

LP 20 – Acquisition et traitement de données

Manon LECONTE - ENS de Lyon

Dernière mise à jour : 7 juillet 2020

Merci à Lucile Bridou et Arthur Lasbleiz pour leur précieuse aide.

Mots-clé : acquisition de données, mesure indirecte, capteur, échantillonnage, calibre, théorème de Shannon, traitement de données, étalonnage.

Niveau : PCSI

Pré-requis :

- Etude du pendule pesant [PCSI]
- Relation entre période et fréquence [secondaire]
- Signal analogique et numérique [secondaire]
- Principe de décomposition d'une signal sinusoïdal en série de Fourier [PCSI]
- Mesure et erreurs [PCSI]
- Calculs d'incertitudes (types A et B) [PCSI]

Bibliographie :

- Taillet, *Dictionnaire de physique* [Niveau : *]
- Bellier, *Physique expérimentale aux concours de l'enseignement : Optique, mécaniques, fluides, transferts thermiques*, éd. 3 [Niveau : **]
- Asch, *Acquisition de données : Du capteur à l'ordinateur*, éd. 3 [Niveau : ***]
- Notice du pendule, ENS de Lyon

Plan proposé

I - Acquisition des oscillations du pendule	2
A/ Une mesure indirecte	2
B/ Echantillonnage	3
II - Traitement du signal périodique	3
A/ Etalonnage du capteur	3
B/ Exploitation des données	4
C/ Validité de la mesure	4

Liste de matériel

Détermination du champ de pesanteur à l'aide d'un pendule simple

- pendule simple relié à un capteur potentiométrique ;
- carte d'acquisition Sysam ;
- ordinateur avec le logiciel Latis Pro.

Introduction pédagogique

Ce cours est essentiel dans l'enseignement de la physique. Il présente des concepts fondamentaux pour la physique expérimentale. On décrit les différentes étapes mises en œuvre pour le mesurage. Il se trouve à mi-chemin entre le cours magistral et le TP.

On utilise comme fil conducteur la mesure du champ de pesanteur g , car il s'agit d'une mesure connue depuis le secondaire.

Difficultés :

- comprendre l'influence du calibre, de la période d'échantillonnage et du nombre de point sur l'allure du signal mesuré ;
- déterminer toutes les sources d'erreur sur la mesure.

Introduction

En physique expérimentale, on est amené à acquérir des signaux et à les traiter afin de réaliser une mesure. Finalement, il est indispensable de vérifier la validité des résultats, notamment en calculant les incertitudes associées à la mesure.

Objectifs – Décrire les différentes étapes lors de l'acquisition et le traitement d'un signal.

Déterminer le bon nombre de points ou la bonne fréquence d'échantillonnage pour l'acquisition d'un signal.

I - Acquisition des oscillations du pendule

A/ Une mesure indirecte

Dans ce cours, on cherche à déterminer la valeur du champ de pesanteur g à partir des oscillations d'un pendule. On sait que la période T du pendule s'exprime dans l'approximation des petits angles (inférieurs à 20°) :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

On cherche donc à déterminer la période du pendule. Pour cela, on peut utiliser un capteur potentiométrique qui convertit l'angle que fait le pendule avec la verticale en une tension (voir figure 14 du *TI R401*).

Définition – Capteur : dispositif convertissant une grandeur physique sous une autre forme, ce qui fournit un signal véhiculant de l'information.

On peut ainsi visualiser à l'aide d'une carte d'acquisition des oscillations de tension, qui correspondent aux oscillations du pendule, sur l'ordinateur.

B/ Echantillonnage

Bien que le signal affiché sur l'ordinateur semble correspondre exactement aux oscillations du pendule, le signal est en fait discrétisé, tant en ordonnées (en tension) qu'en abscisses (temporellement) par la carte d'acquisition.

Pour réaliser la mesure, il faut entrer dans le logiciel Latispro un certain nombre de paramètres :

- **nombre de points N ou période d'échantillonnage T_e** : décrivent la quantification temporelle du signal. Ils sont reliés par la relation $N = \frac{T}{T_e}$, où T est la durée de l'acquisition.

Définition – Théorème de Shannon : la période d'échantillonnage d'un signal doit être inférieure à la moitié de la période du signal : $T_e < \frac{T}{2}$, de sorte à ce qu'il y ait au moins deux points par période.

Si T_e est trop grande, le signal n'apparaît plus sinusoïdal et sa période peut être modifiée car il n'y a pas assez de points pris sur une période.

Script Python – Influence de la fréquence d'échantillonnage sur le signal acquis par la carte d'acquisition.

- **calibre** : noté $-x/+x$ V, il indique la quantification en tensions du signal. La carte analogique est codée en 12 bits : elle ne peut représenter que 2^{12} valeurs. Les niveaux de tension affichés sont donc espacés de :

$$\Delta u = 2 \times \frac{x}{2^{12}} \quad (2)$$

Si on prend un calibre $-5/+5$ V, on a $\Delta u = 2,4$ mV. Ainsi, un calibre est adapté à un signal si ce dernier varie en crête-à-crête proche de la valeur affichée, sans la dépasser.

Script Python – Influence du calibre sur le signal acquis par la carte d'acquisition (figure 1).

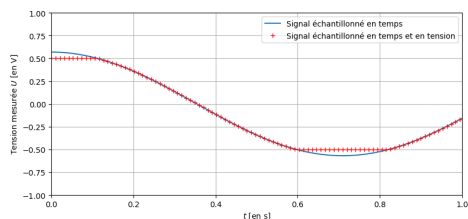
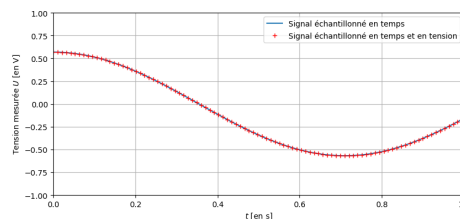
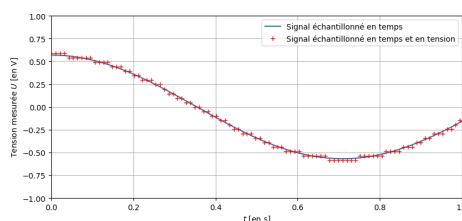
On sait comment calibrer le signal pour avoir un bon échantillonnage. Comment le traiter maintenant ?

II - Traitement du signal périodique

A/ Etalonnage du capteur

La tension lue sur l'écran de l'ordinateur doit être proportionnelle à l'angle du pendule. Afin de vérifier la validité de cette relation, on trace une droite d'étalonnage $U = f(\theta)$.

On peut ensuite déduire de la courbe $U = f(t)$ une courbe $\theta = f(t)$, bien que ce ne soit pas nécessaire ici pour déterminer une valeur du champ de pesanteur.

Calibre trop petit (-0,5/+0,5 V).**Bon calibre (-1/+1 V).****Calibre trop grand (-100/+100 V).****Figure 1** – Influence du calibre sur l'allure du signal obtenu par la carte d'acquisition.

B/ Exploitation des données

Il reste désormais à lire la période du signal sur le graphique tracé. Pour cela, on lit la durée d'un grand nombre de périodes (environ 10) pour diminuer les incertitudes sur la lecture.

On peut également diminuer l'incertitude sur la lecture en choisissant comme début de période l'intersection avec l'axe des abscisses plutôt que les *extrema* du signal.

C/ Validité de la mesure

Pour valider la mesure qui vient d'être prise, il faut estimer ses incertitudes. Puisqu'on ne réalise qu'une seule mesure, on calcule des incertitudes de type B.

On fait l'inventaire des différentes sources d'erreur :

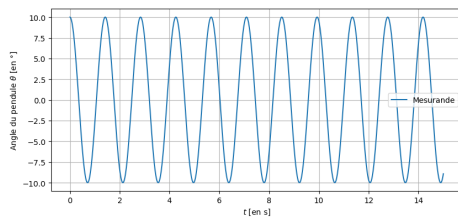
- lecture à l'aide du curseur. On peut supposer une répartition triangulaire sur la largeur du tracé. Il faut considérer deux fois cette incertitude car on utilise deux fois le curseur, puis la diviser par le nombre d'oscillations mesurées car l'incertitude se répartit équitablement sur les différentes oscillations ;
- lecture de la longueur du fil du pendule. On a de même une répartition triangulaire entre deux graduations de la règle utilisée ;
- mesure de la masse. On lit dans la notice de la balance l'incertitude-type à considérer.

Conclusion

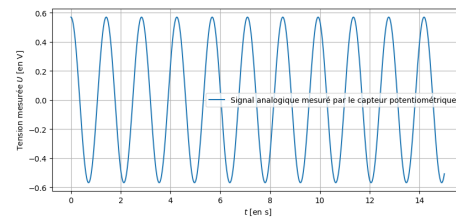
Lorsque l'on réalise une mesure avec un capteur, il faut avoir conscience qu'il y a un certain nombre d'intermédiaires entre le mesurande et les données obtenues (voir la figure 1.1 du Asch (p. 3)). Le cheminement intellectuel et expérimental présenté dans

ce cours sera revu tout au long de l'année en TP.

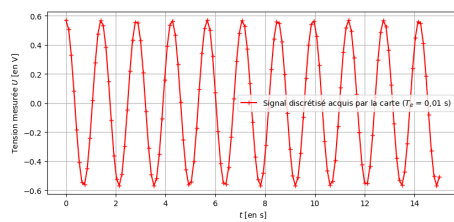
1



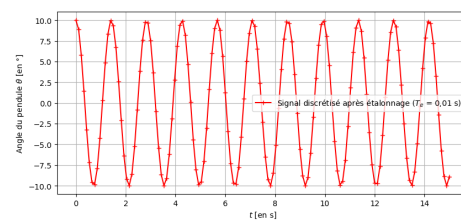
2



3



4



Il existe d'autres manières de traiter un signal que l'on pourra voir dans des TP plus spécifiques, par exemple le filtrage pour la modulation de fréquences.