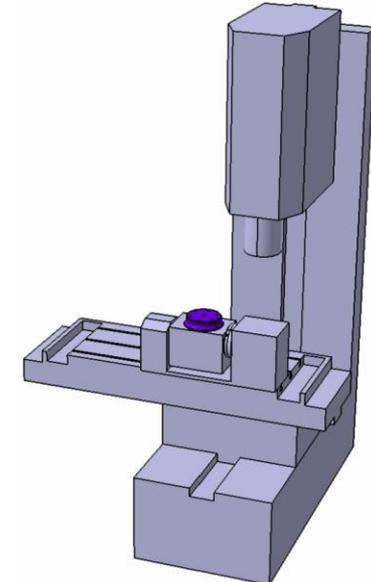


# Construction d'une fraiseuse 5 axes pour la simulation d'usinage

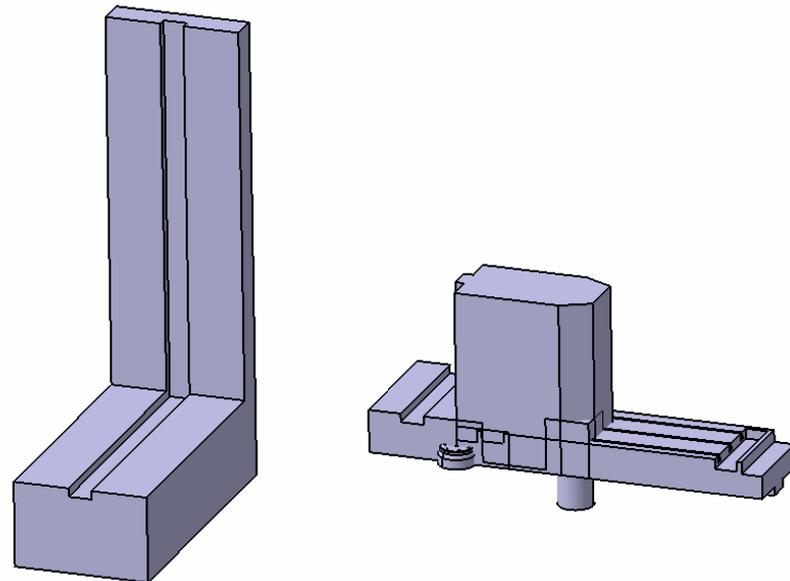
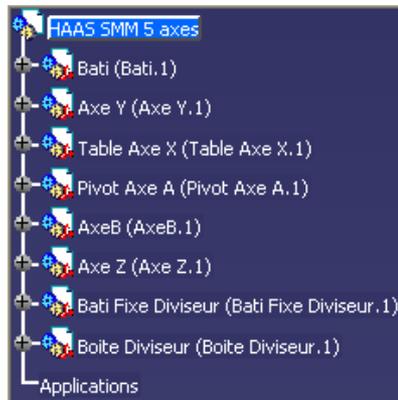
Sébastien Thibaud



- Dans cette partie, on présente le module de construction de machine CN dans le cadre d'un centre d'usinage (Fraisage)
- A la fin de ce manuel, vous serez capable
  - De définir la cinématique d'un centre d'usinage de type fraiseuse 3 axes, 4 axes et 5 axes
  - De définir les points de montage outil et pièce
  - De fixer les limites de chaque axe (linéaire ou rotatif)
- Cette partie est complétée par le manuel de simulations d'usinage dans l'environnement machine

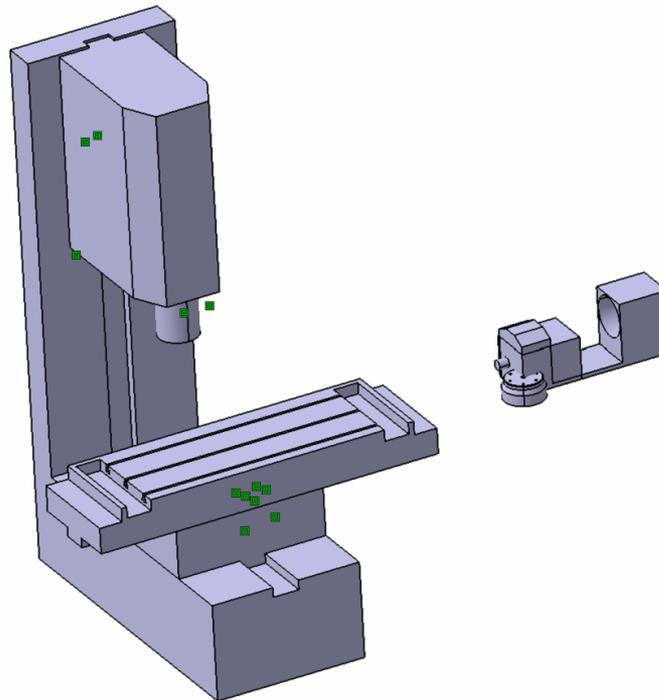
Pré-requis : Environnement CATIA V5 et Assembly Design

- En premier lieu, il est nécessaire de créer l'ensemble des pièces constitutives de la machine ou de récupérer le modèle dans un format neutre (STEP, IGES)
- Dans le cas de ce manuel, on désire réaliser la cinématique d'un centre d'usinage HAAS Super Mini Mill disposant en option d'un diviseur 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> axe
- Pour cela ouvrir les différentes pièces constitutives de cette machine dans le répertoire *Cinématique HAAS*
- **Il est nécessaire pour une construction correcte de la cinématique de placer les axes dans le bon repère** : base XYZ de la cinématique machine identique avec la base XYZ de l'assemblage
- Ouvrir alors un assemblage et le renommer en **HAAS SMM 5 axes**
- Placer tous les composants de la machine sur le même niveau



- Réaliser l'assemblage des différents axes selon les contraintes suivantes :
  - Réalisation de la glissière entre l'axe Y et le bâti à l'aide de deux contraintes de contact (type plan / plan)
  - Réalisation de la glissière entre l'axe X et l'axe Y à l'aide de deux contraintes de contact (type plan / plan)
  - Réalisation de la glissière entre l'axe Z et le bâti

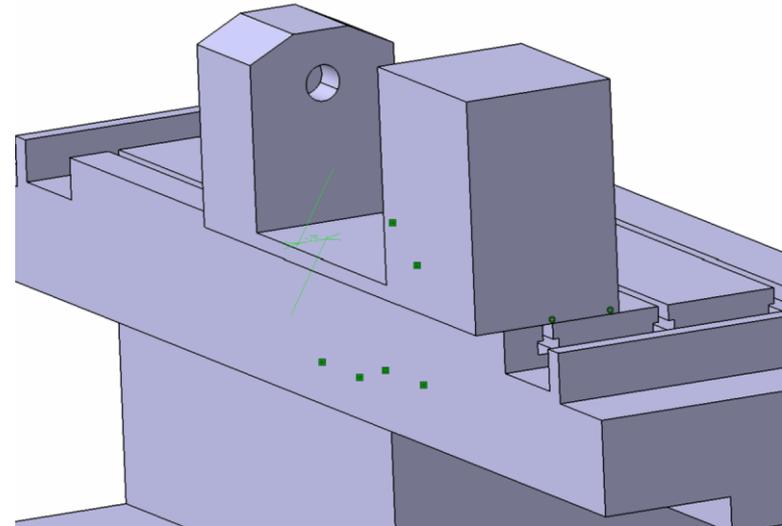
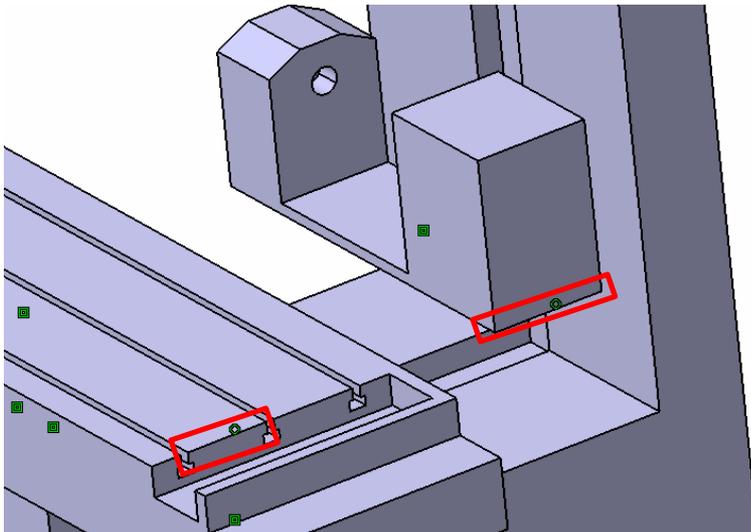
**Attention à l'ordre de sélection des entités**  
**Il faut s'assurer que les liaisons se réalisent dans le bon repère**



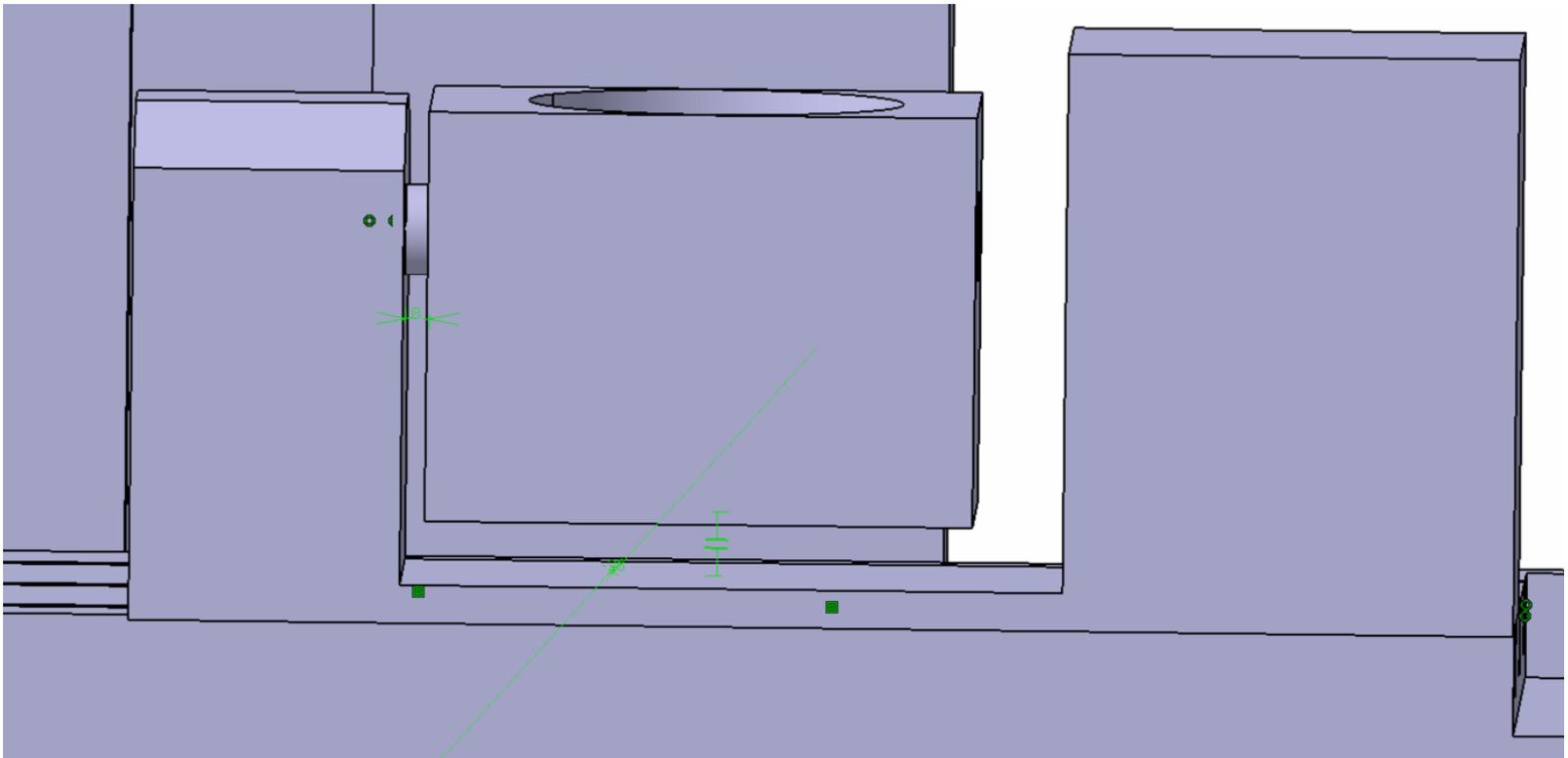
- Réaliser l'assemblage des différents axes selon les contraintes suivantes :

- Réalisation du positionnement du Bâti Fixe Diviseur sur l'axe X :

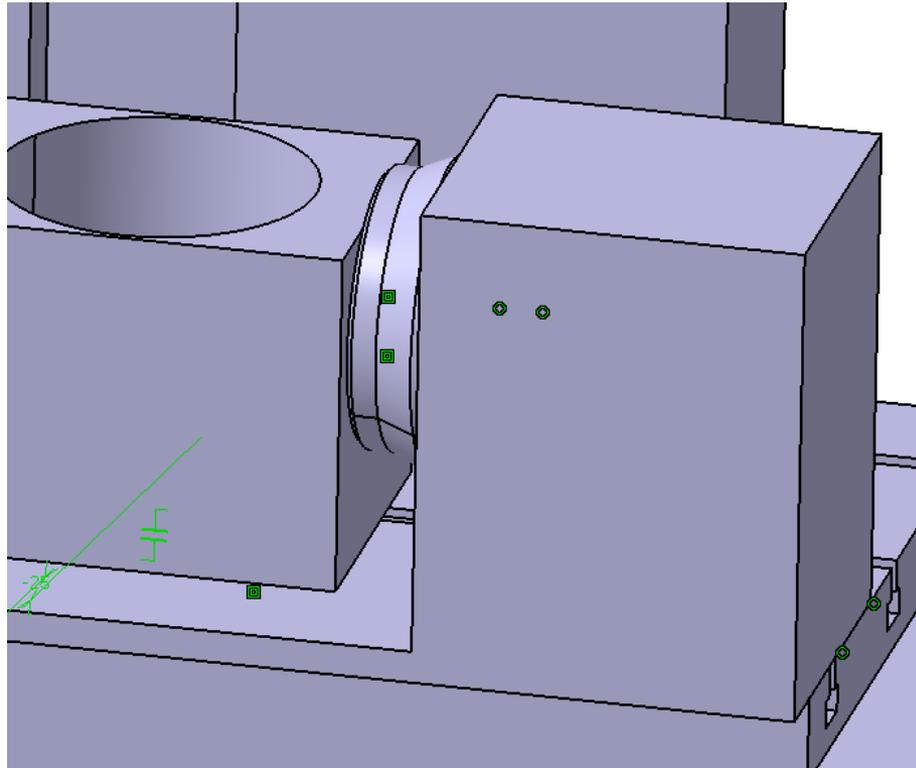
- Contrainte de contact du dessous du bâti Fixe Diviseur sur la table de l'axe X
- Coïncidence de l'arête de la table de l'axe X (dans la direction Y) avec l'arête du bâti Fixe Diviseur (dans la direction Y)
- Contrainte de distance de **25 mm** la face avant du bâti fixe diviseur (direction Y) et la face avant de la table de l'axe X (direction Y)



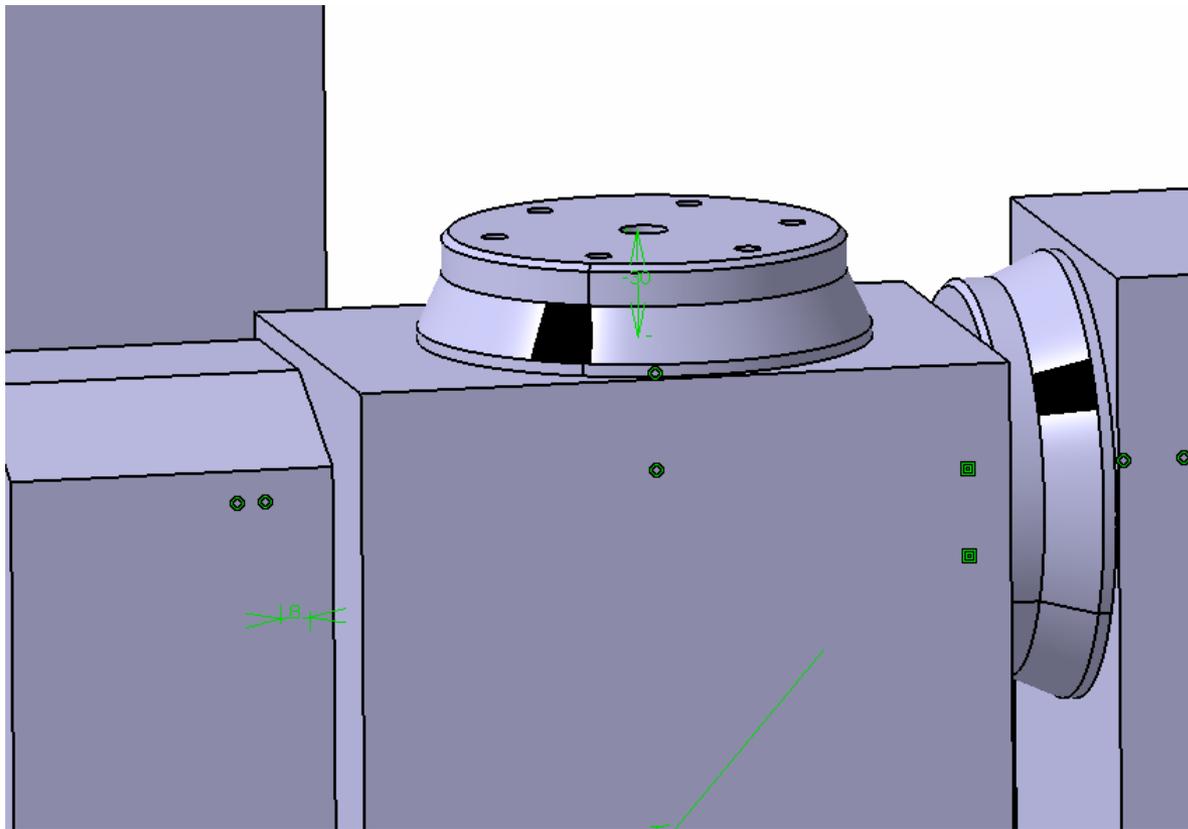
- Réaliser l'assemblage des différents axes selon les contraintes suivantes :
  - Réalisation du positionnement de la boîte diviseur sur le bâti fixe diviseur :
    - Coïncidence de l'arbre de la boîte diviseur avec l'alésage du bâti fixe diviseur
    - Contrainte de distance de **8 mm** entre la face intérieur du bâti diviseur et la boîte diviseur (dans la direction X)
    - Contrainte angulaire de type **Parallélisme** entre la face supérieure de la boîte diviseur(position de l'axe B) et la table de l'axe X



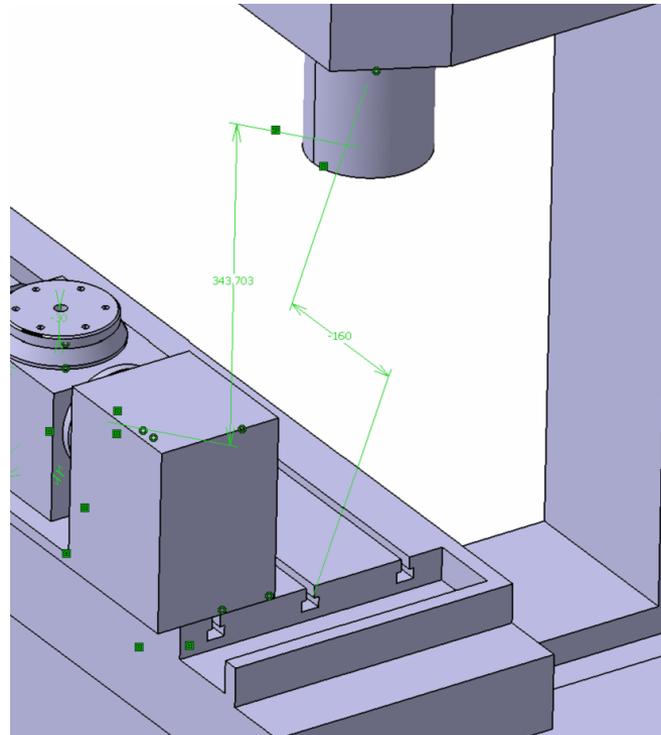
- Réaliser l'assemblage des différents axes selon les contraintes suivantes :
  - Réalisation du positionnement du pivot Axe A sur le bâti fixe diviseur et la boîte diviseur :
    - Coïncidence de l'axe du pivot Axe A avec l'alésage du bâti fixe diviseur
    - Contrainte de contact entre la face du plus petit diamètre du pivot Axe A et la face libre (perpendiculaire à l'axe X) de la boîte diviseur



- Réaliser l'assemblage des différents axes selon les contraintes suivantes :
  - Réalisation du positionnement l'axe B dans la boîte diviseur :
    - Coïncidence de l'axe B avec l'alésage correspondant dans la boîte diviseur
    - Contrainte de distance de **30mm** entre la face de l'axe B et la face plane (perpendiculaire à l'axe Z) de la boîte diviseur



- Les contraintes cinématiques sont maintenant réalisées
- Dans notre cas, il est nécessaire d'imposer encore des contraintes de positionnement afin d'obtenir une machine située au point origine ( $X=0, Y=0, Z=0, A=0, B=0$ ). Dans le cas particulier de cette machine, l'axe C est nommé axe B (spécification constructeur)
- Afin de positionner les axes X, Y et Z à leurs origines, imposer les contraintes suivantes
  - Coïncidence de l'axe de la broche (axe Z) sur la face arrière de l'axe X
  - Distance entre le nez de broche et la table (Axe X) dans la direction Z de **343.703mm**
  - Distance entre l'axe broche et le côté droit utile de l'axe X dans la direction X de **160mm**



- La machine est alors assemblée et positionnée à ses origines dans le repère machine
- **Enregistrer cet assemblage sous le même nom que le produit HAAS SMM 5 axes.CATProduct**
- Ouvrir l'atelier **Constructeur de machines-outils CN** (menu **Démarrer->Simulation d'usinage**) 
- **Commencer par supprimer l'ensemble des contraintes réalisées précédemment**
- Définir une nouvelle machine 
- L'icône situé à gauche du produit HAAS SMM 5 axes (dans l'arbre) change alors d'apparence

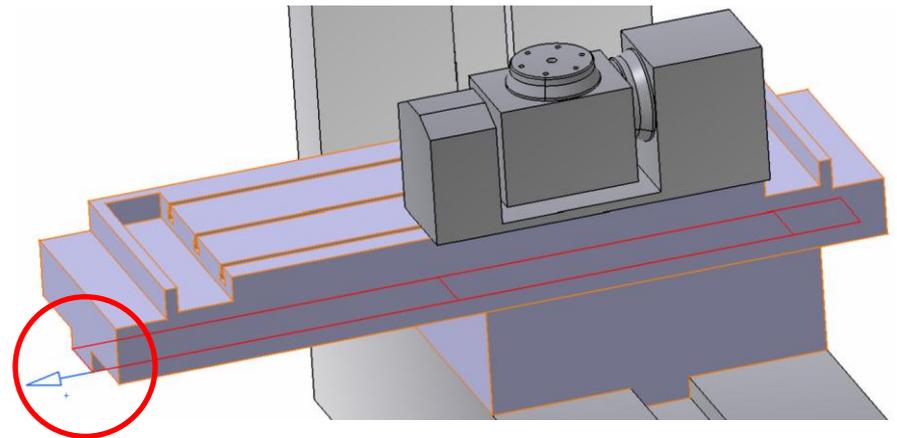
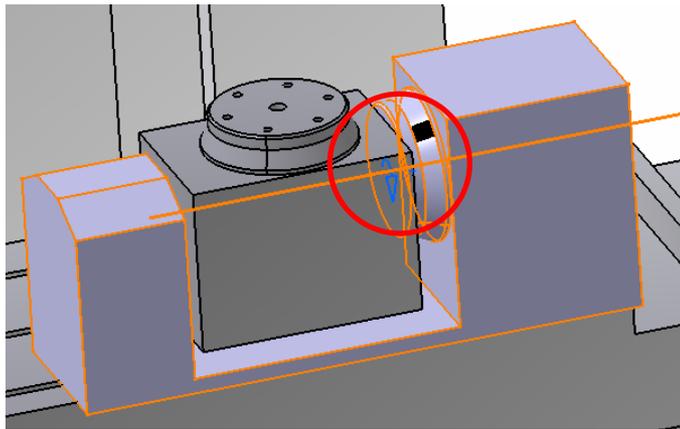


- Définir le **Bati** comme pièce fixe à l'aide de l'icône correspondant 
- On redéfinit les liaisons à l'aide des fonctions correspondantes



- Pour cela, débiter par les axes linéaires dans l'ordre X,Y puis Z à l'aide de la fonction **Prismatic Joint** 
- Sélectionner alors une ligne commune et un plan commun à chaque entité
- **Ne pas oublier de cocher la case Commandée en longueur** et renommer chaque axe sous la forme **Axe ...** ou ... représente l'axe considéré
- Si les axes sont créés dans l'ordre, le logiciel indique la possibilité de simuler le mécanisme (les liaisons sont reliées au bâti)
- Une fois les axes linéaires définis, on fixe rigidement le bati fixe diviseur sur la table ainsi que le pivot Axe A sur la boite diviseur à l'aide de la fonction **Rigid Joint** 
- Enfin, on définit les axes rotatifs dans l'ordre Axe A puis B à l'aide de la fonction **Revolute Joint** 
- Sélectionner alors les axes communs entre chaque entité (axe de rotation) et deux plans perpendiculaires (si nécessaire cocher la case **Distance**)
- **Ne pas oublier de cocher la case Commandée en longueur** et renommer chaque axe sous la forme **Axe ...** ou ... représente l'axe considéré
- Faire **Enregistrer**
- La position actuelle correspond au zéro machine. Afin de sauvegarder cette position, cliquer sur l'icône **Home position** 
- Cliquer sur l'icône **NEW** et nommer cette position en **Zero Machine**. Cliquer alors sur **Fermer** puis **Close**
- Cacher ensuite l'ensemble des contraintes associées à la définition des liaisons
- Sélectionner l'icône **Jog Mechanism**  afin de simuler les mouvements machine
- Cliquer dans l'arborescence sur la branche associée à la machine **HAAS Super Mini Mill 5 axes** (branche mère)

- A l'aide des curseurs, déplacer chaque axe et vérifier la bonne orientation de ceux-ci
- **Attention dans le cas présent, on rappelle qu'un déplacement positif des axes X,Y,Z est associé au mouvement de la broche**
- Ainsi, un déplacement positif de l'axe X, respectivement Y, implique un mouvement vers l'axe X négatif de la table X, respectivement Y
- Les axes rotatifs sont eux définis dans le sens direct :
  - La rotation positive de l'axe A (autour de l'axe X) fait passer l'axe Y vers l'axe Z
  - La rotation positive de l'axe B (en fait l'axe C, i.e. autour de l'axe Z) fait passer l'axe X vers l'axe Y
- Une fois ces axes déplacés, noter les éventuelles erreurs d'orientation puis sélectionner dans le menu déroulant **Origine** la position **Zero Machine** définie précédemment. Les axes sont alors replacés au zéro machine
- Cliquer sur l'icône **Terminer**
- **Si des liaisons sont mal orienter**, dans l'arborescence, développer la branche **Applications -> Mécanismes -> Machine ... -> Liaisons**
- Faire un double-clic sur chaque liaison mal orientée et inverser l'orientation en cliquant sur le vecteur bleu associé dans l'environnement graphique



- Enregistrer les modifications
- Cliquer à présent sur l'icône définissant les **limites des axes**  et imposer les limites suivantes

Axe	Limite inférieure	Limite Supérieure
Axe X	-406,4 mm	0 mm
Axe Y	-304,8 mm	0 mm
Axe Z	-243,053mm	112,547 mm
Axe A	-120°	120°
Axe B	-36000000°	+36000000°

- Faire fermer
- La cinématique de la machine est, à présent, terminée
- **Il est maintenant nécessaire de définir les origines et orientations de certains repères**
  - La position de la cinématique de la machine lors des changements d'outils
  - La position et l'orientation des outils sur la broche
  - La position et l'orientation du posage de l'ensemble porte-pièce / pièce sur la machine

## Définition du point de changement d'outils

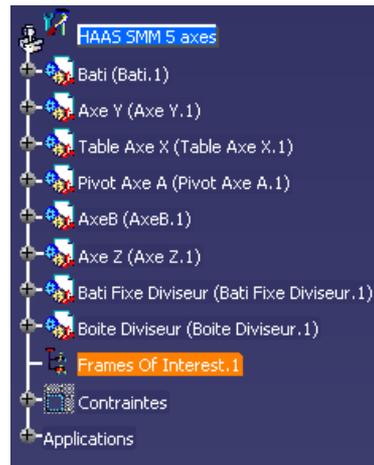
- Il est nécessaire pour une meilleure prise en compte des temps de cycle et d'éventuelles collisions de définir la position des axes lors des changements d'outils
- Pour cela cliquer sur l'icône **point de changement d'outils** 
- Dans le cas de la machine considérée, placer l'axe Y sur sa limite minimale et les axes X et Z sur leur limite maximale
- Puis cliquer sur **Fermer**

## Définition du point de chargement des outils et orientation de l'axe outil

- Si ce n'est pas le cas, afficher la barre d'outils **Frames of Interest** (clic bouton droit sur la barre d'outils)



- Cliquer sur l'icône **Frame of Interest**  puis cliquer sur la machine dans l'arborescence pour y faire apparaître une nouvelle branche

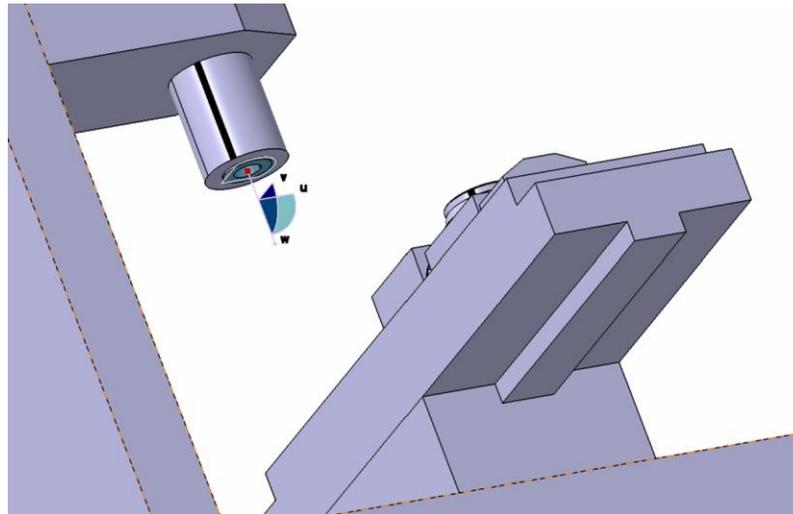


## Définition du point de chargement des outils et orientation de l'axe outil

- Cliquer à présent sur l'icône **Frame Type** puis sur la branche **Frames of Interest**



- Cocher alors, dans la seconde boîte de dialogue, la case **Tool**
- Cliquer, dans la première boîte de dialogue, l'icône **Définir le plan en utilisant la boussole** 
- Déplacer la boussole sur une des arêtes circulaires définissant le nez de broche (ceci permet d'orienter et de positionner la boussole)



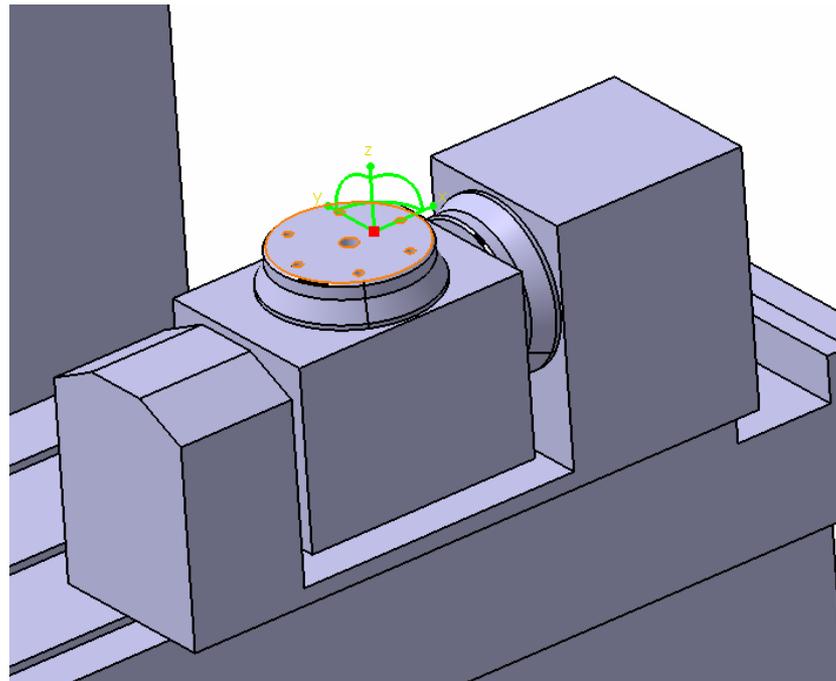
- L'axe **W** de la boussole est dans la direction des **Z négatifs** : cette orientation est liée à la direction de l'outil
- Dans le cas d'une tête fixe, l'orientation des axes **U** et **V** n'a pas d'importance. Cliquer alors sur **OK**
- Un repère **Tool1** est alors ajouté à l'arborescence sous **Frames of Interest**. Réinitialiser la boussole (Affichage-> Réinitialiser la boussole)

## Définition du point de posage de l'ensemble porte-pièce / pièce

- Cliquer une seconde fois sur l'icône **Frame Type** puis sur la branche **Frames of Interest**

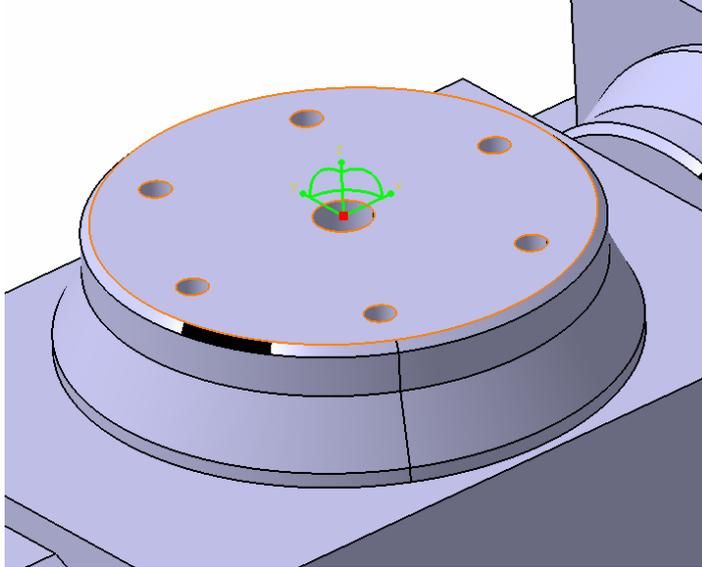


- Cocher alors, dans la seconde boîte de dialogue, la case **Design**
- Cliquer, dans la première boîte de dialogue, sur l'icône **Définir le plan**
- Sélectionner la face d'appui du diviseur

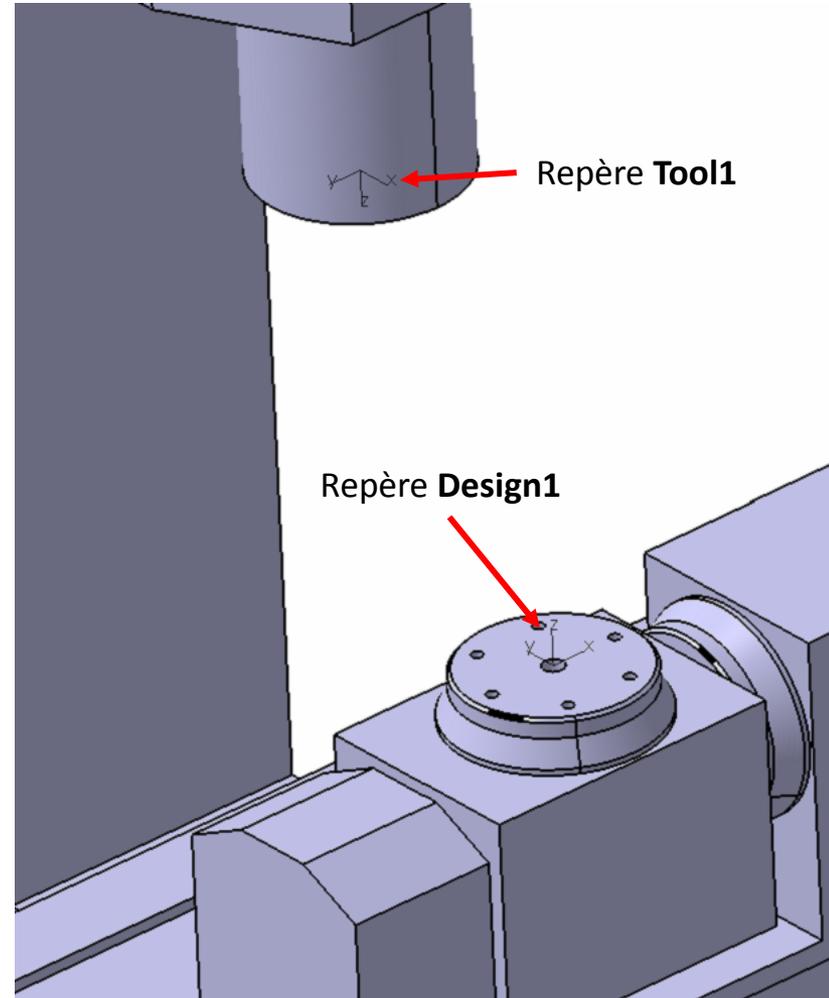


## Définition du point de pose de l'ensemble porte-pièce / pièce

- Cliquer ensuite sur l'icône **Définir l'origine sur le centre du cercle** 
- Sélectionner **trois points distincts** de l'alésage central du plateau diviseur



- Vérifier l'orientation des axes **X** et **Y** et faire **OK**
- Un second repère nommé **Design1** apparaît alors sous la branche **Frame of Interest**



### Définition des points de montage

- A présent, il est nécessaire d'associer les deux repères précédents au lieu de changement d'outils et de posage (pour la FAO)
- Pour cela cliquer sur l'icône **Create Mount Point** 
- Sélectionner le type **Tool Mount Point** puis sur **New**
- Nommer ce point **Changement Outil** puis faire **OK**
- Sélectionner la pièce **Axe Z** puis le repère **Tool1**
- Valider le choix par **OK** – Un repère blanc vient alors se superposer au repère **Tool1**
- Sélectionner ensuite le type **Workpiece Mount Point** puis sur **New**
- Nommer ce point **Posage Porte-Pièce** et valider par **OK**
- Sélectionner la pièce **AxeB** puis le repère **Design1**
- Valider le choix par **OK** – Un repère blanc vient se superposer au repère **Design1**
- Fermer la fenêtre **Create Mount Point** et faire **Enregistrer**

### Définition des vitesses et accélérations machines

- Pour une simulation plus fine du comportement dynamique de la machine, il est possible de définir les limites maximales de la machine en vitesse et accélération sur chaque axe
- Pour cela cliquer sur l'icône **Speed and Acceleration limits**  puis sur la branche associée à la machine
- Définir alors les limites en vitesse et accélération sur chaque axe et valider par **OK**

### Définition des vitesses et accélérations machines

- Pour une simulation plus fine du comportement dynamique de la machine, il est possible de définir les limites maximales de la machine en vitesse et accélération sur chaque axe
- Pour cela cliquer sur l'icône **Speed and Acceleration limits**  puis sur la branche associée à la machine
- Définir alors les limites en vitesse et accélération sur chaque axe et valider par **OK**

Axe	Vitesses maximales
Axe X	30 m/s
Axe Y	30 m/s
Axe Z	30 m/s
Axe A	225°/s
Axe B	300°/s

## Définition des spécifications CN de la machine

- La cinématique de la machine et de son environnement étant définis, il reste à associer les spécificités de l'armoire de commande (pour la simulation FAO et pour le post-traitement)
- Faire un clic bouton droit sur la branche associée à la machine **HAAS Super Mini Mill 5 axes** puis sur **NC Ressources -> Edit Ressources**
- Dans le cas où l'on ne désire pas qu'un utilisateur puisse modifier ces spécifications cocher la case **Bloquer l'édition de la machine aux utilisateurs** et remplir les spécifications suivantes pour cette machine

Commande numérique	Outils	Broche	Rotations	Compensation	Sorties CN
Emulateur de contrôleur	Non spécifié				
Postprocesseur	Non Spécifié				
Table de mots du postprocesseur	SGPOST.pptable				
Type de données CN	APT				
Type de format CN	Axe (X,Y,Z,I,J,K)				
Stratégie au point de départ	De				
Rayon d'interpolation mini	0.01mm				
Rayon d'interpolation maxi	5000mm				
Pas de discrétisation mini	1e-004mm				
Angle de discrétisation mini	0.1deg				
Interpolation linéaire 3D	<input checked="" type="checkbox"/>				
Interpolation circulaire 2D	<input checked="" type="checkbox"/>				
Interpolation circulaire 3D	<input type="checkbox"/>				
Interpolation hélicoïdale	<input checked="" type="checkbox"/>				
Interpolation Nurbs	<input type="checkbox"/>				
Vitesse max en usinage	30000mm_mn				
Vitesse rapide	30000mm_mn				
Mouvement axial/radial	<input checked="" type="checkbox"/>				

Pas d'émulateur / contrôleur disponible  
Post-processeur externe à CATIA  
PPTables utilisée pour SGPOST

## Définition des spécifications CN de la machine

### Onglet Outillage

Commande numérique	Outillage	Broche	Rotations	Compensation	Sorties CN
Catalogue d'outils	Non spécifié				
Compensation de rayon	<input type="checkbox"/>				

### Onglet Compensation

Commande numérique	Outillage	Broche	Rotations	Compensation	Sorties CN
Mode de compensation 3D contact	Non				
Imposer la compensation 3D contact à toutes les opérations supportant ce mode	<input type="checkbox"/>				

### Onglet Sortie CN

Commande numérique	Outillage	Broche	Rotations	Compensation	Sorties CN
Avances					
<input checked="" type="checkbox"/> Démarrer chaque opération en avance rapide					
<input type="checkbox"/> Utiliser la valeur de l'avance rapide plutôt que la syntaxe RAPID					
Mouvements outils					
<input type="checkbox"/> Inclure l'ordre GOTO lors des changements d'outils					
<input checked="" type="checkbox"/> Sortir les syntaxes CYCLES					
<input type="checkbox"/> Ne pas placer d'ordre GOTO avant les cycles					
<input checked="" type="checkbox"/> Traiter les opérations de COPY et de TRACUT					
<input checked="" type="checkbox"/> Retirer les points doubles après les commandes PP					
<input type="checkbox"/> Retirer les points alignés					
Commentaires					
Commentaires :					\$\$
Commentaires de la phase d'usinage :					\$\$
Commentaires des opérations :					\$\$
Format des coordonnées des points (X,Y,Z)					
Nombre de chiffres :					11
Nombre de décimales :					5
Format des composantes axiales (I,J,K)					
Nombre de chiffres :					9
Nombre de décimales :					6

- Une fois ces options validées, la machine est alors entièrement définie
- Enregistrer la machine
- Il est alors possible de l'utiliser pour la simulation FAO (trajectoires, enlèvement de matière, collisions, dépassement des courses,...)