

TP n°8 – Etude des oscillations du pendule

Objectifs :

- Observations des oscillations harmoniques aux petits angles :
 - isochronisme, mesure champ de pesanteur
 - conversion d'énergie E_c , E_p
 - portrait de phase
- Oscillations aux grands angles, anharmonicité

1. Petites oscillations du pendule

1.1. Dispositif expérimental

- Pendule associé à un moteur à courant continu utilisé en génératrice : la tension générée est proportionnelle à la vitesse angulaire du pendule : $u(t) = \alpha \times \dot{\theta}(t)$, le coefficient de proportionnalité α étant inconnu.
- Acquisition sur LatisPro

1.2. Principe de la manipulation et mesures

On étudie les petites oscillations du pendule (amplitude de quelques degrés)

- Faire une acquisition sur LatisPro, de manière à visualiser 5 périodes au moins.
- Primitiver le signal pour obtenir $\theta(t)$, grâce aux fonctionnalités de LatisPro.
 - LatisPro fixe la constante d'intégration de manière arbitraire ; son critère : il fixe la primitive nulle à l'origine des temps
 - on observe généralement une « dérive » du signal primitivé
 - si cette dérive est importante, m'appeler pour que je vous aide à régler ce pb
- En modélisant le signal avec LatisPro, vérifier qu'il est bien sinusoïdal.
- Mesurer la période T_0 des oscillations. Peut-on négliger les frottements sur la durée d'acquisition (donner un critère justifiant votre réponse) ?
- Tracer le portrait de phase de l'oscillateur $(\theta, \frac{\dot{\theta}}{\omega_0})$. A-t-il la forme attendue (d'après le cours) ?

1.3. Interprétation des mesures : mesure du champ de pesanteur

Le pendule utilisé en TP possède plusieurs points communs avec le pendule simple étudié en cours. Mais la masse est ici répartie sur toute la longueur de la barre, et le système étudié n'est donc pas assimilable à un point matériel. Il faut utiliser une notion de mécanique du solide (programme de spé) : le moment d'inertie. En appliquant le TMC à la barre par rapport au point d'attache, on trouve l'EDiff suivante (admis) :

$$\ddot{\theta} + \frac{3g}{2L}\theta = 0$$

- Grâce à l'équation différentielle ci-dessus, en déduire une mesure de l'accélération g du champ de pesanteur à partir de la pulsation propre de l'oscillateur. Le résultat est-il conforme à la valeur attendue ?

1.4. Effets des frottements

- Acquérir le signal sur une durée plus longue, permettant de mettre en évidence la diminution de l'amplitude des oscillations.
- Les petites oscillations sont-elles isochrones ?
- L'évolution de l'amplitude est-elle exponentielle ?
 - Si oui, mesurer le décrétement logarithmique
 - Si non, quel ingrédient physique du traitement théorique effectué en cours faut-il remettre en question ?

1.5. Visualisation des échanges d'énergie

Il est ici nécessaire de mesurer le coefficient α permettant de relier ce que l'on traite expérimentalement (des tensions) aux grandeurs considérées théoriquement (grandeurs angulaires). Il faut aussi connaître la valeur de la constante d'intégration fixée par LatisPro lors du calcul de $\theta(t)$. *Donc ne traiter cette question qu'à la toute fin, si le temps le permet ; faire le 2. d'abord. On essaiera de faire l'étude énergétique en estimant les ordres de grandeurs de ces deux paramètres, avant de se lancer dans un processus de mesure plus précis mais plus long (utilisation caméra pour mesurer les grandeurs mécaniques).*

- Quelle est l'expression de l'énergie cinétique en fonction des grandeurs mesurées ?
- Quelle est l'expression de l'énergie potentielle en fonction des grandeurs mesurées ?
- En superposant E_m , E_c et E_p sur LatisPro : vérifier que l'énergie mécanique se conserve, et qu'il y a périodiquement conversion d'énergie cinétique en énergie potentielle et inversement. Mesurer la période de ces conversions d'énergie.

2. Grandes oscillations du pendule

- Faire un enregistrement aux grands angles, sur une longue durée.
- Vérifier que les grandes oscillations :
 - ne sont pas sinusoïdales
 - ne sont pas isochrones (période dépend de l'amplitude)