

LP 24. Mesures et Contrôle

Niveau: L1

Prerequis

- * PFD
- * Le pendule simple (equations et periode)
- * Signal analogique / numerique

Bibliographie

Experience: • Le pendule simple: mesure de g

Introduction Pédagogie

- * Ce cours se place au niveau L1 car il est essentiel pour l'élève, en effet dans toute leur carrière de scientifique ils auront besoin de faire des mesures et d'avoir un esprit critique sur elle.
- * On aura néanmoins besoin que l'élève ait un minimum de notions scientifiques pour pouvoir développer les mesures sur un exemple
 - ↳ On prendra dans ce cours l'exemple du pendule simple, il faudra que l'élève soit familier avec
- * Au lycée les élèves ont déjà fait de mesures sur certains systèmes, et on déjà été introduits aux incertitudes
- * Dans ce cours on ira un peu plus loin, on fera toute la démarche scientifique, depuis l'identification du problème à la validation du résultat.
- * La grande difficulté de ce cours sera de comprendre qu'il ne faut pas prendre par acquis une valeur qu'on obtient, car elle peut être fautive, et comprendre l'origine de ces erreurs
- * Pour accéder à la compréhension on prendra des exemples que les élèves maîtrisent ainsi que des illustrations pertinentes
- * Afin de bien différencier les incertitudes de type A et de type B, on détaillera la méthode pour les deux types et on comparera les deux méthodes
- * TD sur l'évaluation des incertitudes
- * TP sur de nouvelles méthodes de mesure et sur les incertitudes
 - ↳ étalonnage, régression linéaire
- * Etude de cas sur l'importance des incertitudes.

Introduction

- * Afin de pouvoir étudier un phénomène ou obtenir des valeurs pour certaines grandeurs, il faut faire des mesures sur le syst que l'on étudie
- * Par pouvoir étudier le système, il va falloir convertir des grandeurs physiques en signal exploitable, c'est le but de la mesure
- * Pour ça on va se servir de certains outils que l'on appelle des capteurs
- * Aujourd'hui on va mettre en œuvre une méthode de mesure pour obtenir la valeur de l'accélération de la pesanteur g

objectif : Comprendre le principe d'une mesure et la nécessité de contrôler ses valeurs

Question : Comment faut-il avoir des données exploitables ?

I. Du mesurande au signal

- * Qu'est ce que c'est un mesurande ?
- * Mesurande: c'est une grandeur physique, objet de la mesure
- * Mesure: ensemble des opérations expérimentales permettant l'attribution d'une valeur numérique à la mesurande.
- * C'est peut être un peu obscur par le moment, on va voir sur un système réel pour expliciter ces termes

A. Détection d'une grandeur physique

- * Dans ce cours on cherche à mesurer g le champ de pesanteur, mais on n'a pas d'appareils pour le mesurer directement.
- * On va donc faire une mesure indirecte en mesurant l'effet de g sur un système.
- * g a un effet sur tout les objets qui ont une masse. Donc sur vous, moi, ce pendule.

* Dessin pendule

- * Un PFD nous donne $\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \theta = 0$, déjà fait en mécanique.

↳ on a un oscillateur harmonique de période $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

- * Si on arrive à avoir la période, connaissant L on pourra trouver g
- * Par avoir la période on pourra utiliser un chronomètre, pour mesurer directement la période, mais est ce une méthode très précise ?
- * Si on peut mesurer la position du pendule on pourrait trouver la période !
- * Ici: mesurande: angle θ
mesure: une valeur de tension que je vais chercher à avoir sur mon oscilloscope

Transition: Comment peut-on faire pour obtenir une grandeur utilisable à partir d'un angle ?

B. Choix d'un appareil de mesure

* Pour faire la mesure de la grandeur physique, on a besoin de la convertir en une autre grandeur exploitable par notre ordinateur.

* On va se servir de capteurs, en fonction de ce qu'on veut mesurer il existe différents types de capteurs, avec leurs caractéristiques.

* Mais un capteur qu'est-ce que c'est ?

↳ Dispositif qui, soumis à l'action d'une mesure non électrique produit un signal électrique.

* Pour mesurer directement la période notre capteur c'est l'œil, mais on pourrait aussi le faire avec une caméra. 

* Pour la mesure de l'angle on a un capteur potentiométrique

↳ En fonction de l'angle, il y a une résistance qui varie, et donc une tension

↳ On mesure donc $U = f(\theta)$

↳ il convertit bien la mesure (θ) en un signal électrique

* Maintenant il faut pouvoir remonter à la valeur de l'angle grâce au signal

↳ Si j'ai 2V, ça fait 10° , 15° ?

* Pour ça on procède à un étalonnage du capteur

↳ on mesure U pour plusieurs angles et on trace une courbe d'étalonnage.

↳ Par notre capteur on trouve. 

* Ce qui peut déterminer notre choix ici c'est les valeurs d'angle que peut renvoyer le capteur

↳ Si on veut mesurer 30° et qu'il s'arrête à 20° : c'est pas bon

* Ici le capteur est analogique, mais s'il est numérique la précision aussi peut être un aspect important

Transition : Maintenant que je sais comment avoir un signal je devrais pouvoir faire la mesure de la grandeur que je cherche.

II - Détermination de g

* On va déterminer g de deux façons différentes

* Avec un chronomètre : je lance le pendule, je compte 10 périodes, et je peux déterminer T

↳ 10 périodes car si je fais une erreur elle sera moins importante que par 1 T

↳ 1 sec par 10 sec c'est moins grave que 1 sec par 1 sec

* Faire une mesure



↳ On trouve 10 T = s $\Rightarrow$ T = s

↳ Ainsi $g = 4\pi^2 \cdot \frac{L}{T^2} =$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2} = g$

* Avec la mesure de l'angle : on obtient un signal sinusoïdal

* Faire une mesure



↳ On trouve 10 T = s $\Rightarrow$ T = s

↳ Ainsi $g = 4\pi^2 \cdot \frac{L}{T^2} =$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2} = g$

Transition : On ne trouve pas les mêmes valeurs et pas la valeur théorique attendue

↳ On n'a pas pris en compte les erreurs sur la mesure

III - Contrôle de la mesure



A - Les incertitudes

- * Quand on fait une mesure, il est possible de ne pas obtenir le bon résultat par beaucoup de raisons, on regroupe les erreurs en deux grands types
- * Les erreurs systématiques: on peut faire la mesure aussi proprement qu'on veut on ne trouve pas la bonne valeur,
 - ↳ une erreur systématique c'est une erreur qui demeure constante, par exemple un capteur qui donne une mauvaise valeur, une règle mal graduée
- * Les erreurs aléatoires: des erreurs qui varient de façon imprévisibles
 - ↳ moment où on déclenche le chrono, parfois trop tôt, parfois trop tard

Projection

- * On parlera d'une mesure, juste si il n'y a pas d'erreurs systématiques
} fiable si il y a peu d'erreurs aléatoires
- ⇒ On cherche à avoir une mesure juste et fiable, mais il faut quand même pouvoir quantifier les erreurs

Transition: Comment fait-on pour évaluer les erreurs?

- ↳ On définit 2 types d'incertitudes.

B - Les incertitudes de type A

* On peut faire des incertitudes de type A quand on a un grand nombre de valeurs

↳ il s'agit d'un traitement statistique

* Projection tableau mesure au chronomètre  n-1 car 1 faut au 2 valeurs

* Il faut calculer la moyenne et l'écart type σ_{n-1} (proje)

↳ l'incertitude type vaut : $u = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$: ⊕ on a de mesure ⊖ on a d'incertitudes

* Ensuite on multiplie par le facteur de Student par avoir l'incertitude élargie (proje)

↳ ça donne un intervalle de confiance

* Pour notre mesure on obtient : $g = (\quad \pm \quad) \text{ m.s}^{-2}$.

Transition : Mais si on ne peut faire qu'une seule mesure ?

C - Incertitude de type B

* Si on a une seule mesure, il faut évaluer l'erreur qu'on fait à chaque étape de la mesure

* Dans notre cas on fait un erreur sur la mesure de la longueur du pendule

- Il y a une erreur sur la lecture, (du zéro et de la longueur)

- Il y a une erreur sur la détermination de la position de G et de l'axe.

⇒ Il faut évaluer ce qui est le plus important, ici c'est la position des endroits où on mesure.

↳ Par la lecture on prend la graduation soit $1.0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$

↳ Par la position on se trompe d'en cm.

* Il y a aussi erreur sur la valeur de la période

- Il faudrait regarder les incertitudes par le capteur, par le convertisseur

- Mais ici on gardera surtout la lecture de la période

↳ on lit $10T =$ s et on a une incertitude de s

* La formule ensuite est : $g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$

$$\Rightarrow \Delta g = g \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + 2\left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2} = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

⇒ on multiplie par 2 pour avoir l'intervalle de confiance

* On peut aussi utiliser des logiciels pour les calculs

↳ Présentation GON NC ⊕ permet avoir les facteurs importants pour améliorer

Conclusion : Pour faire une mesure d'une grandeur physique, on utilise des capteurs, il en existe de toute sorte, il faut bien les choisir en fonction de leurs caractéristiques

↳ Puis surtout il faut évaluer l'incertitude sur nos résultats et trouver le facteur prépondérant pour améliorer la mesure.