Université KASDI MERBAH Ouargla
Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
Département d'Électronique et des Télécommunications

M1. Instrumentations
Capteurs industriels
29/01/2024 : 01h:30 min

Épreuve écrite

Corrigé-type

Nom :..Prénom :..................................

Exercice 1(06 pts): Cocher la bonne réponse:

1) Cette équation peut être utilisée pour calculer la température (en kelvin) à partir de la valeur de la résistance d'une thermistance:

$$\frac{1}{T\text{ (kelvin)}} = A + B\ln R_T + C\ln^3 R_T$$

a) A partir des trois mesures suivantes, les coefficients A, B, C sont :

Température (en °C)	Résistance (en Ohms)
0	960
25	320
80	110

☐ $A=0.010528\times10^{6}, B=-9.4977$ et $C=5.58459$

☐ $A=0.010528$, $B=-9.4977\times10^{4}$ et $C=5.58459\times10^{6}$

☐ $A=0.0010528, B=-9.4977\times10^{-4}$ et $C=5.58459\times10^{-6}$

01 ☒ $A=-0.0010528, B=9.4977\times10^{-4}$ et $C=-5.58459\times10^{-6}$

b) Lorsque la résistance est 444 Ohms, la température est égale à :

01 ☒ $T=14.8584°C$ ☐ $T=18.84854°C$ ☐ $T=148.584°C$ ☐ $T=85.8414°C$

2) La loi de Planck est donnée par la relation:

1

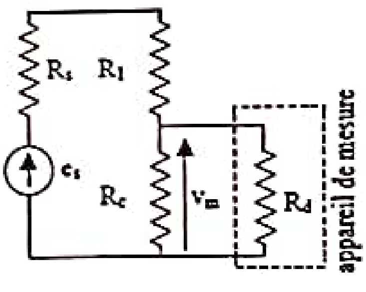
☐ $W_\lambda(T)=\varepsilon(\lambda,T)\,W_{\lambda,B}(T)$

☐ $W_{\lambda,B}=\int_{\lambda_0-\frac{\Delta\lambda}{2}}^{\lambda_0+\frac{\Delta\lambda}{2}} K(\lambda)\times S_d(\lambda)\times W_\lambda(T).d\lambda$

☐ $W_{\lambda,B}(T)=\varepsilon(\lambda,T)\,W_\lambda(T)$

☐ $W_{\lambda,B}=\frac{C_1}{\lambda^5}\frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right)-1}$

3) Un capteur de resistance R_c est branché dans le montage ci-contre.



a) La tension v_m est donnée par la relation :

☐ $v_m = e_s\cdot\frac{R_cR_d}{R_c(R_s+R_d)+R_d(R_s+R_1+R_c)}$

1 ☒ $v_m = e_s\cdot\frac{R_cR_d}{R_c(R_s+R_1)+R_d(R_s+R_1+R_c)}$

☐ $v_m = e_s\cdot\frac{R_c}{R_c(R_s+R_1)}$

☐ $v_m = e_s\cdot\frac{R_cR_1}{R_c(R_s+R_1)+R_d(R_s+R_1+R_c)}$

b) En utilisant la technique de linéarisation « fonctionnement en petits signaux avec $R_d >> R_c$, l'expression de v_m devient :

1 ☒ $v_m = e_s\cdot\frac{R_{c0}+\Delta R_c}{R_{c0}+R_1+R_s}$

☐ $v_m = \frac{e_s}{4}\cdot\frac{\Delta R_c}{R_{c0}}$

☐ $v_m = e_s\cdot\frac{(R_1+R_s)\cdot\Delta R_c}{(R_{c0}+R_1+R_s)}$

☐ $v_m = e_s\cdot\frac{(R_1+R_s)\cdot\Delta R_c}{(R_{c0}+R_1+R_s)^2}$

4) Les capteurs industriels destinés spécifiquement à la mesure de vitesse sont basés sur la loi de :

1 ☐ Bernoulli ☐ Newton ☐ Planck ☒ Faraday

Exercice 2(07 pts):

On désire réaliser un capteur de niveau pour une cuve d'huile. Soit le condensateur plan schématisé par la figure 1.1 dont les armatures sont de surface A et de longueur L. Le condensateur est initialement dans l'air (permittivité ε_1). Un liquide, de l'huile de permittivité ε_2, monte jusqu'à une hauteur h, mesurer à partir du bas des armatures; soit $C(h)$ la capacité correspondante du condensateur.

1. Déterminer l'expression de la capacité $C(h)$.
2. Ecrire $C(h)$ sous la forme $C(h)=C_0(1+Kh)$, en déduire les expressions de C_0 et K.
3. Calculer les capacités minimale et maximale du capteur; ainsi que les impédances correspondantes sous une alimentation sinusoïdale à 10Khz. On donne: $\varepsilon_1=\varepsilon_0=8{,}85.\ 10^{-12}$ F/m, $\varepsilon_2=4\varepsilon_0$, $A=2.\ 10^{-2}\ m^2$, $e=5$mm et $L=1$m.
4. Le capteur est monté dans un circuit en pont selon le schéma de la figure 1.2. Le condensateur C_1 est un condensateur variable.
   a) Quelle est la valeur à donner à C_1 pour obtenir $V_{mes}=0$, lorsque le réservoir est vide?
   b) Donner l'expression de la tension V_{mes} en fonction de h, K et e_s.
5. En déduire la sensibilité S_{mes} de mesure sous l'approximation linéaire.

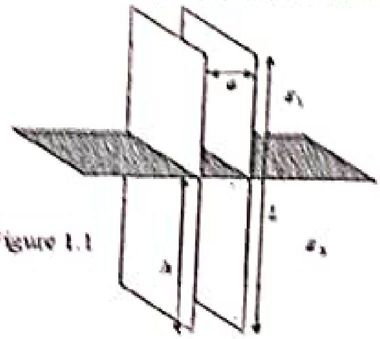
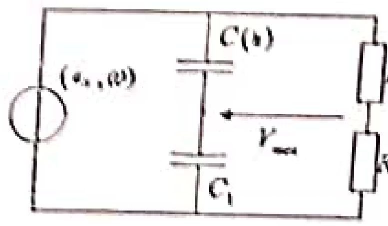


Figure 1.1

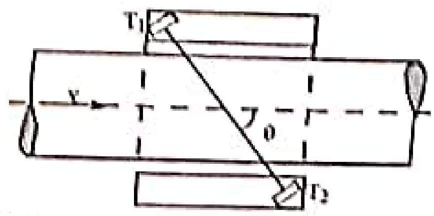
Figure 2.2



Exercice 3(07 pts):

La mesure du débit du sang dans un faisceau sanguin peut se faire grâce au montage de la figure suivante. Dans ce montage on mesure le décalage du temps entre la transmission des ondes à ultrasons des capteurs T_1 vers T_2 (temps t_1) et de T_2 vers T_1 (temps t_2). Les deux capteurs sont distants de L. On démontre que la relation entre la vitesse du fluide v est l'écart de temps $\Delta t=t_2-t_1$ peut s'écrire:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2\times L\times v\times \cos\theta}{c^2}$$



Dans une expérience, les temps enregistrés par le débitmètre à ultrasons sont les suivants: t_1=1,04 ± 0,02 ms et t_2=4,34 ± 0,01 ms. Les autres paramètres mesurés sont : θ=45°; L= 2 cm et c=1000 m/s.

Les erreurs effectuées durant la mesure sont les suivantes: $\Delta\theta$ = 0,02° et ΔL = 0,2 mm.

1) Calculer la valeur de la vitesse du sang dans le vaisseau.
2) Quelle est l'erreur sur la différence du temps Δt?
3) En déduire l'erreur sur la vitesse.

Dans une expérience, nous avons fait varier l'angle θ et nous avons relevé les temps enregistrés par le débitmètre t_1 et t_2. Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau ci-contre:

4) Tracer sur le papier millimétré la courbe $\Delta t=f(\cos\theta)$.
5) En utilisant la méthode de la régression linéaire (moindres carrés), déterminer la vitesse du sang dans le vaisseau.

θ°	t_1 (μs)	t_2 (μs)
10	4,60	5,81
30	2,70	3,76
50	5,70	6,46
70	4,40	4,79
90	3,42	3,43

Bon courage

Exo2 : (07 pts)

1) $C(h) = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_1 A_1}{e} + \frac{\varepsilon_2 A_2}{e}$

$= \frac{\varepsilon_1}{e}(L-h)\cdot\frac{A}{L} + \frac{\varepsilon_2}{e} h\cdot\frac{A}{L}$

$= \frac{\varepsilon_1 A}{e} + \frac{A}{eL}(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) h$ (1)

2) $C(h) = \frac{\varepsilon_1 A}{e}\left[1 + \left(\frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1}\right)\frac{h}{L}\right] =$

$= C_0 (1 + kh)$ (0,5)

avec $\begin{cases} C_0 = \frac{\varepsilon_1 A}{e} = \frac{\varepsilon_0 A}{e} & (0,5) \\ k = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 L} & (0,5) \end{cases}$

3) $C_{min} = C_0 = C(h=0) = 35,4\ pF$ (0,5)

$C_{max} = C(h=L) = 141,6\ pF$ (0,5)

$Z_C = \frac{1}{jC(h)\omega} = \frac{1}{jC_0(1+kh)\omega}$

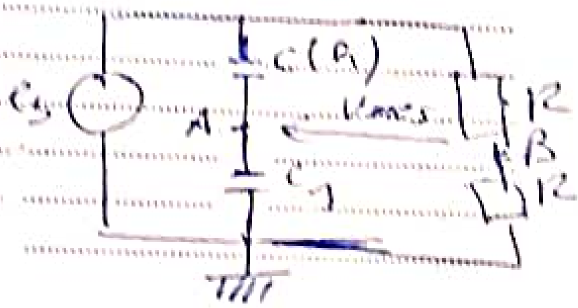
$\Rightarrow Z_C(h=0) = 449,6\ k\Omega$ (0,5)

$Z_C(h=L) = 112,4\ k\Omega$ (0,5)

4) a) $C_1 = C_0 = 35,4\ pF$ (0,5)

b) $V_{mes} = V_A - V_B$

$= \left(\frac{Z_{C_1}}{Z_{C_1} + Z_{C(h)}} - \frac{1}{2}\right) e_s$



$$V_{mes} = \frac{C(h) - C_0}{C(h) + C_0} \cdot \frac{e_s}{2} = \frac{(1 + Kh) - 1}{(1 + Kh) + 1} \cdot \frac{e_s}{2}$$

$$\boxed{V_{mes} = \frac{Kh}{2 + Kh} \cdot \frac{e_s}{2}} \quad 1$$

5. $V_{mes} = \frac{Kh}{2 + Kh} \cdot \frac{e_s}{2}$

$= Kh \cdot \frac{e_s}{4} \cdot \frac{1}{1 + \frac{Kh}{2}}$. On peut utiliser l'approximation linéaire

pour $h \ll 1 \Rightarrow$

$$V_{mes} = Kh \cdot \frac{e_s}{4} \Rightarrow \boxed{S_m = \frac{V_{mes}}{h} = \frac{K e_s}{4}} \quad 1$$

Exo 3 : (07 pts)

1) $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2 L v \cos\theta}{C^2}$

$$\Rightarrow v = \frac{C^2 \Delta t}{2L \cos\theta} = \frac{1000^2 (3{,}34 - 1{,}04) \cdot 10^{-6}}{2 \times 2 \times 10^{-2} \cdot \cos 45}$$

$v \simeq 1160{,}62 \, m \cdot s^{-1}$ (1)

2) $\Delta \Delta t = \sqrt{\Delta t_1^2 + \Delta t_2^2} = \sqrt{0{,}02^2 + 0{,}01^2} \Rightarrow$

$\Delta \Delta t \simeq 2{,}24 \cdot 10^{-5}$ (1)

3) $\ln v = 2 \ln C + \ln \Delta t - \ln 2 - \ln L - \ln \cos\theta$

$$\frac{\partial v}{v} = 2 \frac{\partial C}{C} + \frac{\partial \Delta t}{\Delta t} - \frac{\partial L}{L} + \frac{\sin\theta}{\cos\theta} \partial\theta$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta \Delta t}{\Delta t} + \frac{\Delta L}{L} + tg\theta \cdot \Delta\theta \quad (1)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{2,24.10^{-2}}{3,3.10^{-3}} + \frac{0,2.10^{-3}}{2.10^{-2}} + tg45 \times 0,02$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 0,0368 = 3,68\%$$

$$\Delta V = 0,0368 \times 116672,62$$

$$\boxed{\Delta V = 4293,6 m/s}$$

4)

$\cos\theta$	Δt (ps)
0,9848	1,21
0,8660	1,06
0,6428	0,76
0,3420	0,39
0	0,01

1 → Desenho 1

5) $a = 1,225.10^{-6}$
$b = -8,751.10^{-9}$ 1

$$\Rightarrow \boxed{\Delta t = 1,225.10^{-6}\cos\theta - 8,751.10^{-9}}$$

$$\Rightarrow \text{Ora}: \Delta t = \frac{2LV}{C^2}.\cos\theta$$

$$\Rightarrow a = \frac{2LV}{C^2} \Rightarrow V = \frac{a.c^2}{2L}$$

$$\Rightarrow V = \frac{1,225.10^{-6}.1000^2}{4.10^{-2}} = \boxed{30,6 m/s = V}$$

$$\Rightarrow \boxed{V = 110,16 \text{ Km/h}}$$ 1