« Suite »

- capteurs actifs
- capteurs passifs

1) **capteur actif :**

Un capteur est actif s'il se présente vu de sa sortie comme un générateur "s" est alors une charge ou une tension ou un courant.

$$m \longrightarrow \boxed{\text{capteur}} \longrightarrow s$$

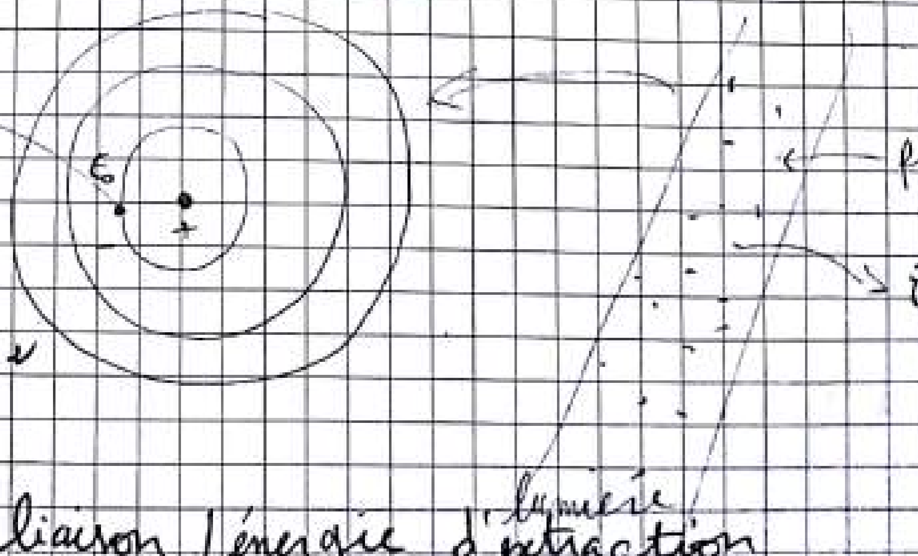
Le principe de fonctionnement d'un capteur actif est basé sur un effet physique qui assure la conversion de l'énergie du mesurande en une énergie électrique. Les effets physiques les plus classiques sont :

- **Effet photoélectrique :**

• Si $E > E_0$

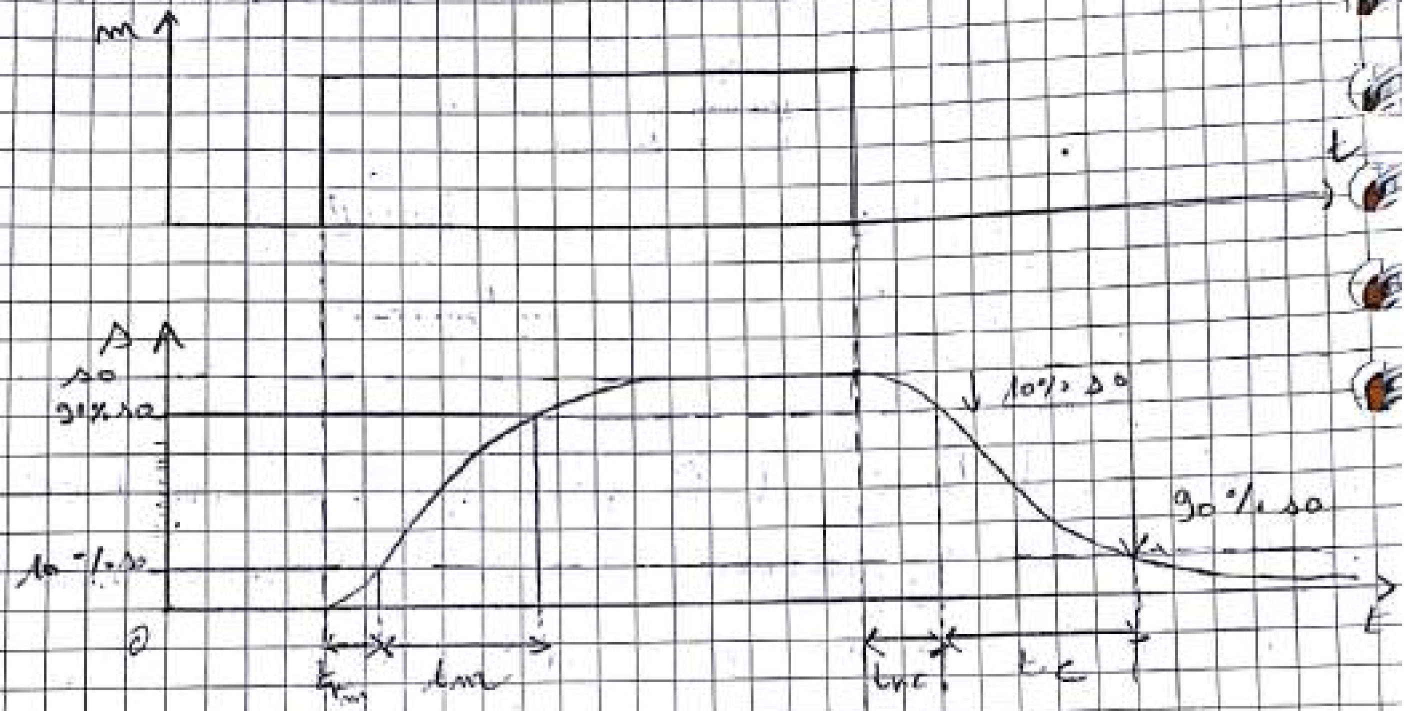
L'électron est éjecté

$E - E_0 = \frac{1}{2} m V^2$



E_0 : énergie de liaison / énergie d'extraction

Variation brusque de mesurande jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur ne diffère plus de sa valeur finale que d'un écart de ε %



- **temps de retard à la montée trm**

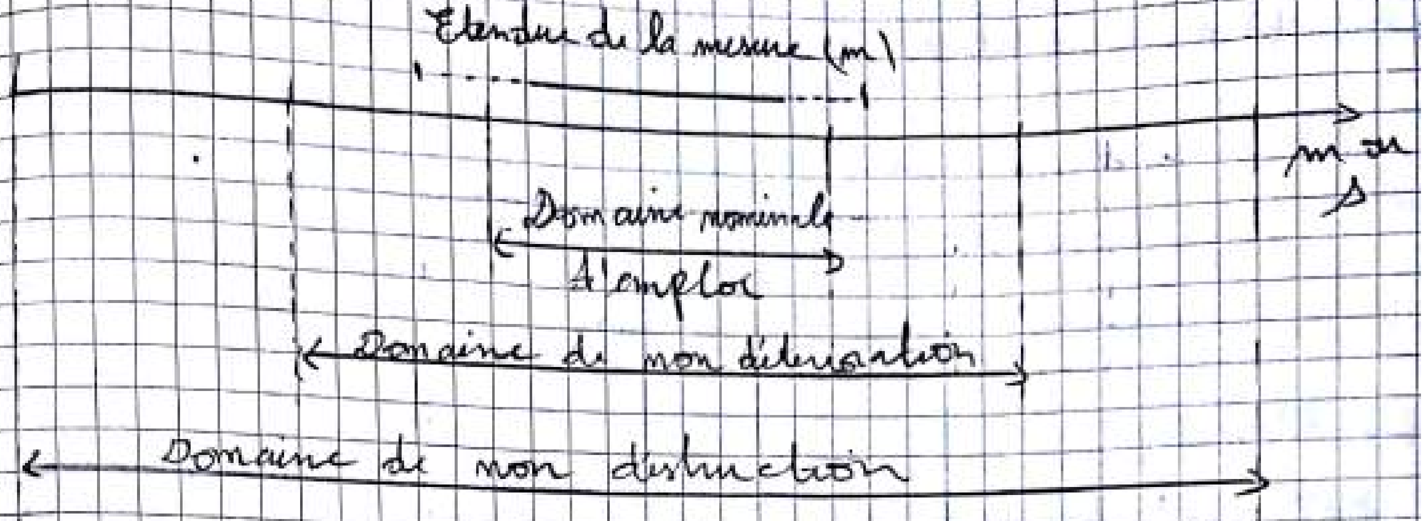
c'est l'intervalle de temps correspondant à la croissance de s de sa valeur initiale jusqu'à 10 % de sa variation totale.

- **temps de montée tm**

c'est l'intervalle de temps correspondant à la croissance de s de 10 % à 90 % de sa variation totale.

Dans le cas d'un échelon entrainant la décroissance de s, on définit de manière analogue le temps du retard à la chute trc et le temps de chute tc

IX - Limites d'utilisation d'un capteur :



1 - Domaine nominale d'emploi :

Il correspond au domaine normale d'utilisation, ses bornes correspondent aux valeurs extrêmes que peuvent atteindre m ou s sans modifier les caractéristiques du fonctionnement du capteur.

2 - Domaine de non deterioration :

Lorsque m ou s dépasse les limites du domaine nominale d'emploi tout en restant inferieur au limite du domaine de non deterioration, les caracteristiques du capteur sont modifiées cette modification est réversible.

3 - Domaine de non destruction :

Lorsque les valeurs de m ou s dépassent les limites du domaine de non deteriaration tout en restant inferieur au limite du domaine de non destruction, les caractéristiques du capteur sont

modifiées de façon irréversible.
La réutilisation du capteur dans le domaine nominale d'emploi nécessitera un nouvel étalonnage.

Étendue de la mesure
- en intervalle $[m_{min}, m_{max}]$
- en valeur $m_{max} - m_{min}$

• Étendue de la mesure
Elle est souvent identique au domaine nominale d'emploi pour ce qui du mesurande elle peut être légèrement réduite ou étendue

I - Grandeurs d'influence.

• Dans le cas idéal : $s = f(m)$
• Dans le cas réel : $s = f(m, g_1, g_2, \dots)$
$\Rightarrow g_1, g_2 \dots$ grandeurs parasites ou grandeurs d'influence

- Le capteur peut se trouver soumis à d'autres grandeurs physiques que le mesurande m, dont la variation entraine un changement de s, ces grandeurs parasites sont appellées grandeurs d'influence.
pour déduire la valeur de m à partir de s, il est

nécessaire de :

- Soit réduire l'importance de ces grandeurs au niveau du capteur en utilisant un isolement adéquat

- Soit d'utiliser des montages qui compensent l'influence de ces grandeurs.

- Soit stabiliser ces grandeurs à des valeurs connues et d'étalonner le capteur dans ces conditions.

XI - Les erreurs de mesure :

L'erreur de mesure est l'écart entre la vraie valeur et la valeur mesurée, cette erreur ne peut être estimée, on distingue deux types d'erreurs :
les erreurs systématiques et les erreurs accidentelles

- Erreurs systématiques :

L'erreur systématique introduit un décalage constant entre la valeur vraie et la valeur mesurée, elle se détecte en comparant les valeurs moyennes d'un même mesurande données par deux capteurs différents.
Les causes les plus fréquentes de cette erreur sont la mauvaise utilisation ou la mauvaise connaissance du capteur, ces erreurs peuvent être annulées

• Erreurs accidentelles :

Elles sont dites aussi erreurs aléatoires, certaines des causes sont connues mais les valeurs des erreurs qu'elles entraînent sont inconnues. Les causes principales de ces erreurs sont :

la présence de signaux d'influence, parasites ou les erreurs de lecture.

Ces erreurs là ne peuvent pas être annulées mais peuvent être réduites.

XII - Fidélité, justesse, précision (exactitude) :

- Soient n valeurs mesurées du même mesurande m_0 (valeur vraie), on aura donc : $m_1, m_2 \dots m_n$

- La valeur mesurée est :

$$\overline{m} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} m_i$$

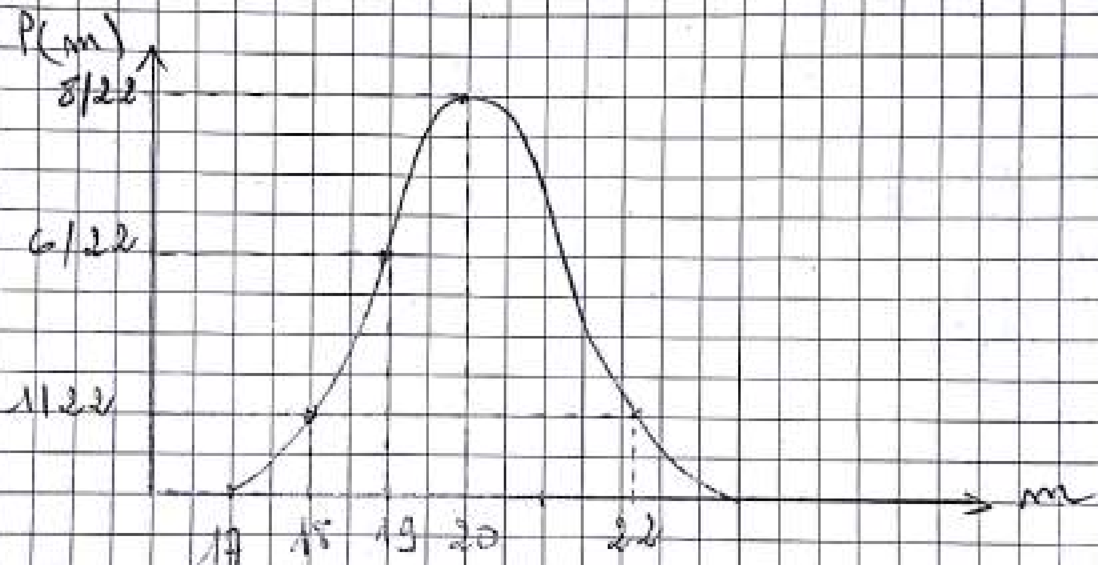
- Soit $P(m)$ la distribution des valeurs des mesures c-à-d la densité de probabilité des mesures

exp :

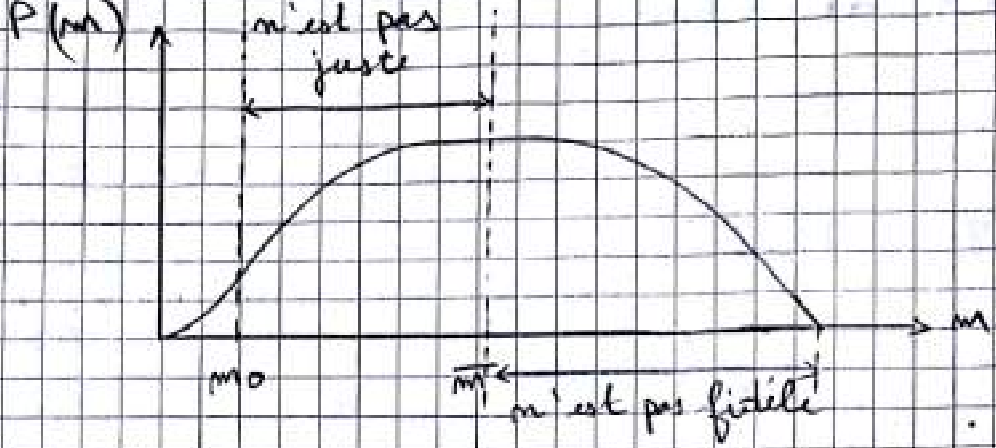
20	20	22	19	19
20	21	21	20	19
21	20	20	18	
20	21	21	19	
19	19	20	21	

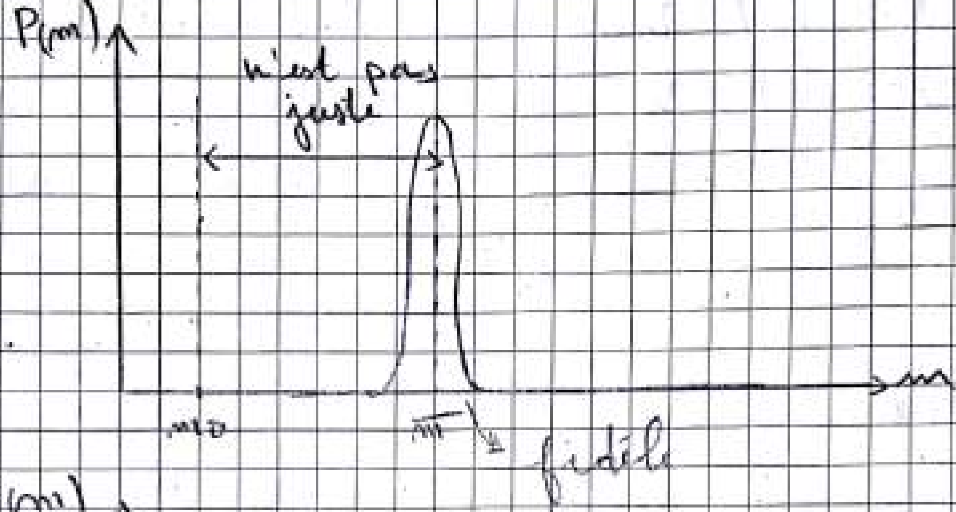
• calcul de P(m) :

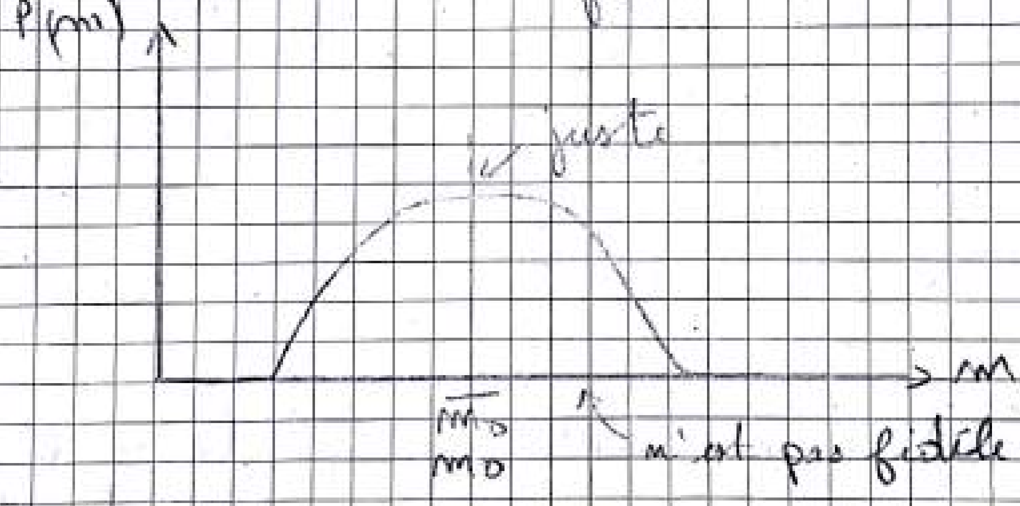
m	$P(m)$
18	1/22
19	6/22
20	8/22
21	6/22
22	1/22

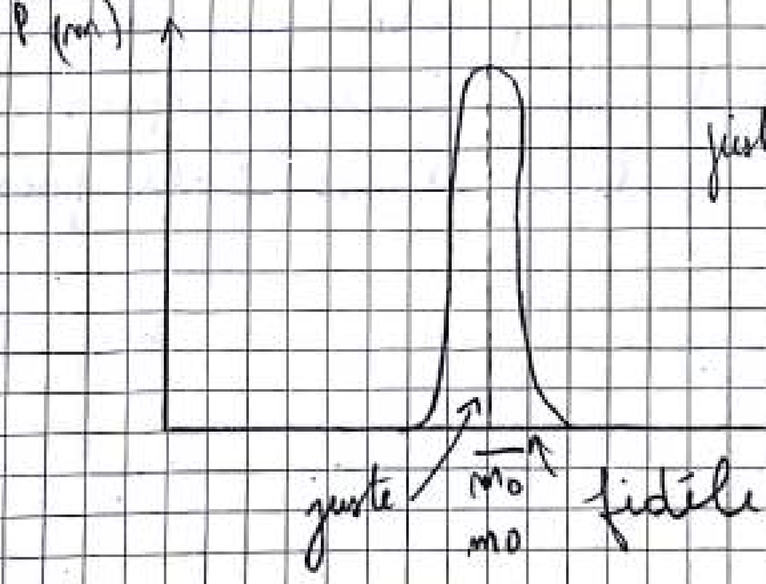


_ On dit qu'un capteur est fidèle si l'écart type qu'il fournit est faible ; qu'il est juste s'il n'a pas d'erreurs systématiques et qu'il est précis ou exacte s'il est à la fois juste et fidèle.









juste + fidèle = Précis
(exacte)

Thermométrie par résistance et par thermocouple :

I - Mesure de la température :

Il existe une grande diversité de capteurs de températures mettant en jeu principalement trois méthodes de mesure :

1 - Méthode mécanique : basée sur la dilatation d'un solide, d'un liquide ou d'un gaz.

2 - Méthode électrique : basée sur la variation thermique de la valeur d'une résistance ou de son bruit de fond.

3 - Méthode optique : basée sur la répartition spectrale du rayonnement émis par les corps.

II - Notion de Température :

La température d'un système est une expression de l'énergie cinétique moyenne de l'ensemble des particules contenues dans le système.

III - Echelles de Température :

Il existe plusieurs échelles de température d'usage courant qui peuvent être obtenues par simple décalage des valeurs :

$$T(°C) = T(°K) - 273,15$$
$$T(°F) = T(°R) - 459,67$$
$$T(°C) = \frac{5}{9}\left[T(°F) - 32\right]$$
$$T(°R) = \frac{9}{5}\,T(°K)$$

avec :
- °C : degré Celsus
- °F : degré Fahronheit
- °K : degré Kelvin
- °R : degré Rankin

exp : La temperature zéro absolu

$$0°K = -273,15°C = 0°R = -459,67°F$$

IV - Thermometrie par résistance :

1) • De façon générale, la valeur de la résistance varie en fonction de la temperature :

$$R(T) = R_0\, f(T - T_0)$$

avec : R_0 est la valeur de la résistance pour $T = T_0$ et f est une fonction caractéristique du materiau utilisé avec $f = 1$ pour $T = T_0$

• Pour les métaux on a :

$$R(T) = R_0\left(1 + AT + BT^2 + CT^3\right),\ \text{avec } T \text{ en } °C$$

R_0 est la valeur de la résistance pour $T = 0°C$

A, B et C sont des constantes caractéristiques du métal utilisé.

• Pour les thermistances : (melanges d'oxyde semi-conducteurs)

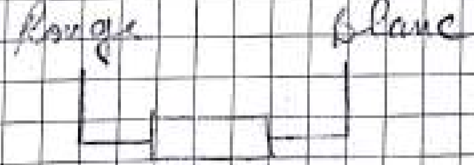
On a : $R(T) = R_0 \cdot e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$, avec T en °K

B : est une constante caractéristique de la thermistance

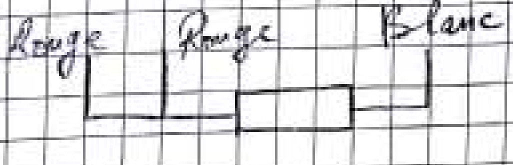
R_0 : est la valeur de la résistance pour la température absolue T_0

- Les thermistances et les résistances metale sont aussi appellées les sondes, les sondes metalliques se presentent à 2, 3, 4 fils, suivant le code couleur si dessous :

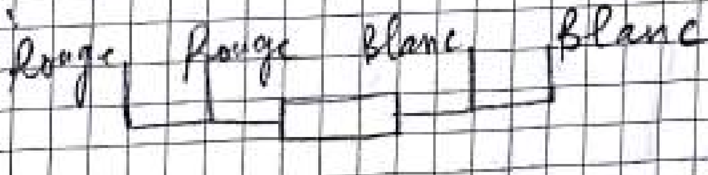
- deux fils :



Trois fils :



quatre fils :

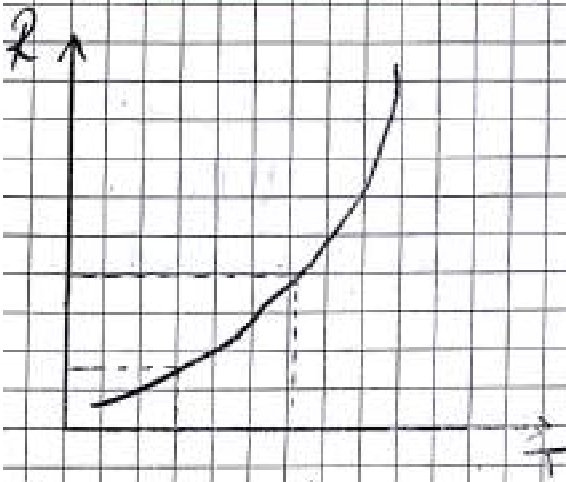


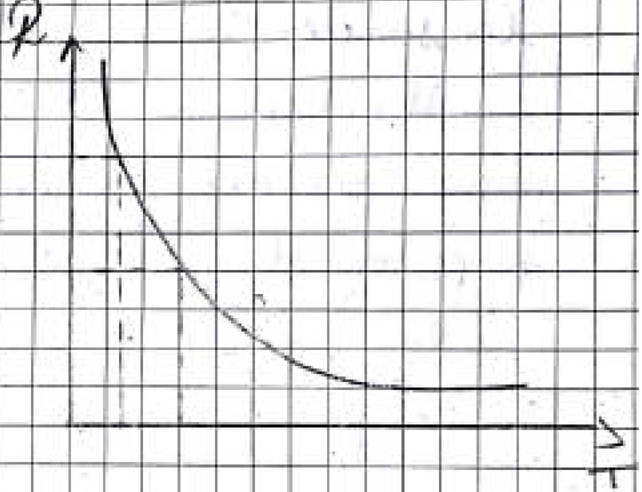
Les sondes metalliques les plus utilisées sont à base de Platine (Pt 10, Pt 25, Pt 100, Pt 1000) à cause de linéarité de celui ci et la grande étendue de mesure qu'il fournit avec le même élement.

$Pt\,X \longrightarrow R = X\,\Omega$ pour $T = 0°C$

- On utilise aussi:
  - le cuivre (Cu)
  - le Nikel (Ni)
  - les alliages Fer Nikel (Ni-Fe)

2) CTN et CTP:





Lorsque T ↗ on R ↗

Coefficient de temperature positif (CTP)

. Lorsque T ↗ on a R ↘

Coefficient de Temperature Negatif (CTN)

- Si au fur et à mesure la temperature augmente on a la valeur de la resistance qui augmente on dira qu'on a un CTP, cette résistance est une CTP

Si au fur et à mesure la température augmente on a la valeur de la résistance qui diminue on dira qu'on a un coefficient de température négatif cette résistance est une CTF.

3) Mesure (conditionnement) résistance métal :

Pour mesurer la valeur de la résistance d'une thermistance ou d'une R (par conséquent la valeur de la température) on utilise un conditionneur. En effet, les capteurs passifs nécessitent une source d'énergie électrique pour qu'on puisse lire le signal de sortie qui est une impédance. Les circuits dans lesquels incorporés sont appellés conditionneurs.

Dans le cas d'une thermistance ou d'une résistance métale, une source d'alimentation est donc nécessaire, il existe plusieurs types de conditionneurs de capteurs résistifs :

- Montage à pont de whetstone déséquilibré avec une alimentation en tension.
- " " en courant
- Un circuit potentiométrique à alimentation en courant
- " " en tension
- Montage à 4 fils avec source de courant.

la valeur est convenablement choisie pour avoir la quasi-linéarité pour $T = T_i$ on aura donc le circuit suivant :

Dans ce cas $V_m = (R_f // R)\, I$

Pour avoir une linéarité pour $T = T_i$ on doit avoir

$$\left(\frac{d^2 V_m}{dT^2}\right)_{T=T_i} = 0 \Rightarrow \left(\frac{d^2 (R_f // R)}{dT^2}\right)_{T=T_i} = 0$$

$$\Rightarrow \left[\frac{d^2}{dT^2}\left(\frac{R_f \cdot R}{R_f + R}\right)\right]_{T=T_i} = 0$$

- Dans le cas où

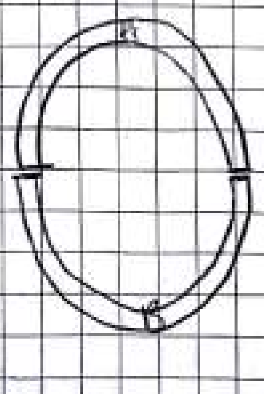
$$R = R_0 (1 + AT + BT^2)$$

Après calcul on aura :

$$R_f = R_0 \left(\frac{A^2}{B} - 1 + 3AT_i + 3BT_i^2\right)$$

V- Thermométrie par thermocouple ;

1) Définition :



Scanned by CamScanner

Un thermocouple est constitué de deux conducteurs qui forment entre eux deux jonctions portées à des températures T_1 et T_2, Il délivre une f.e.m $E_{AB}^{T_2T_1}$ qui dépend de la nature des conducteurs A et B et des températures T_1 et T_2, en général la température de l'une des jonctions est fixe, connue et sert de référence et celle de l'autre jonction est la température à mesurer.

La

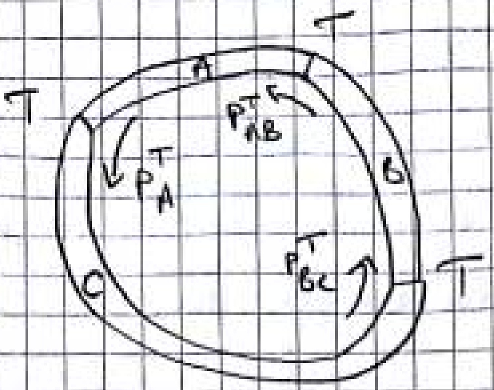
elle est basée à la fois sur les effets seebeck, peltier et thomson.

2) Effet peltier :

$$V_M - V_N = P_{AB}^{T}$$: f.e.m de Peltier

On réalise une jonction de deux conducteurs A et B différents, on les portes à la même température T, il s'établie une différence de potentiel qui dépend de la nature des conducteurs et e température T, c'est la f.e.m Peltier.

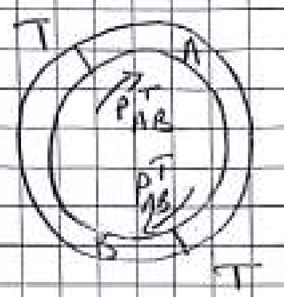
· Loi volta :



$$P^T_{AB} + P^T_{BC} + P^T_{CA} = 0$$

Dans un circuit constitué de conducteurs differents, la somme des f.e.m de Peltier est nulle

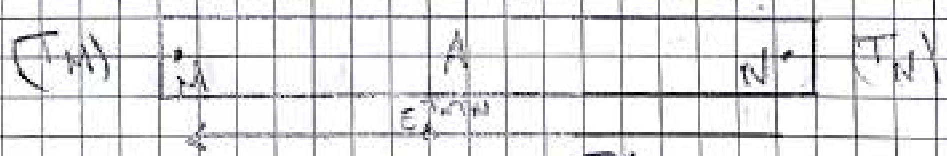
cas de deux conducteurs :



$$P^T_{AB} + P^T_{BA} = 0$$

$$P^T_{AB} = - P^T_{AB}$$

3) Effet thomson :



$$V_M - V_N = E_A^{T_M T_N} = \int_{T_N}^{T_M} h_A \, dT$$: f.em de thomson

h_A : coefficient de thomson du conducteur A c'est une fonction qui depend de la temperature.

. On considère un conducteur homogène A et pote les deux extremités de ce conducteur à des temperatures differents

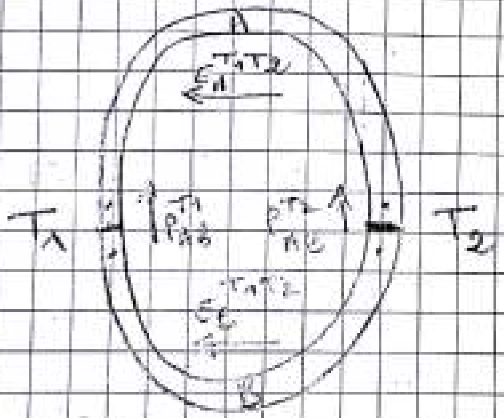
T_M et T_N, il s'établie une différence de potentiel qui dépend de la nature de conducteur et des températures T_M et T_N, c'est la f-e m de thomson

• Loi Magnus:

si les extrémités d'un conducteur unique et homogène sont à la même température, la f.e.m de thomson est nulle.

$$E_A^{T_N T_M} = \int_{T_N}^{T_M} h_A \, dT = 0$$

4) Effet seebeck:



$$E_{AB}^{T_2 T_1} = P_{AB}^{T_2} + E_A^{T_1 T_2} - P_{AB}^{T_1} - E_B^{T_1 T_2}$$

$$E_{AB}^{T_2 T_1} = P_{AB}^{T_2} - P_{AB}^{T_1} + E_A^{T_1 T_2} - E_B^{T_1 T_2}$$

$$E_{AB}^{T_1 T_2} = P_{AB}^{T_2} - P_{AB}^{T_1} + \int_{T_2}^{T_1} (h_A - h_B)\, dT$$: f.e.m de seebech

On réalise un circuit fermé, en soudant deux conducteurs différents A et B en deux jonctions portées à des des températures différentes T_1 et T_2, ce circuit est dit couple thermo-électrique, elle s'établie une f.e.m qui est appellée f.e.m de Seebeck.

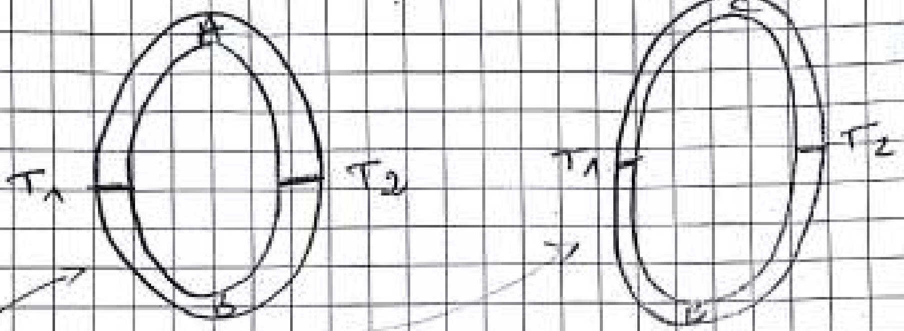
La f.e.m de seebeck est la resultante de f.e.m de Peltier et thomson

$\frac{A}{B}$ $\uparrow P_{AC}$ $\downarrow P_{BH}$

5) Loi des métaux successifs :

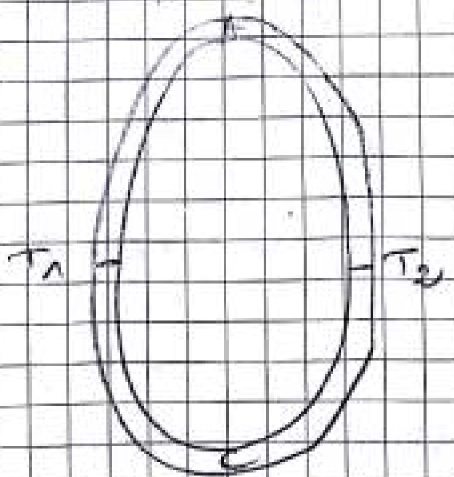
Soient deux couples formés réspectivement des conducteurs A-B et C-B.

Les jonctions sont aux temperatures T_2 et T_1



$$E_{AB}^{T_2T_1} = P_{AB}^{T_2} - P_{AB}^{T_1} + \int (h_A - h_B)\, dT$$

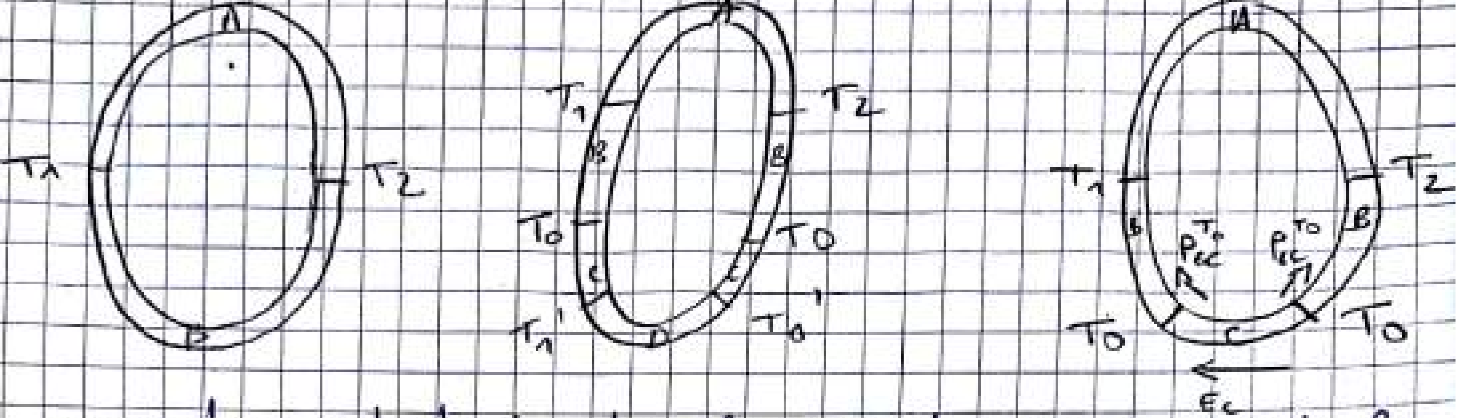
$$E_{CB}^{T_1T_2} = P_{CB}^{T_2} - P_{CB}^{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} (h_C - h_B)\, dT$$



La f.e.m de seebeck du couple AC est :

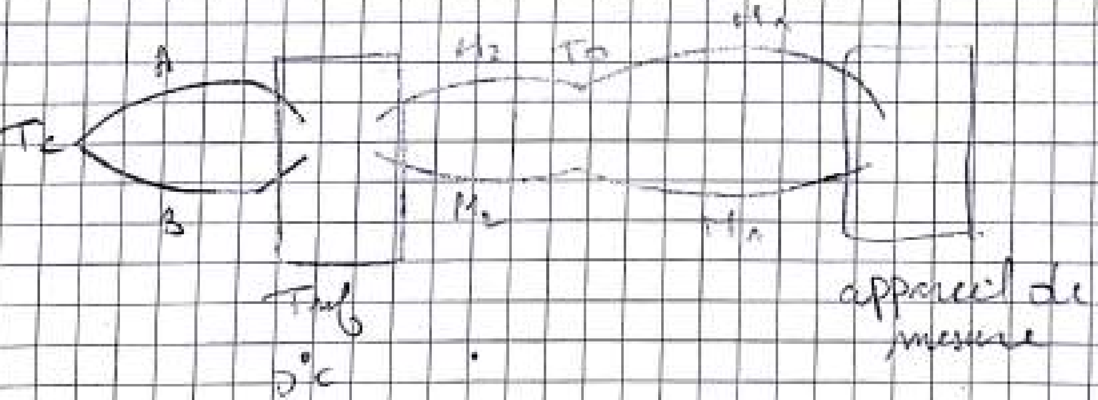
$$E_A^{T_2 T_1} = E_{AB}^{T_2 T_1} - E_{CB}^{T_2 T_1}$$

6/ Loi des métaux intermédiaires :



quand on introduit dans le circuit comprenant le couple AB un conducteur de matière différente, la f.e.m n'est pas modifiée, si les extrémités de ce conducteur sont portées à la même température

7) caractéristiques et usage des thermocouples :

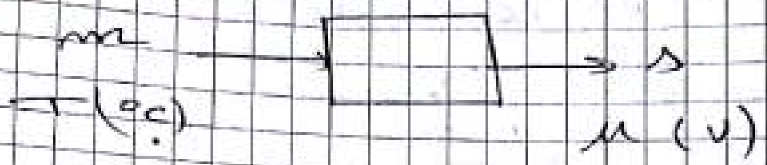


-Dans la désignation d'un thermocouple le 1er conducteur cité correspond à la borne positive du couple lorsqu'il est utilisé au dessus de la température de référence qui est généralement de 0°C
-Il existe un très grand nombre d'alliages permettant de réaliser les thermocouples, en pratique une

dizaines de couples sont couramment utilisés

VII - Résolution d'un capteur :

exp :



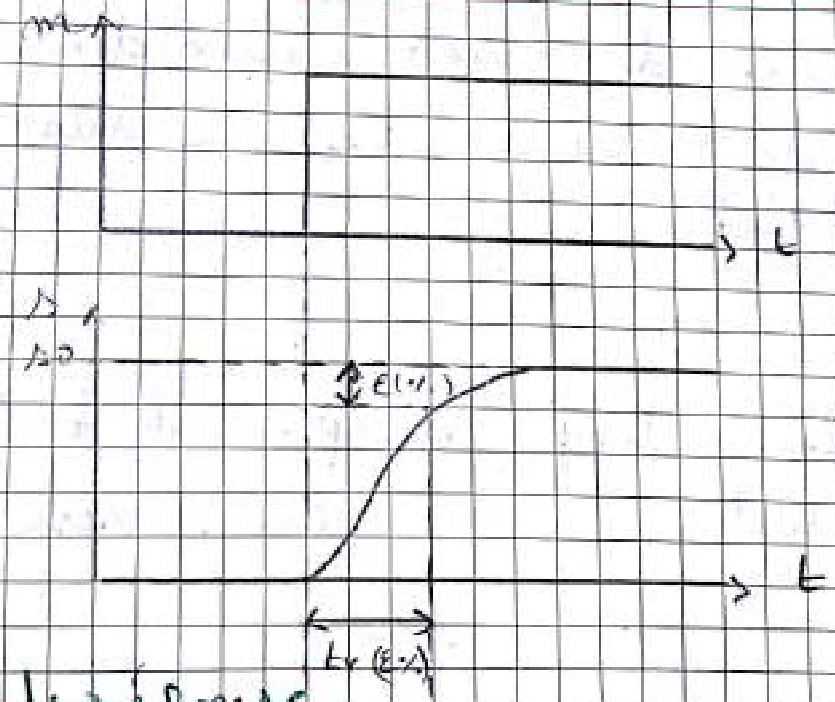
21,0	3,0
21,1	3,0
21,2	3,0
21,3	3,1
22,1	3,3

$R = 0,3\ °C$

La résolution est la plus faible variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible sur la sortie du capteur

VIII - Rapidité, temps de réponse d'un capteur :

t_r $\varepsilon(\%)$

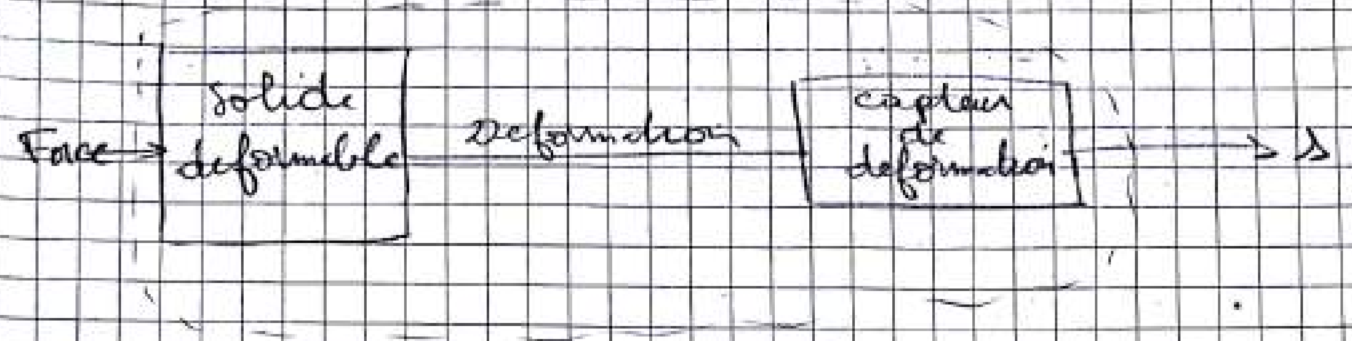


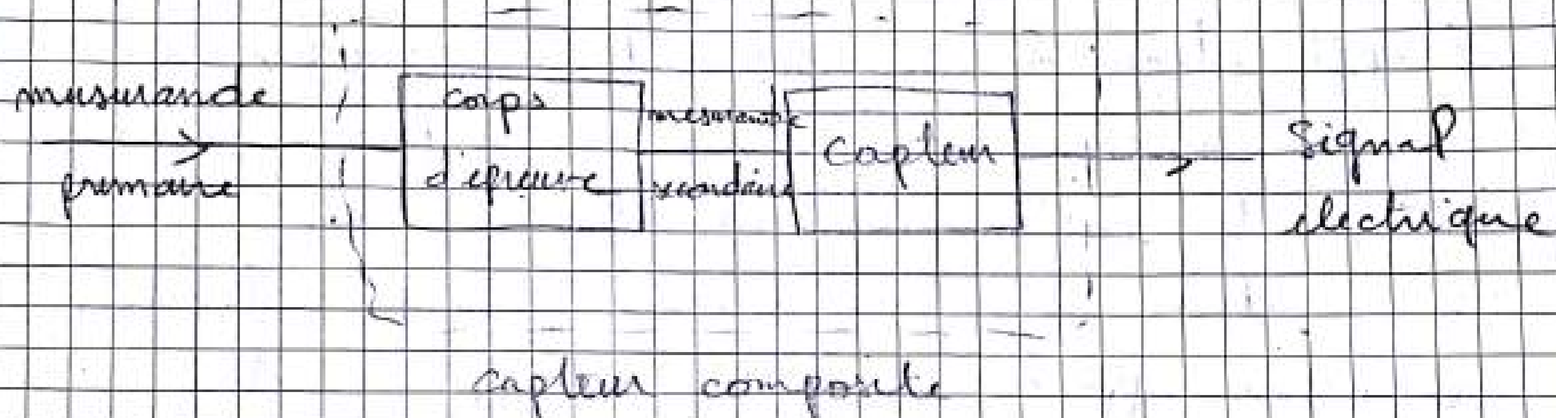
• temps de réponse :

- Le temps de réponse est toujours spécifié avec un écart (ε %) auquel il correspond, il est l'intervalle de temps qui s'écoule après une

VI Corps d'épreuve, capteur composite

exp:

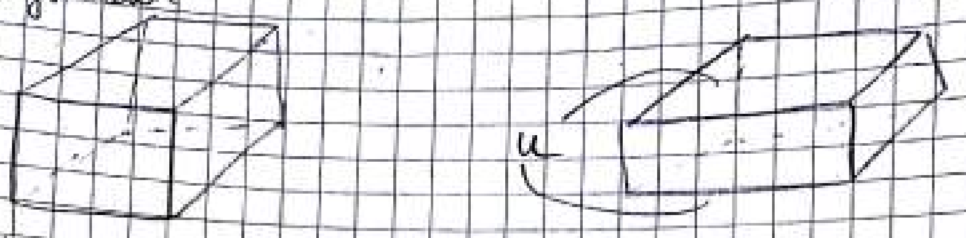




En mécanique surtout la converssion de m en s n'est pas directe, il est parfois nécessaire d'ajouter un corps d'epreuve.
Tout corps intermediaire entre le mesurande et le capteur est appelé corps d'epreuve. L'ensemble formé par le corps d'epreuve et le capteur est appellé capteur composite.

Scanned by CamScanner

tension → déformation



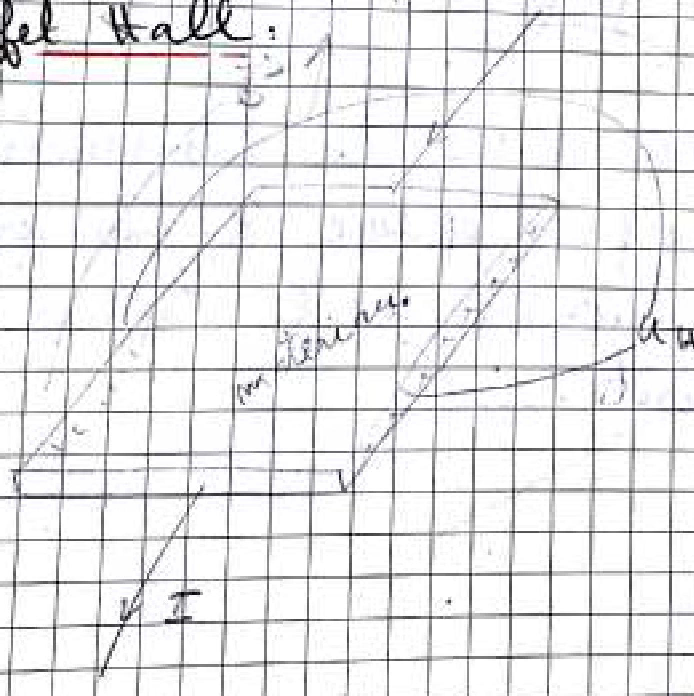
avant application de charge

après application de charge

Effet piezo électrique inverse

L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux du piezo électrique comme le quartz entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe opposé sur les phases opposées du matériau. Il existe aussi un effet piezo-électrique inverse.

- Effet Hall :



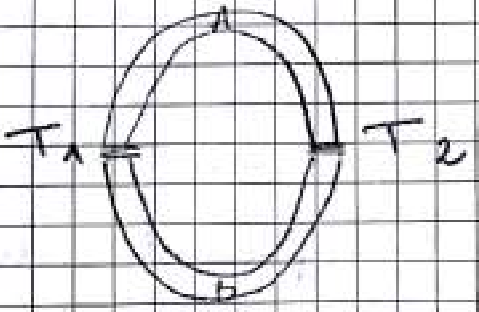
$u_H = f(B)$

un champ magnétique B et un courant I créent une ddp notée u_H et appelée tension de hall

Scanned by CamScanner

L'effet photoélectrique est la libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux.

- Effet thermoélectrique :

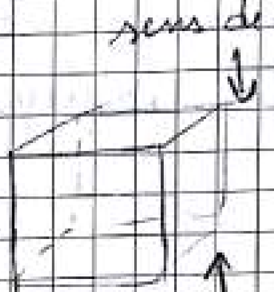


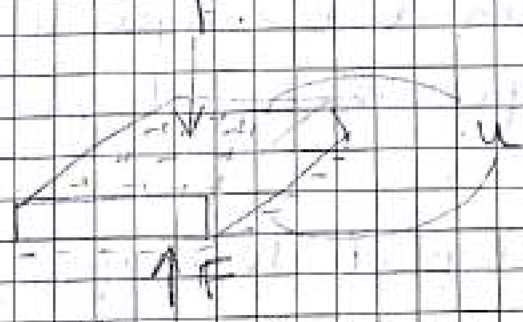
$T_{réf}$

$E_{AB}(T_1, T_2)$

Un circuit formé de deux conducteurs A et B de natures différentes dont les jonctions sont portées à des températures T_1 et T_2, est le siège d'une f.e.m d'origine thermique notée $E_{AB}(T_1, T_2)$

- Effet piezo-électrique :





avant compression après compression

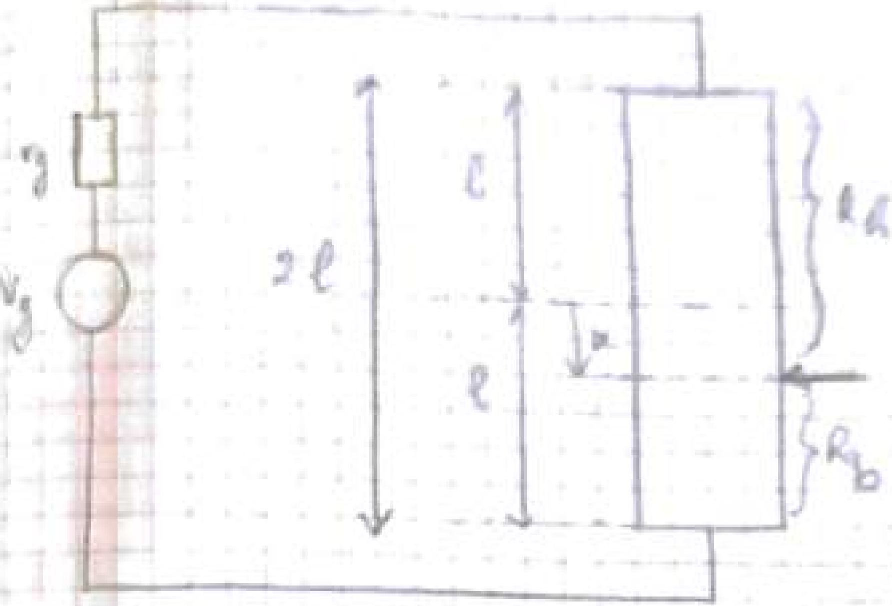
Effet piezo électrique

force → déformation → tension

09/08/2018.

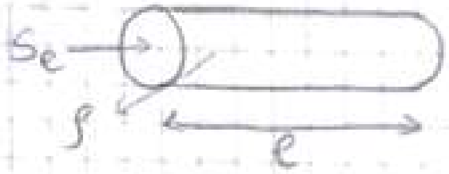
I : Les capteurs de déplacement

Exo 1 :



Résistance Totale $2R_0$

Rappel :



$R = \rho \frac{l}{S_e}$

L'exercice :

1/ $\begin{cases} R_h = \rho \dfrac{l+x}{S_e} \\ R_b = \rho \dfrac{l-x}{S_e} \end{cases}$

or la résistance Totale est :

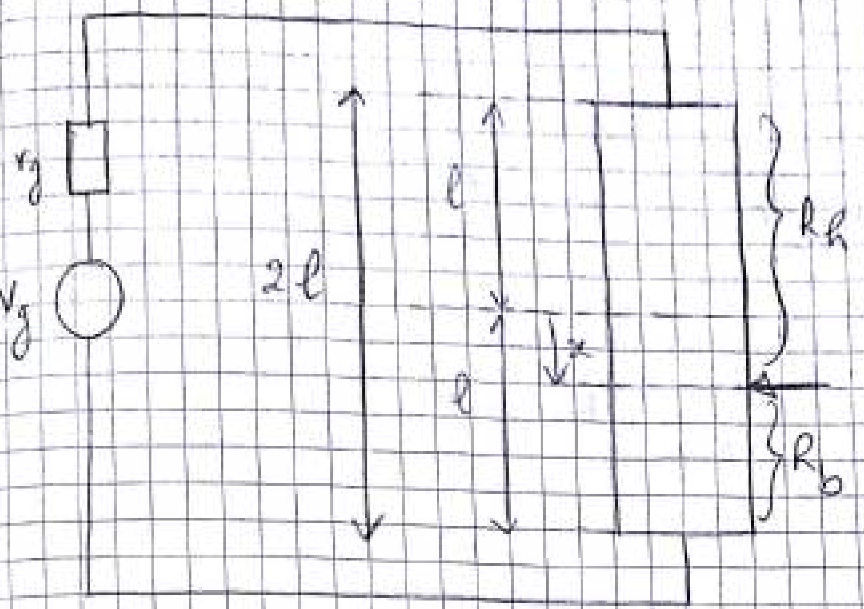
$2R_0 = \rho \frac{2l}{S_e} \Rightarrow R_0 = \rho \frac{l}{S_e}$

$\begin{cases} R_h = \rho \dfrac{l}{S_e} \dfrac{l+x}{l} \\ R_b = \rho \dfrac{l}{S_e} \cdot \dfrac{l-x}{l} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_h = R_0 \dfrac{l+x}{l} \\ R_b = R_0 \dfrac{l-x}{l} \end{cases}$

09/08/2018

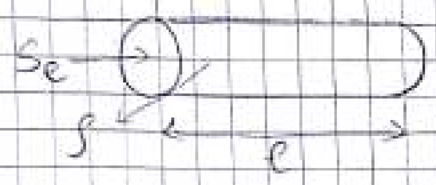
" Les capteurs de déplacement "

Exo 1 :



Résistance Totale $2R_0$

Rappel :



$$R = \rho \frac{l}{S_e}$$

L'exercice :

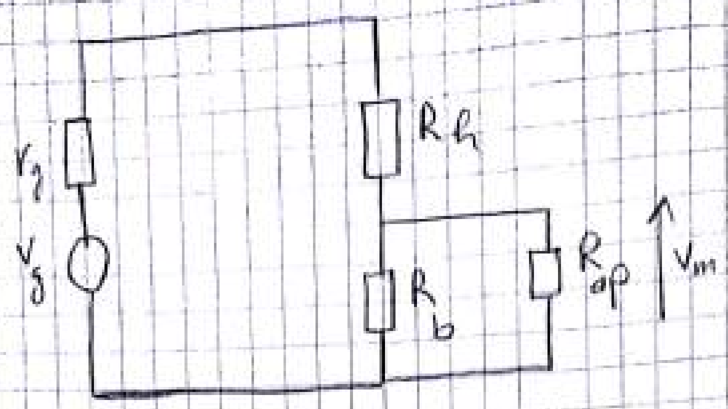
1)
$$\begin{cases} R_h = \rho \dfrac{l+x}{S_e} \\ R_b = \rho \dfrac{l-x}{S_e} \end{cases}$$

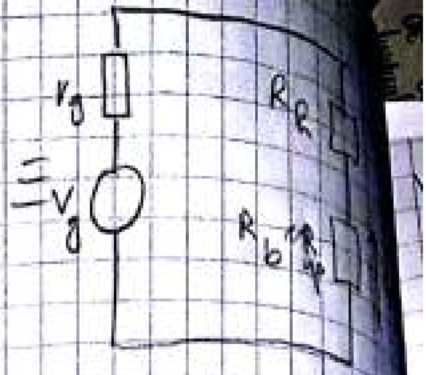
or la résistance Totale est :

$$2R_0 = \rho \frac{2l}{S_e} \Rightarrow R_0 = \rho \frac{l}{S_e}$$

$$\begin{cases} R_h = \rho \dfrac{l}{S_e} \dfrac{l+x}{l} \\ R_b = \rho \dfrac{l}{S_e} \cdot \dfrac{l-x}{l} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_h = R_0 \dfrac{l+x}{l} \\ R_b = R_0 \dfrac{l-x}{l} \end{cases}$$

2°/





$$V_m = \frac{R_b /\!/ R_{ap}}{R_b /\!/ R_{ap} + R_h + r_g} \cdot V_g$$

$$V_m = \frac{R_b \cdot R_{ap}}{(R_b + R_{ap})\left(\frac{R_b \cdot R_{ap}}{R_b + R_{ap}} + R_h + r_g\right)} \cdot V_g$$

$$V_m = \frac{R_b \cdot R_{ap}}{(R_b \cdot R_{ap}) + (R_b + R_{ap})(R_h + r_g)} \cdot V_g$$

3°/ $R_{ap} \gg R_0 \Rightarrow R_{ap} \gg R_b \Rightarrow R_b + R_{ap} \simeq R_{ap}$

Dans ce cas on aura :

$$V_m = \frac{R_b \cdot R_{ap}}{R_b \cdot R_{ap} + R_{ap}(R_h + r_g)} V_g$$

$$V_m = \frac{R_b}{R_b + R_h + r_g} V_g$$

$$V_m = \frac{R_b}{2R_0 + r_g} V_g$$

4°/

$$S = \frac{dV_m}{dx}$$

on remplace R_b ds V_m

$$V_m = \frac{R_0 \frac{(l - x)}{l}}{2R_0 + r_g} V_g \Rightarrow V_m = \frac{R_0 (l - x)}{l(2R_0 + r_g)} V_g$$

Scanned by CamScanner

$$V_m = \frac{R_0\, l}{l(2R_0 + r_g)} V_g - \frac{R_0}{l(2R_0 + r_g)} V_g\, x$$

$S = \frac{dS_{sortie}}{dm_{mesurande}}$

$$\Rightarrow S = -\frac{R_0}{l(2R_0 + r_g)} V_g$$ $\Rightarrow$ tjrs en valeurs absolue

5°/ Pour que $|S|$ soit max il faut que r_g soit min : donc $r_g = 0$

Dans ce cas on aura :

$$V_m = \frac{l - x}{2l} V_g$$

$$S = -\frac{1}{2l} V_g$$

6°/ $V_{max} = 0,2$ m/s

$x = a \sin(\omega t + \varphi)$

$v = \frac{dx}{dt} = a\omega \cos(\omega t + \varphi)$

$v_{max} = a\omega = a 2\pi f_{max}$ $\Rightarrow$ $f_{max} = \frac{v_{max}}{a 2\pi}$

A.N. : $f_{max} = \frac{0,2}{10^{-2} \times 2 \times 3,14} = \frac{10}{3,14}$

$f_{max} = 3,18$ Hz

Exo 2 :

1°/

$C = \varepsilon \frac{s}{e}$

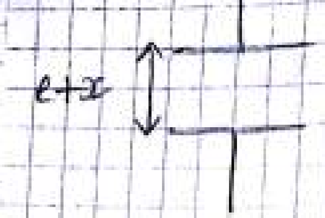
On peut varie e et s ou et ε

$\varepsilon = \varepsilon_0 . \varepsilon_r$

ε_0 = permitivité du vide

ε_r = " relative

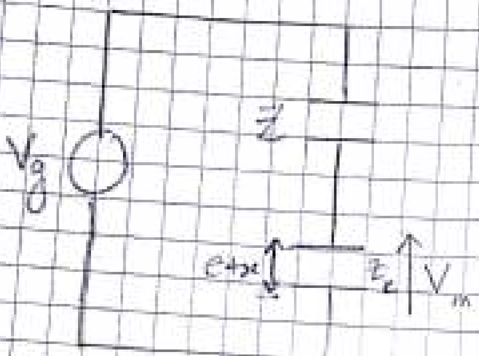
ε_0 (vide) = 1



1°/ $Z_c(x) = \dfrac{1}{jC\omega}$

$C = \varepsilon_0 \dfrac{s}{e+x} \Rightarrow Z_c(x) = \dfrac{e+x}{j\varepsilon_0 s\omega}$

2°/ $Z = Z_c(x=0) = \dfrac{e}{j\varepsilon_0 s\omega}$



$$V_m = \frac{Z_c}{Z_c + Z} V_g$$

$$V_m = \frac{\dfrac{e+x}{j\varepsilon_0 s\omega}}{\dfrac{e+x}{j\varepsilon_0 s\omega} + \dfrac{e}{j\varepsilon_0 s\omega}} V_g$$

$$V_m = \frac{e+x}{2e+x} V_g$$

3°/ $V_{me} = ?$

Rappel : Soit une fonction f de la variable x l'approximation polynomiale de f autour du point x_0 est donnée par le développement en série de Taylor :

$$f(x) = f(x_0) + \frac{x-x_0}{1!} f'(x_0) + \frac{(x-x_0)^2}{2!} f^{(2)}(x_0) + \frac{(x-x_0)^3}{3!} f^{(3)}(x_0) + \dots + \frac{(x-x_0)^n}{n!} f^{(n)}(x_0).$$

Scanned by CamScanner