

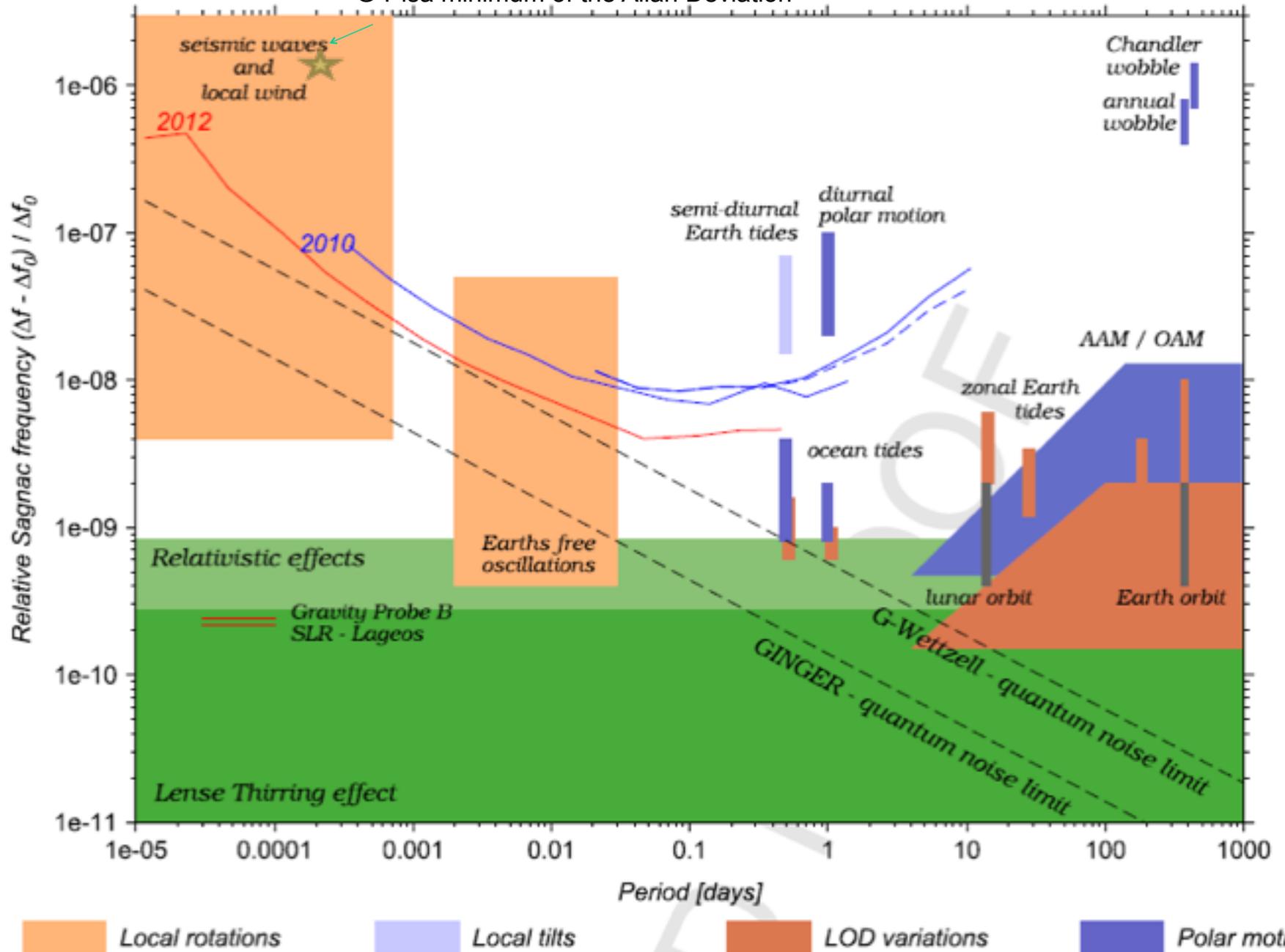


# GINGER

Angela Di Virgilio  
INFN-Pisa

**where we are ...**

### G-Pisa minimum of the Allan Deviation

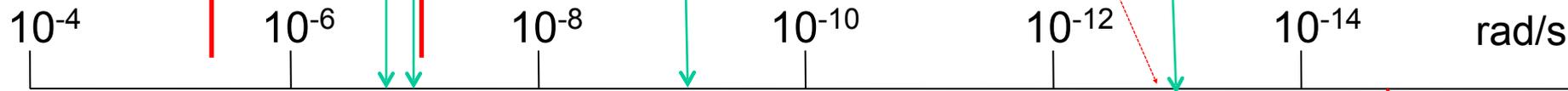


Small ring laser OFG

G-Pisa 5.4m

GINGERino 14.4m

G (Wettzell) 16m



Aircraft Navigation

Submarine Navigation

Seismics

Earth Tides

General Relativity

Fluctuations of Earth rotation

Earth Rotation Rate



## CONFRONTO Sagnac RingLaser e Atomi Freddi (Guvstanson, Kasevich et al.)

Sensibilità		
1997, Gustavson et al. PRL	$2 \times 10^{-9} \text{ rad/s}/\sqrt{\text{Hz}}$ a 1 Hz	Sagnac con atomi
2000 Gustavson et al CQG	$6 \times 10^{-10} \text{ rad/s}/\sqrt{\text{Hz}}$ a 1 Hz	
G-Pisa (typical)	$3 \times 10^{-9} \text{ rad/s}/\sqrt{\text{Hz}}$ a 1 Hz	ringlaser
G-Wettzell (typical)	<b><math>&lt; 10^{-12} \text{ rad/s}/\sqrt{\text{Hz}}</math> a 1 Hz</b>	

Stabilità	
Kasevich et al- (2005), stabilità 1 ora	$96 \mu\text{deg/h}$ (circa 800 nrad in una ora)
FILATOV, ringlaser per metrologia	Accuratezza 100nrad circa
G-Pisa, integrabile pochi minuti	$8 \times 10^{-10} \text{ rad/s}$ (sottratto backscattering )
G-Wettzell, integrato 4 ore	$6-7 \times 10^{-14} \text{ rad/s}$

**Stato dell'arte della metrologia angolare: decine di nrad<sup>4</sup>**

- G-Wettzell has shown that locally the Earth Angular velocity can be measured with accuracy close to 1 part  $10^9$

## ***Necessary improvements:***

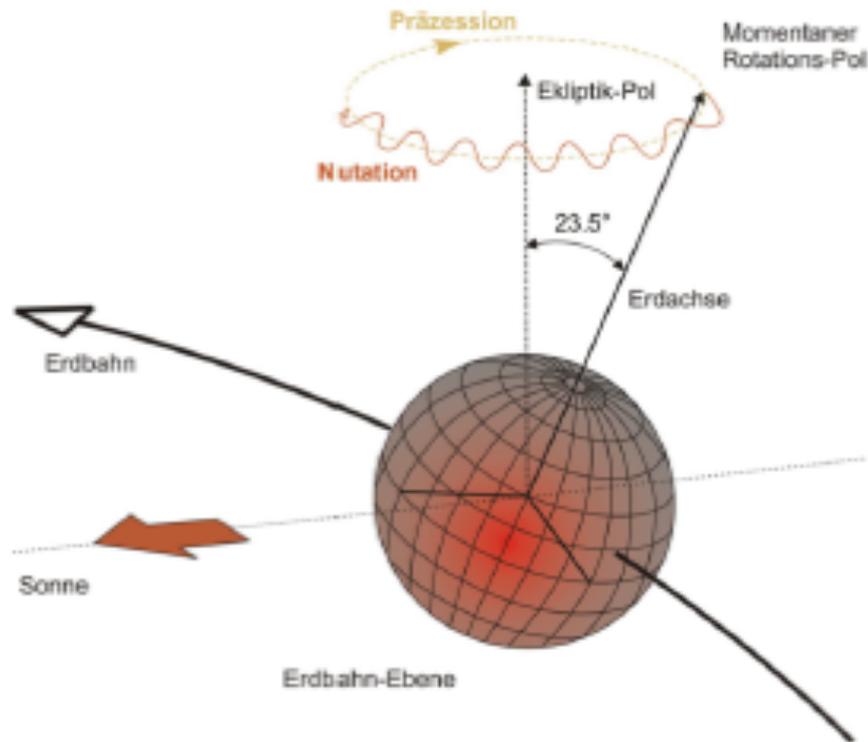
- And array of rings in order to measure the whole vector
- Underground in order to reduce low frequency disturbances

## **Main specifications**

- Stability 1 part  $10^{10}$
- Relative anches between rings monitored with nrad accuracy

Measuring gravitomagnetic effects by a multi-ring-laser gyroscope  
Phys. Rev. D 84, 122002 – Published 9 December 2011

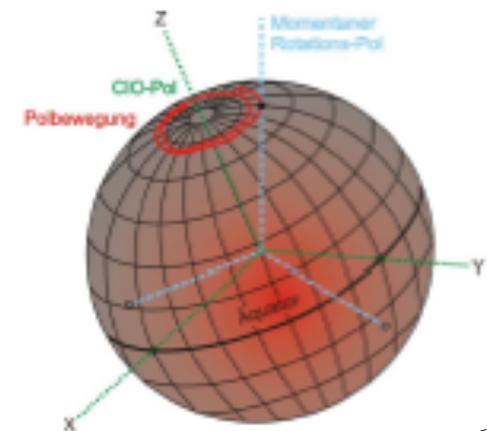
# Earth rotation as the link between ICRF and ITRF



a) the rotation rate of the Earth is not constant. Deceleration by dissipation and variation by momentum exchange. Free oscillations excited by ocean, atmosphere

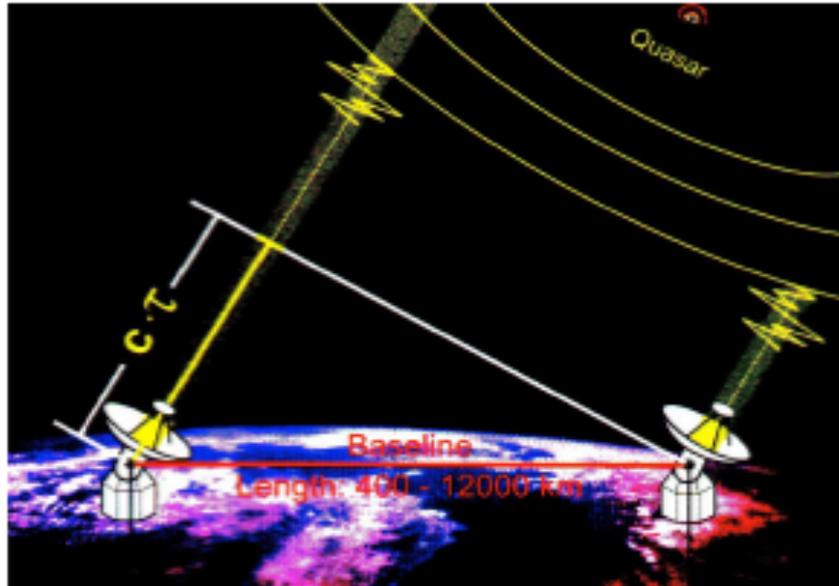
b) gravitational attraction of sun and moon on a near spherical object give rise to precession and nutation

c) mass redistribution on Earth and the fact that the figure axis and the axis of Inertia are not coinciding, give rise to polar motion

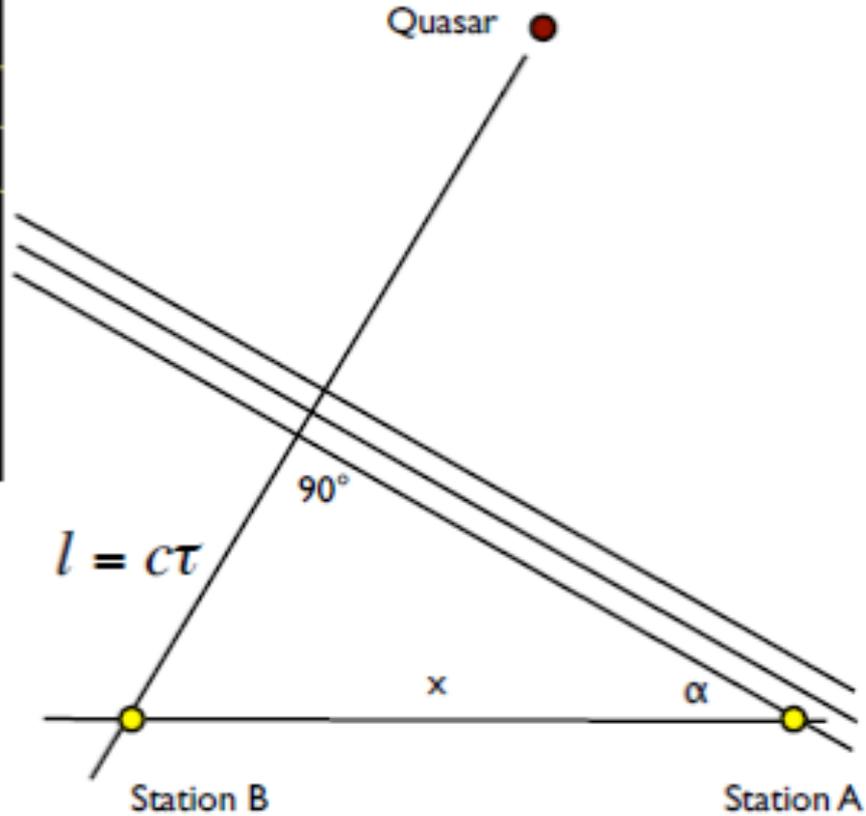
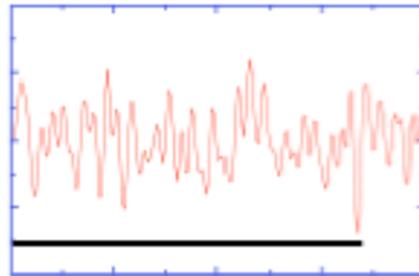


# Earth angular velocity is measured by IERS

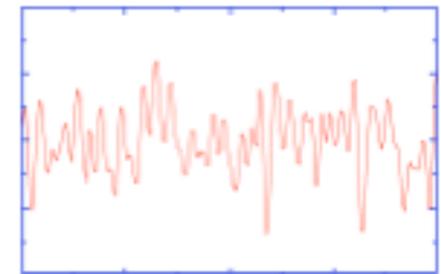
Earth rotation measured 1 part  $10^{10}$   
But few measurements for weeks



Very Long Baseline Interferometry



$$\sin \alpha = \frac{l}{x}$$



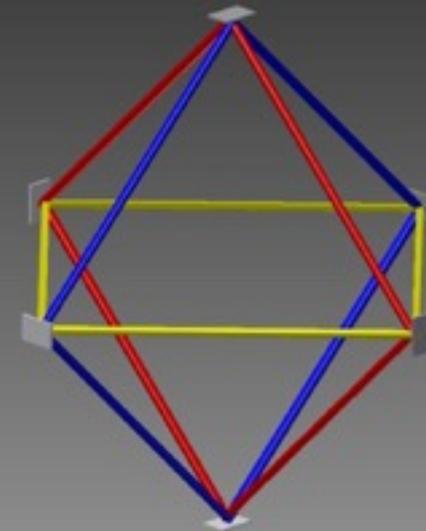
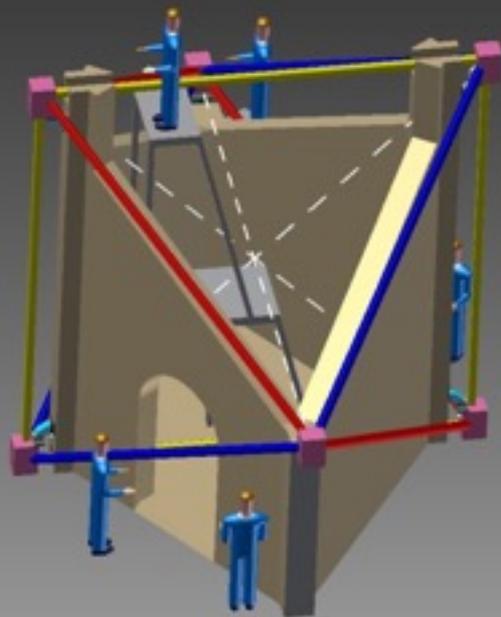


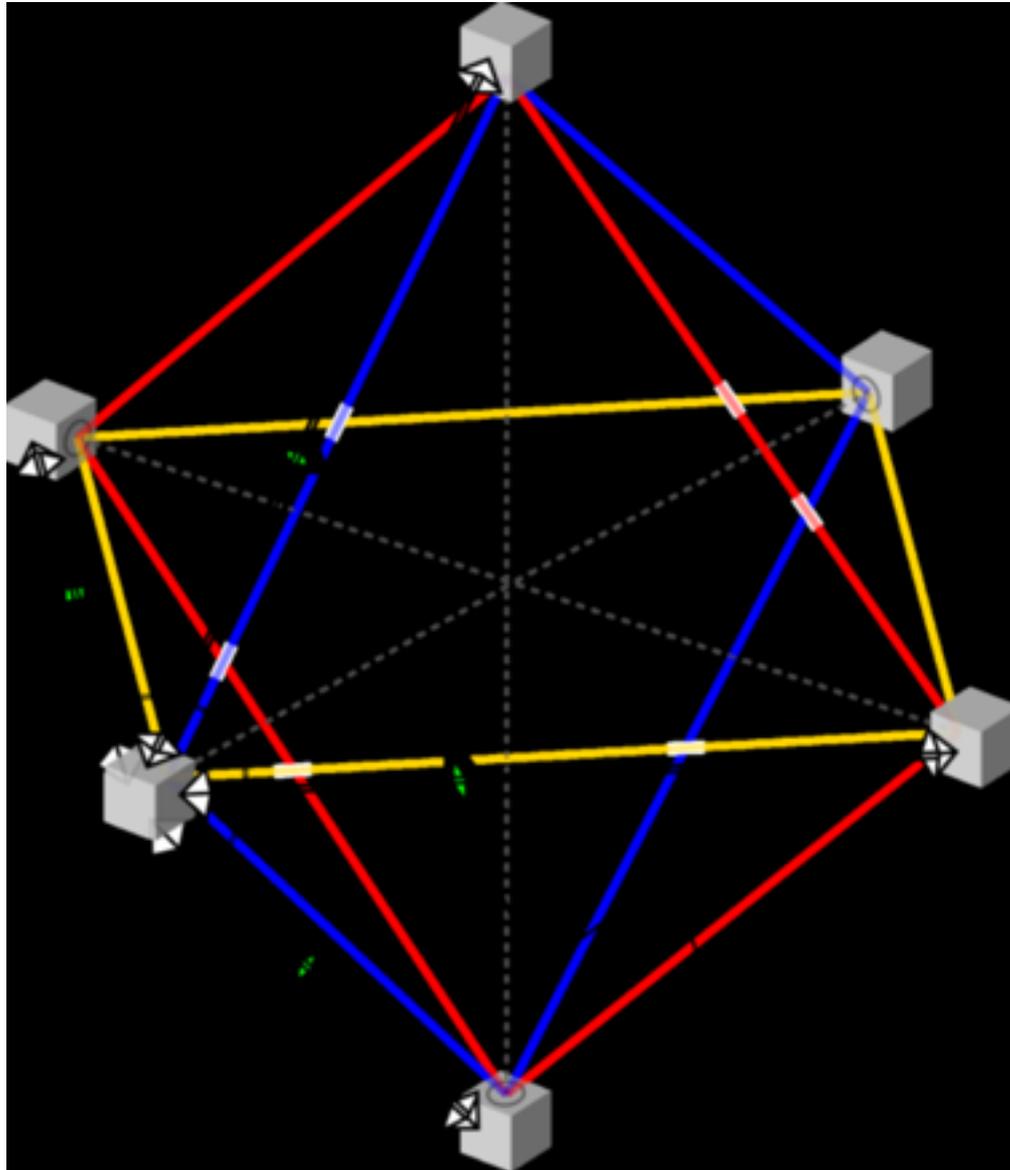
# GINGER (Gyroscopes IN GEneral Relativity)

*Lense-Thirring effect 1% accuracy*



Measuring Gravitomagnetic Effects by Multi Ring-Laser Gyroscope - Bosi, F. et al. Phys.Rev. D84 (2011) 122002





Pisa, Napoli, LNL and DEI, Napoli, Torino Politecnico, INGV, in  
collab. with K.U. Schreiber (TUM), H. Igel (LMU) and J.P. Wells  
(univ. Canterbury NZ)



Di Virgilio, **Allegrini**, Belfi, Beverini, Bosi, Carelli, **Cella**, Maccioni,  
Santagata(PhD Siena), Simonelli and Terreni

Ortolan, Cuccato

Beghi, Naletto, Pelizzo, Donazzan

Porzio, Altucci e Velotta

Tartaglia, Ruggiero

<http://www.ingv.it/ufficio-stampa/stampa-e-comunicazione/archivio-comunicati-stampa/comunicati-stampa-2014/mare-vulcani-e-terremoti-infn-e-ingv-rafforzano-la-loro-collaborazione/view>



**Mare, vulcani e terremoti: Infn e Ingv rafforzano la loro collaborazione**

**Comunicato Stampa n. 17 | 14 Luglio**

Dal monitoraggio vulcanico e sismico allo studio dell'ambiente marino profondo.

Un patto per intensificare la collaborazione sui progetti di ricerca nei settori di comune interesse. Infn e Ingv puntano sulla sinergia e la multidisciplinarietà

Lo studio dell'ambiente marino di alta profondità e il monitoraggio vulcanico e sismico: sono queste le attività di ricerca su cui l'Istituto nazionale di fisica nucleare (Infn) e l'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Ingv) hanno deciso di puntare in sinergia. I due enti, la cui collaborazione è sancita fin dal 2001 da una Convenzione Quadro, hanno individuato gli obiettivi su cui incentrare e ulteriormente sviluppare la collaborazione nei prossimi anni.

Il primo obiettivo, internazionale, è intensificare la collaborazione, già avviata dal 1996, nelle ricerche in ambiente marino particolarmente profondo attraverso

due infrastrutture di ricerca europee: KM3NeT (A multi-Km3 sized Neutrino Telescope, [www.km3net.org](http://www.km3net.org)) ed EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory, [www.emso.eu.org](http://www.emso.eu.org)).

KM3NeT, che conta sull'importante contributo dell'Infn con i suoi Laboratori Nazionali del Sud, è dedicato allo studio dei neutrini cosmici ad altissima energia e prevede l'installazione, a 3500 m di profondità nel mare al largo della Sicilia, di una serie di torri

dotate di rivelatori, che formeranno complessivamente un telescopio del volume di un chilometro cubo. EMSO, che vede l'Italia con l'Ingv come coordinatore a livello europeo, rappresenta la rete permanente sottomarina nei mari circondanti l'Europa dall'Artico al

Mar Nero, passando per il Mediterraneo. All'interno di queste attività i due enti hanno sviluppato, al largo della Sicilia, due infrastrutture cablate per il monitoraggio multiparametrico in ambiente marino profondo, uniche nel loro genere nel bacino del Mediterraneo e

fra le poche al mondo: KM3NeT-Italia, con le sue torri, e NEMO-SN

1, nodo operativo di EMSO, osservatorio sottomarino multidisciplinare per il monitoraggio sismico, oceanografico e acustico.

Il secondo obiettivo, tramite il progetto Premiale MURAVES, finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'università e della ricerca (Miur), prevede l'allestimento di due dispositivi alle pendici del Vesuvio per misurare il flusso di muoni (particelle di origine cosmica). I

ricercatori Ingv e Infn faranno così una "radiografia" al vulcano per produrre una mappa di densità in 2D e in 3D ad alta risoluzione della sua struttura sommitale e per tenerlo sotto monitoraggio continuo.

Il terzo obiettivo, per lo sviluppo congiunto di studi sismologici avanzati, G-GranSasso, prevede l'installazione, unica al mondo, di un sofisticato interferometro laser nelle viscere della Terra, chiamato GINGERino, alla profondità di 1400 metri, all'interno dei

Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Infn, in grado di analizzare la frequenza e l'ampiezza delle onde sismiche. G-GranSasso ha come scopo ultimo lo sviluppo di tre sensori opportunamente orientati, che permetteranno non solo studi sismologici avanzati,

ma anche test di Relatività Generale e misure della velocità angolare terrestre.

"La partecipazione a progetti, finanziati in ambito Europeo, Nazionale e Regionale, ha permesso la realizzazione di infrastrutture marine per il monitoraggio sismico, vulcanico, oceanografico e acustico uniche al mondo che pongono l'Italia e i due enti all'avanguardia", dichiara il Presidente dell'Ingv, Stefano Gresta. "Rafforzare questa collaborazione, oramai pluriennale aiuterà ad affrontare con un approccio sempre più globale i problemi collegati ai cambiamenti climatico-ambientali e ai rischi sismico e vulcanico, attraverso l'impiego di nuove e sofisticate tecnologie per la ricerca".

"È sempre più evidente che mettendo in comune le capacità e le esperienze sviluppate all'interno di diversi Enti e in diversi campi della ricerca si possono costruire progetti multidisciplinari ambiziosi e che attivano energie nascoste", commenta con soddisfazione Fernando Ferroni, presidente dell'Infn. "Questi terreni di collaborazione tra Infn e Ingv speriamo siano l'inizio di una collaborazione sempre più estesa e profonda",

conclude Ferroni.



## STAMPA/PRESS

Comunicati &gt; Comunicati 2014 &gt; MARE, VULCANI, TERREMOTI: INFN E INGV RAFFORZANO LA COLLABORAZIONE

## Comunicati

Comunicati stampa

Comunicati 2014

Comunicati 2013

Comunicati 2012

Comunicati 2011

Comunicati 2010

Archivio comunicati

Press releases

Approfondimenti

## MARE, VULCANI, TERREMOTI: INFN E INGV RAFFORZANO LA COLLABORAZIONE

Lunedì, 14 Luglio 2014

Lo studio dell'ambiente marino di alta profondità e il monitoraggio vulcanico e sismico: sono queste le attività di ricerca su cui l'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN) e l'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (INGV) hanno deciso di puntare in sinergia. I due enti, la cui collaborazione è sancita fin dal 2001 da una Convenzione Quadro, hanno individuato gli obiettivi su cui incentrare e ulteriormente sviluppare la collaborazione nei prossimi anni.

Il primo obiettivo, internazionale, è intensificare la collaborazione, già avviata dal 1996, nelle ricerche in ambiente marino particolarmente profondo attraverso due infrastrutture di ricerca europee: KM3NeT (A multi-Km3 sized Neutrino Telescope, [www.km3net.org](http://www.km3net.org)) ed EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory, [www.emso.eu.org](http://www.emso.eu.org)). KM3NeT, che conta sull'importante contributo dell'InfN con i suoi Laboratori Nazionali del Sud, è dedicato allo studio dei neutrini cosmici ad altissima energia e prevede l'installazione, a 3500 m di profondità nel mare al largo della Sicilia, di una serie di torri dotate di rivelatori, che formeranno complessivamente un telescopio del volume di un chilometro cubo. EMSO, che vede l'Italia con l'Ingv come coordinatore a livello europeo, rappresenta la rete permanente sottomarina nei mari circondanti l'Europa dall'Artico al Mar Nero, passando per il Mediterraneo. All'interno di queste attività i due enti hanno sviluppato, al largo della Sicilia, due infrastrutture cablate per il monitoraggio multiparametrico in ambiente marino profondo, uniche nel loro genere nel bacino del Mediterraneo e fra le poche al mondo: KM3NeT-Italia, con le sue torri, e NEMO-SN1, nodo operativo di EMSO, osservatorio sottomarino multidisciplinare per il monitoraggio sismico, oceanografico e acustico.

Il secondo obiettivo, tramite il progetto Premiale MURAVES, finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'università e della ricerca (Miur), prevede l'allestimento di due dispositivi alle pendici del Vesuvio per misurare il flusso di muoni (particelle di origine cosmica). I ricercatori Ingv e InfN faranno così una "radiografia" al vulcano per produrre una mappa di densità in 2D e in 3D ad alta risoluzione della sua struttura sommitale e per tenerlo sotto monitoraggio continuo.

Il terzo obiettivo, per lo sviluppo congiunto di studi sismologici avanzati, G-GranSasso, prevede l'installazione, unica al mondo, di un sofisticato interferometro laser nelle viscere della Terra, chiamato GINGERino, alla profondità di 1400 metri, all'interno dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'InfN, in grado di analizzare la frequenza e l'ampiezza delle onde sismiche. G-GranSasso ha come scopo ultimo lo sviluppo di tre sensori opportunamente orientati, che permetteranno non solo studi sismologici avanzati, ma anche test di Relatività Generale e misure della velocità angolare terrestre.

"La partecipazione a progetti, finanziati in ambito Europeo, Nazionale e Regionale, ha permesso la realizzazione di infrastrutture marine per il monitoraggio sismico, vulcanico, oceanografico e acustico uniche al mondo che pongono l'Italia e i due enti all'avanguardia", dichiara il Presidente dell'Ingv, Stefano Gresta. "Rafforzare questa collaborazione, oramai pluriennale aiuterà ad affrontare con un approccio sempre più globale i problemi collegati ai cambiamenti climatico-ambientali e ai rischi sismico e vulcanico, attraverso l'impiego di nuove e sofisticate tecnologie per la ricerca".

"È sempre più evidente che mettendo in comune le capacità e le esperienze sviluppate all'interno di diversi Enti e in diversi campi della ricerca si possono costruire progetti multidisciplinari ambiziosi e che attivano energie nascoste", commenta con soddisfazione Fernando Ferroni, presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. "Questi terreni di collaborazione tra InfN e Ingv speriamo siano l'inizio di una collaborazione sempre più estesa e profonda", conclude Ferroni.





a LNGS abbiamo Gaetano De Luca, ingv, che  
collabora con noi e si preoccupa dei sensori  
sismici

collaborazione storica con Gilberto Saccorotti,  
Direttore ingv-Pisa

# Summary Conclusion of XLII LNGS SC



## Summaries on experiments (in alphabetic order)

### GINGER

The SC appreciates the scientific interest of General Relativity tests as well as geophysics goals pursued by ring lasers. The goal of the Ginger project is to measure the Lense–Thirring effect (gravito-magnetic component of the gravitational field). The measurement requires a sensitivity at least 9 orders of magnitude better than for the Sagnac effect from the Earth rotation. It has been measured by satellites but a measurement on Earth has specific scientific interests. A laser ring, called G, in Wettzell, Germany, is within factor of 2 to the necessary accuracy. The planned GINGER experiment will consist of 3 square rings of at least 6m side, forming an octahedron.

After a short operation of a small ring, a bigger square ring of 3.6 m side, Gingerino, is being installed at LNGS. It will be dedicated to understand if the environment is stable enough in terms of rotational vibrations and temperature. The SC congratulates the group and the laboratory for the efficient installation of the concrete base attached to the ground, of the granite table, of the mechanics of the mirror chambers, of the anechoic room and of the electronics room. Two running phases are foreseen: free running data taking for a few months and then perimeter stabilization using an absolute reference laser. Gingerino should prove that the performance of G-Wettzell can be attained. In parallel, two other activities are underway: i) The study of the geometry control and the systematics of the laser itself has been initiated on a prototype dedicated to this purpose, called GP2, in Pisa. ii) The study of the monitoring of the angles in space between the rings of the planned GINGER octahedron with an accuracy of nrad. To this end, a new group from DEI of Padova has joined the experiment. The Gingerino running in LNGS and the other two activities should each one last 1 or 2 years. For the time being a precise schedule has not yet been established. The groups working in the field, in Wettzell and in New Zealand, are interested to participate in GINGER. This would be a significant enhancement of the project. The SC gives a positive recommendation for the continuation of the Gingerino operation in the laboratory.

The SC is looking forward to a report at its next meeting.

### Next meeting

The dates of the next SC meeting were set for April 28-30, 2015.

sottomesso alla giunta INFN la settimana scorsa

**MEMORANDUM OF UNDERSTANDING**

between

**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Italy**

and

**The College of Science  
University of Canterbury, New Zealand**

and

**Technische Universität München (TUM), Germany**

Technische Universität München,  
represented by its President,  
Arcisstraße 21, 80333 Munich,

acting here:

*Research Facility Satellite Geodesy (FESG)*  
*Prof. Ulrich Schreiber*  
*Geodetic Observatory Wettzell, Sackenriederstrasse, 93444 Bad Kötzing*

and

*Prof. Urs Hugentobler*  
*Arcisstrasse 21, 80333 Munich*

and

**Department for Earth and Environmental Sciences  
Ludwig Maximilians Universität (LMU), Germany**

concerning



# the aim of the mou is:



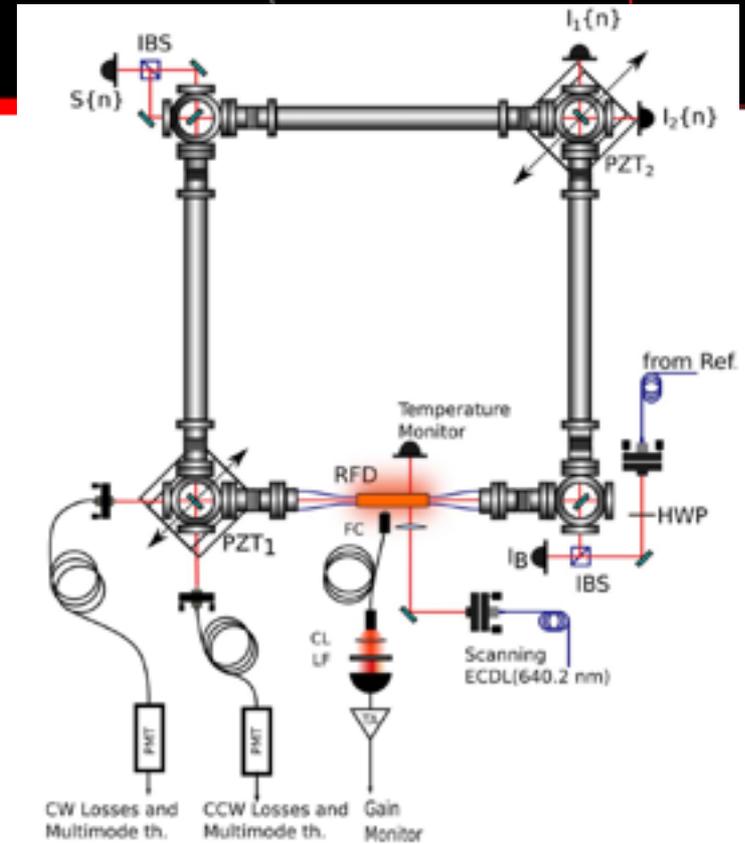
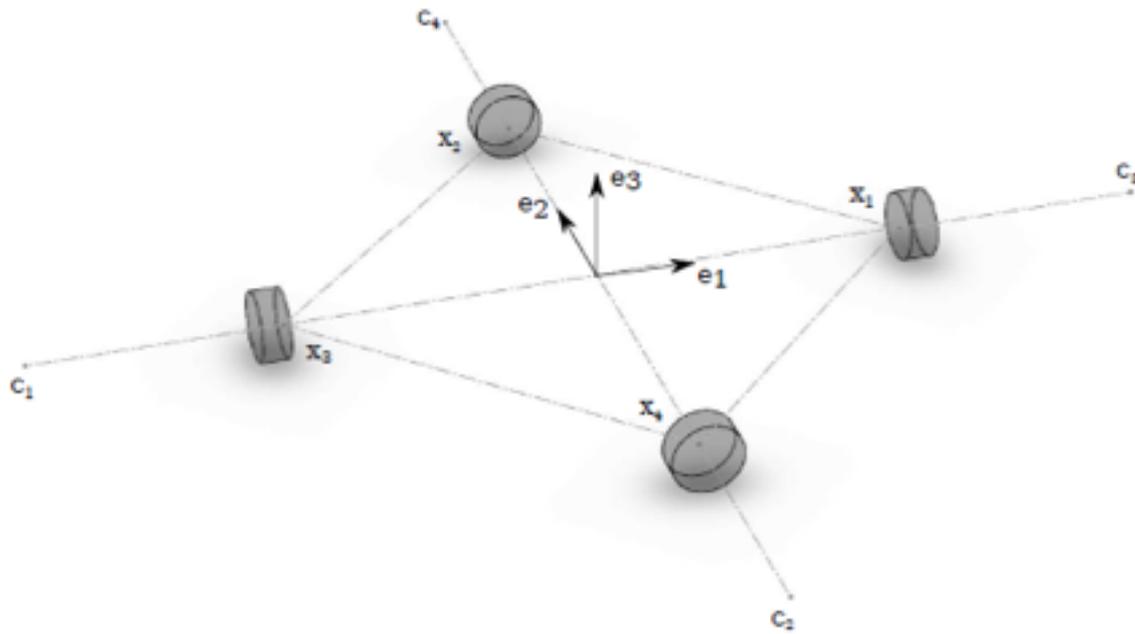
“the development of high sensitivity and accuracy ring lasers in underground laboratory with the long term purpose of a General Relativity test (GINGER, Gyroscope IN GEneral Relativity, an experiment to measure the gravito-magnetic effect of the Earth with an array of ring lasers) and the short term purpose of measuring the Length Of the Day (LOD)”



Andre' Gebauer sara' a Pisa il 12 Marzo per 4 settimane

Ulli vorrebbe quanto prima venire a trovarci, in particolare GINGERino

Ring-laser are very simple instruments....but



**Sensitivity depends on the size of the ring,  
stability depends on the construction and the environment**

$$\Delta f = k_s(1 + k_A)\Omega + \Delta f_0 + \Delta f_{bs}$$

$k_s$  Geometrical scale factor

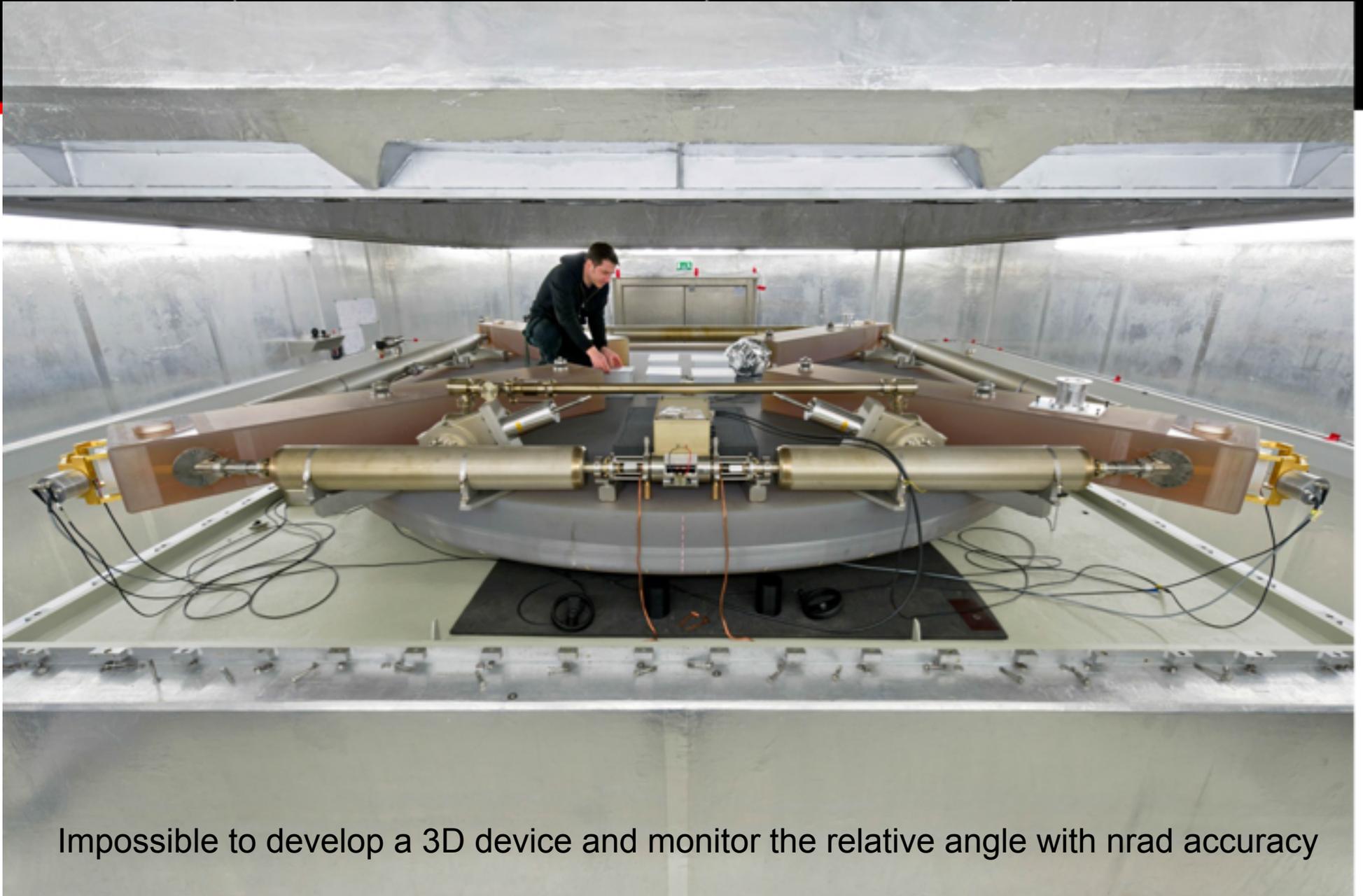
$k_A$  Atomic scale factor

$\Delta f_0$  Null shift

$\Delta f_{BS}$  Back-scattering

All these terms must be controlled at least at  $10^{-10}$

## G in Wettzell is a very expensive monolithic device

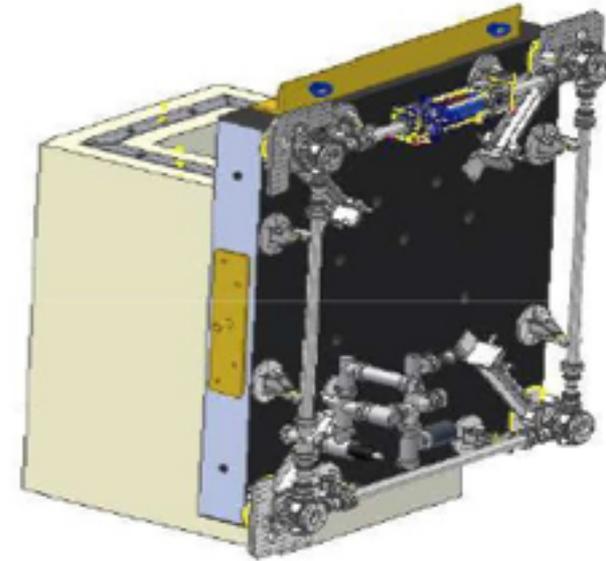
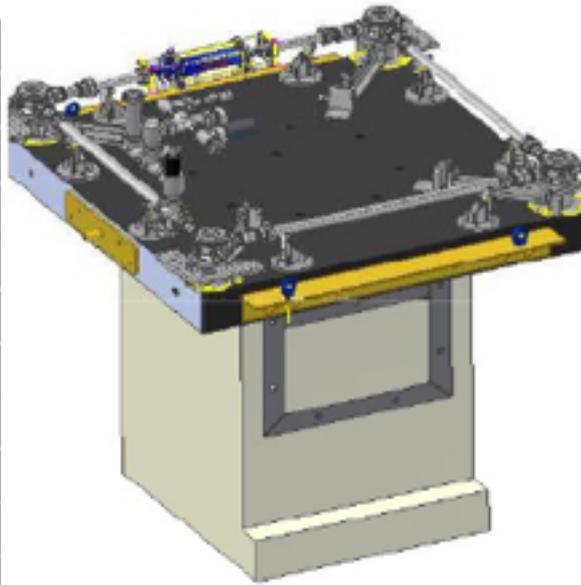


Impossible to develop a 3D device and monitor the relative angle with nrad accuracy

# G-Pisa Ring Laser

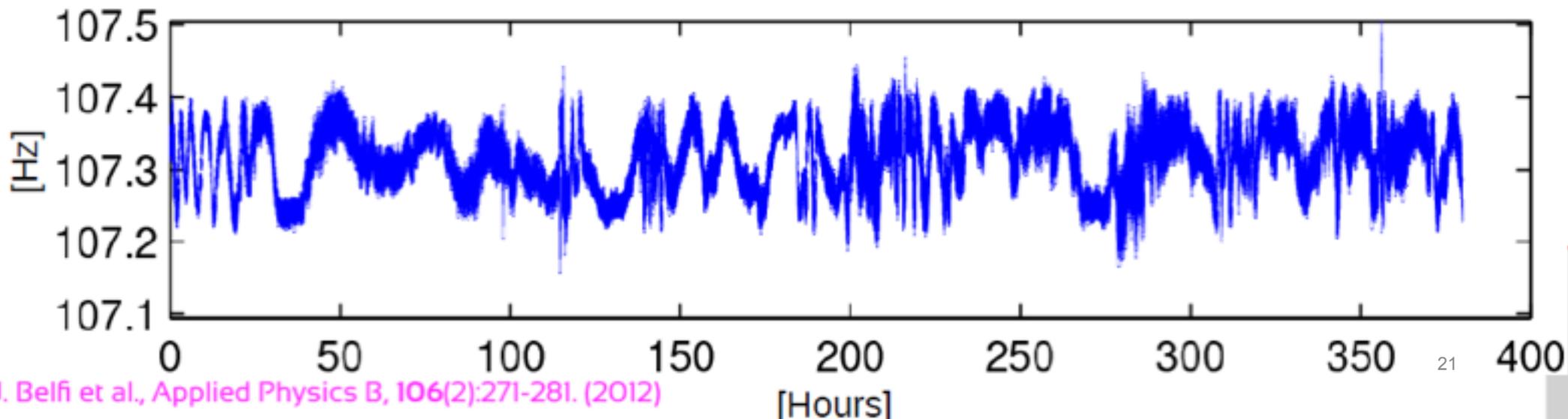
Very cheap design, but transportable

G-Pisa	
<i>Geometry</i>	
Cavity	square
Side length	1.350 m
<i>Cavity mirrors</i>	
Radius of curvature	4 m
Total losses	3.7 ppm
Transmission	0.25 ppm
Scatter+absorption	3.5 ppm
<i>Optical properties</i>	
Wavelength	632.8 nm
Output power	1.6 nW (single mode)
Spatial mode	TEM <sub>00</sub>
Beam waist (s,h)	(1.97 mm, 2.43 mm)

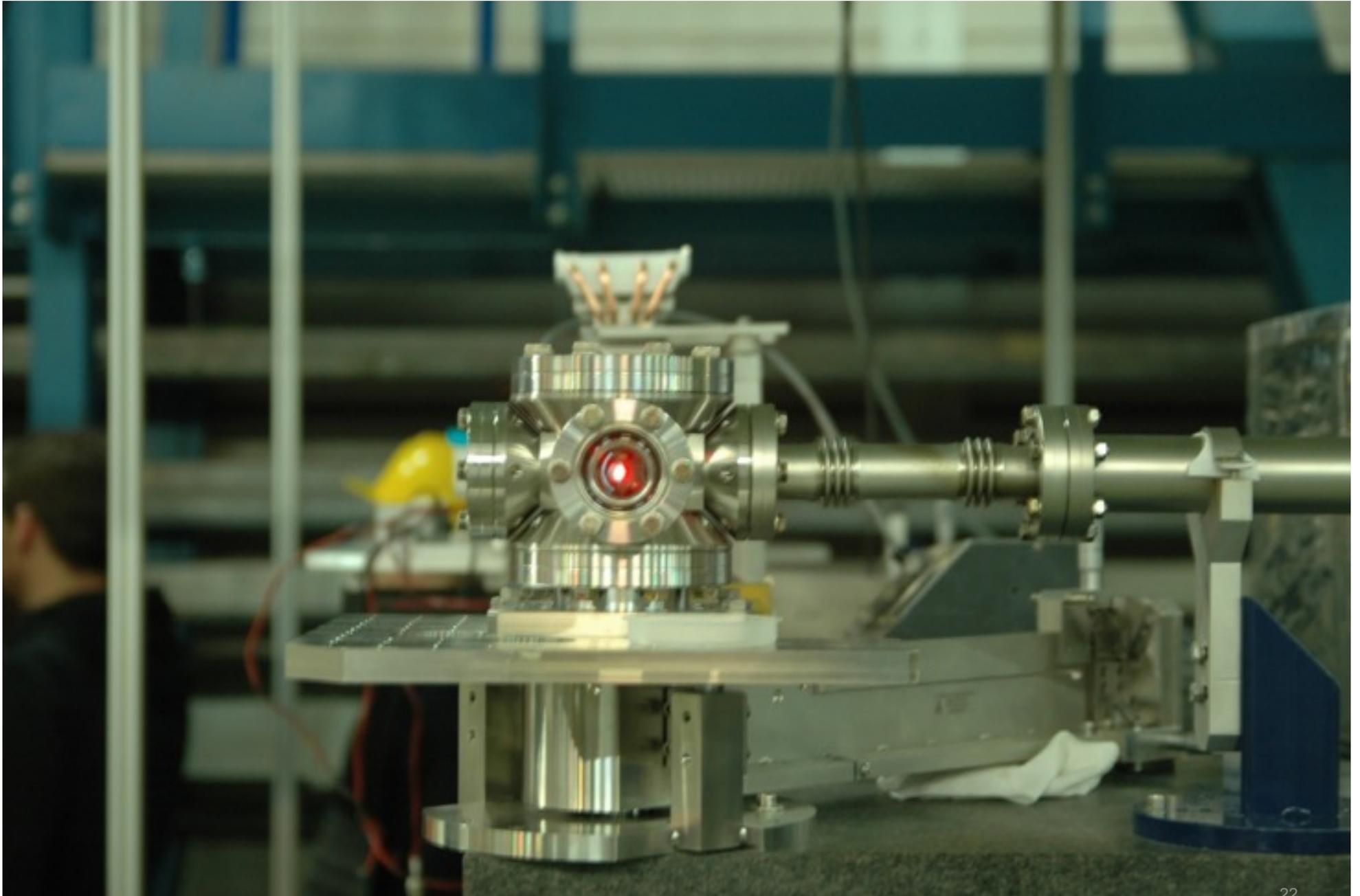


$$\Delta f_s = K_R (1 + K_A) \Omega + \Delta f_0 + \Delta f_{bs}$$

A. Velikoseltsev, PhD thesis (2005)



# G-Pisa



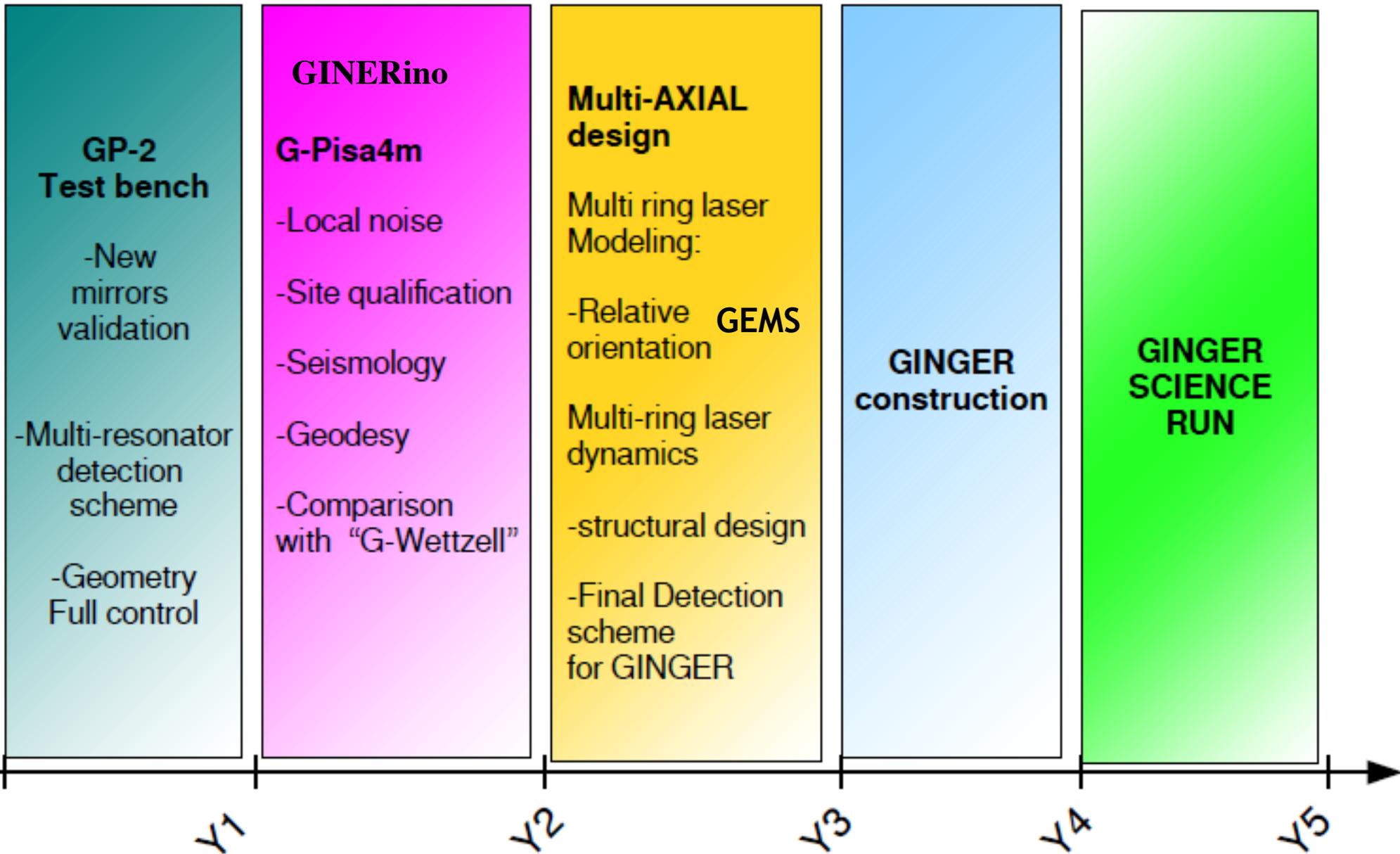
...improve stability with control feedbacks...

Monolithic devices are expensive and not suitable to be extended to 3D

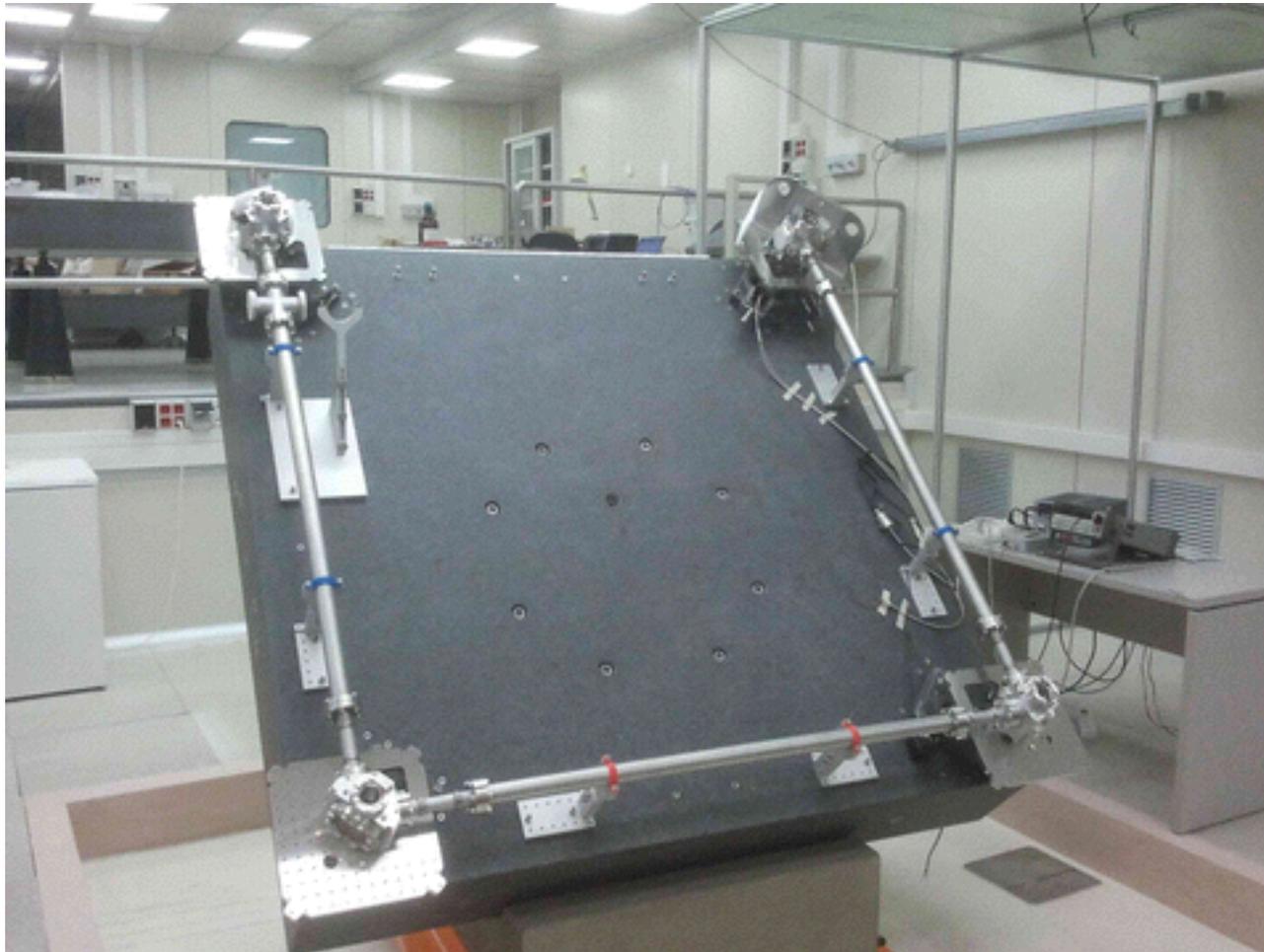
The basic idea is to develop a strategy to enhance the stability of a simple monolithic design by using control loops

improve the stability

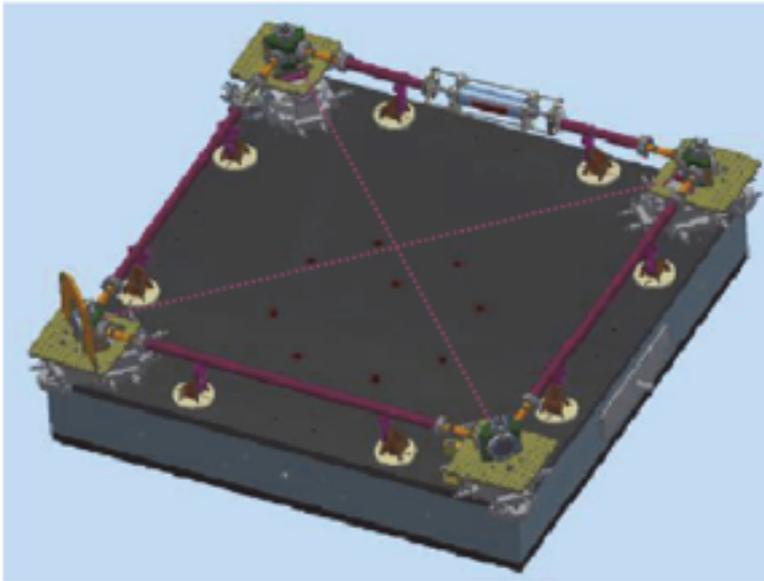
# GINGER roadmap



# GP-2, geometry control prototype



# “Blocking” the diagonals length

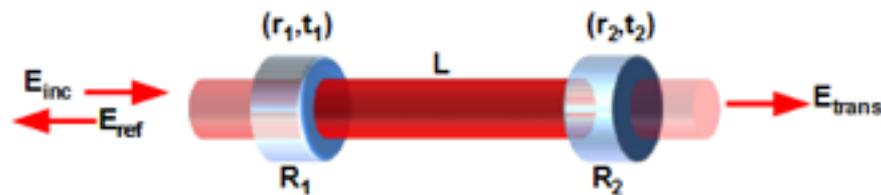


## Basic Idea

Inject the 2 Fabry Perot cavities with an external laser

-Measure the 2 absolute lengths

-Set them equal by controlling mirrors positions



$$f_n = \left( \frac{v}{2L} \right) \left[ n + \frac{1}{2\pi} (\Psi_R + \Phi_n) \right]$$

$$\Psi_R = 2 \cos^{-1} \left[ 1 - \frac{L}{R} \right]$$

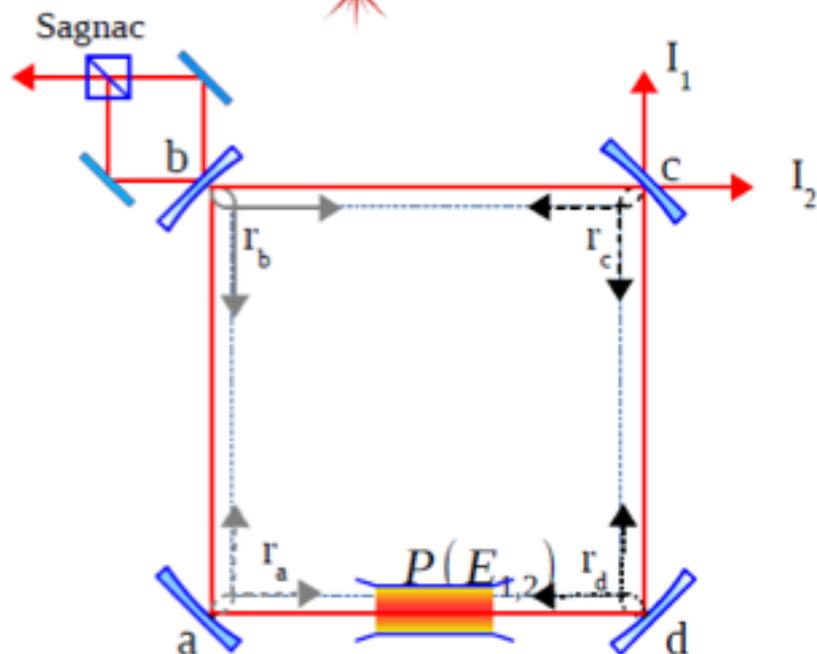
$\Phi_n$  = dielectric phase shift

Use a single laser for both the two cavities

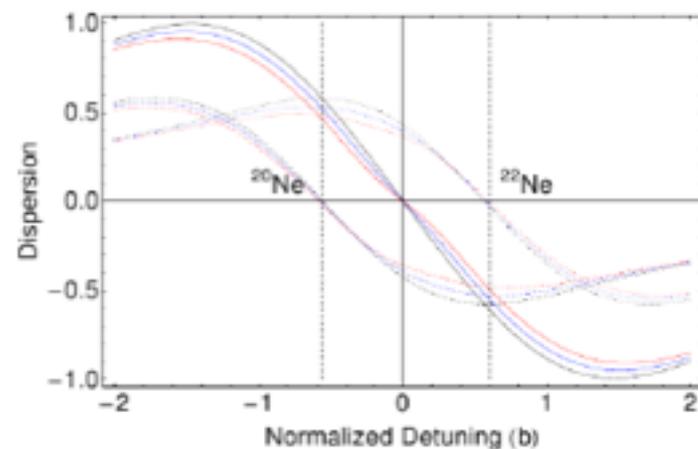
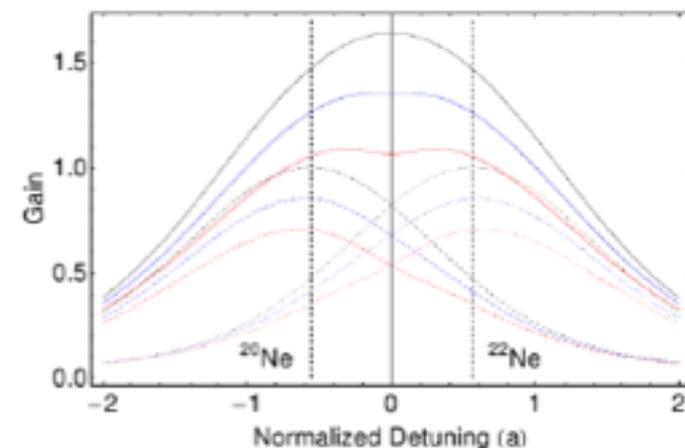
- 1) Lock the cavities to the laser (Pound-Drever-Hall) (set optical resonance frequency)
- 2) Measure the FSR by observing the “cavity dynamic resonance” (tuning FM sidebands to a multiple “m” of FSR)

# Ring laser "hacking"

model and study laser sistematics



A. Beghi et al. Applied Optics 51, 31 (2012)



Active medium  $He+^{20}Ne+^{22}Ne$

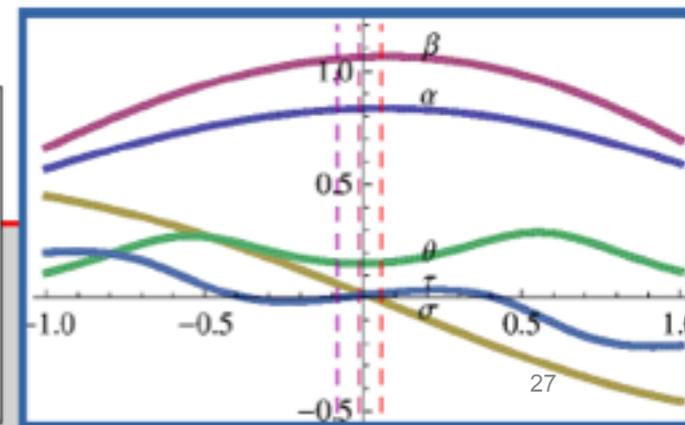
$$P^{(3)}(E_{1,2}) = \frac{-2i\mu_{ab}^2}{\gamma_{ab}} \int_{-\infty}^{\infty} \chi_{1,2}(v) \rho^{(2)}(v, E_{1,2}) dv$$

Opposite beams dynamics

$$\dot{I}_1 = \alpha_1 I_1 - \beta I_1^2 - \theta_2 I_2 I_1 + r_2 \sqrt{I_1 I_2} \cos(\psi - \epsilon_2),$$

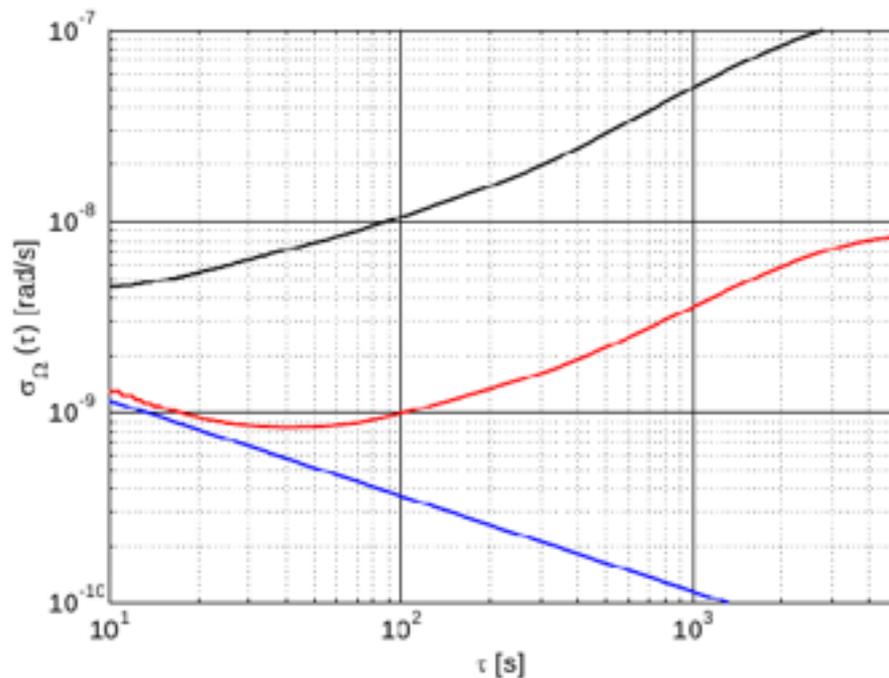
$$\dot{I}_2 = \alpha_2 I_2 - \beta I_2^2 - \theta_1 I_2 I_1 + r_1 \sqrt{I_1 I_2} \cos(\psi + \epsilon_2),$$

$$\dot{\psi} = \omega_s + \tau_1 I_1 - \tau_2 I_2 - r_2 \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} \sin(\psi - \epsilon_2) - r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} \sin(\psi + \epsilon_1)$$

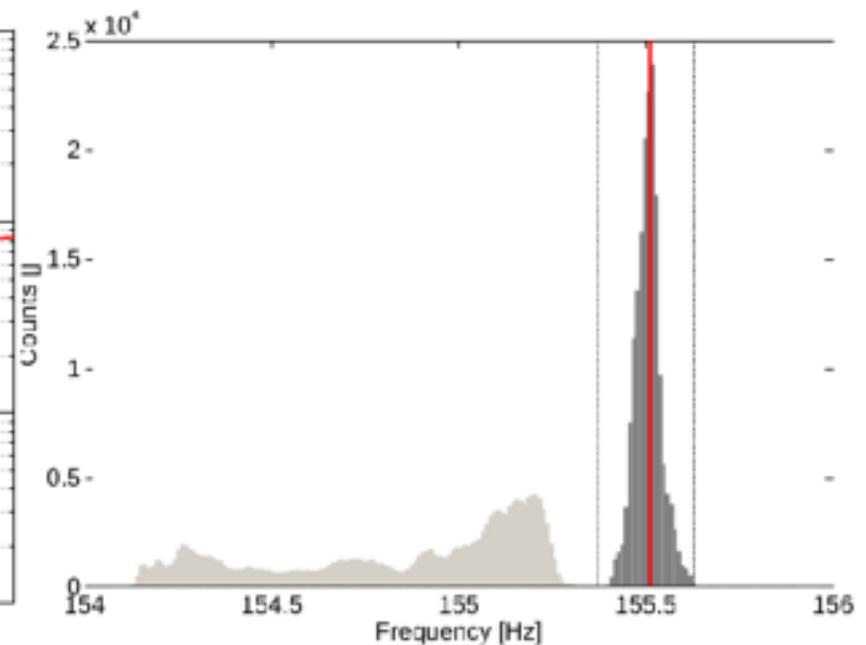




## Filtering results



**Allan variances** of AR2 (upper curve) and EKF (lower curve) rotational frequency estimates. The straight line represents the shot noise level of G-PISA



Histograms of the estimates of AR2 (pale gray) and EKF (dark gray) during 2 days of G-PISA data.

**Red line:** is the expected Sagnac frequency due to Earth rotation,

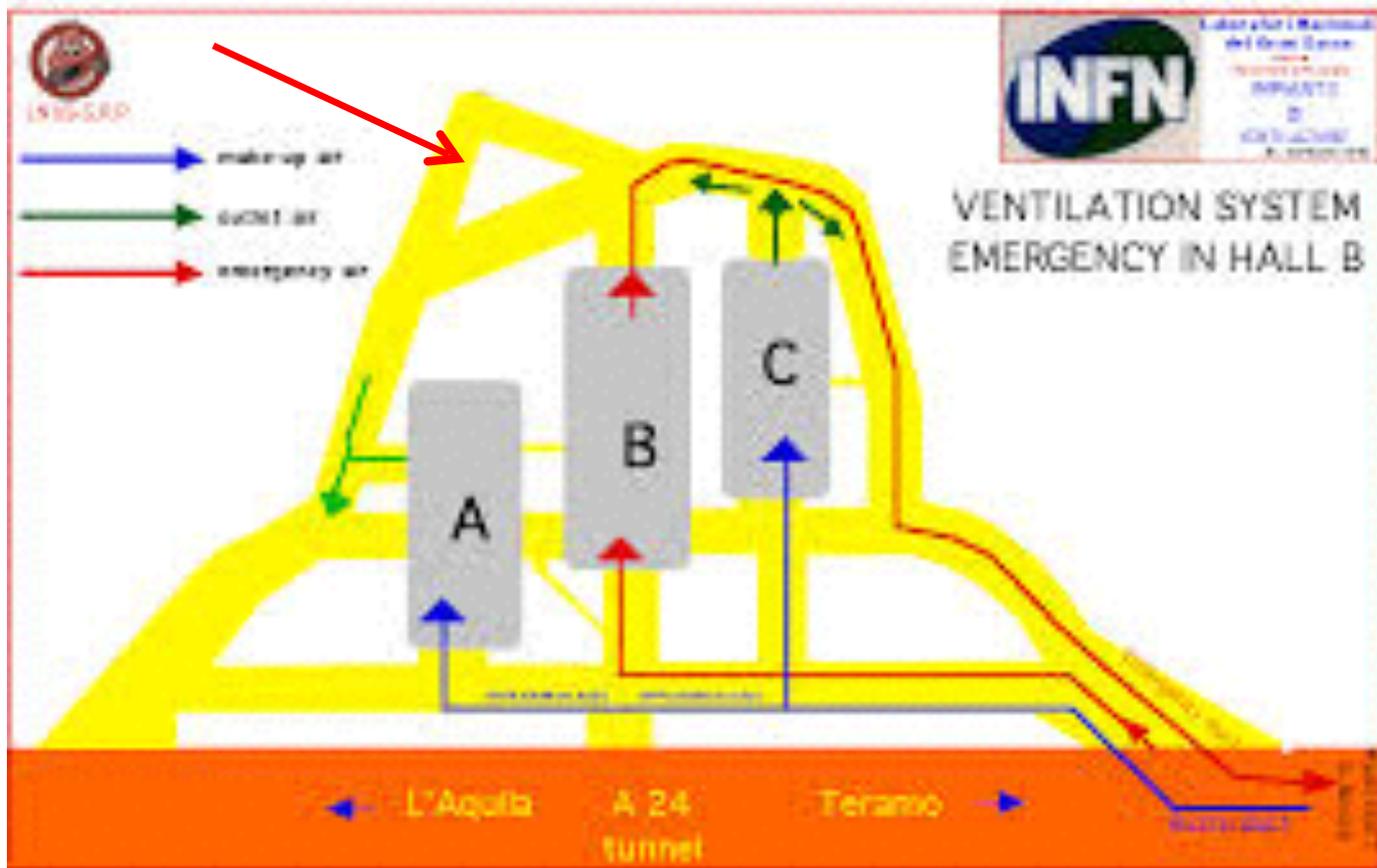
**Dotted lines** represent its residual uncertainty bounds due to geometric and orientation tolerances.

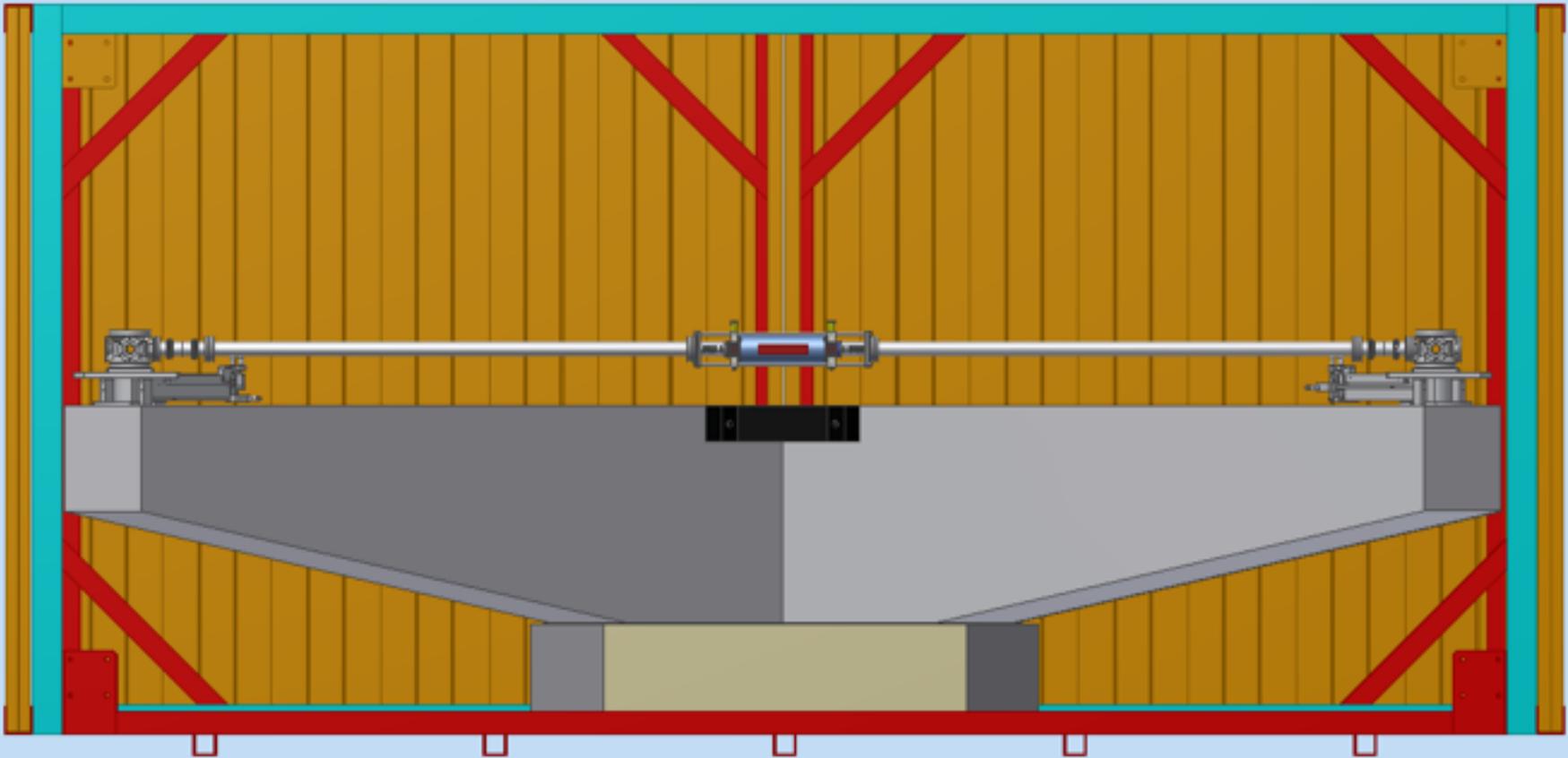
# Essential of GINGERino at LNGS

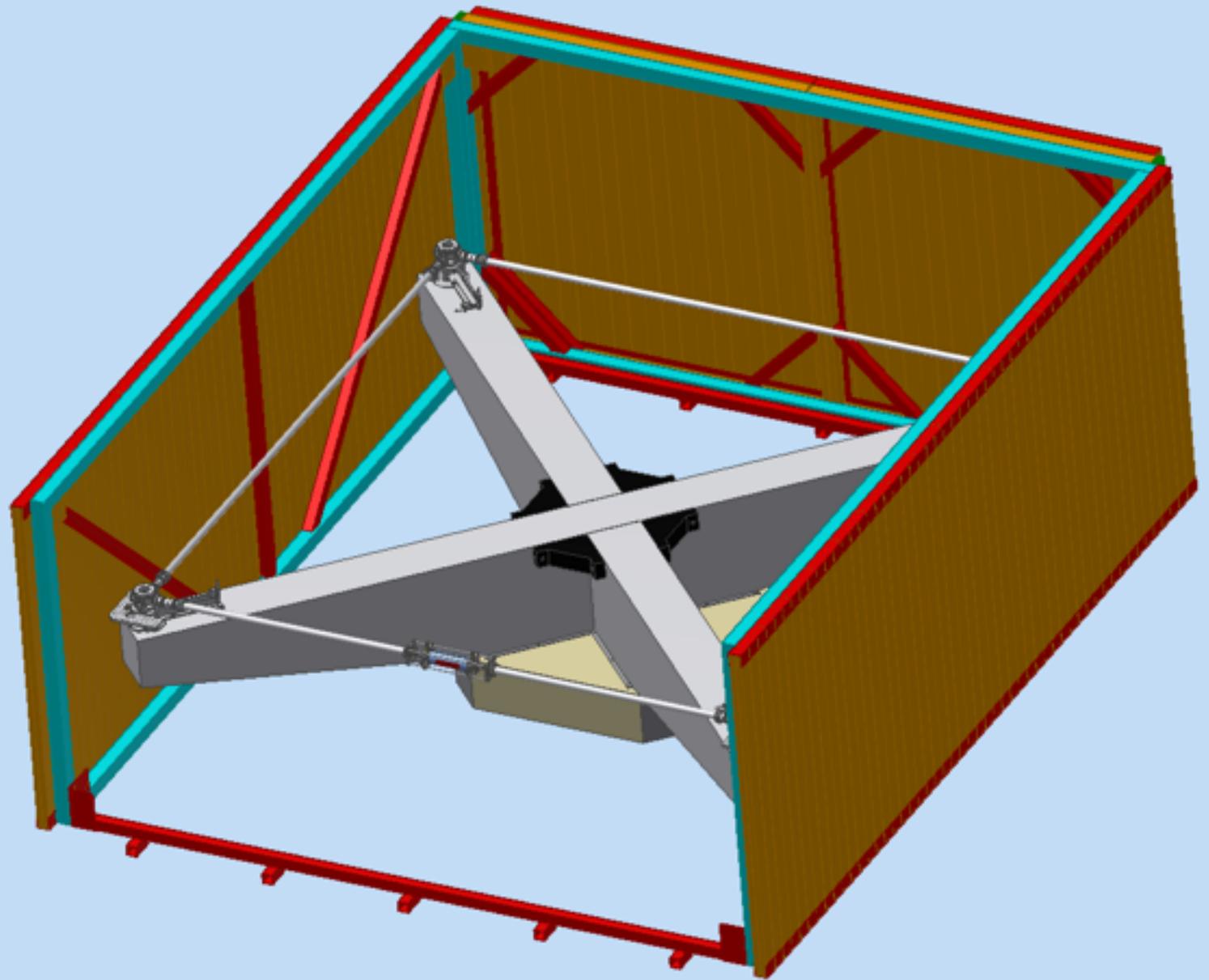
- The ring, 3.6 m side, covered by a good acoustic/thermal shielding
- DAQ and all related electronics will be contained in a separated box, outside the acoustic shielding
- GPS clock necessary

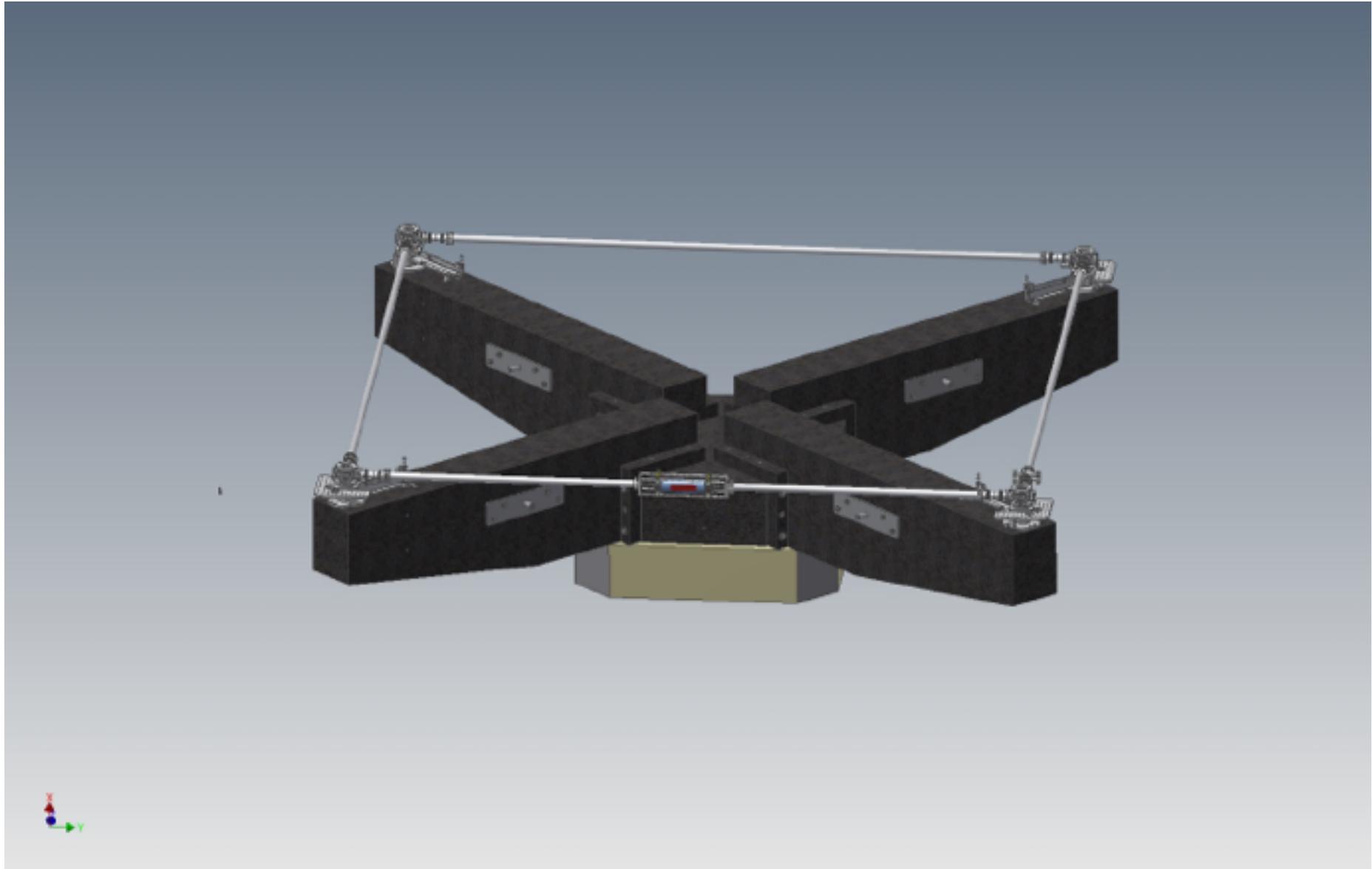
**Underground location external disturbances should be small**

# LNGS-Node A, polar motions should be observed









# First step....



GINGERino, third step

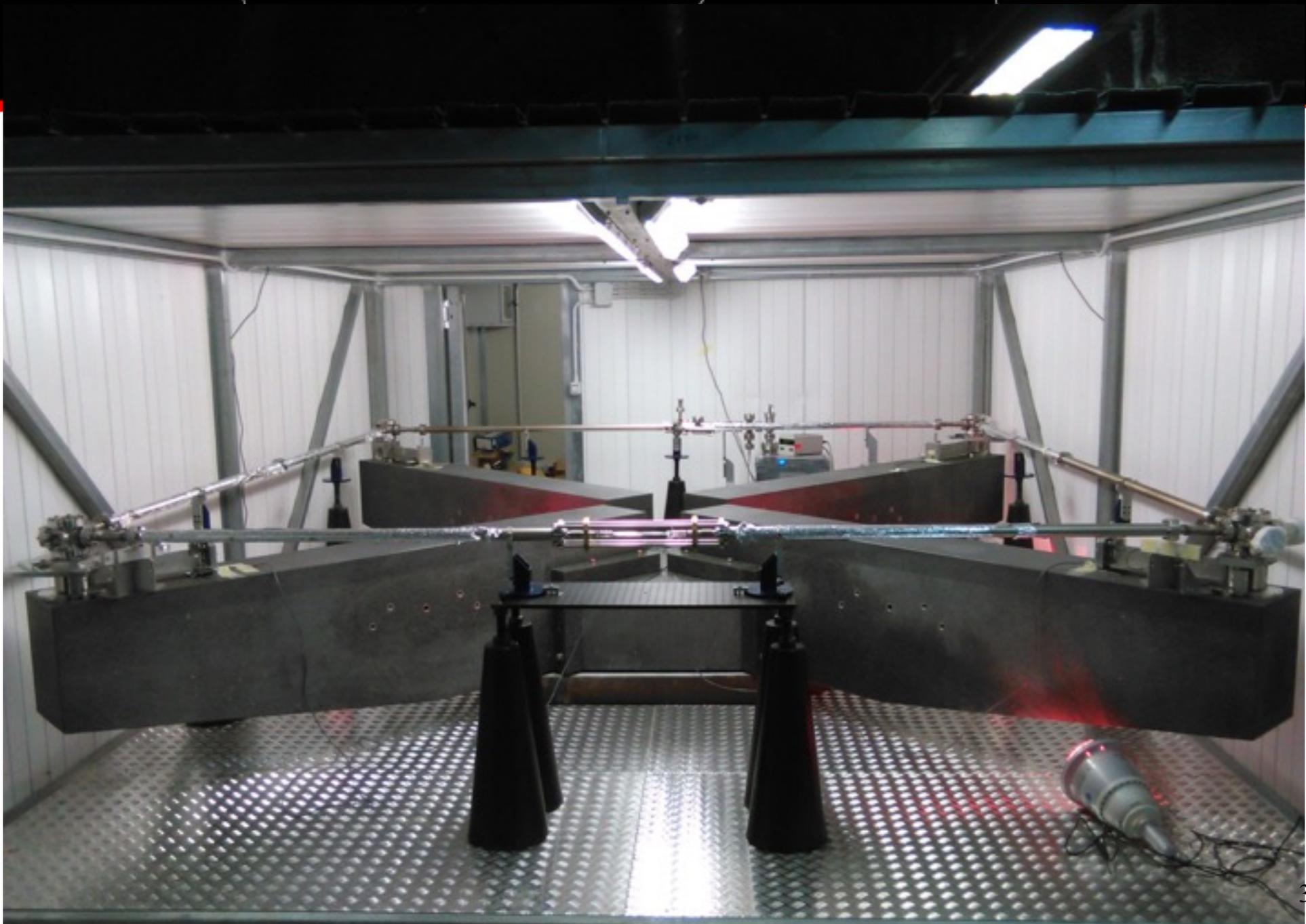


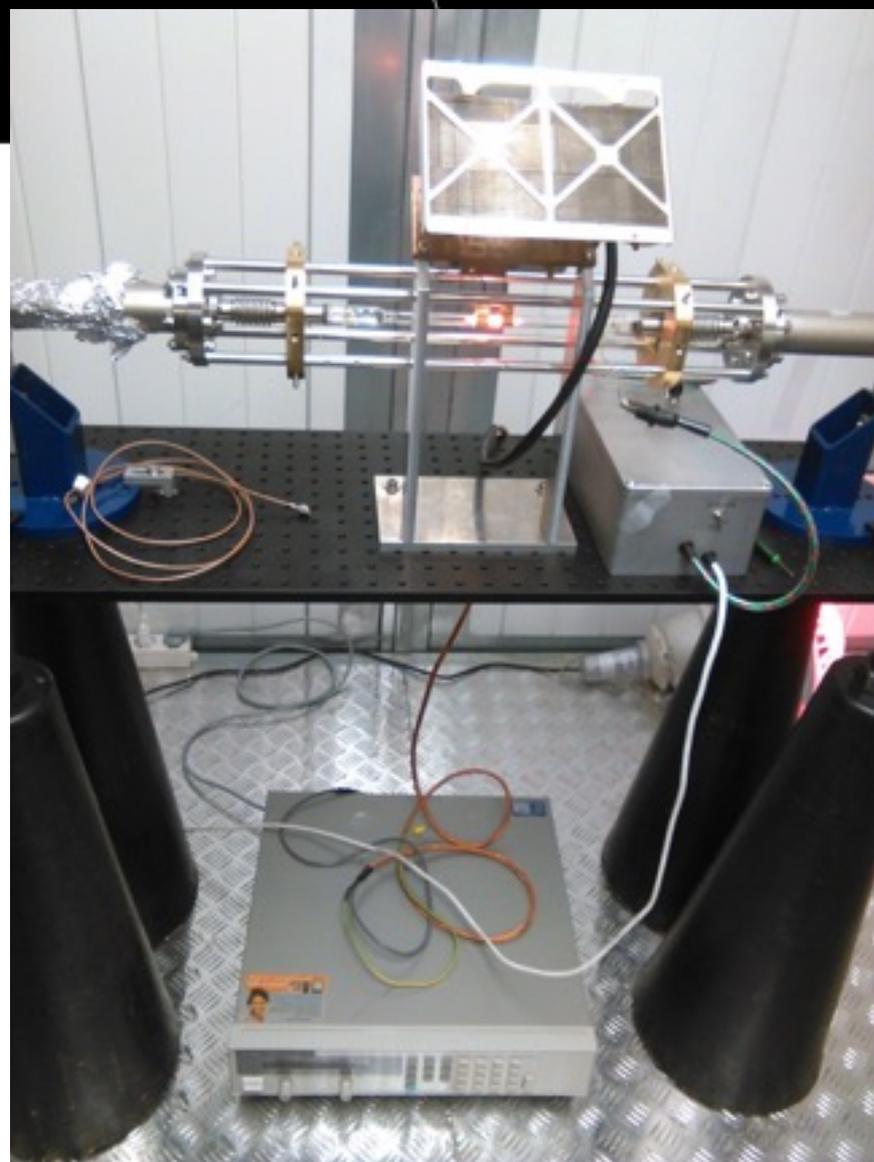
First signals in December? We hope so, but we cannot guarantee

22-10-2014



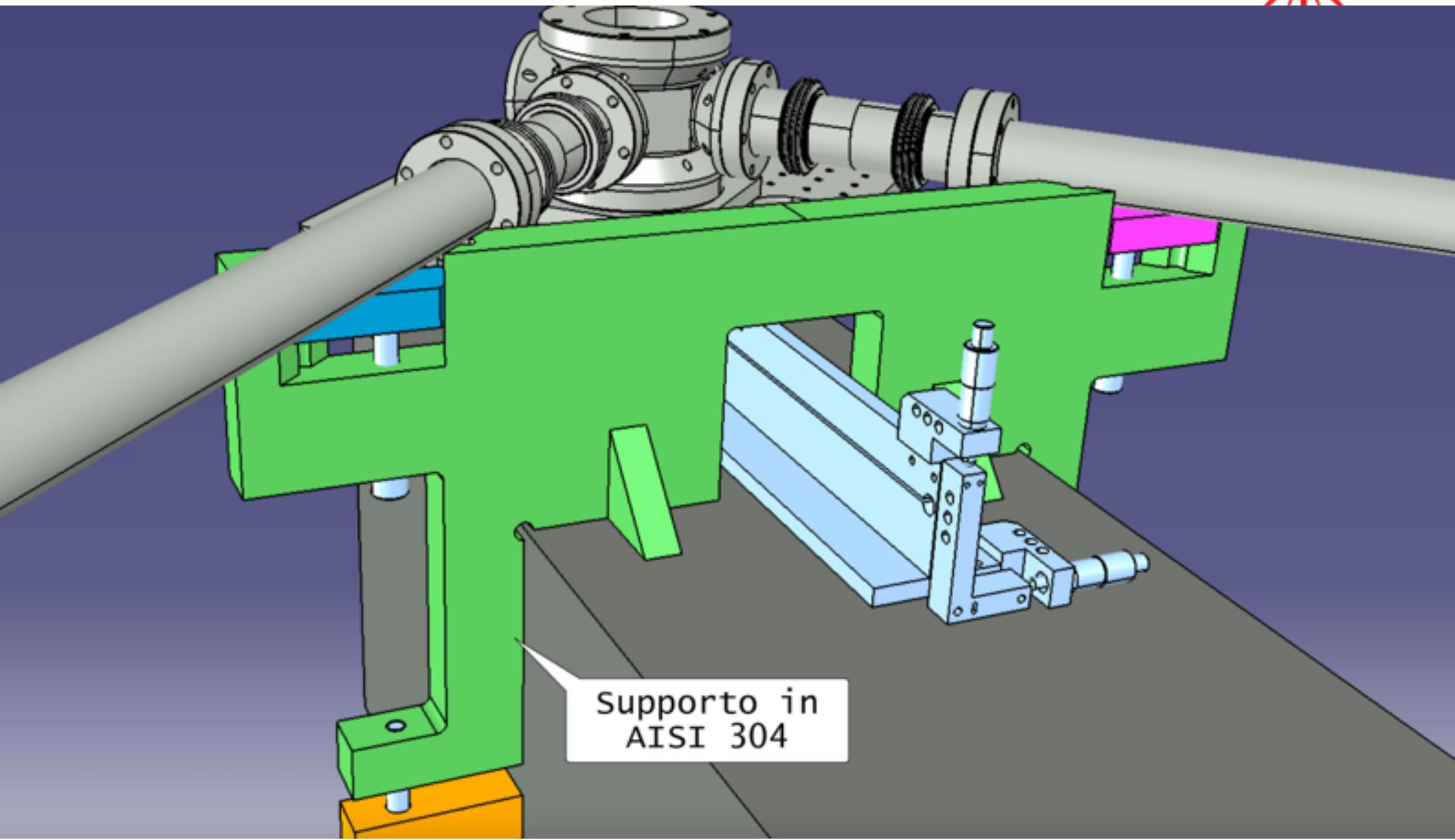






**Sagnac Signal 280Hz  
has been observed, but  
is mandatory to fix  
the mirrors respect to  
the floor**

sistema blocca specchi

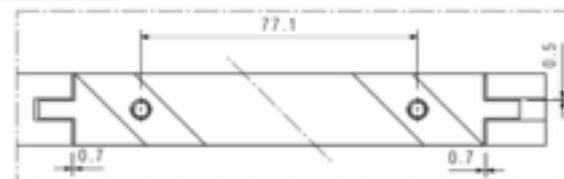


Supporto in  
AISI 304

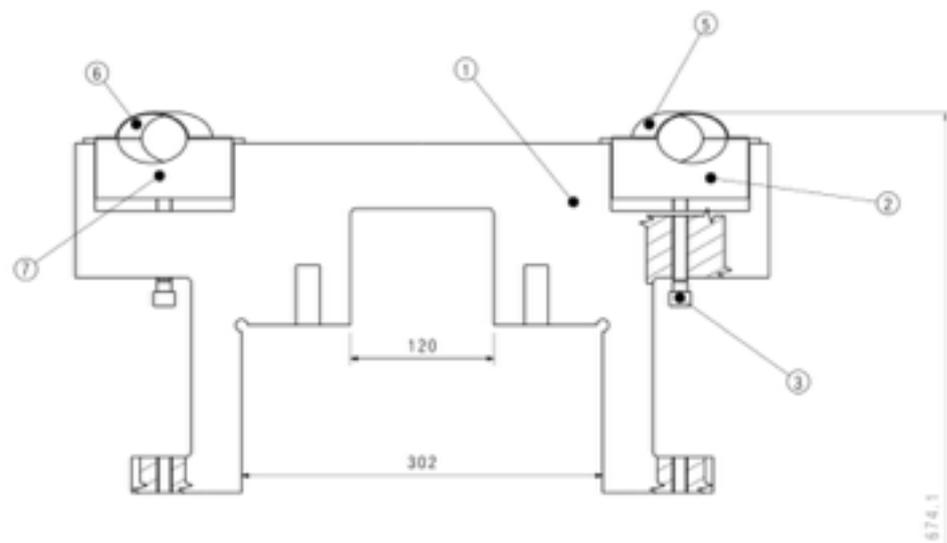
NOTA DI COSTRUZIONE: N.4 COMPONENTI ANGOLARI DI APPOGGIO AVVITATI E NON SALDATI



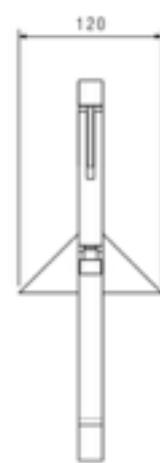
Top view  
Scale: 1:3



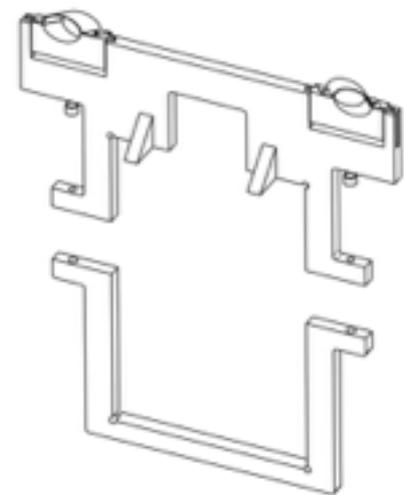
Detail A  
Scale: 1:1



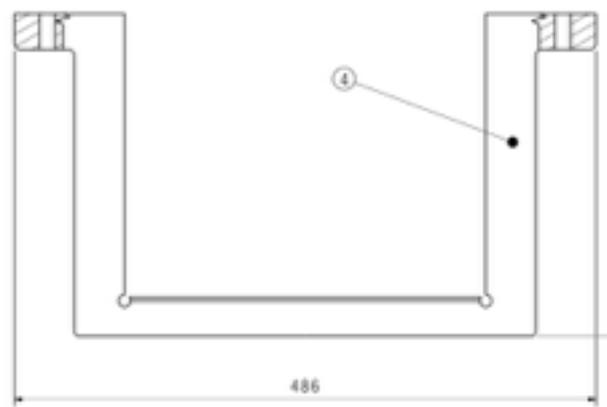
Front view  
Scale: 1:3



Left view  
Scale: 1:3



Isometric view  
Scale: 1:5



ITEM	DRAWING	MATERIAL	DENOMINATION	WEIGHT	Q.TY
7	GINGER TOOL 01 02	AS2 304	Supporto Ginger left	04	1
6	GINGER TOOL 01 06	AS2 304	Laminario left	--	1
5	GINGER TOOL 01 05	AS2 304	Laminario right	--	1
4	GINGER TOOL 01 04	Anticorrosal	Cavalletto	1.9	1
3	NO DRAWING	-----	EN-ISO 4762 SCREW M12x80 STEEL HEXAGON	--	4
2	GINGER TOOL 01 03	AS2 304	Supporto Ginger right	04	1
1	GINGER TOOL 01 01	Anticorrosal	Appoggio	4.1	1

General tolerance ISO 2768 - mK - E      Geometrical tolerance ISO 8015 - E      Roughness ISO 1302

**INFM** ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA MECCANICA  
LABORATORIO NAZIONALE DEL GRAN SASSO  
MECHANICS SERVICE

SIZE **A2**

EXPERIMENT  
GINGER  
Overall

GINGER TOOL 01 00

REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHKD.
1	14/01/2015	1° Emissione	...	...
2	14/01/2015	...	...	...
3	14/01/2015	...	...	...
4	14/01/2015	...	...	...

# short term plan

1) fix the mirrors and 'possibly' start DAQ with laser free running

note: our DAQ system is ready

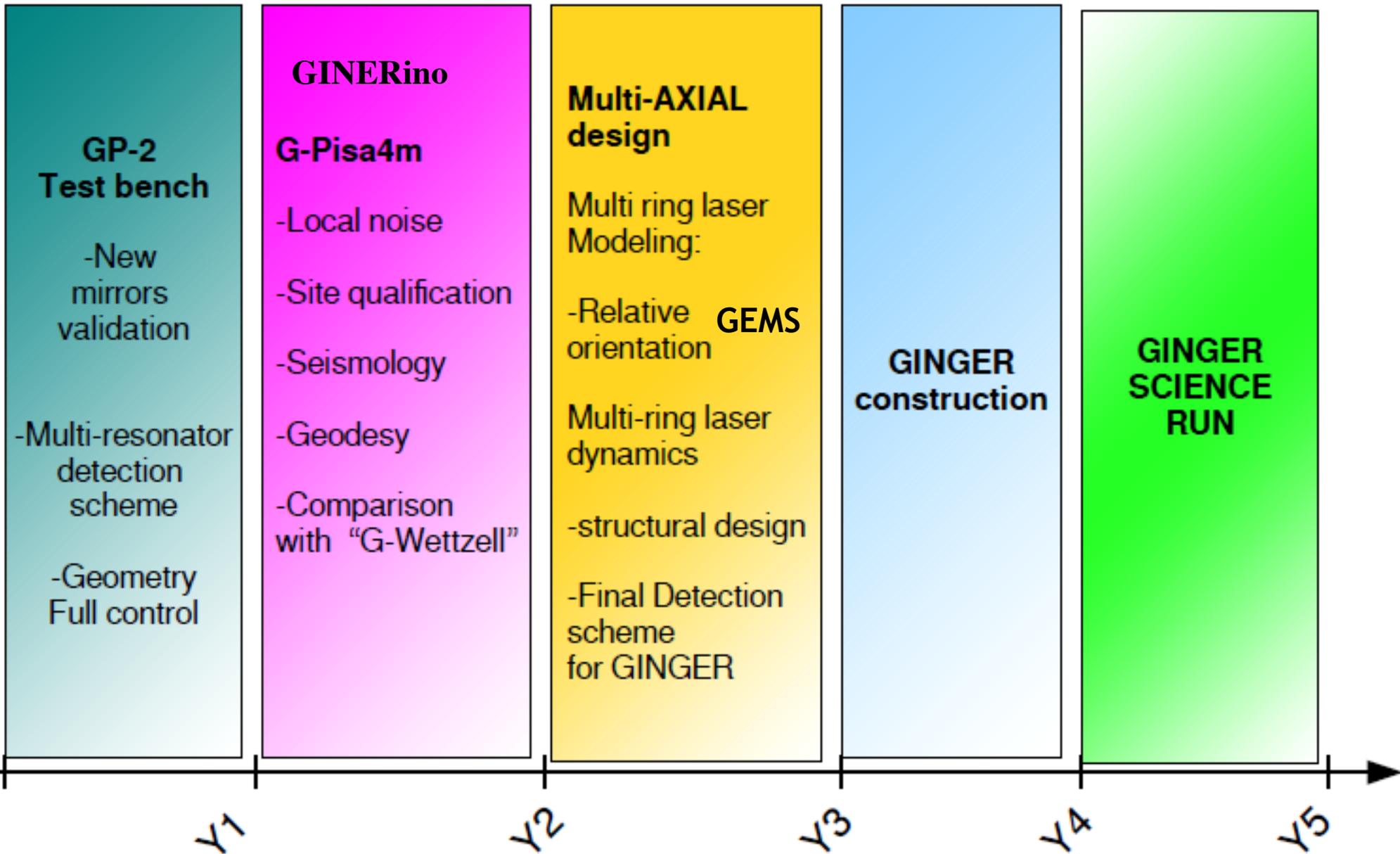
several improvements necessary in the future (the laser itself will show us what to do...):

a) necessary to improve the anchorage of the discharge

# NOTE

...GINGER is not a standard INFN experiment,  
our position will be completely different when we  
will have 'some data'

# GINGER roadmap

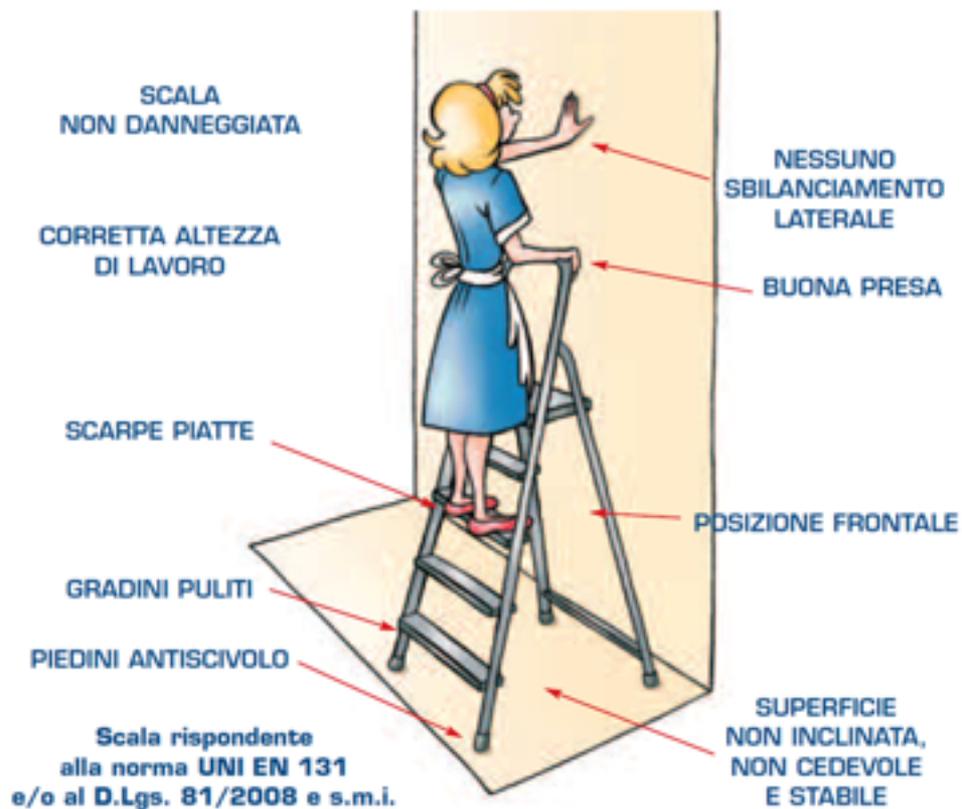


...last week of January 2015



Finally GP2 is in Pisa, this will facilitate the experiment work

# Uso corretto della scala doppia



# GP2-Pisa Warnings



we need several weeks to make operational the lab in Pisa

Noisy environment—how will perform the linear cavities?

Does one of the mirrors holders has been damaged during the transportation?

In the future GP2 will be acoustically and thermally shielded (we have to ask money...)

After one year without ringlaser data/tests, shortly we should be able to restart our experimental work with **GP2** and **GINGERino**

very important for our experiment, which is not considered in the INFN mainstream

Collaborations with Schreiber, inrim and ingv are growing

NOTE: money for people will be always an issue, we have to find external funds

**SENSITIVITY, STABILITY and ACCURACY**