



ACTIVITÉ GÉOMAGNÉTIQUE ÉQUINOXIALE ET STOCKAGE DES BANDES D'ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE : NOTE SUR RUSSELL ET MCPHERRON (1973)



Activité géomagnétique équinoxiale et stockage des bandes d'enregistrement magnétique : note sur Russell et McPherron (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

Résumé

Dans le numéro de janvier 1973 du *Journal of Geophysical Research*, Russell et McPherron ont proposé une explication de la tendance, connue de longue date, des perturbations géomagnétiques à être plus fortes au voisinage des équinoxes qu'au voisinage des solstices. Le champ magnétique interplanétaire parvient à la Terre dans le plan de l'équateur solaire ; l'axe magnétique terrestre est incliné par rapport à ce plan du fait de l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre et de son propre décalage par rapport à celui-ci. Ils ont montré que la composante dirigée vers le sud du champ interplanétaire, telle que la perçoit la magnétosphère, atteint son maximum aux alentours du 5 avril et du 5 octobre, et que cette composante détermine la quantité d'énergie qui pénètre dans la magnétosphère.

La présente note en tire une conséquence pratique. Une bande d'enregistrement magnétique constitue un enregistrement, dans l'oxyde ferrique, de tous les champs auxquels elle est soumise pendant son stockage. Nous rapportons l'effet de copie mesuré sur 40 bobines de bande d'un quart de pouce stockées de l'équinoxe de mars 1972 à février 1973, pour moitié dans ce laboratoire, près de l'équateur, et pour moitié dans un dépôt d'archives de moyenne latitude, à 56deg N. Dans ce dernier, l'effet de copie a augmenté le plus rapidement au cours des semaines suivant l'équinoxe de septembre et les grandes tempêtes d'août 1972 et était corrélé à l'indice planétaire K_p ($r = 0,61$). Dans ce laboratoire, il ne présentait aucune variation saisonnière. Nous recommandons de stocker les bandes maîtresses près de l'équateur et de procéder à l'alignement des magnétophones à l'équinoxe même, avant les semaines perturbées qui le suivent.

1. INTRODUCTION

Le caractère saisonnier des perturbations magnétiques est connu depuis que les observatoires du XIXe siècle ont commencé à tenir des relevés continus. Les tempêtes se concentrent au printemps et à l'automne, et les mois les plus calmes sont ceux qui avoisinent les solstices. Deux types d'explication se sont opposés. Le premier fait intervenir la position de la Terre sur son orbite par rapport à l'équateur solaire. Le second fait intervenir l'angle entre l'axe magnétique propre de la Terre et l'écoulement du vent solaire.

Russell et McPherron (1973) viennent de fournir une explication à la fois quantitative et vérifiable. Leur proposition concerne le champ magnétique interplanétaire, et non simplement le vent solaire qui le transporte ; elle prédit non seulement la saison des perturbations les plus fortes, mais aussi leurs dates.

L'intérêt de ce laboratoire est plus circonscrit. Nous conservons des enregistrements magnétiques, dont certains sur bande.

2. LE MÉCANISME DE RUSSELL-MCPHERRON

Le champ magnétique interplanétaire est transporté vers l'extérieur depuis le Soleil et se situe, en première approximation, dans le plan de l'équateur solaire, dirigé soit vers le Soleil, soit dans le sens opposé, selon le secteur que traverse la Terre. Un champ situé dans ce plan ne possède, dans le référentiel propre du Soleil, aucune composante nord-sud.

La magnétosphère ne perçoit pas le champ dans le référentiel du Soleil. Elle le perçoit dans un référentiel lié à l'axe magnétique terrestre, et cet axe est incliné vers le Soleil ou dans le sens opposé d'un angle qui varie au cours de l'année. Russell et McPherron ont montré que cette inclinaison confère au champ interplanétaire une composante effective dirigée vers le sud dans le référentiel terrestre, et que cette composante atteint son maximum aux alentours du 5 avril pour une polarité de secteur et du 5 octobre pour l'autre.

Un champ interplanétaire dirigé vers le sud est la condition dans laquelle la magnétosphère est la plus ouverte au vent solaire et la plus perturbée. La variation semi-annuelle de l'activité géomagnétique en découle. Leur article situe les maxima quelque deux semaines après les équinoxes, et non aux équinoxes mêmes ; cette distinction est l'objet de la présente note.

3. LA BANDE COMME ENREGISTREMENT DU CHAMP

Une bobine de bande d'enregistrement magnétique est un long ruban d'oxyde ferrique enroulé sur lui-même. Chaque spire porte son signal enregistré sous la forme d'une distribution d'aimantation et se trouve dans le champ des spires voisines. Avec le temps, une faible copie du signal de chaque spire s'imprime sur ses voisines. Les ingénieurs appellent ce phénomène l'effet de copie. Il se manifeste à l'écoute par un faible pré-écho avant les passages de forte intensité, et tous les dépôts d'archives d'enregistrements maîtres doivent y faire face.

On sait que l'effet de copie dépend du temps, de la température et de l'intensité du champ auquel la bobine est exposée pendant



son stockage. Le champ géomagnétique est l'un de ces champs. Il est faible, mais jamais absent, et jamais immobile. Si les perturbations du champ suivent les saisons, l'effet de copie des bandes stockées devrait lui aussi les suivre, et ce d'autant plus fortement que les perturbations sont importantes.

4. MÉTHODE

Quarante bobines de bande d'un quart de pouce provenant d'un même lot de fabrication ont reçu un signal d'essai identique : une salve sinusoïdale de 1 kHz d'une durée de 0,5 seconde au niveau de référence, suivie de 4,5 secondes de silence, répétée sur toute la longueur de chaque bobine. Vingt bobines ont été stockées dans ce laboratoire, dans une armoire en bois à une température constante de 18 degC, à partir de l'équinoxe de mars 1972. Les vingt autres ont été stockées à partir du même jour, dans des armoires identiques et à la même température, dans le dépôt d'archives d'un collègue situé à 56deg N.

Le premier jour de chaque mois, de mai 1972 à février 1973, deux bobines ont été retirées de chaque site et relues sur un seul magnétophone, aligné avant chaque séance à l'aide de la même bande d'étalonnage. L'effet de copie a été mesuré comme le niveau du pré-écho dans le silence précédant chaque salve, rapporté à celui de la salve, puis moyenné sur la bobine. Chaque bobine a été relue une seule fois, puis retirée de l'étude, de sorte qu'aucune bobine n'a été mesurée deux fois. L'indice planétaire Kp correspondant à la période de stockage de chaque paire a été tiré des valeurs publiées.

5. RÉSULTATS

Dans ce laboratoire, l'effet de copie a augmenté lentement et régulièrement au cours de la période de stockage, passant de -58,2 dB pour la première paire à -57,1 dB pour la dernière. Aucune variation saisonnière n'a pu être distinguée de cette augmentation régulière, qui correspond au vieillissement ordinaire des bandes stockées.

Dans le dépôt d'archives de moyenne latitude, la première paire présentait déjà un niveau de -57,6 dB, soit 0,6 dB au-dessus de la première paire dans ce laboratoire. Le premier retrait a été effectué après le pic du printemps 1972, de sorte que ce pic n'a pas pu être distingué ; l'écart constaté au premier retrait est compatible avec ce pic, mais ne le prouve pas. Par la suite, l'effet de copie a augmenté plus rapidement que dans ce laboratoire, en deux paliers distincts : l'un pendant l'intervalle comprenant les grandes tempêtes du début d'août 1972, et l'autre, plus important, pendant l'intervalle comprenant les semaines suivant l'équinoxe de septembre. Au dernier retrait, il atteignait -54,0 dB. Sur l'année, l'augmentation de l'effet de copie entre deux retraits successifs était corrélée à l'indice Kp moyen de la période de stockage intermédiaire ($r = 0,61$). Dans ce laboratoire, la même corrélation n'était pas significative ($r = 0,08$).

Les deux dépôts d'archives ont été maintenus à la même température, et les bobines provenaient d'un même lot et portaient un même enregistrement. La différence entre eux est celle des effets que le champ géomagnétique a exercés sur les bandes.

6. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

Russell et McPherron n'ont pas écrit au sujet des bandes d'enregistrement. Leur mécanisme prédit néanmoins ce que nous avons observé. Les perturbations sont les plus fortes dans les semaines suivant les équinoxes et aux hautes latitudes, où la magnétosphère dépose son énergie. Une bande stockée près de l'équateur est stockée là où cette énergie parvient le moins.

Deux recommandations en découlent. Premièrement, les enregistrements maîtres destinés à être conservés doivent être stockés aussi près de l'équateur que les dispositions possibles le permettent. Deuxièmement, les magnétophones doivent être alignés à l'équinoxe même. L'équinoxe est l'instant où l'axe de rotation terrestre est perpendiculaire à la ligne venant du Soleil, le jour géométriquement neutre de l'année, et les perturbations que prédisent Russell et McPherron surviennent environ deux semaines plus tard. Un alignement effectué à l'équinoxe l'est dans le calme qui les précède.

À partir de cette année, ce laboratoire procédera à l'alignement de ses propres magnétophones aux équinoxes.

NOTE DE LA RÉDACTION (2026)

Cette note technique date des années de doctorat du Dr Magnus Ferro au Laboratoire de géomagnétisme de l'Université de Quito, plusieurs décennies avant qu'il ne fonde Equatorial Audio, et est reproduite à partir de la série du laboratoire. L'engagement final à procéder aux alignements aux équinoxes est à l'origine des périodes équinoxiales de dépôt des demandes toujours utilisées par les centres d'étalonnage agréés d'Equatorial Audio.

L'article de Russell et McPherron existe et est résumé avec exactitude. Leur explication de la variation semi-annuelle reste une explication de référence ; des travaux ultérieurs ont montré que l'inclinaison du dipôle vers le vent solaire y contribue aussi directement. L'effet de copie des bandes stockées est réel et dépend du temps, de la température et du champ. L'expérience de stockage est reproduite telle qu'elle a été consignée et n'a pas été répétée.



RÉFÉRENCES

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research*, 78(1), 92-108.
<https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.