

TP3 -1 – PORTAIL DOMOTIC



ETUDE GÉOMETRIQUE

OBJECTIF

Réaliser l'étude géométrique du portail

- d'un point de vue théorique
- d'un point de vue expérimental
- d'un point de vue numérique

Comparer les résultats et identifier les différences.

MISE EN SITUATION

PRÉSENTATION DE LA MAQUETTE DU LABORATOIRE

L'ouvre-portail DOMOTICC est un système industriel instrumenté d'ouverture automatisée avec pilotage à distance d'un portail à deux vantaux. Il met en œuvre un système automatique d'ouverture de portail à usage grand public.

Le matériel est composé principalement d'un châssis métallique supportant le portail, d'une centrale de commande avec émetteur haute fréquence, de deux motoréducteurs avec limiteur de couple et tringlerie d'ouverture de portail et d'un ensemble de capteurs spécifiques associés à une carte de traitement.

Outre son bâti, ce système automatisé est constitué de trois sous-ensembles principaux :

UN GRAND VANTAIL INSTRUMENTÉ COMPRENANT :

- **4 capteurs :**
 - **Capteur N° 1** : un potentiomètre de précision qui permet de mesurer la position angulaire du bras du motoréducteur ;
 - **Capteur N° 2** : un potentiomètre de précision qui permet de mesurer la position angulaire du grand vantail,
 - **Capteur N° 3** : une jauge de contrainte qui permet de mesurer le couple fourni par le motoréducteur,
 - **Capteur N° 4** : une jauge de contrainte qui permet de mesurer le couple sur le vantail (voir fonction suivante),
- **Un frein** : ce frein permet de simuler l'effet du vent sur le vantail,
- **Un support** permettant de placer des masses de 10 kg (charge maxi 50 kg) pour modifier l'inertie du vantail,
- **Une motorisation** par un motoréducteur à bras avec limiteur de couple à friction (B. F. T. - Réf. E5).

UN PETIT VANTAIL COMPRENANT :

- **Une électro-serrure** de verrouillage du portail ;
- **Une motorisation** par un motoréducteur à bras avec limiteur de couple à friction (B. F. T. - Réf. E5),

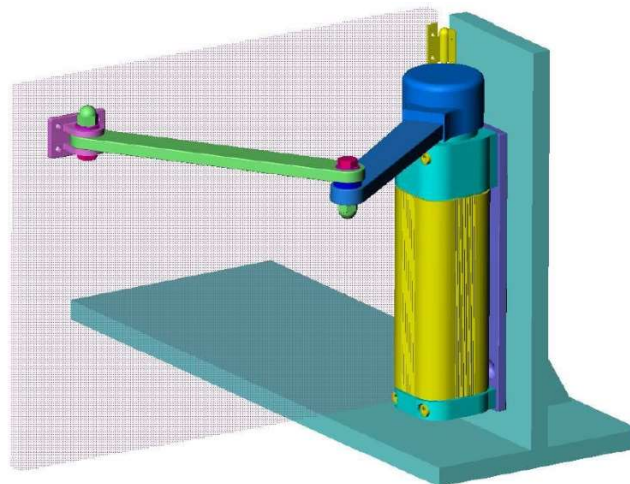


Figure 1: Modélisation du petit vantail sur Solidworks

UN COFFRET DE CONTRÔLE / COMMANDE COMPRENANT :

- un module de commande d'ouverture de portail (B. F. T. - ALCOR),
- les circuits de protection électrique,
- une alimentation 2x12 V continu,
- une carte de traitement des signaux capteurs.

Q1 Identifier sur la maquette et la photo (voir répertoire du sujet) les éléments du grand vantail.

PRISE EN MAIN DU SYSTÈME

PROCÉDURE 1 : FONCTIONNEMENT EN MODE MANUEL SANS CELLULE

Ne pas intervenir sur les boutons de réglage qui sont protégés.

- Positionner l'interrupteur TCA sur HORS service (ne pas forcer, mais soulever légèrement avant de déplacer le bouton),
- Positionner l'interrupteur IBL sur HORS service,
- Positionner l'interrupteur FCH sur EN service,
- Mettre sous tension à l'aide du bouton M/A situé sur le coffret puis le bouton EN SERVICE,
- **Maintenir toujours enfoncé** le bouton ENCLenchement,
- Donner une impulsion sur la touche DÉMARRAGE,

Le cycle d'ouverture doit commencer.

- Avant que le portail n'arrive en ouverture maxi, donner une 2^{ème} impulsion au bouton DÉMARRAGE.

Le portail doit s'arrêter.

- Appuyer de nouveau sur le bouton DÉMARRAGE.

Le portail se referme.

PROCÉDURE 2 : FONCTIONNEMENT EN MODE MANUEL AVEC CELLULE

- Maintenir le bouton ENCLenchement pendant la durée du cycle
- Appuyer sur le bouton DÉMARRAGE

Le cycle d'ouverture doit commencer.

- Avant que le portail n'arrive en ouverture maxi, donner une 2^{ème} impulsion au bouton DÉMARRAGE.

Le portail doit s'arrêter.

- Appuyer de nouveau sur le bouton DÉMARRAGE.

Le portail se referme.

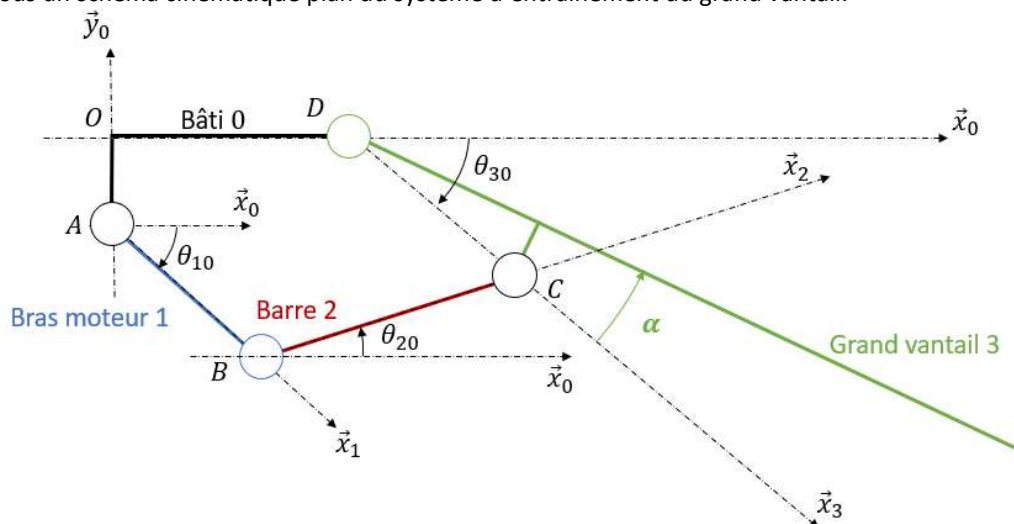
Lors de la phase de fermeture, passer la main devant la cellule.

ETUDE THÉORIQUE

On s'intéresse dans cette étude au système de transformation de mouvement qui permet l'ouverture du grand vantail.

MODELISATION

On donne ci-dessous un schéma cinématique plan du système d'entraînement du grand vantail.



On posera

$$\overrightarrow{OA} = -a\vec{y}_0; \overrightarrow{AB} = b\vec{x}_1; \overrightarrow{BC} = c\vec{x}_2; \overrightarrow{DC} = d\vec{x}_3; \overrightarrow{OD} = e\vec{x}_0$$

Données numériques

$$a = 250$$

$$b = 280$$

$$c = 280$$

$$d = 350$$

$$e = 100$$

Les angles sont ceux paramétrés sur le schéma.

De par la construction, l'angle θ_{30} n'est pas l'angle du vantail par rapport au bâti. Il nous faudra tenir compte de l'angle α constant lié uniquement à la géométrie du vantail dans les résultats.

$$\alpha \approx 0,0775 \text{ rad} \approx 4,44^\circ$$

ÉTUDE CINÉMATIQUE

Nous allons ici établir par un calcul analytique la loi d'entrée/sortie du système « 4 barres ».

Q2 Établir le graphe des liaisons et la ou les figure(s) de changements de base.

Q3 Par une fermeture géométrique, établir le système d'équations liant les angles θ_{10} , θ_{20} , θ_{30} aux paramètres géométriques a, b, c, d et e . Mettre le système sous la forme


$$\begin{cases} f_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = 0 \\ f_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = 0 \end{cases}$$

La résolution analytique de ce système est un peu fastidieuse. Elle est présente en fin de sujet. **Vous allez utiliser la fonction *fsolve* du module numpy de python** pour la résoudre.


RÉSOLUTION AVEC PYTHON


 Ouvrir le fichier **Portail Domotic – Etudiant.py**


Dans notre système d'équation, nous allons prendre θ_3 comme une donnée.

 Définir (**ligne 23**), en utilisant par exemple la fonction `linspace()`, la liste des valeurs de θ_3 allant de -90° à 0° avec 91 points de mesure.

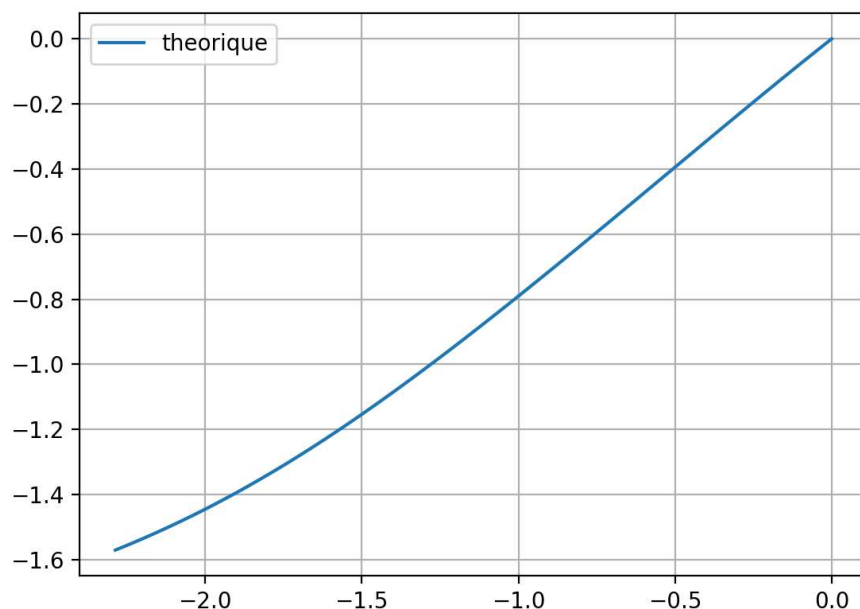
θ_1 et θ_2 sont les inconnues recherchées et on pose $X = (\theta_1, \theta_2)$. En notant $\theta_3 = arg$,

 Définir la fonction **Sys(X, arg)** (lignes 36 à 41) qui pour θ_3 donné, renvoie les expressions de $f_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ et $f_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$.

 En lignes 62 à 67, à l'aide d'une boucle For, calculer, à l'aide de **fsolve**, pour chaque valeur de θ_3 de votre liste, les valeurs de θ_1 et θ_2 et remplir les listes `Theta10=[]` et `Theta20=[]`. N'hésitez pas à vous renseigner sur la fonction **fsolve** !

 Tracer la courbe donnant θ_3 en fonction de θ_1 . Ne pas oublier d'ajouter la légende et les axes.

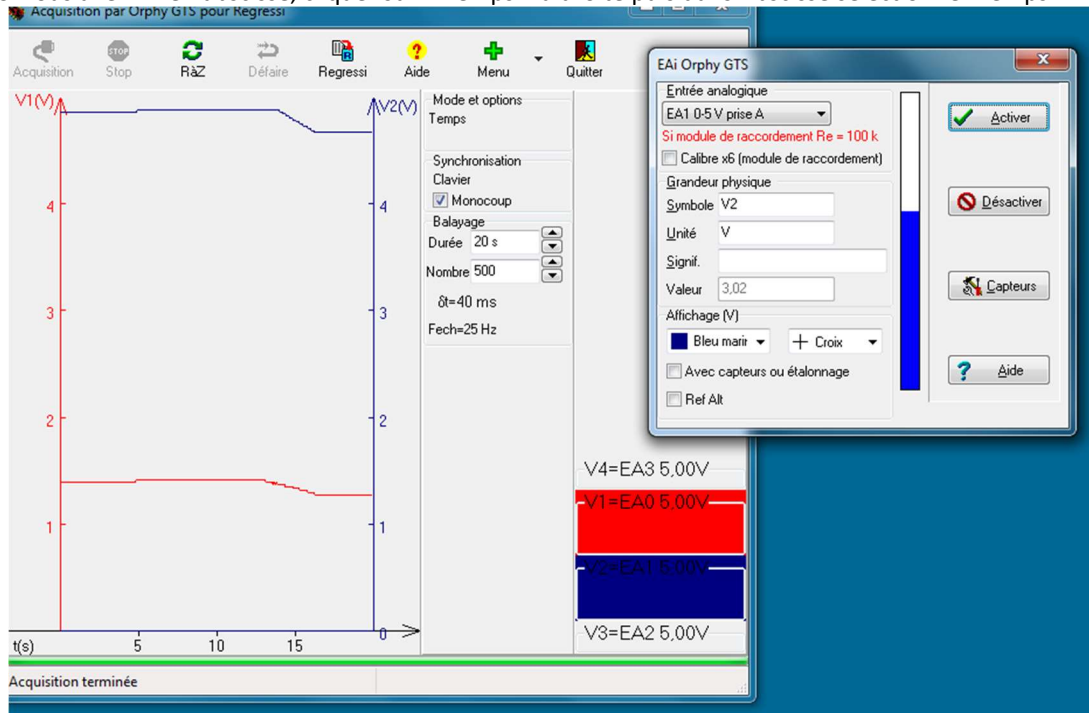
Vous devriez avoir ceci (les angles sont en radians)



ETUDE EXPERIMENTALE

- ✚ Sur le PC à votre disposition, dans le dossier « Logiciels Physique-Chimie », ouvrir Regressi.
- ✚ Dans Regressi, faire nouveau **GTS**.
- ✚ Vérifier à l'ouverture du programme que deux capteurs sont présents en voie 1 et voie 2. La voie 1 correspond à l'image en tension de l'angle du vantail et la voie 2 l'image de l'angle moteur.

- Si vous avez V1 en abscisse, cliquer sur « Temps » à droite puis dans Abscisse sélectionner Temps.



- ✚ Placer le portail en position fermée et relever l'angle de la barre moteur par rapport au bâti.

- ✚ Faire une première acquisition pour une ouverture complète du portail (environ 20s)

Une fois l'acquisition réalisée, cliquer sur l'icône de Regressi. Puis, dans Regressi sauvegarder les données dans votre répertoire de travail. Attention à enregistrer au format **TEXT** ou **CSV** pour pouvoir le lire avec Python.

- ✚ Relever dans la position ouverte les angles du vantail et du moteur par rapport au bâti.

- ✚ Faire une seconde acquisition pour une fermeture complète du portail (environ 20s)

- ✚ Faire une copie de vos fichiers expérimentaux puis les ouvrir avec Notepad++, **les vérifier et les modifier pour Python**.

- **Remarque** : Les données sont enregistrées sous forme de colonne séparées par « ; ». Le séparateur de décimal est « , ».

- 🐍 En vous aidant de ce qui a été fait pour Solidworks, importer les résultats de l'expérience en créant 2 nouvelles listes Theta10Exp et Theta30Exp dans la section *Récupération des données Expérimentales*.

- 🐍 Tracer la courbe de θ_3 en fonction de θ_1 expérimentale sur le même graphique que le théorique.

- 🐍 **Remarque** : Pour les positions il y a un gros décalage d'offset (décalage) entre les deux potentiomètres. Rien de bien méchant après traitement python.

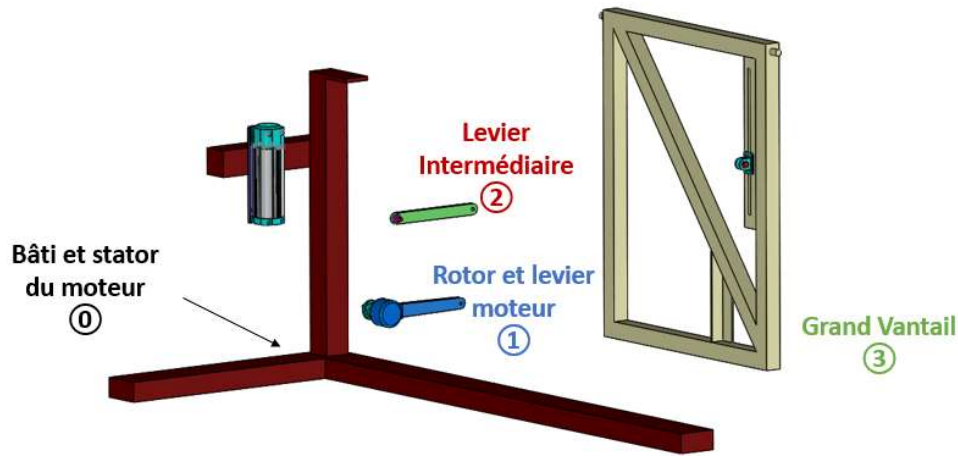


SIMULATION NUMERIQUE SUR SOLIDWORKS

ASSEMBLAGE

- 📁 Récupérez le dossier **Portail** dans le répertoire de la classe **copiez-le** dans votre espace.
- 📁 Ouvrir le fichier **Portail Etudiant**.





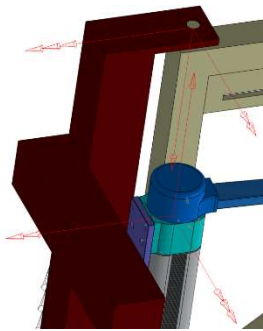
Assembler le portail.

ANIMATION

Passer sous Méca3D, faire un clic droit sur mécanisme puis construction automatique

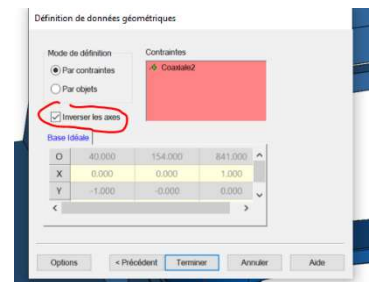
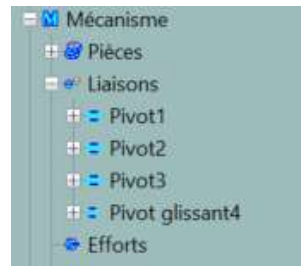
Si les contraintes sont bonnes, vous devez avoir 4 liaisons (3 pivots et 1 pivot-glissant), un peu comme sur la figure de droite ... Vous n'avez pas forcément le même ordre.

On doit vérifier les axes des liaisons et si nécessaire les mettre dans le bon sens.



Ici, les axes de la liaison Bâti/Grand vantail sont inversés. Pour les retourner, faire un clic droit sur la liaison puis modifier et suivant 2 fois.

Dans la fenêtre que vous obtenez, cliquer sur inverser les axes puis valider.



Ajouter une contrainte de parallélisme pour mettre le grand vantail en position fermé.

Remarque : Comme nous mettons cette contrainte après avoir construit les liaisons, elle n'influencera pas le calcul du mouvement.

Faire un clic droit sur **Analyse**, puis **suivant**.

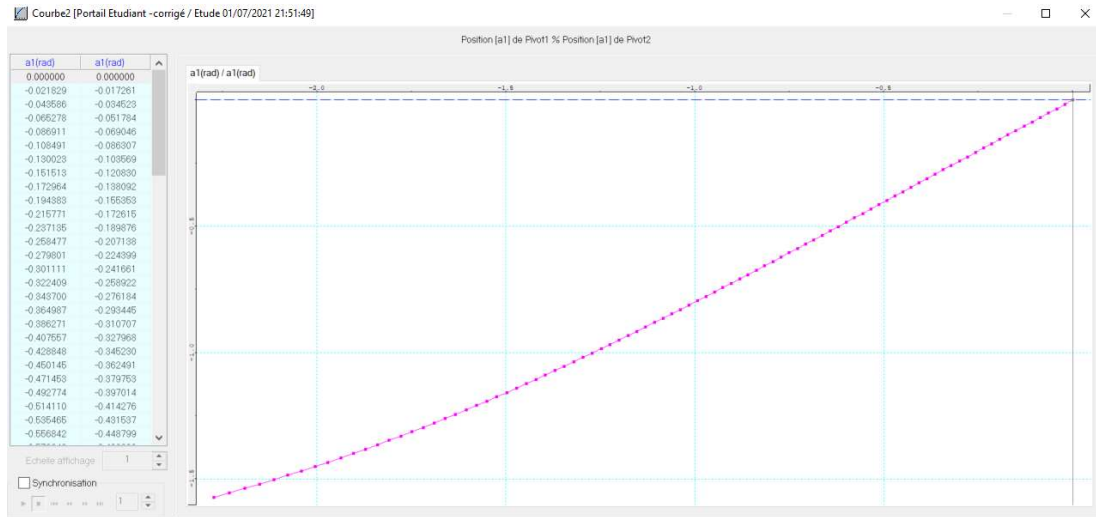
Faire une étude **géométrique** en faisant tourner le grand vantail (à vous de trouver la bonne liaison) de **0° à -90°** et en prenant **91 positions** (c'est à dire une position par °). Lancer le calcul et vérifier le bon fonctionnement avec l'animation.

TRACER DE LA COURBE θ_3 EN FONCTION DE θ_1 :

Faire un clic droit sur **Courbe** puis ajouter une courbe paramétrée.

En utilisant les liaisons, tracer la courbe θ_3 en fonction de θ_1 .

Vous devriez obtenir la courbe suivante :



Faire un clic droit sur les données (zone bleue de la fenêtre) puis enregistrer les données.

Faire une copie de ce fichier puis l'ouvrir avec Notepad++, **le vérifier et le modifier pour Python.**

```
-1.710014 -1.422104
-2.005134 -1.449966
-2.040485 -1.467227
-2.076722 -1.484489
-2.113900 -1.501750
-2.152079 -1.519012
-2.191320 -1.536273
-2.231686 -1.553535
-2.273244 -1.570796
```

Valeur mini ordonnée = -1.570796
Valeur maxi ordonnée = 0.000000

BILAN

Objectif : Comparer les résultats et analyser le fonctionnement du système.

COMPARAISON DES RESULTATS

- Importer les résultats issus de Solidworks.
- Tracer la courbe sous python.
- Comparer avec l'étude théorique et expérimentale.



ANNEXE ETUDE THEORIQUE

Vous avez établi un système d'équation lors de l'étude théorique.

On peut **isoler** θ_{20} en le mettant sous la forme

$$\begin{cases} c \cdot \cos \theta_{20} = F(\theta_1, \theta_3) \\ c \cdot \sin \theta_{20} = G(\theta_1, \theta_3) \end{cases}$$

On **élimine** θ_{20} en élevant les lignes au carré puis en les additionnant. On peut alors obtenir une équation de la forme :

$$A(\theta_{10}) * \cos \theta_{30} + B(\theta_{10}) * \sin \theta_{30} = C(\theta_{10})$$

Où A , B et C sont des fonctions de θ_{10} .

Il y a plusieurs méthodes mais la plus élégante est de diviser l'équation par $\sqrt{A^2 + B^2}$ soit

$$\frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} * \cos \theta_{30} + \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} * \sin \theta_{30} = \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

On peut alors poser ψ tel que

$$\cos(\psi) = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad ; \quad \sin(\psi) = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

L'équation s'écrit

$$\cos(\psi) * \cos \theta_{30} + \sin(\psi) * \sin \theta_{30} = \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

Soit

$$\cos(\theta_{30} - \psi) = \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

Finalement

$$\theta_{30} = \psi \pm \arccos\left(\frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}\right)$$

Oui, il y a quand même une petite réflexion à avoir sur le signe de l'arc-cosinus.