



# Les instruments de mesure

## Appareil du type électromagnétique

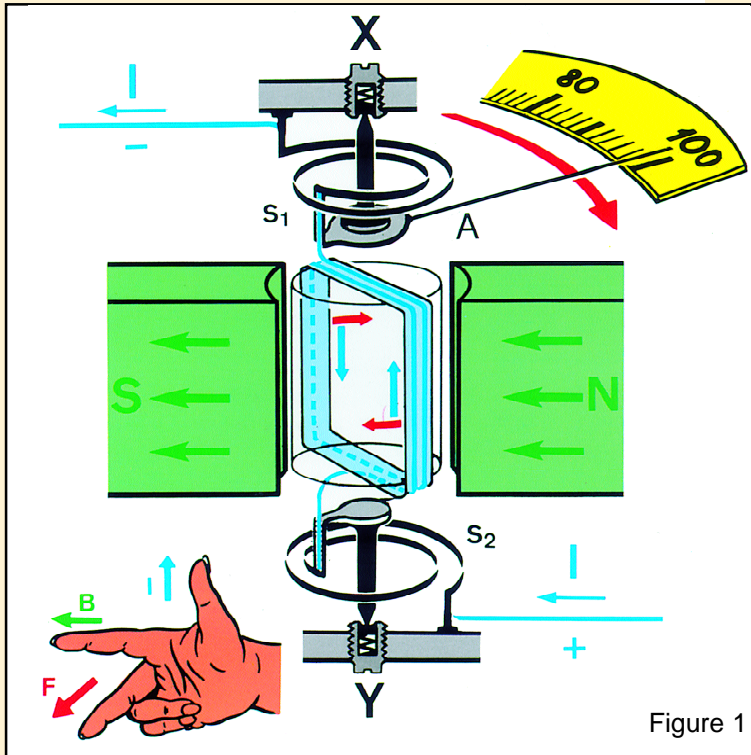


Figure 1

Ces appareils sont également appelés "à cadre mobile". L'appareil comprend un aimant permanent fixe qui crée dans l'entrefer une induction magnétique radiale (figure 1). Une bobine mobile parcourue par le courant à mesurer  $i$  peut se déplacer dans l'entrefer. Le couple moteur  $C_m$ , dû aux forces électromagnétiques qu'exerce l'aimant sur la bobine, est proportionnel au courant à mesurer  $i$ .

$$C_m = k \cdot i$$

$k$  est une constante de proportionnalité (force de l'aimant et nombre de spires de la bobine)

Des ressorts spiralés par lesquels on amène le courant créent un couple résistant proportionnel à l'angle de déviation  $a$  de la bobine.

$$C_r = k' \cdot a$$

$k'$  est une constante de proportionnalité (raideur des ressorts).

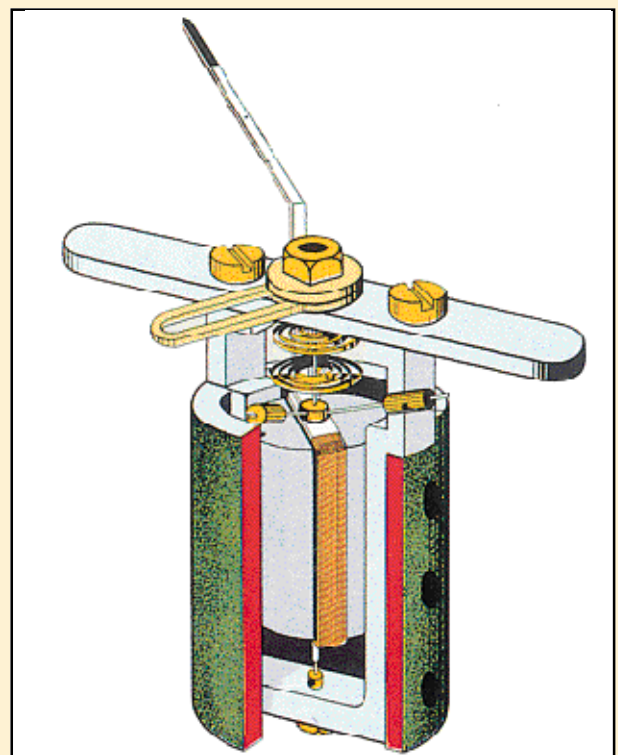
Lorsque la bobine est traversée par un courant, le couple moteur est constant. A l'équilibre, il est égal au couple résistant, et on a :

$$C_m = C_r \text{ ou encore : } k \cdot i = k' \cdot a$$

On en déduit que l'angle de déviation est proportionnel au courant mesuré  $i$ .

### Propriétés

- Si on inverse le sens du courant, le sens de déviation l'est aussi. C'est pour cette raison qu'on dit que l'appareil est polarisé.
- Comme la déviation est proportionnelle au courant, la graduation du cadran est linéaire.
- En ajoutant un redresseur à un tel appareil, il peut mesurer le courant alternatif. Il affiche alors la valeur moyenne de ce courant.
- Pour mesurer la valeur efficace d'une grandeur alternative, il faut ajouter une graduation décalée sur le cadran de l'appareil. ( $V_{\text{eff}} = 1.11 V_{\text{moy}}$ )
- Par adjonction de résistances additionnelles, on réalise un voltmètre.
- Par adjonction de shunts, on réalise un ampèremètre.
- Il s'agit d'un appareil précis mais fragile et coûteux.





# Les instruments de mesure

## Appareil du type ferromagnétique

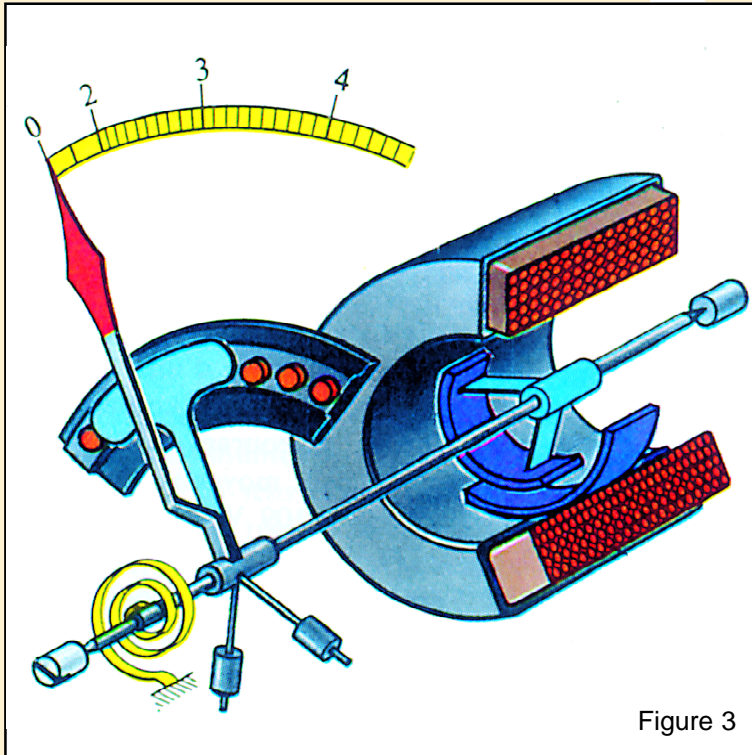


Figure 3

Il existe deux types d'appareils ferromagnétiques : les appareils à avalement et les appareils à répulsion.

La figure 2 donne le principe de l'appareil à avalement. Une bobine fixe parcourue par le courant à mesurer attire une pièce de fer doux qui s'aimante sous l'action du champ de la bobine. Cette palette, mobile autour d'un axe, entraîne l'aiguille devant le cadran.

La figure 3 donne le principe de fonctionnement de l'appareil à répulsion. L'appareil comprend deux palettes en fer doux : l'une est solidaire de la bobine productrice du champ magnétique ; l'autre, mobile autour d'un axe, peut pivoter et entraîner l'aiguille devant le cadran. Lorsque la bobine est parcourue par le courant, les deux palettes s'aimantent avec les mêmes polarités Nord et Sud. Il y a donc répulsion et déviation de la palette mobile.

### Propriétés

- La force de répulsion ou d'avallement est proportionnelle au carré de l'induction, donc aussi du courant. C'est pour cette raison que la graduation du cadran est quadratique. (Les graduations ne sont pas équidistantes).

- Si le courant dans la bobine change de sens, l'induction est inversée mais les pôles des palettes de fer s'inversent en même temps. Le sens de répulsion ou d'avallement reste identique. Cet appareil convient donc pour la mesure des courants continus et/ou alternatifs.

- Comme la répulsion est proportionnelle au carré de l'induction, cet appareil est gradué directement en valeur efficace dans le cas de mesures en alternatif.

- Ce type d'appareil est robuste et bon marché. Il est très utilisé comme appareil de tableau.

- Pour une bobine de gros fil comportant peu de spires, on fabrique alors un ampèremètre.

- Pour une bobine de fil fin avec beaucoup de spires, on réalise un voltmètre.

- Ces appareils sont sensibles au champ magnétique extérieur.

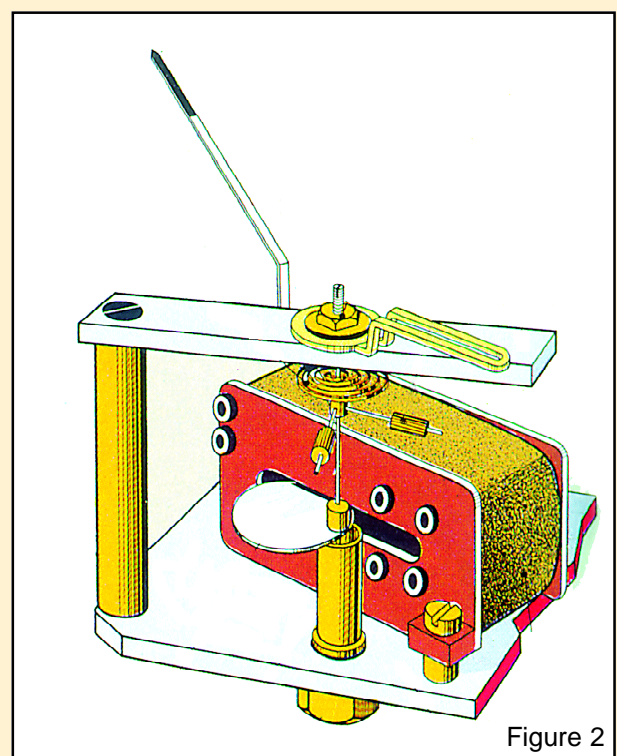


Figure 2



# Les instruments de mesure

## Appareil du type électrodynamique ou encore ferrodynamique

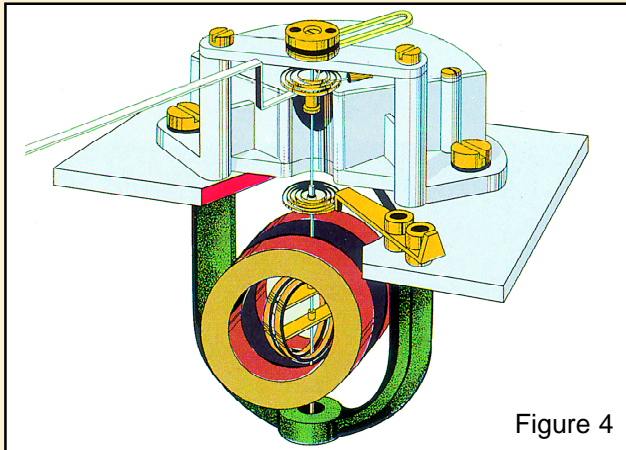


Figure 4

La figure 4 représente ce type d'appareil. On peut dire qu'il combine le principe de fonctionnement des deux appareils précédents. Lorsqu'il est du type électrodynamique, il est constitué d'une ou deux bobines fixes (c'est le cas de l'appareil présenté en figure 4) productrices du flux. Une bobine mobile solidaire de l'axe entraîne l'aiguille devant le cadran. Généralement, le bobinage fixe est traversé par l'intensité du courant à mesurer.

La bobine mobile est alimentée par la tension à mesurer. L'action des flux produits par ces bobines crée un couple moteur proportionnel au flux de la bobine fixe et à l'intensité de la bobine mobile. La déviation est donc proportionnelle à la puissance. Ces appareils sont donc essentiellement des wattmètres. Le circuit "ampèremétrique" (bobine fixe de gros fil) et le circuit "voltmétrique"

(bobine mobile de fil fin) sont indépendants et accessibles par l'intermédiaire de 4 bornes.

Lorsque l'appareil est dit du type ferrodynamique, le bobinage fixe est enroulé sur un circuit magnétique en fer doux. Son fonctionnement est identique à l'appareil électrodynamique.

### Propriétés

- Si les bobines fixe et mobile sont raccordées en série, l'appareil est utilisé en ampèremètre.
- Si les bobines sont raccordées en parallèle, l'appareil est utilisé en voltmètre.
- Si les bobines sont indépendantes, l'appareil est utilisé en wattmètre.
- L'appareil utilisé en courant alternatif dévie toujours dans le bon sens puisqu'à chaque changement d'alternance du courant, les flux s'inversent dans les deux bobines et le couple moteur garde le même sens. Il faut respecter les bornes d'entrée et de sortie des bobines pour des questions de déphasage.
- En courant continu, il faut respecter des sens de courant convenables pour que la déviation se produise dans le sens convenable. L'appareil est donc polarisé en courant continu.
- Ce type d'appareil convient donc bien pour la mesure de puissance dans les deux types de courant.
- Les appareils du type électrodynamique sont sensibles au champ magnétique extérieur. Pour éviter cet inconvénient, on double les bobinages fixes et mobiles et ils sont appelés astatiques.

## Appareil du type thermique

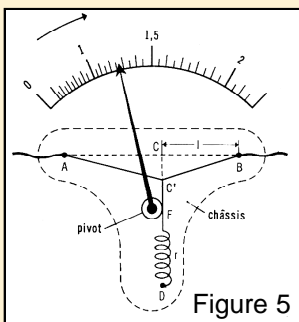


Figure 5

Dans ce type d'appareil (figure 5), le courant à mesurer passe dans un conducteur tendu (alliage de platine et d'iridium). L'échauffement par effet joule ( $i^2R$ ) du conducteur produit un allongement qui est transformé en rotation de l'axe sur lequel est placée une aiguille indicatrice.

Comme la déviation est proportionnelle au carré du courant, l'appareil mesure directement la valeur efficace d'une grandeur alternative. Dans certains appareils, l'échauffement du conducteur est détecté par un couple thermoélectrique qui alimente à son tour un appareil du type à cadre mobile.

### Propriétés

- L'appareil fonctionne aussi bien en courant continu qu'en alternatif. Dans ce dernier cas, il affiche directement la valeur efficace.
- Il peut fonctionner jusqu'à des fréquences élevées (10 MHz) et ce quelle que soit la forme du courant. (déformation due aux convertisseurs électroniques).
- Il est insensible au champ magnétique extérieur.
- Il est sensible aux surcharges.
- Etant basé sur un principe thermique, il est plus lent à réagir.
- Il est sensible à la température extérieure et nécessite donc une compensation thermique lors de sa fabrication.