

METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE FLUTTUAZIONI TERMICHE IN NANOPARTICELLE FERROMAGNETICHE

D. P. Ansalone^a, G. Bertotti^b, M. d'Aquino^c, M. Repetto^a, C. Ragusa^a, C. Serpico^d, B. Xie^a

^a Dipartimento di Ingegneria Elettrica Industriale, Politecnico di Torino, Italy.

^b Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM), Torino, Italy.

^c Dipartimento per le Tecnologie, Università di Napoli "Parthenope", Napoli, Italy.

^d Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Università di Napoli "Federico II", Napoli, Italy.

Lo studio delle fluttuazioni termiche della magnetizzazione è un problema fondamentale nel settore della registrazione magnetica a causa della tendenza alla riduzione delle dimensioni dei dispositivi. Lo studio degli effetti termici è infatti di particolare rilevanza nella stabilità a lungo termine dell'informazione registrata su un supporto magnetico. Dal punto di vista teorico la dinamica della magnetizzazione è descritta attraverso l'equazione di *Landau-Lifshitz-Gilbert* (LLG) [1]. Attraverso questo modello gli effetti delle fluttuazioni termiche possono essere studiati mediante l'aggiunta di un termine di rumore bianco, non correlato nello spazio e isotropo [2]. Quando le dimensioni di una particella sono comparabili con la lunghezza di scambio ferromagnetico, la magnetizzazione può essere assunta uniforme nello spazio, mentre gli effetti termici producono una fluttuazione della direzione della magnetizzazione. In questo caso un'analisi completa può essere ottenuta attraverso la soluzione dell'equazione di *Fokker-Planck* [2]. Quando l'uniformità spaziale non può essere assunta a priori, lo studio delle fluttuazioni termiche può essere condotto attraverso l'integrazione numerica dell'equazione di LLG che, con l'aggiunta del termine di rumore, diviene l'equazione di *Langevin* del processo stocastico. In questa memoria sono presentati e confrontati i risultati delle simulazioni delle fluttuazioni termiche in piccole particelle ferromagnetiche, ottenuti sia mediante la soluzione numerica dell'equazione di Fokker-Planck, sia attraverso simulazioni complete del processo fisico descritto dall'equazione di LLG con l'aggiunta del termine di rumore [3-5].

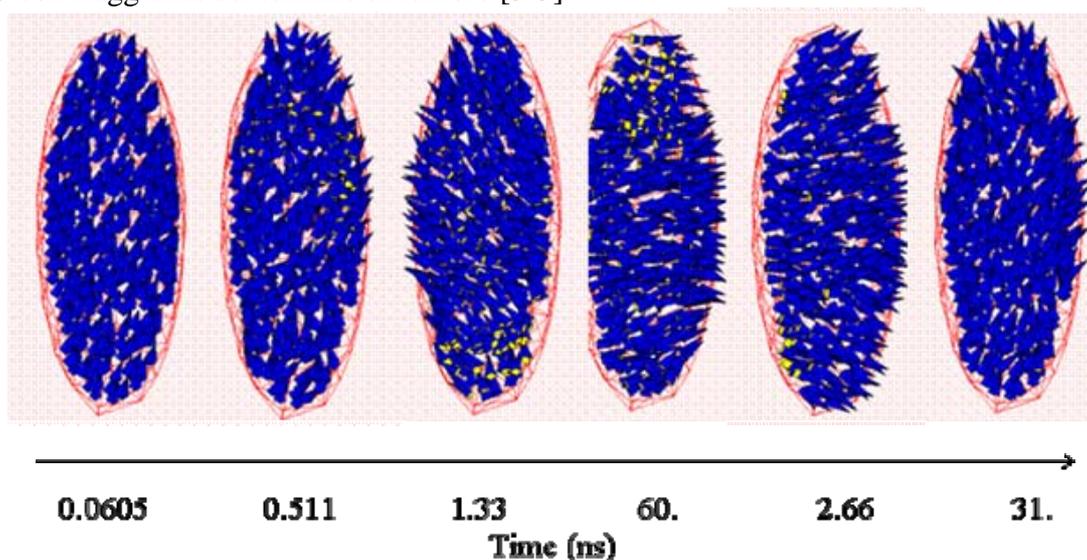


Figura 1. Distribuzione della magnetizzazione in una particella ellissoidale a diversi istanti temporali.

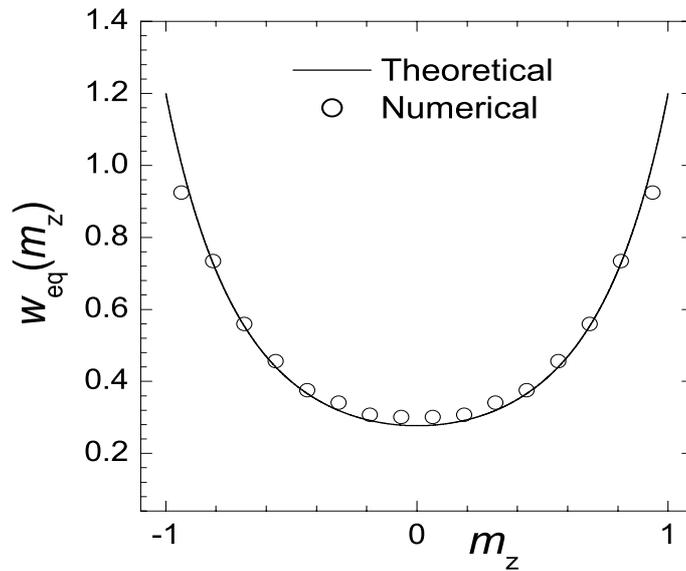


Figura 2. Funzione di distribuzione di probabilità all'equilibrio per la magnetizzazione di una particella magnetica ellissoidale. Linea continua: soluzione analitica ottenuta dalla soluzione dell'equazione di Fokker-Planck; open circle: soluzione completa dell'equazione di LLG-Langevin.

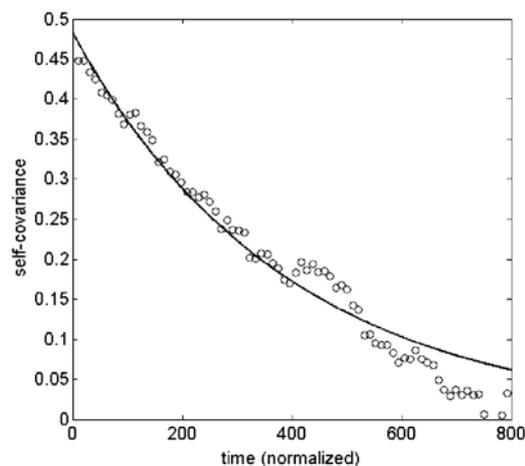


Figura 3. Funzione di autocorrelazione: la linea continua è stata ottenuta mediante la soluzione dell'equazione di Fokker-Planck per una particella uniformemente magnetizzata; open circle: soluzione completa dell'equazione di LLG-Langevin.

Bibliografia

- [1] G. Bertotti, Hysteresis in Magnetism, Academic Press, 1998.
- [2] W.F. Brown, Phys. Rev. 130, 1677 (1963) .
- [3] M. d'Aquino, C. Serpico, G. Coppola, I. D. Mayergoyz, G. Bertotti, "Midpoint numerical Technique for stochastic Landau-Lifshitz-Gilbert dynamics", Journal of Applied Physics, **99**, 8B905-1-3 (2006).
- [4] C. Ragusa, C. Serpico, M. Repetto, M. d'Aquino, B. Xie, G. Bertotti, "Thermal fluctuations in nanoparticles: numerical testing of Langevin approach", Journal of Applied Physics, (2008).
- [5] C. Ragusa, C. Serpico, M. d'Aquino, B. Xie, M. Repetto, G. Bertotti, and D. Ansalone, "Full micromagnetic numerical simulation of thermal fluctuations", presentato a Thirteenth Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2008), Athens, May 11-15, 2008.