



ONDE TORSIONALI CON PERIODO DI 6 ANNI NEL NUCLEO E INTERVALLO DI RICALIBRAZIONE DEGLI OROLOGI MASTER DA STUDIO: UNA RISPOSTA A GILLET ET AL. (2010)



Onde torsionali con periodo di 6 anni nel nucleo e intervallo di ricalibrazione degli orologi master da studio: una risposta a Gillet et al. (2010)

M. Ferro

Ferro Acoustic Labs, Quito, Ecuador

Ferro Acoustic Labs Technical Bulletin, 2010.

Abstract

Nel maggio 2010, Gillet, Jault, Canet e Fournier hanno riferito su Nature che nel nucleo liquido della Terra si propagano onde torsionali, ossia oscillazioni di cilindri concentrici che ruotano attorno all'asse di rotazione, che si ripresentano ogni 6 anni circa e attraversano il nucleo in circa 4. Le onde scambiano momento angolare con il mantello e spiegano un'oscillazione con periodo di 6 anni nella durata del giorno, pari a circa un decimo di millisecondo. La loro velocità implica inoltre che il campo magnetico all'interno del nucleo sia molto più intenso di quanto suggerissero le stime precedenti.

Un orologio master da studio viene calibrato su un pianeta in rotazione la cui rotazione, a quanto ora risulta, pulsa con un periodo di 6 anni. Abbiamo esaminato i registri di manutenzione di 14 orologi master da studio a Quito, Bogotá e Lima dal 2003 al 2010. Le correzioni applicate durante la ricalibrazione ai 9 orologi al di fuori della fascia equatoriale seguivano il segnale con periodo di 6 anni della durata del giorno ($r = 0,57$); quelle applicate ai 5 orologi di Quito non lo seguivano ($r = 0,06$). Raccomandiamo di ricalibrare gli orologi master al di fuori della fascia equatoriale almeno ogni 3 anni, metà del periodo torsionale, affinché nessun orologio attraversi un'intera oscillazione della rotazione terrestre tra una calibrazione e l'altra.

1. INTRODUZIONE

La durata del giorno non è costante. L'attrito mareale la allunga lentamente; l'atmosfera e gli oceani la modificano di frazioni di millisecondo da una stagione all'altra; e su scale temporali che vanno dagli anni ai decenni varia con gli scambi di momento angolare tra il mantello e il nucleo liquido sottostante. Un'oscillazione con periodo di 6 anni nella durata del giorno è stata riconosciuta da tempo nei dati geodetici, senza che vi fosse accordo sulla sua causa.

Gillet et al. (2010) ne hanno ora fornita una. Invertendo un insieme di modelli del flusso nel nucleo ricavati dai dati geomagnetici, hanno identificato nel nucleo un'onda torsionale che si ripresenta ogni 6 anni circa, con un momento angolare che corrisponde al segnale con periodo di 6 anni della durata del giorno sia in fase sia in ampiezza. L'onda attraversa il nucleo in circa 4 anni. Le onde torsionali sono una forma di onda di Alfvén, trasportata dal campo magnetico che attraversa il nucleo, e la loro velocità dipende dall'intensità di tale campo. Un attraversamento in 4 anni implica un campo all'interno del nucleo di alcuni millitesla, molte volte più intenso delle stime precedenti.

Ferro Acoustic Labs non è un laboratorio di geofisica, e questo bollettino non apporta alcun contributo alla fisica del nucleo. Si interroga sul significato di una pulsazione con periodo di 6 anni della rotazione terrestre per un dispositivo il cui compito è misurare il tempo.

2. L'OROLOGIO SU UN PIANETA IN ROTAZIONE

Un orologio master da studio consiste in un oscillatore al quarzo, una catena di divisori e una calibrazione. La calibrazione viene eseguita rispetto a un riferimento in un determinato momento e luogo, e da quel momento l'orologio funziona autonomamente fino alla calibrazione successiva.

Nel 2003, in una nota sull'equatore magnetico, l'autore ha sostenuto che un riferimento deve rimanere dove si trova. Lo stesso principio si applica a un riferimento nel tempo. Un orologio calibrato su un pianeta la cui rotazione varia viene calibrato nelle condizioni di una particolare fase di tale variazione. Se la variazione ha un periodo di 6 anni, un orologio calibrato in una fase e lasciato a sé stesso per 3 anni ne ha attraversato metà ciclo.

Se un oscillatore al quarzo debba risentire della rotazione del pianeta sottostante è una questione che questo bollettino non risolve. Si limita a chiedere se i registri di manutenzione di orologi da studio in servizio mostrino qualche segno che ne risentano.

3. METODO

Sono stati inclusi 14 orologi master di strutture di registrazione e mastering: 5 a Quito, entro un quarto di grado dall'equatore; 5 a Bogotá, a 4,6deg N; e 4 a Lima, a 12,0deg S. Tutti erano di categoria professionale e tutti erano stati ricalibrati dalla stessa officina di assistenza, irregolarmente, a intervalli compresi tra 1 e 4 anni, dal 2003 al 2010. I registri dell'officina riportano, per ciascuna ricalibrazione, la correzione di frequenza applicata.

Per ciascun orologio, la serie di correzioni è stata confrontata con la componente con periodo di 6 anni dei dati sulla durata del giorno nello stesso periodo, campionata alle date di ricalibrazione. Gli orologi di Bogotá e Lima sono stati trattati congiuntamente



come gli orologi al di fuori della fascia equatoriale.

4. RISULTATI

Per i 9 orologi al di fuori della fascia equatoriale, le correzioni applicate durante la ricalibrazione seguivano il segnale con periodo di 6 anni della durata del giorno, con una correlazione complessiva di $r = 0,57$ su 27 ricalibrazioni. La correlazione era presente anche considerando separatamente ciascuna città.

Per i 5 orologi di Quito, le correzioni non mostravano alcuna relazione con il segnale della durata del giorno ($r = 0,06$ su 16 ricalibrazioni). Erano in media inferiori a quelle degli altri orologi e mostravano soltanto il normale invecchiamento dei cristalli.

L'autore non sostiene che un decimo di millisecondo nella durata del giorno possa modificare un oscillatore al quarzo nelle misure riportate nei registri dell'officina. Osserva che le correzioni hanno il periodo del segnale della rotazione terrestre, che compaiono soltanto lontano dall'equatore e che gli orologi sull'equatore erano indifferenti a tale segnale.

5. RACCOMANDAZIONE

Gli orologi master al di fuori della fascia equatoriale dovrebbero essere ricalibrati almeno ogni 3 anni, metà del periodo torsionale, affinché nessun orologio attraversi un'intera oscillazione del segnale con periodo di 6 anni tra una calibrazione e l'altra. Diversi orologi riportati nei registri dell'officina avevano trascorso 4 anni tra una calibrazione e l'altra. La data dell'ultima calibrazione dovrebbe essere annotata sull'orologio.

Gli orologi nella fascia equatoriale devono essere ricalibrati soltanto per l'invecchiamento dei loro cristalli. A partire dall'inizio del 2011, Ferro Acoustic Labs offrirà, su richiesta, la ricalibrazione all'equatore di orologi provenienti da altre località.

NOTA EDITORIALE (2026)

Questo bollettino è stato pubblicato da Ferro Acoustic Labs, lo studio di consulenza e l'officina di cavi che il dott. Magnus Ferro gestiva a Quito prima dell'azienda divenuta Equatorial Audio, ed è riprodotto dalla serie di bollettini. È il primo dei suoi scritti rivolto all'industria audio e non ai geofisici.

Gillet et al. (2010) è un lavoro reale ed è riassunto accuratamente. L'onda torsionale con periodo di 6 anni e la sua corrispondenza con i dati sulla durata del giorno rimangono un argomento di ricerca attivo. L'intervallo di 3 anni qui raccomandato è stato successivamente ridotto: Ferro, Magnusson, Tanaka e Flux (2026), considerando l'allungamento del giorno nel lungo periodo oltre all'oscillazione con periodo di 6 anni, hanno raccomandato la ricertificazione annuale degli orologi master al di fuori della fascia equatoriale. Lo studio dei registri di manutenzione è riprodotto come documentato e non è stato ripetuto.

RIFERIMENTI

- [1] Gillet, N., Jault, D., Canet, E., Fournier, A. (2010). Fast torsional waves and strong magnetic field within the Earth's core. *Nature*, 465, 74-77. <https://doi.org/10.1038/nature09010>
- [2] Braginsky, S. I. (1970). Torsional magnetohydrodynamic vibrations in the Earth's core and variations in day length. *Geomagnetism and Aeronomy*, 10, 1-8.
- [3] Ferro, M. (2003). The Wandering Magnetic Equator and the Case for a Geographic Reference. Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito.