

EXERCICE 2 : ÉLECTRICITÉ (durée conseillée 1 h 30)

FERROFLUIDES : PROPRIÉTÉS ET APPLICATIONS

PARTIE 1 : CAPTEUR D'INCLINAISON : L'INCLINOMÈTRE.

Un inclinomètre est un appareil qui a pour but de mesurer l'angle d'un système par rapport à l'horizontale.

L'inclinomètre à ferrofluide (suspension de particules magnétiques dans un liquide) est constitué d'un récipient cylindrique de rayon r à moitié rempli de ferrofluide.

Inclinomètre horizontal (vues de face et de coté).

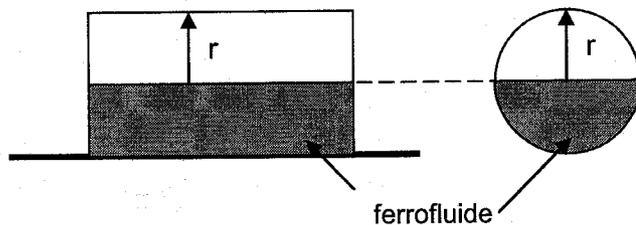
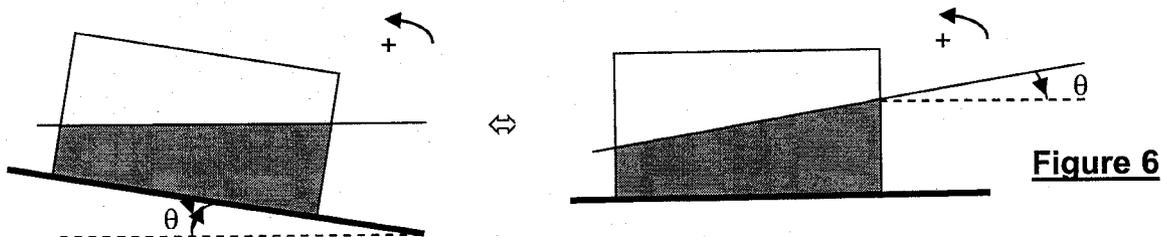


Figure 5

Inclinomètre incliné d'un angle $\theta < 0$ (angles comptés positivement dans le sens trigonométrique).



Sur ce cylindre on place 3 bobinages :

- Un bobinage (sur l'ensemble du cylindre et non représenté ci-dessous) alimenté par une source de courant sinusoïdal i de pulsation ω et d'expression $i(t) = I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$, crée un champ magnétique variable à l'intérieur du cylindre.
- Deux autres bobinages Bob1 et Bob2 situés à la distance $\frac{d}{2}$ de part et d'autre du plan de symétrie vertical du cylindre au niveau desquels nous allons recueillir deux forces électromotrices (f.e.m.) induites v_1 et v_2 .

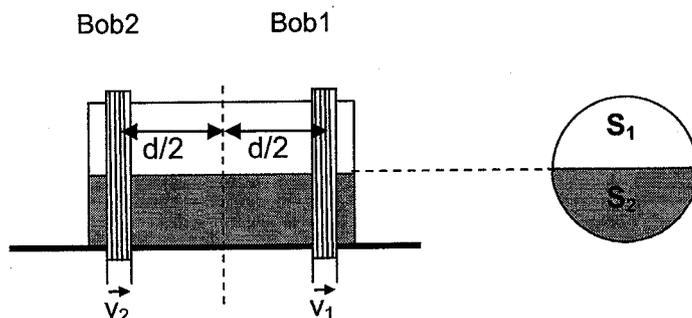


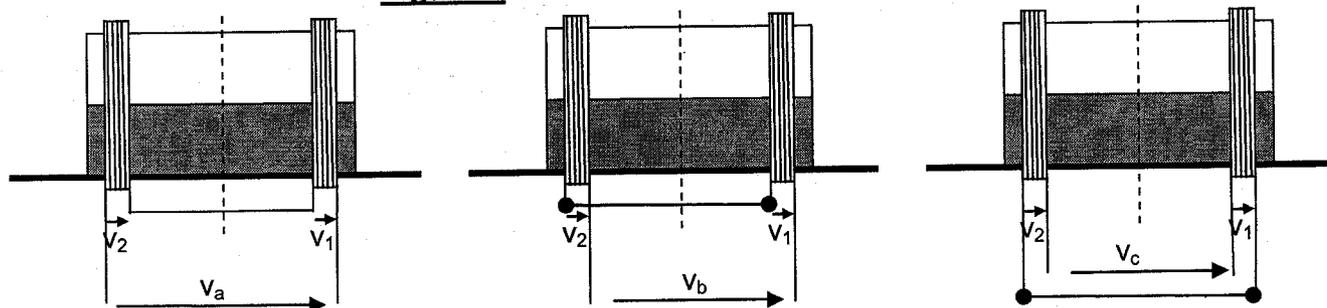
Figure 7

On désire réaliser simplement la soustraction des tensions v_1 et v_2 de façon à obtenir la tension $u = v_1 - v_2$.

1.1 - Exprimer successivement les tensions v_a , v_b et v_c (voir **figure 8**) en fonction de v_1 et v_2 .

1.2 - En déduire le montage à choisir pour obtenir la tension u , u étant proportionnelle à l'angle d'inclinaison θ .

Figure 8

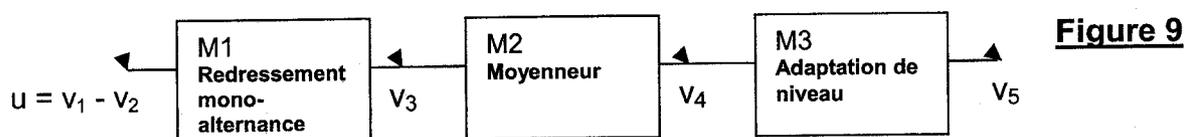


1.3 - On peut montrer que, lorsque l'angle θ est tel que $|\theta| < 0,5$ rad, la tension u est donnée par la relation : $u(t) = v_1(t) - v_2(t) = k \cdot \omega \cdot \theta \cdot \cos(\omega \cdot t)$ avec k une constante négative, θ l'angle d'inclinaison exprimé en radians et ω la pulsation du courant i .
 $u(t)$ est exprimé en volts, ω en radians par seconde.

Sachant que pour $\theta = 5,0^\circ$ alors $u(t) = v_1(t) - v_2(t) = -0,02 \cdot \cos(100 \cdot \pi \cdot t)$, calculer la valeur de k en précisant son unité.

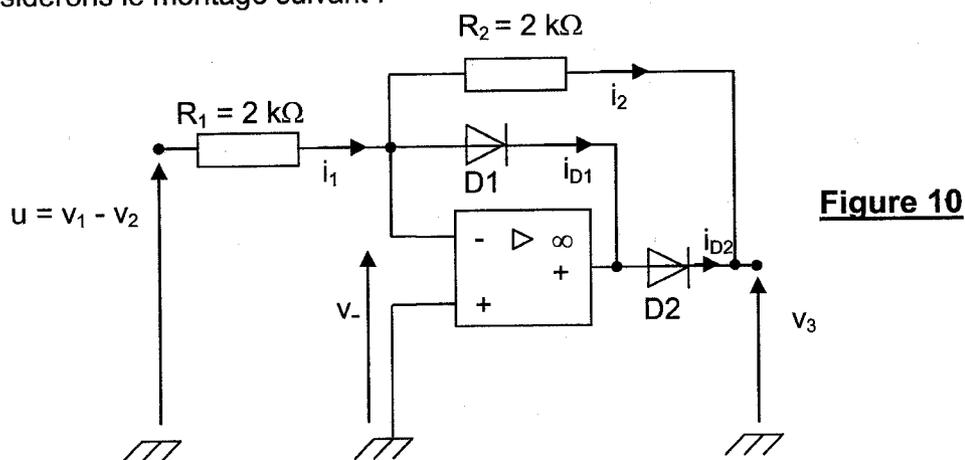
PARTIE 2 : DÉTERMINATION DE LA VALEUR ABSOLUE DE θ .

Pour déterminer la valeur absolue $|\theta|$, nous allons utiliser le montage dont le schéma fonctionnel est le suivant :



2.1 - REDRESSEMENT MONOALTERNANCE SANS SEUIL M1

Considérons le montage suivant :



D1 et D2 sont deux diodes parfaites. L'amplificateur opérationnel (AOP) est parfait.

2.1.1 -

2.1.1.1 - Exprimer i_1 en fonction de i_{D1} et i_2 .

2.1.1.2 - Exprimer i_2 en fonction de i_{D2} .

2.1.1.3 - En déduire i_1 en fonction de i_{D1} et i_{D2} .

2.1.1.4 - Exprimer $u = v_1 - v_2$ en fonction de R_1 , i_1 et v_- .

2.1.1.5 - Exprimer v_3 en fonction de R_2 , i_2 et v_- .

2.1.2 - Lorsque $u = v_1 - v_2 > 0$ alors D1 est passante et D2 bloquée. Dans ce cas :

2.1.2.1 - Justifier que l'AOP fonctionne en régime linéaire.

2.1.2.2 - Donner la valeur de la tension v_+ .

2.1.2.3 - Donner les valeurs des intensités i_{D2} et i_2 .

2.1.2.4 - Déterminer la valeur de la tension v_3 .

2.1.3 - Lorsque $u = v_1 - v_2 < 0$ alors D1 est bloquée et D2 passante. Dans ce cas :

2.1.3.1 - Justifier que l'AOP fonctionne en régime linéaire.

2.1.3.2 - Déterminer la valeur de la tension v_+ .

2.1.3.3 - Déterminer la valeur de l'intensité i_{D1} .

2.1.3.4 - Exprimer l'intensité i_1 en fonction de $u = v_1 - v_2$ et R_1 .

2.1.3.5 - Exprimer l'intensité i_2 en fonction de v_3 et R_2 .

2.1.3.6 - En déduire que $v_3 = -u = -(v_1 - v_2)$ dans le cas où $R_1 = R_2$.

2.1.4 - On donne à la **figure 11** l'allure en fonction du temps de la tension u pour $\theta = 5^\circ$.

En admettant que $v_3 = -u$ lorsque u est < 0 et que $v_3 = 0$ lorsque $u > 0$, tracer sur le **document réponse 2** (à rendre avec la copie) l'allure en fonction du temps de la tension $v_3(t)$.

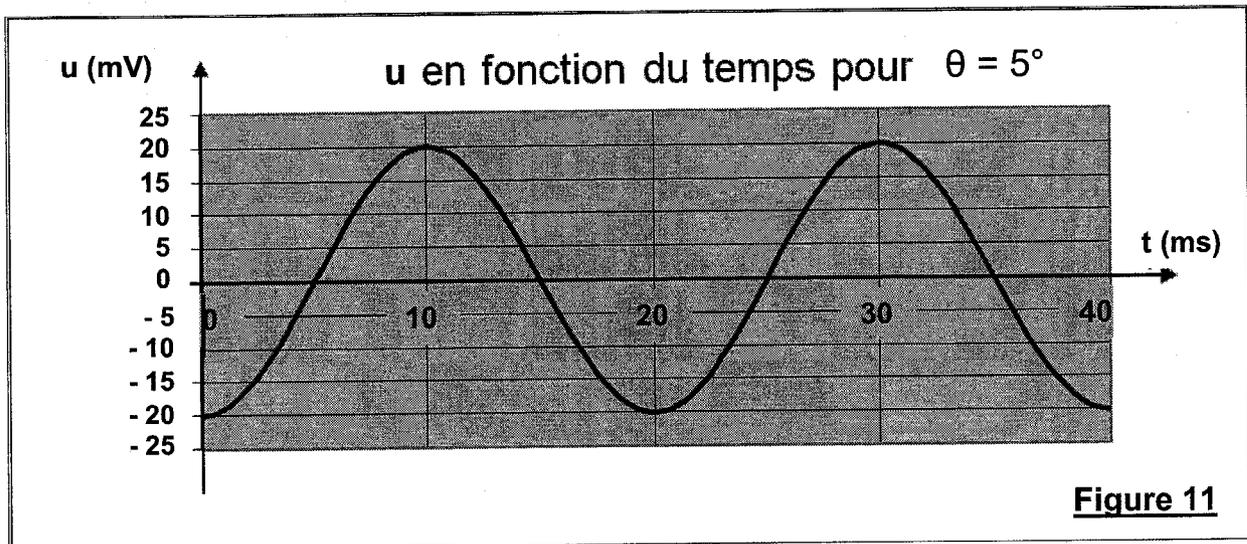


Figure 11

2.2 - **MONTAGE MOYENNEUR M2** : On désire déterminer la valeur moyenne de $v_3(t)$.

2.2.1 - On rappelle qu'une tension $v(t)$, issue d'un montage redresseur monoalternance, dont l'allure en fonction du temps est représentée **figure 12**, a dans sa décomposition en série de Fourier les valeurs de fréquences et d'amplitudes indiquées dans le tableau suivant (nous n'avons indiqué que les termes d'indices n correspondants à des amplitudes ≥ 10 mV) :

Décomposition en série de Fourier de $v(t)$		
n	Fréquence (Hz)	Amplitude (mV)
0	0	318
1	20	500
2	40	212
4	80	44
6	120	18
8	160	10

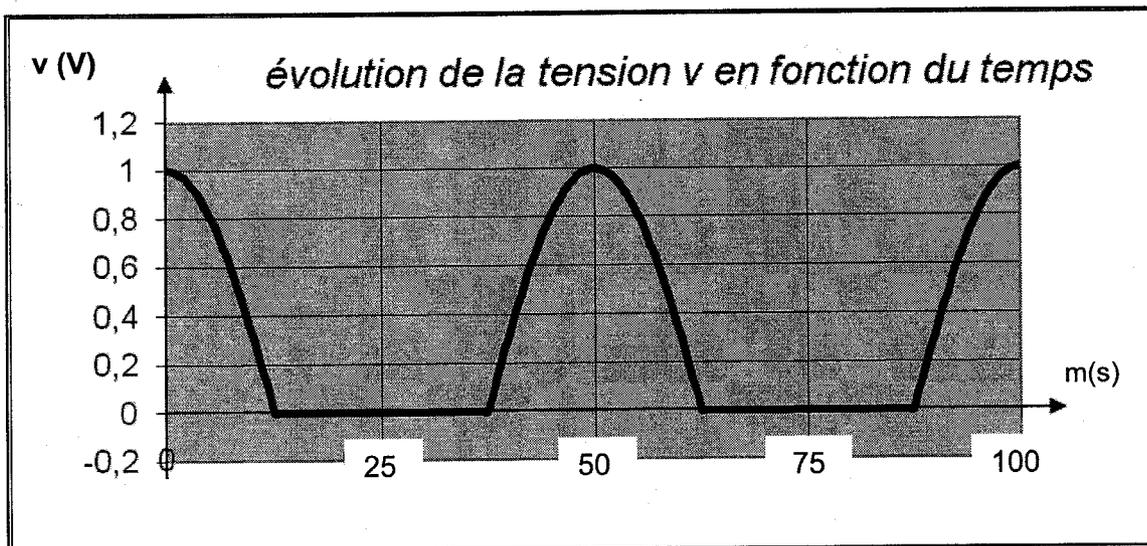


Figure 12

- 2.2.1.1 - Que vaut la fréquence f de la tension $v(t)$?
- 2.2.1.2 - Que vaut la valeur moyenne V_{moy} de la tension $v(t)$?
- 2.2.1.3 - Comment s'appelle le terme correspondant à $n = 1$?
- 2.2.1.4 - Comment s'appelle le terme correspondant à $n = 4$?

2.2.2 - Décomposition en série de Fourier de $v_3(t)$.

- 2.2.2.1 - Déterminer la valeur du rapport des valeurs maximales $V_{3\text{max}}$ et V_{max} des tensions respectives $v_3(t)$ et $v(t)$.
- 2.2.2.2 - En utilisant les résultats précédents, compléter le tableau de valeurs du **document réponse 3** correspondant à la décomposition en série de Fourier de la tension $v_3(t)$.

2.2.3 - Parmi les 3 montages proposés ci-dessous, lequel choisissez-vous pour déterminer la valeur moyenne de $v(t)$? Justifier succinctement.

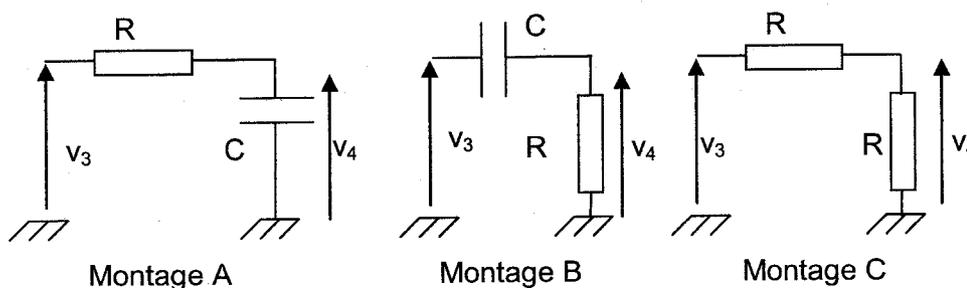


Figure 13

2.2.4 - Afin d'extraire la valeur moyenne et de faire l'adaptation de niveau à l'aide d'une seule opération, nous allons utiliser le montage suivant :

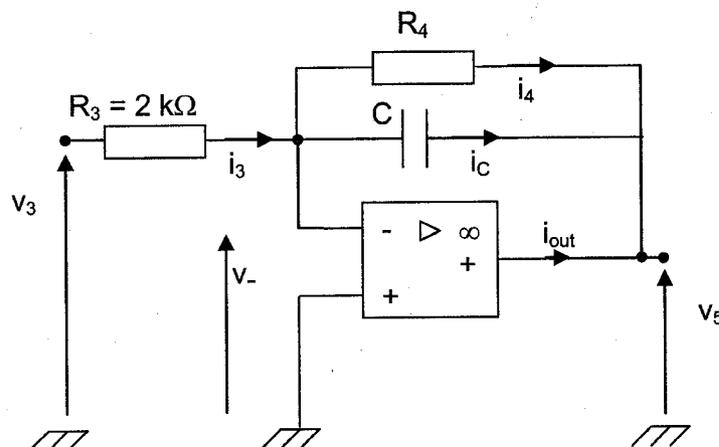
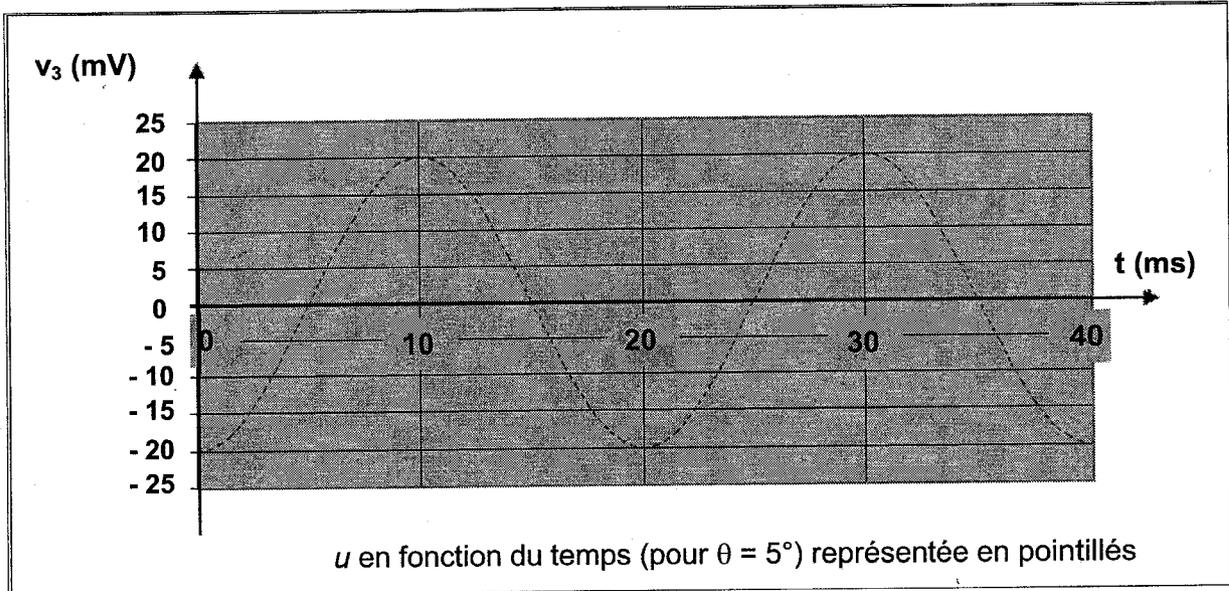


Figure 14

- 2.2.4.1** - Donner l'expression de l'impédance complexe \underline{Z} d'un condensateur.
- 2.2.4.2** - En basse fréquence ($f \rightarrow 0$) un condensateur est-il équivalent à un circuit ouvert ou à un court-circuit ?
- 2.2.4.3** - En haute fréquence ($f \rightarrow \infty$) un condensateur est-il équivalent à un circuit ouvert ou à un court-circuit ?
- 2.2.4.4** - Dessiner le schéma équivalent du circuit de la **figure 14** en haute fréquence ($f \rightarrow \infty$).
- 2.2.4.5** - En déduire $\underline{T} = \frac{V_5}{V_3}$ en haute fréquence.
- 2.2.4.6** - Dessiner le schéma équivalent du circuit de la **figure 14** en basse fréquence ($f \rightarrow 0$).
- 2.2.4.7** - En déduire $\underline{T} = \frac{V_5}{V_3}$ en basse fréquence.
- 2.2.4.8** - Lorsque $|\theta| = 10^\circ$ alors la valeur moyenne $V_{3\text{moy}}$ de $v_3(t)$ est de 12,7 mV. Calculer R_4 de façon à avoir une tension de sortie V_5 égale à -100 mV.
- 2.2.4.9** - La fréquence de coupure de ce filtre passe-bas a pour expression $f_c = \frac{1}{2.\pi.R_4.C}$. Choisir C de façon à avoir un facteur 10 entre cette fréquence de coupure du filtre et la fréquence de v_3 .

DOCUMENT RÉPONSE N° 2
PARTIE ÉLECTRICITÉ
À RENDRE AVEC LA COPIE



DOCUMENT RÉPONSE N° 3
PARTIE ÉLECTRICITÉ
À RENDRE AVEC LA COPIE

Décomposition en série de Fourier de $v_3(t)$		
n	Fréquence (Hz)	Amplitude (mV)
0		
1		
2		
4		
6		
8		