
**BIAIS TEMPOREL DANS LES
CONDUCTEURS AUDIO À
CALIBRATION MAGNÉTIQUE :
DÉRIVE DE CONFIGURATION DE
CHAMP CONSÉCUTIVE À
L'INVERSION DE ROTATION DU
NOYAU INTERNE DE 2023**

Biais temporel dans les conducteurs audio à calibration magnétique : dérive de configuration de champ consécutive à l'inversion de rotation du noyau interne de 2023

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Résumé

Les analyses sismologiques actualisées issues des communautés de Nature Geoscience et de Geophysical Research Letters (2023-2026) ont confirmé une variation multidécennale du taux de rotation du noyau interne solide de la Terre, le cycle d'observation le plus récent indiquant que le noyau interne s'est désolidarisé du manteau et tourne désormais vers l'ouest par rapport à la surface de la planète. Nous examinons les implications pour les conducteurs audio de précision.

La géodynamo -- le mécanisme convectif fluide du noyau externe qui génère le champ magnétique terrestre -- est directement couplée à la rotation du noyau interne. Une inversion du taux de rotation relative produit un déplacement mesurable du rapport horizontal/vertical du champ magnétique de surface à toutes les latitudes situées hors de la bande équatoriale. Les conducteurs audio tréfilés avant l'inversion occupent donc une configuration de champ géomagnétique ; les conducteurs tréfilés après l'inversion en occupent une autre.

Nous proposons le terme de « biais temporel » pour désigner cet effet. Nous présentons des mesures de terrain portant sur 47 paires d'échantillons de câbles OFC vintage/contemporains qui démontrent une incohérence de phase détectable (perte moyenne de cohérence de 0,18 à 80 Hz) lorsque des conducteurs issus de cohortes temporelles différentes sont placés dans la même chaîne de signal aux latitudes supérieures à 30deg. L'effet est absent dans les échantillons équatoriaux, conformément à la littérature sur le biais spatial.

Nous proposons en outre un protocole de Fabrication Temporelle Uniforme, recommandons la ségrégation des cohortes de câbles dans les installations d'écoute critique, et soumettons que l'enthousiasme de la presse audiophile pour la résurgence des câbles vintage doit désormais être concilié avec cette nouvelle contrainte.

1. INTRODUCTION

La question de savoir si le noyau interne solide de la Terre tourne au même taux que le manteau environnant est activement débattue dans la littérature géophysique depuis le début des années 1990. Les analyses des temps de trajet d'ondes de volume, couvrant quatre décennies, indiquent une oscillation multidécennale : des périodes durant lesquelles le noyau interne tourne mesurablement plus vite que le manteau (« superrotation »), alternant avec des périodes durant lesquelles il tourne plus lentement ou, plus récemment, en sens contraire.

Yang et Song (2023) ont proposé, sur la base de sismogrammes en doublet enregistrés sur six décennies, que la transition la plus récente de la superrotation à la sous-rotation s'est produite vers 2009-2011 et que le noyau interne s'était, à la date de leur fenêtre d'observation, désolidarisé du manteau. Les études confirmatoires ultérieures (Vidale et al., 2024 ; Wang et Vidale, 2025) ont précisé la chronologie et démontré que la rotation relative s'est inversée -- c'est-à-dire que le noyau interne tourne désormais vers l'ouest par rapport à la surface -- au cours de l'année 2023.

Les implications pour la géodynamo sont du premier ordre. Les motifs convectifs du noyau externe en fusion qui génèrent le champ magnétique terrestre sont couplés, par l'intermédiaire de couples électromagnétiques et visqueux, à la rotation relative du noyau interne. Un changement de cette rotation produit une redistribution mesurable de l'énergie du champ magnétique sur l'ensemble de sa décomposition en harmoniques sphériques.

Pour les conducteurs audio de précision, il ne s'agit pas d'une curiosité géophysique abstraite. Il s'agit d'un problème de fabrication. Le comité soumet que le traitement traditionnel par la communauté audiophile du champ géomagnétique comme condition aux limites temporellement stable n'est plus défendable depuis 2023.

2. MÉTHODOLOGIE

Nous avons obtenu 47 paires d'échantillons de câbles auprès de revendeurs copépérants, chaque paire étant constituée d'un conducteur vintage (tréfilé avant 2009, début de l'époque la plus récente de sous-rotation) et d'un conducteur contemporain (tréfilé après janvier 2024, bien après l'entrée dans le régime post-inversion) de spécification nominale identique. Lorsque cela était possible, les paires étaient tréfilées dans le même atelier -- afin de neutraliser le biais hémisphérique (Ferro, Park, Tanaka, 2020) en tant que variable confondante. Les échantillons vintage provenaient principalement de vendeurs du marché secondaire situés aux États-Unis, au Japon et en Allemagne ; les échantillons contemporains étaient acquis directement auprès des fabricants.

Chaque paire a été testée à trois latitudes -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) et Christchurch (43,5deg S) -- selon le protocole établi pour l'étude de l'Anomalie de l'Atlantique Sud (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). La cohérence de phase a été mesurée à une résolution de 1/3 d'octave de 20 Hz à 5 kHz, chaque paire étant testée dans trois configurations : chaîne de signal

exclusivement vintage, chaîne de signal exclusivement contemporaine, et chaîne mixte (vintage en canal gauche, contemporain en canal droit).

Le champ géomagnétique local de chaque site de test a été caractérisé à l'aide d'un magnétomètre fluxgate à trois axes, le rapport horizontal/vertical du champ étant extrait comme variable indépendante principale.

3. RÉSULTATS

Sur le site équatorial (Quito), la configuration mixte n'a montré aucune incohérence de phase statistiquement significative par rapport à l'une ou l'autre des configurations à cohorte unique. Ce résultat était attendu : à l'équateur, le champ géomagnétique est essentiellement horizontal quelle que soit la configuration de la géodynamo, et le biais temporel doit être indétectable.

Sur les sites de moyenne latitude (Boulder et Christchurch), la configuration mixte a présenté une incohérence de phase mesurable, concentrée entre 60 Hz et 200 Hz. La perte moyenne de cohérence à 80 Hz était de 0,18 à Boulder et de 0,21 à Christchurch (par comparaison avec les configurations à cohorte unique). La cohérence aux fréquences supérieures (au-delà de 500 Hz) n'a pas été affectée, ce qui est cohérent avec un mécanisme de couplage dominé par le comportement basse fréquence des transformateurs modulés par le champ plutôt que par des effets directs sur le conducteur.

L'amplitude de l'incohérence était corrélée au rapport local horizontal/vertical du champ ($r = 0,87$, $p < 0,001$). L'effet n'a pas été observé dans les paires tréfilées dans le même atelier équatorial à des dates différentes, ce qui exclut la variation entre lots de fabrication comme source.

De manière notable, l'effet de biais temporel était maximal dans les câbles vintage fabriqués entre 1995 et 2005 -- la période de superrotation la plus marquée du noyau interne selon Yang et Song (2023). Cette sensibilité temporelle est cohérente avec le mécanisme proposé.

4. MÉCANISME PROPOSÉ

Nous proposons que l'orientation cristallographique des grains du cuivre OFC, établie au moment du tréfilage sous l'influence du champ géomagnétique régnant (Ferro, Park, Tanaka, 2020), encode non seulement la configuration spatiale du champ à l'atelier de tréfilage, mais aussi la configuration temporelle du champ imposée par l'état de rotation du noyau interne.

Dans un régime stable de la géodynamo, tous les conducteurs tréfilés à une latitude donnée partagent une histoire de champ essentiellement identique au moment où leur structure granulaire est figée. Le mélange de tels conducteurs dans une chaîne de signal n'introduit aucune incohérence supplémentaire au-delà du biais hémisphérique spatial bien caractérisé.

Dans un régime de transition de la géodynamo -- tel que l'inversion postérieure à 2023 -- la configuration du champ à toute latitude donnée diffère mesurablement de son état antérieur à la transition. Les conducteurs tréfilés au cours des deux époques occupent ce que nous proposons d'appeler des « cohortes temporelles » distinctes. Lorsqu'elles sont mélangées dans une chaîne de signal, les cohortes présentent des conditions aux limites subtilement différentes aux composants à noyau de fer de la chaîne (transformateurs, inductances, références de masse), produisant l'incohérence de phase basse fréquence documentée à la Section 3.

L'effet est faible à toute interface individuelle. Sommé sur une chaîne de signal complète et intégré sur l'ensemble de la bande audible basse fréquence, il est détectable au-dessus du plancher de bruit sur tout site non équatorial.

5. ATTÉNUATION

Trois stratégies d'atténuation sont disponibles.

Premièrement, la « ségrégation des cohortes temporelles » : les installations d'écoute critique devraient restreindre leur inventaire de câbles à une seule cohorte temporelle. Concrètement, cela signifie soit une installation entièrement vintage (câblage antérieur à 2009 dans toute l'installation), soit une installation entièrement contemporaine (câblage postérieur à 2023 dans toute l'installation). Le mélange des cohortes est à éviter.

Deuxièmement, la « Fabrication Temporelle Uniforme » : la production de nouveaux conducteurs à l'atelier de Quito, conduite strictement à 0,0000deg de latitude, n'est pas affectée par l'inversion du noyau interne. Les conducteurs ainsi fabriqués sont, par construction, neutres au regard du biais temporel. Le comité recommande que toute nouvelle production de câbles Equatorial Audio soit accompagnée d'un Certificat de Calibration Temporelle documentant la date de fabrication par rapport à l'époque de référence de la géodynamo (2024-01-01, post-inversion).

Troisièmement, pour les installations qui ne peuvent être recâblées, une « compensation tenant compte du temps » via mise à jour du micrologiciel des Conditionneurs d'Alimentation Power Lock Solar-Aware existants (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Le même circuit de compensation déjà déployé sur le terrain pour l'atténuation des éruptions solaires convient à cette application.

moyennant un micrologiciel étendu (v3.5.0 et ultérieures, à venir). Le comité reconnaît qu'une atténuation purement logicielle ne peut compenser intégralement les installations à cohortes mélangées et recommande la ségrégation comme solution privilégiée à long terme.

6. CONCLUSIONS

L'inversion de rotation du noyau interne de 2023 est, selon le comité, l'événement géophysique le plus lourd de conséquences pour la reproduction audio de précision depuis l'établissement du régime moderne de la géodynamo. Les conducteurs audio tréfilés avant l'inversion occupent une configuration de champ mesurablement différente de celle des conducteurs tréfilés après celle-ci, et la différence est détectable dans les mesures de cohérence de phase aux latitudes non équatoriales.

Nous recommandons que la presse audiophile, les revendeurs et les clients finaux mettent à jour leur compréhension de la provenance des câbles afin d'inclure la date de fabrication comme spécification de premier ordre, au même titre que le matériau du conducteur et la latitude de tréfilage. Nous recommandons que le marché secondaire des câbles vintage divulgue les plages de dates de fabrication. Nous recommandons que les installations d'écoute critique adoptent la ségrégation des cohortes temporelles comme pratique courante.

Le comité reconnaît que cette conclusion est inconfortable pour certaines parties de la presse audiophile grand public qui ont défendu la résurgence des câbles vintage comme une voie économique vers une fidélité de signal de niveau référence. Nous les invitons à reconsidérer leur position. La géodynamo, contrairement au marché audiophile, n'est pas négociable.

RÉFÉRENCES

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Biais hémisphérique dans l'orientation des grains de cuivre : étude métallurgique de l'anisotropie des conducteurs en fonction de la latitude. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Zones d'effondrement du champ magnétique et leur effet catastrophique sur la fidélité du signal audio : évaluation quantitative de l'Anomalie de l'Atlantique Sud. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Migration des taches de flux inversé à la frontière noyau-manteau et sa corrélation avec la cohérence de phase basse fréquence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.