

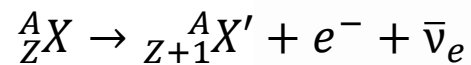
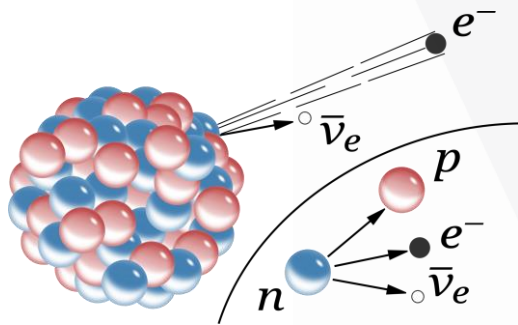


# HOLMES & TRISTAN

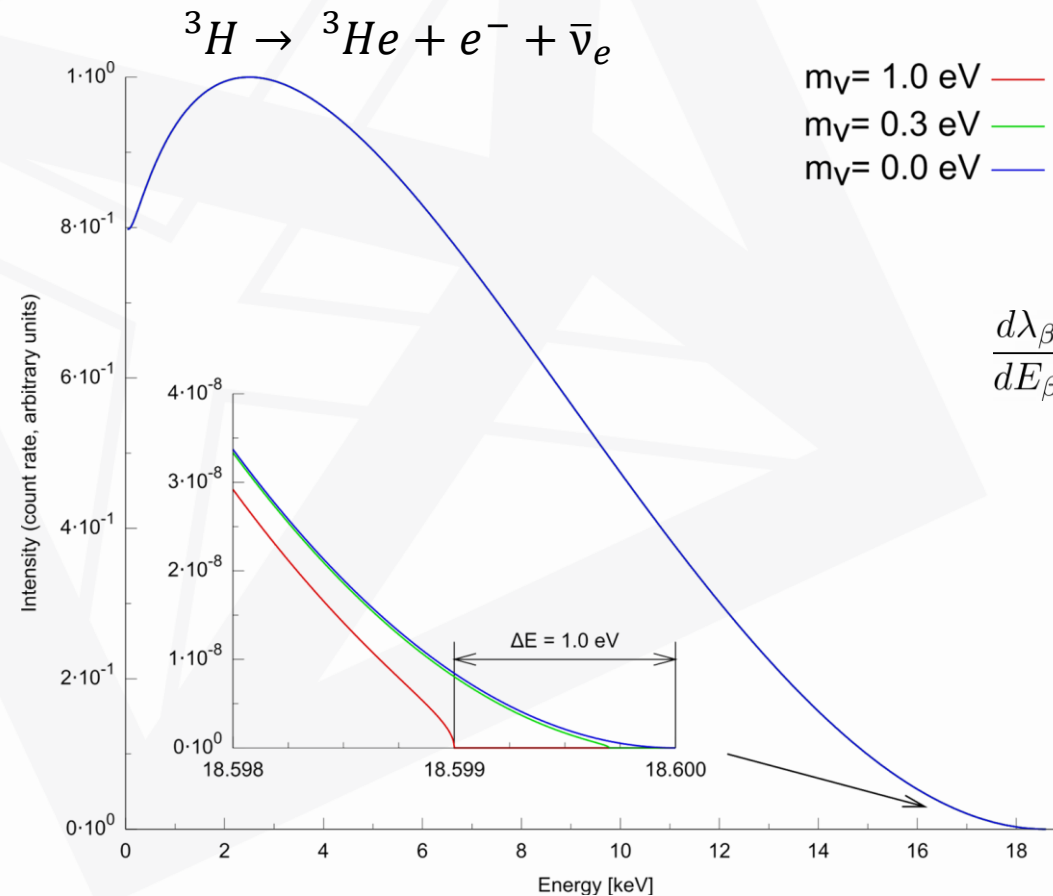
Misura diretta della Massa del  
Neutrino e Spettri Beta

# Misura diretta della massa del neutrino

La massa del neutrino diventa rilevante in decadimenti deboli quando esso viene emesso come particella non relativistica, ovvero all'*end-point* dello spettro di un decadimento beta



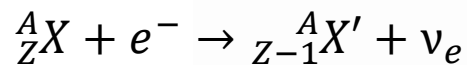
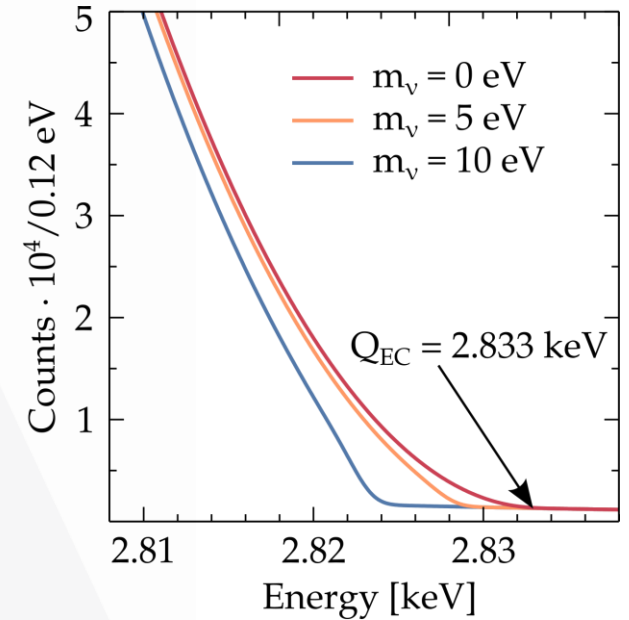
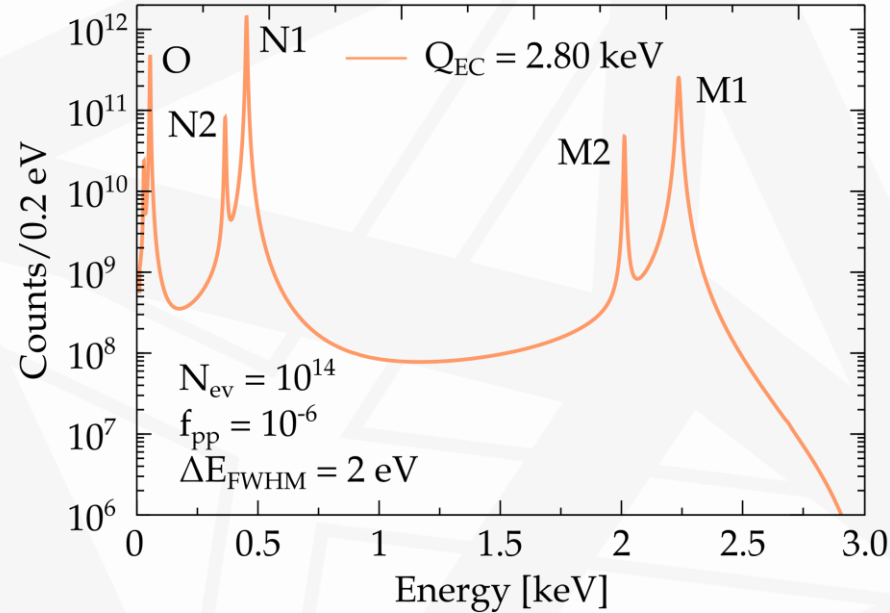
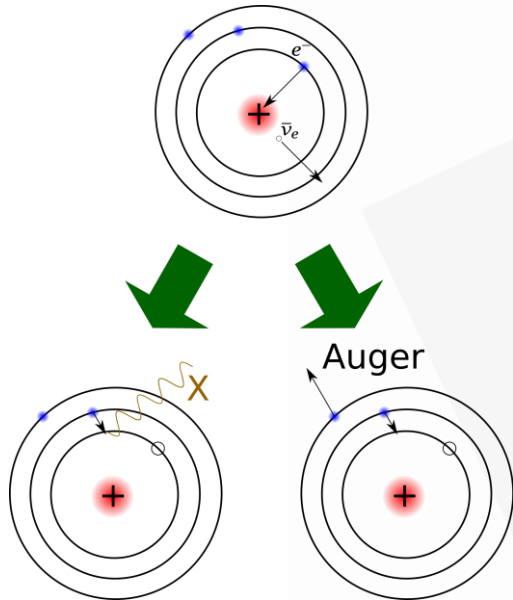
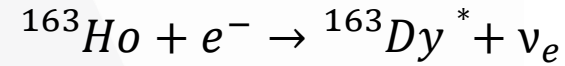
$$Q = m_n({}^A_Z X) - m_n({}^A_{Z+1} X') - m_e - m_{\bar{\nu}_e}$$



$$\frac{d\lambda_\beta}{dE_\beta} \propto (Q - E_\beta) \sqrt{(Q - E_\beta)^2 - m_\nu^2}$$

$$m_\nu = \left( \sum |U_{i,j}|^2 m_j^2 \right)^{1/2}$$

# Misura di $m_\beta$ con **HOLMES**



$$Q = m_n({}^A_Z X) + m_e - m_n({}^A_{Z-1} X') - m_{\nu_e}$$

Lo spettro conseguente la cattura elettronica è diverso dallo spettro beta (deriva da riarrangiamenti atomici) ma segue la stessa fisica!

$$\frac{d\lambda_{EC}}{dE_x} \propto (Q - E_x) \sqrt{(Q - E_x)^2 - m_\nu^2}$$

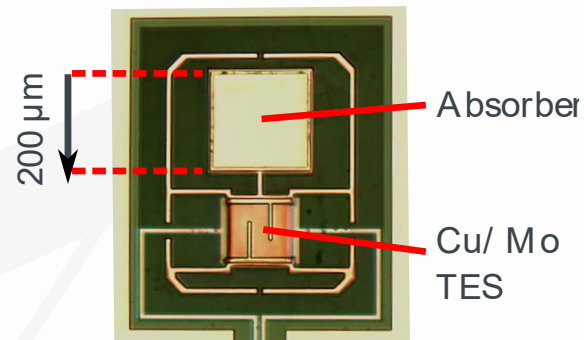
$$m_\nu = \left( \sum |U_{i,j}|^2 m_j^2 \right)^{1/2}$$

# HOLMES

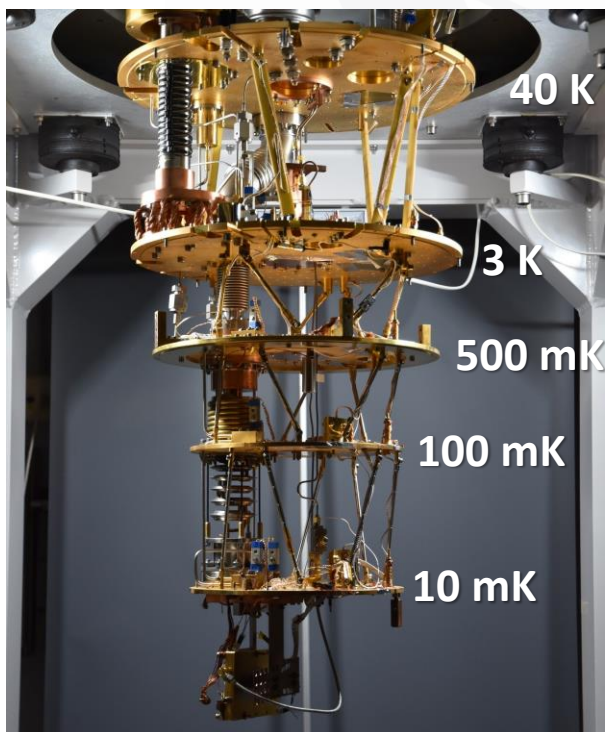
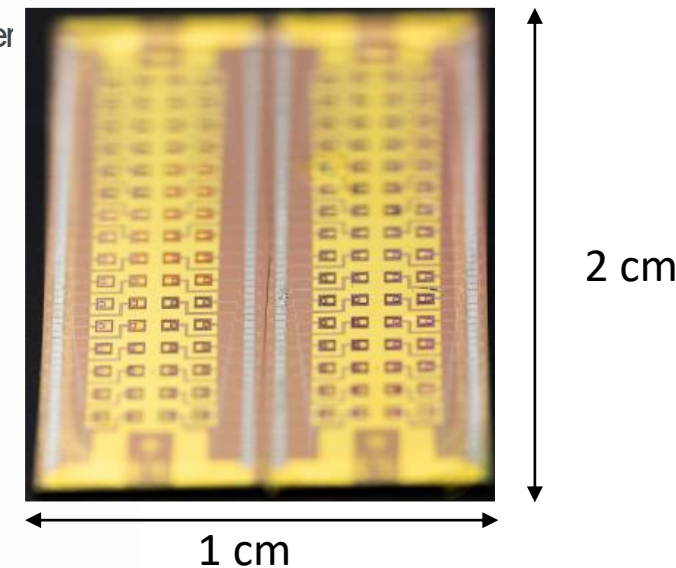
L'esperimento viene installato presso il laboratorio di Criogenia di Unimib

Oltre a Univ+INFN Mib , fanno parte della collaborazione:

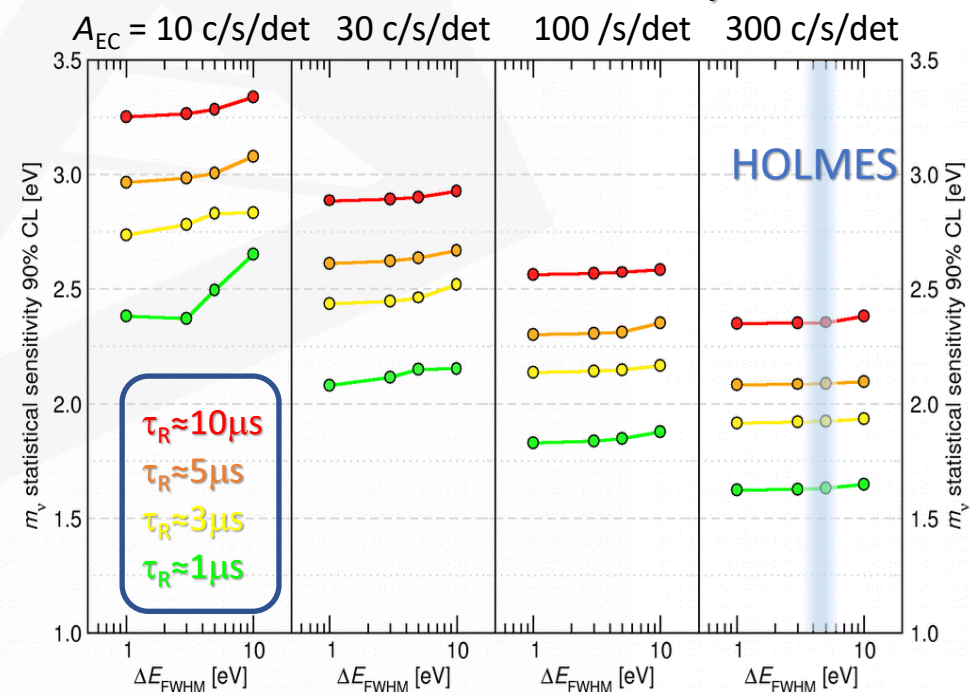
- INFN Genova
- PSI (Svizzera)
- NIST (Boulder, (CO) USA)
- ILL (Francia)
- Centra-Ist (Portogallo)

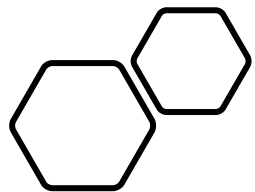


2 x 32 detectors



1000 detectors x 3 years





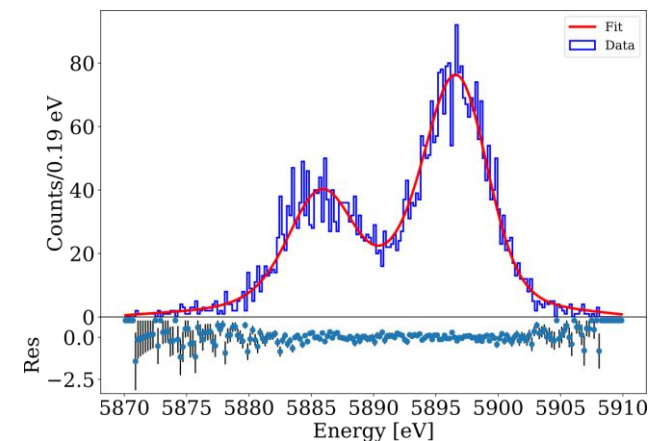
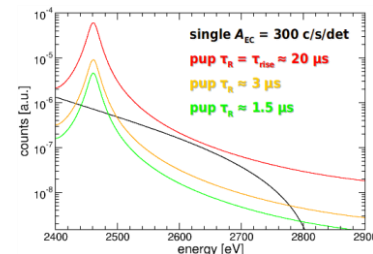
# Proposte di tesi in *HOLMES*

- Micro-fabbricazione e ottimizzazione rivelatori TES
- Setup impiantatore ionico in collaborazione con INFN-Ge
- Sviluppo algoritmi & software per analisi dati (SVD, Deep Machine Learning)
- Sviluppo e messa in opera del sistema di lettura e multiplexing a microonde per micro-calorimetri
- Studio sensibilità di esperimenti per la misura della massa del neutrino con approccio bayesiano
- Studio del fondo di raggi cosmici e radioattività naturale (misura + Monte Carlo)

Per info su proposte di tesi:

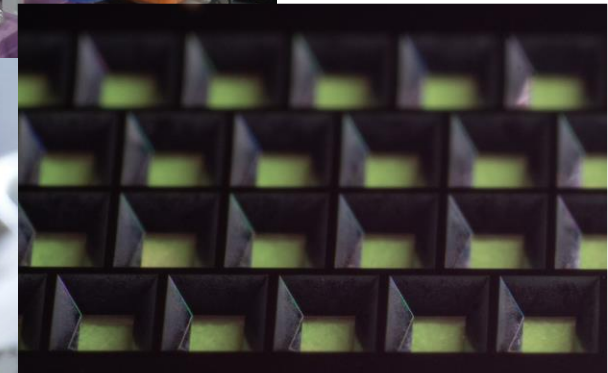
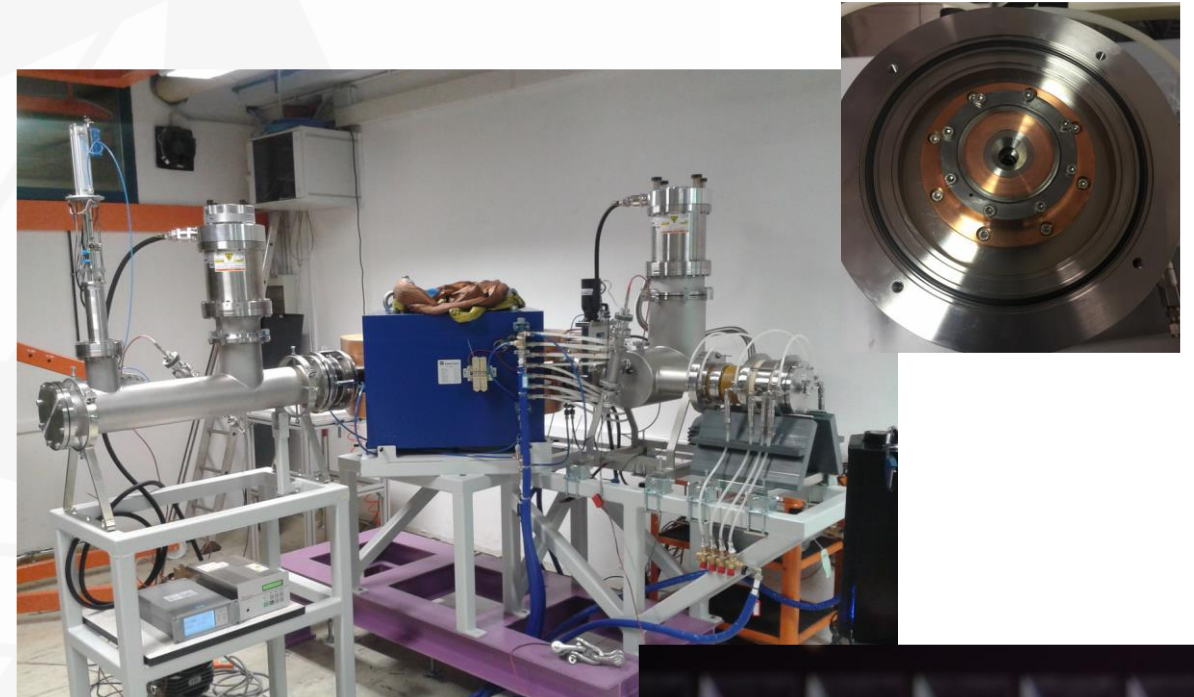
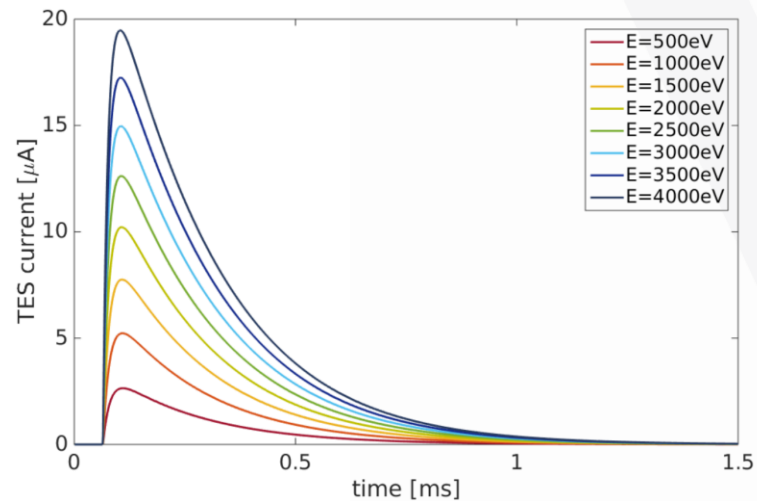
A. Nucciotti: [angelo.nucciotti@mib.infn.it](mailto:angelo.nucciotti@mib.infn.it)

M. Borghesi, M. Faverzani  
E. Ferri, A. Giachero, A. Nucciotti

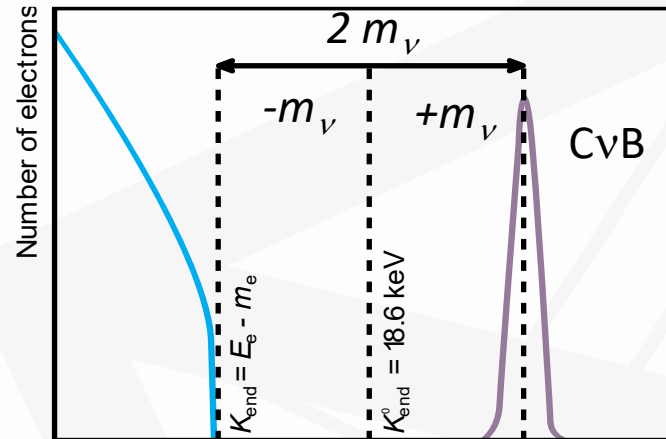
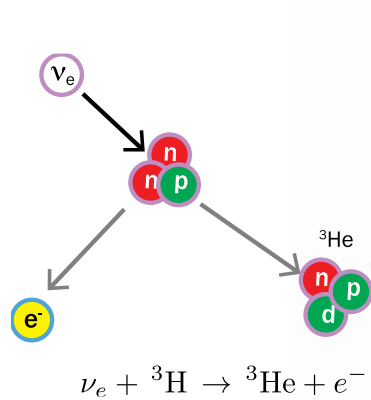


# Competenze tecnologiche legate a HOLMES

- Superconduttività
- Microonde
- Tecniche di criogenia ( $T \approx 10$  mK)
- Interazione radiazione materia
- Micromachining
- Impiantazione ionica
- Analisi dati
- Programmazione
- Sviluppo di hardware
- ...



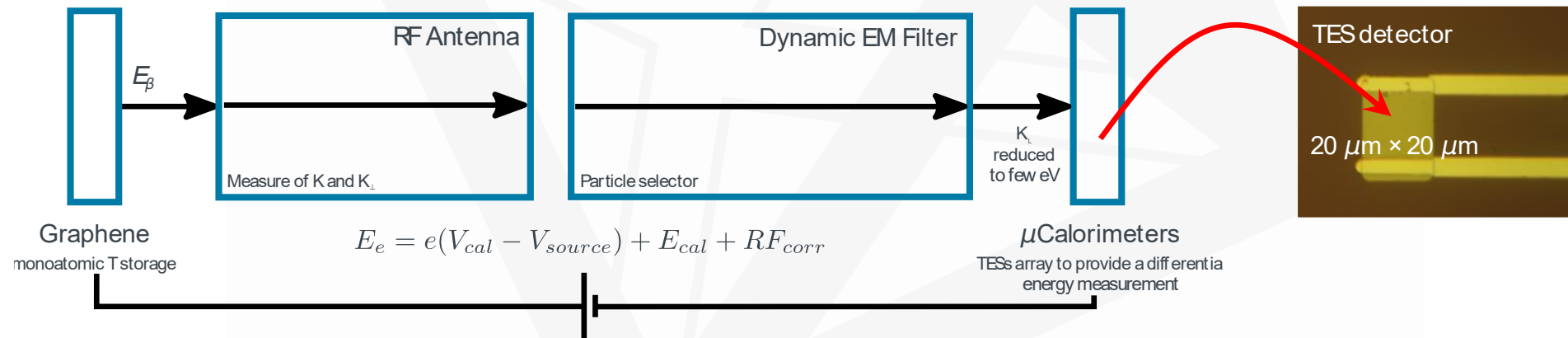
# Ricerca dei neutrini primordiali con PTOLEMY



P on-  
T ecorvo  
O bservatory for  
L ight,  
E arly-universe,  
M assive-neutrino  
Y ield

M. Borghesi, M. Faverzani  
E. Ferri, A. Giachero, A. Nucciotti

Per info su proposte di tesi:  
A. Nucciotti: [angelo.nucciotti@mib.infn.it](mailto:angelo.nucciotti@mib.infn.it)



- Sviluppo, realizzazione e ottimizzazione di rivelatori TES ottimizzati per le basse energie
- Sviluppo sistema criogenico per la caratterizzazione dei TES sviluppati
- Studio della sensibilità dell'esperimento con approccio bayesiano

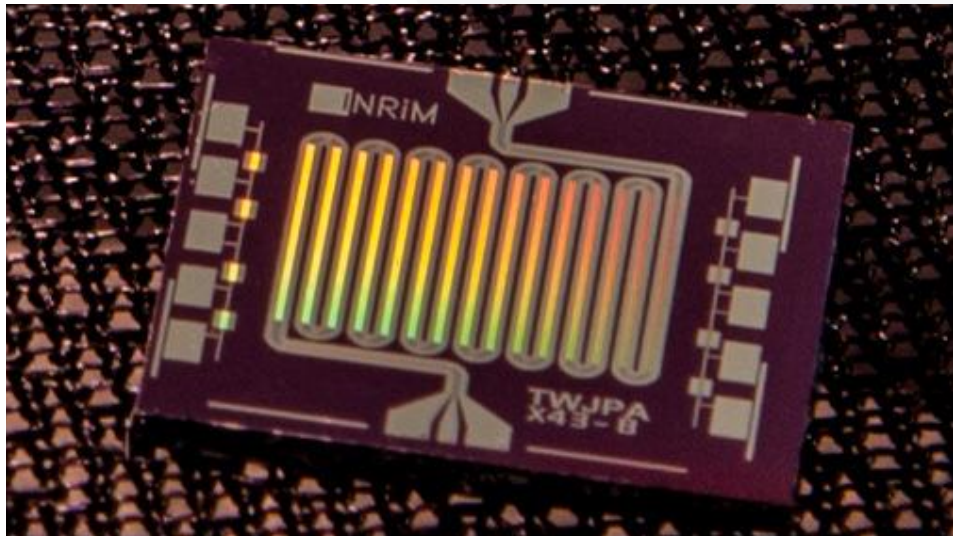
# DARTWARS/tecnologie quantistiche

M. Borghesi, M. Faverzani  
E. Ferri, A. Giachero, A. Nucciotti



## DARTWARS

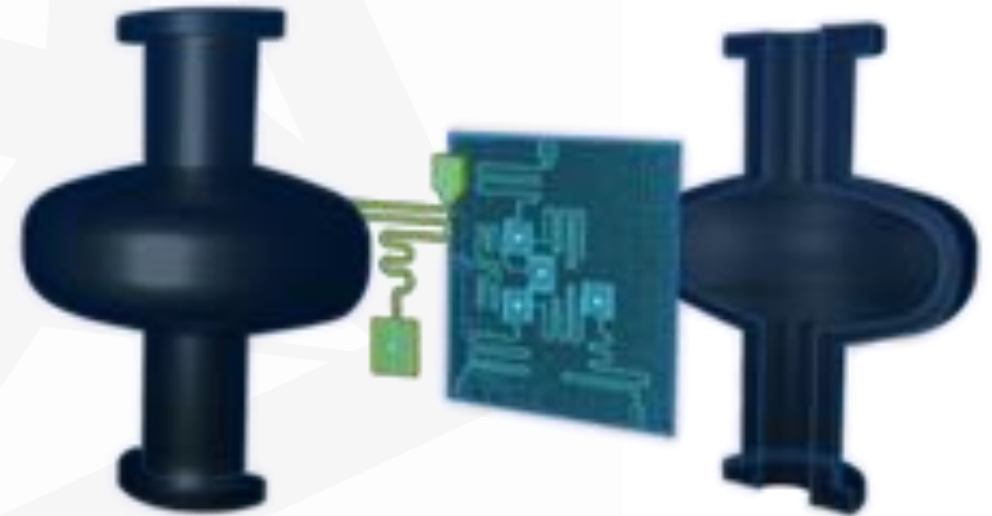
Sviluppo di linee di lettura innovative caratterizzate da ampia banda e rumore a livello quantistico



- progettazione e simulazione di amplificatori parametrici
- caratterizzazione amplificatori prodotti e dimostrazione read-out con matrici di rivelatori e qbit

## Superconducting Quantum Materials & Systems

Computer quantistico con prestazioni di frontiera basato su tecnologie superconduttive presso Fermilab

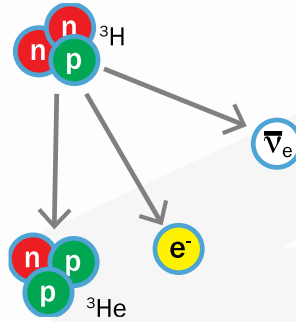


- progettazione e caratterizzazione di una linea di lettura per qbits in ambiente criogenico
- studio e simulazione dei contributi radioattivi in un qbit superconduttivo

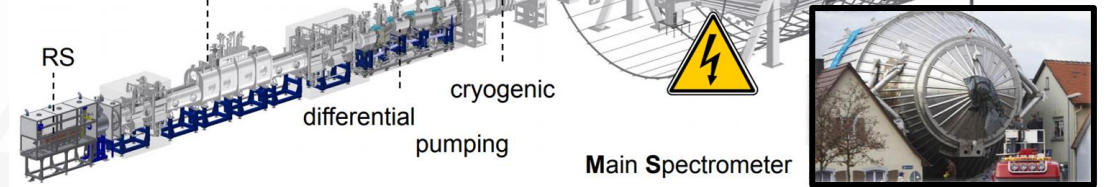
Per info su proposte di tesi: A. Giachero: [andrea.giachero@mib.infn.it](mailto:andrea.giachero@mib.infn.it)



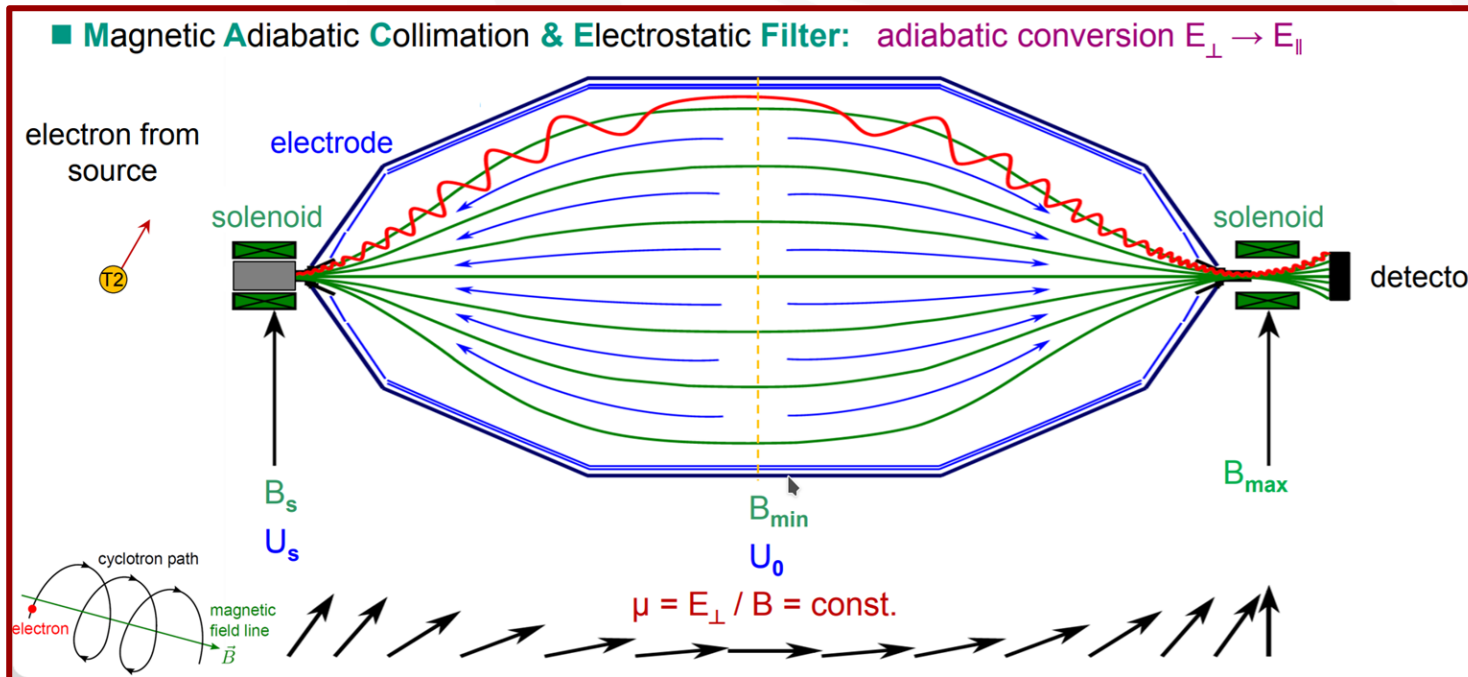
# Misure spettrometriche



Windowless Gaseous Tritium Source cryostat



Karlsruhe Institute of Technology

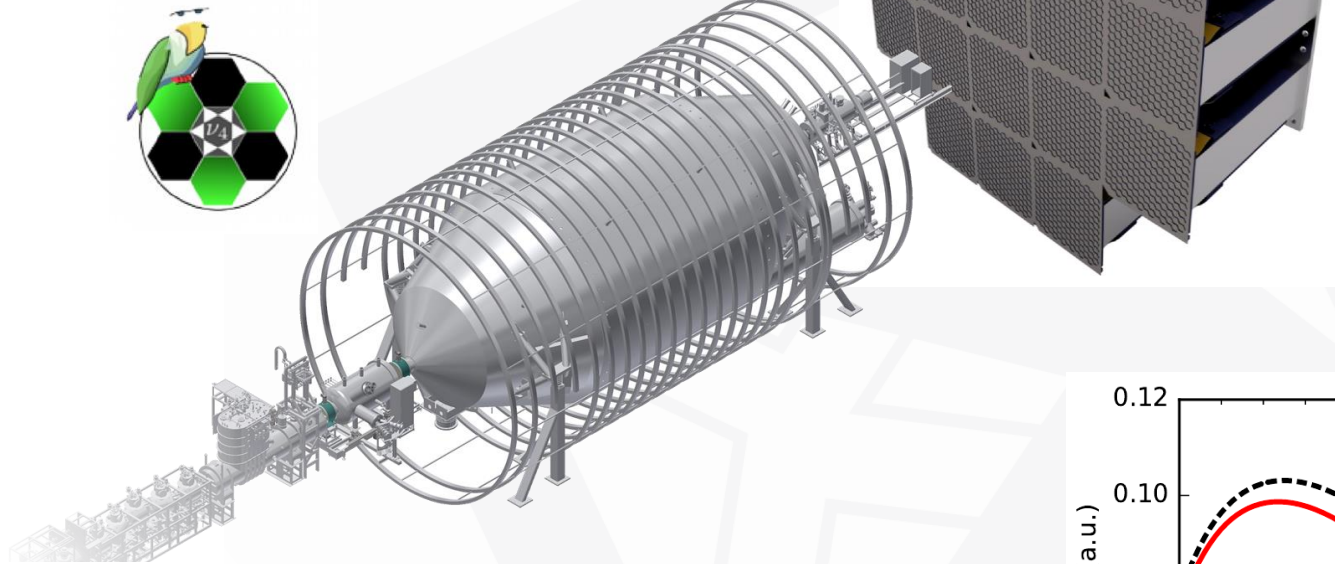


**Risoluzione  
energetica < 1  
eV @20 keV**

**Studio solo l'end-point,  
basso rate di conteggi ~ 1  
cps**

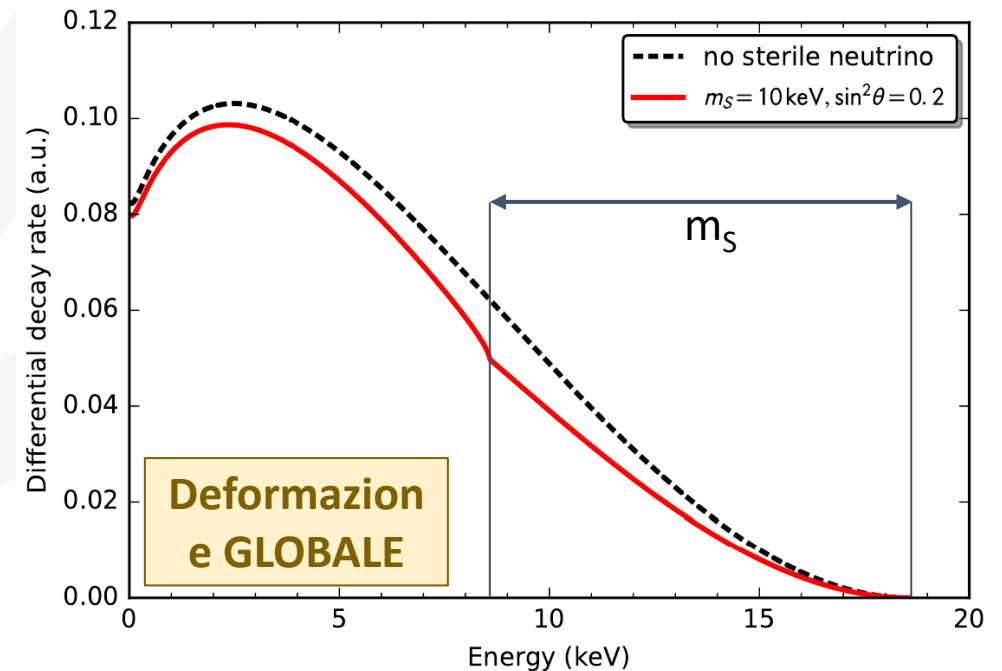
**KATRIN**

# TRISTAN



Apparato di KATRIN + rivelatori SSD per **rivelazione del neutrino sterile** nel range di massa di qualche keV

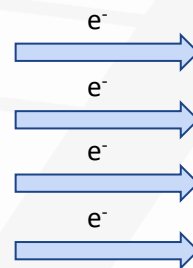
- la ROI diventa l'intero spettro di decadimento del trizio!
- misura differenziale di elettroni di qualche decina di keV
- necessaria alta risoluzione  $\sim 200$  eV @20 keV
- alto rate di conteggi  $O(10^8)$
- capacità di riconoscere single hit
- capacità di ricostruire l'energia dell'elettrone correttamente



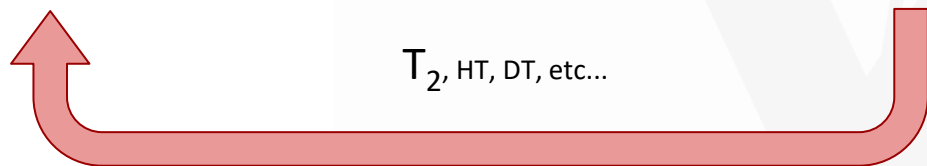
# Tristan @KATRIN

TRISTAN: utilizzare la **sorgente** gassosa ad alta intensità di KATRIN unita a un **nuovo rivelatore**

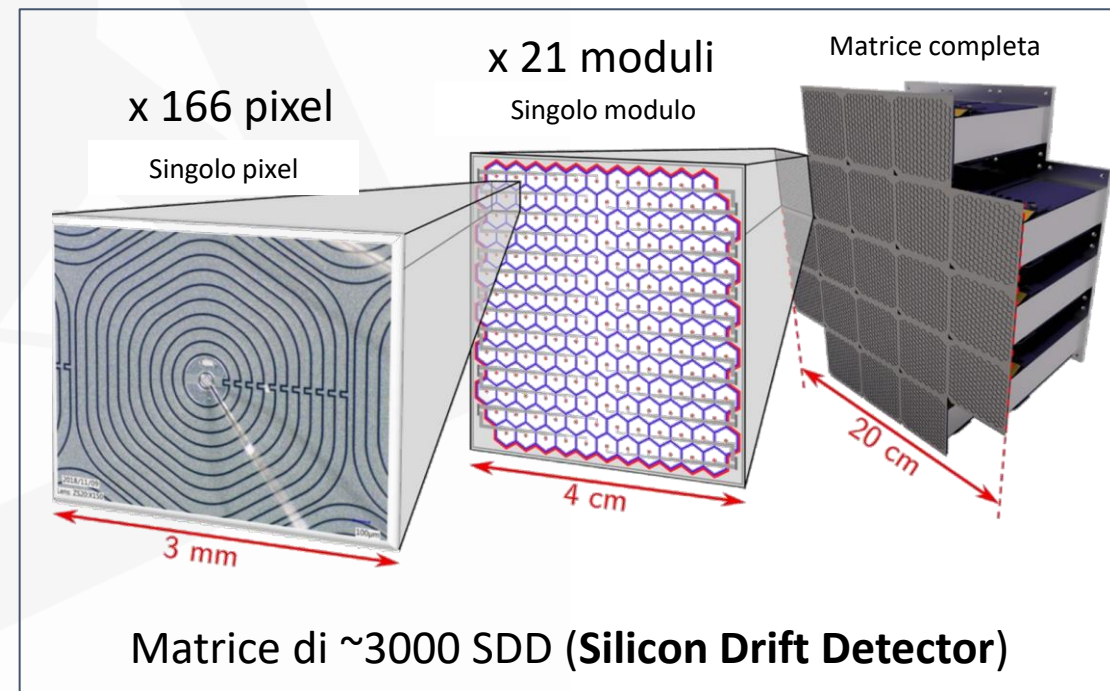
Windowless Gaseous Tritium Source (WGTS)

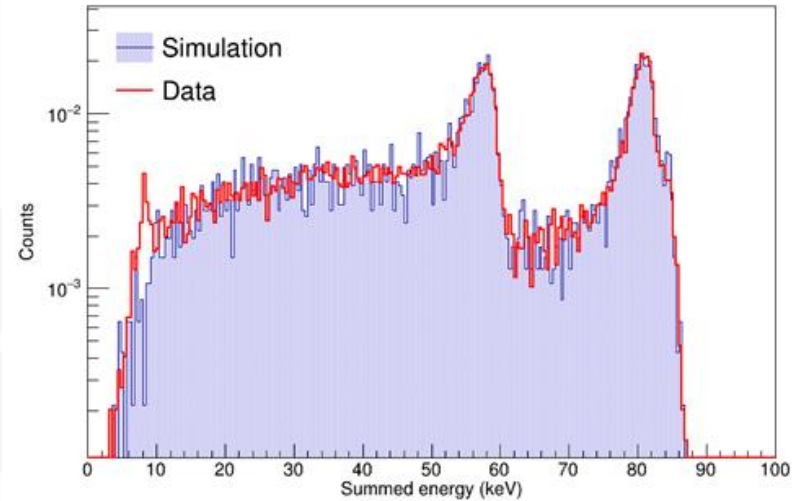
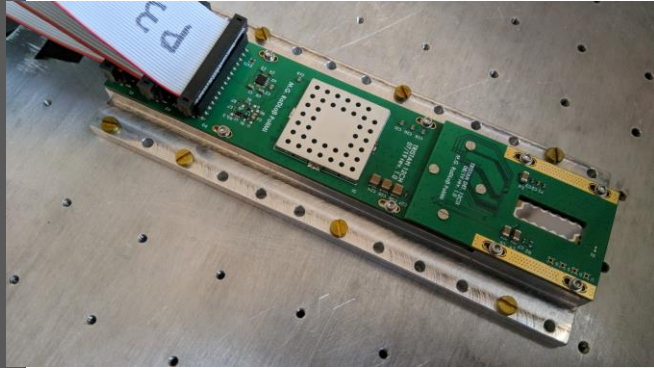


$T_2$ , HT, DT, etc...



Infrastruttura unica al mondo in grado di gestire  $\sim 10^{11}$  Bq di trizio gassoso e iniettare solo gli elettroni nello spettrometro

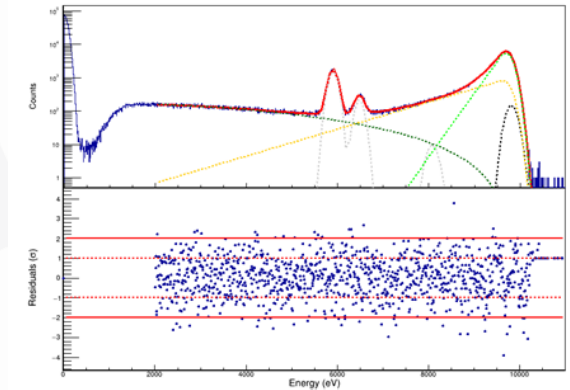
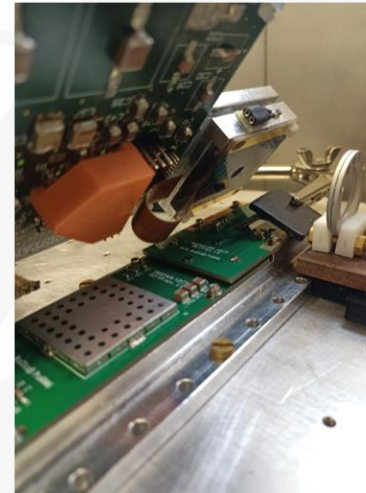




Tritium Beta Decay to Search  
for Sterile Neutrinos

## Proposte di tesi in TRISTAN

- Sviluppo del software di acquisizione e analisi dati per uno spettrometro beta con Silicon Drift Detectors
- Caratterizzazione della funzione di risposta di Silicon Drift Detectors per misure di spettri beta con sorgenti radioattive
- Realizzazione di un electron gun per la caratterizzazione della funzione di risposta di matrici di SDD
- Studio della risoluzione temporale di matrici di SDD tramite la misura della vita media di stati nucleari metastabili
- Studi di sensibilità dell'esperimento Tristan per la ricerca del neutrino sterile



Per info su proposte di tesi:

M. Biassoni: [matteo.biassoni@mib.infn.it](mailto:matteo.biassoni@mib.infn.it)