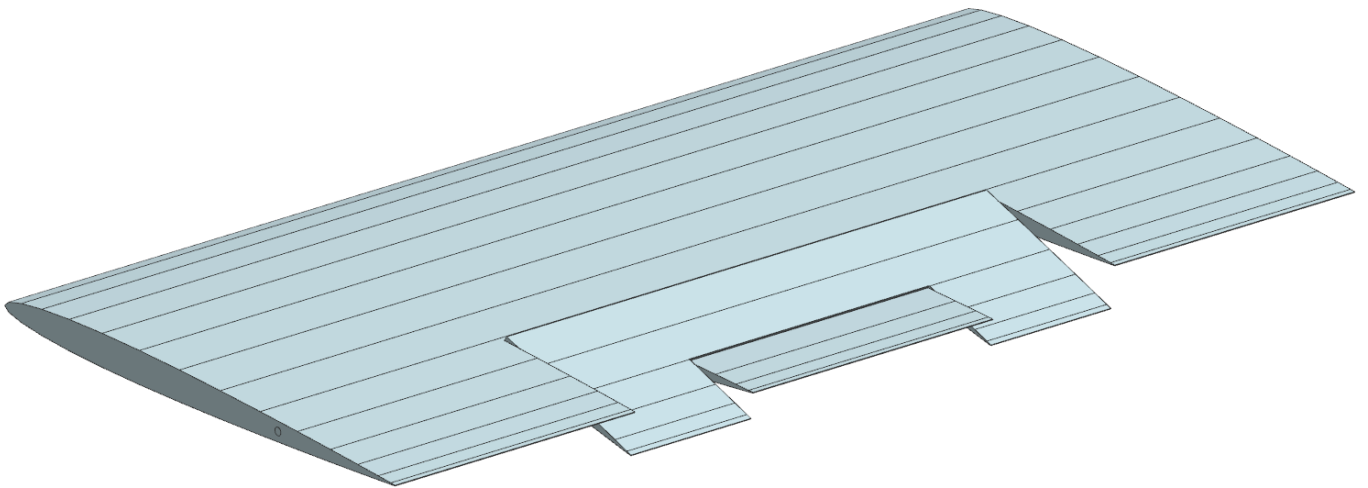


MATH0001 Communication graphique

Tutoriel NX

Introduction de données dans NX et utilisation de Excel



Professeur: Éric Béchet

Faculté des sciences appliquées
Université de Liège

Assistants: Justine Parmentier
Martin Purnode

1 Introduction

Certaines pièces ont une géométrie complexe qu'il serait long de représenter à la main. Dans ce cas, il est possible d'entrer des données d'un fichier .dat, .txt ou .pts. Dans ce tutoriel, nous allons

- ✘ Apprendre à chercher, modifier et mettre à taille des données géométriques plus complexes, ainsi qu'à les transformer en un fichier utilisable par NX.
- ✘ Importer des données extérieures dans NX, comme un fichier de point ou une pièce venant d'un autre logiciel de CAD.
- ✘ Créer un assemblage à partir de pièces extérieures
- ✘ Utiliser des joints sphériques et certains types de drivers

2 Obtention et travail des données

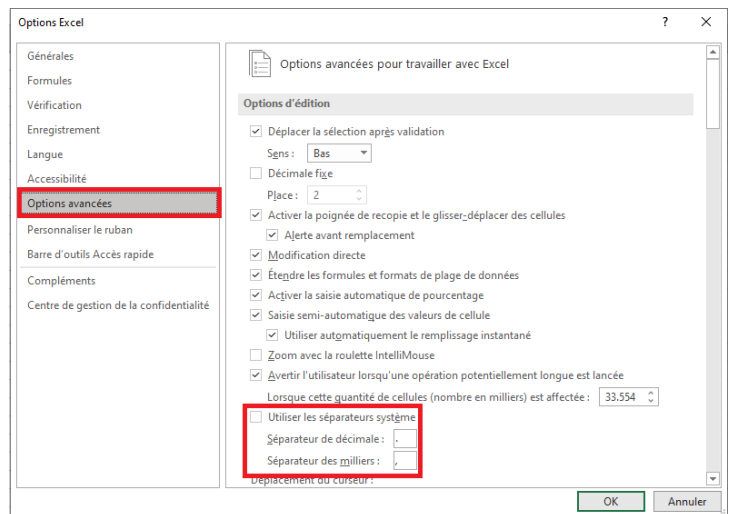
Dans cette section, nous allons prendre des données d'un site web, les transférer sur Excel et faire quelques modifications afin de rendre ces données utilisables par NX.

2.1 Préparation de la fiche Excel

Grâce à vos accès étudiants, vous pouvez utiliser Excel gratuitement. Il sera peut être nécessaire de demander cet accès à l'université s'il ne vous a pas été donné directement.

Ouvrez une nouvelle feuille de calcul Excel. Cliquez ensuite sur *Fichier* ⇒ *Options*. Une nouvelle page s'ouvre alors. Choisissez l'onglet *Options avancées*. Dans cet onglet, nous allons changer le séparateur entre les unités et les décimales. Pour ce faire

- Décochez l'option *Utiliser les séparateurs système*
- Dans *Séparateur de décimale*, mettez un point
- Dans *Séparateur des milliers*, mettez une virgule



Une fois ces modifications faites, cliquez sur OK pour valider.

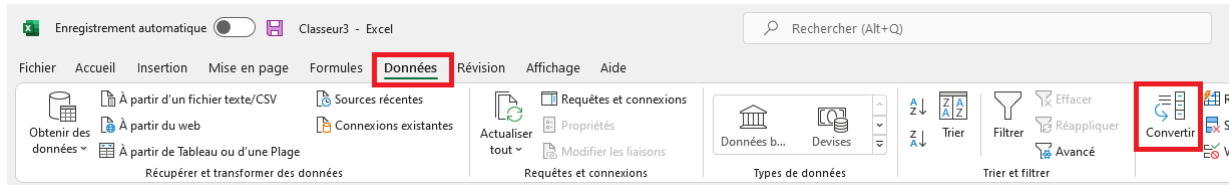
2.2 Obtention des données

Dans le cadre de ce tutoriel, nous allons utiliser les données du profil d'aile NACA 0006, qui peuvent être fournies par le site [Airfoil Tool](#). Sur ce site, vous avez la possibilité de choisir la cambrure de l'aile, la position de la cambrure maximale, l'épaisseur du profil et le nombre de points qui serviront pour le dessin. Vérifiez que les valeurs utilisées sont bien

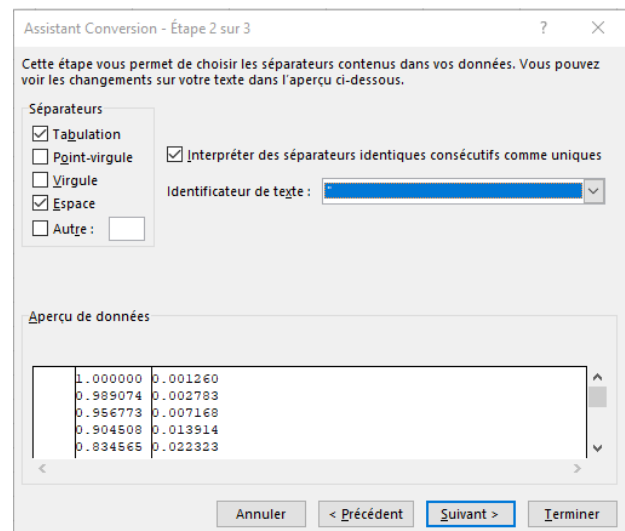
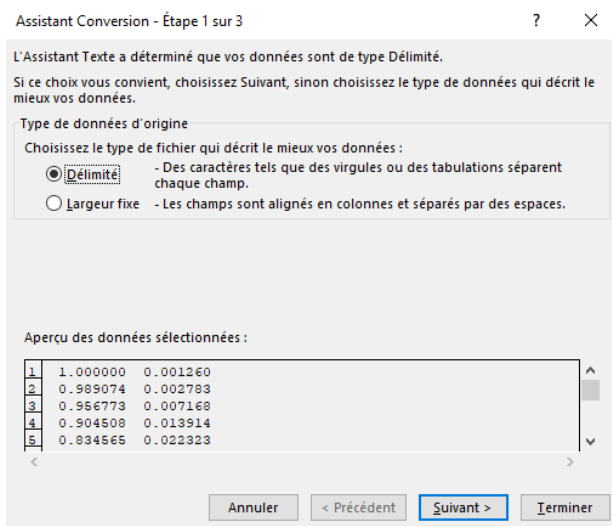
- Max Camber (%): **0**
- Max Camber Position (%): **0**
- Thickness (%): **6**
- Number of point: **30**
- Cosine spacing est coché

Sur la droite de la page, vous devriez voir une liste de points sous le nom **Dat file**. Sélectionnez l'ensemble de ces points et copiez les. **Attention** à ne pas sélectionner la première ligne et de directement commencer par la ligne avec les coordonnées des points. Copiez maintenant ces données dans Excel dans la case A1. Vous devriez avoir les A1 à A31 qui se remplissent de données.

Pour le moment, Excel n'écrit vos données que sur une seule case par ligne. Nous allons changer cela en allant dans la section **Données**, sous l'onglet **Convertir**. Sélectionnez l'ensemble des points de l'aile et cliquez sur **Convertir**. Une nouvelle fenêtre va alors s'ouvrir.



- ✂ Sur la première partie de cette nouvelle page, cliquez directement sur **Suivant**
- ✂ À l'étape 2, cochez la case **Espace** et vérifiez sur l'aperçu que vous avez quelque chose de similaire à l'image ci-dessous. Vous pouvez alors cliquer sur **Terminer**



Remarquez que vos coordonnées sont maintenant situées dans deux colonnes : la colonne B et la colonne C. La colonne A est maintenant vide.

2.3 Mise à forme des données

Vous disposez maintenant de la première partie des données nécessaires à la création de votre aile. Pour le moment, ces données ne sont pas exploitables directement par NX. Il nous faudra les **compléter**, les **mettre à taille** et les **transformer** en un fichier utilisable par NX.

2.3.1 Compléter les données

Chaque point de NX est constitué d'une coordonnée X, d'une Y et d'une Z. Sur le fichier Excel que vous avez créé, nous ne disposons que des coordonnées 2D. Nous allons les transformer en données 3D en ajoutant la coordonnée Z à votre aile. Sur chaque ligne, dans la colonne directement après celle des coordonnées Y, inscrivez **0**.

Note d'utilisation : vous pouvez remplir les cases **D1** et **D2** avec des **0**, puis sélectionner les deux cases. Vous verrez dans le coin inférieur droit un petit carré vert. Si vous le sélectionnez et que vous le tirez vers le bas, la zone que vous allez sélectionner sera remplie suivant la même logique que les deux cases sélectionnées. Dans notre cas, cela aura pour effet de les remplir plus rapidement de **0**.

	A	B	C	D	E
1		1	0.00126	0	
2		0.989074	0.002783	0	
3		0.956773	0.007168		
4		0.904508	0.013914		
5		0.834565	0.022323		
6		0.75	0.031603		
7		0.654508	0.040917		

	A	B	C	D	
1		1	0.00126	0	
2		0.989074	0.002783	0	
3		0.956773	0.007168		
4		0.904508	0.013914		
5		0.834565	0.022323		
6		0.75	0.031603		
7		0.654508	0.040917		

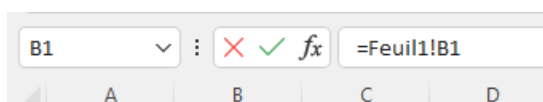
2.3.2 Mise à taille des données

Toutes les données dont vous disposez sont faites de telle sorte que la longueur de l'aile soit égale à 1 unité. Envoyées telles quelles, ces données créeront un profil d'aile de 1 mm de longueur. Pour pouvoir obtenir la taille d'aile que nous désirons, nous allons commencer par ouvrir une seconde feuille dans Excel. La commande permettant de le faire se trouve en bas de page, comme montré ci-dessous.



Cette nouvelle feuille est vide pour l'instant. Pour la remplir, allez dans la case **A1** de cette nouvelle feuille et suivez les instructions suivantes :

1. Commencez par inscrire **=** dans cette case
2. Sans quitter la case, cliquez sur **Feuil1** pour accéder aux données que nous avons précédemment modifiées.
3. Cliquez ensuite sur la case **B1** de cette première feuille. Vous devriez voir ceci dans votre ligne de remplissage de valeurs



4. Inscrivez à la suite de cette ligne ***1000** afin d'allonger notre profil d'aile pour le faire atteindre 1 mètre de longueur.
5. Utilisez le contenu de la note d'utilisation du §2.3.1 pour obtenir rapidement les valeurs modifiées des autres points composant le profil d'aile. Il s'agit de la fonction *Drag & drop* d'Excel.

Vous disposez maintenant des coordonnées d'une aile ayant la longueur voulue. Il ne nous reste qu'à obtenir un fichier utilisable sur NX.

2.3.3 Transformation en fichier utilisable

NX n'accepte pas les fichiers Excel directement pour tracer des points. Il faudra donc le transformer en quelque chose d'utilisable par ce logiciel.

- ✖ Commencez par sauvegarder vos fichiers normalement en version standard de Excel

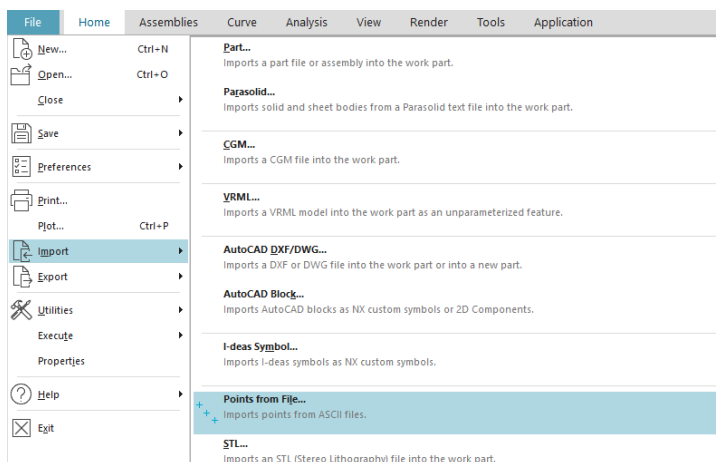
✦ Vous pourrez ensuite aller dans **Fichier** ⇒ **Enregistrer sous**

✦ Sélectionnez tout d'abord un endroit où sauvegarder votre fichier et un nom pour ce dernier. Sélectionnez ensuite l'extension **.txt** ou **Texte Unicode** comme format. Il est probable qu'un message vous informe qu'il n'est possible de sauvegarder qu'une seule feuille dans le format **.txt**. Cliquez alors sur **Oui**.

Vous venez de créer un fichier qui pourra être lu et utilisé par NX pour la création d'une série de points. Vous pouvez vérifier que votre document est conforme à ce qui est demandé en le comparant avec celui fourni dans l'archive.

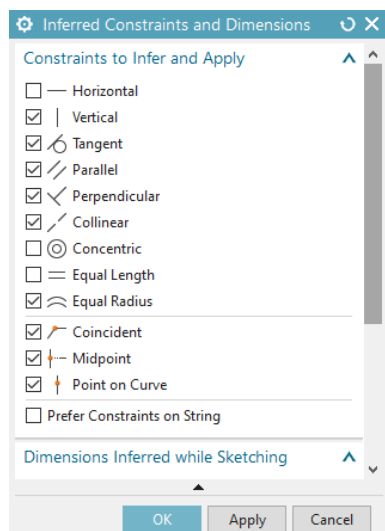
3 Import de données géométriques et création de l'aile

Notre profil d'aile a une forme complexe qui peut être reconstruite sur NX grâce aux données géométriques que nous venons de créer. Pour les utiliser, ouvrez un nouveau **Model**. Allez ensuite dans **File** ⇒ **Import** ⇒ **Points from File**. Dans la nouvelle fenêtre qui s'ouvre, commencez par changer le **Files of type**: pour avoir **Text Files (*.txt)** afin de faire apparaître le type de fichier que nous avons créé juste avant. Une fois votre fichier trouvé, le sélectionner et cliquer sur **OK** fera apparaître sur votre modèle une série de points correspondant à ceux que vous avez modifiés sur Excel.



Note 1 : Si vous ne voyez pas vos points, essayez de dézoomer pour les faire apparaître

Note 2 : Si vous avez un message du type *The points file has the wrong format. No points imported.*, vérifiez que vous avez bien 3 coordonnées X, Y et Z et que votre document Excel est conforme à ce qui a été expliqué au §2. Si vous n'arrivez pas à faire votre fichier de construction, référez vous au fichier *Naca0006.xlsx* qui vous a été fourni avec ce tutoriel. Vous pourrez en ressortir un fichier .txt valide.



Ouvrez maintenant un sketch dans le plan XY et reliez de proche en proche les différents points de l'aile. Il est possible que certaines surcontraintes viennent s'ajouter à votre construction. Supprimez-les en faisant un clic droit à proximité ⇒ **Select from List**, choisissez la contrainte incriminée et supprimez la. Pour éviter la création de ces contraintes non désirée, vous pouvez aller dans **Menu** ⇒ **Tools** ⇒ **Sketch Constraints** et désactiver l'option **Inferred Constraints and Dimensions** et désactiver la contrainte **Horizontal**. Vous pourrez toujours ajouter ce genre de contraintes manuellement, mais elles ne se mettront plus automatiquement.

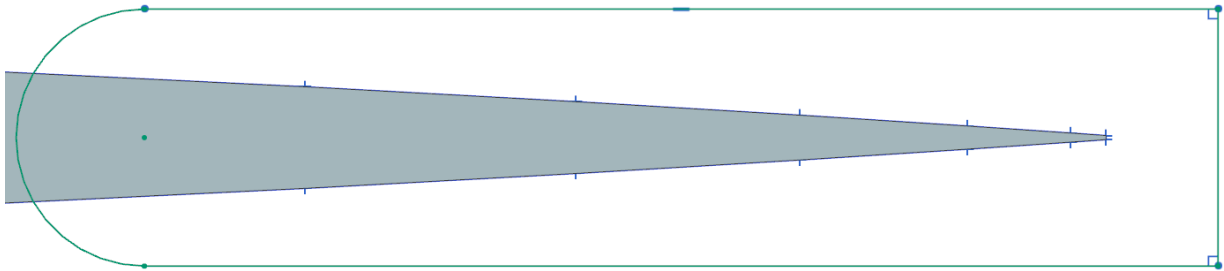
Veillez à fermer votre construction en traçant une ligne entre chacun des points utilisés. Attention qu'il y a également un point de votre courbe en (0,0,0). Vous remarquerez vite que plus le nombre de points est grand, plus la courbe de votre construction sera bien représentée.



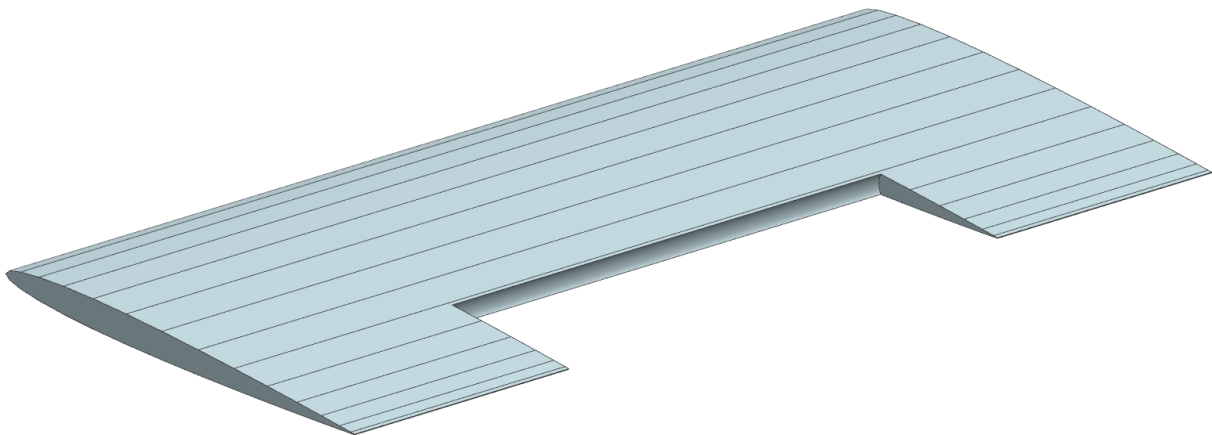
Une fois votre aile tracée, faites une extrusion de cette dernière entre 0 et 2000 mm. Vous devriez obtenir une aile dont la hauteur est selon l'axe Z.

Nous allons maintenant créer un espace pour accueillir la surface de contrôle de l'aile. Pour ce faire, commencez un nouveau sketch. Dans celui-ci,

- ✂ commencez par tracer un demi-cercle dont le centre se trouve en **(700,0)** et de rayon 40 mm. L'arc de cercle se ferme sur le côté gauche.
- ✂ Fermez ensuite la forme par trois côtés droits. La forme finale doit englober complètement le bord de fuite de l'aile (le côté le plus fin).
- ✂ Un exemple d'une construction possible est celui fourni par la figure ci-dessous.

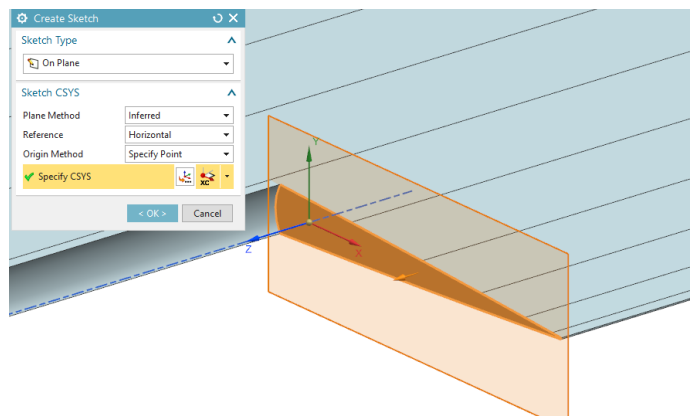


- ✂ Finalement, quittez le sketch et faites une soustraction de ce second sketch pour laisser **500 mm de chaque côté** de l'aile. In fine, vous devriez obtenir une aile ressemblant à ceci

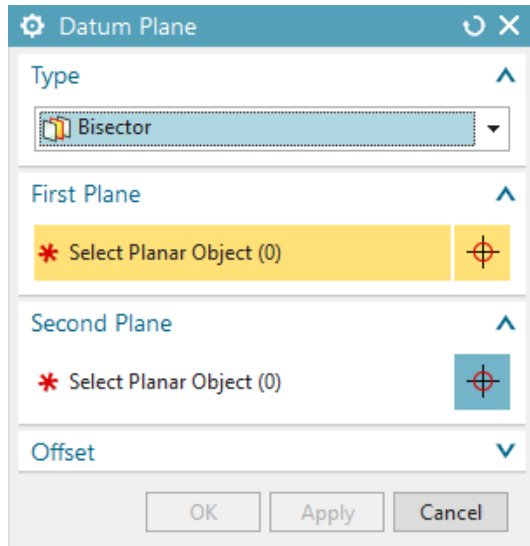


Vous pouvez utiliser la combinaison de touche **Ctrl + T** pour ouvrir l'option **Move object** et faire une rotation de 90° de cette pièce le long de l'axe **-XC** et du point de référence **(0,0,0)**.

Afin de permettre la rotation de l'aileron, nous allons créer un dernier sketch. Placez le plan comme montré sur la figure ci-contre. Cela facilitera le dessin. Faites un cercle de **diamètre 15 mm** et ayant le même centre que la partie arrondie que nous venons de construire ci-avant. Sur la figure ci-contre, il s'agit de l'origine du repère. Terminez par une **soustraction** de ce sketch le long de la pièce. Sur la configuration montrée, elle débiterait en -500 pour se terminer en 1500.



3.1 Création de l'attache de maintien

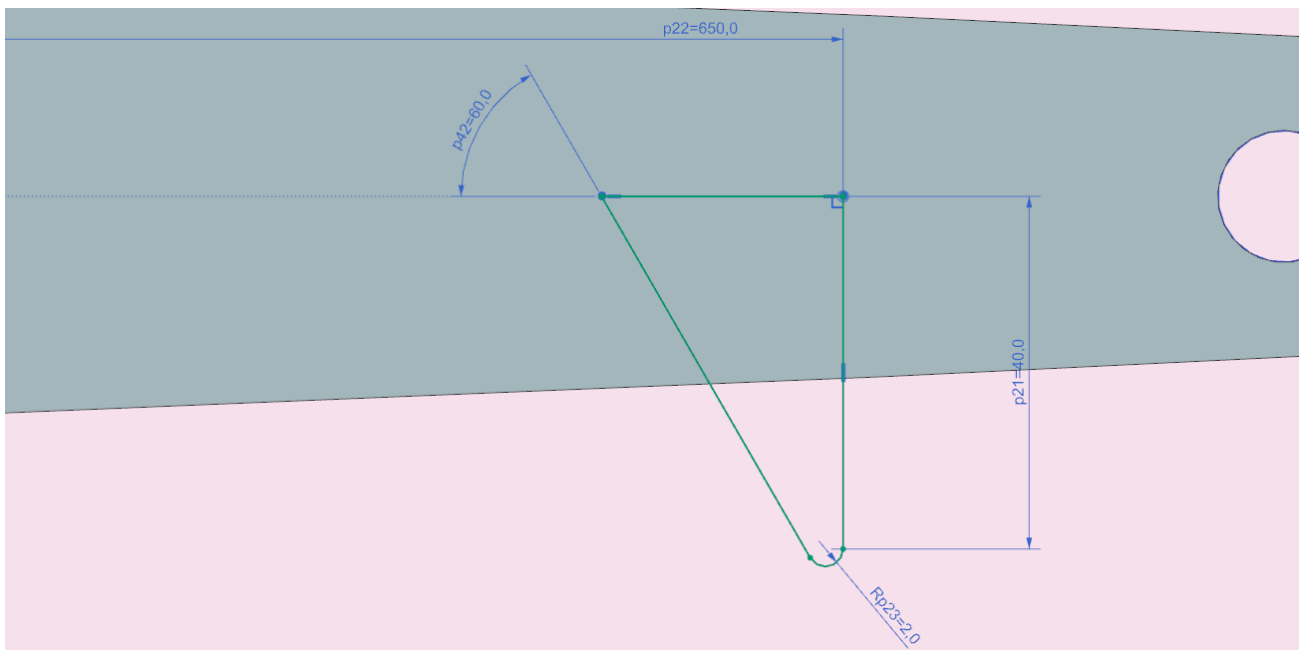


Notre dernière construction est une attache qui une attache qui permettra de maintenir le trim. Cette attache se mettra au centre de l'aile. Pour faciliter la création du sketch, nous allons créer un **Datum plane**.

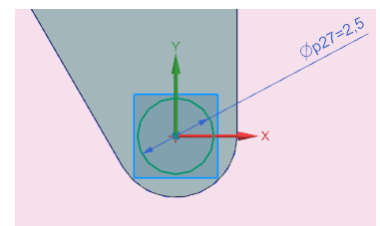
- ✦ Sélectionnez **Datum Plane**
- ✦ Dans **Type**, sélectionnez **Bisector**
- ✦ Comme **First Plane**, sélectionnez l'un des deux profils de l'aile (la face que nous avons créée avec le nuage de points importé)
- ✦ Comme **Second Plane**, sélectionnez le second profil d'aile

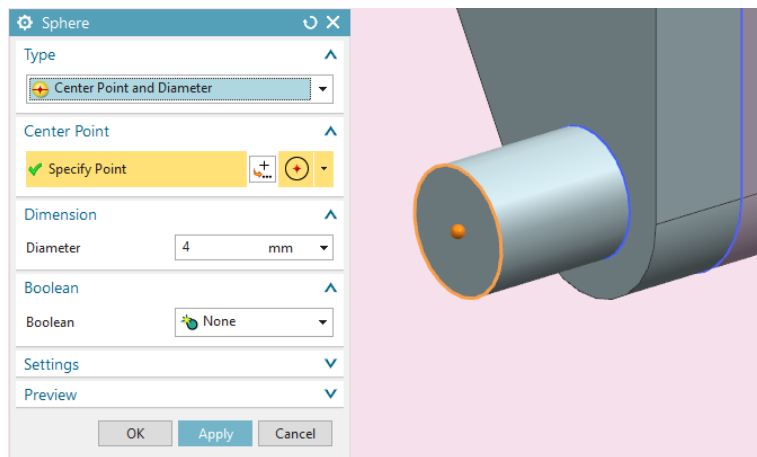
Vous devriez obtenir un plan au centre de votre aile. Débutez alors un sketch sur ce datum plane, dont l'origine est le bord d'attaque de l'aile (le bord avant, plus arrondi dans ce cas ci et correspondant initialement au point $(0,0,0)$). Utilisez la figure ci-dessous pour créer la première partie de l'attache. Notez que la distance de 650 mm que vous pouvez y voir est calculée entre le bord d'attaque et la droite verticale montrée sur le dessin.

Note : Il est **important** ici que le centre de l'arc de cercle se trouve à 40 mm en dessous du plan de symétrie du profil d'aile, c'est-à-dire en 40 mm en dessous de la droite reliant le point le plus gauche de l'aile au centre du cercle que nous avons creusé.



Une fois votre sketch terminé, faites un **Extrude** de ce sketch de 2 mm. Attention à ne pas encore unir ce sketch à votre aile. Créez maintenant un nouveau sketch sur la pièce que vous venez de construire. L'objectif ici est de tracer un **cercle** de diamètre **2.5 mm**. Finalement, faites une **Extrusion** de cette pièce afin que cette tige dépasse de 3 mm dans la même direction que votre extrude précédente.





Finalement, nous allons créer une sphère sur cette tige. Vous pouvez soit

- ✖ faire un sketch sur le sommet de la tige, tracer un cercle de 4 mm de diamètre et dont l'origine est le sommet de la tige, et utiliser l'outil **Revolve** pour créer cette sphère, ou
- ✖ aller dans **Menu** ⇒ **Insert** ⇒ **Design Feature** ⇒ **Sphere**. Dans ce cas, sélectionnez le centre du sommet de la tige comme centre et un diamètre de 4 mm.

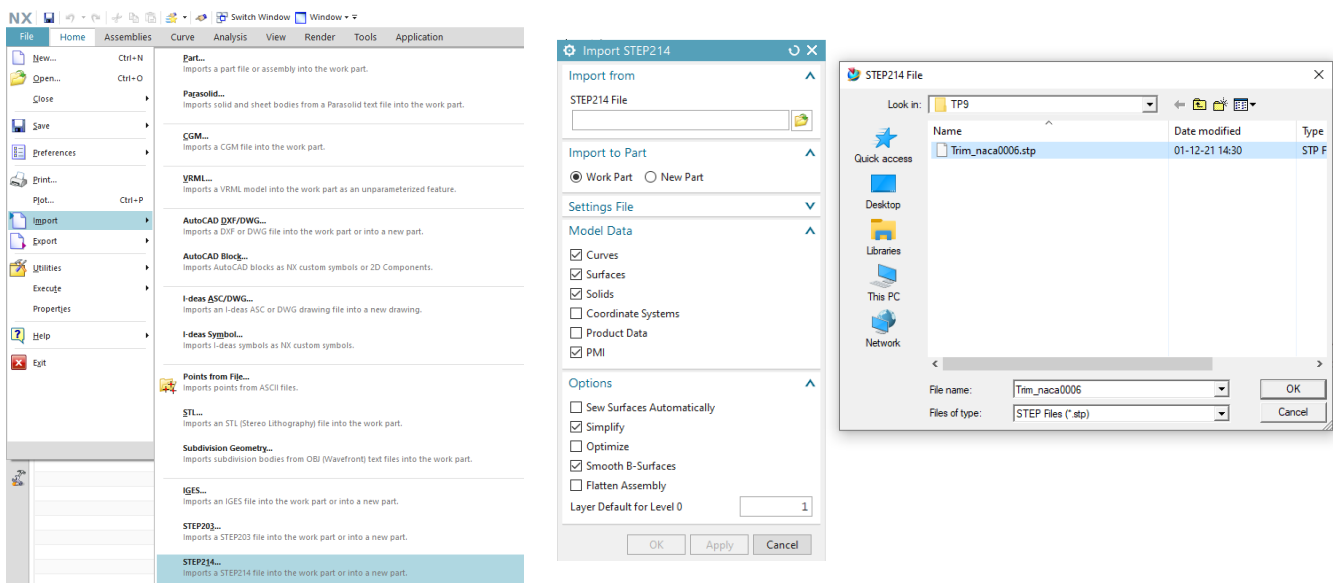
Maintenant que les différentes parties de la construction sont réalisées, **unissez** la sphère, la tige et l'attache de maintien ensemble. **Attention** à ne pas encore unir l'attache avec l'aile. Maintenant que les différentes parties de l'attache sont toutes unies, utilisez l'outil **Mirror Geometry** avec le **datum plane** que nous avons créé comme **Mirror plane**. Finalement, unissez les deux morceaux de l'attache ensemble, et l'aile à l'attache.

4 Introduction d'une pièce venant d'un autre logiciel et assemblage

Lorsque vous travaillez sur un logiciel de CAO (Construction Assistée par Ordinateur), il est très probable que vous ayez à utiliser des pièces provenant d'un autre logiciel n'utilisant pas des pièces .prt comme NX. Dans ce cas, il est possible d'importer des constructions de différents types (STEP, CATIAV5, IGES, ...) dans NX pour pouvoir travailler avec ces pièces. Il est également possible d'exporter des pièces NX dans ces différents formats, mais il ne sera plus possible de les modifier par après. On parle alors de **pièce morte**.

4.1 Ouverture d'une pièce morte dans NX

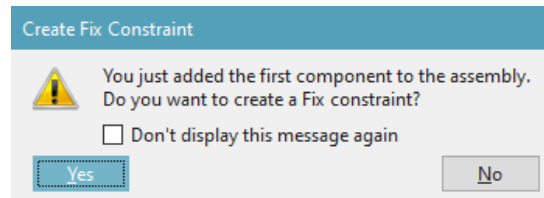
Certains types de fichier ne peuvent pas directement être incorporé dans un assemblage NX et doivent être ouvert dans un nouveau fichier avant de pouvoir servir. Créez un **nouveau modèle** que vous nommerez *Trim_naca0006*. Allez ensuite dans **Menu** ⇒ **Import** ⇒ **STEP214** pour ouvrir la fenêtre d'importation. Sélectionnez ensuite votre fichier dans la partie **Import from**. Ce dernier se nomme *Trim_naca0006.stp* et se trouve dans le dossier qui contenait ce document. Cette pièce pourra maintenant être utilisée pour la suite du travail



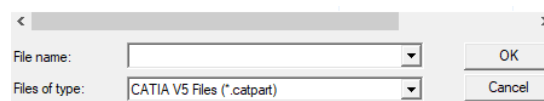
4.2 Création d'un assemblage à partir de pièces mortes

Certaines pièces, comme celles enregistrées sur CatiaV5, ne nécessitent pas d'être importées dans un fichier NX avant d'être utilisées. Dans cette partie, nous allons utiliser des pièces sous ce format pour créer notre assemblage. Ouvrez un **nouvel assemblage** que vous nommerez *Naca0006_assemblage*. Veillez à sauvegarder cet assemblage dans le même fichier que les pièces que vous allez utiliser.

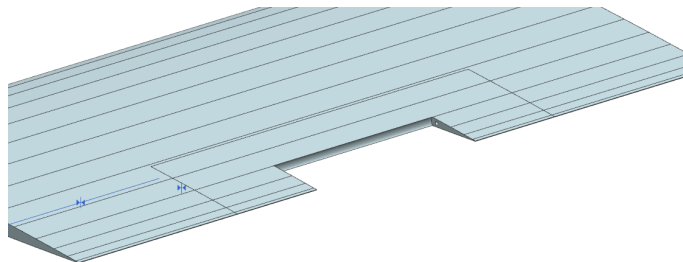
- ✦ Positionnez tout d'abord l'aile que vous venez de créer. Fixez là soit grâce à une contrainte **Fix**, soit en répondant positivement au message qui s'affichera après que vous ayez posé la pièce.



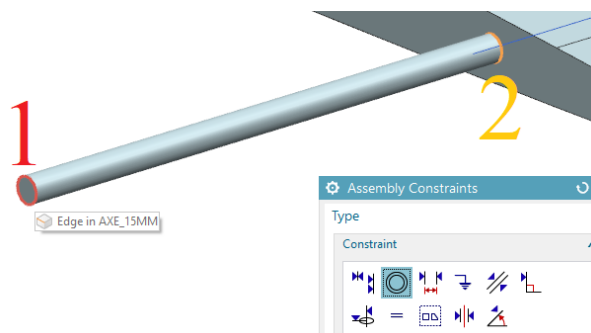
- ✦ Ajoutez ensuite la pièce *Aileron_naca0006.CATPart*. Pour la voir, modifiez le type de fichier visible dans le **Files of type** pour choisir **CATIA V5 Files (*.catpart)**.



- ✦ Ajoutez une contrainte **Align** entre le trou que nous avons fait dans l'aile et celui que vous voyez à l'avant de l'aileron. Ajoutez également une contrainte **Touch** afin de positionner les deux pièces comme ici

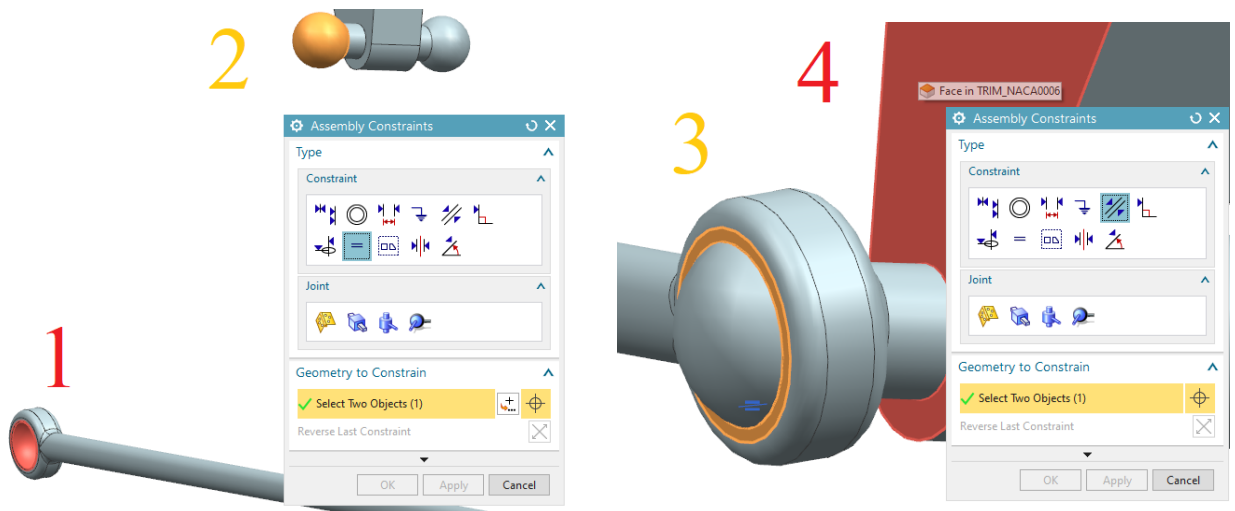


- ✦ Ajoutez la pièce *Axe_15mm* dans l'assemblage. Cette dernière se placera dans le trou de 15 mm et servira d'axe de rotation entre l'aile et l'aileron. Utilisez les contraintes **Align/Lock** pour fixer cet axe, et **Concentric** entre le bout de l'axe (1) et le début de l'ouverture dans l'aile (2). Ces deux contraintes empêcheront tout mouvement de cet axe par rapport à la pièce "aile".



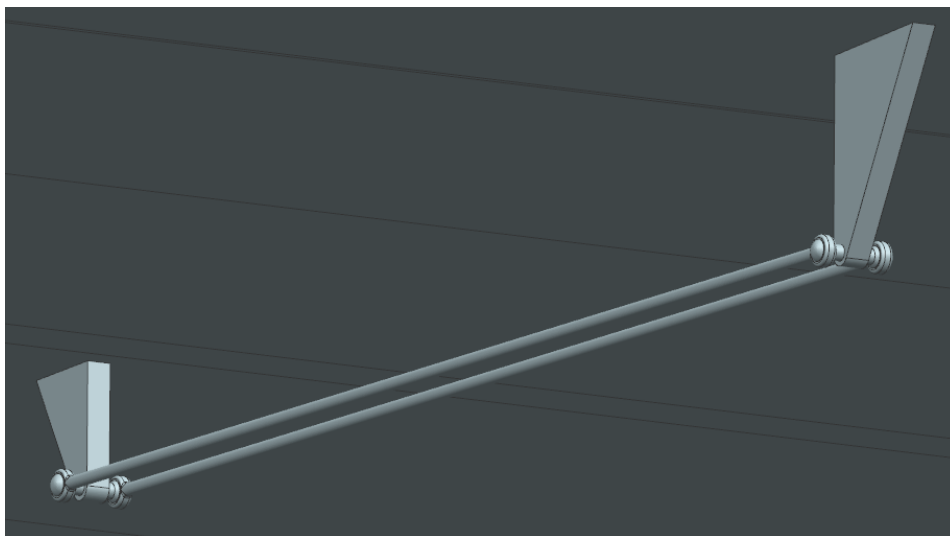
- ✦ Ajoutez les pièces *Trim_naca0006* et *Axe_10mm* et ajoutez les mêmes contraintes que dans les deux points précédents. **Attention**, veillez à ce que la petite excroissance qui ressemble à celle que nous avons modélisée dans la construction de l'aile soit dirigé vers le bas, afin d'être mis en vis-à-vis de cette construction sur l'aile. **Note:** Pour pouvoir mettre les contraintes sur l'axe de 10 mm plus facilement, vous pouvez cacher la pièce *Naca0006* dans l'**Assembly Navigator** en décochant cette pièce.

- ✦ Ajoutez une première pièce *Tige_de_contrôle*. Pour fixer cette pièce sur les attaches, utilisez la contrainte **Fit =** entre la boule (1) et l'intérieur de la partie d'accueil (2). Cette contrainte lie deux objets ayant le même rayon et/ou faces sphériques à coïncider.



- ✦ Refaites l'opération de l'autre côté de la tige de contrôle pour la bloquer sur la sphère liée à la pièce *Trim_naca0006*. Ajoutez également une contrainte **Parallel** entre la face 3 et la face 4.
- ✦ Refaites les deux étapes précédentes avec une seconde tige de contrôle de l'autre côté de l'attache de maintien.

In fine, les attaches de maintien et les tiges de contrôle doivent ressembler à ce que vous pouvez voir ici.



5 Simulation avec utilisation de joints sphériques

Commencez une nouvelle simulation en allant dans **Application** ⇒ **Motion**. Cliquez ensuite sur **New Simulation**. Donnez lui un nom et assurez vous que votre simulation sera enregistrée au même endroit que votre assemblage¹. Sélectionnez le mode **Dynamics** et décochez l'option **Joint Wizard**². Vérifiez que votre solver est bien soit **NX Motion**, soit **RecurDyn**.

¹Si ce n'est pas le cas, vous devrez charger votre assemblage sur NX avant chaque utilisation de votre simulation. Remarquez que si vous avez sauvegarder votre assemblage à un endroit différent de vos pièces, vous devrez charger vos pièces avant chaque ouverture de votre assemblage.

²Cette option demande au logiciel de créer des *Motion bodies* et des *Joints* en fonction de ce qu'il a compris de votre assemblage. Il est plus sûr de faire ces constructions soi-même pour éviter toute surprise.

Commencez par créer les différents *Motion bodies*. N'hésitez pas à sélectionner ensemble des pièces qui sont bloquées l'une par rapport à l'autre, comme par exemple la pièce que nous avons construite et l'axe de 15 mm de diamètre, ou l'aileron et l'axe de 10 mm de diamètre³. Dans le cas présent, vous pourriez avoir un minimum de **5 Motion bodies**:

- | | | |
|-----------|--------------|--------|
| ✖ Aile | ✖ Controle_g | ✖ Trim |
| ✖ Aileron | ✖ Controle_d | |

Les **Joints** que nous allons mettre sur ces pièces sont les suivants:

- ✖ Un joint **Fixed** sur l'aile, afin de la maintenir à sa position. Il est équivalent d'utiliser l'option *Fix motion body without joint* pour arriver à ce résultat.
- ✖ Un joint **Revolute** sur l'aile. Son centre de rotation est le centre de l'axe de 15 mm, le vecteur de rotation⁴ est égal à l'axe de cette même pièce et la **Base**⁵ est l'*aileron*.
- ✖ Un joint **Revolute** sur l'aileron. Son centre de rotation est le centre de l'axe de 10 mm, le vecteur de rotation est égal à l'axe de cette même pièce et la **Base** est le *trim*.
- ✖ Pour les joints sphériques, nous allons utiliser le joint  **Spherical** entre les tiges de contrôle et les différentes sphères des attaches de maintien. Ce joint s'utilise de la même façon qu'un joint **Revolute** standard. Il est donc important de bien choisir le **centre de la sphère** comme **Origin**. N'hésitez pas à utiliser l'outil de sélection *Arc/Ellipse/Sphere center* pour y arriver plus facilement. Sélectionnez le vecteur **YC** comme **Orientation type**. Vous devriez utiliser 4 joints de ce type entre les différentes sphères et les différentes "stations d'accueil" des tiges de contrôle.

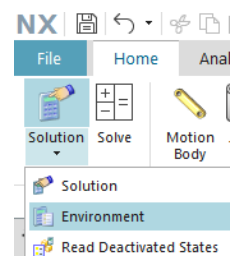
5.1 Utilisation du Driver harmonique

Il est possible d'imposer plusieurs types de mouvements dans un **Driver**. Nous avons déjà pu utiliser type *Polynomial* dans des travaux précédent. Il est cependant possible de demander des mouvements de va-et-vient, dit **Harmonique**, des fonctions provenant de sources externes grâce à l'option **Function** où même des profils à suivre via **Profil 2D**.

Nous allons utiliser le type **Harmonic** sur le joint **Revolute** entre l'aile et l'aileron. Imposez une **Amplitude** de **20°** et une **Frequency** de **10°/s**. Créez ensuite une nouvelle **Solution** ayant une longueur de **40 secondes** et **1000 steps**⁶. Dans la vidéo de la simulation, vous devriez voir votre aileron faire un mouvement de va-et-vient, tandis que le trim reste relativement parallèle à l'aile principale.

5.2 Passage en solution *Kinematics*

Pour changer de mode de simulation et entrer dans le mode **Kinematics**, cherchez l'option **Environment** que vous pourrez trouver en cliquant sur la petite flèche en dessous (où à côté sur les versions fenêtres) de l'option **Solution**. Les différences entre le mode **Kinematics** dans lequel nous allons terminer ce tutoriel et le mode **Dynamics** dont nous venons de sortir sont multiples, mais celle qui nous intéresse particulièrement ici est que le mode **Kinematics** ne permet pas de laisser des mouvements non contraints. Dans l'état actuel de la simulation, essayez de résoudre via un **Solve** amènera à une erreur du type : *The degrees of freedom for this model are greater than zero*. Cela est dû aux joints cylindriques que nous avons utilisés ici et qui disposent de plus de possibilités de mouvements que nécessaire.



³Mettre dans un seul **Motion body** plusieurs pièces empêche tout mouvement de l'une par rapport à l'autre et vous permet d'économiser du travail, car vous n'aurez qu'un seul **Motion body** à créer au lieu de plusieurs accompagnés de joint **Fixed**

⁴Axe autour duquel la pièce tourne

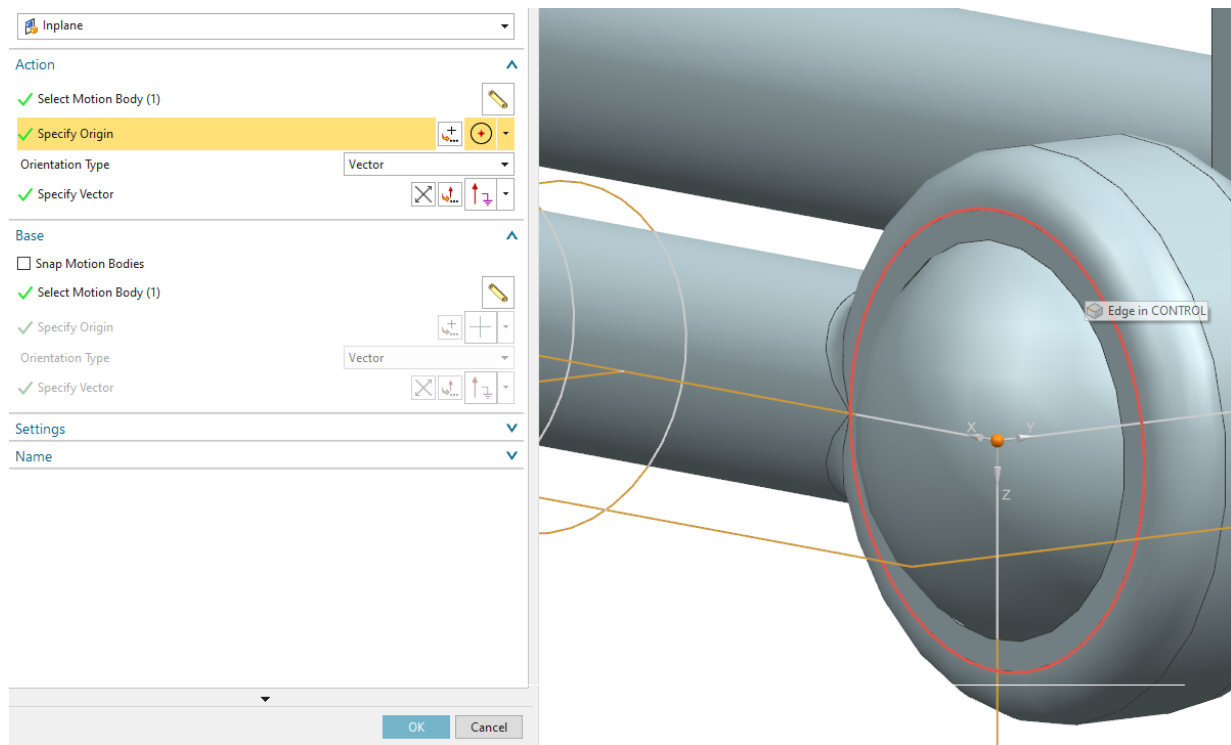
⁵Pièce par rapport à laquelle se fait le mouvement

⁶Si vous voulez que la durée de vos vidéo de simulation soit égale au temps "réel", privilégiez un ratio de 50 steps par seconde. Nous ne le faisons pas ici pour diminuer le temps de simulation et accélérer l'animation de la vidéo. Vous pourriez éventuellement ajouter du délai à votre simulation en utilisant l'**Animation Delay**.

Pour palier à ce problème, nous avons deux solutions :

- ✘ Ajouter un joint qui empêchera la tige de contrôle de tourner sur elle même
- ✘ Modifier un des deux joints **Spherical** sur l'un des côtés de la tige de contrôle pour la transformer en un autre type autorisant moins de mouvements.

Nous allons essayer ces deux options. Commençons tout d'abord par créer un joint de type  **Inplane** entre la tige de contrôle gauche et le trim. Sélectionnez le vecteur Z et le centre de l'arrête de la tige de contrôle, montrée sur la figure ci-dessous, comme **Origine**. Ce joint va obliger un point de la tige de contrôle **qui n'est pas un centre de rotation** à rester dans un certain plan, empêchant de facto toute autre rotation de cette pièce qui ferait sortir ce point de son plan.



Pour changer de type de joint, faites un double clic sur le joint **Spherical** que nous avons créé entre la tige de contrôle droite et le trim. Il suffit alors de changer le type de joint en un **Revolve**. Ici, nous pouvons faire ce changement parce que le seul mouvement de ce joint sphérique est en fait équivalent à une simple rotation.

Pourquoi utiliser un joint Spherical ? Ce type de joint est particulièrement adapté dans les simulation dynamique lorsque des rotations autour de plusieurs axes sont possibles. Il est également possible de l'utiliser comme ici pour une pièce ayant ce mouvement autour d'un joint sphérique. En revanche, lorsque vous essayez une simulation **Kinematics**, ce type de joint vous demandera de réfléchir à l'avance au type de mouvement que les pièces utilisées pourraient subir l'une par rapport à l'autre. Si un seul mouvement de rotation simple est prévu, un joint **Revolute** sera parfaitement adapté. En revanche, si des rotations sur plusieurs axes sont attendus autour d'une sphère, alors il est fort probable que ce joint puisse être utilisé. Il est possible de voir le joint **Spherical** comme un ensemble de trois joints **Revolute** dont les axes sont orthogonaux.