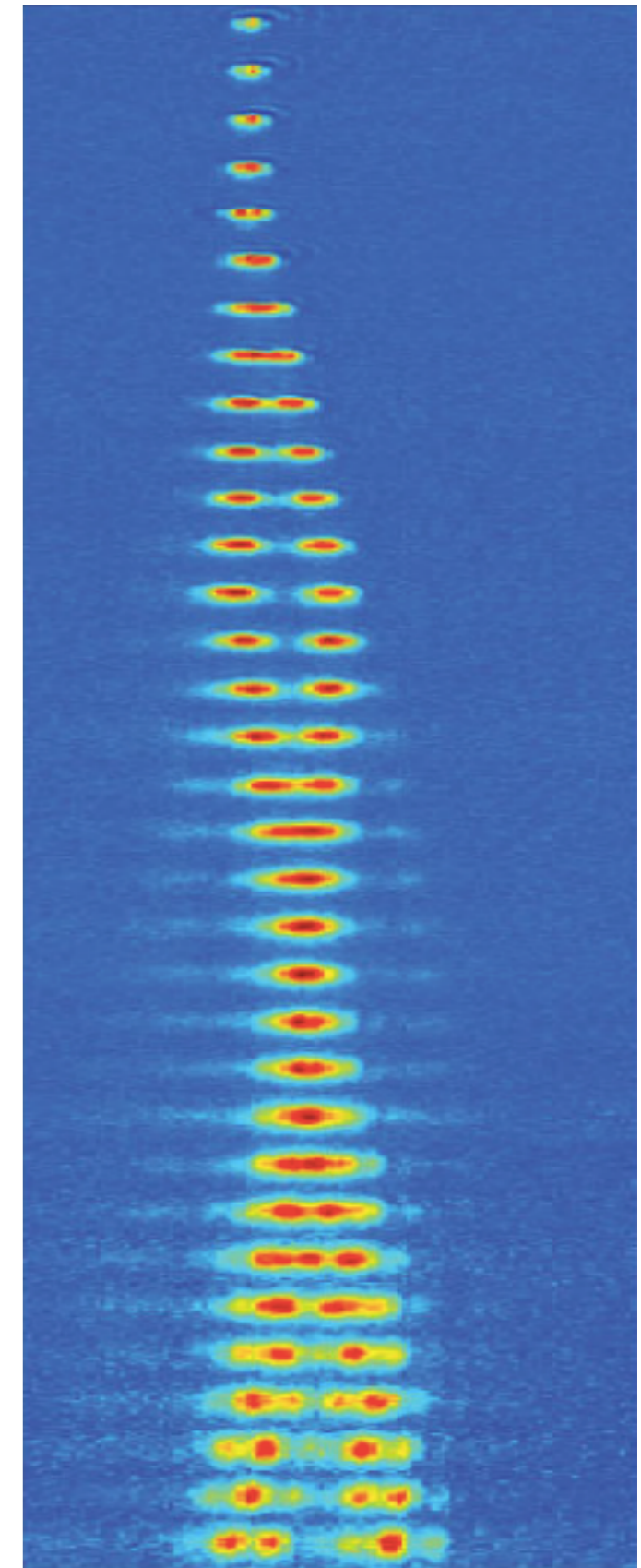




Interferometria atomica



- Misure di precisione con atomi freddi
 - tecnologia recente (dal 1991)
 - già ottenuti risultati interessanti (v. ruolo INFN)
 - ampio margine di sviluppo nel futuro prossimo
- Finora dimostrata con successo per:
 - misura di costanti fondamentali (G , α)
 - sensori inerziali accurati (g , gradiente, rotazioni)
- Risultati preliminari anche in:
 - test WEP, spin-gravity
 - quantum gravity (energy / momentum dispersion)
- Proposte / in progress
 - Test di GR (WEP, red shift, parametri PPN, Lense Thirring)
 - quantum gravity (p. es. test legge $1/r^2$)
 - simmetrie fondamentali (p.es. neutralità atomica)
 - GW
 - Antimateria (AEGIS)
 - Applicazioni metrologiche (bilancia di Watt)
 - Applicazioni tecnologiche (navigaz. inerziale)
 - Applicazioni geofisiche (mappature del campo gravitazionale, μ gravimetria timeline)



Interferometria atomica

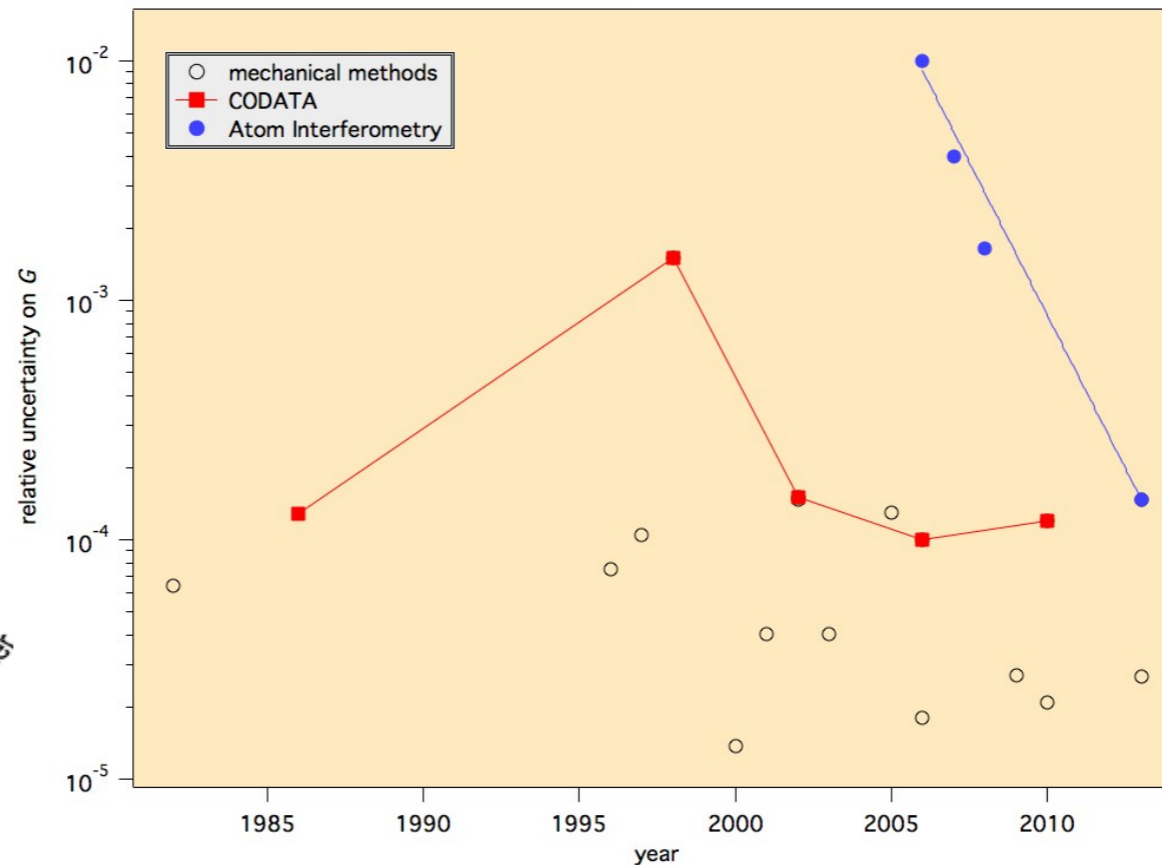
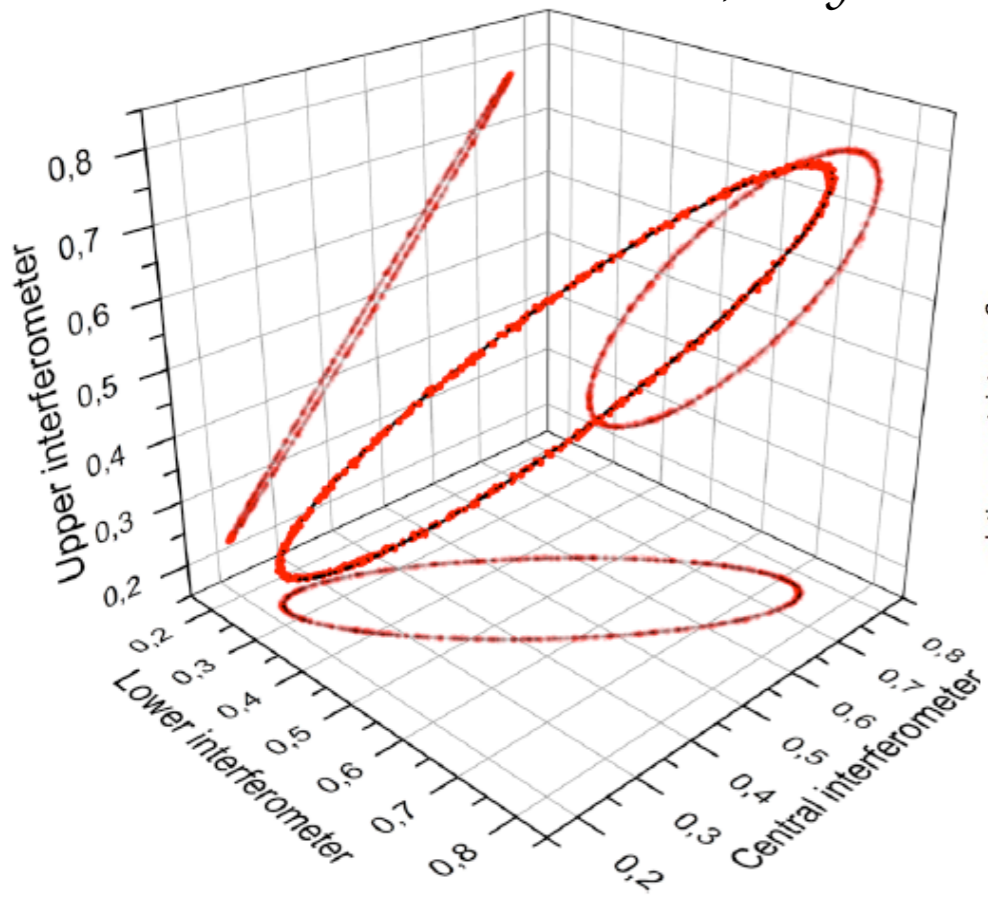
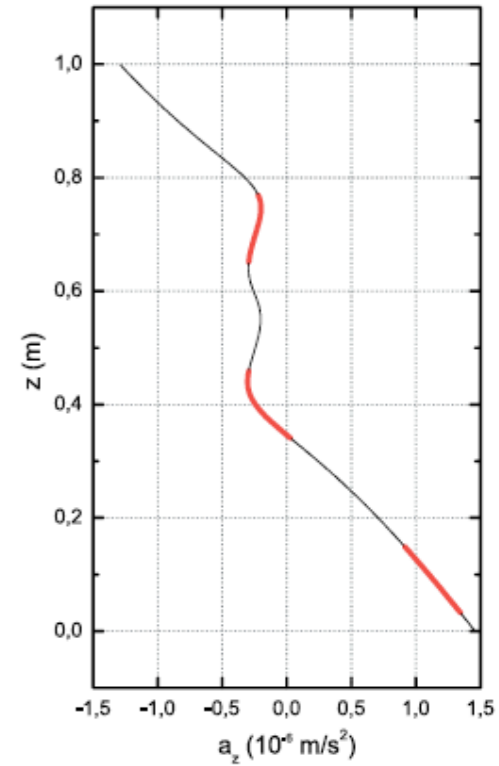
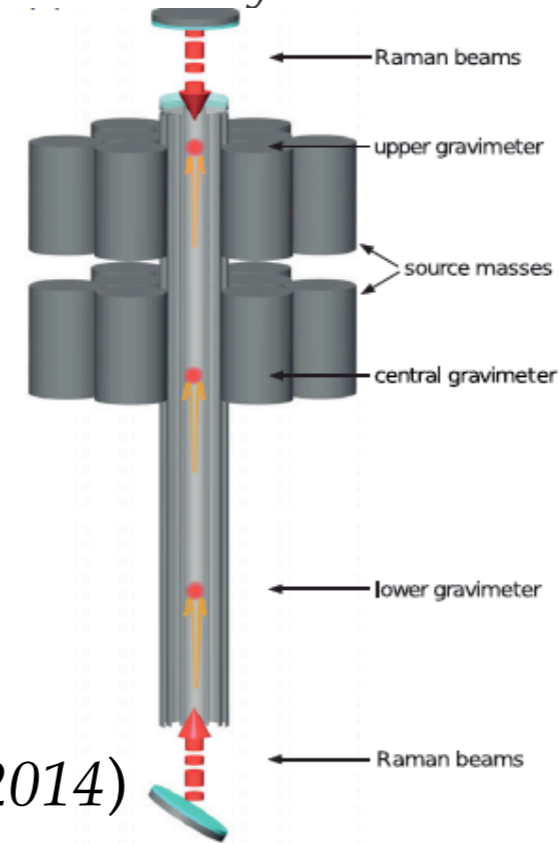


AI & INFN



MAGIA, Misura Accurata di G mediante Interferometria Atomica

- Apparato
 - doppio gravimetro atomico con ^{87}Rb ($\sim 4 \mu\text{K}$)
 - masse sorgenti di tungsteno ($\sim 500 \text{ kg}$)
 - sensibilità $3 \cdot 10^{-9} \text{ g @ 1s}$ ($5 \cdot 10^{-11} \text{ g @ 2 hrs}$)
 - *F. Sorrentino et al., PRA 89, 023607 (2014)*
- Risultati recenti:
 - G misurata a 150 ppm
 - *G. Rosi et al. Nature 510, 518 (2014)*
 - misura della curvatura del campo gravitazionale
 - *G. Rosi et al. Phys. Rev. Lett. 114, 013001 (2015)*
 - Test WEP & Spin-gravity
 - *M. G. Tarallo et al., Phys. Rev. Lett. 113, 023005-1 (2014)*





AI: sviluppi futuri



- Sensibilità $\phi = kgT^2$
- Sviluppi per migliorare di alcuni ordini di grandezza
 - **LMT splitters** (in MAGIA 2 hk, realizzati ~ 100 hk, possibili >1000 hk)
 - **sorgenti atomiche ad alto flusso** per riduzione rumore shot (attualmente $\sim 10^6$ atomi/s, possibile $>10^{10}$ atomi/s)
 - **tempo di interazione**: in MAGIA $T \sim 160$ ms, in apparato da 10 m $T > 1$ s, in microgravità $T > 10$ s
 - **rivelazione sub-shot noise**: allo studio schemi verso il limite di Heisenberg (entanglement, squeezing)
- R&D in corso sotto comm. II INFN: Progetto premiale 2012, *Atom interferometry for ultrasensitive measurements and for new detectors of gravitational waves*
 - test di fisica fondamentale (test WEP, $1/r^2$)
 - metrologia (G)
 - geofisica
 - dimostratore per rivelazione GW



• Possibili vantaggi degli interferometri atomici:

- assenza di rumore termico
- eccellente reiezione del rumore sismico
- tuning della funzione di sensibilità
- potenzialmente sensibili al di sotto di 1 Hz

G. M. Tino and F. Vetrano, *Class. Quant. Grav.* **24** (2007)
 G. M. Tino and F. Vetrano, *Gen. Relativ. Gravit.* **43**, 2037 (2011)

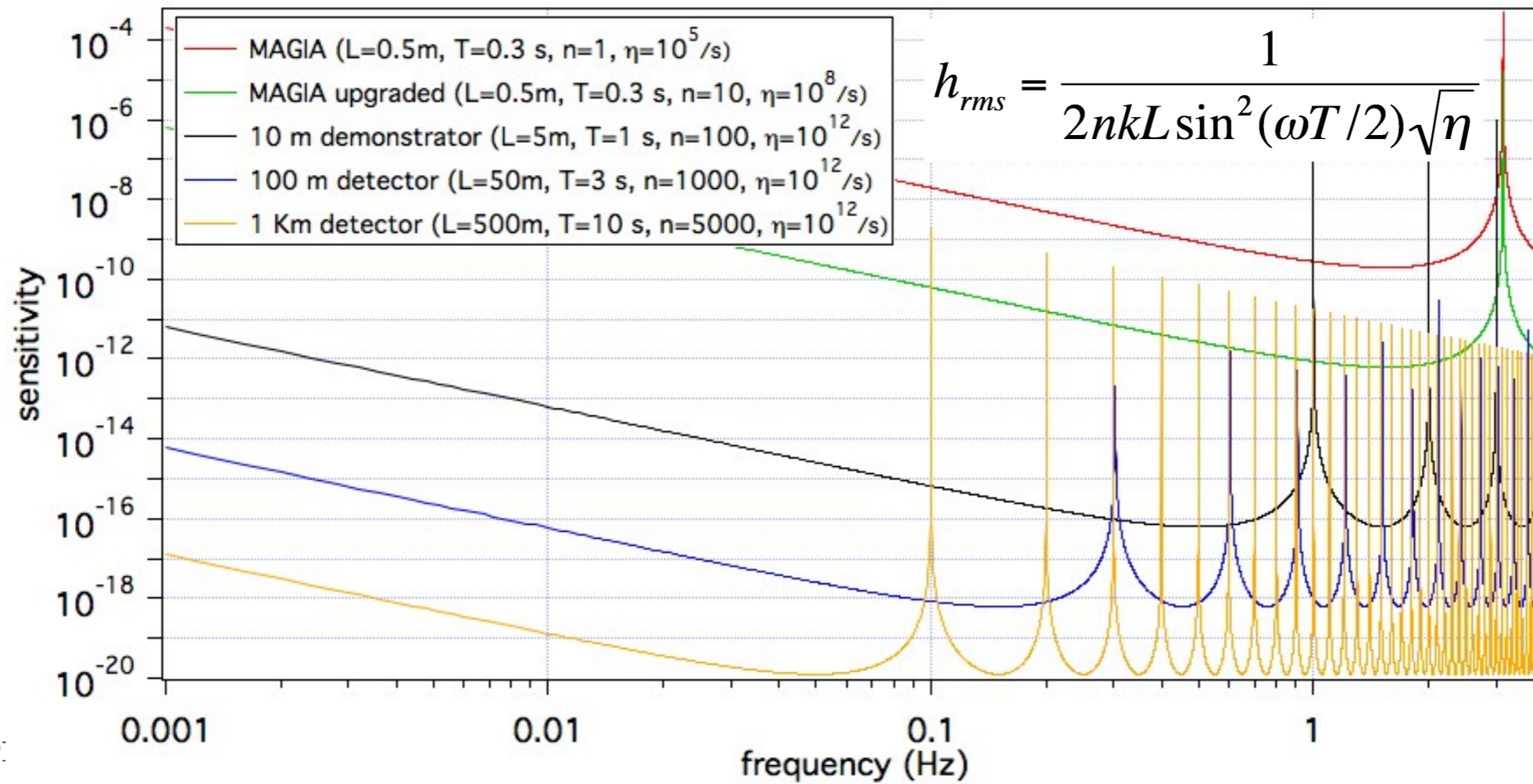
P. W. Graham et al., *Phys. Rev. Lett.* **110**, 171102 (2013)

F. Vetrano et al., *Int. J. Mod. Phys.* **23**, 135 (2013)

F. Vetrano and A. Viceré, *Eur. Phys. J. C* **73**, 2590 (2013)

• Complementari ai rivelatori ottici terrestri (Virgo, LIGO)

- p.es. caratterizzazione/eliminazione del rumore Newtoniano in rivelatori terrestri
- possibili schemi ibridi (atomi in interferometri ottici, v. progetto MIGA del CNRS)





AI & GW in H2020



HORIZON 2020 – WORK PROGRAMME 2014-2015

European research infrastructures (including e-Infrastructures)

neutrino studies) and other interdisciplinary applications by simultaneously establishing common access procedures, promoting the common planning of experiments, and by coordinating technological efforts in order to optimise use and access to resources and to avoid duplication.

Integrating gravitational wave research. This activity aims at integrating the communities of researchers studying gravitational waves and their astrophysical sources: both laser and **atom interferometers** with their extreme technological requirements; observations of gravitational-wave sources through electromagnetic waves and high-energy particles; numerical/theoretical studies of such sources. It should address also the computing and data handling needs of these communities.

- Call INFRAIA 2014-2015, progetto EGWII: primo esempio di integrazione tra le comunità GW e AI
- Call INFRADEV 2016, possibilità di presentare una proposta per DS
- Ruolo chiave di EGO: in occasione della call INFRADEV 2014 il Council ha già dato parere positivo per un coinvolgimento attivo nel campo dell'interferometria atomica .