

Conversion d'une grandeur physique

Les Capteurs

Exercice 1. *BTS Etk 2009 Métro : Mise en œuvre du capteur de débit (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)*

La mesure du débit est confiée à un débitmètre électromagnétique Promag 50H Endress+Hauser (photo ci-contre).

Le constructeur du débitmètre donne les caractéristiques suivantes :

- grandeur de mesure : vitesse d'écoulement v
- gamme de mesure : $v = 0,01 \dots 10 \text{ m.s}^{-1}$
- sortie courant : $4 - 20 \text{ mA}$; résistance de charge $< 700 \Omega$.

Le capteur est inséré le long de la conduite PVC de refoulement, son orifice est de section égale à celle de la conduite, à savoir qu'il a un diamètre intérieur $D = 50 \text{ mm}$.

Le débitmètre renvoie l'information "débit Q " sur une sortie $4 - 20 \text{ mA}$.

Cette information sera ensuite récupérée par une entrée analogique de l'automate après conversion en une tension V_Q comprise entre 0 et 10 V , conformément à la figure 4.

Le convertisseur $4 - 20 \text{ mA} / 0 - 10 \text{ V}$ a une impédance d'entrée $Z_e = 500 \Omega$.

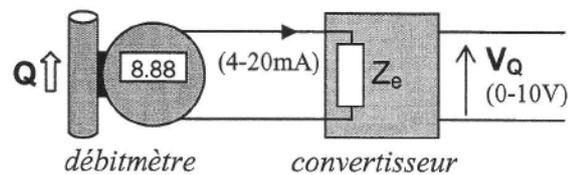
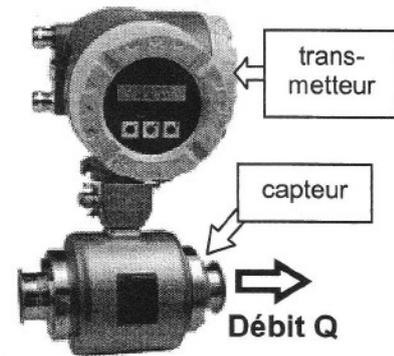


figure 4

C.1.1. Déterminer la plage de débit mesurable par l'appareil et justifier son choix.

C.1.2. Calculer la tension maximale fournie par la sortie $4 - 20 \text{ mA}$ du débitmètre. Cette valeur est-elle compatible avec les spécifications du constructeur du débitmètre données ci-dessus ?

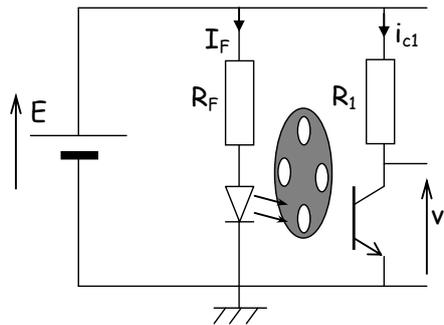
C.1.3. Calculer le facteur K_D tel que $V_Q = K_D \cdot Q$, sachant que le débitmètre peut renvoyer une valeur de Q au maximum égale à $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Préciser son unité.

Exercice 2. Capteur optoélectronique (Extrait BTS Assistant technique ingénieur 1997) (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

Les résistances de polarisation du capteur opto électronique sont calculées pour que son phototransistor fonctionne en bloqué saturé. A l'état saturé $v_1=0$.

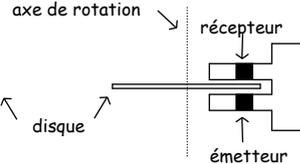
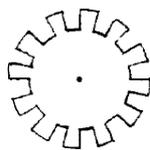
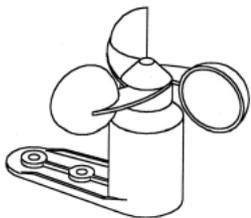
Le disque troué de $p=4$ trous tourne à la vitesse de 500 tr/min.

1. Expliquer le fonctionnement du capteur optoélectronique lorsque le transistor est éclairé et lorsque le phototransistor n'est pas éclairé
2. Calculer la fréquence f et la période T de la tension v_1 .

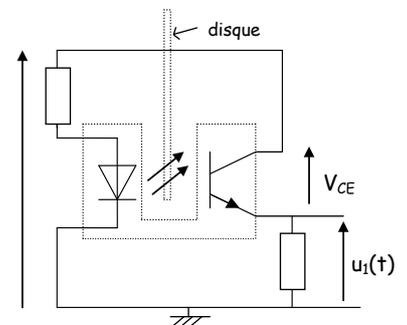


Exercice 3. Génération du signal d'un anémomètre optoélectronique (Extrait BTS CIRA 2005)(Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

Un anémomètre est un dispositif permettant de mesurer la vitesse du vent. Il est composé d'une étoile à 3 branches et d'un photo - détecteur à occultation.



$$U' = 12 \text{ V}$$



L'axe de rotation de l'étoile est solidaire d'un disque à 12 encoches placé entre un émetteur à infrarouge à DEL et un récepteur. Le phototransistor fonctionne en régime de commutation et on prendra $V_{CE \text{ saturation}} = 0$.

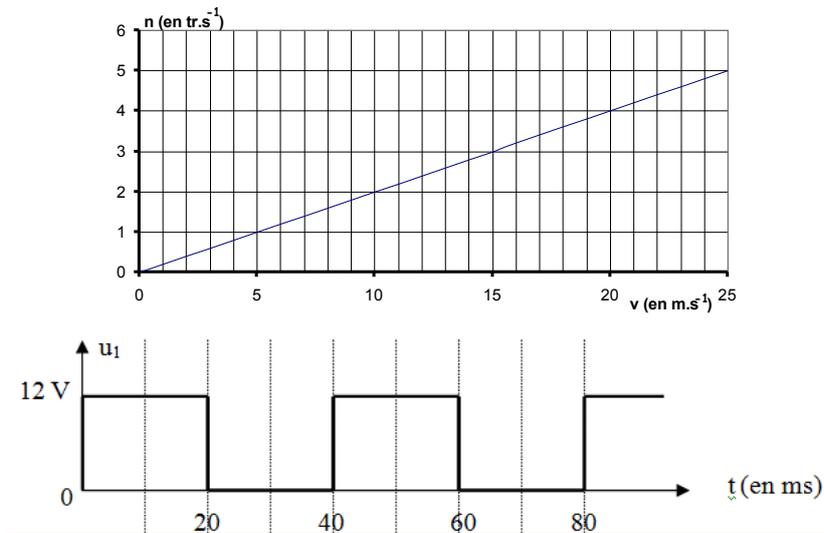
Génération du signal

1. Quelles sont les deux valeurs possibles de la tension u_1 ? Justifier votre réponse en précisant l'état du transistor dans chacun des cas.
2. Quelle est la valeur de u_1 lorsque le faisceau infrarouge est occulté ?

La vitesse de rotation n du disque en fonction de la vitesse du vent v est représentée en annexe.

3. L'équation qui relie v à n est $n = kv$. Calculer k et préciser son unité. La tension $v_1(t)$ est représentée en fonction du temps sur 2 périodes en annexe.
4. Donner la valeur de la période T du signal $u_1(t)$. Donner la relation entre la vitesse de rotation n et la période T .

5. Montrer que la vitesse du vent peut s'écrire sous la forme $v = \frac{1}{12.k.T}$.
6. En déduire la vitesse du vent.

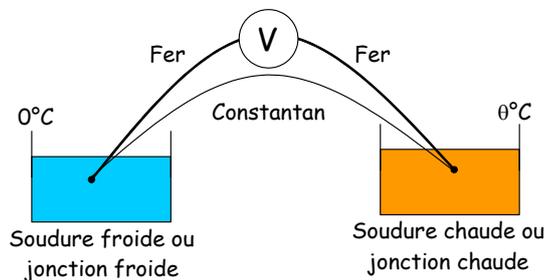


Exercice 4. Capteur thermoélectrique (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

Un transducteur thermoélectrique (fig. 4) est réalisé avec du fer et du constantan. Le couple fer-constantan fournit une tension e liée à la température θ de la jonction « chaude » dans l'intervalle θ 0°C – 100°C par la relation :

$$e = 52,94 \times \theta + 0,0204 \times \theta^2 \quad (e \text{ en microvolts et } \theta \text{ en degrés Celsius}).$$

Déterminer les valeurs de la f.é.m. e pour $\theta_1=20^\circ\text{C}$ et pour $\theta_2 = 80^\circ\text{C}$.



Exercice 5. :Capteur de température (diode) (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

La figure 6 représente le schéma (pratique) d'un capteur de température. La tension aux bornes de la diode alimentée à courant constant est liée à la température θ par la relation $v=V_0-k\theta$. Cette tension décroît de 2,0 mV par degré Celsius. L'amplificateur de différence est réglé de telle manière que $v_s = 50u$. Le potentiomètre P est réglé pour que $v_s=0$ si $\theta=0^\circ\text{C}$.

1. Exprimer v_s en fonction de θ .
2. Calculer v_s si $\theta = 80^\circ\text{C}$.

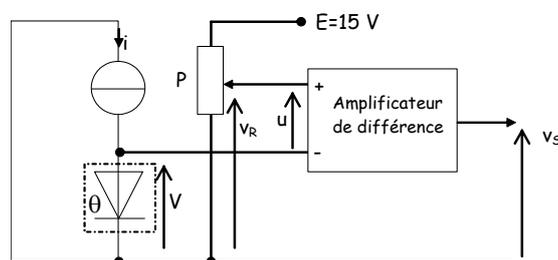
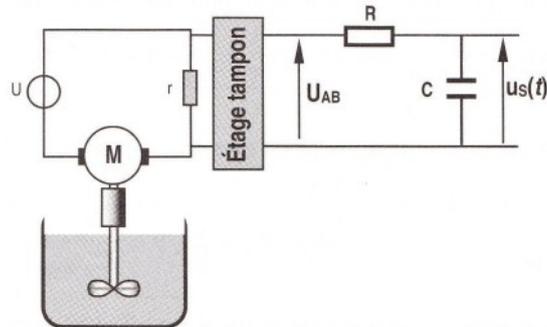


Figure 6

Exercice 6. Capteur de viscosité (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

On fabrique dans un réacteur chimique un produit dont la viscosité augmente au cours de la réaction. Afin d'obtenir une image de cette viscosité, on mesure le couple utile fourni par un moteur à courant continu à excitation séparée dont l'arbre est relié à un agitateur plongé dans le produit par l'intermédiaire d'un réducteur.

On obtient ainsi une tension U_{AB} qui est l'image de la viscosité du produit, mais qui est perturbée par des parasites générés par le collecteur du MCC.



Elle est donc filtrée à l'aide du circuit RC, après avoir été isolée du reste du montage par un « étage tampon ».

1. Préciser sans justification le type et l'ordre du filtre et la constante de temps τ du circuit.

2. Montrer que la fonction de transfert $T = \frac{U_S}{U_{AB}}$ peut se mettre sous la forme $T = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_C}}$ avec $f_C = \frac{1}{2\pi\tau}$

3. Le collecteur possède 20 lames et tourne à $1200 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

- Calculer la fréquence des parasites (considérés comme périodiques) générés par le collecteur.
- Calculer la valeur de τ permettant d'obtenir une atténuation de 20 dB du fondamental de ces parasites.
- Que peut-on dire de l'atténuation des harmoniques parasites de rang plus élevé ?

Exercice 7. Boucle de courant analogique 4-20 mA

La boucle de courant 4-20 mA est un moyen de transmission permettant de transmettre sur une grande distance un signal analogique, généralement délivré par un capteur, sans perte ou modification de ce signal.

Sur de grandes distances, l'utilisation d'une simple variation de tension n'est pas assez fiable, car un changement dans la longueur et la résistance des fils a pour conséquence de modifier la valeur mesurée.

Pour le démontrer, prenons l'exemple d'un capteur délivrant une tension V comprise entre 0 V et 5 V à un récepteur consommant un courant d'intensité $I = 100 \text{ mA}$. Les fils de liaison possèdent chacun une résistance linéique $\rho_L = 10^{-3} \Omega \cdot \text{m}^{-1}$ et ont chacun une longueur $\ell = 100 \text{ m}$.

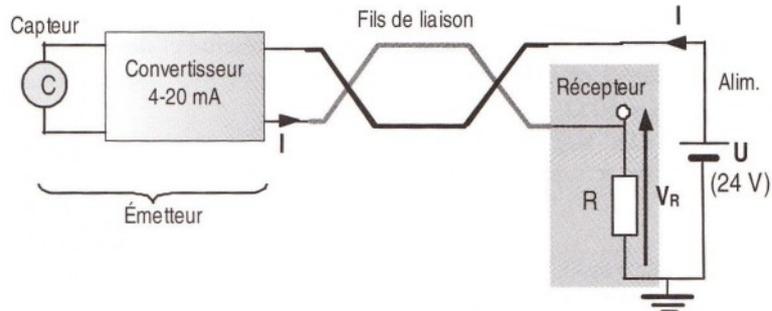
1 a) Exprimer, puis calculer numériquement la tension V_R aux bornes du récepteur lorsque le capteur délivre la tension maximale (5 V).



1 b) Reprendre la même question pour une liaison de longueur double et conclure sur l'influence des fils de liaison.

2. Boucle de courant

La boucle 4-20 mA comprend un émetteur, l'alimentation de la boucle, les fils de la boucle et le récepteur.



L'émetteur est composé d'un capteur qui va mesurer les grandeurs physiques comme la température, la pression... et d'un convertisseur qui transforme la valeur mesurée par le capteur en un courant compris dans l'intervalle 4-20 mA. On a un courant de 4 mA pour la première valeur de l'échelle de mesure du capteur et de 20 mA pour la dernière mesure du capteur. Par exemple, si on utilise un capteur qui doit mesurer une température de -40 °C à 50 °C, 4 mA correspondra à -40 °C et 20 mA à 50 °C. Lorsqu'on lit 0 mA, cela signifie que la boucle ne fonctionne plus ou qu'il y a une rupture dans les liaisons.

- a) Exprimer la tension V_R lorsque la boucle de courant est parcourue par le courant I . Quelle est l'influence des résistances de la boucle sur cette tension ?
- b) Sachant que $R = 250 \Omega$. calculer numériquement les valeurs maximale et minimale V_{Rmin} et V_{Rmax} correspondant à la première et à la dernière valeur de l'échelle du capteur.

Exercice 8. Convertisseur AN (Extrait BTS CIRA 2005) (

La masse de l'essoreuse est mesurée par un système de pesage analogique délivrant un signal 4-20 mA pour une masse variant de 0 à 4 095 Kg. La conversion est réalisée par un convertisseur 12 bits en code binaire naturel.

- 1. Donner la résolution (en masse) du convertisseur.
- 2. A quelle combinaison exprimée en binaire puis en hexadécimal correspond la masse 1 600 Kg ?
- 3. A quel courant correspond cette masse ?

Exercice 9. CNA

Un nombre binaire se présente ainsi.

n		4	3	2	1	0	n éléments
a_n		0	1	0	1	0	=01010 (nombre binaire)
x		x	x	x	x	x	
		2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
		0+	8+	0+	2+	0	= 10 (nombre décimal)
MSB						LSB	

(a_2, a_1, a_0) est la décomposition binaire d'un nombre décimal N .

Ecrire la relation entre N , a_0 , a_1 et a_2 .

a_0 , a_1 et a_2 prennent la valeur 0 si l'interrupteur est relié à la masse et 1 si l'interrupteur est relié à V_{cc} .

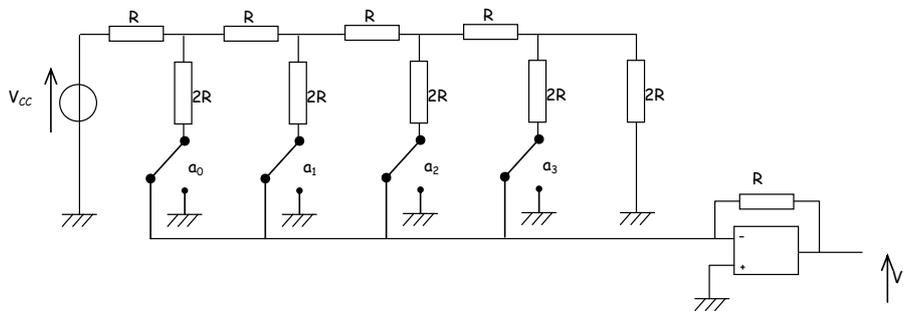
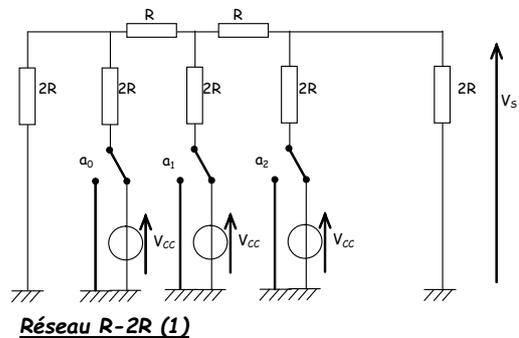
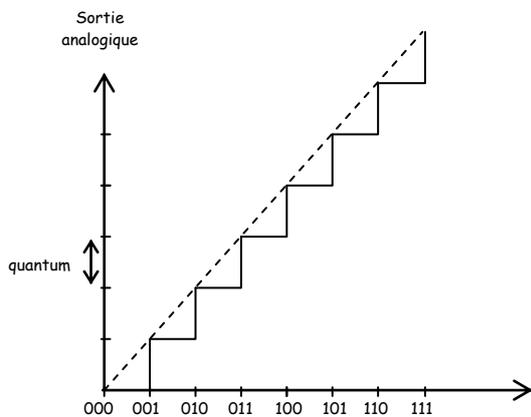
1. Par la méthode de superposition retrouver $V_S = \frac{V_{CC}}{3 \times 2^n} (2^n \times a_n + \dots + 2^1 \times a_1 + 2^0 \times a_0)$.

2. Donner le nombre de points à pleine échelle : 2^n

3. Quel est le nombre max

4. Quelle est la tension de pleine échelle (U_{FS}).

5. Quelle est la résolution ou quantum ($U_{FS}/2^n$)



Réseau R-2R (2)

Exercice 10. BTS 2002 Etk Nouméa (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

Afin d'adapter la vitesse de fonctionnement du moteur à la pression P du réseau de sortie, on mesure la pression à l'aide d'un capteur de pression PT monté sur le réseau de sortie d'eau. Le pressostat fournit ensuite une tension continue U_{PT} , image de la pression P .

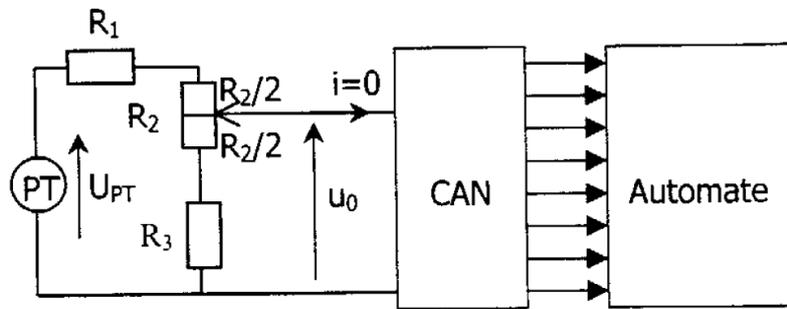


Figure 9

Le convertisseur analogique-numérique utilisé sera considéré comme ayant une résistance d'entrée infinie d'où $i = 0$. Pour le pressostat, $U_{PT} = kP$ avec $k = 2,0 \text{ V.bar}^{-1}$; la pression maximale à mesurer est de 10 bars.

On donne :

$R_2 = 1\text{k}\Omega$ et le curseur du potentiomètre est en position médiane.

$R_3 = 1\text{k}\Omega$.

- 4.1 Calculer la valeur à donner à la résistance R_1 , sachant que la tension u_0 appliquée à la carte contrôle du variateur doit être égale à 10V lorsque la pression à mesurer est maximale.
- 4.2 Le convertisseur analogique-numérique doit pouvoir convertir une tension u_0 comprise entre 0 et $U_{0\text{max}} = 10\text{V}$; la tension u_0 est codée sur $n = 8$ bits ; on définit la résolution $r = U_{0\text{max}}/2^n$. Calculer r et en déduire la plus petite valeur de la pression que l'on peut mesurer.
- 4.3 La pression P sur le réseau de sortie d'eau est fixée à 6 bars. Quel sera le mot binaire qui codera la tension u_0 correspondante ?

Exercice 11 . BTS 1999 Etk Nouméa Capteur de puissance réactive

Le capteur de puissance réactive est représenté sur la figure 3. Il est constitué:

- d'un capteur de courant L_1 tel que $\frac{i_s}{i_p} = \frac{4}{1000}$ (i_p et i_s , sont les intensités instantanées des courants

primaire et secondaire).

- d'un capteur de courant L_2 utilisé en capteur de tension, tel que $\frac{i_s}{i_p} = \frac{2500}{1000}$

Les courants d'entrée du multiplieur sont négligeables, ainsi que les impédances d'entrée des capteurs de courant L_1 et L_2 .

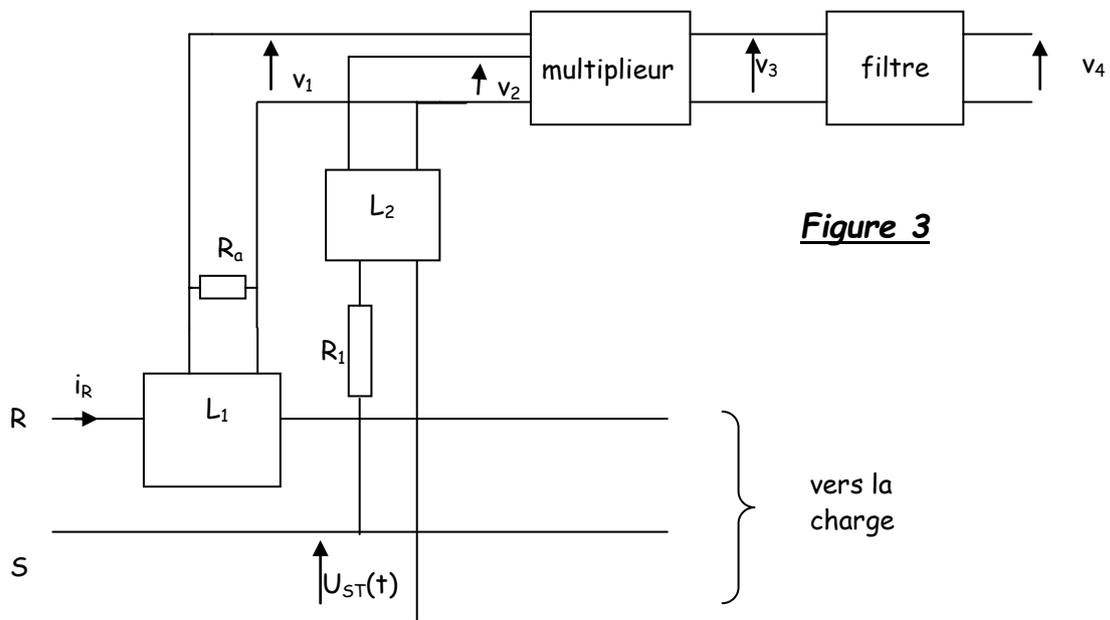


Figure 3

1. Capteur de courant

- 1.1. La résistance R_a , placée en parallèle sur la sortie du capteur de courant L_1 , permet d'obtenir en sortie $v_1 = 10 \text{ V}$ lorsque l'intensité i_R au primaire vaut 10 A . Calculer R_a .
- 1.2. Calculer le coefficient K_a , du capteur tel que $v_1 = K_a \cdot i_R$

2. Capteur de tension

- 2.1. Calculer les résistances R_1 et R_v , du capteur de tension pour obtenir en sortie $v_2 = 10 \text{ V}$ avec $i'_p = 10 \text{ mA}$, lorsque $u_{ST} = 600 \text{ V}$.
- 2.2. Le coefficient K_V du capteur est tel que $v_2 = K_V \cdot u_{ST}$. Vérifier que $K_V = 1,7 \cdot 10^{-2}$.

3. Le multiplieur

\underline{v}_R , v_S , et v_T sont les tensions simples du réseau triphasé de pulsation $\omega = 100\pi \text{ rad.s}^{-1}$ et de valeur efficace $V = 220 \text{ V}$.

- $v_R(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t)$ et $i_R(t) = I \cdot \sqrt{2} \cos(\omega t - \varphi)$,
- le multiplieur réalise : $v_3(t) = k_m \times v_1(t) \times v_2(t)$ avec $k_m = 0,10 \text{ V}^{-1}$

- 3.1. Représenter les vecteurs de Fresnel représentatifs de $v_R(t)$, $v_S(t)$ et $v_T(t)$. En déduire que

$$u_{ST}(t) = v_S(t) - v_T(t) = V \cdot \sqrt{6} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right).$$

- 3.2. Exprimer littéralement la sortie $v_3(t)$ du multiplieur en fonction de $i_R(t)$ et $u_{TS}(t)$ de K_a , K_V , et k_m .

- 3.3. Montrer que $v_3(t)$ s'exprime sous la forme

$$v_3(t) = V_0 + v(t)$$

où V_0 est une tension proportionnelle à la puissance réactive Q absorbée par la charge, et $v(t)$ une tension sinusoïdale de pulsation 2ω

On rappelle que $\cos a \cdot \cos b = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (\cos(a + b) + \cos(a - b))$.

4. Filtrage : on veut obtenir une tension v_u , proportionnelle à la puissance réactive Q .

4.1. Quel type de filtre proposeriez-vous ?

4.2. Donnez un ordre de grandeur de la fréquence de coupure de ce filtre ?

Exercice 12. BTS 1997 Etk Nouméa Capteur de courant

Pour assurer le fonctionnement de l'ensemble à la résonance, le module de commande compare une image du courant dans le four à une image de la tension appliquée de façon à détecter d'éventuels déphasages et à ajuster la fréquence de la tension en fonction de ceux-ci.

L'image du courant est obtenue à l'aide d'un capteur 'à compensation de courant', représenté schématiquement à la figure 3 ; une étude sommaire de ce capteur est proposée.

Sur un circuit magnétique en forme de tore sont bobinés n_0 tours de fil, parcourus par un courant d'intensité i_0 . Le fil parcouru par le courant à mesurer traverse la partie évidée du tore, constituant ainsi une unique spire. Les courants i et i_0 , lorsqu'ils sont de même signe, créent des flux qui s'opposent.

L'ensemble obéit au Théorème d'Ampère que l'on utilisera sous la forme

$$\sum H \cdot \ell = I$$

Le circuit magnétique comporte un entrefer dans lequel est placé un capteur à effet Hall délivrant une tension v_1 proportionnelle à la valeur b de l'intensité du champ magnétique dans lequel est plongé le capteur : $v_1 = kb$. Cette tension est transformée en un courant i_0 par un amplificateur de transconductance A , supposé parfait, et obéissant à la loi $i_0 = Gv_1$.

1. Compte tenu de ce qui a été décrit précédemment, calculer la somme e des ampères-tours (on comptera positivement les ampères-tours créés par i , et négativement ceux créés par i_0).

2. Dans le cas où le fonctionnement est idéal, h est nul dans tout le circuit magnétique. Exprimer alors i_0 en fonction de i et de n_0 .
3. La perméabilité relative du matériau constituant le tore étant très élevée, on admettra que seul le terme (hl) correspondant à l'entrefer est à prendre en considération. Etablir la relation entre h , la longueur e de l'entrefer, n_0 et les intensités i et i_0 . En déduire la relation entre b , e , $n_0 i$, i_0 et μ_0 (perméabilité magnétique du vide, de l'air, et de la sonde à effet Hall).
4. Exprimer v_1 en fonction des grandeurs précédentes et de k . A partir de cette relation et de la caractéristique de l'amplificateur de transconductance, déterminer l'expression de i_0 en fonction de i et des caractéristiques du montage.
5. On désire modéliser le capteur sous la forme classique représentée à la figure. 4.
 - 5.1. Que vaut la variable r de l'extrémité de la chaîne de retour ? En déduire la valeur de la transmittance K_1 .
 - 5.2. Déterminer H_1
 - 5.3. Déterminer la fonction de transfert $T = i_0/i$ de l'ensemble. Retrouver pour cette méthode l'expression de i_0 en fonction de i .
 - 5.4. A quelle condition cette fonction de transfert est-elle voisine de celle obtenue à la question 2 ci-dessus ?

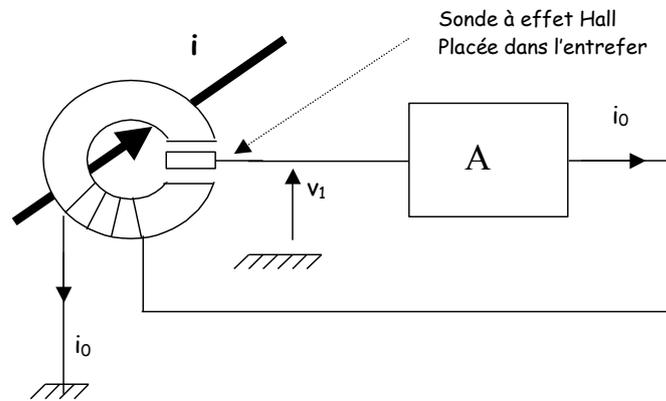


fig 3

