➤ DS no4

Samedi 18 janvier 2014

I Arsenic et composés

Dans la colonne du tableau de classification périodique comprenant l'azote, on trouve également le phosphore P, l'arsenic As et l'antimoine Sb.

Données : ${}_{7}N$, ${}_{15}P$, ${}_{33}As$ et ${}_{51}Sb$.

1) Écrire la structure électronique complète de chacun des atomes correspondant.

2) À quelle colonne et à quel bloc du tableau périodique ces éléments appartiennent-ils ?

3) L'arsenic peut donner deux bromures : $AsBr_3$ et $AsBr_5$.

Représenter, selon Lewis, la formule de chacun d'eux. Peut-on obtenir les mêmes bromures avec l'azote et le phosphore ? Justifier.

4) Le brome (Br) appartient à quelle famille chimique ? Citer et ranger quatre élements de cette famille par ordre d'électronégativité croissante.

5) L'arsenic est susceptible de donner des ions arsénite AsO_3^{3-} et arséniate AsO_4^{3-}. Donner une représentation de Lewis de chacun de ces ions, sachant que chacun des atomes d'oxygène n'est lié qu'à l'atome d'arsenic.

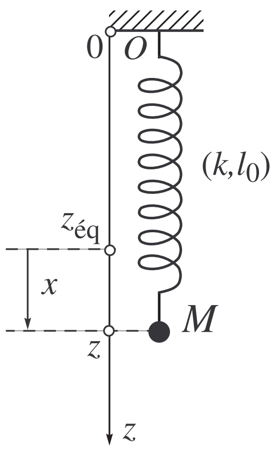
II Oscillateur mécanique

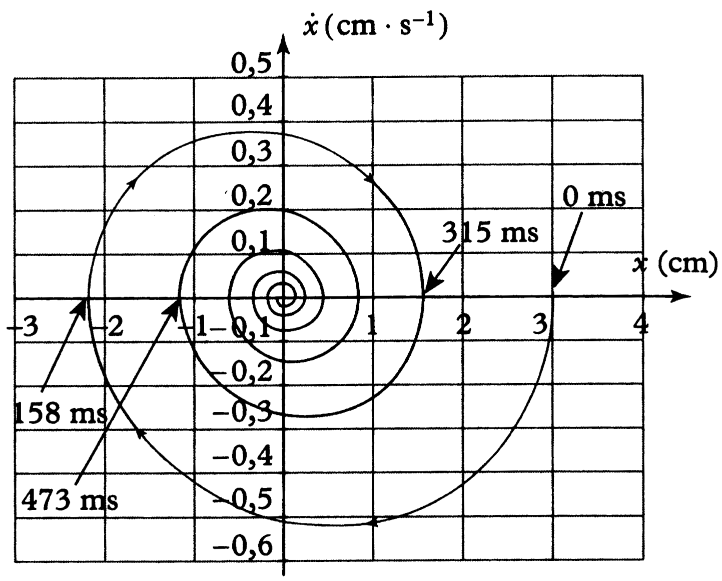
Une masse $m = 500\ g$ est attachée à un ressort de raideur k et de longueur à vide l_0 fixé au point O.

En plus de son poids et de la force élastique du ressort, la masse est soumise à une force de frottement fluide $\overrightarrow{F} = -\lambda\overrightarrow{v}$.

L'étude est réalisée dans le référentiel du laboratoire, supposé galiléen.

Un capteur fournit l'évolution de l'abscisse $x(t)$ de la masse par rapport à sa position d'équilibre au cours du temps. On peut en déduire le portrait de phase ci-dessous :





1) Établir l'équation d'évolution de l'abscisse $z(t)$ de la masse. Quelle est la position d'équilibre $z_{éq}$?

2) Déduire de **1)** que l'équation satisfaite par $x(t) = z(t) - z_{éq}$ est de la forme :

$$\ddot{x} + \frac{\omega_0}{Q}\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

Exprimer la pulsation propre ω_0 et le facteur de qualité Q en fonction des données du problème.

3) En considérant le portrait de phase, déterminer la nature du régime de l'oscillateur.

4) Établir alors la pseudo-période T en fonction de $T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_0}$ et de Q.

5) Montrer que le décrément logarithmique δ défini par $\delta = \ln \dfrac{x(t)}{x(t+T)}$ est indépendant du temps et l'exprimer en fonction du facteur de qualité.

6) Déterminer par lecture graphique :

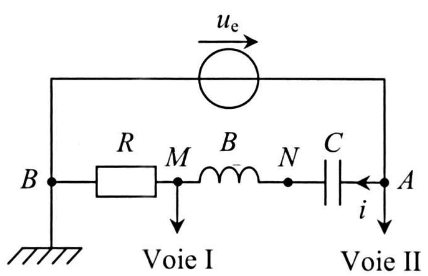
- la valeur initiale de la position x_0 ;
- la valeur finale de la position x_f ;
- la pseudo-période T_a ;
- le décrément logarithmique.

7) Tracer l'allure de la courbe $x(t)$ correspondante à ce portrait de phase.

8) Déduire de ce qui précède le facteur de qualité Q de l'oscillateur, sa pulsation propre ω_0, la raideur k du ressort et le cœfficient de frottement fluide λ. **Applications numériques** pour ces quatre grandeurs.

III Caractéristiques d'une bobine

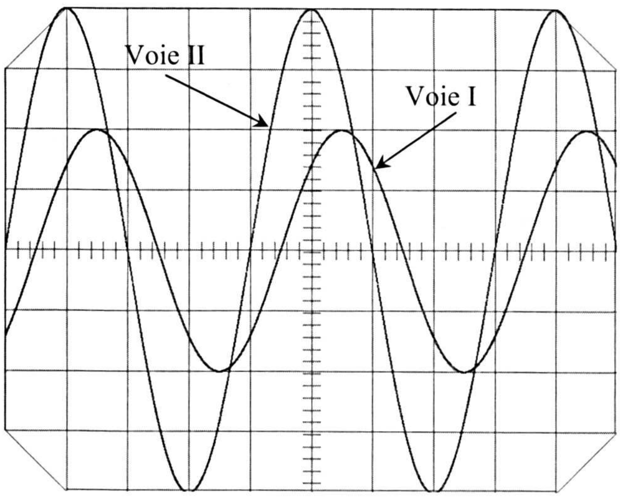
Pour étudier une bobine réelle B, on effectue le montage indiqué sur le schéma. C'est ainsi que l'on obtient l'oscillogramme (ou copie d'écran de l'oscilloscope) reproduit ci-dessous.



Le générateur délivre une tension $u_e(t) = U_m \cos(\omega t)$.

Données : $R = 20\,\Omega$, $C = 10\ \mu F$.

Les calibres sont identiques pour les deux voies : 2 V/div et 1 ms/div.



1) L'oscillogramme permet de calculer les valeurs de la période T, de la pulsation ω, des amplitudes U_m et I_m, et de l'impédance réelle Z_{AB}. Déterminer ces valeurs numériques et recopier, en le complétant, le tableau qui suit :

Grandeur	T (s)	ω (rad/s)	I_m (A)	U_m (V)	Z_{AB} (Ω)
Valeur numérique					

2) Des deux tensions u_I et u_{II}, laquelle est en avance de phase sur l'autre ?

3) Calculer le déphasage φ entre la tension $u_e(t) = U_m \cos(\omega t)$ et l'intensité du courant $i(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi)$.

4) Montrer que, dans l'hypothèse d'une bobine idéale B de résistance r nulle, les valeurs numériques de Z_{AB}, φ et R (donnée de l'énoncé) sont incohérentes.

5) Il est donc nécessaire de prendre en compte la résistance r de la bobine. Calculer r.

6) En déduire la valeur numérique de l'inductance L.

IV Dédoublement de fréquence et filtrage

Rq : Aucune connaissance préalable du multiplieur AD633 n'est nécessaire.

Rappel : $\cos(a).\cos(b) = \frac{1}{2}(\cos(a+b) + \cos(a-b))$

■ Soient deux tensions : $\begin{cases} a(t) = A\sqrt{2}.\cos(2\pi f_a t) & f_a = 1420\ Hz \\ e_0(t) = E_0\sqrt{2}.\cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) & f_0 = 1450\ Hz \end{cases}$

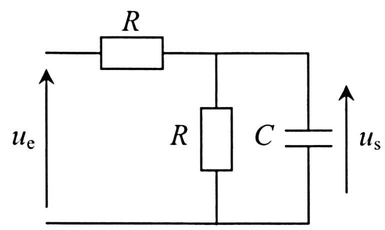
Ces deux tensions sont mises aux entrées d'un multiplieur AD633.
On obtient en sortie une tension : $m(t) = a(t).e_0(t)$

1) Démontrer que $m(t)$ est la superposition de deux signaux sinusoïdaux de fréquence f et $f' > f$ tels que :

$$m(t) = M.[\cos(2\pi f t + \varphi_0) + \cos(2\pi f' t + \varphi_0)]$$

➜ Calculer numériquement f et f'.

■ On utilise le filtre ci-contre.

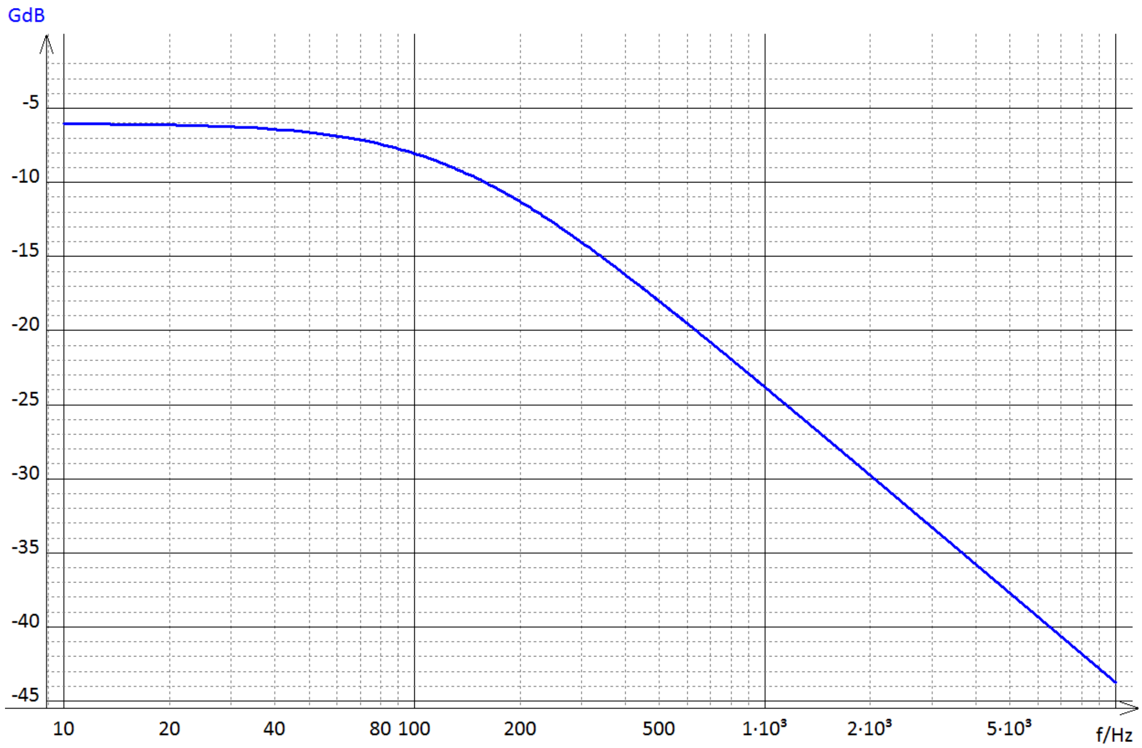


2) En effectuant un schéma équivalent en BF (basse fréquence), puis un autre en HF (haute fréquence), déterminer sans calcul le type de ce filtre.

3) Déterminer la fonction de transfert $\underline{H}(x)$ de ce filtre en fonction de $x = RC\omega$.
Quel est le gain maximal H_{max} de ce filtre ?

4) Déterminer sa pulsation de coupure ω_c en fonction de R et de C.

5) On a tracé ci-après le diagramme de Bode en gain de ce filtre :



➜ Déterminer un ordre de grandeur du produit RC.
➜ Vérifier l'accord entre le gain en décibel maximal $G_{dB}(max)$ lu sur ce diagramme et votre réponse en **3)**.

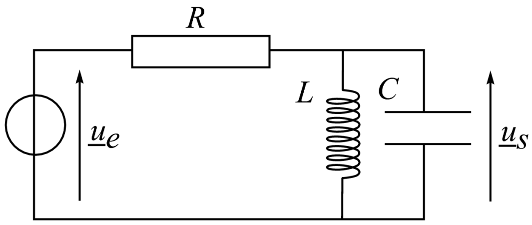
6) En haute fréquence, pourquoi parle-t-on d'intégration ?
Comment vérifie-t-on cette propriété sur le diagramme de Bode ?
Vers quelle valeur tend alors le déphasage de $s(t)$ par rapport à $e(t)$?

■ On place à l'entrée de ce filtre le signal $m(t)$.
La sortie est alors : $s(t) = S.\cos(2\pi f t + \varphi_s) + S'.\cos(2\pi f' t + \varphi'_s)$

7) Déterminer la valeur numérique de $\dfrac{S'}{S}$ à partir du diagramme de BODE et de son échelle verticale et horizontale. Commentaire.

V Filtre d'ordre 2

On place, en série avec une résistance $R = 1\ k\Omega$, une capacité $C = 1\,\mu F$ en parallèle avec une bobine d'inductance $L = 30\ mH$.



1) En effectuant un schéma équivalent en **BF** (basses fréquences), puis un autre en **HF** (haute fréquence), déterminer sans calcul le type de ce filtre.

2) Établir la fonction de transfert de ce filtre $\underline{H}$ en fonction de L, C, R et ω.

3) Exprimer la fonction de transfert sous la forme canonique $\underline{H} = \dfrac{\underline{u_s}}{\underline{u_e}} = \dfrac{\underline{H_0}}{1 + jQ\left(x - \dfrac{1}{x}\right)}$,

c'est-à-dire en fonction du facteur de qualité Q et de la pulsation réduite $x = \dfrac{\omega}{\omega_0}$.

➜ Exprimer ω_0 et Q en fonction de L, C et R ?

➜ Calculer la fréquence propre f_0 et la valeur du facteur de qualité Q de ce filtre.

4) Établir les expressions littérales, en fonction de f_0 et de Q, des fréquences de coupure f_{c_1} et f_{c_2} de ce filtre. Effectuer les applications numériques.

5) Calculer Δf, la largeur de la bande-passante en fréquence de ce filtre, après avoir donné son expression en fonction de f_0 et de Q.

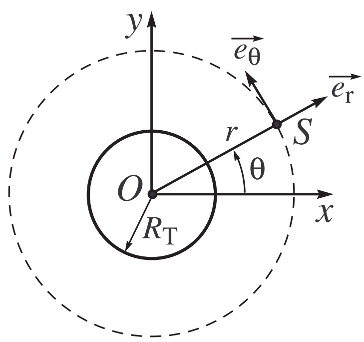
VI Satellites

1) Donner (sans démonstration), dans la base polaire, les expressions des vecteurs vitesse $\overrightarrow{v}$ et l'accélération $\overrightarrow{a}$ d'un point matériel dont la trajectoire est plane.

2) Exprimer (toujours sans démonstration et toujours dans la base polaire) ces mêmes vecteurs dans le cas d'un mouvement circulaire de rayon R parcouru à la vitesse v (pas forcément uniforme).

■ En fait, le système $\mathcal{S} = \{M, m\}$ est le satellite Helios II-B. Il s'agit d'un satellite de reconnaissance optique français terrestre de masse $m = 4\,200\ kg$ lancé par Ariane 5 en 2009 sur une orbite circulaire basse de rayon r et d'altitude $h = 675\ km$. On travaille dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, dans lequel la seule force à prendre en compte est la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite : $\overrightarrow{F} = -\mathcal{G}\dfrac{m.M_T}{r^2}\overrightarrow{e_r}$.

Données pour les applications numériques :
- masse de la Terre : $M_T = 6.10^{24}\ kg$
- rayon terrestre : $R_T = 6\,400\ km$
- constante gravitationnelle : $\mathcal{G} = 6,67.10^{-11}\ u.S.I.$



3) À partir de la seconde loi de Newton ($m\overrightarrow{a} = \overrightarrow{F}$), **établir** l'expression de v en fonction de r, M_T et $\mathcal{G}$.

4) Calculer :
- la vitesse v_H du satellite Helios II-B
- sa période T_H (en heures et minutes)