

La mesure de champ magnétique

Le but de ce document est de décrire deux dispositifs de mesure du champ magnétique.

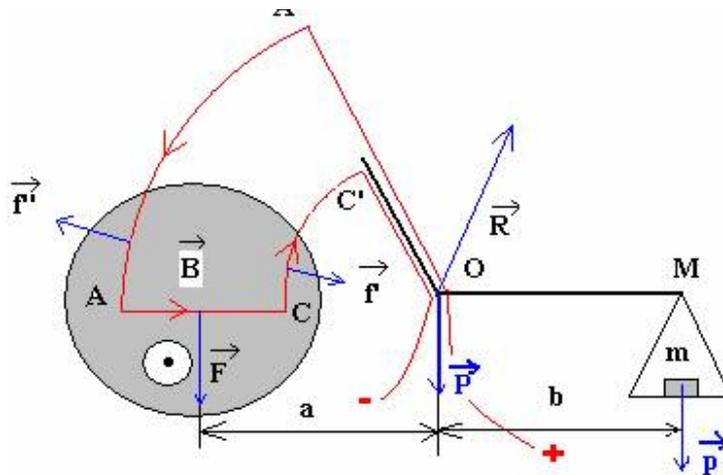
I -La balance de Cotton:

Aimé Auguste Cotton est un physicien, né à Bourg-en-Bresse en 1869, professeur durant 22 ans à l'Ecole normale supérieure et durant 21 ans à la faculté des sciences de l'université de Paris. En 1914, il lance le projet d'un grand électro-aimant dont la construction débute en 1924 dans le laboratoire du Service des recherches et inventions à Bellevue qui devint ensuite le laboratoire du magnétisme de Meudon-Bellevue puis le Laboratoire Aimé Cotton. (<http://fr.wikipedia.org>).

Voir le schéma de la balance ci-dessous.

Le bras gauche de la balance est constitué de deux portions de circuit circulaires de centre O, séparées par une partie rectiligne AC. Lorsque ce bras est plongé dans le champ B, des forces magnétiques prennent naissance. Seule la force qui s'exerce sur AC déséquilibre la balance. En effet, les autres forces f' , f'' ont un moment nul par rapport à l'axe passant par O. Le bras droit est soumis à la force $p=mg$ due à la surcharge appliquée sur le plateau.

Initialement l'équilibre est réalisé, le champ étant nul. Puis l'interrupteur d'alimentation est fermé, la balance se déséquilibre à cause de la force F qui agit sur le conducteur AC. On rétablit l'équilibre en ajoutant une surcharge de masse m.



A l'équilibre, la somme des moments des forces est nulle:

$$M_{F/\Delta} = M_{p/\Delta} \Rightarrow F.a = m.g.b$$

La force magnétique est la force de Laplace d'intensité: $F = i.AC.B$

Finalement: $i.AC.B.a = m.g.b$, soit:

$$B = \frac{m.g.b}{a.AC.i}$$

Ce dispositif possède l'inconvénient d'être assez encombrant, il est remplacé le plus souvent par le teslamètre

II- Le teslamètre à effet Hall:

Cet effet a été découvert par **Edwin Herbert Hall** en 1879, sur des feuilles métalliques, Hall observa sur des bandes de cuivre parcourues par un courant l'apparition d'une différence de potentiel lorsqu'un champ magnétique était appliqué à ces bandes. Si un ruban conducteur est parcouru par un courant électrique et si un champ d'induction magnétique est perpendiculaire au plan du ruban il apparaît une ddp entre les bords du ruban.

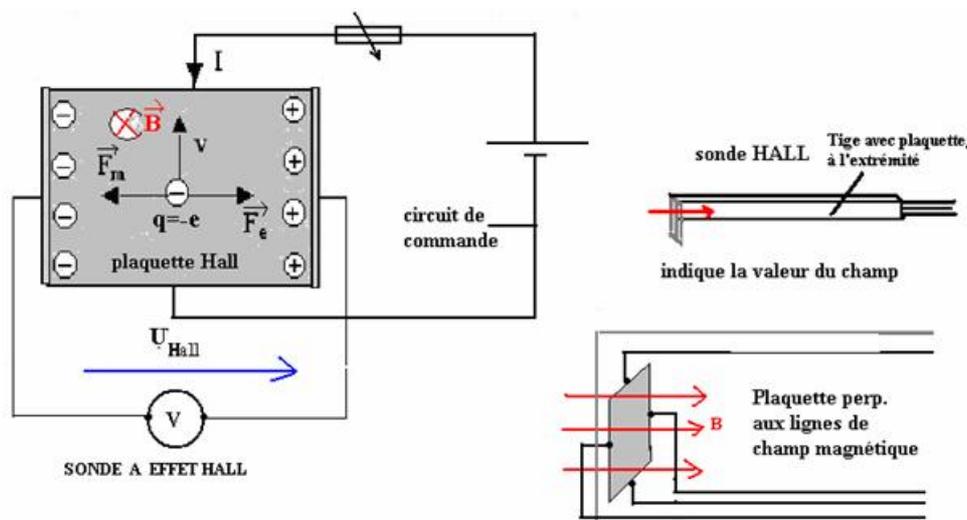
(<http://pagesperso-orange.fr/michel.hubin/capteurs/phys/>)

(Note pour le lecteur: à l'intérieur d'une phrase, les grandeurs vectorielles sont représentées en caractères gras.)

a- Principe de fonctionnement:

Un plaque conductrice est reliée aux deux bornes d'un générateur continu (voir figure ci-dessous). Le courant d'intensité i qui traverse la plaque est produit par des charges, ici des électrons libres, qui se déplacent avec une vitesse d'ensemble que l'on notera v .

La plaque est plongée dans champ magnétique B dont les lignes de champ sont orthogonales à la plaque



On sait qu'un champ magnétique agit sur les charges en mouvement. Ces électrons sont donc soumis à une force magnétique $F_m = -e.v \wedge B$. (Force de Lorentz), où $-e$ correspond à la charge d'un électron. Il en découle un déplacement d'électrons et une concentration de charges négatives sur l'un des côtés de la plaque ainsi qu'un déficit de charges négatives du côté opposé. Cette distribution de charge donne naissance à un champ électrique E_H . et à une tension Hall U_H entre les extrémités droite et gauche de la plaque.

Ce champ électrique est lui même responsable d'une force électrique qui agit sur les électrons: $F_e = q.E_H = -e . E_H$ (Force de Coulomb). Un équilibre est atteint lorsque la somme vectorielle des deux forces est nulle.

$$\vec{F}_e = -\vec{F}_m \Rightarrow -e\vec{E}_H = +e.\vec{v} \wedge \vec{B} \Rightarrow \vec{E}_H = -\vec{v} \wedge \vec{B}$$

La «tension hall U_H » entre les deux extrémités de la plaque est proportionnelle à l'intensité du champ B.

$$U_H = \left\| \vec{E}_H \right\|.d = v.B.d$$

Cette tension est facilement mesurable avec un voltmètre suffisamment sensible.

b-Mesure du champ B: le «teslamètre».

La plaque orientable est placée à l'extrémité d'une perche pour faciliter son introduction à l'intérieur des bobines dont on veut mesurer le champ. Cette plaque constitue un capteur de champ magnétique.

La tension Hall est amplifiée .Le voltmètre est gradué directement en unités de champ (Tesla).

Il faut orienter la plaque perpendiculairement aux lignes de champ pour détecter le champ maximum ce qui permet de déterminer la direction du champ. En retournant la plaque de 180°, la tension change de signe, la grandeur mesurée est algébrique. Il est donc possible de trouver le sens du champ et bien sûr l'intensité B à partir de U_H .

Remarque: les appareils récents sont munis d'une plaque semi-conductrice. Le principe de fonctionnement est analogue.

La photo ci-dessous montre l'appareillage utilisé pour explorer le champ au voisinage d'une «bobine double de Helmholtz»

