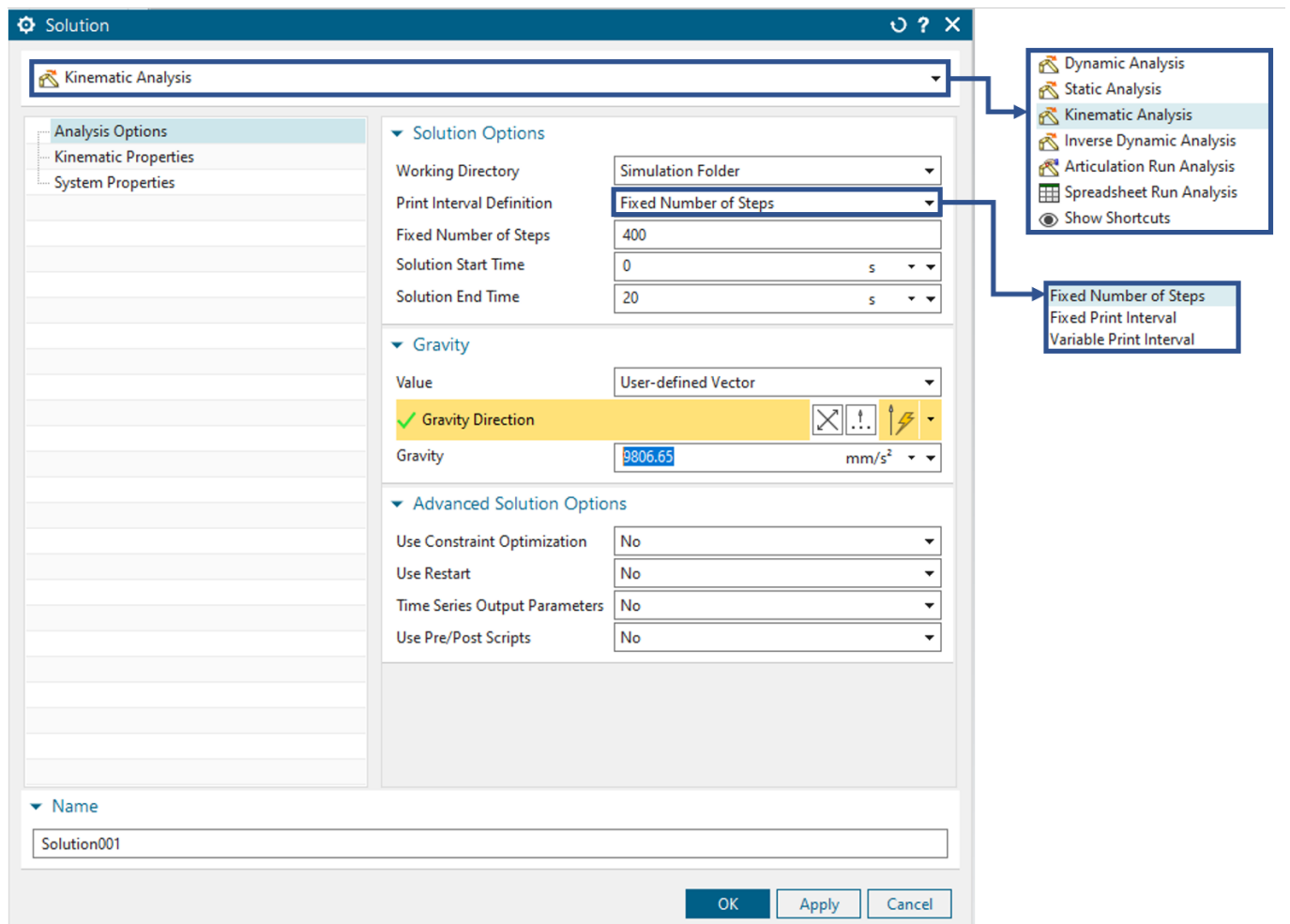
Notre simulation est prête à être lancée.



- ✦ Dans *Home*, cliquez sur l'option . La fenêtre que vous pouvez voir sous cette liste apparaît alors.
- ✦ Tout au dessus de cette fenêtre, commencez par changer l'option *Dynamic Analysis* en *Kinematic Analysis*. Nous reviendrons sur leur différence juste après.
- ✦ Dans la section *Print Interval Definition*, sélectionnez l'option *Fixed Number of Steps*. Cela permet de choisir le nombre de fois que les résultats de votre simulation sera enregistré. Il existe aussi des options qui permettent de choisir l'intervalle de temps entre deux enregistrements.
- ✦ Dans la section *Fixed Number of Steps*, nous allons pouvoir définir ce nombre d'étapes. Dans notre cas, fixez le à 400.
- ✦ Le *Solution Start Time* marque le début de la simulation, laissez le à 0.
- ✦ Le *Solution End Time* indique la durée de la simulation (si le start est à 0). Dans notre cas, indiquez 20 secondes.
- ✦ Appuyez sur Ok

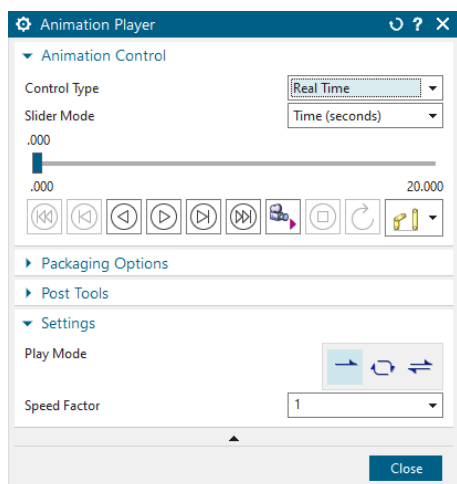
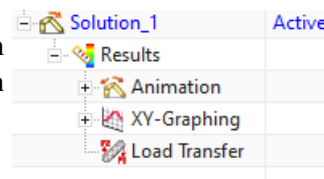


- ✦ Notre simulation est donc prête, mais pas encore calculée. Vous pouvez lancer le calcul en cliquant sur  *Solve*



Lorsque vous lancerez la simulation, une page de chargement s'ouvrira. Cette page vous tiendra informer de l'avancement de la simulation, mais également des problèmes rencontrés le cas échéant. Si vous voyez apparaître une mention "Current progress status : 100% ", alors vous pouvez fermer la fenêtre. Normalement le calcul ne doit pas prendre longtemps (de l'ordre de 1 ou 2 secondes).

Une fois la simulation terminée, vous verrez apparaître dans le *Motion Navigator* un onglet *Solution*. Si vous voyez dedans un onglet *Results* en couleur, alors la simulation est un succès.



Pour voir le résultat de votre simulation, allez dans l'onglet *Analysis* et

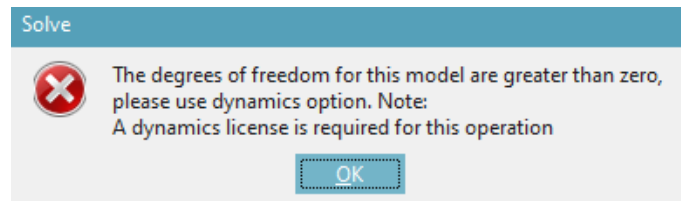
cliquez sur . Une nouvelle page s'ouvrira alors vous permettant de voir une vidéo de votre construction en marche. Sur cette page, il est possible

- ✦ de voir la vidéo de votre simulation,
- ✦ d'accélérer ou ralentir la vitesse de la vidéo grâce au *Speed Factor*,
- ✦ de faire tourner la vidéo en boucle ou à l'envers, ou
- ✦ de créer une vidéo de votre simulation. Pour ce faire, cliquez sur  et choisissez un endroit où sauvegarder votre vidéo.

Dans l'onglet *Results* vous pourrez trouver plusieurs options intéressantes, dont une seconde possibilité d'enregistrer des vidéos. N'hésitez pas à explorer les possibilités de construction offertes par cette page.

5 Conseils d'utilisation

- ✦ Le joint *cylindrical* peut être utilisé à la place d'un joint *revolute*, mais alors vous devrez penser à bloquer le mouvement de translation avec, par exemple, un joint *planar*.
- ✦ Lorsque vous commencez un assemblage, vous pouvez effectuer votre construction de simulation en parallèle. Lorsque vous ajouterez une pièce dans l'assemblage, le visuel de cette pièce s'ajoutera également dans le fichier de simulation. Cela vous permettra de facilement mettre vos différents joints sur une pièce avant d'ajouter les suivantes pour y mettre les joints associés et ainsi de suite.
- ✦ Lorsque vous devez choisir quelle pièce deviendra votre driver, choisissez une pièce qui a un mouvement facile à décrire. Il est souvent plus simple de sélectionner une pièce qui subit une rotation constante, voir même qui subit une accélération, plutôt qu'une pièce subissant des translations en va et vient. Choisissez une pièce ayant le mouvement le plus régulier possible.
- ✦ Plus tôt dans ce TP, nous avons sélectionné le mode *Kinematics* comme environnement, en précisant que nous reviendrons à ce choix plus tard. Le mode cinématique que nous avons utilisé permet une résolution plus rapide, car il ne va s'intéresser qu'aux mouvements de vos pièces. Il est par contre nécessaire de contraindre absolument tous les degrés de liberté soit au moyen de *joints* soit par l'utilisation d'un *driver*. Le mode *Dynamics* permet quant à lui plus de liberté au niveau des mouvements permis lors d'une simulation. La gravité devient ici plus importante, car elle agit sur le mouvement. Il est possible d'utiliser ce mode pour tester une configuration de joints, ou voir ce qui ne marche pas lors d'une simulation cinématique. Une simulation qui fonctionne en mode cinématique fonctionnera en dynamique. Si une simulation ne fonctionne pas en cinématique, elle fonctionnera peut être en dynamique et le résultat de ce calcul pourra donner de précieuses informations sur la raison du blocage en cinématique. Vous pouvez facilement passer du mode cinématique au mode dynamique en allant dans l'option *Environment*, situé sous l'option *Solution*.
- ✦ Si, lors d'une simulation, vous avez un message d'erreur vous indiquant



alors vos degrés de liberté n'ont pas tous été remplis. Vérifiez que vous avez bien mis tous les joints nécessaires et/ou que vous avez bien mis votre driver.

- ✦ Dans le cas où vous avez une erreur de type *Solver Lock-up*, vérifiez que les vecteurs que vous avez utilisés pour vos rotations, ainsi que les origines de ces rotations soient bien corrects.