

## Portail à vantaux : mesure du couple de frottement sec

### Objectifs

Les frottements, dus au guidage en rotation (liaison pivot) d'un vantail de portail par rapport au mur d'attache ont diverses conséquences :

- Usures des pièces
- Augmentation de la puissance moteur nécessaire
- Augmentation de la consommation d'électricité

Si on ne peut les éviter, il faut donc toutefois les minimiser. Pour les minimiser il faut les quantifier.

La méthode proposée s'appuie sur les concepts de dynamique du solide.

Durée : 2 heures avec permutation à mi-séance

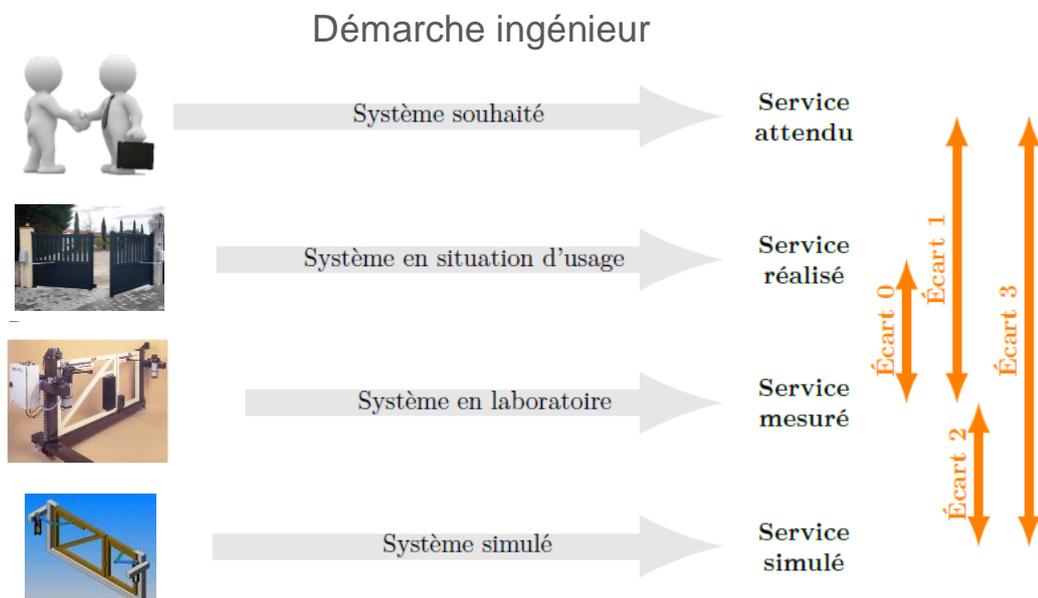
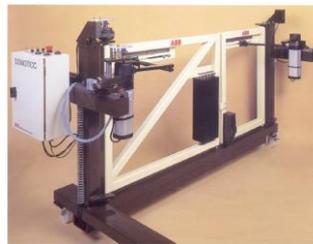


FIGURE 1 – Démarche de l'ingénieur centrée sur la mesure des écarts.

**Objectif : minimiser les écarts**

## Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- Lire le sujet
- Revoir le théorème du moment dynamique
- Revoir le théorème de l'énergie puissance
- Revoir les lois horaires d'un mouvement à accélération constante (VU en Terminale et 1<sup>ère</sup> année de CPGE !)



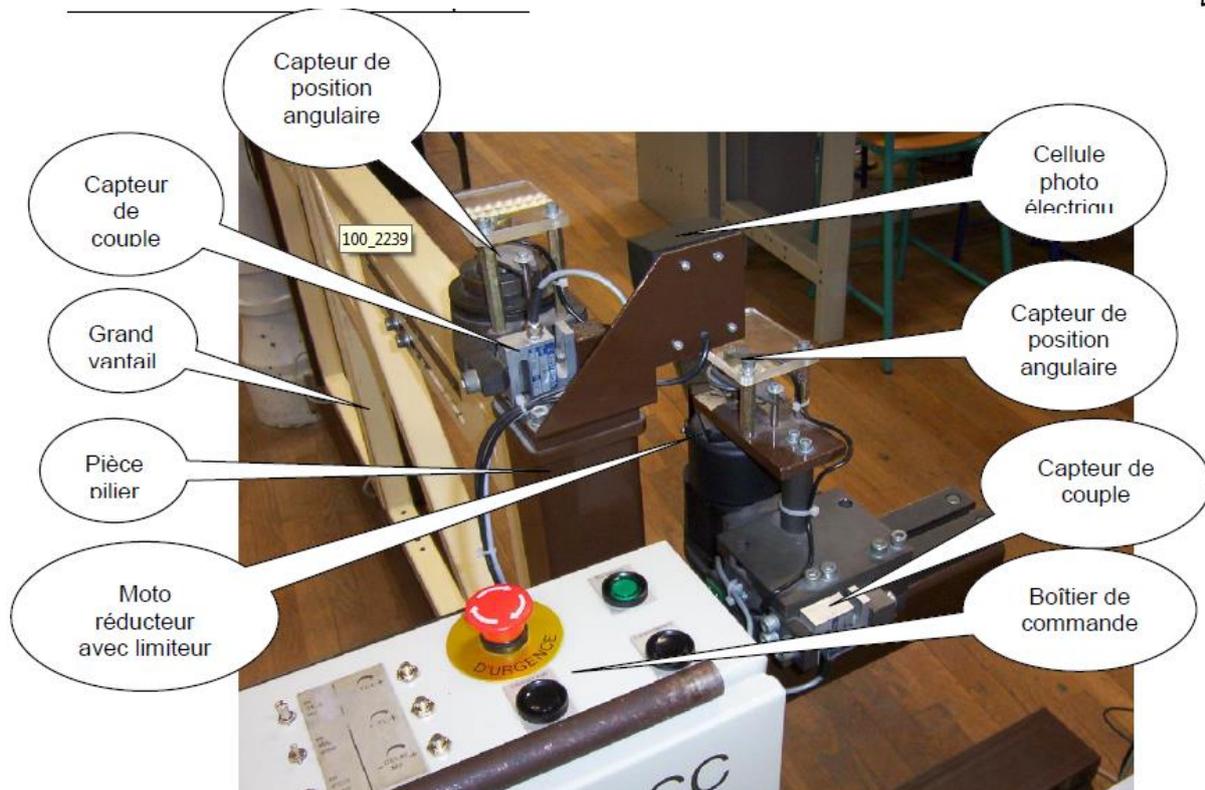
## Vous disposez

- Du sujet
- Fiche plastique couleur descriptive du robot déjà posée sur la table



## Vous devez rendre

- Rédaction sur cahier de TP.



## PARTIE 1 : EXPERIMENTATION AU LABORATOIRE

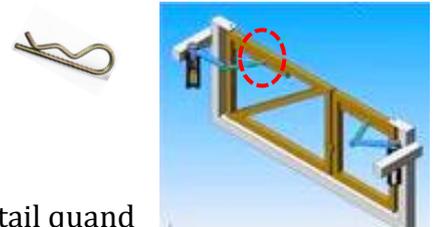
### Réflexion préliminaire

Le grand vantail va être désolidarisé du moteur. Il sera donc libre de pivoter non accroché au bras noir.

Ensuite la manipulation sera simple : vous lancerez le vantail d'une petite impulsion de la main de manière à ce qu'il tourne et effectue un angle  $\theta_f$  ( $< 90^\circ$ ) jusqu'à l'arrêt complet sans rencontrer de butée mécanique.

Il est important de comprendre que l'angle  $\theta_f$  est balayé sans intervention manuelle. Le vantail tourne uniquement « sur son inertie » jusqu'à l'immobilisation totale sans action mécanique motrice. Il est juste en liaison pivot avec le bâti.

**Q1.** Enlever à la main la goupille, puis l'axe métallique de la liaison pivot bras/vantail : le vantail tourne librement. S'il est trop freiné demander au professeur de desserrer l'écrou à encoches.



**Q2.** Quel type d'action mécanique provoque la **décélération** du vantail quand vous le lancez à la main ?

L'hypothèse de décélération constante est retenue : pourquoi est-elle pertinente ?

**Q3.** On néglige le couple de frottement visqueux (le couple de frottement visqueux est proportionnel à la vitesse angulaire  $C_{fv} = -f_v \cdot \omega$ ) : pour quelle raison cette hypothèse est-elle pertinente ?

### Protocole expérimental

**Avertissement :** la prise de mesure est simple mais demande plusieurs essais : vous effectuerez donc plusieurs car il faut un peu « d'entraînement » pour faire une mesure correcte. A chaque mesure : notez l'angle balayé et la durée. Puis, garder celle qui vous semble la plus juste.

1. Fermez le grand vantail en butée.
2. Reportez-vous à l'annexe 1 : acquisition de mesure sur le portail ABB.
3. Etalonner le capteur angulaire sur une ouverture à  $90^\circ$  : notez soigneusement le gain  $K$  en  $V/^\circ$ . Attention au décalage d'origine (offset) !
4. Lancez le vantail à la main d'une impulsion ferme de manière à ce qu'il s'ouvre en couvrant un angle le plus grand possible SANS ATTEINDRE LA BUTEE métallique de fin d'ouverture. Vous devez lancer l'acquisition à l'instant où votre main lâche le vantail ! Refaites cette manipulation plusieurs fois. Retenez la mesure plus réussie.
5. Notez votre valeur de l'angle  $\theta_f$  et la durée d'ouverture  $T_f$  par mesure sur Regressi.



**Fin de la partie 1 : permutation.**

## PARTIE 2: THEORIE ET SIMULATION

### Préliminaire - lois horaires - inertie

Le vantail du portail subit la décélération angulaire constante  $\ddot{\theta}_v$ .

Sa vitesse angulaire à  $t = 0$  est  $\omega(t = 0) = \omega_0$ . A  $t = 0$  l'angle vantail est nul :  $\theta(t = 0) = 0^\circ$

**Q1.** Ecrire les équations horaires cinématiques du vantail en fonction des constantes  $\ddot{\theta}_v$  et  $\omega_0$  (abordé dès la classe de Terminale et en 1<sup>ère</sup> année de CPGE).

(1)  $\dot{\theta}(t) =$

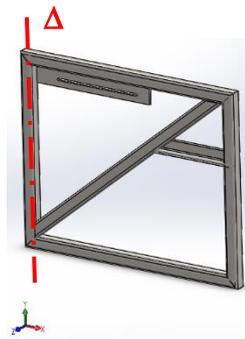
(2)  $\theta(t) =$

$T_f$  est la durée du mouvement jusqu'à l'arrêt. C'est-à-dire qu'à l'instant final  $t = T_f$  le vantail a balayé l'angle  $\theta_f$  :  $\theta(t = T_f) = \theta_f$

**Q2.** Traduire cette condition dans les deux équations horaires, puis déduire l'accélération  $\ddot{\theta}_v$  en fonction de l'angle balayé  $\theta_f$  et de la durée du mouvement  $T_f$ .

**Q3.** Utiliser un PC individuellement : ouvrir le fichier « DAO vantail/Vantail seul ». Dans « Evaluer/propriétés de masse », déterminer le moment d'inertie du vantail  $J_\Delta$  par rapport à son axe de rotation  $\Delta$ .

Voir l'annexe 2 pour plus d'informations sur l'utilisation des propriétés de masse de Solidworks.



### Exploitation des mesures et évaluation de $C_{fs}$

**Q4.** Déduisez l'accélération  $\ddot{\theta}_v$  en fonction des mesures expérimentales.

Si vous commencez la séance de TP par la présente partie 2, demandez les valeurs trouvées par le groupe actuellement sur la partie expérimentale.

**Q5.** Appliquez le théorème mécanique de votre choix (PFD ou TEP) et écrivez la relation entre le couple de frottement  $C_{fs}$  et  $\ddot{\theta}_v$ .

**Q6.** Déduire le couple de frottement  $C_{fs}$ .

### Autres manières d'évaluer $C_{fs}$

**Q7.** Deuxième mesure du couple  $C_{fs}$  : utilisez un dynamomètre [0 à 10N]. Attention au « zéro » du dynamomètre. « Tirer » le vantail et déduire le couple de frottement.

**Q8.** Troisième mesure : utilisez l'acquisition du portail des capteurs de couples.

**Q9.** Comparez les trois valeurs et leur fiabilité.



**Fin de la partie 2 : permutation.**

**FIN DU SUJET**

## ANNEXE 1 : ACQUISITION DES MESURES SUR LE PORTAIL ABB

Vérifier que les boîtiers sont alimentés ☺ (bouton derrière la console « Mecacel »).

- Dans le dossier **Physique & Chimie** du bureau PC, ouvrir **Regressi**
- Cliquer sur Fichier → Nouveau... puis cliquer sur **GTS**

La fenêtre GTS s'ouvre

Par défaut on a souvent :

- les voies V1 et V2 actives.
  - Le graphe présente la voie 2 en fonction de la voie 1.
- Pour **activer les voies**, il suffit de cliquer dessus (en bas à droite de la fenêtre) puis activer. Notamment : les informations de position angulaire du vantail et du bras moteur sont sur les voies V1 et V2.
  - Choisir le calibre x6 : cocher la case.
  - Pour **modifier abscisse et ordonnée** du graphique, cliquer sur **Modes et options**. (voir figure ci-après)
  - En haut/droite écran : cliquer « mode et option temps »  
Définir le temps d'acquisition  
Le nombre de points de mesure (256 par exemple).
  - Pour lancer l'acquisition, cliquer sur l'icône « Acquisition ».

Une fois les mesures réalisées, Cliquer sur l'icône Regressi pour revenir à Regressi.

Vous pouvez alors enregistrer les mesures. Attention enregistrer au format TXT ou CSV pour le lire avec python.

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

**Conseil** : Il est préférable d'ouvrir le fichier avec Notepad++ puis de remplacer les « , » par des « . » avant de le traiter sous python

Pour retourner dans regressi

Cliquez pour changer abscisse et ordonnées

Cliquez sur les voies pour les activer ou les désactiver.

## REMARQUES

L'acquisition s'effectue sur une plage  $\pm 2,5V$  ... Regressi ne sait pas faire mieux. Si vous avez choisi le calibre x6, la plage est multipliée par 6.

L'acquisition ne permet que de visualiser une tension capteur. Il faut donc l'étalonner, c'est-à-dire déterminer son gain en  $V/^\circ$ . Facile : faites-le sur l'amplitude totale du vantail,  $90^\circ$ .

Pour les positions il y a cependant un gros décalage d'offset entre les deux potentiomètres car ils sont relatifs. Rien de bien méchant après traitement python.

Cela pose problème pour les couples qui ont un offset de  $-2V$  semble-t-il. Donc le relevé de couple n'est valable que durant la fermeture du portail.

ANNEXE 2 : DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES INERTIELLES D'UN SOLIDE AVEC SOLIDWORKS

Support de moteur équipé.SLDASM

Remplacer les propriétés de masse

Inclure les corps/composants

Créer la fonction Centre de masse

Afficher la masse du cordon de soudure

Indiquer les valeurs de coordonnées relatives à: -- par défaut --

Propriétés de masse de Support de moteur équipé  
Configuration: Défaut  
Système de coordonnées: -- par défaut --

Masse = 442.23 grammes

Volume = 158794.54 millimètres cubes

Superficie = 43978.85 millimètres carrés

Centre de gravité: ( millimètres )  
X = -1.98  
Y = 0.00  
Z = 0.00

Principaux axes et moments d'inertie: ( grammes \* millimètres carrés )  
Pris au centre de gravité.

$I_x = (1.00, 0.00, 0.00)$	$P_x = 124176.16$
$I_y = (0.00, 0.00, -1.00)$	$P_y = 765038.22$
$I_z = (0.00, 1.00, 0.00)$	$P_z = 767005.54$

Moments d'inertie: ( grammes \* millimètres carrés )  
Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

$L_{xx} = 124176.16$	$L_{xy} = 0.04$	$L_{xz} = 0.16$
$L_{yx} = 0.04$	$L_{yy} = 767005.54$	$L_{yz} = 0.10$
$L_{zx} = 0.16$	$L_{zy} = 0.10$	$L_{zz} = 765038.22$

Moments d'inertie: ( grammes \* millimètres carrés )  
Pris au système de coordonnées de sortie.

$I_{xx} = 124176.16$	$I_{xy} = 0.04$	$I_{xz} = 0.15$
$I_{yx} = 0.04$	$I_{yy} = 768747.80$	$I_{yz} = 0.10$
$I_{zx} = 0.15$	$I_{zy} = 0.10$	$I_{zz} = 766780.48$

opérateur principal d'inertie, exprimé dans la base principale d'inertie,  $(\vec{I}_x, \vec{I}_y, \vec{I}_z)$ , du solide.

base principale d'inertie,  $(\vec{I}_x, \vec{I}_y, \vec{I}_z)$ , du solide.

Centre et base du repère de construction  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  de la pièce ou de l'assemblage de pièces sous SW.

Opérateur d'inertie au centre d'inertie G, dans la base de construction  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  de la pièce sous SW.

Opérateur d'inertie exprimé en  $(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .