

MÉTHODE DE M. BOUTY

POUR LA MESURE DE L'INTENSITÉ DES CHAMPS MAGNÉTIQUES

SON APPLICATION A LA MESURE DES DÉBITS

A propos de la mesure du débit des rivières, M. Boucherot a signalé, au Congrès de la Houille Blanche (1), une méthode imaginée par M. Bouty, il y a environ cinq ans. Cette méthode très ingénieuse qui permet de déterminer avec la plus grande précision l'intensité d'un champ magnétique, pourrait également, comme l'indiquait M. Boucherot, s'appliquer à la détermination de la vitesse des cours d'eau.

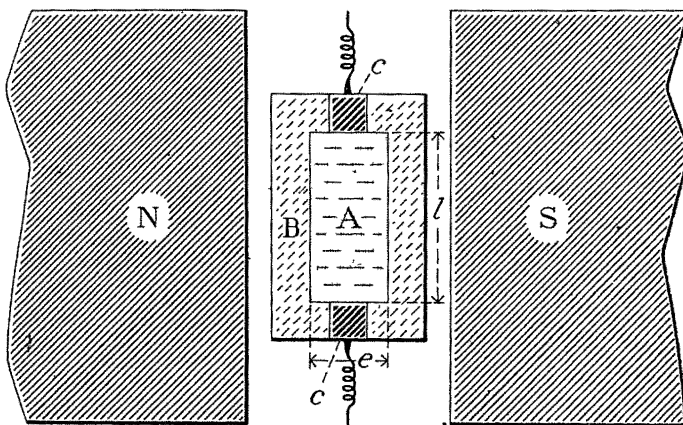
C'est à ce titre qu'il nous a paru intéressant d'en rappeler ici le principe en mettant en évidence son application possible aux mesures hydrauliques.

Un conducteur linéaire qui se déplace perpendiculairement aux lignes de force d'un champ magnétique est le siège d'une force électromotrice induite E , proportionnelle à la vitesse ν du déplacement, à la longueur l du conducteur et à l'intensité \mathcal{H} du champ magnétique :

$$E = \mathcal{H} \nu l, \quad (1)$$

qui est, comme on le voit, parfaitement indépendante de la conductibilité du conducteur employé.

DISPOSITIF GÉNÉRAL DE L'EXPÉRIENCE



LÉGENDE

- N, S, masses polaires de l'électroaimant.
 A, veine liquide
 B, ajutage ou cuvette définissant la forme de la veine liquide.
 l, hauteur de la veine
 e, épaisseur.
 c, c, électrodes de cuivre reliées à un électromètre.

Soit donc un filet d'eau A (fig. 1) s'écoulant avec une vitesse uniforme ν dans un champ magnétique, la section de ce filet d'eau étant supposée rectangulaire, de largeur e et de hauteur l . Si aux extrémités de cette hauteur l , disposée perpendiculairement aux lignes de force du champ, on place deux électrodes, on pourra mettre en évidence la force électromotrice induite dans le filet d'eau en mouvement, en étudiant la différence de potentiel des électrodes,

(1) Voir *La Houille Blanche*, octobre 1902, page 139.

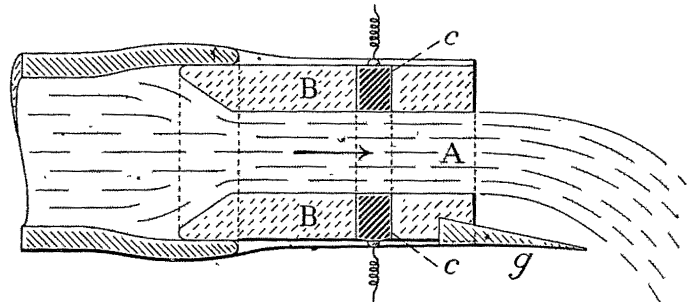
au moyen d'un électromètre sensible. Dès lors le débit de l'eau a pour expression : $Q = e. \nu. l.$ (2)

et par suite on a : $\mathcal{H} = \frac{E. e.}{Q}$ (3)

On pourra connaître \mathcal{H} connaissant le débit et la force électromotrice induite. Inversement connaissant \mathcal{H} et E on pourra en déduire la valeur du débit :

$$Q = \frac{E. e.}{\mathcal{H}} \quad (4)$$

COUPE D'UNE DES CUVERTES EMPLOYÉES PAR M. BOUTY DANS SES EXPÉRIENCES



LÉGENDE

- A, veine liquide.
 B, ébonite.
 c, c, électrodes en cuivre reliées à l'électromètre.
 g, bec de clinquant destiné à prévenir l'écoulement de l'eau le long des parois de la cuvette.

Tel est le principe de la méthode. Malheureusement son application n'est pas aussi simple qu'il semble au premier abord.

En effet, ce que l'on mesure au moyen de l'électromètre ce n'est pas la force électromotrice induite E , mais bien la différence de potentiel aux électrodes, V . Pour que l'on eût strictement : $V = E$, il faudrait que d'une part les courants de Foucault à l'intérieur de la veine fussent nuls ou du moins sans action (ce qui serait exact si la vitesse d'écoulement était uniforme en tous les points de la veine, si, en particulier, l'influence des bords était nulle). En second lieu il faudrait supposer qu'il n'y a pas de dérivations extérieurement aux électrodes (1).

Si donc la résistance globale r des dérivations ne peut être considérée comme infinie par rapport à la résistance R de la veine, le système se comporte comme une pile fermée, et l'on a :

$$V = \frac{r}{R+r} E.$$

Les courants de Foucault agissent, eux aussi, comme des dérivations et accroissent la complexité du phénomène.

Dans les expériences de M. Bouty, faites dans son laboratoire de la Sorbonne, la forme de la veine était déterminée par des ajutages ou cuvettes en ébonite (des cuvettes en verre ont également donné de bons résultats), encadrées aux extrémités d'un tube de plomb amenant l'eau qui

(1) Cette dernière condition, facilement réalisable dans un laboratoire où l'on peut déterminer la forme de la veine liquide par une cuvette en ébonite qui laisse juste le passage des électrodes, est loin d'être réalisée lorsque la veine en observation est toute une rivière dont le fond n'est pas du tout un isolant parfait.

arrivait avec une vitesse variable suivant la pression à laquelle elle était soumise (voir fig. 2).

Après avoir vérifié, par l'emploi de solutions de sulfate de cuivre plus ou moins concentrées, que la force électromotrice induite était bien indépendante de la conductibilité du liquide employé, M. Bouty ne fit plus usage que d'eau ordinaire. Toutes les expériences ont vérifié la proportionnalité rigoureuse de la force électromotrice et de la vitesse, prévue par la formule (1). Les vitesses sur lesquelles ont porté les observations, ont varié de 0,50 à 19 mètres par seconde. L'échelle des observations s'étend donc entre des limites très larges.

Le champ magnétique étudié était produit par un gros électroaimant Faraday, muni de pièces polaires de 20 centimètres de diamètre et situées à 3 centimètres de distance. Son intensité pouvait varier de 0 à 3000 Gauss.

La sensibilité de la méthode est telle qu'avec un électromètre capillaire qui permet d'apprécier couramment le $\frac{1}{20000}$ de volt, soit en valeur absolue 5000 C. G. S., on pourrait avec une vitesse $v = 14$ mètres et une hauteur de cuvette $l = 6$ centimètres évaluer un champ de :

$$\mathcal{H} = \frac{5000}{14 \times 100 \times 6} = 0,6 \text{ Gauss.}$$

Et c'est, en effet, ce que l'expérience a confirmé.

Grâce à cette méthode, M. Bouty a pu : graduer un ampèremètre de 20 ampères à 1/10 d'ampère près ; mesurer la quantité absolue de magnétisme d'un aimant permanent ; étudier le champ d'un électroaimant. Enfin, et c'est là ce qui nous intéresse plus particulièrement, il a cherché à voir les résultats que l'on peut obtenir en considérant comme veine liquide une rivière se déplaçant normalement au champ magnétique terrestre.

Pour une rivière de 100 mètres de large, coulant dans un lit parfaitement isolant avec une vitesse uniforme de un mètre par seconde, la valeur de la composante verticale du champ magnétique terrestre étant d'environ 0,42 Gauss, on aurait entre les rives une différence de potentielle correspondant à :

$$E = 0,42 \times 10000 \times 100 \text{ C.G.S.} = 0.0042 \text{ volt.}$$

On voit de suite la faiblesse du phénomène, et si l'on considère que le lit de la rivière est très médiocrement isolant, qu'il présente en ses diverses parties une conductibilité essentiellement irrégulière et peut livrer passage : 1° aux courants telluriques généraux ; 2° à des dérives locales qui prennent une importance prépondérante au voisinage des agglomérations urbaines sillonnées de canalisations électriques, on ne sera pas étonné de voir que les résultats obtenus, avec une semblable disposition, ne laissent pas espérer une solution industrielle de la question.

L'intensité du champ magnétique terrestre sera toujours trop faible pour permettre de dégager nettement les résultats expérimentaux de toutes les causes d'erreurs précédemment signalées.

Il faudrait donc, si on voulait appliquer cette méthode à la détermination de la vitesse d'un cours d'eau, réaliser un dispositif qui offrirait le moyen d'isoler une veine liquide assez mince pour pouvoir passer entre les pôles d'un puissant électroaimant. Ou, si l'on veut, il faudrait plonger

dans le cours d'eau, à l'endroit qu'on voudrait étudier, une sorte de cuvette analogue à celle indiquée plus haut et qui serait logée entre les pôles d'un électro submersible. Mais alors, l'appareil mesurerait non la vitesse moyenne du cours d'eau dans la section considérée, non pas même la vitesse primitive du filet d'eau là où est placée la cuvette, mais la vitesse réduite par les frottements contre les parois de cette cuvette ; ce dispositif, pour être admissible, nécessiterait l'emploi d'un facteur de réduction déterminé par des expériences préliminaires.

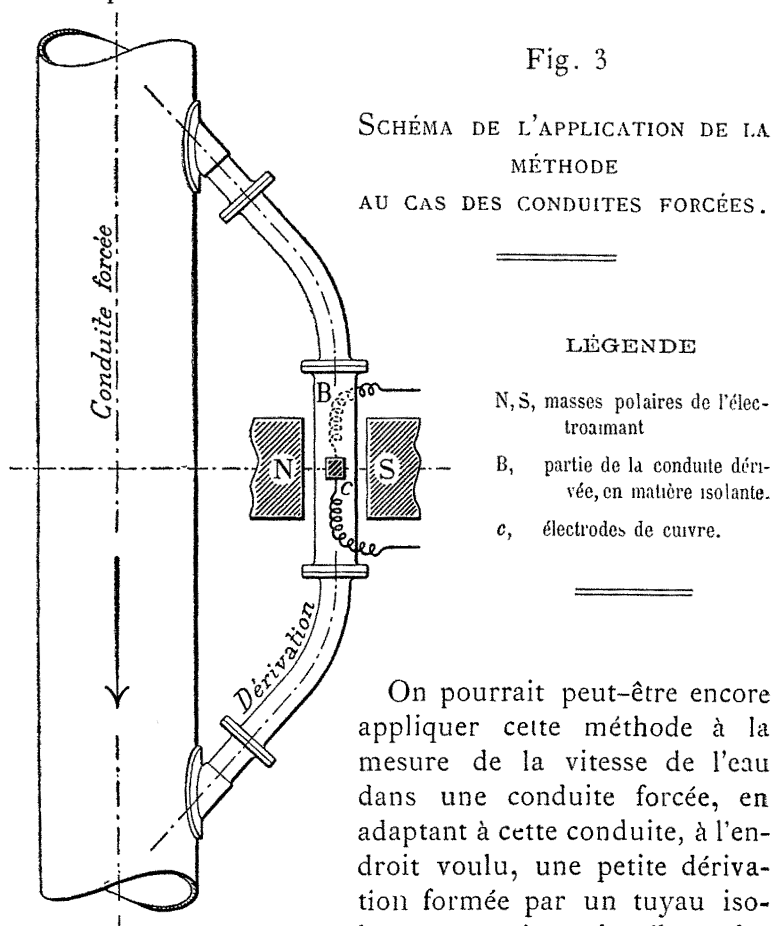


Fig. 3

SCHÉMA DE L'APPLICATION DE LA MÉTHODE AU CAS DES CONDUITES FORCÉES.

LÉGENDE

- N, S, masses polaires de l'électroaimant
- B, partie de la conduite dérivée, en matière isolante.
- c, électrodes de cuivre.

On pourrait peut-être encore appliquer cette méthode à la mesure de la vitesse de l'eau dans une conduite forcée, en adaptant à cette conduite, à l'endroit voulu, une petite dérivation formée par un tuyau isolant, traversé par les électrodes

et placé entre les pôles d'un électro. Là encore, un facteur de réduction devrait être déterminé pour permettre de connaître la vitesse de l'eau dans la canalisation en fonction de celle de la dérivation. On pourrait donc, en mesurant à chaque instant la différence de potentiel créé entre les électrodes, connaître la vitesse correspondante de l'eau dans la conduite et, par conséquent, son débit. On aurait ainsi une sorte de compteur d'eau sous pression qui pourrait rendre dans certains cas de réels services.

La figure 3 montre, à titre d'exemple, comment on pourrait pratiquement disposer les choses.

Telles sont, croyons nous, les applications industrielles que l'on pourrait tout au moins tenter de faire de cette originale méthode. Et, bien que leur réalisation paraisse un peu délicate, il est très probable que leurs résultats seraient plus satisfaisants que ceux obtenus par les procédés usuels. La précision avec laquelle se sont faites les expériences de laboratoire signalées plus haut semblent ne laisser aucun doute à cet égard.

P. DEJEAN.

Licencié ès-Sciences

Ancien Elève de l'Institut Electrotechnique de Grenoble.