TP-CI3-03 – Corrigé
Panneau solaire

/30

1. Modèle simplifié : approche analytique

But - Définir un modèle très simplifié du panneau solaire pour en calculer les caractéristiques cinétiques.

Données à prendre en compte : taille de la plaque.

- **Proposer** et **justifier** une forme très simple du panneau permettant le calcul de ses caractéristiques d'inertie très facilement et rapidement. **Préciser** :

  - la dimension qui peut être négligée ;
  - les simplifications et approximations qui peuvent être faites.
  2 points

- **Proposer**, sur un croquis à main levée, la représentation en perspective de ce modèle simplifié du panneau solaire . **Porter** toutes les cotes nécessaires à sa définition. 2 points

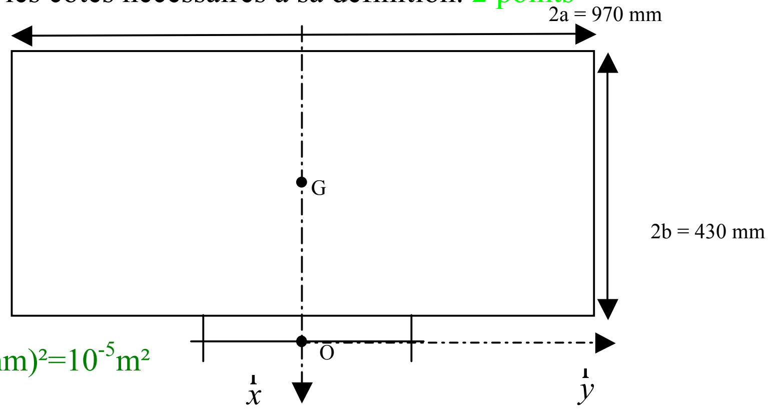


Schéma du panneau solaire
panneau 50W) :

On simplifie le panneau par une plaque de
Longueur 2b et largeur 2a.
On néglige les épaisseurs.

Justificatif : les grandeurs $(2b)^2=1m^2 >> (3mm)^2=10^{-5}m^2$
On néglige l'épaisseur.
Par le calcul

$$I_{(G,ps)} = \begin{bmatrix} \int (y^2+z^2)dm & 0 & 0 \\ 0 & \int (x^2+z^2)dm & 0 \\ 0 & 0 & \int (y^2+x^2)dm \end{bmatrix}_{R_2} = \begin{bmatrix} \dfrac{ma^2}{3} & 0 & 0 \\ 0 & \dfrac{mb^2}{3} & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{m(a^2+b^2)}{3} \end{bmatrix}_{R_2}$$

- **Charger** le fichier « panneau_solaire_act1.zip », puis le **décompacter** et **ouvrir** le fichier « Axe_elevation.SLDASM » avec SolidWorks.

- À l'aide de la fonction "Propriétés de masse", **relever** la valeur de la masse 'm'. 2 points

Masse du panneau solaire $m_{solidworks}$=6.4kg

- **Calculer** les éléments de la matrice d'inertie exprimée au point G dans le repère principal d'inertie en justifiant la nullité de certains termes. 4 points

Application numérique :

$$I_{(G,ps)} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0 & 0,6 \end{bmatrix}_{R_2}$$; Ixx=0.5kg.m² , Iyy=0.1kg.m² et Iyy=0.6kg.m².

2. Modèle affiné : approche informatique

But – Utiliser le modèle du panneau solaire prédéfini dans SolidWorks pour en extraire les caractéristiques cinétiques.

- A l'aide du fichier SolidWorks, **visualiser** les propriétés cinétiques du panneau solaire. On aura pris soin auparavant de régler les options sur les unités du système SI et avec un nombre suffisant de décimales.

On prendra 2 chiffres significatifs car c'est largement suffisant pour obtenir un ordre de grandeur: $I_{(G,ps)Solidworks} = \begin{bmatrix} 0,54 & 0 & 0 \\ 0 & 0,14 & 0 \\ 0 & 0 & 0,68 \end{bmatrix}_{R_2}$; valeur exprimé en Kg.m².

- **Imprimer**, ou **relever** sur feuille de copie, toutes les caractéristiques cinétiques relativement au système de coordonnées de sortie (base R_0). 2 points

- **Interpréter** et **justifier** ces caractéristiques. Pour cela, **positionner** correctement, sur le document 1, le centre de gravité G ainsi que la base principale d'inertie R telle qu'elle est définie dans SolidWorks. **Justifier** la forme de la matrice et la valeur relative des différents termes. 2 points

- **Comparer** les résultats obtenus avec ceux de la première activité. **Conclure** sur la pertinence du choix du modèle simplifié. 2 points

La présence des barres de liaisons change un peu les valeurs mais l'approximation est bonne.

3. Influence de la position du panneau solaire sur les caractéristiques cinétiques

Lorsque l'angle d'élévation change pendant le mouvement du panneau, les caractéristiques d'inertie de celui-ci changent. Dans le soucis de vérifier les performances de l'actionneur de l'axe d'azimut, il est important de connaître les variations de ces caractéristiques.

- En fonction de la figure ci-contre, **définir** le paramètre influant ainsi que les bases associées au sous-ensemble mobile. 2 points

Lorsque de l'angle α va varier, la position du centre de gravité G exprimé dans le repère lié à la base de l'azimut va vairé, donc les inerties exprimés dans ce repère aussi.

- En appliquant le théorème de Huyghens, **exprimer** la matrice d'inertie au point O_0 dans la base R_1 en fonction des dimensions et de l'angle α. 4 points

Rappel : théorème de Huygens.
Soit G le centre de gravité d'un solide S et O un point appartenant au solide S. Alors, $[I]_{O,S}=[I]_{G,S}+[I]_{OG}$

Soit : $[I]_{O,ps}=\begin{bmatrix} A & -F & -E \\ " & B & -D \\ " & " & C \end{bmatrix}_R+\begin{bmatrix} m(y_{OG}{}^2+z_{OG}{}^2) & -mx_{OG}y_{OG} & -mx_{OG}z_{OG} \\ " & m(x_{OG}{}^2+z_{OG}{}^2) & -my_{OG}z_{OG} \\ " & " & m(y_{OG}{}^2+x_{OG}{}^2) \end{bmatrix}_R$ ou x_{OG}, y_{OG}, z_{OG} sont les coordonnées du vecteur $\overrightarrow{OG}$ dans le repère d'expression des matrices R.

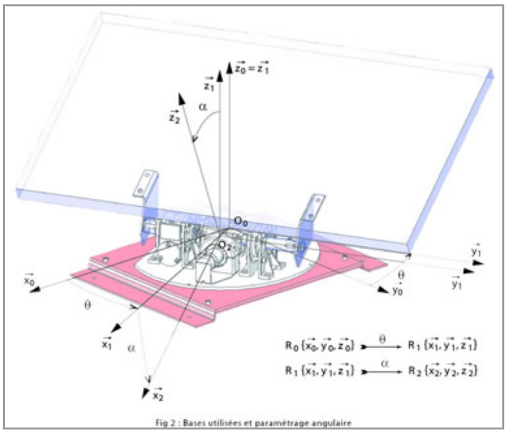


Fig 2 : Bases utilisées et paramétrage angulaire

Soit R_0 le repère lié au bâti, R_1 le repère tournant lié au socle, paramétré par l'angle q, angle d'azimut et le repère R_2, repère lié au panneau solaire. Le centre de ces repères, est O.

La matrice d'inertie du panneau solaire (noté ps) exprimé en G dans le repère R_2 s'écrit :

$$I_{(G,ps)}=\begin{bmatrix} \int(y^2+z^2)dm & 0 & 0 \\ 0 & \int(x^2+z^2)dm & 0 \\ 0 & 0 & \int(y^2+x^2)dm \end{bmatrix}_{R_2}=\begin{bmatrix} \frac{ma^2}{3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{mb^2}{3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{m(a^2+b^2)}{3} \end{bmatrix}_{R_2}$$

On souhaite appliquer le théorème de Huyghens dans le repère R_1 pour trouver la matrice d'inertie en O_0.

Avec $\overrightarrow{O_0G}=\overrightarrow{O_0O_2}+\overrightarrow{O_2G}=l\vec{x}_1-a\vec{x}_2$ avec $\vec{x}_2=\cos\alpha\vec{x}_1-\sin\alpha\vec{z}_1$.

Soit x_{OG}=l-acosα, $y_{OG}=0$ et $Z_{OG}=a\sin\alpha$.
Exprimons la matrice d'inertie simplifiée du panneau solaire ps en G dans la base R_1

$$I_{(G,ps_{/R_1})}=P_{12}^{-1}\begin{bmatrix} \frac{ma^2}{3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{mb^2}{3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{m(a^2+b^2)}{3} \end{bmatrix}_{R_2}P_{12}\text{, avec }P_{12}=\begin{bmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{bmatrix};P_{12}^{-1}=P_{12}^{T}$$

Soit :

$$I_{(G,ps_{/R_1})}=\begin{bmatrix} \frac{ma^2}{3}+\frac{mb^2}{3}\sin^2\alpha & 0 & -\frac{mb^2}{3}\sin\alpha\cos\alpha \\ 0 & \frac{mb^2}{3} & 0 \\ -\frac{mb^2}{3}\sin\alpha\cos\alpha & 0 & \frac{mb^2}{3}\sin^2\alpha+\frac{ma^2}{3} \end{bmatrix}_{R1}$$

$$[I]_{O_0,ps}=\begin{bmatrix} \frac{ma^2}{3}+\frac{mb^2}{3}\sin^2\alpha & 0 & -\frac{mb^2}{3}\sin\alpha\cos\alpha \\ 0 & \frac{mb^2}{3} & 0 \\ -\frac{mb^2}{3}\sin\alpha\cos\alpha & 0 & \frac{mb^2}{3}\sin^2\alpha+\frac{ma^2}{3} \end{bmatrix}_{R1}+\begin{bmatrix} mz_{OG}^2 & 0 & -mx_{OG}z_{OG} \\ 0 & m(x_{OG}^2+z_{OG}^2) & 0 \\ -mx_{OG}z_{OG} & 0 & mx_{OG}^2 \end{bmatrix}_{R_1}$$

Soit

$$[I]_{O_0,ps}=[I]_{O_0,ps}=\begin{bmatrix} \frac{ma^2}{3}+\frac{mb^2}{3}\sin^2\alpha+mz_{OG}^2 & 0 & -\frac{mb^2}{3}\sin\alpha\cos\alpha-mx_{OG}z_{OG} \\ 0 & \frac{mb^2}{3}+m(x_{OG}^2+z_{OG}^2) & 0 \\ -\frac{mb^2}{3}\sin\alpha\cos\alpha-mx_{OG}z_{OG} & 0 & \frac{mb^2}{3}\sin^2\alpha+\frac{ma^2}{3}+mx_{OG}^2 \end{bmatrix}_{R1}$$

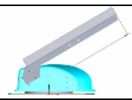
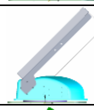
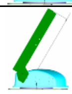
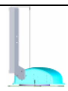
Suivant l'axe de rotation porté par Z_1, on trouve,

$$[I]_{O_0,ps}.\vec{z}_1=\begin{bmatrix} -\frac{mb^2}{3}\sin\alpha\cos\alpha-mx_{OG}z_{OG} \\ 0 \\ \frac{mb^2}{3}\sin^2\alpha+\frac{ma^2}{3}+mx_{OG}^2 \end{bmatrix}_{R1}$$

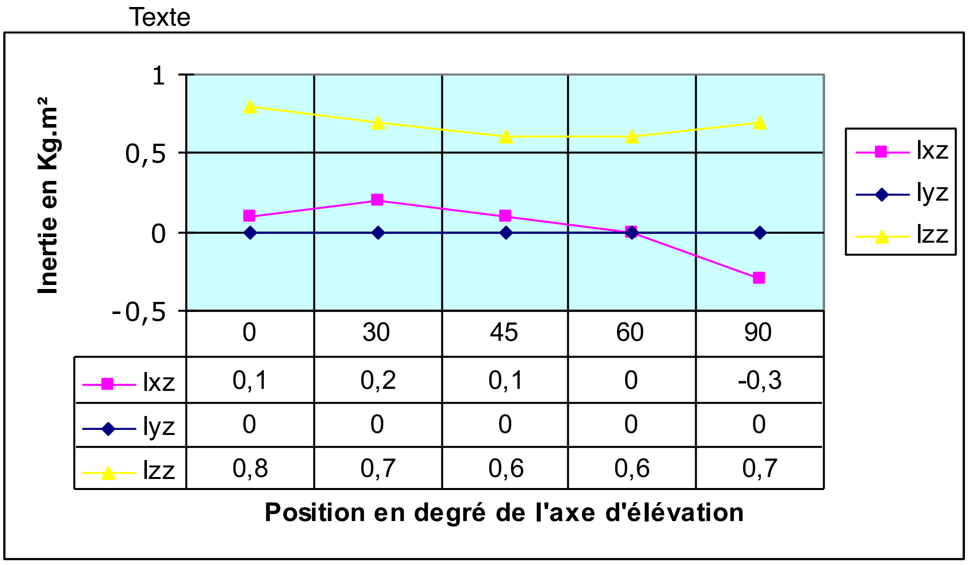
- **Charger** le fichier « pannneau_solaire_act3.zip » qui définit l'ensemble et **ouvrir** le fichier «Panneau_solaire_asservi.SLDASM» dans SolidWorks.

- En fonction de différentes positions du panneau solaire, **donner** l'expression de la matrice d'inertie du sous-ensemble panneau solaire au point d'origine (on prendra 0°, 30°, 45°, 60° et 90° comme différentes positions). 6 points

SolidWorks donne la matrice d'inertie du panneau solaire dans la base R_1.

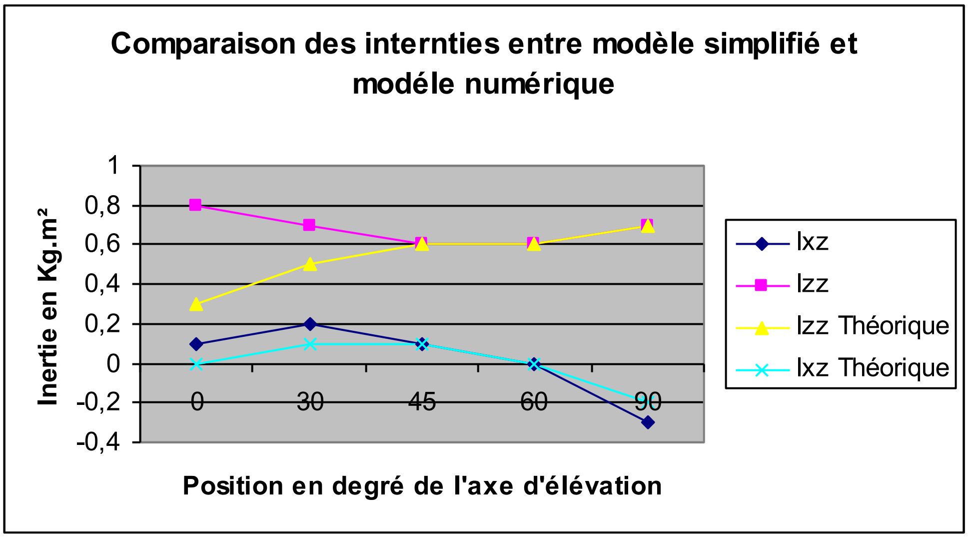
0	Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés) Pris au système de coordonnées de sortie. Ixx = 0.66 Ixy = -0.01 Ixz = 0.12 Iyx = -0.01 Iyy = 0.40 Iyz = -0.00 Izx = 0.12 Izy = -0.00 Izz = 0.82	
30	Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés) Pris au système de coordonnées de sortie. Ixx = 0.95 Ixy = -0.00 Ixz = 0.18 Iyx = -0.00 Iyy = 0.56 Iyz = -0.01 Izx = 0.18 Izy = -0.01 Izz = 0.69	
45	Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés) Pris au système de coordonnées de sortie. Ixx = 1.10 Ixy = -0.00 Ixz = 0.12 Iyx = -0.00 Iyy = 0.64 Iyz = -0.01 Izx = 0.12 Izy = -0.01 Izz = 0.62	
60	Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés) Pris au système de coordonnées de sortie. Ixx = 1.22 Ixy = -0.00 Ixz = 0.01 Iyx = -0.00 Iyy = 0.72 Iyz = -0.01 Izx = 0.01 Izy = -0.01 Izz = 0.58	
90	Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés) Pris au système de coordonnées de sortie. Ixx = 1.24 Ixy = 0.00 Ixz = -0.29 Iyx = 0.00 Iyy = 0.85 Iyz = -0.01 Izx = -0.29 Izy = -0.01 Izz = 0.69	

- **Tracer** la courbe représentative de l'évolution du moment d'inertie par rapport à l'axe d'azimut et **donner** un encadrement de ces valeurs. 2 points



	0	30	45	60	90
Ixz	0,1	0,2	0,1	0	-0,3
Iyz	0	0	0	0	0
Izz	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7

- **Comparer** ces caractéristiques avec celles des deux activités précédentes. **Conclusion** ? 2 points



Le modèle simplifié du panneau solaire ne prends pas en compte les barres ainsi que l'axe.

La simplification donne un bon ordre de grandeur des valeurs calculées avec le modèle numérique à l'exception de la position horizontale du panneau, c'est à dire là l'influence de l'axe et des barres sont les plus grandes.