

LP 20 : Acquisition et traitement de données

Eléments imposés : incertitudes, capteurs, critère de Shannon

Niveau : L1 (BCPST 1)

Pré-requis : - Etude du pendule simple (ou pesant) (L1)

- Calculs d'incertitudes (type A et B) (L1) (déjà vu au lycée mais la on a besoin que ce soit maîtrisé)
- Signal analogique et numérique : Echantillonnage (Secondaire)
- Signaux physique : période, fréquence (L1)
- Principe de décomposition d'un signal sinusoïdal en série de Fourier (L1)

Biblio : - Les Capteurs en instrumentation industrielle, G. Ash et coll, Dunod

- Traitement des signaux et acquisition de données, F.Cottet, Dunod
- Physique expérimentale, Fruchart, De Boeck
- Capteurs - Principes de constitution, Y. Parmentier, F. Kratz, Techniques de l'ingénieur

Intro péda :

Leçon essentielle à tout élève qui veut poursuivre dans l'étude de la physique ou même pour qu'ils aient un sens critique sur ce qu'il font, comment ils le font, pourquoi et quelles sont les limites/validités de leurs mesures.

En effet, dans cette leçon on va leur présenter des concepts fondamentaux de la physique expérimentales comme la mesure (qu'ils ont déjà vu ou fait mais sans forcément trop se poser de questions)

Ainsi, on va leur apprendre le cheminement à effectuer lors de la mesure, les accompagner dans la démarche et les aider à prendre du recul.

Obj : - Comprendre comment passer d'une grandeur physique à un signal quantifiable

- Mettre en œuvre des processus permettant d'extraire une information et en vérifier sa validité

Difficultés : - les élèves doivent bien comprendre que lorsqu'ils ont un résultat, ce n'est pas une vérité absolue, il faut toujours prendre du recul → on comparera 2 méthodes dans la mesure de g et on verra ainsi que par les 2 méthodes on n'a pas exactement les mêmes résultats (ni le résultat théorique attendu mais avec les incertitudes ça reste cohérent)

- la notion d'échantillonnage peut être assez abstraite pour les élèves → on leur montrera en direct quel peut être l'impact d'un mauvais échantillonnage.

Choix péda : on va axer toute la leçon sur la mesure de g via la mesure de la période d'un pendule ce qui va permettre de montrer en direct les aspects théoriques que l'on présente.

TD : étude de données prises par entreprise par exemple et discuter de ces données (leur validité, comment elles ont pu être obtenues...)

TP : les élèves pourront refaire la même démarche pour calcul d'autres grandeurs physiques (comme la raideur d'un ressort) ou de g par d'autres méthodes (ex chute libre avec pointage vidéo)

Intro :

La physique → étudier son environnement pour cela il faut collecter des infos à son propos. Cette collecte d'info se fait à travers la mesure où on attribue une quantité définie à une grandeur et l'accumulation de ces quantités constitue un ensemble de données.

Il y a deux phases quand on prend des infos sur l'environnement : (voir SLIDE)

- **Acquisition** : obtention d'un signal identifiable par un récepteur

- **Traitement** : Processus permettant d'extraire des informations à partir des données brutes

Puis toujours avoir un regard critique sur sa mesure → vérification de la validité de la mesure

Ici, on prendra comme exemple tout au long de la leçon la mesure de l'accélération de pesanteur g .

I) Du mesurande au signal

Qu'est ce qu'une mesurande ?

Mesurande : (Ash) La grandeur physique objet de la mesure.

Mesure : (Ash) Ensemble des opérations expérimentales permettant l'attribution d'une valeur numérique au mesurande.

Lorsqu'on fait un mesurage par voie électronique, par ex des acquisitions numériques, il est nécessaire de produire, à partir du mesurande, une grandeur électrique → Détecter via un capteur.

A) Détection d'une grandeur physique

On veut mesurer g , mais il n'existe pas d'appareil pour mesurer directement g . On va donc mesurer quelque chose qui est affectée par g → mesure indirecte. Mais qu'est ce qui est affecté par g ?

Pendule (SLIDE schéma + équations)

Dans un précédent chapitre, il a été vu que si on appliquait le TMC au pendule, on peut déterminer son équation du mouvement.

Dans l'approximation des petits angles, on retrouve l'équation d'un oscillateur harmonique de période :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mgl}{J}} \quad \text{ou si pendule simple} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

En mesurant T , on peut remonter à g .

Mais ici quel est le mesurande ?

Mesurande : angle ;

Mesure : attribution à chaque instant un signal correspondant aux variations de g . Par ex : mesure d'une ddp.

Comment ? Utilisation d'un capteur.

Capteur : (Ash) Dispositif qui soumis à l'action d'une mesurande m , non électrique produit un signal électrique réponse s , tel que $s = f(m)$.

http://v.durieux1.free.fr/cours/mpi/MPI_2001%20ressource%20eduscol/c0exre3xf.htm

Ici : capteur potentiométrique (SLIDE schéma (Ash p329)) : capteur constitué d'une résistance fixe R_0 sur laquelle on peut déplacer un contact électrique : le curseur. Le curseur est solidaire mécaniquement au pendule. La valeur de R entre le curseur et le pied du pendule est fonction de Θ :

$$R(\theta) = \frac{\theta}{\theta_0} R_0$$

Transiton : On va convertir un signal mécanique en signal électrique. Mais sous quelle forme l'info est récupéré ?

B) Réponse du capteur : le signal

1. Types de signaux

(def à écrire au tableau)

Signal : Grandeur physique contenant l'information par opposition au bruit.

Signal continu : Réponse produite par le capteur est continue dans le temps. Ex : ici à chaque position du pendule correspond une ddp. Le signal électrique représente de manière fidèle la mesurande.

Signal discontinu : Signal produit par le capteur est discontinu dans le temps. Ex : capteur de présence, ou œil.

Exp : C'est ce qu'on va faire en mesurant la période d'oscillation à l'aide d'un chronomètre. Mesurande : T ; mesurage : chronomètre 10T.

https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_fr.html

https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/seconde/pendule_simple_periode_qcm.htm

Dans tous les cas, on a $s = f(m)$. Si on veut remonter à m, il faut connaître f et donc étalonner.

2. Étalonnage

(SLIDE Shéma étalonnage, Ash)

$$R(\theta) = \frac{\theta}{\theta_0} R_0$$

ddp proportionnelle à R, elle même proportionnelle à Θ . Il faudrait déterminer la facteur de proportionnalité si on voulait remonter à Θ .

Ici on veut T, donc pas besoin d'étalonner.

Transition : Dans les deux cas, on a une mesurande et un mesurage. On sait associer à la grandeur physique un signal. Comment traiter le signal pour avoir la grandeur qui nous intéresse ?

II) Du signal à l'information

Pour accéder à l'info, il nous faut plusieurs points de mesure. Si on prend le cas de la mesure de T par capteur de mouvement : les infos seront stockées par un logiciel sous forme binaire. Et dans le cas continu ? Il faut faire pareil et essayer de décomposer le signal en série de points.

A) Échantillonnage

Montrer les paramètres que l'on peut changer sur Latispro : N et T_e .

Nombre de points : Latispro fonctionne avec une carte analogique 12 bits, cela signifie qu'on a $2^{12} = 4096$ valeurs possibles et donc sur un calibre ± 5 V, l'écart maximal entre de valeur de

tension est $\Delta E = \frac{2 \cdot 5}{2^{12}} = 2,4 mV$. Prendre N pas trop grand mais pas trop petit.

T_e , période d'échantillonnage : le temps s'écoulant entre 2 prises de points. Assez court pour pas manquer de l'info mais pas trop.

Critère de Shanon : $T_e < T/2$ Montrer sur schéma et sur Latispro.

<http://miv.u-strasbg.fr/mazet/animations/aliasing.html#:~:text=Le%20th%C3%A9or%C3%A8me%20de%20l%C3%A9chantillonnage,fbmax%20du%20signal%20analogique.>

Transition : Comment le signal arrive dans l'ordi, maintenant comment extraire la donnée ?

B) Exploitation des données

Mesure de T avec Latispro (Point : 3000, $T_e = 5$ ms) et chronomètre (10 T).

Avec Latispro :

- soit directement avec curseur

- soit TF

On remonte à g (cf tableur).

Transition : On a effectuer les mesures que l'on voulait faire mais il faut garder un regard critique sur ces mesures et quantifier leur validité.

C) Validité de la mesure

Nécessité d'estimer les incertitudes.

Sources d'incertitude :

$g = f(T, l)$ (et m et J si pendule pesant)

Cas type B, capteur potentiométrique : (SLIDE + Tableur) :

$$\frac{u_g}{g} = \sqrt{4\left(\frac{u_T}{T}\right)^2 + \left(\frac{u_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{u_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{u_J}{J}\right)^2}$$

Cas type A, chronomètre : (SLIDE + Tableur) Incertitude de type A sur la période :

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (T_i - T_{moy})^2} \quad u_{T,A} = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

Conclusion :

SLIDE Rappel de ce qu'on a fait et des phases importantes pour acquérir un signal.

L'acquisition d'une mesure sera d'une grande utilité pendant toute votre formation scientifique.

Nécessité de savoir manipuler les outils numériques et comprendre les différents paramètres rentrant en jeu.

Ouverture : possibilité que l'élève refasse la mesure en TP afin qu'il mette en pratique ce qu'il a vu en cours et qu'il refasse de lui même toute la démarche.

Remarques :

- On mesure 10T pour baisser les incertitudes relatives (incertitudes absolues restent les mêmes)
- En vrai, on mesure pseudo-période mais on néglige les frottements (peut être le préciser lors de la présentation du pendule si on est prête à en discuter pendant les questions après)
- Période peut dépendre de l'angle initial par la relation de Bordas