



**HAL**  
open science

## Progrès récents dans les mesures géomagnétiques

M.E. Thellier

► **To cite this version:**

M.E. Thellier. Progrès récents dans les mesures géomagnétiques. Journal de Physique et le Radium, 1957, 18 (1), pp.9-10. 10.1051/jphysrad:019570018010900 . jpa-00235622

**HAL Id: jpa-00235622**

**<https://hal.science/jpa-00235622>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROGRÈS RÉCENTS DANS LES MESURES GÉOMAGNÉTIQUES <sup>(1)</sup>

Par M. E. THELLIER,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Les méthodes de mesure du champ magnétique terrestre — champ faible, continuellement variable, que l'on cherche à atteindre au  $\gamma$  près ( $1\gamma = 10^{-5}$  Oe) — viennent d'enregistrer deux progrès assez sensationnels : utilisation de la résonance magnétique nucléaire et mesure complète du vecteur champ à bord d'avions. Le premier procédé va permettre enfin de résoudre le problème lancinant des mesures absolues d'intensité du champ qui devaient s'appuyer jusqu'ici sur des étalons, un peu capricieux, de résistance et de force électromotrice ; le second va permettre l'exécution rapide de réseaux magnétiques généraux serrés et homogènes sur de très grandes surfaces.

La possibilité de mesurer des champs magnétiques par résonance nucléaire est bien connue. La méthode usuelle, consistant à soumettre la substance utilisée à un champ alternatif de fréquence variable, perpendiculairement au champ continu à mesurer, et à rechercher la résonance en mesurant la f. e. m. induite dans une bobine d'axe perpendiculaire aux deux champs, s'applique mal aux champs faibles, la sensibilité décroissant comme le carré du champ continu. Pour tourner la difficulté, R. H. Varian utilise la résonance, en quelque sorte résiduelle, des protons de l'eau liquide d'abord soumis à un champ relativement fort, puis au seul champ terrestre. Aucun détail technique n'a été publié jusqu'ici, mais dans son principe la méthode est rudimentairement simple : dans un flacon contenant un volume appréciable d'eau (de l'ordre du litre) est placée une bobine solénoïde grossière pouvant donner un champ de l'ordre d'une centaine d'Oe seulement. L'axe de cette sonde étant amené (sans aucun soin) perpendiculairement au champ terrestre, on connecte la bobine alternativement à une source de courant continu et à un fréquencemètre, à la cadence de quelques secondes. Le champ de la bobine provoque une orientation paramagnétique des moments nucléaires des protons de l'hydrogène de l'eau et, quand il est supprimé, les protons se trouvent en présence du seul champ terrestre d'intensité  $F$  ; ils émettent alors un rayonnement, d'amplitude rapidement décroissante, et de fréquence  $f$  proportionnelle à ce champ :  $2\pi f = \gamma_p \cdot F$ ,  $\gamma_p$  constante gyromagnétique des protons, étant pratiquement indépendante de

toutes conditions, du champ orienteur et de la température en particulier. Une f. e. m. de fréquence  $f$  est induite dans la bobine et toute la mesure se réduit à celle de cette fréquence, qui est de l'ordre de 2 000 Hz pour la valeur de  $F$  existant en France. Or, il est facile de le faire au 1/100 000 près et une telle mesure est absolue et reproductible partout et indéfiniment. En réalité, on pourrait craindre que la valeur de  $\gamma_p$  ne soit pas connue avec une précision suffisante ; c'est sans importance, il suffit d'adopter une fois pour toutes une constante  $\gamma_p$  qui définira l'Oersted des géomagnéticiens : on aura alors une unité immuable et on verra enfin disparaître ses discontinuités au passage des frontières !

On doit souligner un fait fort remarquable, c'est que le gain en précision apporté par le magnétomètre à résonance s'accompagne d'une grande simplification dans l'exécution de la mesure ; en particulier, les opérations de mise en station, de pointés, de lectures de cercles disparaissent. Cette qualité supplémentaire risque de bouleverser les procédés habituels de mesures géomagnétiques d'intensité dans tous les domaines : mesures journalières à l'observatoire, mesures sur le terrain dans l'exécution des réseaux magnétiques et, grâce à l'extraordinaire liberté d'orientation de la sonde par rapport au champ à mesurer, mesures en avion et sur des fusées. A terre, dans les mesures de prospection où l'on cherche à déterminer les variations d'un élément de lieu en lieu, on pourra ainsi mesurer les variations de la valeur  $F$  du champ total sans stationner ; il existe dès maintenant un dispositif Varian, porté à dos d'homme, qui donne à tout instant, à l'opérateur en marche, la valeur de  $F$ , ce qui est évidemment un progrès considérable.

Il faut bien remarquer que le magnétomètre à résonance, disons « le Varian », s'il suffit en prospection, ne résout pas tout le problème de la mesure du vecteur champ : il en donne la valeur, reste à en déterminer la direction à laquelle il est, si heureusement d'ailleurs, presque insensible. A l'observatoire, on déterminera la déclinaison magnétique au moyen d'un théodolite magnétique et l'inclinaison au moyen d'un inclinomètre à rotation, appareils qui, utilisant les artifices de renversement et de retournement du théodolite, sont absolus par nature. Sur le terrain l'inclinomètre serait peu commode, on pourra mesurer d'une part

(1) Résumé d'une conférence faite à la Société française de Physique le 18 avril 1956.

la déclinaison, d'autre part la valeur de la composante horizontale, par exemple au moyen du remarquable petit « quartz-horizontal-magnetometer » danois, appareil relatif mais dont il sera facile de vérifier l'étalonnage de temps en temps à l'observatoire équipé du magnétomètre nucléaire.

En avion, en ce qui concerne la détermination de la direction du champ, tous ces procédés sont défectueux. L'appareil bien connu dit magnétomètre aérien qui mesure la valeur de  $F$  n'est qu'un appareil de prospection et, à ce point de vue, il risque d'être avantageusement remplacé par le Varian. Mais il peut constituer la partie principale d'un appareil complet qui, sous des formes variées, a été mis au point indépendamment aux États-Unis, au Canada et en Angleterre. Le magnétomètre aérien utilise la sonde à saturation ou fluxgate qu'on peut schématiser en disant que c'est un tout petit transformateur à noyau droit dont le primaire est en deux moitiés inversées. Ce primaire étant alimenté en courant alternatif (de fréquence musicale et d'intensité telle qu'il porte le noyau à saturation en fin de cycle), la f. e. m. induite dans le secondaire est nulle par symétrie, du moins en l'absence de tout champ continu. Un champ continu transversal est sans effet, mais un champ longitudinal rompt la symétrie et fait apparaître une f. e. m. au secondaire (riche en harmonique 2 de la fréquence d'excitation). Cette sonde est un excellent appareil de zéro, soit pour des déterminations de direction (sa réponse est nulle lorsque son axe est perpendiculaire au champ), soit pour

des déterminations d'intensité (placée suivant l'axe d'une bobine-étalon avec laquelle on compense une composante du champ, elle vérifie la compensation exacte). Dans le magnétomètre aérien, une telle bobine avec sonde axiale est portée par un système auto-orientable qui la maintient constamment suivant la direction du champ ; l'orientation automatique est assurée, par exemple, par deux sondes perpendiculaires à la première dont les courants de sortie (nuls si la sonde principale est suivant le champ) sont amplifiés et actionnent des servomoteurs de rappel. Ayant défini, sur l'avion, la verticale au moyen d'un pendule fortement amorti et une autre direction connue au moyen d'une lunette constamment orientée sur un astre, le soleil par exemple, un procédé consiste à enregistrer continuellement, par rapport à un système de référence lié à l'avion, les directions de l'axe de la sonde, de la verticale et de l'axe de la lunette. Le dépouillement n'est pas simple et il se fait d'ailleurs par moyenne des valeurs enregistrées prises sur un temps comprenant quelques périodes des oscillations de roulis et de tangage de l'avion, de façon à éliminer la partie principale des effets des accélérations de ces mouvements sur le pendule. La réalisation technique d'un tel ensemble est évidemment compliquée, d'autant plus qu'il faut s'affranchir des perturbations magnétiques dues à l'avion lui-même. Il est remarquable qu'on ait pu atteindre dès maintenant une précision de quelques dizaines de  $\gamma$ , très supérieure à celle des anciennes mesures faites en mer.

Manuscrit reçu le 7 juillet 1956.

---