
**BIAS TEMPORALE NEI
CONDUTTORI AUDIO CALIBRATI
MAGNETICAMENTE: DERIVA
DELLA CONFIGURAZIONE DI
CAMPO A SEGUITO
DELL'INVERSIONE DI ROTAZIONE
DEL NUCLEO INTERNO DEL 2023**

Bias temporale nei conduttori audio calibrati magneticamente: deriva della configurazione di campo a seguito dell'inversione di rotazione del nucleo interno del 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.

Abstract

L'analisi sismologica aggiornata proveniente dalle comunità di Nature Geoscience e Geophysical Research Letters (2023-2026) ha confermato una variazione multidecennale della velocità di rotazione del nucleo interno solido della Terra; il ciclo di osservazione più recente indica che il nucleo interno si è disaccoppiato dal mantello e ruota ora verso ovest rispetto alla superficie del pianeta. Esaminiamo le implicazioni per i conduttori audio di precisione.

La geodinamo -- il meccanismo fluido convettivo nel nucleo esterno che genera il campo magnetico terrestre -- è direttamente accoppiata alla rotazione del nucleo interno. Un'inversione del tasso di rotazione relativa produce uno spostamento misurabile nel rapporto orizzontale/verticale del campo magnetico superficiale a tutte le latitudini al di fuori della fascia equatoriale. I conduttori audio trafilati prima dell'inversione occupano pertanto una configurazione del campo geomagnetico; quelli trafilati dopo l'inversione ne occupano un'altra.

Proponiamo il termine **bias temporale** per questo effetto. Presentiamo misurazioni sul campo eseguite su 47 coppie di campioni di cavi OFC vintage/contemporanei che dimostrano un'incoerenza di fase rilevabile (perdita di coerenza media di 0,18 a 80 Hz) quando conduttori appartenenti a coorti temporali differenti vengono inseriti nella stessa catena di segnale a latitudini superiori a 30deg. L'effetto è assente nei campioni equatoriali, in coerenza con la letteratura sul bias spaziale.

Proponiamo inoltre un protocollo di Produzione Temporale Uniforme, raccomandiamo la segregazione delle coorti di cavi negli impianti di ascolto critico e sosteniamo che l'entusiasmo della stampa audiofila per i revival dei cavi vintage debba ora essere riconciliato con questo nuovo vincolo.

1. INTRODUZIONE

La questione se il nucleo interno solido della Terra ruoti alla stessa velocità del mantello circostante è oggetto di acceso dibattito nella letteratura geofisica fin dai primi anni Novanta. Le analisi dei tempi di percorrenza delle onde di volume su quattro decenni indicano un'oscillazione multidecennale: periodi nei quali il nucleo interno ruota in modo misurabilmente più rapido del mantello (« superrotazione »), alternati a periodi nei quali ruota più lentamente o, più recentemente, in direzione opposta.

Yang e Song (2023) hanno proposto, sulla base di sismogrammi a coppie (« doublet ») registrati nell'arco di sei decenni, che la più recente transizione da superrotazione a subrotazione sia avvenuta intorno al 2009-2011 e che, alla data della loro finestra di osservazione, il nucleo interno si fosse disaccoppiato dal mantello. Studi confermativi successivi (Vidale et al., 2024; Wang e Vidale, 2025) hanno affinato la cronologia e dimostrato che la rotazione relativa si è invertita -- vale a dire che il nucleo interno ruota ora verso ovest rispetto alla superficie -- in un momento collocabile nel 2023.

Le implicazioni per la geodinamo sono di prim'ordine. Gli schemi convettivi nel nucleo esterno fuso che generano il campo magnetico terrestre sono accoppiati, attraverso coppie elettromagnetiche e viscosi, alla rotazione relativa del nucleo interno. Una variazione di tale rotazione produce una redistribuzione misurabile dell'energia del campo magnetico nella sua decomposizione in armoniche sferiche.

Per i conduttori audio di precisione, ciò non costituisce una curiosità geofisica astratta. Si tratta di un problema di produzione. Il comitato sostiene che il tradizionale trattamento del campo geomagnetico, da parte della comunità audiofila, come condizione al contorno temporalmente stabile non è più, a partire dal 2023, sostenibile.

2. METODOLOGIA

Abbiamo ottenuto 47 coppie di campioni di cavo da rivenditori cooperanti, ciascuna coppia composta da un conduttore vintage (trafilato prima del 2009, inizio della più recente epoca di subrotazione) e un conduttore contemporaneo (trafilato dopo gennaio 2024, ben all'interno del regime post-inversione) di specifiche nominalmente identiche. Ove possibile, le coppie sono state trafilate presso il medesimo stabilimento, controllando la variabile confondente del bias emisferico (Ferro, Park, Tanaka, 2020). I campioni vintage sono stati reperiti principalmente da venditori del mercato secondario negli Stati Uniti, in Giappone e in Germania; quelli contemporanei sono stati reperiti direttamente dai produttori.

Ciascuna coppia è stata testata a tre latitudini -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) e Christchurch (43,5deg S) -- utilizzando il protocollo stabilito per lo studio sull'Anomalia del Sud Atlantico (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). La coerenza di fase è stata misurata con risoluzione di 1/3 d'ottava da 20 Hz a 5 kHz, con ciascuna coppia testata in tre configurazioni: catena di segnale solo

vintage, catena di segnale solo contemporanea e catena mista (canale sinistro vintage, canale destro contemporaneo).

Il campo geomagnetico locale presso ciascun sito di prova è stato caratterizzato mediante un magnetometro fluxgate triassiale, estraendo come variabile indipendente principale il rapporto orizzontale/verticale del campo.

3. RISULTATI

Presso il sito equatoriale (Quito) la configurazione mista non ha mostrato alcuna incoerenza di fase statisticamente significativa rispetto a entrambe le configurazioni a coorte singola. Tale risultato era atteso: all'equatore il campo geomagnetico è essenzialmente orizzontale indipendentemente dalla configurazione della geodinamo, e il bias temporale dovrebbe risultare non rilevabile.

Presso i siti a media latitudine (Boulder e Christchurch) la configurazione mista ha esibito un'incoerenza di fase misurabile, concentrata tra 60 Hz e 200 Hz. La perdita media di coerenza a 80 Hz è risultata pari a 0,18 a Boulder e a 0,21 a Christchurch (rispetto alle configurazioni a coorte singola). La coerenza alle frequenze più elevate (oltre 500 Hz) è risultata inalterata, in coerenza con un meccanismo di accoppiamento dominato dal comportamento dei trasformatori modulato dal campo a bassa frequenza, piuttosto che da effetti diretti sul conduttore.

L'entità dell'incoerenza è risultata correlata al rapporto locale tra campo orizzontale e verticale ($r = 0,87$; $p < 0,001$). L'effetto non è stato osservato in coppie trafilate presso lo stesso stabilimento equatoriale in date differenti, escludendo la variabilità di lotto produttivo come origine.

In modo notevole, l'effetto di bias temporale è risultato massimo nei cavi vintage prodotti tra il 1995 e il 2005 -- il periodo di superrotazione del nucleo interno più intensa secondo Yang e Song (2023). Questa sensibilità temporale è coerente con il meccanismo proposto.

4. MECCANISMO PROPOSTO

Proponiamo che l'orientamento cristallografico dei grani del rame OFC, fissato all'atto della trafilatura sotto l'influenza del campo geomagnetico vigente (Ferro, Park, Tanaka, 2020), codifichi non soltanto la configurazione spaziale del campo presso lo stabilimento di trafilatura, ma anche la configurazione temporale del campo imposta dallo stato di rotazione del nucleo interno.

In un regime di geodinamo stabile, tutti i conduttori trafilati a una data latitudine condividono una storia di campo essenzialmente identica nel momento in cui la loro struttura granulare viene fissata. La miscelazione di tali conduttori in una catena di segnale non introduce alcuna incoerenza aggiuntiva oltre al bias emisferico spaziale, ben caratterizzato.

In un regime di geodinamo transitorio -- quale quello dell'inversione successiva al 2023 -- la configurazione del campo a una data latitudine differisce in modo misurabile dal suo stato pre-transizione. I conduttori trafilati nelle due epoche occupano quelle che proponiamo di denominare distinte *coorti temporali*. Quando vengono miscelati in una catena di segnale, le coorti presentano condizioni al contorno sottilmente differenti ai componenti a nucleo di ferro della catena (trasformatori, induttori, riferimenti di massa), producendo l'incoerenza di fase a bassa frequenza documentata nella Sezione 3.

L'effetto è di piccola entità in corrispondenza di ogni singola interfaccia. Sommato lungo l'intera catena di segnale e integrato sull'intera banda udibile a bassa frequenza, esso risulta rilevabile al di sopra del rumore di fondo presso qualsiasi sito non equatoriale.

5. MITIGAZIONE

Sono disponibili tre strategie di mitigazione.

In primo luogo, la *segregazione per coorte temporale*: gli impianti di ascolto critico dovrebbero limitare il proprio inventario di cavi a un'unica coorte temporale. In pratica ciò significa o un impianto interamente vintage (cablaggio antecedente al 2009 dappertutto) oppure un impianto interamente contemporaneo (cablaggio successivo al 2023 dappertutto). La miscelazione delle coorti è da evitare.

In secondo luogo, la *Produzione Temporale Uniforme*: la nuova produzione di conduttori presso lo stabilimento di Quito, condotta rigorosamente a 0,0000deg di latitudine, non è influenzata dall'inversione del nucleo interno. I conduttori così prodotti sono per costruzione neutri rispetto al bias temporale. Il comitato raccomanda che ogni nuova produzione di cavi Equatorial Audio rechi un Certificato di Calibrazione Temporale che documenti la data di produzione rispetto all'epoca di riferimento della geodinamo (1deg gennaio 2024, post-inversione).

In terzo luogo, per gli impianti che non possono essere ricablati, la *compensazione consapevole del tempo* tramite aggiornamento firmware dei Power Lock Solar-Aware Power Conditioners già esistenti (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). La medesima circuiteria di compensazione già in dotazione sul campo per la mitigazione dei brillamenti solari risulta idonea a questa applicazione

con firmware esteso (v3.5.0 e successive, in attesa di rilascio). Il comitato riconosce che la sola mitigazione firmware non può compensare integralmente gli impianti con coorti miste e raccomanda la segregazione come soluzione preferenziale di lungo termine.

6. CONCLUSIONI

L'inversione di rotazione del nucleo interno del 2023 è, secondo il comitato, l'evento geofisico più rilevante per la riproduzione audio di precisione dall'instaurarsi del moderno regime della geodinamo. I conduttori audio trafilati prima dell'inversione occupano una configurazione di campo misurabilmente diversa rispetto a quelli trafilati dopo, e la differenza è rilevabile nelle misurazioni di coerenza di fase a latitudini non equatoriali.

Raccomandiamo che la stampa audiofila, i rivenditori e i clienti finali aggiornino la propria comprensione della provenienza dei cavi così da includere la data di produzione tra le specifiche di prim'ordine, accanto al materiale del conduttore e alla latitudine di trafilatura. Raccomandiamo che il mercato secondario dei cavi vintage dichiari gli intervalli di data di produzione. Raccomandiamo che gli impianti di ascolto critico adottino la segregazione per coorte temporale come prassi standard.

Il comitato riconosce che tale risultato risulta scomodo per quelle frange della stampa audiofila al consumo che hanno sostenuto il revival dei cavi vintage quale percorso a basso costo verso una fedeltà di segnale di livello di riferimento. Le invitiamo a rivedere la propria posizione. La geodinamo, a differenza del mercato audiofilo, non è negoziabile.

RIFERIMENTI

- [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). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.