

# Galvanomètre à cadre mobile

Michel Balannec

Octobre 2020

## 1) Historique

Le pouvoir attractif des aimants était connu des anciens et de divers écrivains, notamment Pline et Claudien en ont fait mention. Mais il semble que c'est seulement vers le règne de Théodore (IV<sup>ème</sup> siècle de l'ère chrétienne) qu'on a observé les polarités de l'aimant et les phénomènes de répulsion.

Quant à l'aiguille aimantée ou boussole, les opinions sont loin de concorder sur l'époque à laquelle elle fut mise en pratique.

Certains auteurs croient pouvoir affirmer que les Chinois en faisaient usage plusieurs siècles avant Jésus-Christ ; d'autres reportent cette date vers le III<sup>ème</sup> siècle de notre ère.

En ce qui concerne l'Europe, il semble que l'emploi de la boussole a été connu vers l'an 1100.

Le premier document qui mentionne la déclinaison de l'aiguille aimantée remonte à 1269 ; quant à l'inclinaison, elle ne fut remarquée qu'en 1576 par Robert Norman.

Dès la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, l'étude des phénomènes magnétiques a conduit au développement des bases expérimentales et théoriques de l'électromagnétisme.

Vers 1785, Coulomb (1736-1806) confirme la loi qui permet de calculer les forces d'attraction entre corps magnétiques. Elle permet de comprendre comment la boussole est déviée de la direction du Nord quand on approche un corps aimanté.

Hans Christian Oersted (1777-1851) lors de ses recherches en 1820 conclut que le passage d'un courant électrique dans un conducteur développe, autour de ce conducteur, un champ magnétisme circulaire.

En 1825, Claude Pouillet invente un appareil de mesure de courant basé sur le phénomène qu'il baptise Boussole des tangentes.

Léopold Nobili (1787-1835), physicien italien, perfectionne l'appareil de Pouillet et propose un appareil astatique formé de deux aiguilles aimantées.

André-Marie Ampère (1775-1836) invente le galvanomètre à bobine.

Johan Poggendorf (1796-1877) améliore la précision du galvanomètre en adaptant sur la partie mobile un système optique.

Sir William Thomson, lord Kelvin (1824-1907) invente en 1851 un galvanomètre à aimant mobile.

\*\*\*\*\*

Créés en 1881 par MM. Deprez et d'Arsonval, les galvanomètres, ont vu le champ de leur emploi augmenter de jour en jour.

Des constructeurs du monde entier se sont fait une spécialité. Sur le principe qui leur sert de base, un grand nombre de modèles sont réalisés : les uns, d'une extrême sensibilité, ont détrôné, jusque dans les laboratoires, les galvanomètres à aimants mobiles ; les autres, portatifs et rustiques, deviennent dans l'industrie les mesureurs d'intensité les plus précieux et les plus commodes pour le courant continu.

Ces appareils ont conservé le nom de leurs auteurs ; ils sont toutefois communément appelés : Galvanomètres d'Arsonval, ou encore Galvanomètres à cadre mobile.

Les galvanomètres Deprez et d'Arsonval étaient fabriqués par la société Carpentier fondée par Jules Carpentier (1851-1921) qui a repris en 1878 les ateliers créés en 1855 par l'allemand Henrich-Daniel Ruhmkorff (1803-1877).

Un modèle a pu être commercialisé en 1860 par Ruhmkorff et produit par Carpentier jusqu'en 1910.

En 1893, Raphael Chauvin et René Arnoux s'associent pour fonder la Société Chauvin Arnoux fortement impliquée dans l'histoire de la mesure.

## 2) Examinons un galvanomètre Deprez-d'Arsonval

Un cadre ABCD de fil fin est soutenu par des fils fins en argent par lesquels le courant arrive et s'en va. Il est placé dans le champ d'un fort aimant en fer à cheval.

Un cylindre creux de fer doux, fixé à l'intérieur du cadre, et deux pièces polaires ne laissent qu'un faible entrefer pour que le champ soit intense dans la région où se déplace le cadre. Un petit miroir est fixé au cadre.

L'ensemble est fragile. L'appareil est un instrument de laboratoire. Il ne peut supporter que des courants très faibles de l'ordre de 1/100000 d'ampère.

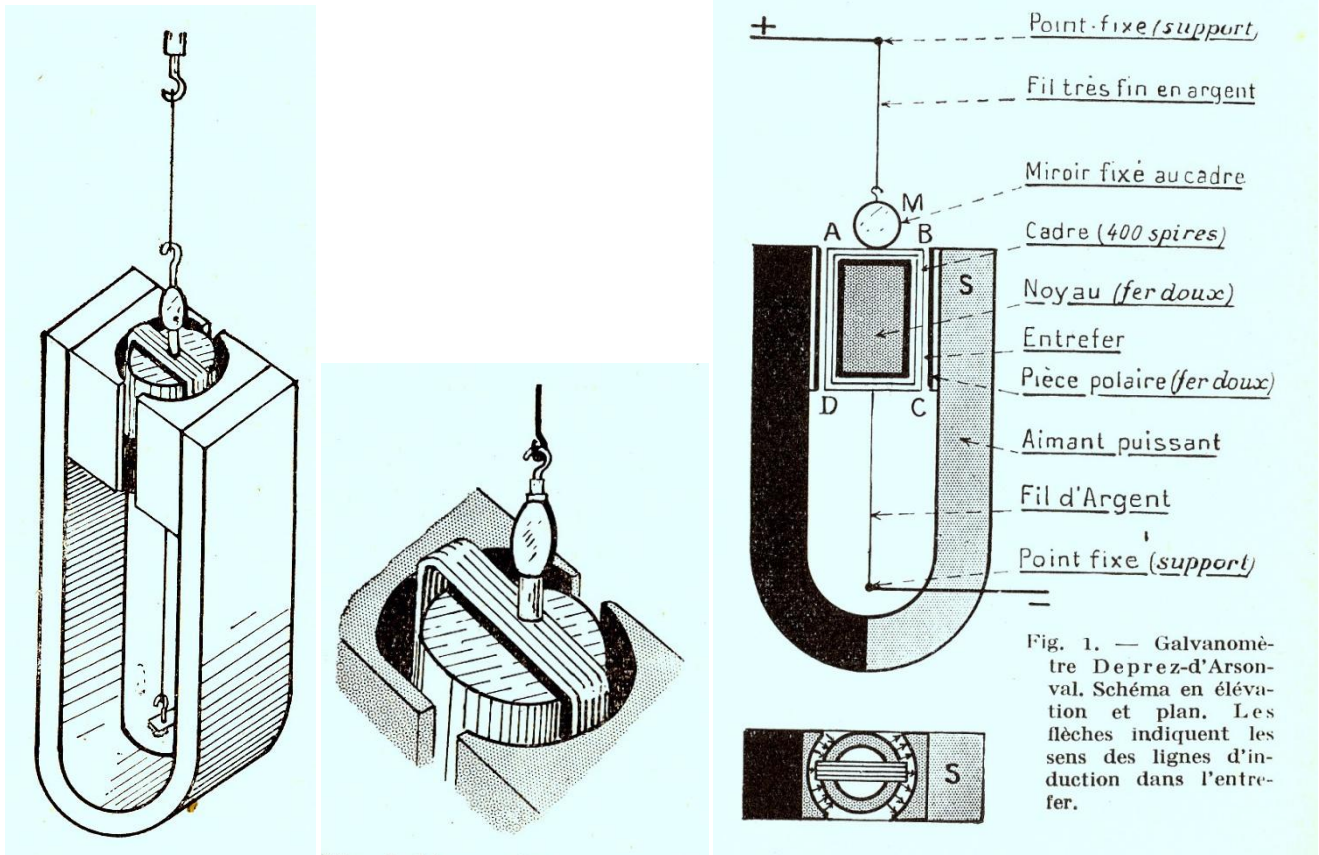


Fig. 1. — Galvanomètre Deprez-d'Arsonval. Schéma en élévation et plan. Les flèches indiquent les sens des lignes d'induction dans l'entrefer.

La marge des mesures auxquelles se prêtent ces instruments est très étendue ; leur sensibilité dépend du modèle du cadre et du diamètre du fil de suspension.

Le tableau ci-dessous indique le diamètre du fil de cuivre, le nombre de tours et la résistance des cadres les plus généralement employés

Modèles	Diamètre du fil	Nombre de tours	Résistance (ohms)
A	0,50 mm	40	1
B	0,40 mm	70	2
C	0,29 mm	150	6,5
D	0,17 mm	400	60
E	0,10 mm	500	200
F	0,07 mm	1200	1130

Les cadres sont suspendus dans les galvanomètres par des fils d'argent de 0,10, 0,12 et 0,15 millimètre.

Lorsqu'on veut obtenir plus de sensibilité, il faut employer des galvanomètres munis de pièces cylindriques, concentriques au noyau de fer. Dans ce cas, la suspension peut être constituée soit par deux fils d'argent de 0,08 millimètre, soit par un fil métallique plat, très mince, à la partie supérieure, et un ressort en hélice, formé avec le même fil, à la partie inférieure.

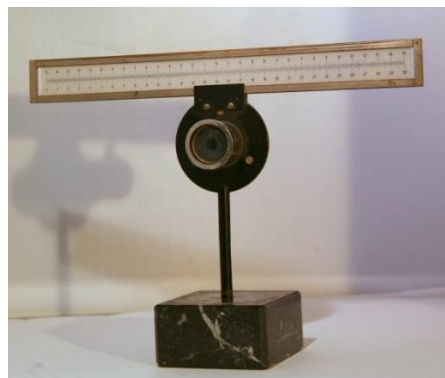
Le tableau ci-dessous indique pour les cadres du modèle « A » le diamètre du fil de suspension :

- La valeur de la sensibilité obtenue qui est donnée par la fraction d'ampère nécessaire pour faire dévier de 1 mm sur l'échelle placée à 1 mètre, l'image projetée sur le miroir.
- La durée d'une oscillation simple de l'équipage mobile.
- La résistance critique d'amortissement c'est-à-dire la résistance maximum du circuit dans lequel le cadre est complètement amorti ; cette valeur comprend la résistance propre du cadre.
- 

Cadre et modèle	Fil de suspension	Constante	Durée d'une oscillation simple	Résistance d'amortissement
A	0,15 mm	62500 X 10 <sup>-10</sup> amp	0,48 seconde	1,78 ohm
A	0,12 mm	26400 X 10 <sup>-10</sup> amp	0,75 seconde	2,72 ohms
A	0,10 mm	12500 X 10 <sup>-10</sup> amp	1,08 seconde	4 ohms
A	0,08 mm	5100 X 10 <sup>-10</sup> amp	1,69 seconde	6,2 ohms



Modèle Chauvin et Arnoux nr 2962 - Paris  
Série A - Résistance du cadre : 8 ohms



### 3) Faisons fonctionner le galvanomètre

Mettons en série avec le galvanomètre une résistance de 100000 ohms, une pile et un interrupteur. Envoyons sur le miroir un rayon lumineux qui se réfléchit et vient former une tache de lumière (spot) sur une échelle transparente graduée en millimètres.



Fermons l'interrupteur : la tache lumineuse se déplace horizontalement et, après oscillations, se fixe sur une division de l'échelle, par exemple à la division 40.

Le cadre mobile a tourné dans le champ de l'aimant tordant les fils de suspension ; sa position est repérée par le rayon lumineux réfléchi qui joue le rôle d'une longue aiguille sans poids.

Coupons le courant : le spot et, par suite, le cadre, revient à sa position de départ après plusieurs oscillations

Recommençons l'expérience en remplaçant la résistance de 100000 ohms par une autre de 50000 ohms. Le spot dévie jusqu'à la division 80.

La force électromotrice (f.e.m.) dans le circuit n'a pas changé. La résistance de ce circuit a diminué de moitié. L'intensité de courant a doublé. La déviation du cadre est donc proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse.

Recommençons l'expérience après avoir shunté le galvanomètre par une résistance d'une centaine d'ohms. Le cadre dévie moins mais nous remarquons qu'il arrive à sa position d'équilibre et qu'il revient, le courant supprimé, à sa position de départ sans osciller.

On dit que son mouvement est amorti, ou encore que l'appareil est devenu apériodique.

#### 4) Le galvanomètre à cadre mobile est très sensible

Les expériences ont montré qu'il suffit d'un courant faible pour obtenir une déviation du cadre mobile visible sur l'échelle graduée.

On caractérise la sensibilité de l'appareil par l'intensité du courant qu'il produit pour une déviation du spot de 1 milliampère sur l'échelle placée à 1 mètre du miroir. Plus cette intensité est faible, plus la sensibilité est grande.

Le galvanomètre Deprez-D'Arsonval est surtout employé pour constater qu'aucun courant ne passe dans le circuit où il est placé : il sert comme appareil de zéro.

On l'utilise aussi pour mesurer des courants très faibles. Il faut alors l'étalonner au début de chaque séance de mesure.

#### Sources bibliographiques :

- Catalogue Carpentier - 1907
- Les systèmes de télégraphie et de téléphonie - E. Montoriol - Paris -1922
- Electricité industrielle - Lois générales - Librairie Delagrave - Paris - 1963
- Histoire des moyens de télécommunications - JC Montagné - 1996

Rédaction : Michel Balannec - F6DLQ - CHCR 655

Photos : collection Michel Balannec