

TP M1 : Utilisation d'un accéléromètre

Objectifs

L'objectif de ce TP est d'obtenir des informations sur l'accélération subie par un objet en rotation au moyen d'un accéléromètre. On utilisera ici comme objet une voiture capstone et le capteur sera l'accéléromètre que cette voiture comporte. À l'issue du TP, il s'agira de mettre en oeuvre des capacités nouvelles ou déjà évoquées au cours de l'année comme :

- ★ *Mettre en œuvre un accéléromètre ; mesurer une accélération.*
- ★ *Proposer un protocole expérimentale permettant d'étudier une loi de force.*
- ★ *Choisir de façon cohérente la fréquence d'échantillonnage et la durée totale d'une acquisition.*
- ★ *Vérifier une loi physique ou validité un modèle.*

I. Présentation du matériel

Le matériel utilisé pour ce TP est, par poste élève :

- ☐ un ordinateur muni de *Latis Pro*, de *Regressi*, et de *PASCO Capstone*.
- ☐ une voiture *Capstone* rouge ou bleue et son banc ;
- ☐ un capteur de force, accéléromètre *Capstone* (blanc) ;
- ☐ un dongle bluetooth installé sur l'ordinateur ;
- ☐ deux ressorts pour accrocher la voiture sur un banc et un ressort vertical ;
- ☐ un support avec noix et pinces permettant d'accrocher un ressort ;
- ☐ un chronomètre.

Le matériel commun pour ce TP est :

- ☐ deux tourne-disques dont on peut faire varier la vitesse de rotation ;
- ☐ une balance

⚠ Ne jamais faire rouler la voiture sur un autre support que le banc : cela abîme les roues et les roulements. Ne jamais disposer la voiture sur les roues sur une table, elle pourrait rouler et tomber au sol. Penser à bien éteindre la voiture pendant l'exploitation des données pour éviter que la batterie ne s'épuise trop vite.

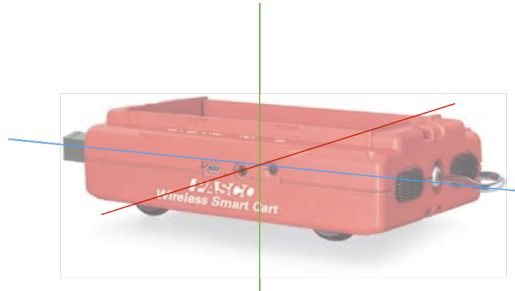
II. Connexion de l'accéléromètre

- ☞ Lancer le logiciel PASCO Capstone (voir fiche en annexe)
- ☞ Vérifier que la voiture est bien connectée dans l'onglet « *Interface Réglage* » (à gauche)
- ☞ Si cela n'est pas le cas, il faut la connecter.

III. Prise en main et vérification

- ☞ Poser la voiture sur le banc et faire un enregistrement statique de quelques secondes.
- ☞ Tracer les accélérations selon chacun des axes en fonction du temps.
- ☞ Décrire les courbes obtenues.

- En déduire la grandeur mesurée par la voiture (position, vitesse, accélération, force, ...) ainsi que son unité.
- À l'aide des tracés précédents et/ou des tableaux des valeurs obtenues, déterminer la précision que l'on peut attendre des mesures effectuées à l'aide des accéléromètres de la voiture.
- En répétant la prise de mesure précédente pour différentes orientations de la voiture, déterminer les directions et les orientations des axes X, Y, Z par rapport à la voiture.
- Reproduire grossièrement et compléter la figure ci-dessous avec le nom et l'orientation des axes :



IV. Accéléromètre sur un plateau tournant

L'accéléromètre de la voiture est suffisamment petit pour être considéré comme ponctuel. Cette partie a pour but de :

- ★ vérifier que le mouvement d'un point d'un solide en rotation uniforme autour d'un axe fixe est un mouvement circulaire et uniforme dont le centre est situé sur l'axe de rotation ;
- ★ déterminer où est placé l'accéléromètre ① de la voiture.

1. Prises de mesures

- À l'aide des sangles, fixer la voiture, les roues vers le bas, sur le tourne disque. **Attention : si elle est mal fixée, la voiture peut être projetée et abîmée si elle tombe.**
- Mesurer la distance d séparant le centre de la voiture ① de l'axe de rotation du tourne disque aussi précisément que possible.
- Lancer le tourne disque, attendre que sa vitesse de rotation se stabilise et faire une acquisition de quelques secondes.
- Sauvegarder le fichier de mesure sous un nom qui permet de deviner la vitesse de rotation utilisée pour cet essai.
- Recommencer les deux étapes précédentes pour différentes vitesses angulaires.
- Pour une vitesse angulaire donnée, déterminer le nombre de tour par minute effectué par le tourne disque (on pourra se servir du chronomètre).

2. Dépouillement des données

- Vérifier que l'accélération selon la verticale est quasiment identique lors des différentes prises de mesures. À quoi correspond-elle ?
- Déterminer l'accélération moyenne selon les autres axes $a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{z}^2}$ pour chacune des vitesses de rotation. On pourra utiliser l'accélération résultante a_r : $a = \sqrt{a_r^2 - \ddot{y}^2}$. Dans l'onglet *Calculatrice* à gauche, taper $a = \text{rcn}(\text{car}([\text{Accélération} - \text{résultante (m/s}^2\text{)}, \text{▼}]^2 - [\text{Accélération} - \text{y, (m/s}^2\text{)}, \text{▼}]^2)$
- Dresser un tableau faisant apparaître les données a et ω relevées, ainsi que leurs incertitudes.

- ✎ À l'aide d'un tableur de votre choix, convertir ces grandeurs et les incertitudes associées en unité du système international.
- ✎ Rappeler l'expression de l'accélération d'un point M d'un solide en rotation autour d'un axe fixe Δ en fonction de la vitesse angulaire ω de la rotation du solide autour de Δ et de la distance r séparant M de Δ .
- ✎ À l'aide d'une régression linéaire bien choisie, vérifier que l'accélération a mesurée est bien de la forme voulue et déterminer la distance r séparant l'accéléromètre de l'axe de rotation du tourne disque.
- ✎ Comparer d et r . Conclure.

V. Saut à l'élastique

Lorsque l'accéléromètre est en translation, il suffit de déterminer le mouvement d'un de ses points pour déterminer entièrement son mouvement. Cette partie a pour but de :

- ★ mesurer le mouvement de l'accéléromètre placé dans le capteur de force/accéléromètre blanc ③ lors d'un « saut à l'élastique » (on remplacera l'élastique par un ressort) ;
 - ★ déterminer s'il s'agit d'un mouvement harmonique ;
 - ★ déterminer une loi de force à partir d'une accélération.
- ☞ Réaliser un montage mécanique permettant de réaliser un saut à l'élastique. Le capteur de force/accéléromètre est fragile, il faut donc bien l'accrocher à l'aide du crochet métallique. Par ailleurs, il faut vérifier que sa position d'équilibre est loin du sol et disposer un morceau de mousse ou de papier bulle à sa verticale pour éviter qu'il n'aille toucher directement le sol en cas de problème. Vérifier également qu'il ne risque pas d'aller se fracasser sous la table lors de sa remontée.
- ☞ Lâcher le dispositif sans vitesse initiale d'un point différent de la position d'équilibre, puis lancer l'acquisition pendant quelques minutes.
- ✎ En supposant le mouvement parfaitement harmonique, déterminer la raideur du ressort.
 - ✎ Lorsque l'on observe de nombreuses oscillations, quel est le phénomène observé ?

Dans le cadre d'un modèle harmonique amorti par des frottements linéaires, on rappelle que les oscillations du mobile sont de la forme :

$$x(t) = A(t) \cos(\omega t + \varphi),$$

où la pulsation ω des oscillations est proche de la pulsation propre ω_0 lorsque le système est peu amorti. Par ailleurs, l'amplitude des oscillations diminue au cours du temps avec une loi de la forme :

$$A(t) = A_0 \exp(-\omega_0 \xi t)$$

où $\xi = \frac{1}{2Q}$ est le facteur d'amortissement du mobile et Q son facteur de qualité.

- ✎ En mesurant l'évolution de l'amplitude des oscillations, déterminer le facteur d'amortissement et le facteur de qualité de cet oscillateur.

VI. Ce qu'il faut retenir

Effectuer sur votre cahier de laboratoire un bilan de TP résumant :

- ★ les propriétés physiques qui ont été mises en évidence,.
- ★ les lois physiques qui ont été démontrées ou utilisées,
- ★ les nouvelles fonctions des différents appareils auxquelles vous avez fait appel. Pour ces dernières, préciser leur rôle et les moyens de les activer.