

# LAG

(Liquid Actuated Gravity)

# Introduzione

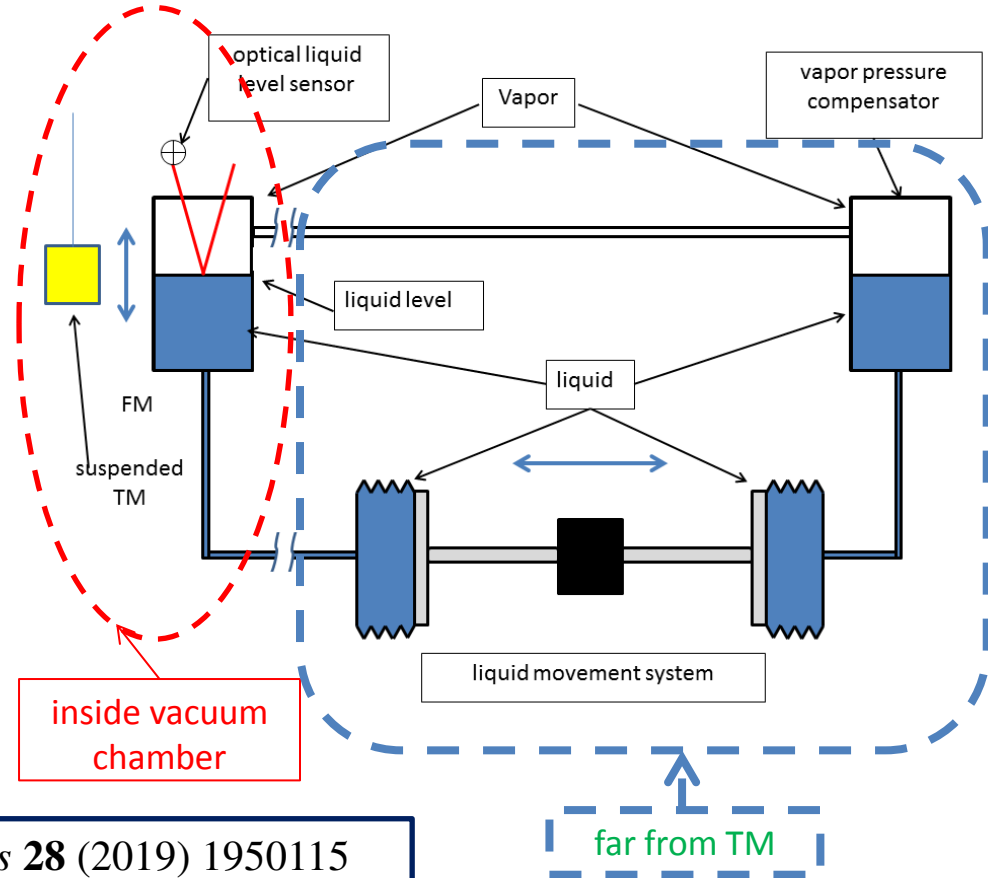
- Questa attività di R&D è finalizzata allo sviluppo di una nuova tecnica di attuazione per esperimenti sulla gravitazione in laboratorio
- L'idea base è quella di usare come **sorgente del campo gravitazionale (Field mass FM)** un contenitore all'interno del quale il livello del **liquido può essere cambiato in modo controllato e ripetibile** per modulare la forza su una massa di prova (Test mass TM), sospesa a un pendolo di torsione.
- La modulazione della forza è essenziale negli esperimenti sulla gravitazione per aumentare il rapporto Segnale/Rumore grazie a misure coerenti. La modulazione è di solito ottenuta cambiando la posizione di una o più masse sorgenti rispetto alla massa test.
- Con la tecnica proposta in LAG è possibile **modulare la forza gravitazionale senza muovere parti vicine all'apparato.**

# Schema dell'apparato sperimentale

L'apparato si compone di due parti:

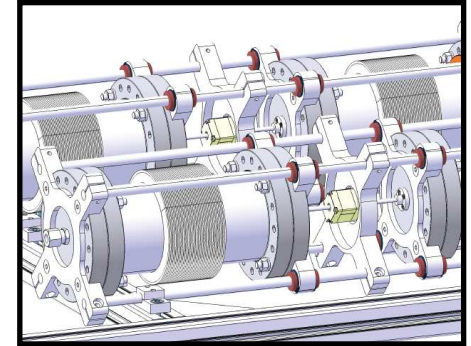
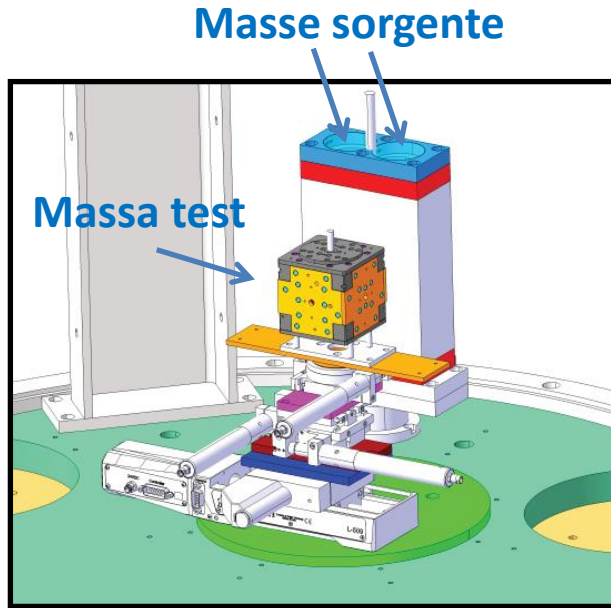
- una interna alla camera da vuoto dove è contenuto il pendolo di torsione usato per le misure di forza,
- una esterna e lontana dal pendolo che consente di controllare e modulare il livello nell'attuatore.

L'apparato esterno comprende un secondo contenitore gemello di quello di attuazione che permette di mantenere costante la pressione del gas sul liquido.



IJMPD *Liquid actuated gravity experiments* **28** (2019) 1950115

# I primi disegni esecutivi dell'apparato (presso la sezione di Napoli)



# Modelli dell'apparato

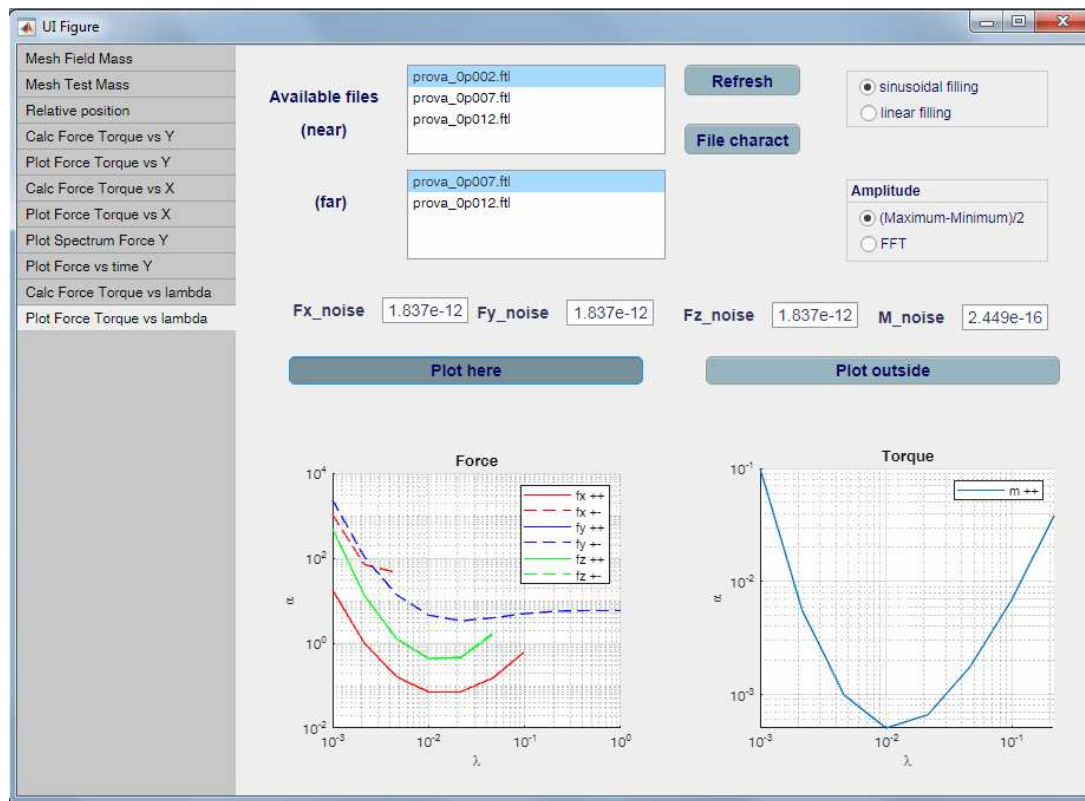
## (Responsabilità della Sezione di Tor Vergata)

- Una parte importante dell'attività è anche lo **sviluppo dei modelli** in grado di descrivere, con la precisione voluta, la geometria del sistema e la forza esercitata dalla massa sorgente sulla massa test.
- In tutti gli esperimenti di gravitazione in laboratorio, infatti, le dimensioni fisiche delle masse in gioco sono confrontabili con le distanze e quindi in assenza di una precisa modellazione, non è possibile ottenere una misura delle grandezze fisiche d'interesse.
- Abbiamo iniziato lo **sviluppo di un'applicazione basata su MATLAB** in grado di stimare le forze e i momenti prodotti, studiare possibili configurazioni e calcolare la sensibilità di possibili esperimenti basati su LAG

# SIMULAG – MATLAB based

I diversi pannelli presenti all'interno dell'interfaccia di questa applicazione permettono molte funzioni fra le quali:

- Meshing della massa sorgente e della massa test
- Definizione della geometria del problema
- Calcolo delle forze e dei momenti che agiscono sulla test mass
- Calcolo degli spettri
- Calcolo della sensibilità di possibili esperimenti



# Composizione del gruppo a Tor Vergata

- Massimo Visco 40%
- Giuseppe Pucacco 30%
- Massimo Bassan 10%
- Yury Minenkov 10%
- David Lucchesi 10%

**1.0 FTE**

## Compiti della sezione

- Coordinamento dell'attività di modellazione
- Modelli con programmi agli elementi finiti
- Partecipazione al montaggio
- Analisi dati

Nel 2019 a Tor Vergata siamo sotto dotazioni. Nel 2020, grazie all'ingresso di due persone, pensiamo di richiedere l'apertura della sigla.

# Richieste economiche

La Sezione di Tor Vergata si occuperà principalmente di **coordinare l'attività di sviluppo dei modelli**.

Per il 2020 contribuiremo anche con la realizzazione di alcuni pezzi per il **completamento dell'apparato sperimentale** che si trova a Napoli.

La richiesta di finanziamento per il 2020 è:

Riunioni di collaborazione e misure presso la sezione di Napoli **4k**

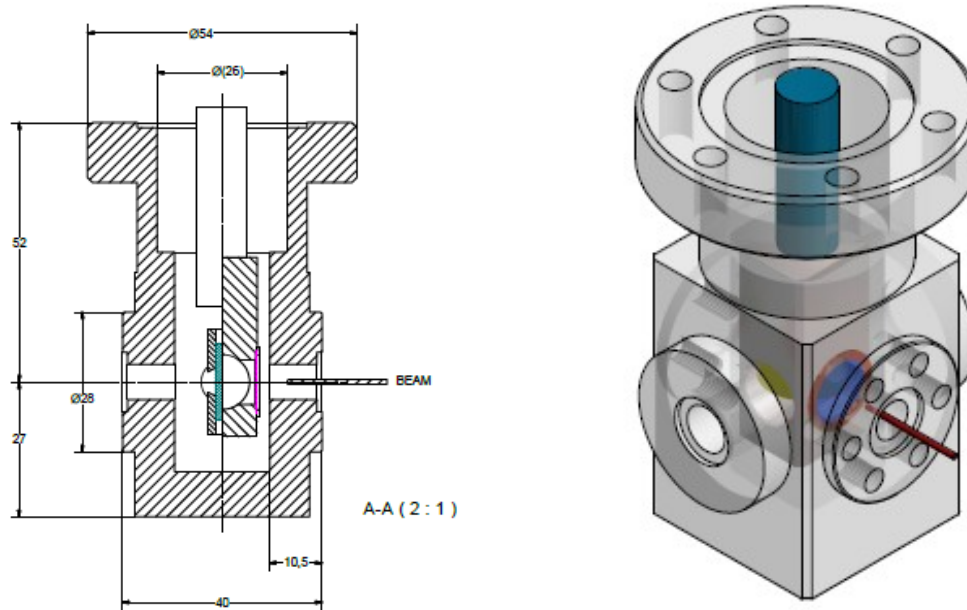
Materiale per le lavorazioni meccaniche a Tor Vergata **1k**



Five-years exp. proposal (2019-2023), aiming at

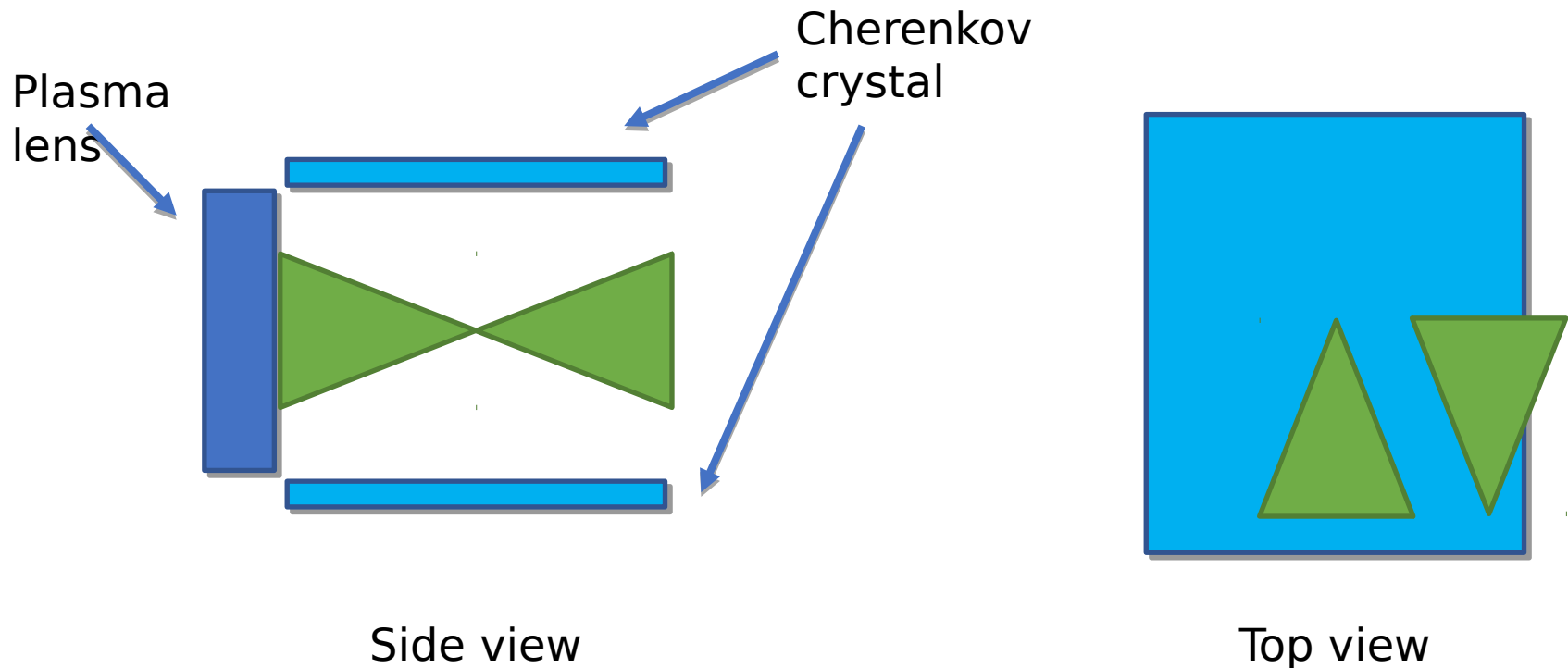
- **Demonstration of high quality of Plasma Wakefield Acceleration electron beam through the final measurement of the FEL gain curve**
- Great effort on the transport and matching from plasma to the undulator
- **Miniaturization** of ancillary components to move towards a **compact facility** (accelerating modules, diagnostics, measurement stations, beam position monitors)
- **R&D on diagnostics**
- **Path towards EuPRAXIA@SPARC\_LAB test user facility:**

- Two main lines
  - Engineering of actual diagnostics in order to fit the requirement of compactness of a plasma accelerator
  - Development in synergy with CERN a new single shot, non intercepting monitor for beam size (and emittance) based on Cherenkov radiation



- A compact view screen based on YAG crystal + a mirror.
- Reduction to small scale of the most used view screen in linac, FEL, etc.
- Only 40 mm in the longitudinal direction

# A possible scheme to use Cherenkov



- Likely a system for low to moderate energy
- Resolution will decrease with beam energy
- Totally not intercepting and single shot

- 2019
  - Design study of compact monitor finished, executive drawing in progress, device to build in this year
  - Started design study for Cerenkov monitor
- 2020
  - Define the layout for the instrumentation
  - Hardware procurement

- Anagrafica
  - Cianchi (RL): 50%
  - Catani: 50%
- Richieste
  - Missioni (LNF, CERN): 4 kEuro
  - Inventario (obiettivo, camera, cristalli Cherenkov): 11 kEuro



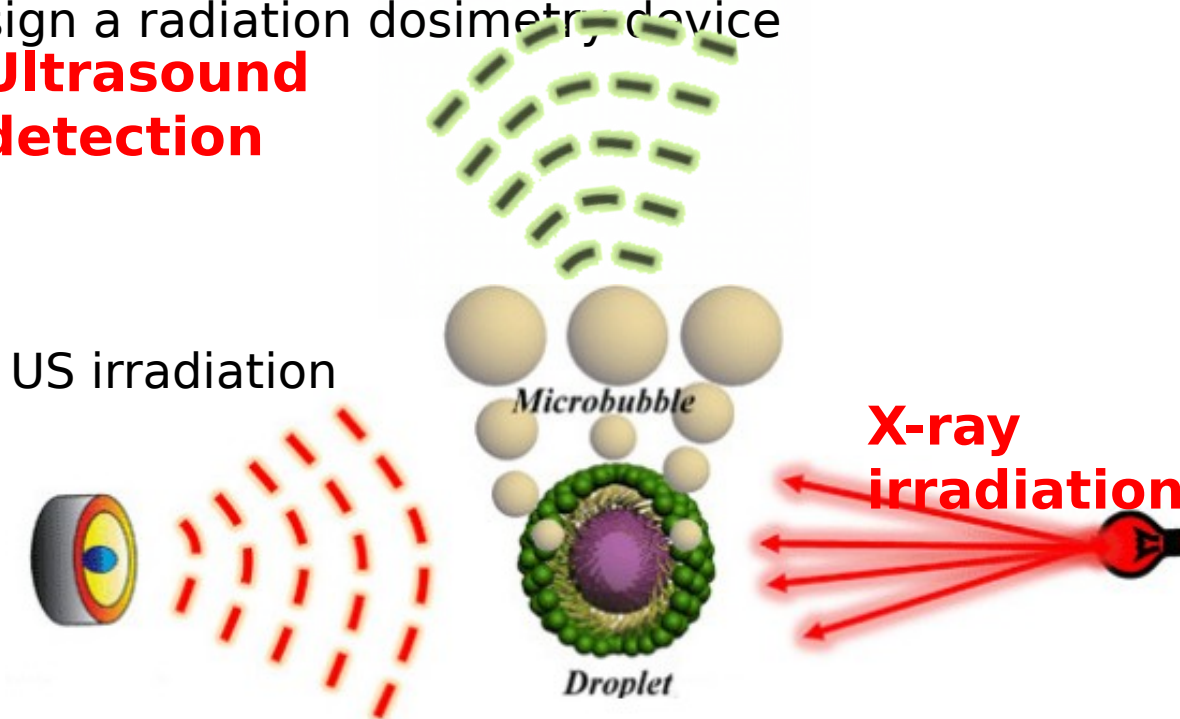
UNIVERSITA' degli STUDI di ROMA  
TOR VERGATA

**SR3T**

# Dosimetry experiment on phase-change nanodroplets

**Objective.** The experiment is aimed to assess the behaviour of phase-change contrast agents in the presence of ionizing radiations, such as X rays, in order to design a radiation dosimetry device

**Ultrasound  
detection**

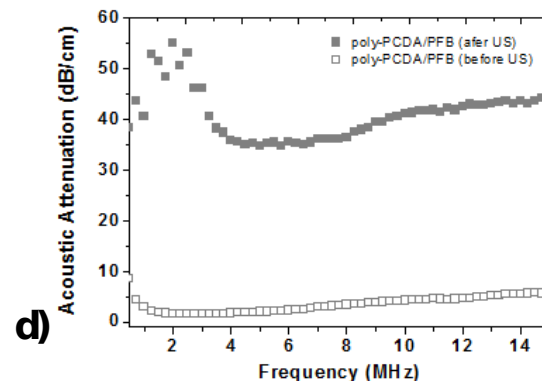
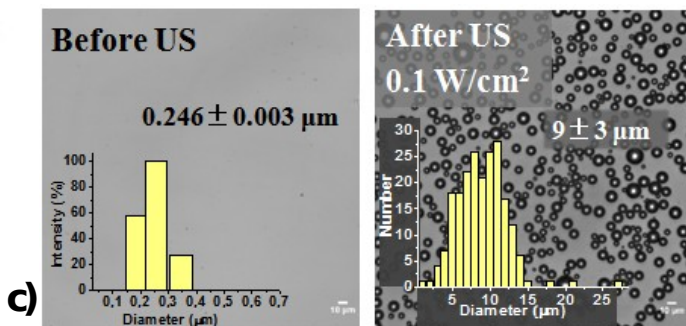
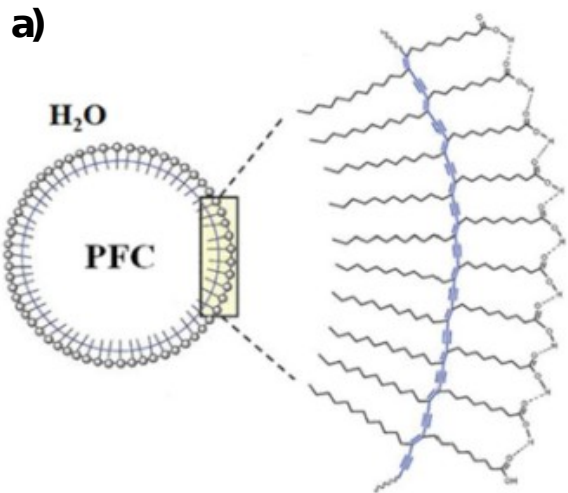
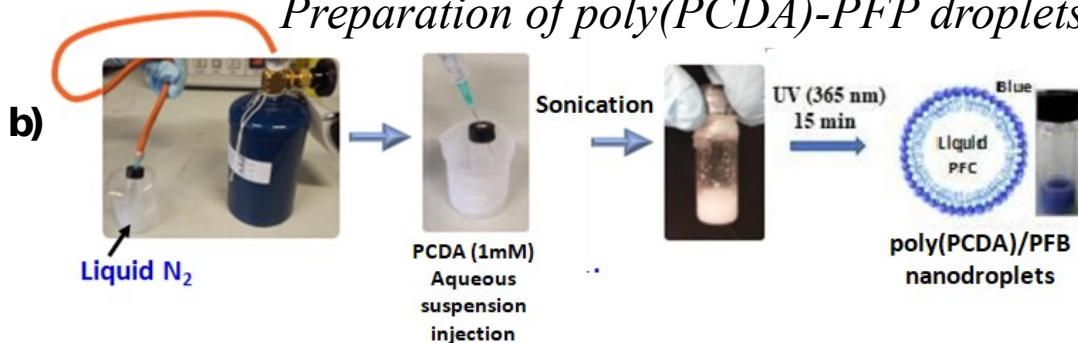


As a proof of concept, this study consists to formulate water dispersed micro- and sub-micron sized droplets, made up of a superheated perfluorocarbon (PFC) liquid surrounded by a stabilizing biocompatible shell. At the target site, the PFC should undergo a phase transition triggered by ionizing radiations transforming the nanodroplets into microbubbles.



Nanodroplets ~ 600 nm sized made of Poly(PCDA) shell and perfluorobutane (PFB) (b.p. -2 °C) core.

*Preparation of poly(PCDA)-PFB droplets*



*size characterisation with respect before and after acoustic droplet vaporisation by optical microscopy and dynamic light scattering*

*Acoustic attenuation spectroscopy on the vaporised droplets*





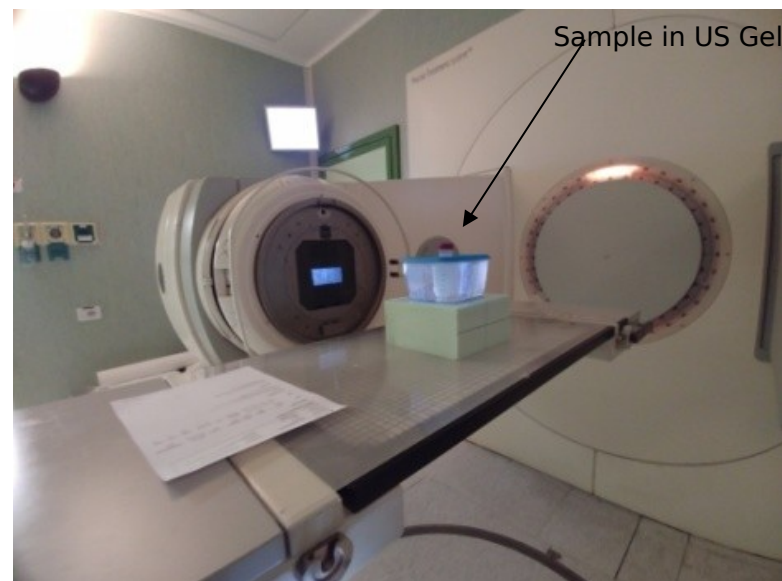
## Effect of ionising radiation: setup

Experimental location: *Policlinico of the University of Rome "Tor Vergata" in collaboration with Dr. Roberto Miceli of the department of radiotherapy.*

Preparation to sample exposition: *The nanodroplets suspensions were dispersed in an ultrasound gel or in water at different concentrations in thin-wall tubes. The experiment was carried out in a water bath, as a tissue-mimicking phantom, at room temperature. The samples at concentrations corresponding to 2:5 v/v, 1:5 v/v and 1:10 v/v (droplets solution/gel) were studied after centrifugation to eliminate the presence of air bubble.*

**Doses of irradiation:** *the samples were irradiated at room temperature, using a linear accelerator (Elekta Precise®), with 6 MV photons at a dose rate of 5 Gy/min ( $\pm$  5%). Single fraction of radiation doses of 10 Gy was delivered to the samples at each experiment. Dose range: 2 - 10 Gy*

Samples	Nominal rate (U.M/ min)	X ray dose rate (gray/ min)	X ray dose (gray)	Time (min)
PCDA-PFP blank (1:5) v/v	• 500	• 2	• 2	• 1
	• 500	• 5	• 10	• 2
Poly-PCDA-PFB (2:5) v/v	• 130	• 1	• 2	• 1
	• 500	• 5	• 2	• 1
	• 500	• 5	• 10	• 2
Poly-PCDA-PFB (1:5) v/v	• 500	• 5	• 10	• 1
Poly-PCDA-PFB (1:10)v/v	• 500	• 5	• 10	• 2

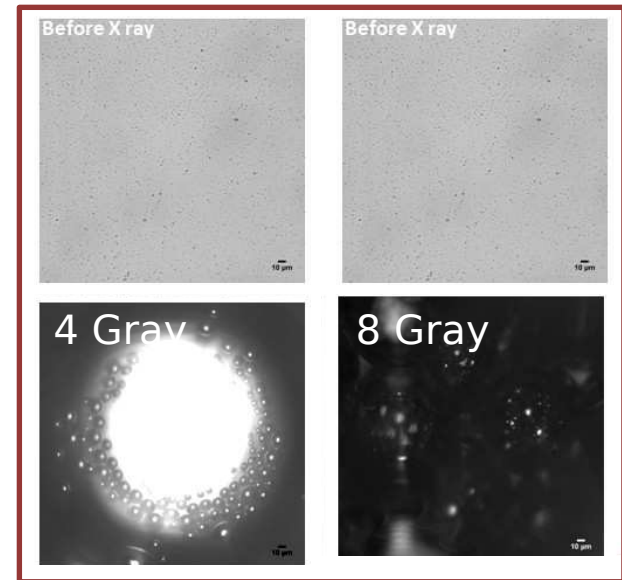
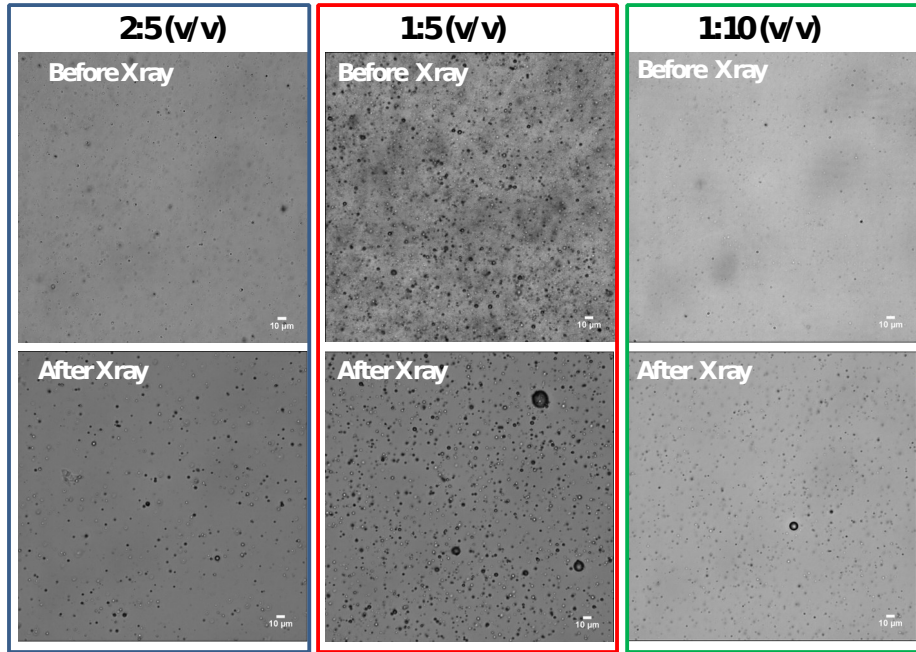
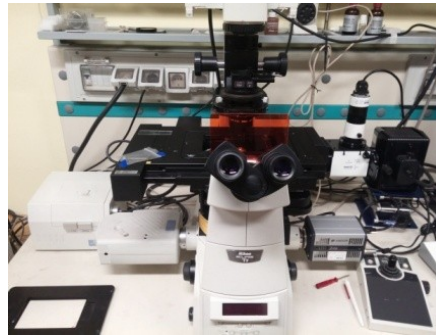


**Facility for radiation therapy  
Elekta Synergy®**



# Effect of ionising radiation: **optical** and echographic monitoring

UNIVERSITA' degli STUDI di ROMA  
TOR VERGATA



*The Figure illustrates the comparison between the different poly(PCDA)-PFB nanodroplets in gel mixtures before and after irradiation with X rays at 10 Gy at temperature of 20°C (left) and 37°C (right). A slight but significant increase of the droplets size was noticed after irradiation due to a partial vaporization of the PFB liquid core resulting in a swelling of the droplets shell.*



# Effect of ionising radiation: optical and **echographic** monitoring

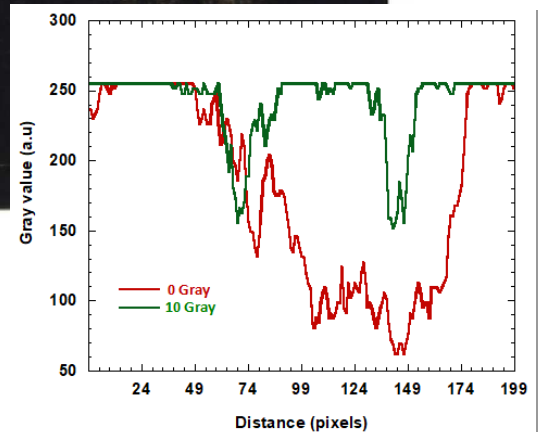
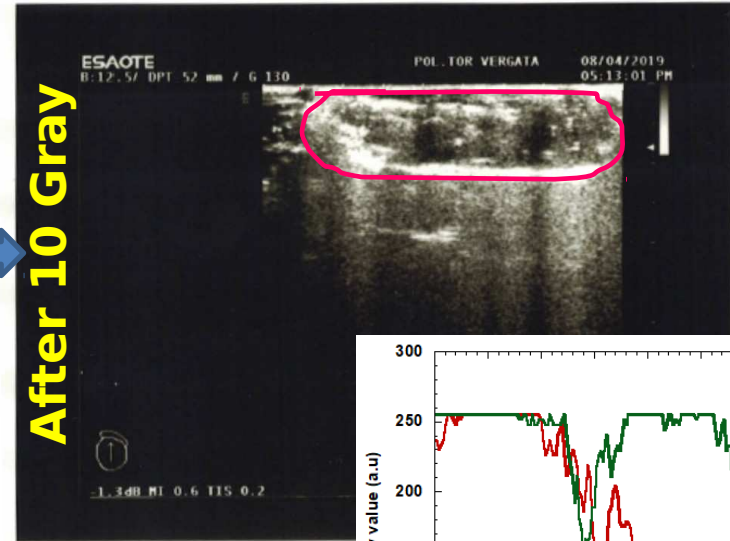
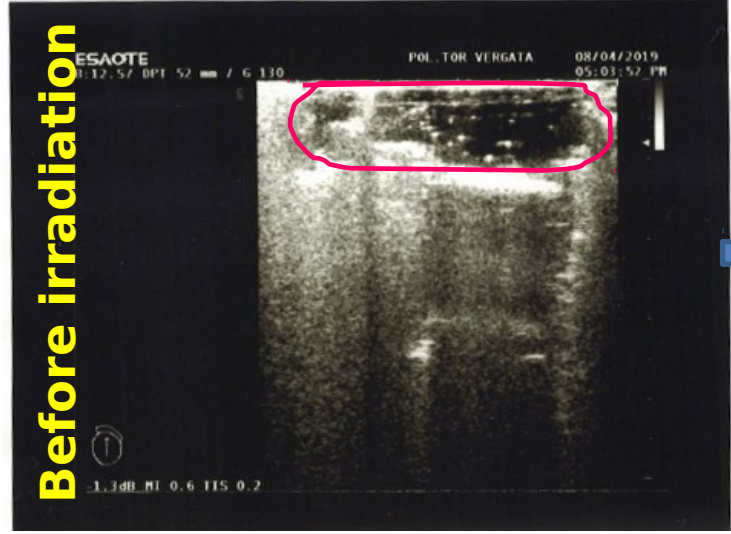
UNIVERSITA' degli STUDI di ROMA  
TOR VERGATA

**Work in progress:** *in situ* echography of treated samples will be performed to recognise only the signal provided from vaporised droplets



7 MHz  
Ultrasound

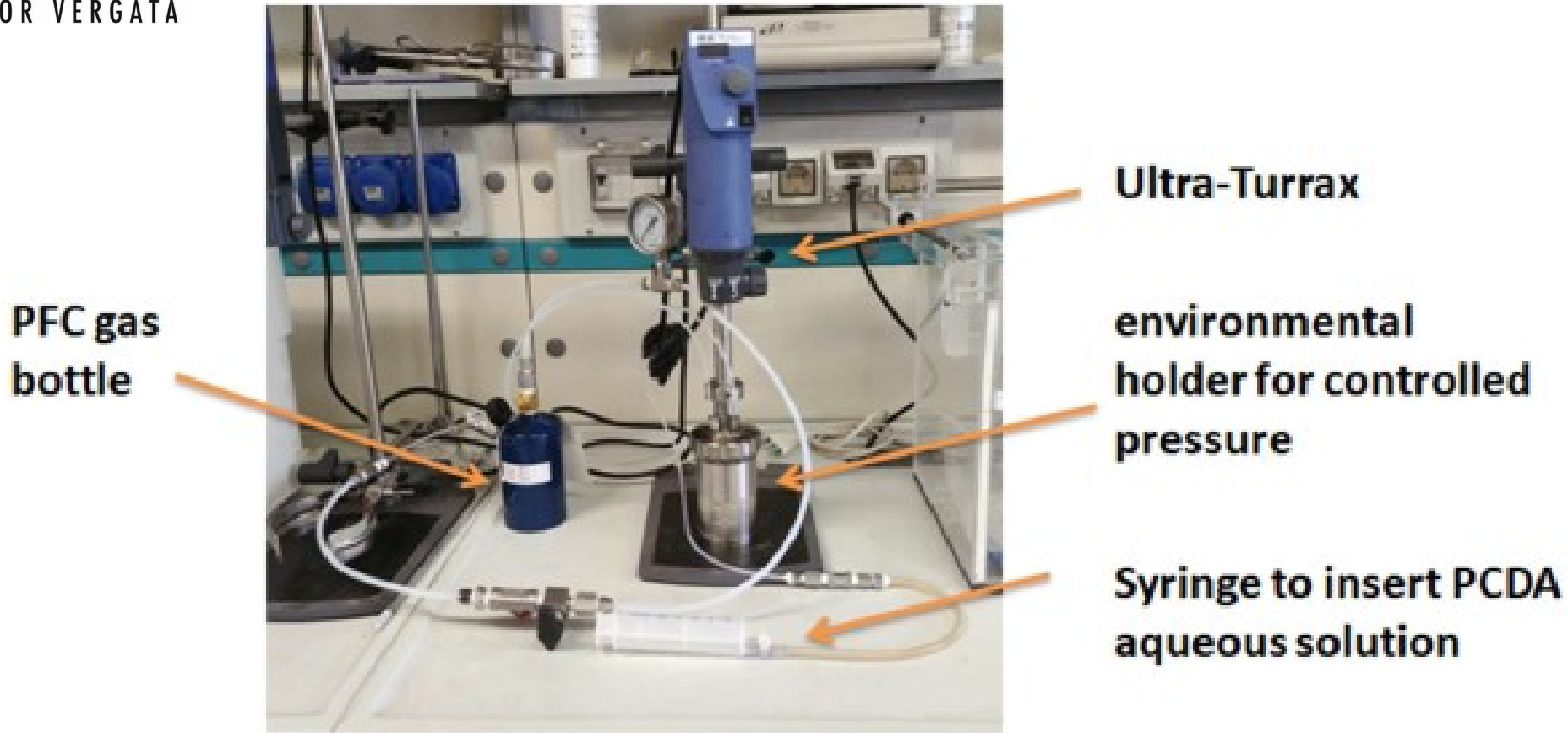
## PCDA/PFB (-2°C) in US gel



**Open issue:**  
*Calibration?*



# Setup to improve the efficiency of stimulated droplet vaporization



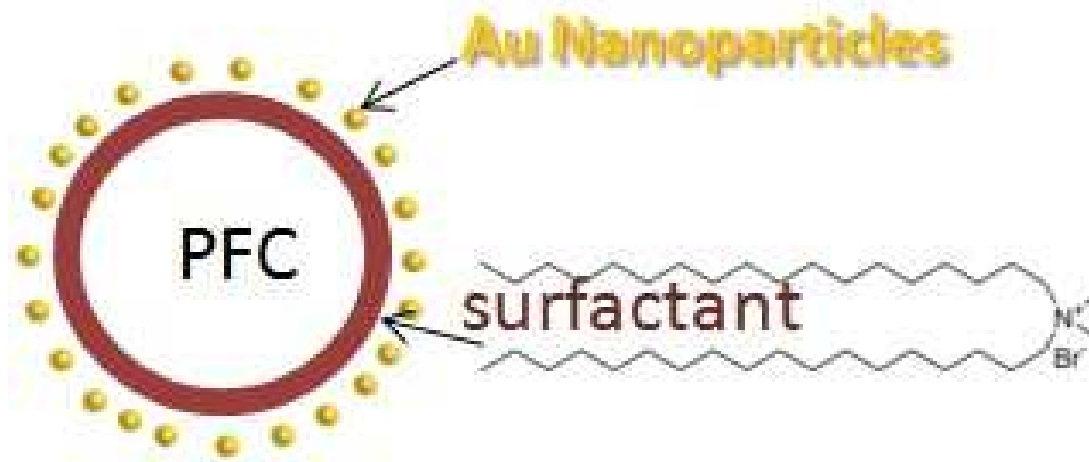
*Experiments on poly(PCDA) nanodroplets encapsulating PFC with boiling point lower than PFB (-2 °C), i.e. 2H-Heptaperfluoropropane (PFP) with bp -15° will be attempted. In this case the formulation will require an Ultra-Turrax equipped with a custom-made pressure reactor designed to keep condensed the PFP gas*



# Perspectives

UNIVERSITA' degli STUDI di ROMA  
TOR VERGATA

- Additional size investigations by photo-correlation spectroscopy will be performed;
- fluorescence microscopy on the droplet shell will be performed to evaluate eventual effects of interaction of X-ray with the droplets wall.
- Evaluation of ionising radiation droplet vaporisation of PCDA and NP-DDAB droplets undergoing X-ray Microbeam of High Brilliance from Synchrotron.



microsized droplet made up of liquid PFC core and a cationic surfactant

# MC-INFN.DTZ

Responsabili Nazionali: Paola Sala (MI) e Giuseppe Cirrone (INFN LNS)

Responsabile Locale: Maria Cristina Morone (Universita' di Tor Vergata)

L'esperimento MC-INFN e' dedicato allo sviluppo e manutenzione dei codici Monte Carlo Geant 4 e Fluka (durata prevista 15 anni).

La Sezione di Roma Tor Vergata lavora allo studio e ottimizzazione dei codici per Fisica Medica:

- benchmark di Fluka su dati di interesse per la fisica medica;
- validazione di modelli nucleari di frammentazione nel range di interesse adroterapico, 100-400MeV/n.

Anagrafica: M. C. Morone 30%

Tutte le richieste economiche sono presentate da Milano, LNS e Pisa per ottimizzare la gestione delle risorse.