

Proposta di tesi di dottorato con borsa di studio – autunno 2008

Analisi spettrale del rumore di fase e della stabilità di frequenza degli oscillatori

proposta da
Enrico Rubiola

Istituto FEMTO-ST, Dipartimento di Tempo et Frequenza
CNRS et Université de Franche Comté, Besançon, France
e-mail: rubiola@femto-st.fr
home page <http://rubiola.org>

Argomento della tesi. Tempo e frequenza hanno un ruolo privilegiato nella fisica e in numerose applicazioni perché sono le grandezze che possono essere misurate con la migliore accuratezza e precisione. L'orologio, per esempio, è l'unico artefatto accurato entro 10^{-5} – 10^{-6} ad un costo accessibile al grande pubblico, mentre gli orologi atomici raggiungono l'incredibile accuratezza di 10^{-15} . La stabilità può essere ancora migliore per un fattore 10. Se da una parte l'accuratezza di 10^{-15} interessa principalmente la fisica e la metrologia fondamentale, la stabilità a breve termine è un punto chiave per le telecomunicazioni, per le applicazioni spaziali e per i radar civili e militari.

L'argomento di tesi proposto parte dal semplice fatto che la stabilità di frequenza viene tradizionalmente misurata nel dominio del tempo, facendo ricorso a delle varianze 'wavelet' note con il nome di 'varianza di Allan' $\sigma_y^2(\tau)$ le sue varianti. La variabile τ è il tempo di misura. La stabilità dipende dall'intervallo di tempo da misurare, per delle ragioni simili alla bilancia che diventa meno "precisa" se l'oggetto da misurare si discosta troppo da 1 kg.

Da una ventina d'anni, è disponibile una vasta letteratura scientifica sulla stima di $\sigma_y^2(\tau)$ e dell'intervallo di confidenza. Per contro, l'analisi spettrale degli oscillatori è rimasta un campo empirico nel quale ci si limita a dare uno spettro di rumore di fase, sotto forma di $S_\varphi(f)$ o $\mathcal{L}(f)$. L'analisi va raramente al di là dell'identificazione delle interferenze della rete di alimentazione (50 Hz e armoniche) e l'identificazione di due-tre tipi fondamentali di rumore. Questo approccio non è più sufficiente alle esigenze delle tecnologie emergenti.

Trattandosi di affrontare un argomento nuovo, l'obiettivo minimo non potrà essere troppo ambizioso: adattare agli oscillatori i metodi di analisi spettrale consolidati in altri campi e identificare i fenomeni stocastici dell'oscillatore. Ciò detto, l'argomento proposto è una ottima opportunità per un candidato brillante, che potrà portare un forte contributo innovante nell'interpretazione della fisica dell'oscillatore, dei metodi di misura e dei risultati. Una branca secondaria della tesi è il miglioramento dell'accuratezza di misura, visto che i laboratori primari dichiarano un'accuratezza di 2 dB. La tesi è incentrata sull'analisi statistica e numerica degli spettri di rumore di fase. Tuttavia, sarà necessaria una conoscenza approfondita delle tecniche sperimentali allo stato dell'arte e la comprensione di vari tipi di oscillatore.

La si svolgerà sotto la direzione di E. Rubiola (3/4), professore ordinario, e di F. Vernotte (1/4), professore ordinario e direttore dell'Osservatorio Astronomico

di Besançon.

Università e laboratorio. Il dottorando sarà iscritto all'Université de Franche Comté, Besançon. La tesi si svolgerà presso il Dipartimento di Tempo e Frequenza dell'Istituto FEMTO-ST, affiliato all'università. Il Dipartimento T&F risulta dalla fusione di un laboratorio di cronometria e di un laboratorio di fisica e metrologia degli oscillatori, derivante dal Laboratoire de l'Horloge Atomique fondato dal premio Nobel Alfred Kastler. Il Dipartimento di T&F è leader mondiale nel campo della misura di rumore degli oscillatori, e primo in Europa per gli oscillatori ultrastabili e per i micro-orologi atomici.

Profilo del candidato. Il candidato ideale è a suo agio nella programmazione, con le tecniche di calcolo numerico e con l'analisi dei segnali, e ben disposto a imparare sofisticati metodi sperimentali di elettronica. Nell'intraprendere la tesi, è motivato dal desiderio di imparare e dall'investimento sulla vita futura. A più lungo termine, desidera lavorare nella ricerca applicata, pubblica o industriale, o nell'ingegneria high-tech, preferibilmente in un contesto internazionale.

Stipendio e benefits. Il dottorando fruirà di una borsa di studio del ministero dell'educazione nazionale e della ricerca per la durata di 3 anni, con mutua (l'"assicurazione malattia") e pensione. Ammontare e modalità sono fissati dalla legge francese. L'ammontare netto è approssimativamente di 1300 Euro, dopo aver pagato le imposte e i contributi obbligatori per malattia e pensione.

Per i candidati potenziali che non hanno familiarità con il sistema scolastico francese, la tassa di iscrizione è minima o assente e la borsa di studio è normalmente sufficiente a condurre una vita decorosa.

Requisiti per la borsa di studio

1. età massima 29 anni al 31 dicembre 2008,
2. diploma Master 2 (5 anni di università dopo la maturità) o equivalente ottenuto nel 2008. Per i diplomi non francesi, l'equivalenza è normalmente gestita dalla scuola di dottorato all'interno dell'università. Un master ottenuto prima del 2008 non può essere accettato. Per contro sono accettati i candidati che non hanno ancora il diploma ma che lo otterranno in seguito entro il 2008. In questo caso è necessaria una lettera dell'università.