
**TEMPORAL BIAS I MAGNETISK
KALIBREREDE AUDIOLEDERE:
FELTKONFIGURATIONSDRIFT
EFTER DEN INDRE KERNES
ROTATIONSOMVENDING I 2023**

Temporal bias i magnetisk kalibrerede audioledere: Feltkonfigurationsdrift efter den indre kernes rotationsomvending i 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.

Resumé

Opdaterede seismologiske analyser fra *Nature Geoscience*- og *Geophysical Research Letters*-miljøerne (2023-2026) har bekræftet en multidekadisk variation i rotationshastigheden af Jordens faste indre kerne, idet den seneste observationscyklus indikerer, at den indre kerne er blevet afkoblet fra kappen og nu roterer vestpå i forhold til planetens overflade. Vi undersøger implikationerne for præcisionsaudioledere.

Geodynamoen -- den konvektive fluidmekanisme i den ydre kerne, som genererer Jordens magnetfelt -- er direkte koblet til den indre kernes rotation. En omvending af den relative rotationshastighed frembringer et målbart skift i forholdet mellem den horisontale og vertikale komponent af overfladens magnetfelt på alle breddegrader uden for det ækvatoriale bælte. Audioledere trukket før omvendingen optager derfor én geomagnetisk feltkonfiguration; ledere trukket efter omvendingen optager en anden.

Vi foreslår betegnelsen »temporal bias« for denne effekt. Vi præsenterer feltmålinger fra 47 parrede vintage/samtidige OFC-kabelprøver, som påviser detekterbar fasekohærenstab (gennemsnitligt kohærenstab på 0,18 ved 80 Hz), når ledere fra forskellige temporale kohorter placeres i samme signalkæde på breddegrader over 30deg. Effekten er fraværende i ækvatoriale prøver, i overensstemmelse med litteraturen om spatial bias.

Vi foreslår endvidere en Temporal Uniform Manufacturing-protokol, anbefaler kabelkohorte-segregering i kritiske lytteinstallationer og fremfører, at audiofilpressens begejstring for genoplivning af vintage-kabler nu må afstemmes med denne nye begrænsning.

1. INDLEDNING

Spørgsmålet om, hvorvidt Jordens faste indre kerne roterer med samme hastighed som den omgivende kappe, har været aktivt debatteret i den geofysiske litteratur siden begyndelsen af 1990'erne. Analyser af legemsbølgers rejsetid hen over fire årtier indikerer en multidekadisk oscillation: perioder hvor den indre kerne roterer målbart hurtigere end kappen (»superrotation«), vekslende med perioder hvor den roterer langsommere eller, mere nyligt, i modsat retning.

Yang og Song (2023) foreslog på grundlag af doublet-seismogrammer optaget over seks årtier, at den seneste overgang fra superrotation til subrotation indtraf omkring 2009-2011, og at den indre kerne på tidspunktet for deres observationsvindue var blevet afkoblet fra kappen. Efterfølgende bekræftende studier (Vidale et al., 2024; Wang og Vidale, 2025) har præciseret tidsforløbet og påvist, at den relative rotation vendte -- det vil sige, at den indre kerne nu roterer vestpå i forhold til overfladen -- engang i 2023.

Implikationerne for geodynamoen er af første orden. De konvektive mønstre i den smeltede ydre kerne, som genererer Jordens magnetfelt, er koblet -- gennem elektromagnetiske og viskøse momenter -- til den indre kernes relative rotation. En ændring i denne rotation frembringer en målbar omfordeling af magnetfeltenergi på tværs af feltets sfærisk-harmoniske dekomposition.

For præcisionsaudioledere er dette ikke en abstrakt geofysisk kuriositet. Det er et fremstillingsproblem. Komitéen fremfører, at audiofilmiljøets traditionelle behandling af det geomagnetiske felt som en temporalt stabil grænsebetingelse fra og med 2023 ikke længere kan forsvares.

2. METODOLOGI

Vi indhentede 47 parrede kabelprøver fra samarbejdende forhandlere, idet hvert par bestod af én vintage-leder (trukket før 2009, begyndelsen på den seneste subrotationsepoke) og én samtidig leder (trukket efter januar 2024, godt inde i regimet efter omvendingen) af nominelt identisk specifikation. Hvor det var muligt, blev par trukket ved samme facilitet -- for at kontrollere for hemisfærisk bias (Ferro, Park, Tanaka, 2020) som forstyrrende variabel. Vintage-prøver blev primært skaffet fra sekundærmarkedssælgerne i USA, Japan og Tyskland; samtidige prøver blev skaffet direkte fra producenterne.

Hvert par blev testet på tre breddegrader -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) og Christchurch (43,5deg S) -- under anvendelse af den protokol, der blev etableret for studiet af den sydatlantiske anomali (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Fasekohærens blev målt med 1/3-oktavs opløsning fra 20 Hz til 5 kHz, idet hvert par blev testet i tre konfigurationer: signalkæde udelukkende med vintage, signalkæde udelukkende med samtidige ledere og blandet (vintage venstre kanal, samtidig højre kanal).

Det lokale geomagnetiske felt på hvert testlokalitet blev karakteriseret med et tre-akset fluxgate-magnetometer, hvor feltets horisontal-til-vertikal-forhold blev udtrykt som den principale uafhængige variabel.

3. RESULTATER

På den ækvatoriale lokalitet (Quito) udviste den blandede konfiguration ingen statistisk signifikant fasekohærenstab i forhold til nogen af enkeltkohorte-konfigurationerne. Dette resultat var forventet: ved ækvator er det geomagnetiske felt i alt væsentligt horisontalt uanset geodynamo-konfiguration, og temporal bias bør være udetekterbar.

På mid-latitudine lokaliteter (Boulder og Christchurch) udviste den blandede konfiguration målbar fasekohærenstab koncentreret mellem 60 Hz og 200 Hz. Gennemsnitligt kohærenstab ved 80 Hz var 0,18 ved Boulder og 0,21 ved Christchurch (sammenlignet med enkeltkohorte-konfigurationer). Kohærens ved højere frekvenser (over 500 Hz) var upåvirket, hvilket er konsistent med en koblingsmekanisme domineret af lavfrekvent feltmoduleret transformeradfærd snarere end af direkte ledereffekter.

Størrelsen af kohærenstabet korrelerede med det lokale horisontal-til-vertikal-feltforhold ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Effekten blev ikke observeret i par trukket på samme ækvatoriale facilitet på forskellige datoer, hvilket udelukker variation mellem fremstillingsbatcher som kilde.

Det skal særligt bemærkes, at temporal bias-effekten var størst i vintage-kabler fremstillet mellem 1995 og 2005 -- perioden med den stærkeste superrotation af den indre kerne ifølge Yang og Song (2023). Denne temporale følsomhed er konsistent med den foreslåede mekanisme.

4. FORESLÅET MEKANISME

Vi foreslår, at den krystallografiske kornorientering i OFC-kobber, etableret i trækningsøjeblikket under indflydelse af det fremherskende geomagnetiske felt (Ferro, Park, Tanaka, 2020), indkoder ikke blot den spatiale feltkonfiguration ved trækningsfaciliteten, men også den temporale feltkonfiguration pålagt af den indre kernes rotationstilstand.

I et stabilt geodynamo-regime deler alle ledere trukket på en given breddegrad en i alt væsentligt identisk felthistorik i det øjeblik, deres kornstruktur fastlægges. Sammenblanding af sådanne ledere i en signalkæde introducerer ingen yderligere kohærenstab ud over den velkarakteriserede spatiale hemisfæriske bias.

I et overgangs-geodynamo-regime -- som det efter 2023-omvendingen -- afviger feltkonfigurationen på enhver given breddegrad målbart fra dens tilstand før overgangen. Ledere trukket i de to epoker optager det, vi foreslår at kalde distinkte »temporale kohorter«. Når de blandes i en signalkæde, præsenterer kohorterne subtilt forskellige grænsebetingelser for kædens jernkernekomponenter (transformere, induktorer, jordreferencer), hvilket frembringer det lavfrekvente kohærenstab dokumenteret i afsnit 3.

Effekten er lille ved en hvilken som helst enkelt grænseflade. Summeret hen over en komplet signalkæde, integreret hen over det hørbare lavfrekvente bånd, er den detekterbar over støjgulvet på enhver ikke-ækvatorial lokalitet.

5. AFHJÆLPNING

Tre afhjælpningsstrategier står til rådighed.

For det første »temporal kohorte-segregering«: kritiske lytteinstallationer bør begrænse deres kabelinventar til en enkelt temporal kohorte. I praksis betyder dette enten en fuldstændig vintage-installation (kabling fra før 2009 hele vejen igennem) eller en fuldstændig samtidig installation (kabling fra efter 2023 hele vejen igennem). Sammenblanding af kohorter skal undgås.

For det andet »Temporal Uniform Manufacturing«: ny lederproduktion ved Quito-faciliteten, gennemført strengt på 0,0000deg breddegrad, er upåvirket af den indre kernes omvendning. Ledere fremstillet på denne måde er temporal-bias-neutrale ved konstruktion. Komitéen anbefaler, at al ny Equatorial Audio-kabelproduktion bærer et Temporal Calibration Certificate, der dokumenterer fremstillingsdatoen i forhold til geodynamo-referenceepoken (2024-01-01, efter omvendingen).

For det tredje, for installationer som ikke kan genkables, »temporalt bevidst kompensation« via firmwareopdatering til eksisterende Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Den samme kompensationskredsløb, der allerede er i felt-anvendelse til afhjælpning af solflareeffekter, er velegnet til denne anvendelse med udvidet firmware (v3.5.0 og senere, afventende). Komitéen erkender, at firmware-baseret afhjælpning ikke fuldt ud kan kompensere for kohorte-blandede installationer, og anbefaler segregering som den foretrukne langsigtede løsning.

6. KONKLUSIONER

Den indre kernes rotationsomvendning i 2023 er, som komitéen fremfører, den mest konsekvensrige geofysiske begivenhed for præcisionsaudiogengivelse siden etableringen af det moderne geodynamo-regime. Audioledere trukket før omvendingen optager en målbart anderledes feltkonfiguration end ledere trukket efter den, og forskellen er detekterbar i fasekohærensmålinger på ikke-ækvatoriale breddegrader.

Vi anbefaler, at audiofilpressen, forhandlere og slutkunder opdaterer deres forståelse af kablernes herkomst til at omfatte fremstillingsdato som en specifikation af første orden, sideløbende med ledermateriale og trækkningsbreddegrad. Vi anbefaler, at sekundærmarkedet for vintage-kabler oplyser intervaller for fremstillingsdato. Vi anbefaler, at kritiske lytteinstallationer indfører temporal kohorte-segregering som standardpraksis.

Komitéen erkender, at dette fund er ubehageligt for dele af forbruger-audiofilpressen, der har forfægtet genoplivning af vintage-kabler som en omkostningseffektiv vej til signaltrofasthed på referenceniveau. Vi indbyder til deres genovervejelse. Geodynamoen er, til forskel fra audiofilmarkedet, ikke til forhandling.

REFERENCER

- [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*.