Devoir Libre de Physique- Chimie n°3

Méthode : Comment chercher un D.L. ?

- Commencer à chercher le DL le plus tôt possible. Ne pas essayer de tout faire en une fois : étaler votre travail sur la semaine.
- Chercher avec le chapitre et les exercices du TD ouverts sous les yeux.
- Chercher en ***groupe***.
- En cas de blocage, poser des questions, à la fin d'un cours ou par mail : yann.apertet@gmail.com
- La réponse à un problème de physique doit contenir :
  - des schémas grands, clairs et complets ;
  - des phrases qui expliquent votre raisonnement ;
  - les ***calculs littéraux***, avec uniquement les grandeurs littérales définies par l'énoncé (ou par vous-même si elles ne le sont pas par l'énoncé) ;
  - les applications numériques avec un nombre adapté de chiffres significatifs et une unité.

Après avoir récupéré votre copie et le corrigé :

- ***Reprendre*** votre copie avec le corrigé afin de comprendre vos erreurs, ***lire les conseils donnés***, . . .
- Refaire le DL (si besoin) avant le DS suivant.

Exercice 1 : Chute libre d'un parachutiste

Fin juillet 2016, Luke Aikins a sauté d'un avion sans parachute ni wingsuit, d'une altitude de 7,6 km. Sa chute a duré deux minutes. Il a atteint la vitesse maximale de 193 km/h.

Il s'est réceptionné dans un filet de 30 m sur 30 m à 61 m du sol. Nous nous proposons d'étudier cette chute.

Compte tenu de la vitesse, les forces de frottements sont du type $\boldsymbol{f} = \boldsymbol{k}.\boldsymbol{v}^2$, avec $\boldsymbol{k}$ un coefficient et $\boldsymbol{v}$ la norme de la vitesse. On prendra pour l'intensité de la pesanteur $\boldsymbol{g} = 10\ \mathrm{m.s^{-2}}$. La masse de Luke Aikins est de 100 kg. On prend un axe z dirigé vers le bas, dont l'origine est au niveau du départ du saut.

Q1. Établir l'équation du mouvement portant sur la position $z(t)$ de Luke et celle sur sa vitesse $v(t)$. On fera un schéma.

Q2. En déduire l'expression de la vitesse limite $\boldsymbol{v_l}$ atteinte par Luke, en fonction des autres paramètres.

Q3. En déduire la valeur numérique du coefficient de frottement $\boldsymbol{k}$. On prendra garde à l'unité de $\boldsymbol{k}$.

On souhaite savoir au bout de combien de temps la vitesse limite est atteinte, et également au bout de quelle hauteur de chute.

Q4. Il faut pour cela résoudre l'équation différentielle établie à la question 1. Est-elle linéaire ? Connaissez-vous une méthode simple de résolution analytique ?

Dans ce cas, une possibilité est d'utiliser une résolution numérique. La solution à cette équation différentielle peut être estimée à l'aide de la méthode d'Euler grâce à un algorithme écrit en Python. Vous trouverez un tel programme sur le cahier de prépa (dossier DS & DL).

Q5. Compléter le script en utilisant le TD « méthode d'Euler ». Recopier sur votre copie la lignes 27 après l'avoir complétée.

Q6. En adaptant le script python à cet exercice, estimer le temps nécessaire pour atteindre 95% de la vitesse limite. Au bout de quelle hauteur de chute cela a-t-il lieu ?

Exercice 2 : Course au 6ème étage

Aminata et Bérénice sont au rez-de-chaussée et désirent aller au 6ème étage.
Aminata prend l'ascenseur dont la loi de vitesse est donnée ci-dessous en figure 1.
Bérénice utilise l'escalier hélicoïdal extérieur (ci-dessous également) : elle reste constamment à une distance R = 0,5 m de l'axe de symétrie vertical de l'escalier tout au long de l'ascension. Elle monte les escaliers à vitesse constante V_B. Il y a N = 6 tours d'escalier pour accéder au 6ème étage.

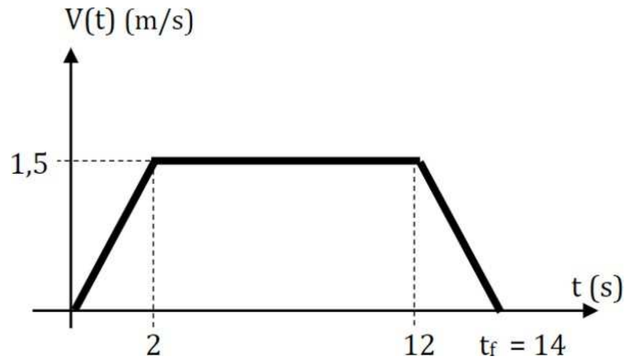


FIGURE 1 : *À gauche :* Profil de vitesse d'Aminata.
À droite : Escalier hélicoïdal emprunté par Bérénice.

Elles partent toutes deux en même temps et arrivent en même temps.

Q1. Caractériser les différentes phases de mouvement d'Aminata.

Q2. Montrer à partir du graphique $V = f(t)$ que le 6ème étage se situe à une hauteur $H =$ 18 m.

Q3. Que vaut alors la vitesse moyenne V_A d'Aminata ?

Q4. Donner l'expression du vecteur vitesse $\overrightarrow{v_B}$ de Bérénice dans le repère cylindrique d'axe commun à l'escalier et dont l'origine des altitudes est prise au pied de l'escalier. En déduire l'expression du vecteur accélération $\overrightarrow{a_B}$ dans ce repère. Pourquoi ce repère est-il pertinent pour décrire le mouvement de Bérénice ?

Supposons que $\frac{dz}{dt}(t)$ et $\frac{d\theta}{dt}(t)$ sont des constantes, où $z(t)$ est l'altitude de Bérénice dans le repère cylindrique et θ l'angle de repérage de la position de Bérénice dans ce repère.

Q5. Montrer alors que l'accélération de Bérénice est radiale.

Q6. Quel est l'angle entre les vecteurs vitesse et accélération de Bérénice ? Est-ce cohérent dans l'hypothèse d'un mouvement uniforme ?

Q7. Déterminer enfin l'expression de la vitesse V_B de Bérénice en fonction de H, R, N et t_f. On pourra ici chercher à exprimer $\frac{dz}{dt}(t)$ et $\frac{d\theta}{dt}(t)$ en fonction des données.

Q8. Comparer numériquement les deux vitesses V_A et V_B. Le résultat obtenu est-il logique ?

Exercice 3 : Accordeur de guitare (d'après TSI Centrale 2019)

Nous allons étudier quelques aspects d'un accordeur de guitare. La problématique est la suivante.

- La guitare comporte six cordes : Mi grave, La, Ré, Sol, Si, Mi aigu.
- Les fréquences fondamentales théoriques de vibration de ces cordes, notées f_{ac} sont données dans le tableau 1.
- On souhaite accorder une corde légèrement désaccordée : on notera f_{co} la fréquence fondamentale de vibration de la corde en question.

Corde	Fréquence (f_{ac})
Mi grave	82,4 Hz
La	110,0 Hz
Ré	146,8 Hz
Sol	196 Hz
Si	246,9 Hz
Mi aigu	329,6 Hz

Tableau 1 Fréquences fondamentales de vibration des cordes de guitare

A – Le signal

La figure 2 montre un exemple de signal électrique à la sortie du micro d'une guitare électrique

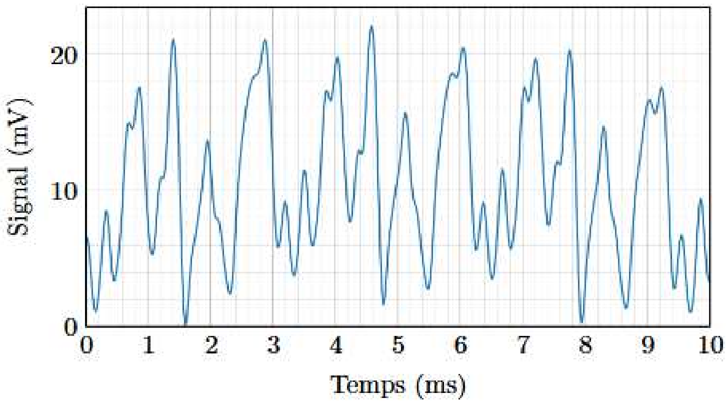


Figure 2 Signal de la guitare

Q1. Donner une valeur approchée de la valeur moyenne de ce signal.

Q2. Donner une estimation de la valeur de la fréquence de ce signal (on peut supposer qu'en première approximation le signal est périodique).

Q3. De quelle corde de guitare s'agit-il ?

Q4. L'analyse spectrale de ce signal fera-t-elle apparaitre des harmoniques ? Justifier.

B – Filtrage du premier ordre

Le son émis par la guitare est acquis par le micro de l'accordeur et transformé en le signal électrique u_e. Il est ensuite envoyé sur le filtre ci-dessous (filtre (F_a)).

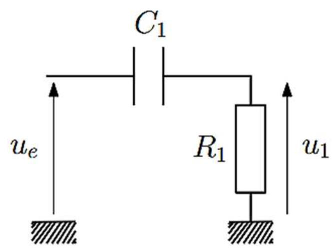


Figure 3 Filtre (F_a)

Q5. Déterminer sans calcul la nature de ce filtre.

Q6. En supposant l'entrée sinusoïdale, définir et exprimer la fonction de transfert $H_1(j\omega)$ de ce filtre en fonction de R_1, C_1 et de la pulsation ω du signal.

Q7. De quel type de filtre s'agit-il ? Faire apparaître une pulsation caractéristique ω_1 en fonction de R_1 et C_1 et préciser sa signification.

Q8. Tracer l'allure du diagramme de Bode asymptotique.

Q9. On a choisi R_1 = 100 kΩ et C_1 = 100 nF. Calculer la fréquence de coupure f_1 à −3 dB de ce filtre. Au vu de l'allure du signal de la figure 2, quel est le rôle de ce premier filtre ?

C – Extraction du fondamental

Une fois ce premier traitement effectué, le signal u_1 passe dans un filtre très sélectif permettant de sélectionner sa fréquence fondamentale f_{co}. Cette fréquence est a priori voisine de celle de la fréquence fondamentale théorique de vibration de la corde sélectionnée sur l'accordeur f_{ac} (on suppose que la corde est légèrement désaccordée). On suppose pour la suite que c'est la corde Mi aiguë que l'on souhaite accorder. Le principe du filtre (F_b) est que sa fréquence caractéristique soit réglée par le signal de référence de fréquence f_{ac}.

La figure 4 ci-dessous représente le diagramme de Bode relatif au gain du filtre (F_b) tracé à deux échelles différentes.

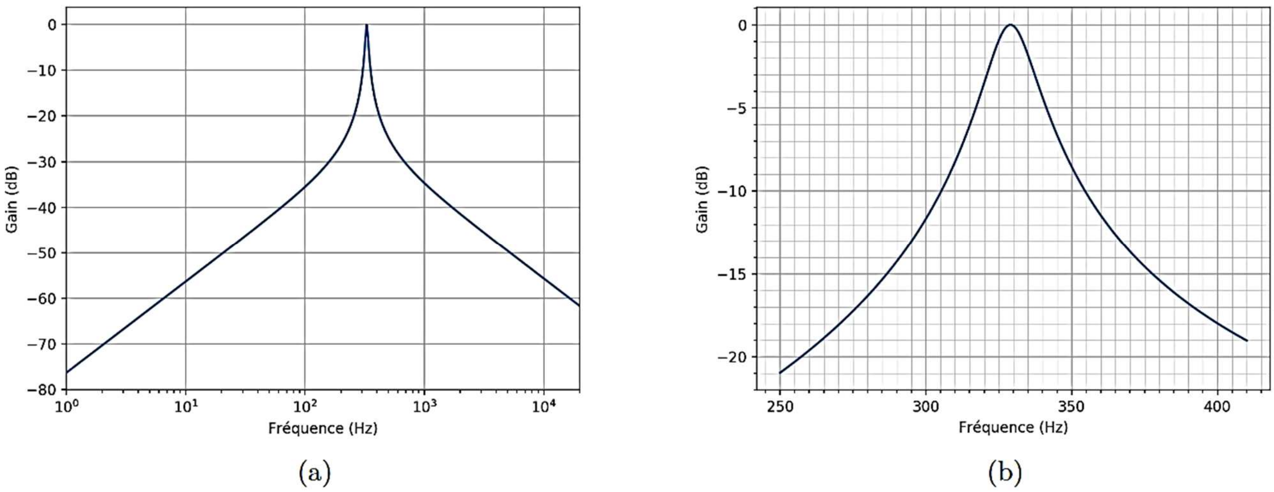


Figure 4 - Diagramme de Bode en gain du filtre (F_b)

Q10. Dire en le justifiant rapidement, de quel type de filtre il s'agit. Quelle est sa fréquence centrale caractéristique ?

Q11. Donner une estimation de sa bande-passante à −3 dB après l'avoir définie.

Q12. Si la corde est désaccordée à f_{co} = 315 Hz, estimer, en le justifiant, de quel facteur est atténuée sa composante spectrale fondamentale en sortie de ce filtre. Même question pour le 3$^{\text{ème}}$ harmonique (à la fréquence $3f_{co}$).

D – Analyse spectrale

La figure 5 correspond au spectre du signal d'entrée u_e représenté sur la figure 2.

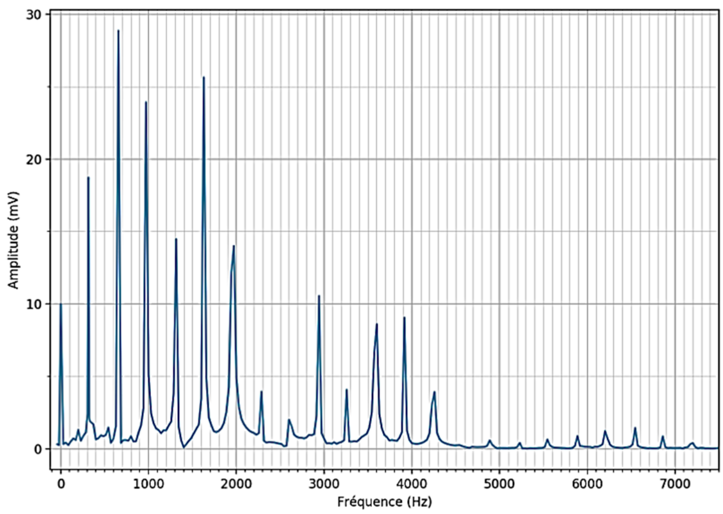


Figure 5 - Spectre du signal d'entrée

Q13. Justifier qu'il est parfaitement cohérent qu'il s'agisse du spectre du signal de la figure 2.

Q14. En le justifiant soigneusement, dire quel spectre de la figure 6 correspond à la sortie du premier filtre (F_a).

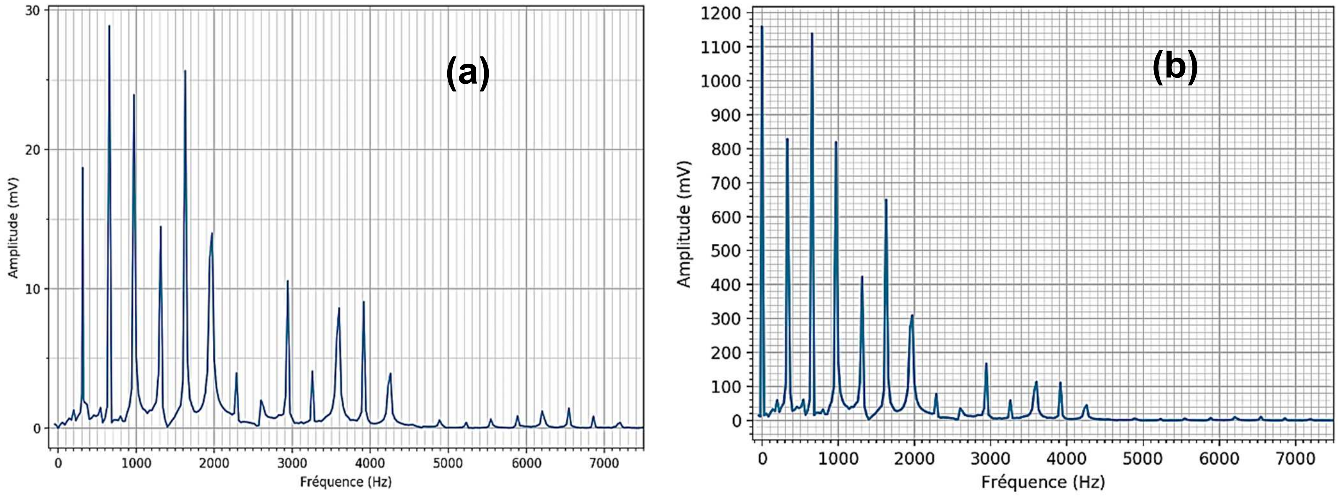
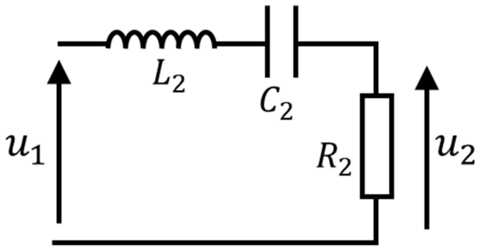


Figure 6 - Spectres

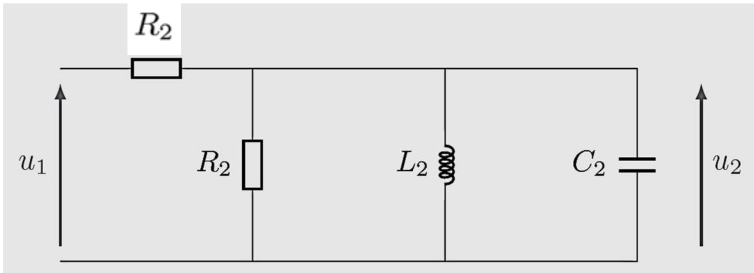
Q15. Tracer l'allure du spectre du signal en sortie du filtre (F_b). Tracer l'allure du signal (temporel) correspondant. On précisera les approximations faites.

E – Réalisation concrète du filtre

Le filtre sélectif (F_b) peut être réalisé grâce aux circuits ci-dessous. Répondre aux questions Q16 à Q20 pour **un seul d'entre eux** (circuit de droite si vous êtes à l'aise).



Circuit RLC série (cours)



Circuit RLC un peu plus complexe

Q16. Montrer que la fonction de transfert de ce filtre se met sous la forme :

$$\underline{H_2}(\omega) = \frac{H_0}{1 + j.Q.\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

ω_0 est choisie de façon à être égale $2\pi.f_{ac}$.

Q17. Donner les équations des deux asymptotes (hautes fréquences et basses fréquences) du gain en décibels et de la phase de ce filtre. Préciser les valeurs de G_{dB} et φ pour $\omega = \omega_0$. Vérifier la cohérence avec la figure 4.

Q18. Grâce à la figure 4, retrouver graphiquement la valeur du facteur de qualité $Q = 18$.

Q19. Supposons R_2 connue. Quelle est l'expression de L_2 et de C_2 pour que ce filtre joue son rôle ?

Q20. On donne R_2 = 1,0 kΩ. Quelles sont les valeurs numériques de L_2 et de C_2 ?