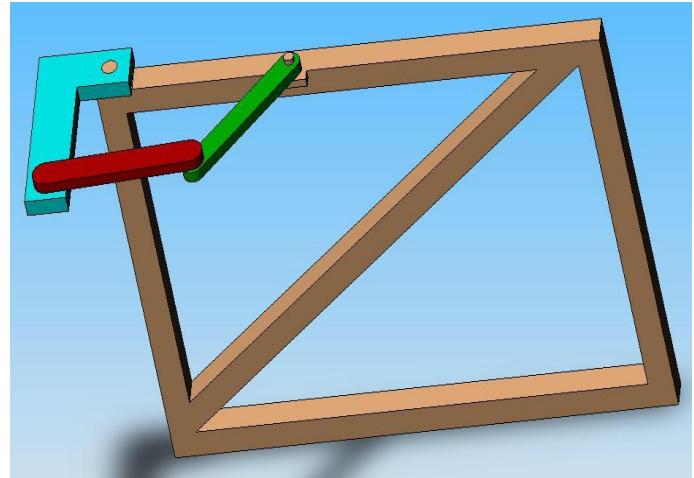


# TP PORTAIL

## APPRENTISSAGE DU LOGICIEL MECA 3D

Les objectifs du TP sont :

- l'apprentissage du logiciel Meca 3D ;
- à partir d'un modèle numérique de pièces de vérifier la cinématique du mécanisme ;
- de comparer les valeurs trouvées à l'aide du modèle numérique à une construction graphique (épure) sous Solidworks ;
- d'exploiter les résultats de simulation dans l'objectif de satisfaire le Cahier des Charges Fonctionnelles.



### Construction de l'assemblage.

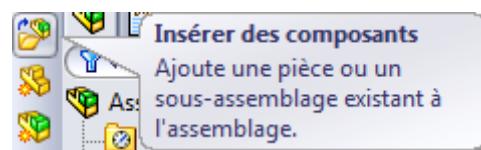
#### Insertion des composants

Lancer Solidworks 2022

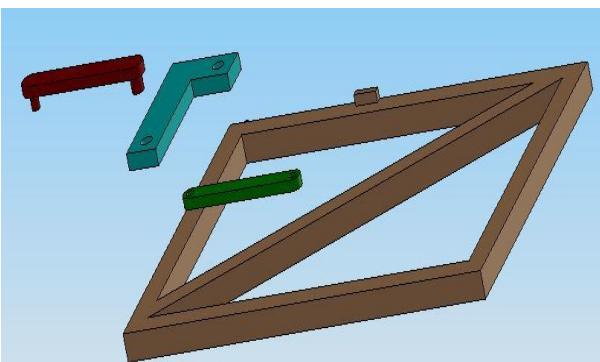
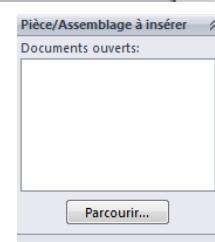
Puis créer un nouvel assemblage à l'aide de la commande Fichier/Nouveau/Assemblage

Dans un premier temps on va insérer dans la zone graphique, les différentes pièces composants l'assemblage.

Insérer en premier le bâti en cliquant sur l'icône Insérer des composants (ou bien via le menu Insertion / Composant /Pièce Assemblage existant).



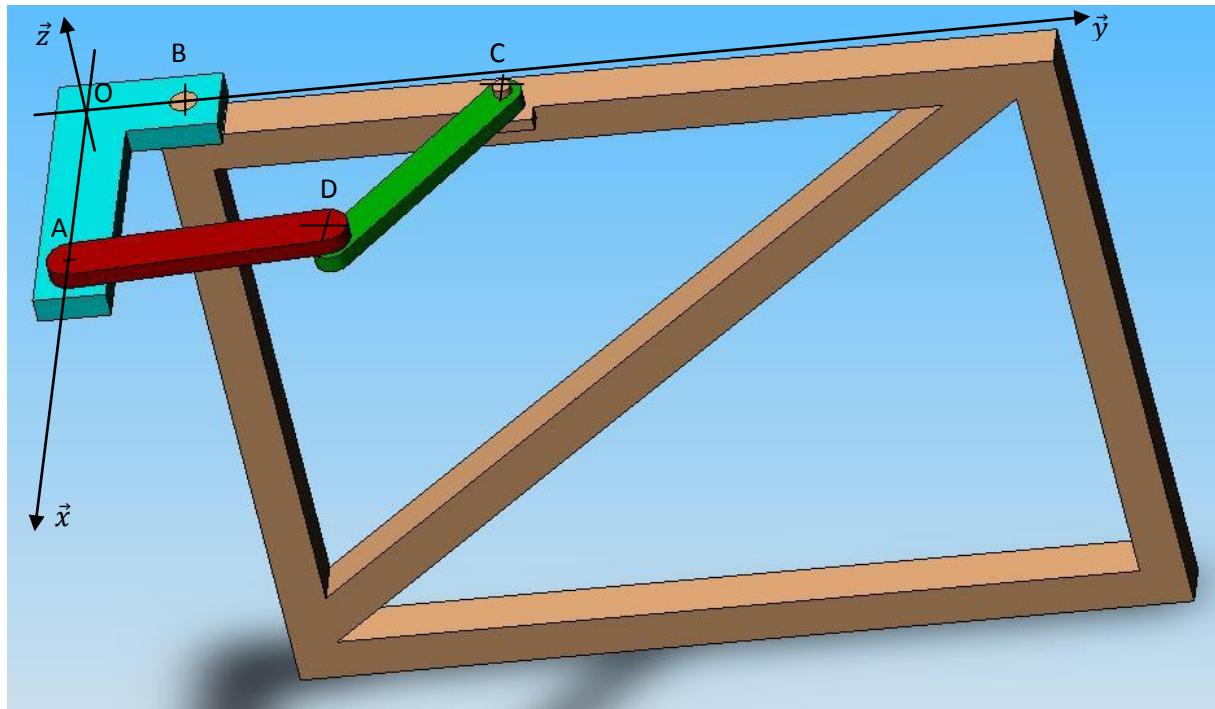
Les pièces sont déjà créées et se trouvent dans masque/ Fichiers /Portail SW 2016/..., utiliser le menu parcourir de la fenêtre Pièce/Assemblage à insérer. A l'aide du menu parcourir, ouvrir le fichier masque/ Fichiers /Portail SW 2010/Portail Bâti 1, puis cliquer n'importe où dans la zone graphique (sur plan de face si possible) pour déposer l'objet.



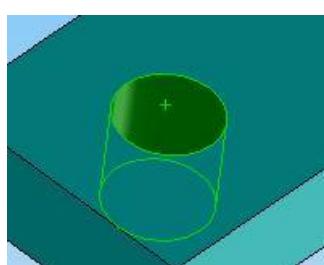
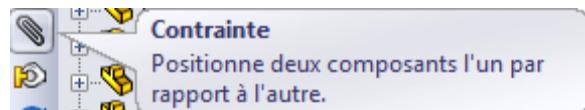
Procéder de même pour tous les autres solides (Portail Bras motorisé 2, Portail Biellette 3 et Portail vantail 4). On doit obtenir le résultat suivant.

## Ajouts des contraintes

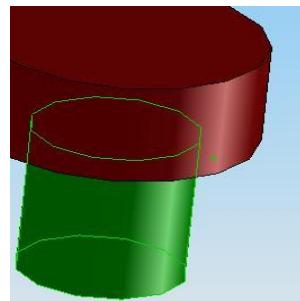
On souhaite obtenir l'assemblage suivant :



Rajouter les contraintes entre les différents solides à l'aide de l'icône Contrainte (ou bien via le menu Insertion/Contrainte).



Cliquer sur la surface du trou dans le **Bâti 1** au niveau du point **A** puis sur la surface de l'axe de grand diamètre du **Bras motorisé 2**. Vérifier que la contrainte de coaxialité est valide entre les deux surfaces (proposition automatique de Meca 3D).



Valider à l'aide de ou clic droit OK. Ceci a pour effet, de rendre coaxial le trou dans le **Bâti 1** et l'axe sur le **Bras motorisé 2**.

Il est important pour les contraintes de sélectionner des surfaces et non des courbes. A cet effet, après avoir cliqué sur une surface, vérifier dans la fenêtre Sélection des contraintes, que le logiciel a bien sélectionné une surface en affichant « Face<i>i</i>nom de la pièce ».

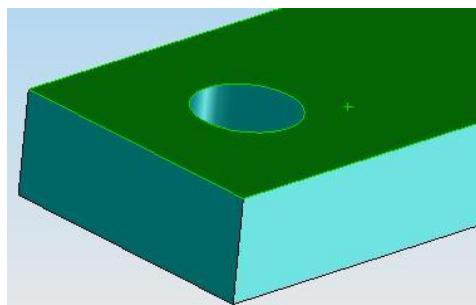
Pour faciliter la mise en place des contraintes, il peut être nécessaire :

- de cacher un composant (cliquer sur le composant à faire disparaître, puis l'icône « Cacher les composants » de la fenêtre qui apparaît) et/ou modifier l'angle de visualisation. Pour faire apparaître de nouveau un composant, aller dans l'arbre de construction, clic droit puis cliquer sur l'icône « Montrer les composants ».
- de déplacer un composant, utiliser l'icône Déplacer un composant (ou bien via le menu Outils/Composant / Déplacer ou Faire pivoter)

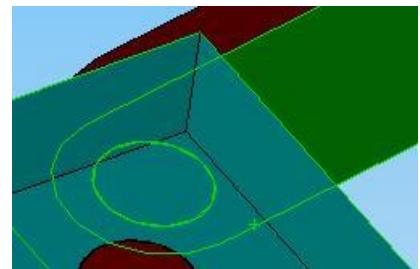


A l'aide de l'outil Déplacer un composant, vérifier la coaxialité en **A** du **Bâti 1** et du **Bras motorisé 2**.

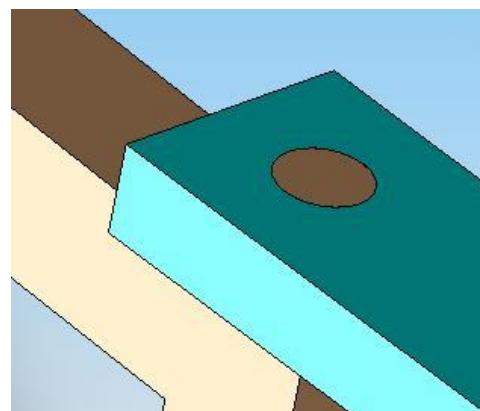
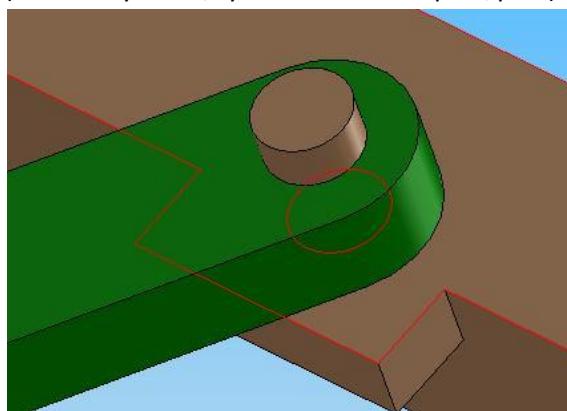
Pour bloquer la translation du **Bras motorisé 2** par rapport au **Bâti 1**, on ajoute une seconde contrainte de coïncidence entre la surface supérieure du trou dans la **Bâti 1** et le plan à la base de l'axe du **Bras motorisé 2**.



Cliquer sur l'icône Contrainte puis cliquer sur la surface supérieure du trou dans la **Bâti 1** et le plan à la base de l'axe du **Bras motorisé 2**. Vérifier que la contrainte de coïncidence est valide entre les deux plans.



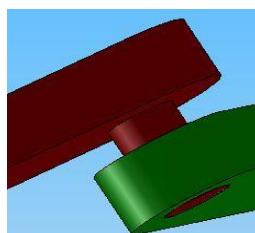
Faire le même type de contact entre la **Biellette 3** et le **Vantail 4** puis entre le **Bâti 1** et le **Vantail 4** (contact cylindre/cylindre + contact plan/plan).



Penser à enregistrer votre travail dans :

travail / votre classe /Portail SW 2010/assemblage\_votrenom

On termine par le contact « seulement » cylindre/cylindre entre le **Bras motorisé 2** et la **Biellette 3**.

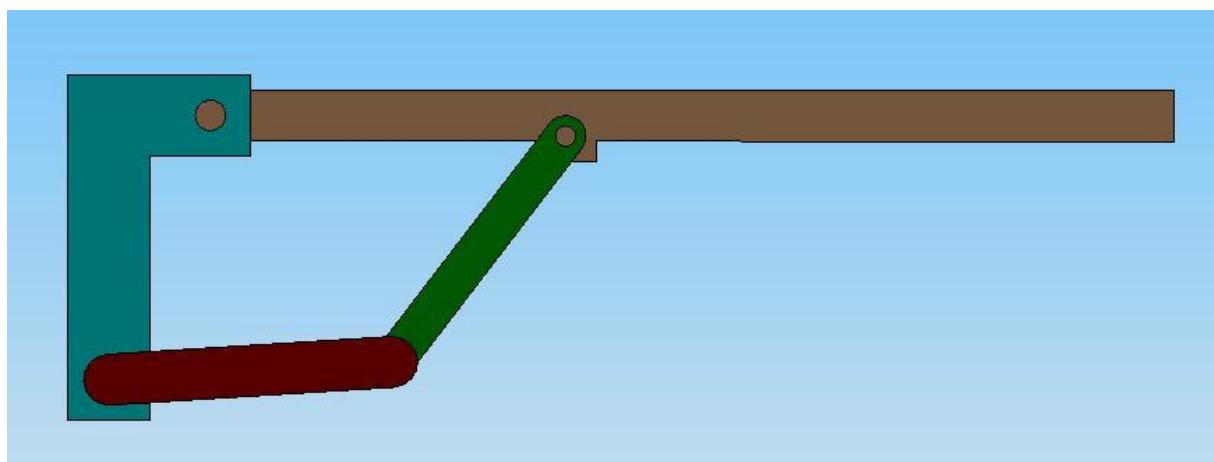


## Animation

Une fois l'assemblage terminé, il est possible via le menu Outils/ Composant / Faire pivoter, d'animer le mécanisme en faisant tourner le **Vantail 4**.

## Configuration de départ Vantail fermé

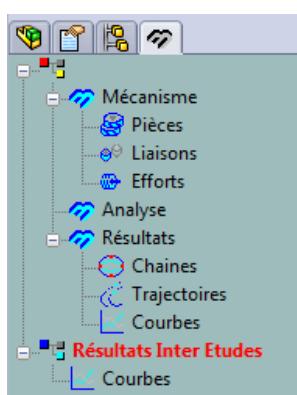
Faire pivoter le **Vantail 4** de manière à obtenir celui-ci parallèle à l'axe  $Oy$  (Vantail fermé).



## Construction du modèle MECA3D

### Récupération des contraintes

Cliquer sur l'icône MECA3D . Si celui-ci n'existe pas, cocher le complément Outils/Compléments/Meca3d. Seule la dernière version de Meca3d doit être cochée.

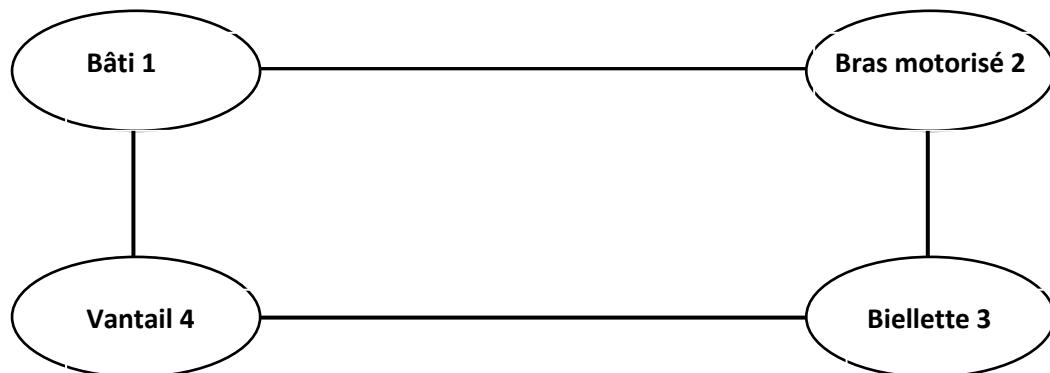


Cliquer sur Mécanisme puis à l'aide d'un clic droit sélectionner Construction automatique, cela doit avoir pour effet de :

- Créer 4 pièces
- Créer 4 liaisons (3 de type pivot, 1 de type pivot glissant)

En utilisant l'arbre de construction, et en cliquant sur chacune des liaisons, compléter le graphe suivant en portant la nature de la liaison installée entre deux solides, le numéro de la liaison et en indiquant le centre et la direction des liaisons (axe).

### Graphe des liaisons



Ce mécanisme comporte une seule chaîne fermée, avec autant de liaisons que de solides.

## Etude cinématique

Cliquer sur Analyse puis à l'aide d'un clic droit sélectionner Calcul mécanique, cela doit avoir pour effet d'afficher :

« Le mécanisme est hyperstatique de degré 2, et possède un degré de mobilité égal à : 1 »

Nous allons simuler une ouverture de 90 degrés du **Vantail 4**.

Cliquer sur Suivant, puis indiquer 1 (tr/min) pour la vitesse de rotation de la liaison pivot entre le **Bâti 1** et le **Vantail 4**. Imposer 90 positions, avec une durée du mouvement de 15 sec.



Lancer le calcul puis cliquer sur Fin.

Si le calcul se bloque, changer le signe de la vitesse imposée (-1 tr/mn).

## Exploitation des résultats

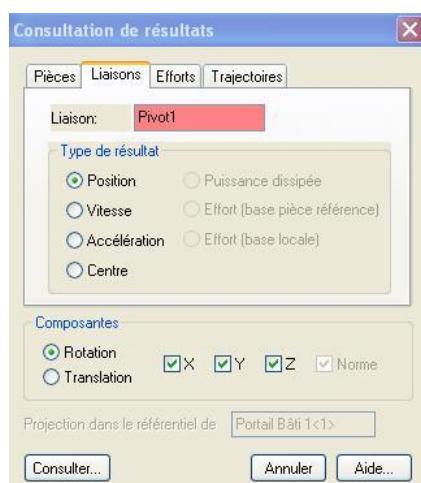
Clic droit sur Résultats/Simulation puis sur l'icône Animer.

Observer le mouvement obtenu.



Clic droit sur la liaison Pivot entre le **Bras motorisé 2** et le **Bâti 1**, puis sur Résultats/Consulter, et afficher :

- la position angulaire du **Bras motorisé 2** par rapport au **Bâti 1** au cours du mouvement,
- le taux de rotation du **Bras motorisé 2** par rapport au **Bâti 1** au cours du mouvement.



## Exploitation des résultats. Travail demandé

- 1- Pour l'ouverture du **Vantail 4** de 90 degrés, déterminer l'amplitude de rotation du **Bras motorisé 2** par rapport au **Bâti 1** (en degrés).
- 2- A l'aide d'une épure (construction graphique dans le plan), on propose de vérifier le résultat de la question précédente. Définir sur une figure papier, la méthode utilisée pour positionner tous les points pour les 2 positions extrêmes. Puis ouvrir le logiciel Solidworks 2022 et, dans un plan d'esquisse, représenter les points O, A, B, C et D du portail en position **fermée**. Dans le même plan d'esquisse, représenter les points O, A, B, C et D du portail en position **ouverte**. Déterminer l'amplitude de rotation du **Bras motorisé 2** par rapport au **Bâti 1**. **Faire valider votre travail par votre professeur.** Comparer avec le résultat de la question précédente. Si besoin, s'aider de la figure fourni en annexe.

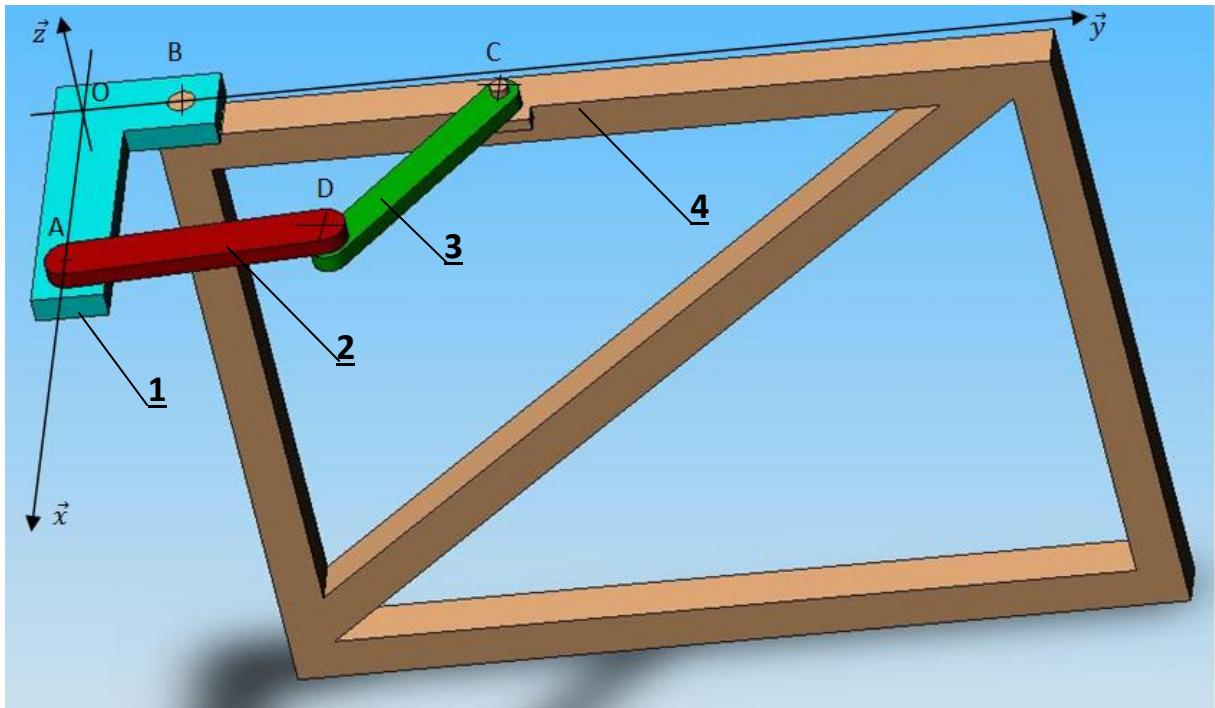
On donne :  $\overrightarrow{OA} = 260\vec{x}$ ;  $\overrightarrow{OB} = 100\vec{y}$ ;  $\overrightarrow{BC} = 20\vec{x} + 350\vec{y}$ ;  $\|\overrightarrow{AD}\| = \|\overrightarrow{CD}\| = 280$  en mm.

- 3- Le cahier des charges fonctionnelles précise un temps d'ouverture du portail de 15 secondes (90 degrés du **Vantail 4** en 15 secondes). Déterminer le  $N_{\text{moteur}}$  (en tr/mn) à fixer pour répondre au cahier des charges fonctionnelles (le moteur entraîne le **Bras motorisé 2** par rapport au **Bâti 1** à vitesse constante). Valider votre calcul à l'aide du logiciel Méca 3D. Décrire votre démarche.
- 4- Avec la vitesse moteur calculée à la question précédente, déterminer à l'aide du logiciel Méca 3D le taux de rotation maxi et mini en valeur absolue (et en rd/s) du **Vantail 4** par rapport au **Bâti 1** au cours du mouvement. Ecrire ces taux de rotation en tr/mn. Donner les positions respectives du **Vantail 4** par rapport à la position fermée (angle en degrés) correspondantes aux positions caractérisées par les vitesses de rotation extrême.

## Etude théorique de la loi entrée sortie du portail

Soient 4 solides (**1** : bâti , **2** : bras moteur, **3** : biellette, **4** : vantail) reliés entre eux par 4 liaisons de type pivot.

Le portail est représenté sur la figure ci-après en position fermée ( $\theta_4/1=0$ ). On cherche à déterminer l'amplitude de rotation du bras moteur **2** pour obtenir l'ouverture du vantail (rotation de  $-90^\circ$ ).



**Données géométriques :**

$$\overrightarrow{OA} = x_A \vec{x} \quad \overrightarrow{OB} = y_B \vec{y} \quad \overrightarrow{BC} = d_4 \vec{x}_4 + l_4 \vec{y}_4 \quad \overrightarrow{DC} = l_3 \vec{y}_3 \quad \overrightarrow{AD} = l_2 \vec{y}_2$$

$$x_A = 260 \text{ mm} \quad y_B = 100 \text{ mm} \quad l_2 = l_3 = 280 \text{ mm} \quad l_4 = 350 \text{ mm} \text{ et } d_4 = 20 \text{ mm}$$

Soit  $\theta_{i/1} = (\vec{y}, \vec{y}_i)$  avec  $i$  variant de 2 à 4.

**5-** Répondre sur feuille aux questions suivantes :

- Construire une figure plane pour faire apparaître le paramétrage et les différents angles pour une position quelconque du vantail.
- Construire la figure de changement de base entre la base  $B_i(\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z})$  et la base  $B(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  liée au bâti **1**, avec  $\theta_{i/1}$  compris entre 0 et  $+90^\circ$  impérativement.
- Ecrire le vecteur  $\overrightarrow{DC}$  en fonction des autres vecteurs.
- Calculer  $\overrightarrow{DC} \cdot \vec{x}$  et  $\overrightarrow{DC} \cdot \vec{y}$
- En déduire l'expression de  $\cos(\theta_{3/1})$  puis de  $\sin(\theta_{3/1})$  en fonction de  $\theta_{4/1}$ ,  $\theta_{2/1}$  et des différentes longueurs.

Les équations qui, connaissant l'angle  $\theta_{4/1}$ , permettent de déterminer l'angle  $\theta_{2/1}$  sont non linéaires et très difficilement résolvables à la main. La résolution va donc être effectuée à l'aide d'une méthode numérique. Toutes les données géométriques sont définies en début de programme fourni en annexe en fin de ce document, et ont ainsi un caractère global.

- Ecrire une fonction  $fct(\theta_{2/1}, \theta_{4/1})$  (avec  $\theta_{2/1}$  (=02/1) et  $\theta_{4/1}$  (=04/1) exprimés en deg) qui renvoie :  $1 - \cos^2(\theta_{3/1}) - \sin^2(\theta_{3/1})$

### **Etude géométrique**

La suite de l'étude consiste à chercher la valeur de  $\theta_{2/1}$ , connaissant  $\theta_{4/1}$  qui annule la fonction  $fct$ .

**6-** Compléter le programme fourni en suivant le questionnement suivant :

- Créer une liste  $L_{\theta_{4/1}}$  comportant 91 valeurs (afin d'avoir un point tous les degrés) de l'angle  $\theta_{4/1}$  comprises entre 0 et  $-90^\circ$  simulant ainsi l'ouverture du vantail.
- Construire par compréhension la liste  $L_{\theta_{2/1}}_{solve}$ , en appelant la fonction  $solve$  fournie pour chacune des valeurs de l'angle  $\theta_{4/1}$  de la liste  $L_{\theta_{4/1}}$ .
- Tracer la courbe ( $L_{\theta_{4/1}}, L_{\theta_{2/1}}_{solve}$ ) en rajoutant les labels des axes x et y. En déduire l'amplitude de rotation du bras moteur permettant d'obtenir l'ouverture du vantail.

On cherche pour finir à écrire une recherche dichotomique de zéro afin de trouver l'angle  $\theta_{2/1}$  qui annule la fonction  $fct$  connaissant l'angle  $\theta_{4/1}$ . Pour cela, il est nécessaire de connaître, deux valeurs de l'angle  $\theta_{2/1}$  qui renvoient des ordonnées de signe contraire, pour pouvoir lancer la recherche dichotomique.

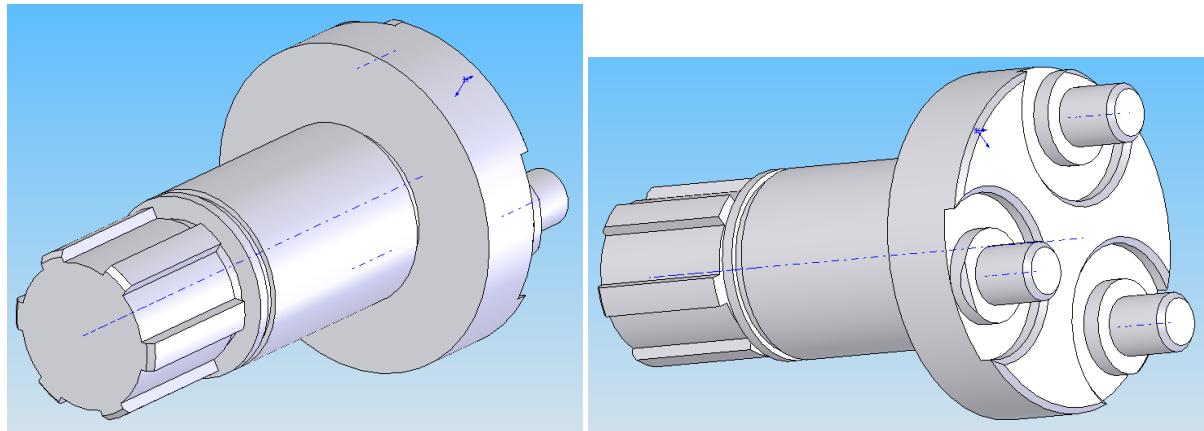
**7-** Continuez à compléter le programme fourni en suivant le questionnement suivant :

- Constituer 2 listes :  $fctmin = fct(-130, \theta_{4/1})$  pour  $\theta_{4/1}$  élément de la liste  $L_{\theta_{4/1}}$  et  $fctmax = fct(10, \theta_{4/1})$ .
- Afficher les courbes ( $L_{\theta_{4/1}}, fctmin$ ) et ( $L_{\theta_{4/1}}, fctmax$ ).
- A la lecture de ces courbes, justifier que pour toute valeur de  $\theta_{4/1}$ , l'angle  $\theta_{2/1}$  cherché, celui qui annule la fonction  $fct$  est compris entre  $-130$  et  $10$  deg.
- Ecrire une fonction  $dichotomie(f, \theta_{4/1}, xmin, xmax, prec)$  (avec  $f$  une fonction de 2 variables,  $xmin$  la borne inférieure,  $xmax$  la borne supérieure et  $prec$  la précision souhaitée sur l'encadrement de la solution, qui renvoie  $x$  annulant la fonction  $f$  pour  $\theta_{4/1}$  fixé).
- Construire une liste  $L_{\theta_{2/1}}_{dicho}$  en utilisant la fonction  $dichotomie$  telle que  $f(teta2, teta4)$  soit de valeur nulle.
- Tracer les courbes sur une unique figure en rajoutant le tracé de ( $L_{\theta_{4/1}}, L_{\theta_{2/1}}_{dicho}$ ).
- Comparer les résultats issus des deux méthodes de résolution.

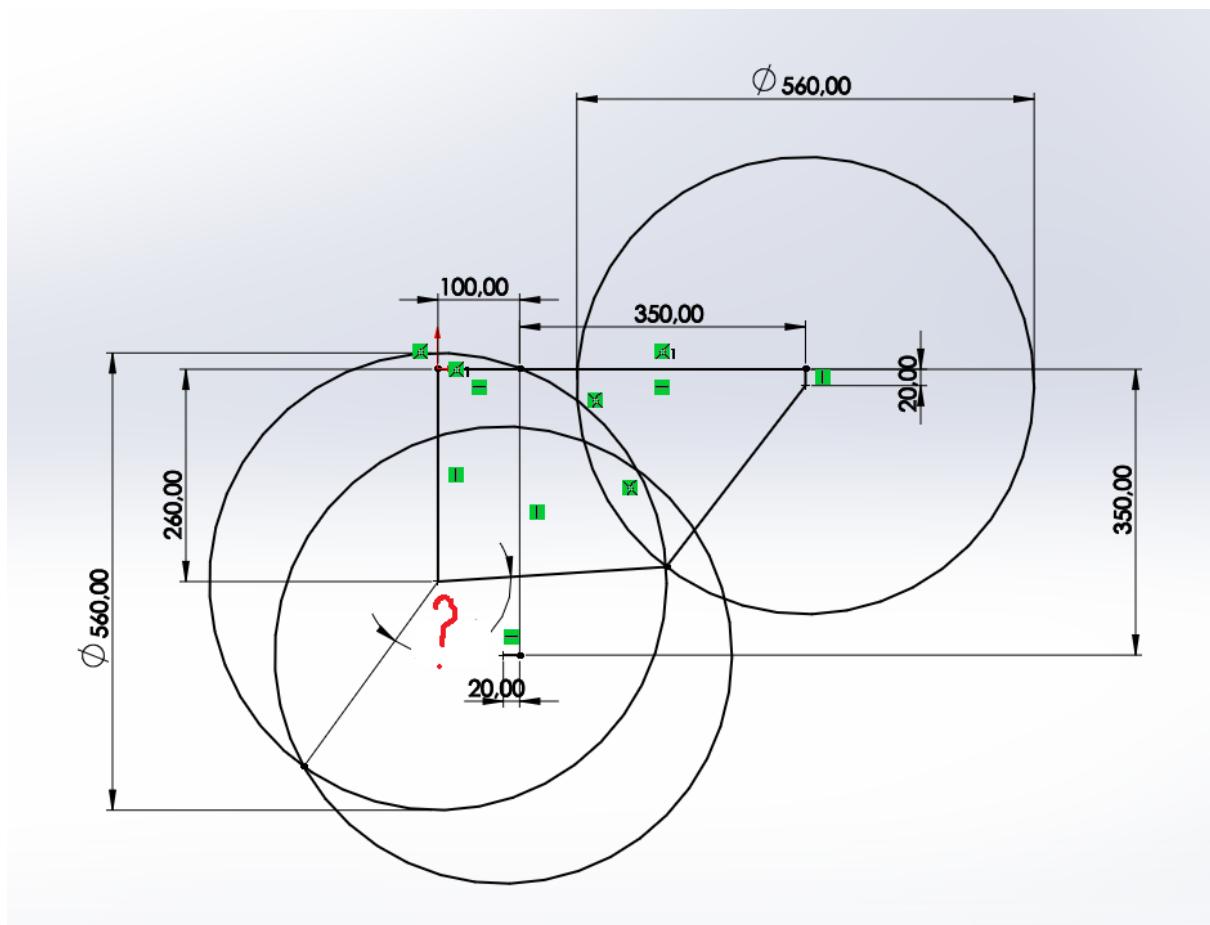
## Pour aller plus loin

### Modélisation de l'axe du réducteur du portail

8- A l'aide des vues en perspectives et de la mise en plan donnée en annexe, modéliser avec Solidworks 2022 l'axe du réducteur.



Annexe : Epure sur Soliworks



### Annexe du programme à copier et à compléter

```
import matplotlib.pyplot as plt
import math as mp

d4 = 20 # en mm
l4 = 350 # en mm
xA = 260 # en mm
yB = 100 # en mm
l3 = 280 # en mm
l2 = 280 # en mm
prec= 10**(-12) #○ précision pour la recherche dichotomique
```

```
def fct(teta2,teta4):
    teta2_rd = # à compléter
    teta4_rd = # à compléter
    DCx = # à compléter
    DCy = # à compléter
    costeta3 = # à compléter
    sinteta3 = # à compléter
    return 1.-costeta3**2-sinteta3**2
```

```
from scipy.optimize import fsolve
def solve(teta2,teta4):
    sol = fsolve(fct,x0=teta2,args=(teta4))[0]
    return sol
```

L\_teta4 = # à compléter

L\_teta2\_solve=[solve(-100,teta4) for \*\*\*\* ] # à compléter

```
plt.figure('Loi entrée sortie')
plt.plot( ****,****, label='solve') # à modifier
plt.xlabel( ****)
plt.ylabel( ****)
plt.grid()
plt.legend()
plt.show()
```

**ANNEXE**

