SUJET N°7

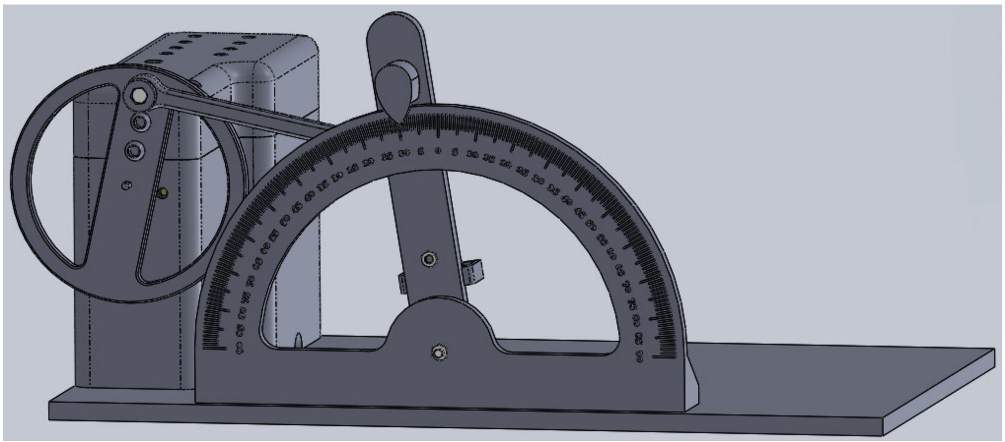
Capteurs de vitesse angulaire et d'accélération

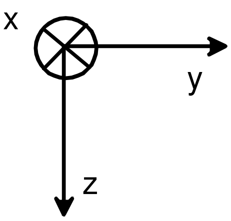
Gyroscope-Accéléromètre

Le but de ce TP est de mesurer la vitesse angulaire et les composantes radiale et tangentielle de l'accélération d'un système en rotation.

I. Présentation de la maquette

Le système est un pendule inversé sur lequel sont fixés l'accéléromètre et le gyroscope.
Le pendule peut être positionné manuellement ou être entrainé par un système bielle-manivelle qui impose des oscillations de fréquence réglable.



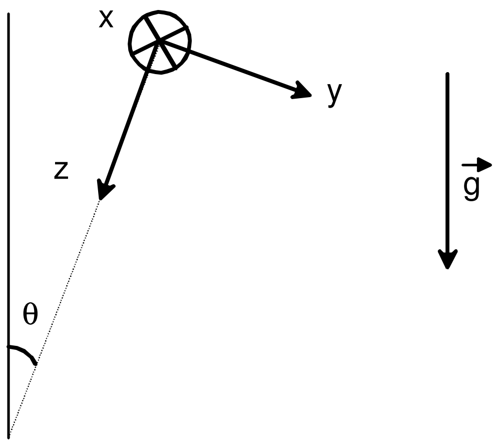


L'accéléromètre donne la valeur de l'accélération selon les axes y et z, le gyroscope donne la vitesse de rotation autour de l'axe x.

Accéléromètre ADXL335
Gyroscope ENC-03RC

2. Etude en statique

La position du pendule est imposée manuellement. On retirera pour cela la bielle.
L'accéléromètre est soumis uniquement à l'accélération de la pesanteur.



2.1. Exprimer les composantes g_z et g_y en fonction de g et de l'angle θ d'inclinaison du pendule.

2.2. Relever pour -90° < θ <+90° les valeurs de tension u_y et u_z délivrées par l'accéléromètre selon les axes y et z.

2.3. Tracer les courbes $u_y(\theta)$ et $u_z(\theta)$ et en déduire la sensibilité S_{ay} et S_{az} du capteur selon chacun des axes.

2.4. Quelles sont les valeurs u_{y0} et u_{z0} correspondant à une accélération nulle ?

2.5. Comparer les valeurs de u_{y0} , $u_{z0,}$ S_{ay} et S_{az} aux valeurs données par le constructeur.

2.6. Calculer l'erreur de linéarité pour chacun des 2 axes.

3. Etude en régime dynamique

Le pendule est entrainé par le système bielle-manivelle. La manivelle tourne à vitesse constante réglable par l'intermédiaire du potentiomètre.
Les tensions délivrées par les capteurs varient en fonction du temps. Les courbes $u_x(t)$, $u_y(t)$ et $u_z(t)$ sont relevées par l'intermédiaire d'une carte d'acquisition de données SC2075 pilotée par le logiciel LABVIEW.
Les capteurs sont soumis à des oscillations et le mouvement de ces capteurs est circulaire.
On rappelle que dans le cas d'un mouvement circulaire, les vecteurs vitesse et accélération en coordonnées cylindriques s'expriment par :

$$\vec{v} = R\frac{d\theta}{dt}\vec{y}$$

$$\vec{\gamma} = R\frac{d^2\theta}{dt^2}\vec{y} - R\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2\vec{z}$$

Le gyroscope délivre une tension u_x proportionnelle à $\frac{d\theta}{dt}$.
Les capteurs sont situés à une distance R = 17,2cm de l'axe de rotation du pendule.

3.1. Relever les positions extrêmes de θ notées θ_{min} et θ_{max} lorsque la bielle est reliée au moteur d'entrainement.
Le programme « grandeurs_mecaniques_gyro » permet de faire l'acquisition des courbes, de filtrer et d'enregistrer les résultats dans un fichier txt.

- Configurer l'acquisition de données avec les paramètres suivants :
  - Fréquence d'échantillonnage 100Hz

- Nombre d'échantillons 500
- Filtre passe-bas, ordre 3, fréquence de coupure basse 10Hz

3.2. Relever les courbes $u_x(t)$, $u_y(t)$ et $u_z(t)$ pour la fréquence de rotation maximale.
3.3. Faire pivoter la maquette avec précaution, pour que les oscillations du pendule soient dans un plan horizontal. Relever à nouveau les courbes $u_x(t)$, $u_y(t)$ et $u_z(t)$ pour la même fréquence de rotation.

3.4. Détermination de la sensibilité S_g du gyroscope.

Déterminer, par intégration numérique de $u_x(t) = k.\frac{d\theta}{dt}$, la courbe $\theta(t)$. Choisir la constante d'intégration et le coefficient k de telle sorte que les valeurs extrêmes de θ correspondent à θ_{min} et θ_{max} En déduire la sensibilité S_g du gyroscope. Comparer à la valeur constructeur.

Tracer la courbe $\frac{d\theta}{dt}(t)$ en $rad.s^{-1}$.

3.5. Composantes de l'accélération
A partir de $u_y(t)$ et $u_z(t)$ et en utilisant les valeurs de u_{y0} , u_{z0}, S_{ay} et S_{az} obtenues dans la 1ère partie, tracer les courbes donnant les composantes $g_y(t)$ et $g_z(t)$ exprimées en $m.s^{-2}$ dans les 2 cas, pendule vertical et horizontal.

3.6. Exploitation des résultats.

Par dérivation numérique de $\frac{d\theta}{dt}$, calculer puis tracer $R\frac{d^2\theta}{dt^2}$ en $m.s^{-2}$.

Calculer puis tracer $-R\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2$ en $m.s^{-2}$.

Après avoir calculé $g.\cos\theta$ et $g.\sin\theta$, justifier les courbes obtenues.

Annexe Intégration et dérivation numériques

Intégration numérique

Une courbe x(t) est définie par une suite de points x_0, x_1,….x_N correspondant à des échantillons réguliers distants de T_e , période d'échantillonnage.

La suite de points y_N correspondant à la courbe $y(t) = \int x(t)dt$ est donnée par la relation de récurrence : $y_N = y_{N-1} + x_N.T_e$

Dérivation numérique

Une courbe x(t) est définie par une suite de points x_0, x_1,….x_N correspondant à des échantillons réguliers distants de T_e , période d'échantillonnage.

La suite de points y_N correspondant à la courbe $y(t) = \frac{dx}{dt}$ est donnée par la relation de récurrence : $y_N = \frac{x_{N+1} - x_N}{T_e}$