

TP n°3 : étude de quelques capteurs et de la mise en forme du signal.

Buts du TP : le but de ce troisième TP de seconde année est l'étude de trois capteurs dont le principe théorique a été vu en cours :

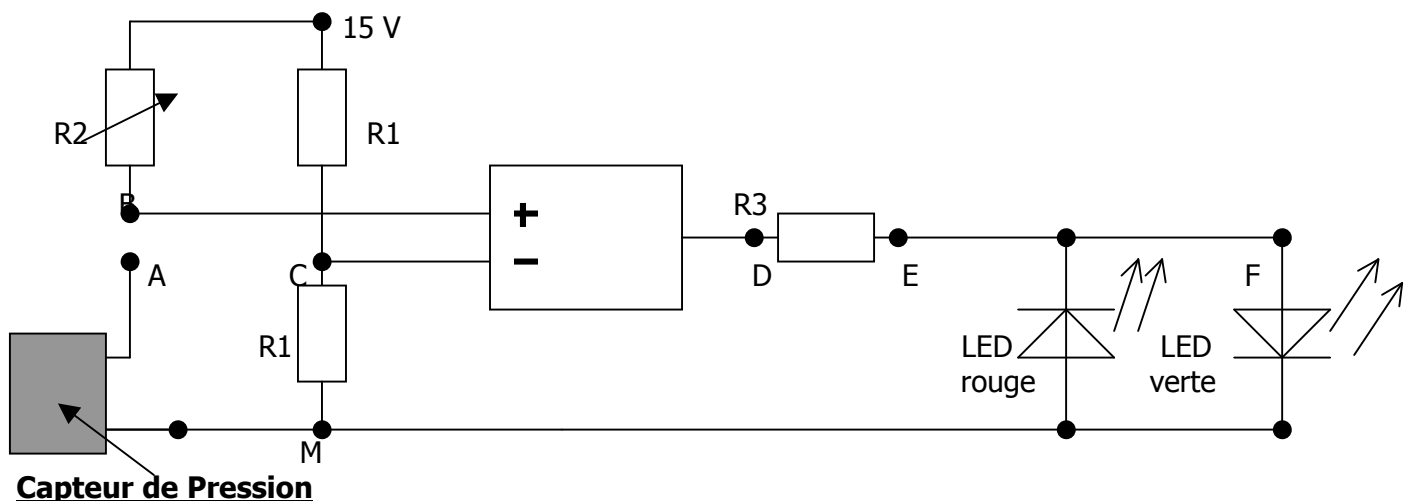
- capteur de pression
- capteur de température (thermorésistance)
- capteur à effet Hall.

Pour le premier capteur, on étudiera le schéma de mise en forme du signal après le capteur.

1°) - capteur de pression.

1°) - a - Capteur et chaîne de transmission.

Le schéma du montage total est le suivant :

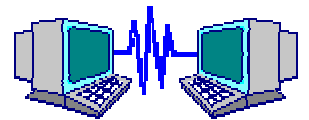


Les valeurs des composants sont : $R1 = 100\text{ k}\Omega$, $R2$ potentiomètre de $47\text{ k}\Omega$.

La chaîne de transmission est constituée du capteur de pression, **dont la résistance varie en fonction de la pression exercée sur celui-ci**, d'un pont de résistances, d'un montage à ampli op, et d'un montage à 2 LED montées en inverse.

On appelle R la résistance du capteur de pression.

- Donner la valeur de V_{CM} .
- Exprimer la valeur de V_{AM} en fonction de R et de $R2$ si les points A et B sont reliés.
- En déduire l'expression de $\varepsilon = V_{BC}$ en fonction de R et $R1$.
- Donner le signe de V_{BC} en fonction de la valeur de R par rapport à $R2$.
- En déduire la valeur de la sortie de l'AO V_{DM} en fonction de la valeur de R par rapport à $R2$.
- Préciser quelle est la diode qui éclaire en fonction de la valeur de R par rapport à $R2$.
- On aimerait que, lorsque la sortie de l'AO est à $+15\text{ V}$, le courant dans la LED soit de 50 mA . Sachant que la tension de seuil de la LED est de l'ordre de $1,5\text{ V}$, préciser la valeur de la résistance $R3$ à placer entre les points D et E pour avoir cette situation.



1°) - b - caractéristique du capteur de pression.

On aimerait connaître la caractéristique du capteur, à savoir comment varie la résistance du capteur en fonction de la pression exercée sur celui-ci.

Pour cela, on dispose de poids que l'on va disposer sur le capteur.

Placer les différents poids sur le capteur et mesurer la valeur de la résistance entre les points A et B .

Tracer la courbe $R = f(m)$. Est-elle linéaire ?

Donner la valeur de m qui fait que $R = 10 \text{ k}\Omega$.

Lorsque cette courbe sera tracée, on tournera le potentiomètre de manière à avoir $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

On connectera ensuite A et B pour mettre en fonctionnement la chaîne de transmission.

1°) - c - Pont de wheatstone, montage à AO et montage à diodes rouge et verte.

Pour $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, relever la courbe V_{BC} en fonction de m pour différentes valeurs de m. Est-ce cohérent avec le 1) a) ?

Comment s'appelle le montage à AO ? Quel est son rôle ?

Reprendre différentes valeurs de m et mesure les valeurs de V_{BC} et de V_{DM} : conclusion ?

Que vaut V_{BC} lorsque $m = 0$? (état n°1)

Que vaut V_{BC} lorsque on appuie fortement sur le capteur de pression avec le doigt ? (état n°2)

En déduire l'état des diodes rouge et verte selon l'état.

Placer la résistance R_3 calculée au 1°) a) - entre D et E et vérifier par la pratique ce qui précède.

2°) - capteur de température.

2°) - a - Fonctionnement du capteur : Une thermistance, désignée encore par l'appellation « résistance CTN » (Coefficient de Température Négatif) est un dipôle semi-conducteur dont la résistance varie suivant la loi :

$$R = R_0 \cdot e^{\left(\frac{B}{K} - \frac{B}{298}\right)}$$

(K est la température en degrés Kelvin **$K = t^\circ + 273$** : R_0 est la résistance de référence à $t = 25^\circ\text{C}$)
C'est un résistor commandé : dipôle non polarisé dont la résistance diminue fortement si la température augmente.

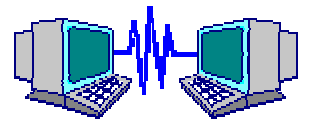
2°) - b - Relevé de la caractéristique CTN :

La CTN est placée sur une résistance de puissance de **10Ω ; $7W$** avec un capteur de température LM35.

En faisant varier la tension U_{chauf} aux bornes de la résistance de puissance, on fait varier sa température.

Le capteur de température LM35 délivre à ses bornes une tension proportionnelle à la température

$V_{\text{capteur}} = \theta \cdot (10 \cdot 10^{-3})$ θ = température en $^\circ\text{C}$ et V_{capteur} en V.



Sur la maquette mise à votre disposition, repérer :

- Les bornes d'alimentation de la résistance de puissance,
- Les bornes d'alimentation [0 ;5V] du LM35,
- Les bornes de la CTN,
- Les bornes de sortie du capteur de température.

Attention ! On veillera à ne pas dépasser $U_{\text{chauf}} = 5,5\text{V}$ aux bornes de la résistance de puissance.

Méthode pour relever la caractéristique :

régler U_{chauf} à **5.5V** ; laisser la température atteindre 80°C , soit $U_{\text{capteur}} = 0.8\text{V}$. Puis couper l'alimentation de chauffage ; la résistance diminue alors lentement . Relever alors U_{capteur} et R_{CTN} pour différentes valeurs comprises entre 80°C et 30°C .

Tracé de la caractéristique pratique :

A partir du tableau de relevés précédent, tracer la caractéristique $R_{\text{CTN}} = f(\theta)$

Sachant que le constructeur donne $R_0 = 68\text{k}\Omega$, calculer la valeur du coefficient **B** de la formule théorique à partir de quelques points de mesure.

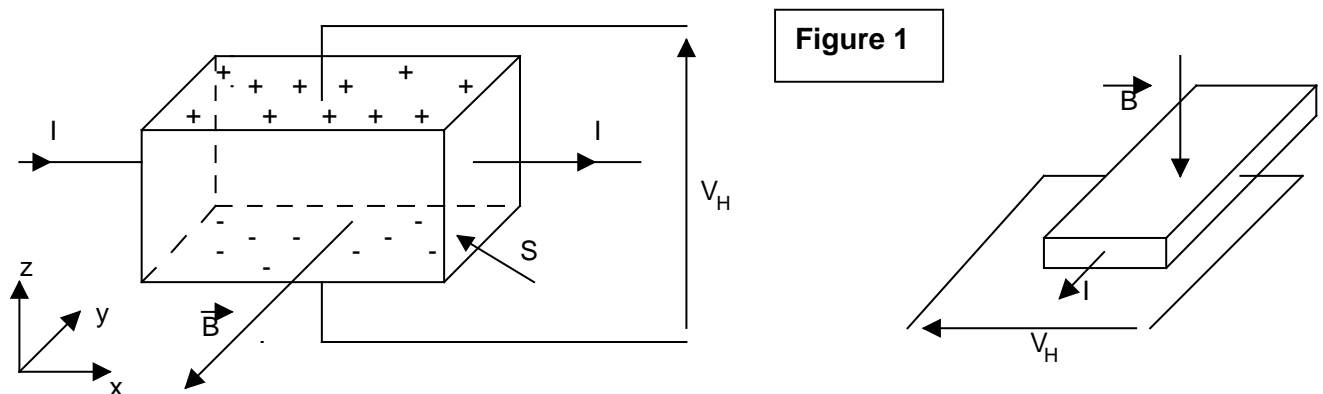
3°) - capteur de Hall.

3°) - a - Principe de fonctionnement du capteur de Hall

Une puce de silicium est traversée par un courant selon l'axe des x et est en même temps soumise à un champ magnétique selon l'axe des y (voir figure 1).

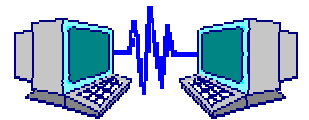
Les électrons de la puce de silicium, de charge $-e$, sont soumis à la force de Lorentz $\vec{F}_1 = (-e) \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$ et elle est dirigée selon l'axe des z. Il en résulte que les électrons sont déviés vers le bas.

Il se crée alors un champ électrique \vec{E} (comme pour un condensateur) qui donne naissance, entre les faces, à une différence de potentiel $V_H = E \cdot d$ (où d est la distance entre les faces).



De plus, V_H est proportionnelle à B et à I : on pourra donc, en mesurant V_H , avoir une mesure de B ou de I.

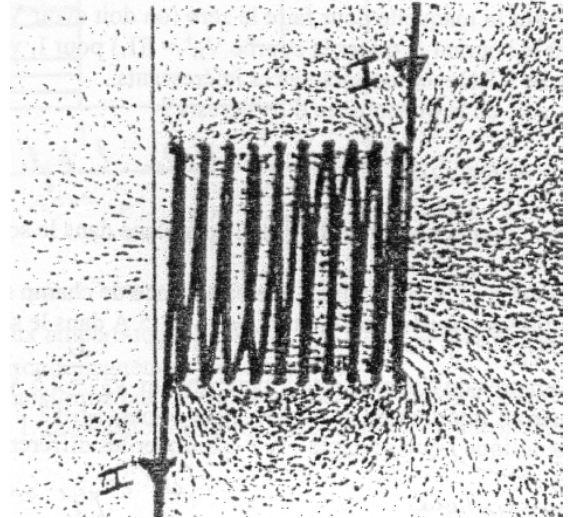
- Indiquer, sur un schéma, le sens de I, le sens de \vec{B} et le sens de \vec{E} .
- Si on fait passer un courant constant connu I, quelle sera l'allure de la courbe $V_H = f(B)$?



3°) - b - Utilisation comme détecteur de métaux ferromagnétiques

On considère un solénoïde comportant N spires.

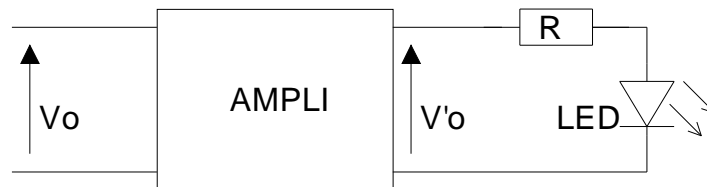
En vous aidant de la figure ci-dessous où on a déposé de la limaille de fer dans le solénoïde, dessiner les lignes de champ et, en quelques points, le champ magnétique.



On place une sonde de Hall à l'intérieur du solénoïde.

On mesure un champ B_0 lorsque le solénoïde est parcouru par un courant I_0 .

A la sortie de l'appareil qui mesure B_0 (teslamètre), on a la possibilité de recueillir une tension continue V_0 proportionnelle à B_0 . Cette tension est trop faible pour allumer une LED (la tension de seuil d'une LED rouge est d'environ 1,5 V). Donner le montage à amplificateur opérationnel nécessaire pour amplifier $V_0 = 30$ mV et obtenir une tension $V'_0 = 5$ V. On précisera les valeurs des résistances nécessaires à ce montage. La LED va-t-elle s'allumer ?



On place dans le solénoïde un outil ferromagnétique. Comment cet outil va-t-il modifier les lignes de champ dans le solénoïde ? En déduire l'état de la diode lorsqu'on place l'outil.

3°) - c - Utilisation comme détecteur de métaux ferromagnétiques

On prendra le solénoïde dans sa totalité et le capteur de Hall sera placé au centre du solénoïde.

Faire le zéro du teslamètre pour le plus petit calibre en l'absence de champ magnétique.

Placer en sortie du teslamètre le montage amplificateur déterminé au paragraphe précédent, la LED et $R = 68 \Omega$.

A l'aide d'une alimentation stabilisée, imposer un courant $I_1 = 1,5$ A dans le solénoïde, et relever les valeurs de B_0 et V_0 .

La LED s'allume-t-elle ?

Placer une feuille de papier à l'intérieur du solénoïde : que se passe-t-il ?

Agir de même avec un outil ferromagnétique (tournevis ou clé à pipe) en faisant attention de ne pas heurter la sonde de Hall très fragile : que se passe-t-il ? Expliquer les différentes phases de l'expérience.