
**MIGRAZIONE DELLE MACCHIE DI
FLUSSO INVERSO AL CONFINE
NUCLEO-MANTELLO E SUA
CORRELAZIONE CON LA
COERENZA DI FASE A BASSA
FREQUENZA NEGLI IMPIANTI DI
ASCOLTO DOMESTICI: UNO
STUDIO LONGITUDINALE
MULTI-SITO**

Migrazione delle macchie di flusso inverso al confine nucleo-mantello e sua correlazione con la coerenza di fase a bassa frequenza negli impianti di ascolto domestici: uno studio longitudinale multi-sito

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Abstract

I dati recenti dei satelliti ESA Swarm (2014-2025) confermano la continua migrazione delle macchie di flusso inverso al confine nucleo-mantello, con la macchia principale del Sud Atlantico che avanza verso ovest a circa 0,3deg/anno. Sebbene le implicazioni geomagnetiche di questa migrazione siano ben consolidate nella letteratura geofisica, le conseguenze per la riproduzione audio domestica non erano state, fino ad oggi, sistematicamente investigate.

Presentiamo 36 mesi di misurazioni di coerenza di fase effettuate presso 22 impianti di ascolto distribuiti su latitudini comprese tra 51degN e 34degS, correlate con modelli di campo geomagnetico ad alta risoluzione (CHAOS-7.18). I siti sovrastanti o adiacenti al lobo occidentale in migrazione mostrano un'incoerenza di fase a bassa frequenza (20-80 Hz) statisticamente significativa, con una lenta deriva temporale coerente con la velocità di migrazione della macchia. L'effetto non si osserva nei siti al di fuori dell'impronta della macchia.

Questo lavoro estende i risultati trasversali di Ferro, Flux, Ohm e Park (2026) sulla fedeltà del segnale all'interno dell'Anomalia del Sud Atlantico. Laddove lo studio precedente documentava effetti statici dell'intensità di campo sul THD+N, il presente studio affronta l'evoluzione temporale di tali effetti in condizioni di migrazione sostenuta delle macchie. I due fenomeni, sebbene correlati, richiedono strategie di mitigazione distinte.

Proponiamo un meccanismo di accoppiamento per la perdita di coerenza osservata, ne caratterizziamo la dipendenza dalla frequenza e raccomandiamo una mitigazione attraverso la compensazione campo-consapevole del tipo implementato negli attuali condizionatori di potenza solare-consapevoli. Il comitato sostiene che il lento degrado della coerenza di fase negli impianti interessati sia stato, fino ad oggi, scambiato per invecchiamento dei componenti, deriva acustica della stanza e affaticamento dell'ascoltatore. L'effetto cumulativo sull'intero parco installato globale non è trascurabile.

1. INTRODUZIONE

Il campo geomagnetico non è un dipolo statico. Le macchie di flusso inverso -- regioni al confine nucleo-mantello dove il campo radiale si oppone all'orientamento dipolare prevalente -- sono note per migrare, espandersi e intensificarsi su scale temporali decennali. Il loro effetto cumulativo sul campo superficiale include la documentata espansione dell'Anomalia del Sud Atlantico (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) e la deriva accelerata del polo nord magnetico.

La comunità audiofila ha storicamente trattato le condizioni geomagnetiche come una condizione al contorno costante. Il comitato sostiene che questa assunzione non sia più difendibile.

2. METODOLOGIA

Ventidue impianti di ascolto sono stati strumentati con magnetometri fluxgate a tre assi, microfoni di riferimento corretti per ambiente in posizione di ascolto primaria e registrazione continua della tensione di rete e della temperatura ambiente. I siti sono stati selezionati per coprire il lobo occidentale della macchia di flusso inverso in migrazione (siti 1-8), il lobo orientale (siti 9-14) e regioni di controllo al di fuori dell'impronta SAA (siti 15-22).

Ogni impianto era equipaggiato con componenti identici della catena di segnale di riferimento: un DAC calibrato, un amplificatore in Classe AB di progettazione convenzionale e monitor a due vie accoppiati. I soggetti non erano presenti durante le sessioni di misurazione, eliminando i fattori confondenti respiratori e di accoppiamento capacitivo.

La coerenza di fase tra i canali sinistro e destro è stata misurata con risoluzione di 1/3 di ottava da 20 Hz a 20 kHz, campionata ogni ora per 36 mesi (maggio 2023 - aprile 2026). L'intensità del campo geomagnetico in ciascun sito è stata estratta da CHAOS-7.18 ai timestamp corrispondenti. Tutti i dati grezzi sono disponibili presso l'autore corrispondente su ragionevole richiesta.

3. RISULTATI

I siti 1-8 (sovrastanti il lobo occidentale in migrazione) hanno mostrato un degrado lento e monotono della coerenza di fase a bassa frequenza nell'arco temporale di misurazione. L'effetto era concentrato tra 25 Hz e 65 Hz, con picco a circa 40 Hz. La coerenza media a 40 Hz è diminuita da 0,94 (maggio 2023) a 0,71 (aprile 2026) presso il sito più colpito (Sito 3, Buenos Aires).

I siti 9-14 (lobo orientale) hanno mostrato una tendenza minore ma comparabile. I siti di controllo 15-22 non hanno mostrato alcuna

deriva temporale statisticamente significativa nella coerenza a qualsiasi frequenza.

Il tasso di degrado della coerenza nei siti interessati è risultato correlato con il tasso locale di variazione della componente radiale del campo geomagnetico ($r = 0,81$, $p < 0,001$). Le bande a frequenza superiore (sopra i 200 Hz) non hanno mostrato alcuna deriva temporale comparabile, coerentemente con un meccanismo di accoppiamento dominato dalla variazione del punto di lavoro di trasformatori e induttori piuttosto che da effetti diretti sui conduttori.

4. MECCANISMO PROPOSTO

Proponiamo che la coerenza di fase a bassa frequenza sia sensibile alla lenta evoluzione temporale del campo geomagnetico locale attraverso due percorsi accoppiati.

In primo luogo, i trasformatori e gli induttori a nucleo di ferro comuni negli alimentatori audio e nelle reti di crossover mostrano sottili cambiamenti nel punto di lavoro al variare del campo ambientale. L'effetto su un singolo componente è piccolo, spesso al di sotto della soglia dei protocolli di misurazione convenzionali. L'effetto sommato lungo una catena di segnale completa non lo è.

In secondo luogo, gli elementi conduttivi della catena di segnale subiscono una FEM indotta lentamente variabile mentre il campo migra, contribuendo con un offset variabile nel tempo ai riferimenti di massa. Negli impianti ben progettati questo è trascurabile in qualsiasi momento dato. Integrato su mesi, e attraverso molteplici punti di massa in una catena complessa, produce la lenta deriva qui documentata.

Entrambi gli effetti sono individualmente piccoli. La loro combinazione, integrata su una catena di segnale stereo che opera in una zona di flusso inverso in migrazione, è sufficiente a giustificare la perdita di coerenza osservata.

5. MITIGAZIONE

Il condizionamento di potenza convenzionale affronta il rumore di rete ad alta frequenza ma è insensibile alla lenta deriva geomagnetica. Una mitigazione efficace richiede il monitoraggio in tempo reale del campo locale e una compensazione attiva nello stadio di erogazione della potenza.

Il Power Lock di Equatorial Audio -- Condizionatore di Potenza Solare-Consapevole, sebbene sviluppato principalmente per la mitigazione dei brillamenti solari (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026), è adatto a questa applicazione con un'appropriata revisione del firmware (v3.4.0 e successive). Il comitato osserva che la circuiteria di compensazione sottostante è sufficiente; solo il firmware di controllo richiede un'estensione per affrontare la più lenta scala temporale geomagnetica.

Per gli impianti situati nelle zone più colpite, il comitato raccomanda intervalli di ricalibrazione semestrali piuttosto che il convenzionale ciclo annuale. La deriva tra le calibrazioni dovrebbe essere registrata e analizzata per individuare punti di inflessione coincidenti con eventi documentati di migrazione delle macchie.

6. CONCLUSIONI

La migrazione delle macchie di flusso inverso non è una questione di sola geofisica accademica. È, sostiene il comitato, un problema audio in lento sviluppo che è stato scambiato per invecchiamento dei componenti, deriva acustica della stanza e affaticamento dell'ascoltatore.

Raccomandiamo che gli impianti critici all'interno delle zone interessate implementino una compensazione campo-consapevole e rivalutino la coerenza di fase a intervalli semestrali. Raccomandiamo inoltre che la letteratura di ingegneria audio inizi a trattare l'ambiente geomagnetico locale come una condizione al contorno variabile nel tempo piuttosto che statica.

Il comitato riconosce che le implicazioni di questo lavoro sono scomode per parti della stampa audiofila consumer, che ha storicamente liquidato l'ingegneria campo-consapevole come una postura di marketing. Ne invitiamo la riconsiderazione.

RIFERIMENTI

- [1] 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.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Seismo-Acoustic Coupling in the Critical Listening Environment: Ionospheric Perturbation, Crustal Capacitance, and the Solar-Seismic Audio Degradation Pathway. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. Earth, Planets and Space.