

Montage n°23

Capteurs : Caractérisation Utilisation.

①

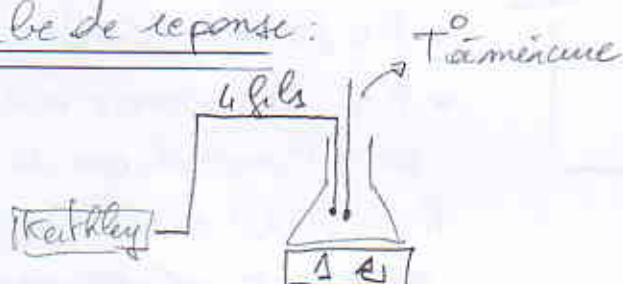
Introduction :

Un capteur est un dispositif permettant de convertir une grandeur physique non électrique en grandeur électrique afin de la quantifier. On peut étudier soit la variation d'une impédance (capteurs passifs) soit la génération d'un courant, d'une tension ou d'une charge (capteurs actifs). Le signal mesuré pourra être une fréquence ou une tension.

1) Capteurs de Température : Étude de la résistance de Platine.

1) Courbe de réponse :

Montage :



Manipulation :

faire des mesures tous les dix degrés.

Observation : On trace $R = f(T)$ on obtient une droite d'où la RPT a une réponse linéaire. $R = R_0(1 + \alpha T)$

Rq : la comparaison avec les valeurs tabulées est excellente

2) Intérêt du montage 4 fils :

On place la RPT dans un bain de glace à 0°C (évite l'autoéchauffement).

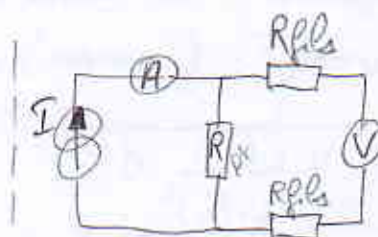
→ mesure en 2 fils : $R = ? \Rightarrow T = ?$ Incertitude (Notice Keithley)

mesure en 4 fils : $R = ? \Rightarrow T = ?$ Incertitude \Rightarrow vraie valeur de R_0 à 0,06 près

→ On rajoute une résistance symbolisant un fil supplémentaire.

\Rightarrow la mesure en 2 fils évolue mais pas celle en 4 fils.

→ Explications :



4 fils :
 $2 \text{ volt} \rightarrow \infty \Rightarrow i' = 0$
 $\frac{V}{I} = R$

3) Reproductibilité :

Toujours dans un bain de glace effectuer plusieurs mesures de R : convertie en T avec la m RPT à des instants \neq cl : bonne reproductibilité.

4) Dispersion :

De même, faire plusieurs mesures au m instant avec des RPT \neq .

5) Sensibilité:

Apartir de la pente de la courbe de réponse: $S = \frac{\Delta R}{\Delta T}$ sensibilité
faible

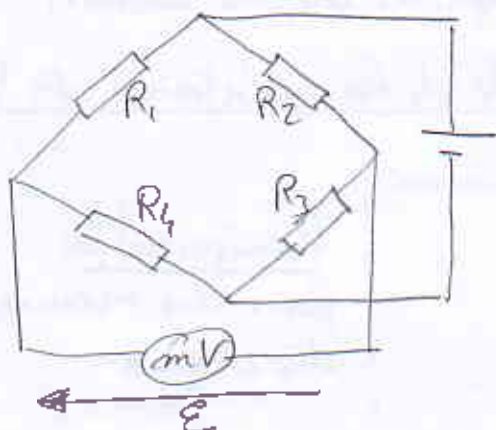
el: Sensibilité faible, mais très bonne reproductibilité et Platine insensible à la corrosion font que la RPT a été choisie comme l'instrument légal d'interpolation des T° .



II Mesure d'une déformation mécanique

1) Effet d'une déformation:

→ Montage:



- * R_1 et R_2 résistances HOZP devant être précise.
- * R_4 jauge 350Ω
- * R_3 : résistance avec boîte A.P. et fil métallique réglable.
 $R_3 \approx 350\Omega$ mais lajuster pour avoir $E \approx 0,00mV$.

→ Manipulation:

1. Fléchir la poutre et noter l'ordre de grandeur des variations ΔR de la jauge à l'aide d'un ohmètre: $\Rightarrow \Delta R_4 \approx 0,1\Omega$
(on utilise donc un pont pour sa grande sensibilité)
2. Si faibles déformations: $\Delta R \% \propto$ la masse donc $E \% \propto$ la masse.
Tracer $E = f(\text{masse})$: $E \uparrow$ \rightarrow m R_4 : $E = V \frac{R_1}{(R_4 + R_1)^2} \Delta R$
 \Rightarrow droite.

2) Doublement de la sensibilité:

Si on remplace R_3 par la jauge et met dessous la poutre, on doit rééquilibrer le pont à ajoutant une résistance à une jauge.

On effectue alors le tracer $E = f(\text{masse}) \Rightarrow$ droite de pente double à la précédente.

$E \uparrow$ \rightarrow m R_4 : $E = V \frac{2R_1}{(R_4 + R_1)^2} \Delta R$

3) Application: Détermination du module d'Young de la lame

Soit K le facteur de jauge tel que $\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l} = K \epsilon$.

on en déduit E en mesurant $\Delta R/R$ pour un couple (F, x)

On a la relation:

$$E = \frac{6XF}{\ell e^3}$$

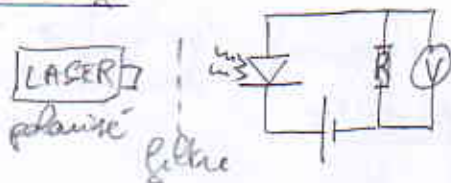
avec x : dist pt d'applie force F
 ℓ : largeur
 e : épaisseur

III Un capteur actif: la photodiode:

1) Etalonnage et linéarité de la réponse:



Montage:



- la photodiode est polarisée en inverse
- le laser polarisé évite la fluctuation importante de la puissance lumineuse.
- On place un choc noir pour ne pas avoir saturation

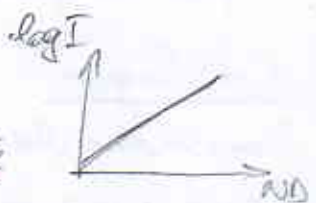
Manipulations:

- Sous un même éclairage, vérifiez que V est % à R : le courant est indépendant des caractéristiques du montage. C'est bien le photocourant que l'on mesure.



Cl: la photodiode est un générateur de courant.

- Influence de l'éclairage: on a $\phi \propto 10^{-10}$. Comme I est % à ϕ alors $\log I = f(ND) \Leftrightarrow$ droite



2) Sensibilité:

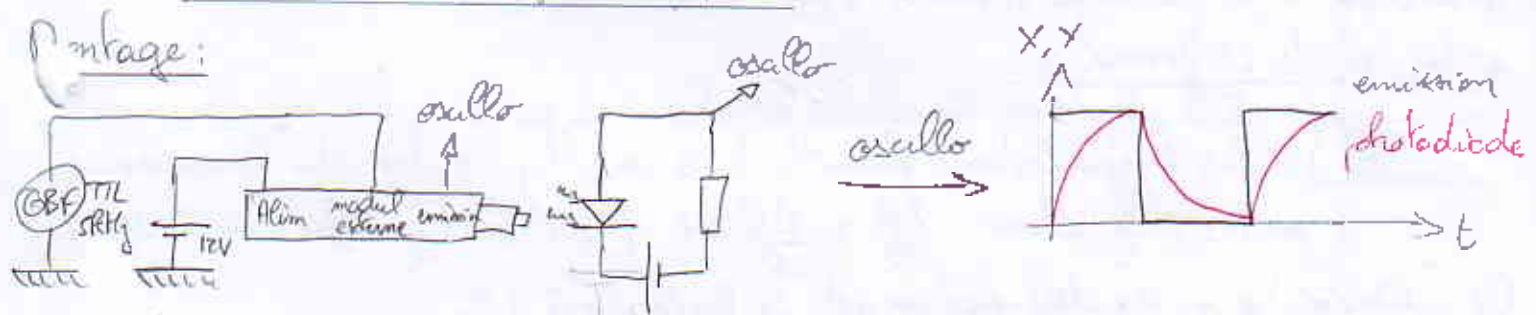
Attention elle dépend de λ , ici on l'évalue pour le rouge:

On éclaire avec le laser seul: Sensibilité = $\frac{I}{P_{laser}}$ Pour λ_{rouge}

Rq On peut comparer avec la donnée constructeur.

3) Evaluation du temps de réponse:

Montage:



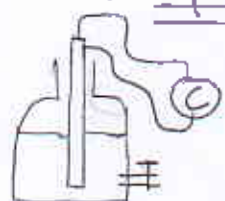
Explication:

la diode est équivalente à une capacité (zone de depletion \Rightarrow diélectrique). l'ensemble avec la résistance équivalent à un filtre RC.

Resue: en évaluant τ on a accès à C_{diode} à comparer avec valeur constructeur

IV Autres capteurs:

1) Capteur de niveau d'eau:

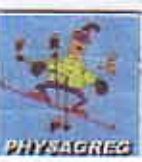


la capacité est % au niveau d'eau $C = f(R) \Leftrightarrow$ droite

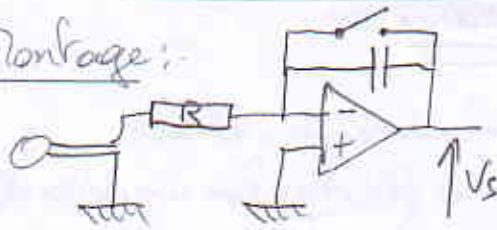


Cl: Resue capacité = mesure niveau d'eau mais faible reproductibilité (impuretés perturbent la mesure)

2) Principe du fluxmètre électronique :



Montage :



PB d'étalonnage :

- dérive due au courant de polarisation (choix de l'AO)
- dérive due à tension d'offset : (potentiomètre/multimètre)

Manipulation :

d'où mesures de champs faits

1- On a $V_s = -\frac{N \dot{\Phi}}{RC}$. Si on trace $V_s = f(B)$ = droite.

On mesure B grâce à une sonde à effet Hall.

2- la sensibilité peut être déduite de la pente de la droite que l'on peut comparer avec celle calculée : $\frac{NS}{RC}$.

Conclusion :

Dans notre vie de tous les jours, ce sont des capteurs qui nous donnent souvent des informations (ex : voiture \Rightarrow T°, niveaux...). On choisira le type de capteur en fonction de la mesure à effectuer. (Plutôt la précision ou plutôt la sensibilité...)

→ la linéarité n'est pas un critère obligatoire que doit vérifier un capteur

→ Caractéristique d'un capteur :

relation univoque / reproductibilité / sensibilité / temps de réponse / dispersion
grandeur d'influence (valeurs \pm selon le calibre)

→ Jauge de déformation



Elle est dans la même arête à la poutre.

les Aller / retour permettent la multiplication des longueurs

$R = \rho \frac{l}{S}$ donc $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l}$ si $\rho = cte$. ($\frac{R}{l}$: facteur de jauge).

Rq : linéarité si la déformation est inférieure à 1%.

Dipôle passif réalisé avec des poudres semi-conductrices agglomérées ("fritées"), la thermistance se présente sous forme de disque ou de bâtonnet marqué suivant le code des couleurs des résistances. La caractéristique est non linéaire et dépend fortement de la température. On distingue :

- Les thermistances à coefficient de température négatif (CTN).
- Les thermistances à coefficient de température positif (CTP).

I - ÉTUDE DES THERMISTANCES CTN

EXPÉRIENCE 1 : tracé de la caractéristique courant-tension

Généralement, le constructeur donne la valeur de la résistance à la température ambiante ainsi que l'intensité maximale admissible. Par exemple thermistance 68 Ω avec 6 V et 100 mA.

On se reportera à "Caractéristiques" pour le détail du montage et du matériel. La caractéristique a l'allure donnée sur la figure T7.

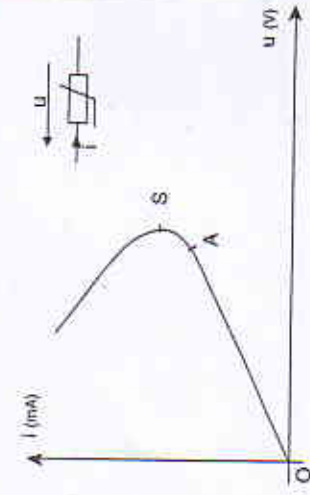


Figure T7

À partir du tracé $i = f(u)$, on peut :

- Déterminer la résistance statique dans le domaine linéaire (à la température ambiante) OA.
- Déterminer la résistance dynamique pour les trois zones : entre O et S, $R_d > 0$, en S $R_d = 0$, au-delà de S où $R_d < 0$.

EXPÉRIENCE 2 : variation de la résistance en fonction de la température

Lorsque la température augmente, le nombre de porteurs augmente, la résistance R diminue. On montre que la loi $R(T)$ est de la forme :

$$R(T) = R_0 \exp(B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})) \quad (1)$$

$R_0 = R(T_0)$ température de référence (généralement température ambiante 20 °C).

$$B = \frac{\text{largeur de la bande interdite}}{\text{Cte de Boltzmann}} = \frac{\Delta W}{2k}$$

Le montage est très simple : la thermistance est reliée à un ohmmètre.

On mesure R pour différentes valeurs de la température ; on utilise une des procédures ci-dessous :

- on utilise quelques points fixes pris entre la fusion du mercure et la fusion de l'étain (voir tableau).
- on compare à un thermomètre de référence placée dans de l'eau que l'on porte à ébullition.

- Une thermistance
- Un ohmmètre
- Un cristalliseur, un tube à essai, un chauffe-ballon
- Divers supports
- Un thermomètre
- Des points fixes :
- fusion du mercure, fusion de la glace, vaporisation de l'alcool, de l'eau...
- Du pétrole

À titre d'exemple nous donnons les résultats (procédure (a)) pour une thermistance "68 Ω".

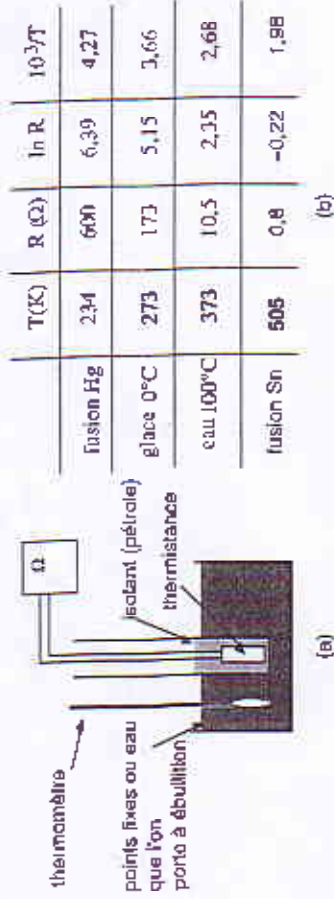


Figure T8 : (a) montage, (b) tableau pour une thermistance 68 Ω

Ces résultats nous montrent (figure T9) que le milieu est bien "semi-conducteur" : en effet, aux basses températures il se comporte comme un isolant (R infinie) tandis qu'aux températures "élevées", il se comporte comme un conducteur (R quasi nulle). La thermistance pourra donc être utilisée entre - 40°C (Hg) et +100 à 150 °C.

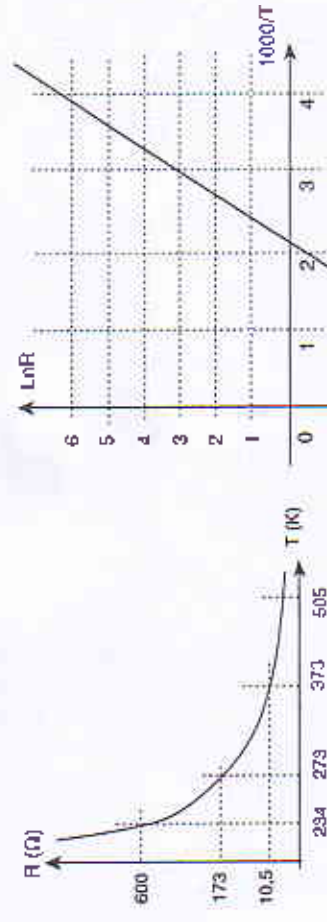


Figure T9

Figure T10

Exploitation

1) On trace $\ln R = f(\frac{1}{T})$ (figure T10) : si le modèle (1) est correct, l'équation doit être :

$$\ln R = \ln R_0 + B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})$$

Avec cette thermistance "68 ohms" on obtient ainsi : $B \approx 2800$ K

D'où l'ordre de grandeur de la largeur de la bande interdite : $\Delta W = 2 k B \approx 0,54$ eV.

coefficient de température α :

- région I : $\alpha < 0$ et faible
- région II : $\alpha > 0$ et élevé
- région III : $\alpha < 0$ et faible

La thermistance CTP est utilisée dans la région II (approximativement entre 0 et 150 °C).

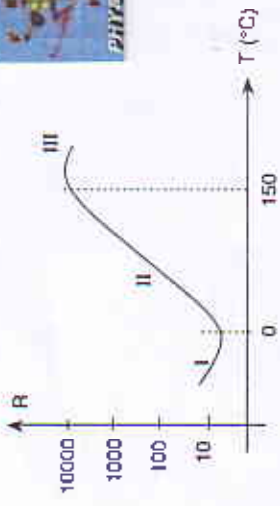


Figure T 12 (valeurs approximatives)

Applications

On utilise l'effet Joule pour réchauffer certains liquides tel que le "gazole" : on alimente la CTP par un courant continu (batterie) ; à froid, la résistance CTP est faible, la puissance consommée u^2/R élevée (jusqu'à 250 W), le liquide s'échauffe. Lorsque le gazole est chaud, la résistance CTP est élevée, la puissance consommée devient négligeable. La température des CTP ne pouvant pas dépasser 150 °C environ, il n'y a aucun risque d'incendie.

THERMOÉLECTRIQUES (EFFETS) (voir le Tome 2 page 117)

THERMOÉLECTRONIQUE (ÉMISSION) (voir le Tome 2 pages 121 et 285, et le Tome 3 page 124)

THÉVENIN (GÉNÉRATEUR DE) (voir "Tensions (mesures des)", "Potentiomètres" ...)

Un réseau électrique vu de deux points A et B est équivalent à un générateur de tension de f.e.m. u_0 et de résistance interne R_0 . Le théorème de Thévenin donne la procédure de calcul de ces deux grandeurs :

- u_0 est la tension (à vide) entre les points A et B.
- R_0 est la résistance entre A et B, le réseau étant rendu passif.

THOMSON J.J. (MÉTHODE DE) (voir "Mouvements des charges électriques")

Expérience permettant de mesurer le rapport e/m pour un électron à partir de la compensation des forces électriques et magnétiques appliquées.

THOMSON (PONT DOUBLE DE) (voir "Mesures des résistances")

Pont utilisé pour la mesure des faibles résistances, il nécessite un double équilibre. Son usage n'a plus cours actuellement aussi n'est-il pas décrit dans cet ouvrage.

THOMSON ÉLIHU (EXPÉRIENCE DE) (voir "Induction" et "Laplace (Forces de)")

Lors des phénomènes d'induction, les intensités induite et induite sont en opposition de phase.
+ Thomson Élihu (1853 - 1937)

T (K)	234	273	373	505
α (% K ⁻¹)	-5	-3,7	-2	-1,1

Dans la zone d'exploitation courante de cette thermistance, α est de l'ordre de 4 % par degré.

Applications

1) Mesure des températures (voir le tome 2) ; exemple :

On mesure une température dans la zone indiquée ci-dessus. Un bon exemple est la mesure de la température d'un mélange réfrigérant : [glace pilée + NaCl + eau] avec lequel on peut atteindre facilement - 16 °C.

$$R = \dots\dots\dots \Omega \rightarrow T = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$$

2) Régulation

La thermistance joue le rôle de capteur de température et commande (par l'intermédiaire d'un relais) la mise en route ou l'arrêt d'un appareillage.

REMARQUE

La thermistance étant parcourue par un courant, il faut en général tenir compte de son échauffement par effet Joule ; cet échauffement est la principale cause d'erreur de mesure. On définit ainsi un coefficient d'échauffement K en air calme à la pression normale par $K = \frac{P}{\Delta\theta}$ (P = puissance dissipée dans R ; $\Delta\theta$ = échauffement)

On comprend donc que les thermistances soient peu utilisées comme thermomètre de précision.
 \Rightarrow Notons cependant qu'une façon de réduire cet inconvénient est d'utiliser une thermistance de résistance plus élevée (par exemple une thermistance 15 K Ω à 25 °C) ; le courant qui circule est alors de l'ordre 0,1 mA, l'effet Joule minime, l'échauffement négligeable.

II - ÉTUDE DES THERMISTANCES CTP

EXPÉRIENCE 1 : tracé de la caractéristique courant-tension

Voir ci-dessus. La caractéristique a l'allure donnée sur la figure T11.

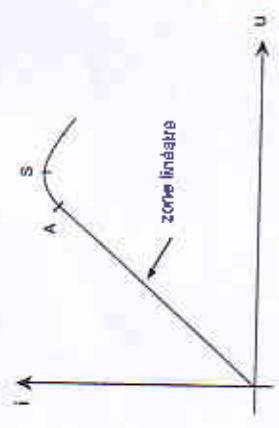


Figure T 11

À partir du tracé $i = f(u)$, on peut :

- Déterminer la résistance statique dans le domaine linéaire (à la température ambiante) OA.
- Déterminer la résistance dynamique pour les trois zones : entre O et S, $R_d > 0$, en S $R_d = 0$, au-delà de S où $R_d < 0$.

EXPÉRIENCE 2 : variation de la résistance en fonction de la température

Le montage est identique au précédent, on remplace la CTN par une CTP.