

# Appareils de mesures à déviation

## Chapitre 2

I-Construction des appareils de mesures

II-Qualité

III-Caractéristiques de l'étalonnage

IV- Erreur, classe de précision

### **Généralités et rappels :**

Il existe deux technologies des appareils de mesures :

A)-les appareils électromécaniques ou appareils à déviations

B)- Les appareils électroniques :

a- Les appareils électroniques où la mesure est un résultat numérique

b- Les oscilloscopes où la grandeur à mesurer est affichée sous forme de graphe en fonction du temps

### **A)-les appareils électromécaniques ou appareils à déviations**

Leur principe est de convertir une grandeur électrique en une grandeur mécanique (ici une déviation de l'aiguille d'un angle  $\alpha$ )

Le galvanomètre à cadre mobile donne une bonne description et une juste appréciation sur le fonctionnement de ce type d'appareil.

### ***I-Construction des appareils de mesures à déviation***

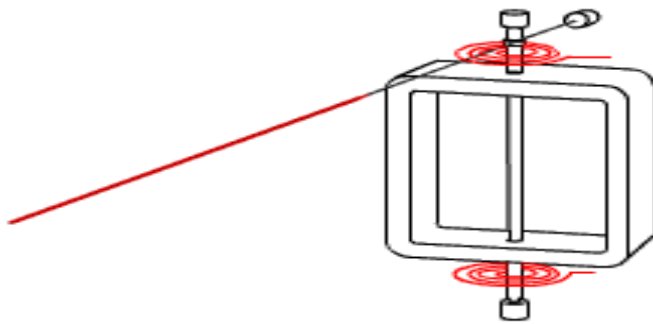
1-description de l'appareil figure 1

Les appareils de mesure électriques analogiques sont en général conçus à partir du galvanomètre à cadre mobile qui utilise l'effet magnétique sur le courant électrique.

- Une bobine rectangulaire (**cadre**) montée sur pivot est placée dans l'entrefer d'un **aimant**.
- Une **aiguille** est fixée au cadre.

La bobine du cadre est alimentée par une source électrique. (E,r)  
 En l'absence de courant, des **ressorts spiraux** maintiennent le cadre dans une position telle que l'aiguille indique zéro.

Lorsqu'un courant traverse le cadre, un couple électro- magnétique entraîne la rotation de "l'équipage mobile" (cadre, et aiguille). Les ressorts spiraux s'opposent à cette rotation et le cadre atteint une position d'équilibre après avoir tourné d'un angle  $\alpha$  proportionnel à l'intensité  $i$  du courant qui l'a traversé.



Cadre ,aiguille ,ressorts de rapel

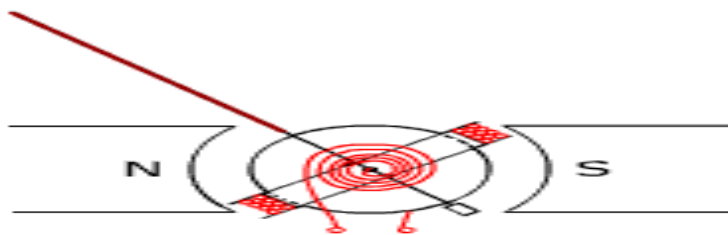


Figure 1 : Cadre, aiguille, ressorts de rappel, circuit magnétique (aimant)

### Equations générales du mouvement du cadre du galvanomètre :

On considère un galvanomètre à cadre mobile. Le cadre est rectangulaire et sa surface vaut  $S$ , le nombre de spires est  $N$  conductrices (cuivre) ce circuit est alimente par une source de tension continue  $E$  ou  $r$  est la résistance du circuit et  $g$  la resistance des  $N$  spires, parcourues par un courant  $i$  , l'induction magnétique radiale au niveau des spires vaut  $B$ .

**J** : Le moment d'inertie du cadre vaut  $I$

**C** : la constante C désigne la constante de torsion de la suspension,

Et **f** : Le coefficient d'amortissement f désigne le milieu ou est placé le cadre

Lorsqu'un courant circule dans les spires (courant à mesure) il y a interaction entre B et i (force de Laplace)

$$F = b \cdot i \wedge B \quad (1)$$

Les forces qui agissent sur les côtés horizontaux (longueur a) est nulle car le champ est parallèle au courant. Les forces qui s'exercent sur les côtés verticaux (longueur b) sont égales au:  $\Gamma_M$  est le couple moteur produit par ces forces opposées est :

$$\Gamma_M = 2F \wedge a \quad \text{ou} \quad \Gamma_M = \mathcal{M} \wedge B \quad (2)$$

Où : F= (force de Laplace) ; a le bras de levier ;  $\mathcal{M}$  = Si moment magnétique ;

$S = 2ab$ , surface d'une spire du cadre et B champ magnétique. Donc le couple moteur  $\Gamma_M$  est la force qui fait tourner le cadre

$$\Gamma_M = NBSi. \quad \text{Et} \quad \text{ou} \quad NBS = \Phi_0 \quad (3) \quad \text{est le flux magnétique}$$
$$\Gamma_M = \mathcal{M} \wedge B$$

Ce couple électromagnétique doit pouvoir compenser les couples d'inertie  $\Gamma_{in}$ , de freinage  $\Gamma_f$  et le rappel  $\Gamma_{rap}$  qui sont respectivement donnés par :

$$\Gamma_{in} = J \alpha'' \quad ; \quad \Gamma_f = f \alpha' \quad ; \quad \Gamma_{rap} = C \alpha$$

À l'équilibre on a l'équation mécanique du mouvement du cadre :

$$\Gamma_M = J \alpha'' + f \alpha' + C \alpha = \Gamma_M \quad (4)$$

Finalement l'équation finale est donnée par :

$$J \alpha'' + f \alpha' + C \alpha = \Phi_0 i$$

Où i est la valeur instantanée du courant qui est créée par la source de fem E, la loi d'Ohm permet d'écrire l'équation électrique suivante,

$$E = (r + g) \cdot i + d(\Phi_t)/dt \quad (5)$$

Où  $\Phi_t$  étant le flux total qui traverse les spires du cadre, -  $d(\Phi_t)/dt$  = fem induite (Lenz)

$$\Phi_t = \Phi_L + \Phi_{ind}$$

$\Phi_L = Li$  ; flux (propre) créée par la bobine quand elle est traversée par le courant i

$\Phi_{ind} = N B b \cdot a \alpha$  ; flux induit dans les spires qui tournent dans le champ magnétique B (le côté vertical b décrit un arc =  $a \alpha$ )

**REMARQUE : Loi de Lenz-Faraday en fonction de la vitesse. On peut également obtenir l'expression de la f.é.m. induite en faisant apparaître la vitesse de déplacement de la tige :  $bB \cdot d(a \alpha) / dt = e$**

**Le signe de la force électromotrice  $e$  est donné par la loi de Lenz (Le sens du courant est tel que la force  $F$  qu'il crée s'oppose au mouvement).**

magnétique  $B$  (le cote vertical  $b$  décrit un arc  $= a \alpha$ )

L'équation (5) devient :

$$E = (r+g) \cdot i + L \frac{di}{dt} + \Phi_0 \frac{d(\alpha)}{dt} \quad \text{avec } NBS = \Phi_0 \text{ et } S = 2ba$$

L'inductance propre des spires étant négligeable, le système formé des équations 4 et 5 permet d'arriver à l'équation différentielle du second ordre à coefficients constants et dont la résolution permet de décrire le mouvement du cadre ; selon l'évolution de la déviation de l'angle  $\alpha$  en fonction du temps

On posera :  $E / (r+g) = i_0$

$$J \alpha'' + (f + \Phi_0^2 / (r+g)) \alpha' + C \alpha = \Phi_0 i_0 \quad (6)$$

Application :

1-) Résoudre l'équation différentielle (6), puis selon la valeur de  $\Delta$  étudier les trois régimes :

Pour simplifier on posera :

$$\lambda = \frac{1}{2J} (f + \Phi_0^2 / (r + g)) \quad : \lambda \text{ amortissement du cadre}$$

$$\omega_0 = \sqrt{C/J} \quad : \omega_0 \text{ (fréquence propre du galvanomètre)}$$

- Oscillatoire amorti  $\Delta < 0$
- Critique  $\Delta = 0$
- Hyper-périodique  $\Delta > 0$

2-) Si on néglige  $f$  que deviennent ces résultats

3-) Par calcul, déterminer la valeur de la pseudo-période et celle de la résistance critique  $R_C$ .

AN :

Nombre de spires  $N = 200$ .

Surface d'une spire  $S = 10 \text{ cm}^2$

Induction magnétique au niveau du cadre  $B = 0,14 \text{ T}$

Moment d'inertie du cadre  $I = 3 \cdot 10^{-7} \text{ kg.m}^2$

Constante de torsion  $C = 9 \cdot 10^{-7} \text{ N.m/Rd.}$

Envoyer vos questions dans mon mail [fatiha\\_benazouz@yahoo.fr](mailto:fatiha_benazouz@yahoo.fr)

Merci.