

# SHIP: un esperimento di beam dump al CERN-SPS per la ricerca di Hidden Particles

Walter M. Bonivento  
CERN/INFN Cagliari

a rappresentare la Collaborazione SHIP  
(il sottoscritto e Giovanni De Lellis tra i proponenti)

SPC EOI-2013-010

**CNS2 INFN 18/02/2014**

# Motivazione scientifica

**LHC: scoperta Higgs e niente altro finora in ricerche dirette. Idem nella Fisica del (charged) Flavor.**

**Massa del Higgs misurata a  $\approx 125$  GeV  $\rightarrow$  SM teoria di campo effettiva, auto-consistente, debolmente accoppiata fino a grandi scale (almeno fino a  $10^{10}$  GeV, vedi Strumia, Giudice, Isidori ecc.)**

**Tuttavia rimangono sul tavolo almeno 3 “problemi” sperimentali dello SM (+altri teorici):**

- **massa dei neutrini**
- **asimmetria barioni-antibarioni universo (BAU)**
- **materia oscura**

## Su una simile linea di pensiero...

### **My key message**

- The days of “guaranteed” discoveries or of no-lose theorems in particle physics are over, at least for the time being ....
- .... but the big questions of our field remain wild open (hierarchy problem, flavour, neutrinos, DM, BAU, .... )
- This simply implies that, more than for the past 30 years, future HEP’s progress is to be driven by experimental exploration, possibly renouncing/reviewing deeply rooted theoretical bias

**Michelangelo Mangano, Aspen 2014**

# Possibile soluzione: $\nu$ MSM

T.Asaka e M.Shaposhnikov, PLB620 (2005) 17

**soluzione elegante dei tre problemi suddetti con estensione dello SM: 3 partner di Majorana (HNL) destrorsi e sterili dei neutrini ordinari**

- **N1 di massa circa keV con un piccolo mixing con gli altri due  $\rightarrow$  candidato Dark Matter (ne parlo dopo...piatto caldo!)**
- **N2 e N3 quasi degeneri massa circa GeV  $\rightarrow$  oggetto di questa proposta; spiegano la asimmetria materia-antimateria (attraverso la leptogenesi con sphalerons) e danno massa ai neutrini tramite il meccanismo see-saw (type 1)**

Three Generations of Matter (Fermions) spin 1/2

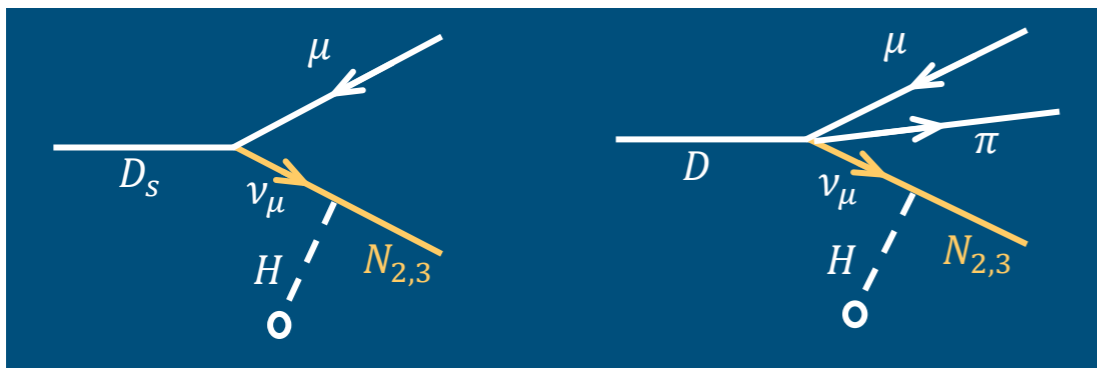
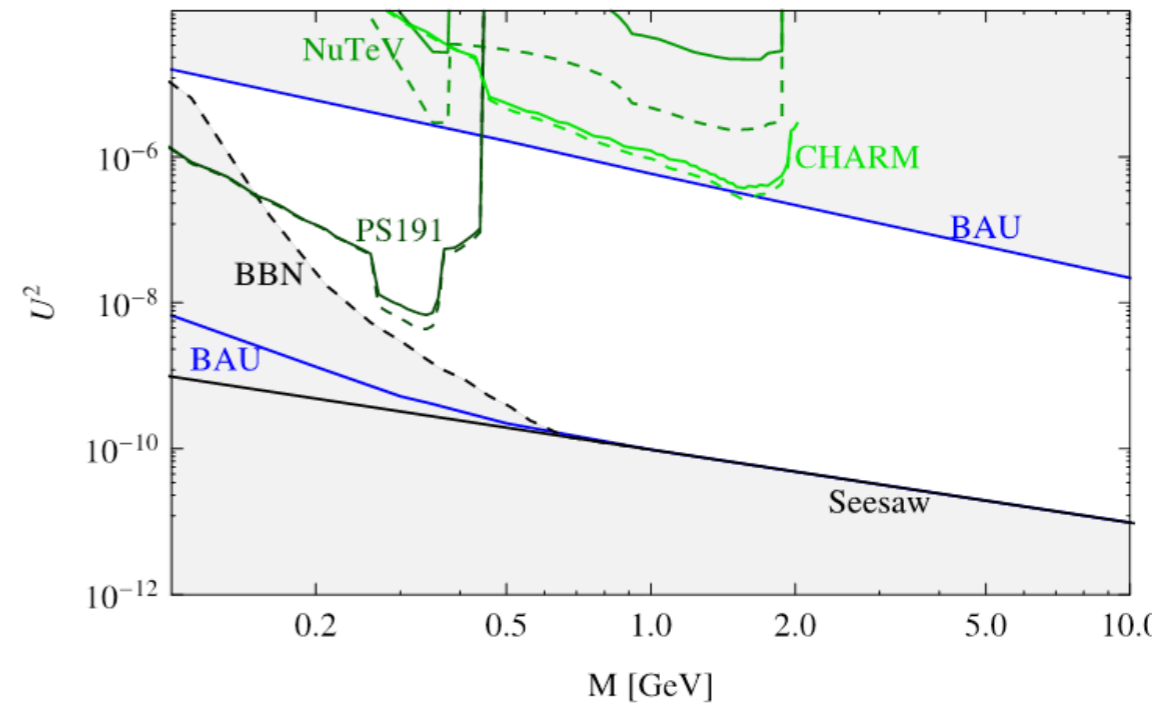
	I	II	III	
mass $\rightarrow$	2.4 MeV	1.27 GeV	173.2 GeV	0
charge $\rightarrow$	$2/3$	$2/3$	$2/3$	0
name $\rightarrow$	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon
	Left Right	Left Right	Left Right	0
				0
				<b><math>\gamma</math></b> photon
Quarks				91.2 GeV
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-1/3$	$-1/3$	$-1/3$	0
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>Z</b> weak force
	Left Right	Left Right	Left Right	0
				$\pm 1$
				<b>W</b> weak force
				80.4 GeV
				0
				126 GeV
				0
				0
				<b>H</b> Higgs boson
				spin 0

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{SM} + \sum_{\ell=1,2,3(e,\mu,\tau)} \sum_{I=1,2,3} i\bar{N}_I \partial_\mu \gamma^\mu N_I - Y_{I\ell} \bar{N}_I \Phi^\dagger L_\ell - m_I^R \bar{N}_I^c N_I + h.c$$

mixing con neutrini attivi

# Produzione di $N_{2,3}$

- nei vMSM forti limitazioni nello spazio dei parametri ( $U^2, m$ )
- molte ricerche di HNL in passato ma, per  $m > m_K$ , con **sensibilità non di interesse cosmologico** (es LHCb in decadimenti del B raggiunge  $U^2 \approx 10^{-4}$ , arXiv:1401.5361)
- **questa proposta: ricerca in decadimenti dei mesoni D (prodotti ad alta statistica nella collisione di p di 400 GeV su bersaglio fisso)**
- **il mixing con i neutrini attivi e' dato da  $U_{\ell I} = Y_{\ell I} v / \sqrt{2} m$**

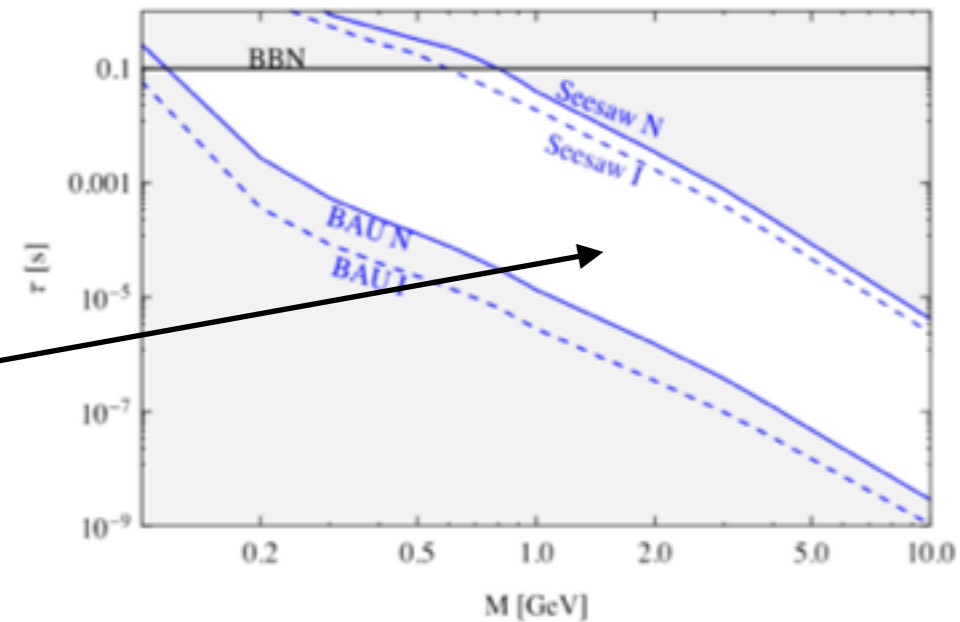


$$U^2 = \sum_{I=1,2} \sum_{\ell=e,\mu,\tau} |U_{\ell I}|^2$$

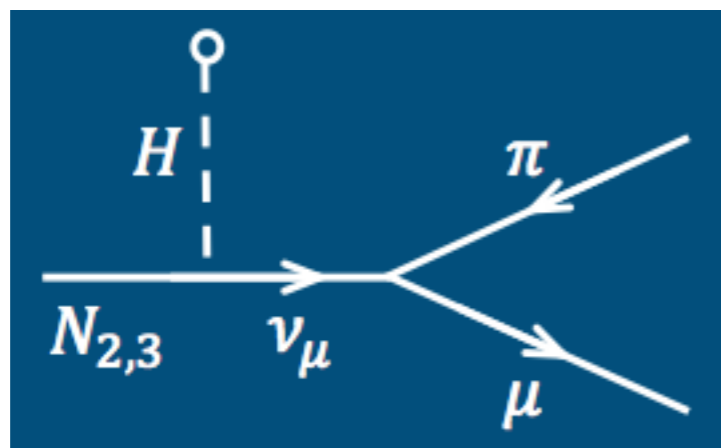
- **la relazione tra  $U_e, U_\mu$  ecc dipende dal mescolamento tra sapori**

# Decadimenti del $N_{2,3}$

- Accoppiamento HNL- $\nu$  attivo molto debole  
 $\rightarrow N_{2,3}$  hanno vita media molto lunga
  - distanze di decadimento O(km)!
- Vari modi di decadimento : i BR's dipendono dal mescolamento tra sapori
- Probabilità che  $N_{2,3}$  decada nel volume fiduciale dell'esperimento  $\propto U_\mu^2$   
 $\rightarrow$  numero di eventi  $\propto U_\mu^4$

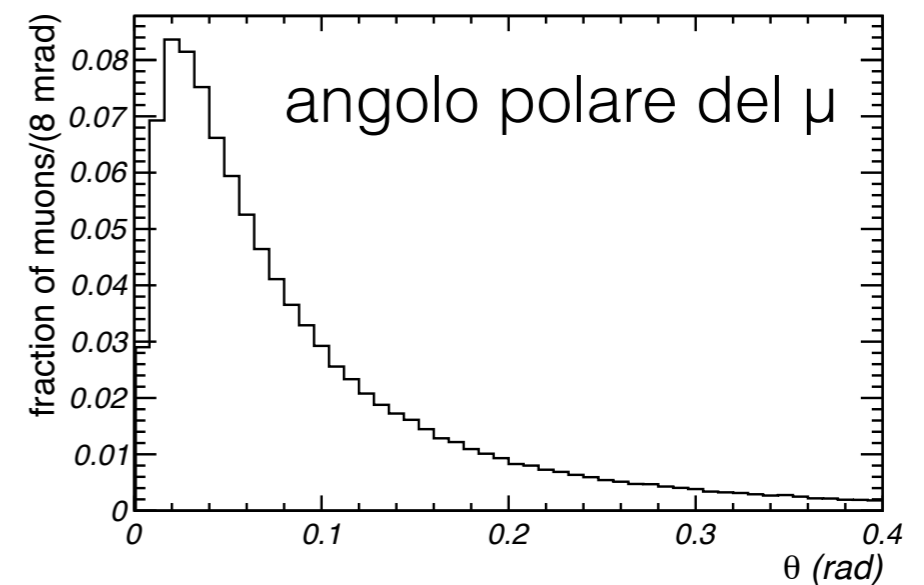
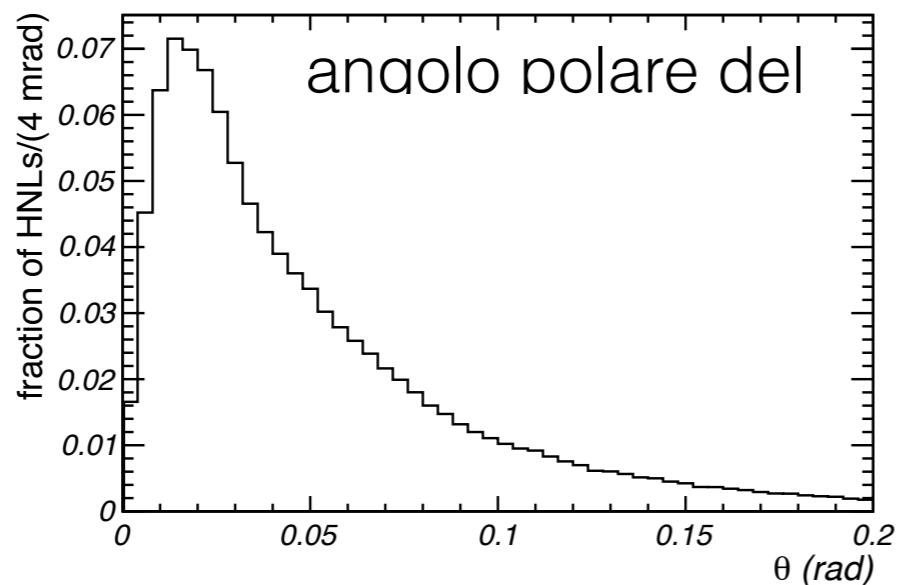


Decay mode	Branching ratio
$N_{2,3} \rightarrow \mu/e + \pi$	0.1 - 50 %
$N_{2,3} \rightarrow \mu^-/e^- + \rho^+$	0.5 - 20 %
$N_{2,3} \rightarrow \nu + \mu + e$	1 - 10 %



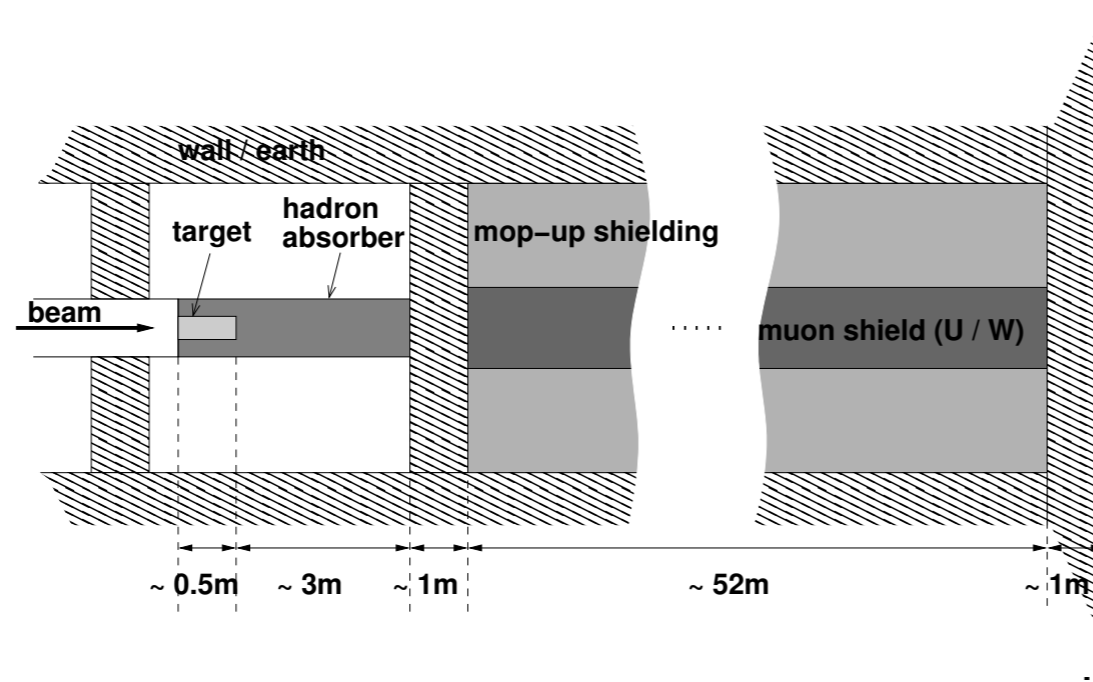
# Vincoli di progetto

- **massimizzare l'intensita' di protoni su bersaglio —>produzione di charm**
- **massimizzare l'accettanza longitudinale**
- **GLi HNL prodotti nel decadimento del charm possono avere un pT significativo e pure i prodotti di decadimento**



- il rivelatore deve essere posto il piu' vicino possibile al bersaglio per massimizzare l'accettanza
- la distanza deve essere bilanciata dalla necessita' di ridurre il flusso di muoni
- **Sopprimere il fondo di  $\nu_e$  e  $\nu_\mu$  —>bersaglio denso (W vs Cu fa un fattore 2!)**

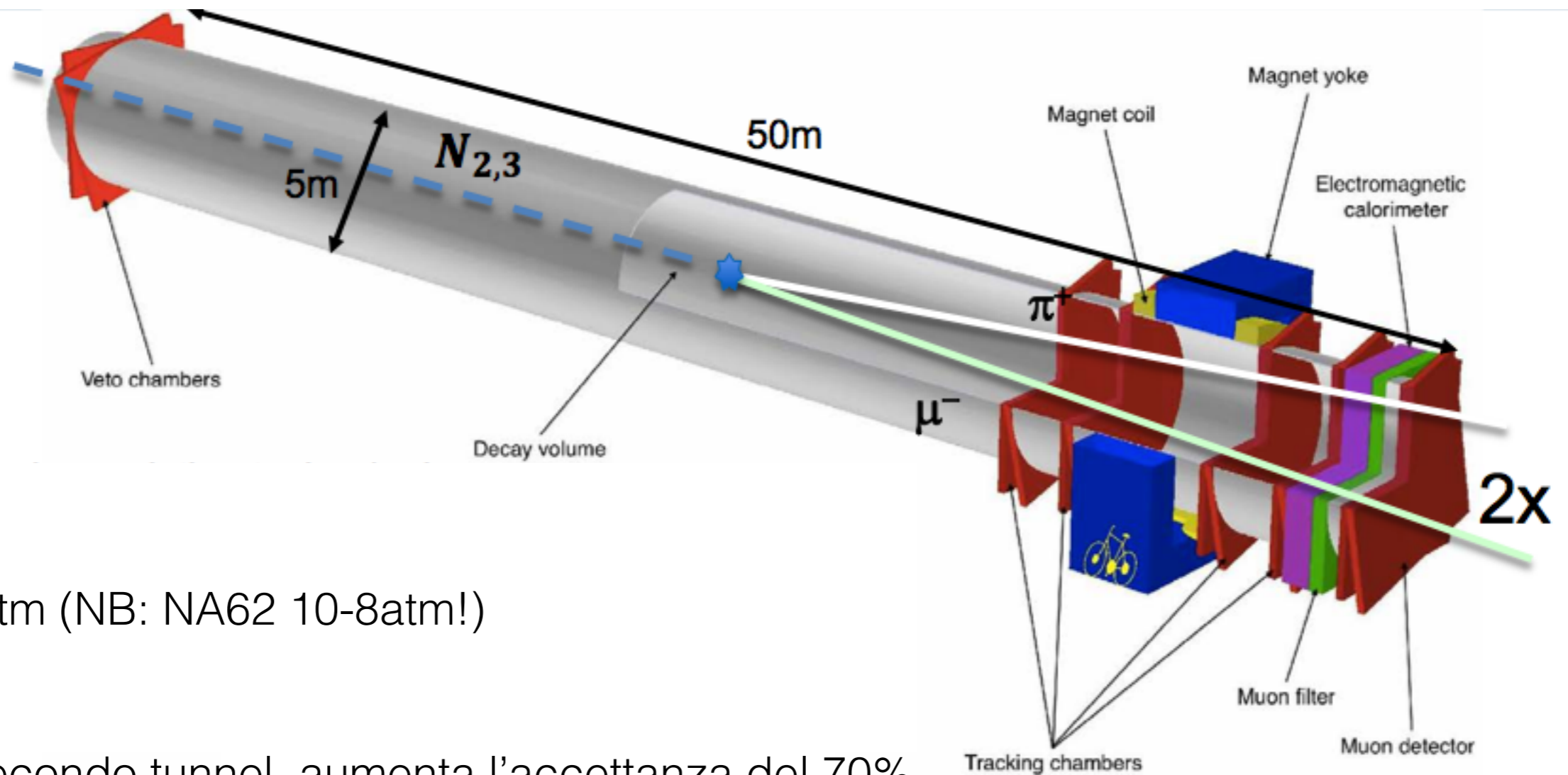
# Struttura esperimento: dump



- Fascio SPS estratto 400GeV; intensità' come CNGS  $4.5 \times 10^{19}$  pot/anno. Se upgrade PS si puo' arrivare a  $7 \times 10^{19}$ : caratteristiche dei fasci discusse in grande dettaglio con esperti del CERN —>design realistico —>5 anni di run SENZA UPGRADE:  $2 \times 10^{20}$  pot
- **Bersaglio di W e assorbitore di muoni: 40m di W, complementato da Fe o Pb fino a 60m, o magneti di sweeping seguiti da assorbitore in Fe**
  - problema non banale perche' il flusso di muoni e' enorme:  $5 \times 10^9$ /SPS-spill( $5 \times 10^{13}$  pot); 3 possibilita' di estrazione considerate: 1sec, 1msec (riduzione  $> 10^5$ ),  $10 \mu\text{s}$
- **sicuramente il problema tecnico piu' difficile dell'esperimento**



# Tunnel di decadimento e spettrometro



Vuoto  $10^{-5}$ atm (NB: NA62  $10^{-8}$ atm!)

L'uso del secondo tunnel aumenta l'accettazione del 70%

# Possibile zona sperimentale



Rivelatore  
posto IN  
SUPERFICIE

Estrazione in SPS-LSS2, beam splitting/switch all'inizio della SPS-NA transfer line (TT20):  
gli studi effettuati per il proposal della facility del neutrino molto utili per noi

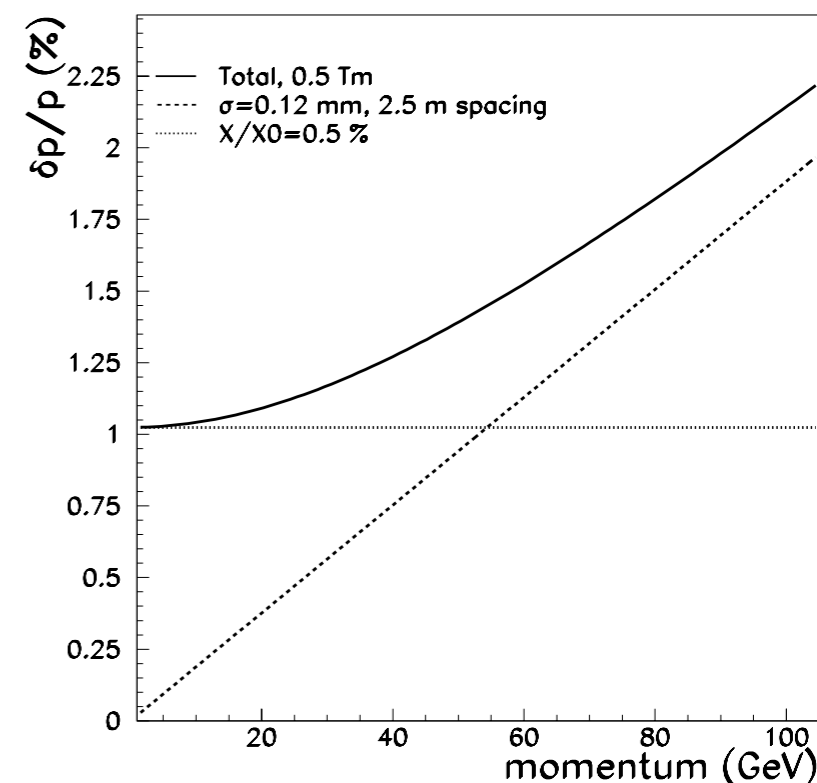
# Rivelatori proposti

- **Quasi nessun R&D da fare: ce la possiamo fare con rivelatori di tipo tradizionale, ottimizzando i parametri**
  - **—>questo significa che dall'approvazione si puo' iniziare subito a costruire il rivelatore**
- Calorimetri EM (x2) : Shashlik tipo LHCb
- **Camere a mu e filtri (x3)—> da progettare. Si potrebbe recuperare da OPERA, almeno parzialmente.**
- Camere di tracciamento e di veto (x2): straw tubes come per NA62, bassa  $X_0$ , 0.5% per 4 stazioni!
- Rivelatore per  $\nu_\tau$  (vedi dopo)
- trigger e acquisizione dati: pensiamo di utilizzare il modello HLT dell'upgrade di LHCb (i.e. no L0)

# Il magnete (x2)

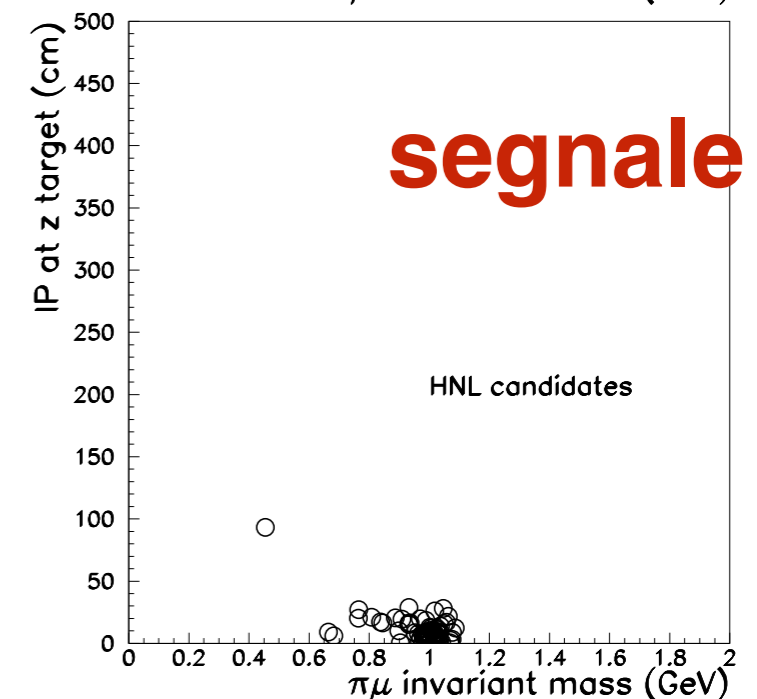
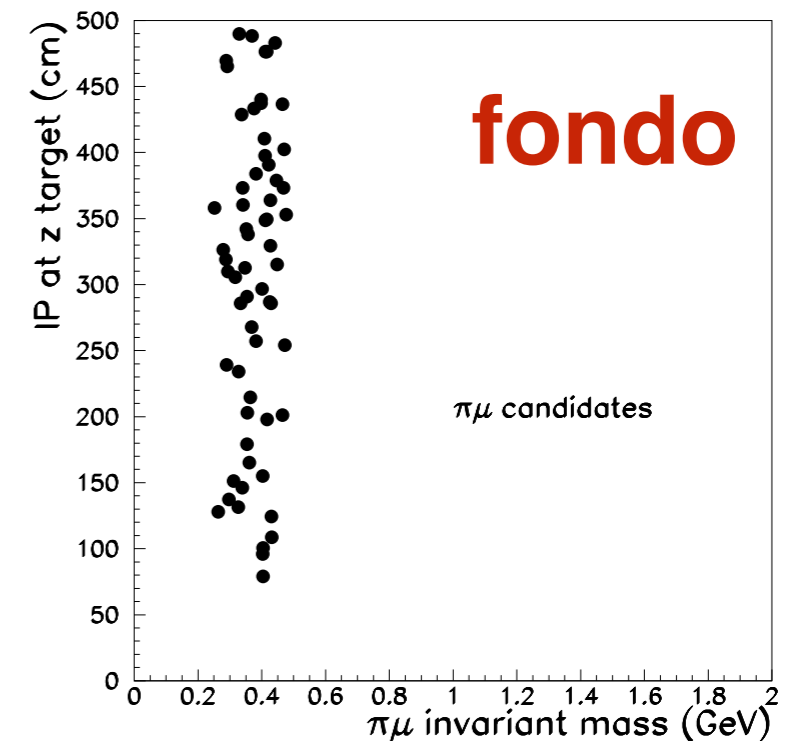
- L'esperimento richiede un magnete dipolare simile a quello di LHCb, ma con 40% meno ferro e tre volte meno potenza dissipata.
- LHCb: 4Tm e Apertura di  $\sim 16 \text{ m}^2$
- Questo design:
  - Apertura  $20 \text{ m}^2$
  - Due bobine di Al-99.7
  - Campo di picco  $\sim 0.2 \text{ T}$
  - Integrale di campo  $\sim 0.5 \text{ Tm}$  su  $5 \text{ m}$
- risoluzione in massa  $40 \text{ MeV}$  per  $p < 20 \text{ GeV}$  (75% dei decadimenti hanno entrambe le tracce che soddisfano a questo criterio)

+ magnete per rivelatore di  $\nu_\tau$  (possibilmente recuperato da qualche magnete al CERN o altrove)



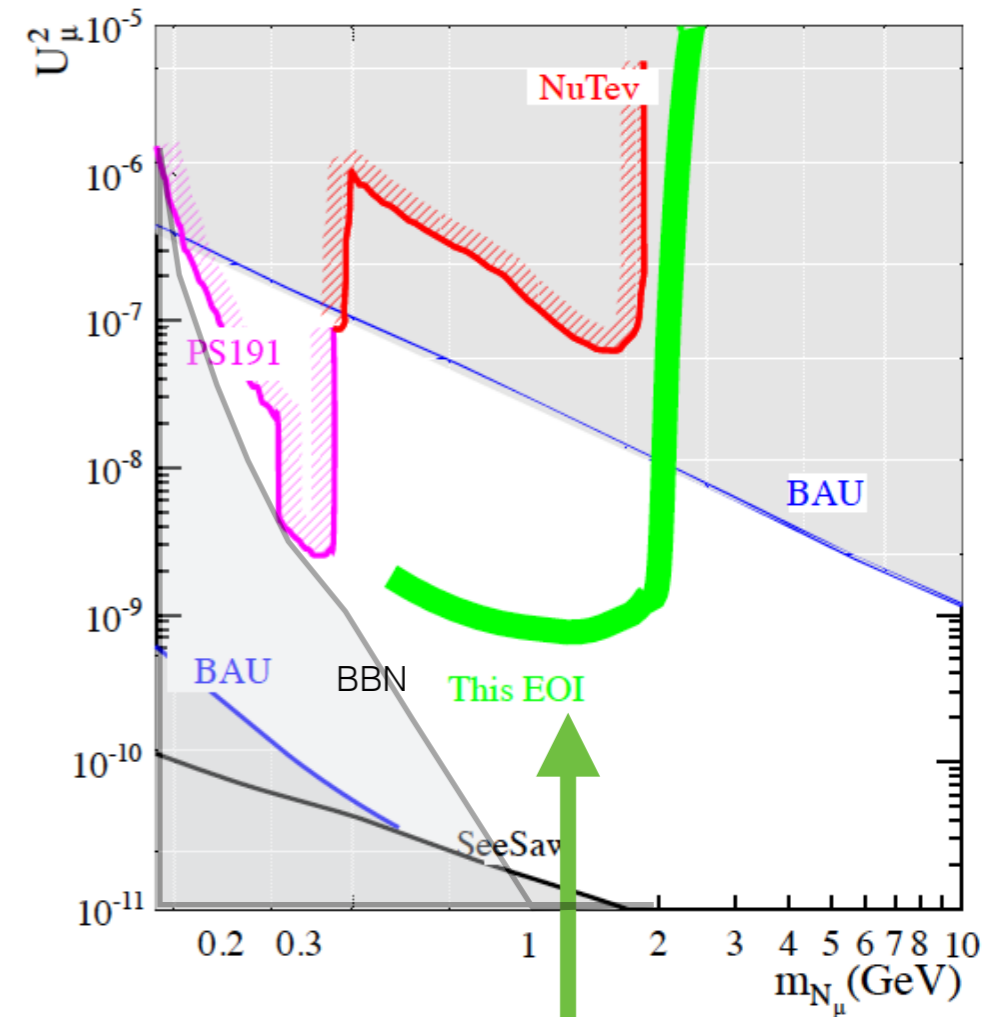
# Soppressione fondi

- Interazioni di neutrini attivi
  - nel tunnel di decadimento: a pressione atmosferica  $2 \times 10^4$  interazioni  $\rightarrow$  vuoto  $10^{-5}$  bar (molto meno di NA62 che usa  $10^{-8}$  bar!)
  - nell'ultima lunghezza di interazione del dump  $\rightarrow$  produzione di  $K_L \rightarrow \mu \pi \nu$ 
    - in  $2 \times 10^{20}$  pot 600k CC interazioni di  $\nu \mu$
    - 150 eventi con entrambe le particelle cariche che escono dallo spettrometro  $\rightarrow$  rigettate da tagli cinematica sul parametro di impatto
    - inoltre un altro fattore 10 si puo' ottenere strumentando l'ultima parte del dump per "taggare" le interazioni di neutrino



# Sensibilita'

- **Assumendo 0 fondo (che pare ben giustificato dai nostri studi)**
- **finestra di opportunità' per questo esperimento di sondare la zona di interesse cosmologico**
- se si rinuncia a spiegare la Dark Matter  $\rightarrow$  modello molto meno vincolato, spazio dei parametri di interesse cosmologico più esteso, HNL non degeneri

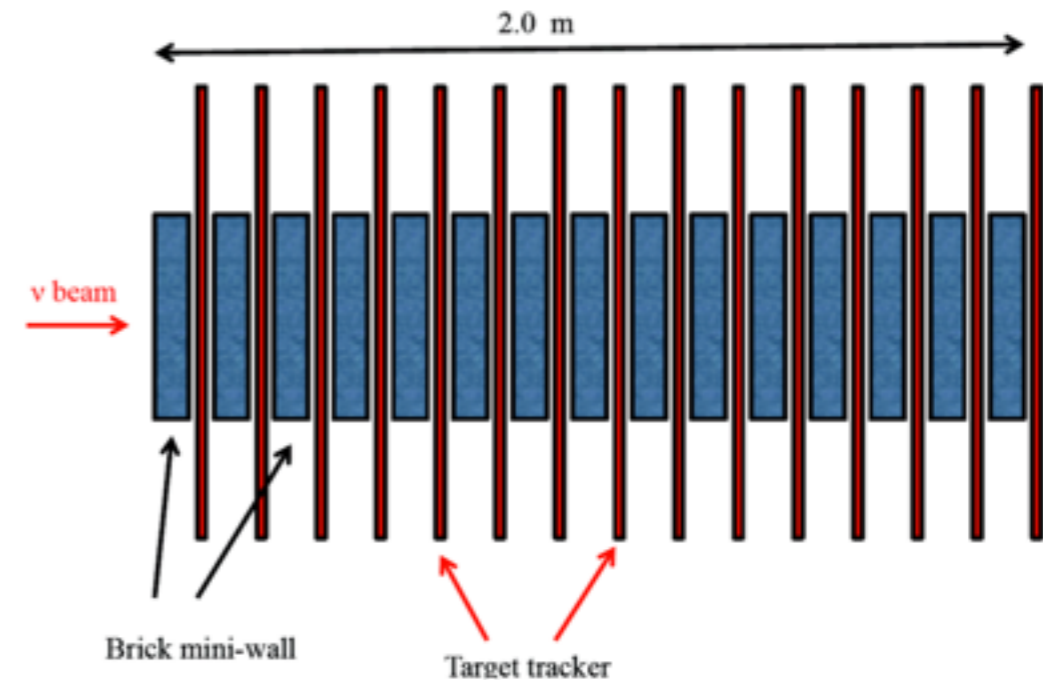


solo con  $N \rightarrow \mu \pi$

(in uno scenario in cui l'accoppiamento al sapore muonico e' dominante)

# Altre misure possibili

- **Studio delle interazioni del neutrino  $\tau$  con statistica 150x attuale**
  - L'esperimento DONUT ha osservato 9 eventi (da charm) con 1.5 stimato di fondo
  - L'esperimento OPERA ha osservato 3 eventi (da oscillazione)
- **Rivelatore a emulsioni con la tecnologia di OPERA (De Lellis) ma con massa molto minore (375 mattoni) molto compatto (2m) posto davanti al tunnel di decadimento per il HNL  $\rightarrow$  immerso in campo B (consentirebbe l'identificazione di anti- $\nu_{\tau}$ , mai osservati) e seguito da un rivelatore di muoni (per sopprimere il fondo di charm)**
- **Si stima di dovere cambiare il rivelatore circa 10 volte nel corso del run  $\rightarrow$  totale di 2700 m<sup>2</sup> di plates di emulsioni  $\rightarrow$  2.5% di OPERA**



Sensibilità' da valutare per particelle esotiche a vita media lunga e interagenti molto debolmente con massa leggera (portali per l'Hidden sector)

# Collaborazione internazionale

Gruppo iniziale di poche persone:

CERN, I(Cagliari,Napoli), CH(Zurigo), UK (ICL): 4 spoke-persons nella collaborazione! + vari teorici(EPFL,INR Moscow, ILTP Leiden)

W. Bonivento<sup>1,2</sup>, A. Boyarsky<sup>3</sup>, H. Dijkstra<sup>2</sup>, U. Egede<sup>4</sup>, M. Ferro-Luzzi<sup>2</sup>, B. Goddard<sup>2</sup>, A. Golutvin<sup>4</sup>, D. Gorbunov<sup>5</sup>, R. Jacobsson<sup>2</sup>, J. Panman<sup>2</sup>, M. Patel<sup>4</sup>, O. Ruchayskiy<sup>6</sup>, T. Ruf<sup>2</sup>, N. Serra<sup>7</sup>, M. Shaposhnikov<sup>6</sup>, D. Treille<sup>2</sup> (‡)

Contatti avviati con molti altri gruppi in varie nazioni



# Opportunità per INFN

- **Siamo tra i proponenti e progettisti iniziali** quindi partiamo con il piede giusto!
  - In questa fase tutte le idee innovative e buone sono benaccette.
- **Al momento abbiamo la responsabilità' di coordinare il sistema PID (mu,CALO e veto calo) e co-coordinare il rivelatore di  $v_T$  (Giovanni de Lellis, NA) ma altri si inseriranno rapidamente —>fare in fretta a decidere cosa ci interessa costruire**
  - **Rivelatori, meccanica, elettronica** —>progettazione da fare
- trigger, DAQ,computing: esperti del CERN coinvolti nel design; valutando le soluzioni più innovative per il computing model: stiamo pensando a FairRoot
- idee di fisica aggiuntive, simulazioni

# Stato della proposta (i)

- **SPC EOI-2013-010 + addendum sottomessa Ottobre 2013 e discussa alla riunione. EOI trasmessa e discussa al Research Board ma non ancora valutata da quest'ultimo.**
- **interazione con referee di SPSc e discussione alla riunione di Gennaio 2014.**

- **Raccomandazione SPSc:**

The Committee **received with interest** the response of the proponents to the questions raised in its review of EOI010.

The SPSC **recognises** the interesting physics potential of searching for heavy neutral leptons and investigating the properties of neutrinos.

Considering the large cost and complexity of the required beam infrastructure as well as the significant associated beam intensity, such a project should be designed as a general purpose beam dump facility with the broadest possible physics programme, including maximum reach in the investigation of the hidden sector.

To further review the project the Committee **would need** an extended proposal with further developed physics goals, a more detailed technical design and a stronger collaboration.

# Stato della proposta (2)

- **L'Extended Directorat del CERN ha istituito (la settimana scorsa) una task force composta da fisici degli acceleratori del CERN (e.g. Arduini) per dare un "first assessment" per la fattibilita' del nostro esperimento in termini di beam line e dump**
  - 1. dare un input alla discussione allo Scientific Policy Committee a Maggio**
  - 2. la cui raccomandazione sara' (probabilmente) trasferita al Council di Giugno**
- **Primo meeting open di Collaborazione il 10-12 Giugno (stiamo fissando il luogo, vicino al CERN, Francia o Svizzera): sara' un workshop a cui sono invitati molti teorici e si discuterà un progetto tecnico preliminare dell'esperimento**
- **Pagina web <http://ship.web.cern.ch/ship/>**
- **Tempo stimato per il proposal: 1 anno.**
- **Costo stimato: 100M per il fascio 30M per il rivelatore (inclusi i contributi in-kind)**

# Visti da fuori(1)

## Final remarks



- New physics can show up at low energy, in the form of low-mass BSM particles ( $\nu$ MSM neutral leptons, sterile  $\nu$ 's, axions, low-mass WIMPS) or high-scale phenomena revealed by low-scale processes (B, D decays/mixings,  $\mu \rightarrow e\gamma$ ,  $g-2$ , EDM, etc)

First expressions of interest for physics with the injectors

Search for Heavy Neutral Leptons at SPS



Richard Jacobsson  
on behalf of  
Search for Hidden Particles - SHIP Collaboration

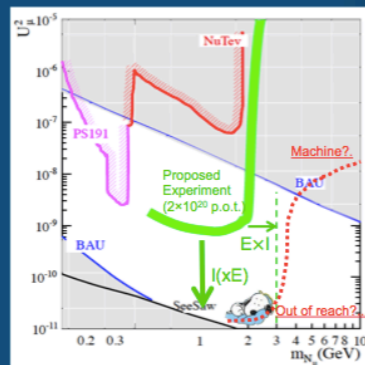
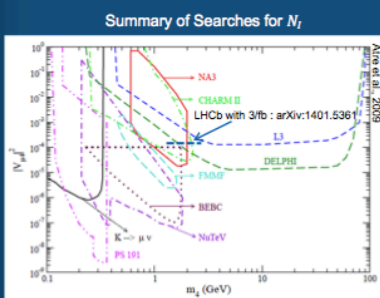
- $\nu$ MSM : Minimal SM extension with solutions to the main BSM questions with "least prejudice"
  - Origin of the baryon asymmetry of the Universe
  - Origin of neutrino oscillations and mass
  - Shed light on the nature of Dark Matter
- Evaluation of complete physics program with very weakly interacting and long-lived particles
  - General purpose beam dump facility
  - The proposed experiment perfectly complements the searches for NP at the LHC
- Sensitivity demonstrated with  $\nu$ MSM for  $M_N < 2 \text{ GeV}$  and  $2 \times 10^{20}$  p.o.t.
  - Discovery potential in cosmologically favoured region with  $10^{-7} < U_\mu^2 < a \text{ few} \times 10^{-9}$
  - Improved with the additional decay modes
  - Improved with an SPS:  $7 \times 10^{13}$  p.o.t. and ms / second extraction
  - Below  $U^2 \sim 10^{-9}$  and  $M_N > 2 \text{ GeV}$  → Clearly new machine! → FCC Injectors with fixed-target facility

**Ancora Mangano  
al Workshop del FCC  
la settimana scorsa a  
Ginevra!!!!**

Prospects for Future

Current sensitivity based on current SPS with  $2 \times 10^{20}$  p.o.t in ~5 years of operation

- HNLs very constrained by simultaneously aiming at answering to neutrino masses, BAU and DM.
- Primary interest to reach seesaw limit



→ Colliders out of luck

→ Search for Hidden Sector light objects → Intensity Frontier  
→ Complementary by use of fixed target facility on FCC Injectors (fast cycling!)

### FHC.1.4 Opportunities other than pp physics:


FHC.1.4.1 Heavy Ion Collisions

FHC.1.4.2 Fixed target experiments:

FHC.1.4.2.1 "Intensity frontier": kaon physics,  $\mu 2e$  conversions, beam dump experiments and searches for heavy photons, heavy neutrals, and other exotica...

FHC.1.4.2.2 Heavy Ion beams for fixed-target experiments

# Visti da fuori(2)



**Is it the end?**



**Certainly not!**

- Dark matter
- Baryon Asymmetry in Universe
- Neutrino masses

are experimental proofs that there is more to understand.

**We must continue our quest**

Alain Blondel FCC-ee experiments summary

**at least 3 pieces are still missing**

Three Generations of Matter (Fermions) spin 1/2			
	I	II	III
mass	2.4 MeV	1.27 GeV	173.2 GeV
charge	2/3	2/3	2/3
name	u up	c charm	t top
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV
	-1/3	-1/3	-1/3
Quarks	d down	s strange	b bottom
	0	0	0
	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$
Leptons	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV
	-1	-1	-1
	e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau

Three Generations of Matter (Fermions) spin 1/2			
	I	II	III
mass	2.4 MeV	1.27 GeV	173.2 GeV
charge	2/3	2/3	2/3
name	u up	c charm	t top
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV
	-1/3	-1/3	-1/3
Quarks	d down	s strange	b bottom
	0	0	0
	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$
Leptons	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV
	-1	-1	-1
	e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau

Bosons (Forces) spin 1


g gluon	$\gamma$ photon	Z weak force	W weak force
------------	--------------------	-----------------	-----------------

Higgs boson

H Higgs boson
------------------

spin 0

Since 1998 it is established that neutrinos have mass and this very probably implies new degrees of freedom  
 → «sterile», very small coupling to known particles  
 completely unknown masses (eV to ZeV), nearly impossible to find.  
 .... but could perhaps explain all: DM, BAU,  $\nu$ -masses



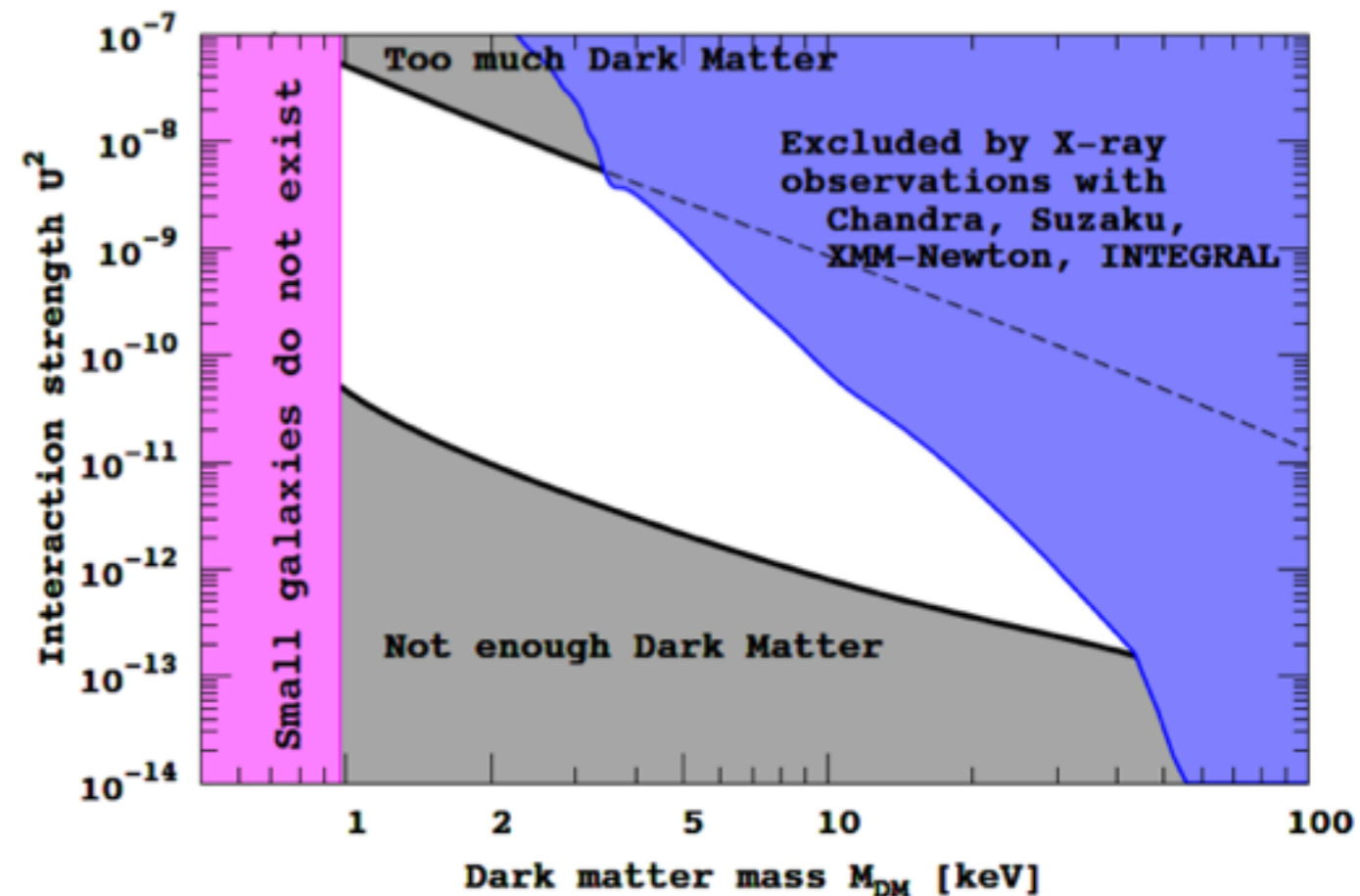
Blondel, plenary summary  
 FCC-ee al Workshop  
 della settimana scorsa a  
 Ginevra!!!!

# Conclusioni

- **Test di una spiegazione alternativa rispetto ai soliti modelli (SUSY, ED) di importanti fenomeni osservati non compatibili con il Modello Standard**
- **Tecniche complementari rispetto a esperimenti esistenti →lunghe vite medie**
- Anche fisica dei neutrini attivi, per gli appassionati
- **Il fascio c'e' e il rivelatore si puo' costruire in breve tempo appena data l'approvazione. Tutte le tecnologie proposte esistono e funzionano! Non ci sono R&D cruciali per l'esperimento che necessitano anni di studi preliminari.**
- **Una proposta che il CERN sta valutando molto seriamente. Nessuna altra facility al mondo ha (e aggiungerei avra', viste le proposte in circolazione) le potenzialita' per effettuare questa misura con sensibilita' competitive o comunque in grado di sondare la regione di interesse cosmologico, per  $m > m_K$**
- **Una grande opportunita' per l'Ente di imbarcarsi su questa nave e decidere la rotta! Chi e' interessato si faccia avanti!!**

# Dovevamo parlare di $N_1$

- Stabilita'  $\rightarrow \tau > \tau(\text{universo})$
- Produzione  $\rightarrow$  creato nell'Universo nella fase iniziale nelle reazioni  $ll \rightarrow \nu N_1$ ,  $qq \rightarrow \nu N_1$  deve fornire la corretta abbondanza di DM
- Decadimento  $\rightarrow$  il decadimento radiativo  $N_1 \rightarrow \gamma \nu$  fornisce una linea nello spettro X a  $E(\gamma) = m/2$
- Allargamento linea da Doppler e da effetti strumentali vari



**zona di esclusione  
(OTTENUTA CON MISURE  
SU SINGOLE GALASSIE)**

# CNN breaking news

DETECTION OF AN UNIDENTIFIED EMISSION LINE IN THE STACKED X-RAY SPECTRUM OF GALAXY CLUSTERS

ESRA BULBUL<sup>1,2</sup>, MAXIM MARKEVITCH<sup>2</sup>, ADAM FOSTER<sup>1</sup>, RANDALL K. SMITH<sup>1</sup>, MICHAEL LOEWENSTEIN<sup>2</sup>, AND SCOTT W. RANDALL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138.

<sup>2</sup> NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.

*Submitted to ApJ, 2014 February 10*

arXiv:1402.2301v1 [astro-ph.CO] 10 Feb 2014

there should be no atomic transitions in thermal plasma at this energy. An intriguing possibility is the decay of sterile neutrino, a long-sought dark matter particle candidate. Assuming that all dark matter is in sterile neutrinos with  $m_s = 2E = 7.1$  keV, our detection in the full sample corresponds to a neutrino decay mixing angle  $\sin^2(2\theta) \approx 7 \times 10^{-11}$ , below the previous upper limits. However, based on the cluster masses and distances, the line in Perseus is much brighter than expected in this model.

- idea: mettere insieme 73 osservazioni di galassie per aumentare la statistica: analizzate le osservazioni di XMM-Newton e Chandra. Correzioni per il red-shift etc.
- la significanza dichiarata e'  $3\sigma$  —> pertanto e' il caso di aspettare ed essere cauti.



# Un altra breaking news!

## An unidentified line in X-ray spectra of the Andromeda galaxy and Perseus galaxy cluster

A. Boyarsky<sup>1</sup>, O. Ruchayskiy<sup>2</sup>, D. Iakubovskiy<sup>3,4</sup> and J. Franse<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Instituut-Lorentz for Theoretical Physics, Universiteit Leiden, Niels Bohrweg 2, Leiden, The Netherlands

<sup>2</sup>Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, FSB/ITP/LPPC, BSP, CH-1015, Lausanne, Switzerland

<sup>3</sup>Bogolyubov Institute of Theoretical Physics, Metrologichna Str. 14-b, 03680, Kyiv, Ukraine

<sup>4</sup>National University “Kyiv-Mohyla Academy”, Skovorody Str. 2, 04070, Kyiv, Ukraine

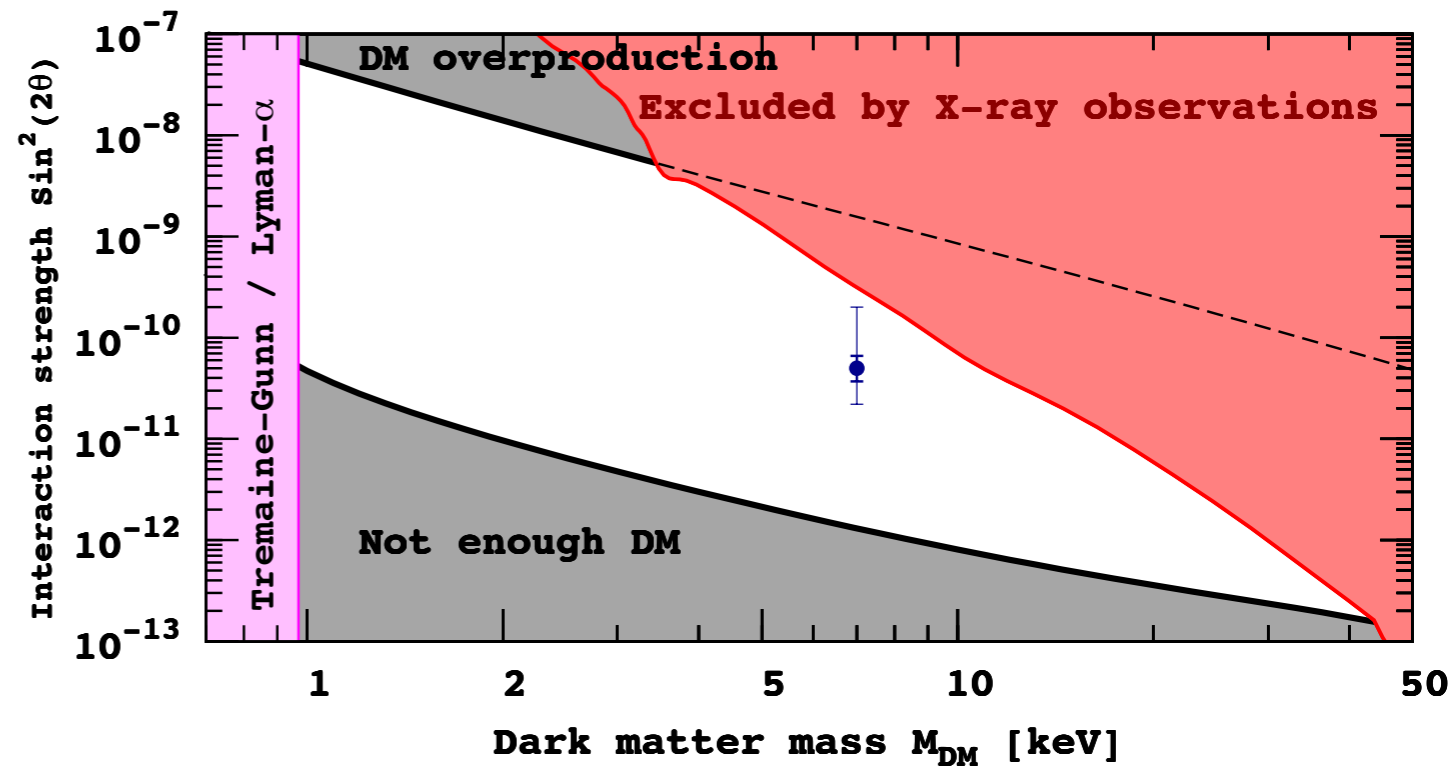
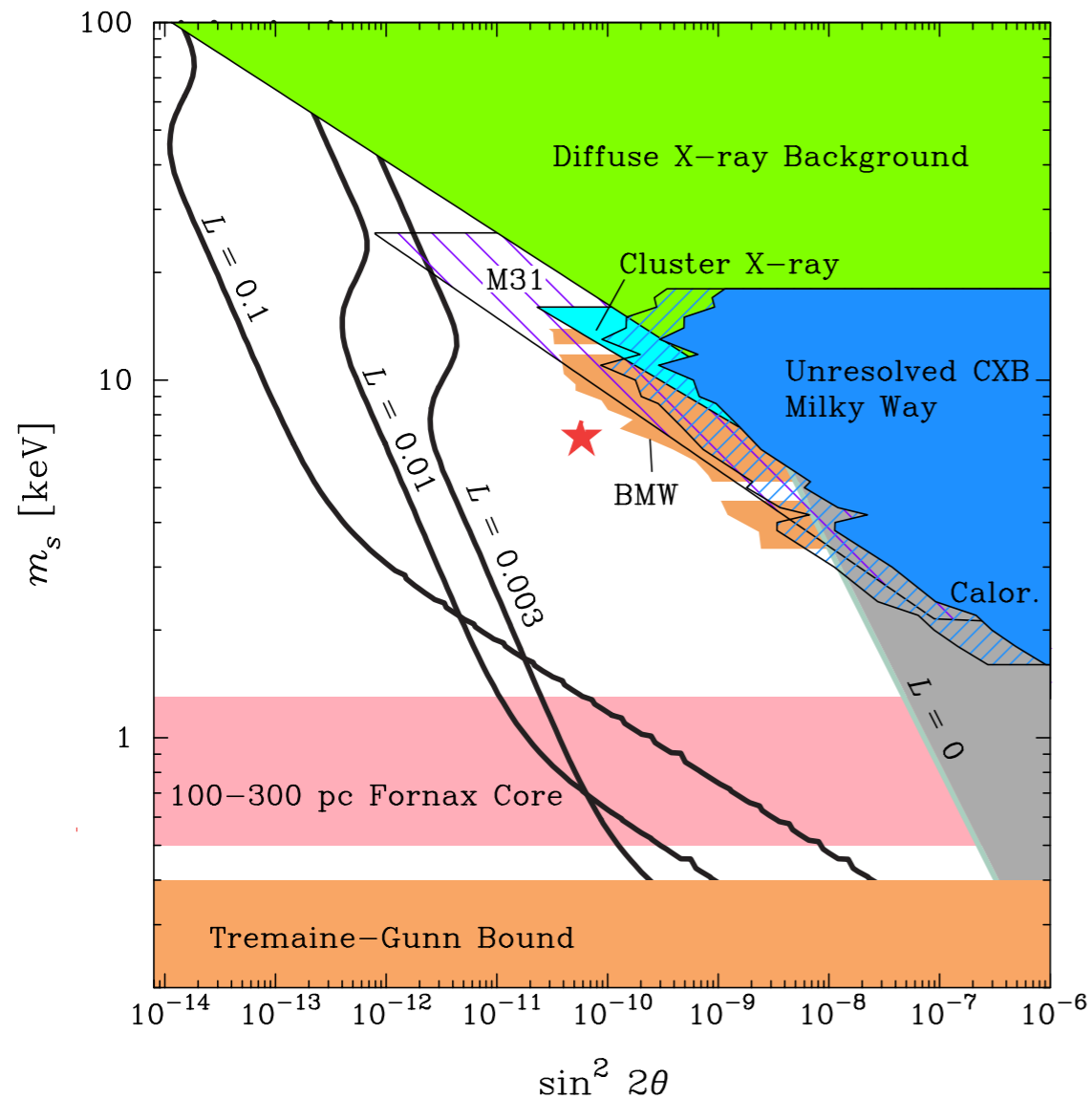
<sup>5</sup>Leiden Observatory, Leiden University, Niels Bohrweg 2, Leiden, The Netherlands

We identify a weak line at  $E \sim 3.5$  keV in X-ray spectra of the Andromeda galaxy and the Perseus galaxy cluster – two dark matter-dominated objects, for which there exist deep exposures with the XMM-Newton X-ray observatory. Such a line was not previously known to be present in the spectra of galaxies or galaxy clusters. Although the line is weak, it has a clear tendency to become stronger towards the centers of the objects; it is stronger for the Perseus cluster than for the Andromeda galaxy and is absent in the spectrum of a very deep “blank sky” dataset. Although for individual objects it is hard to exclude the possibility that the feature is due to an instrumental effect or an atomic line of anomalous brightness, it is consistent with the behavior of a line originating from the decay of dark matter particles. Future detections or non-detections of this line in multiple astrophysical targets may help to reveal its nature.

arXiv:1402.4119v1 [astro-ph.CO] 17 Feb 2014

- Osservazione consistente di una linea at 3.5KeV with 3-4  $\sigma$  significance
- Analisi diversa dalla precedente e su dati diversi, con controlli anche sulle shape ecc.
- **Molte analisi in corso che potranno chiarire la situazione**
- **Missione Astro-H sara' lanciata nel 2015 e aiuterà a chiarire la situazione**

# Nel grafico bi-dimensionale



**Boyarski et al.**

**Harvard, NASA ecc.**

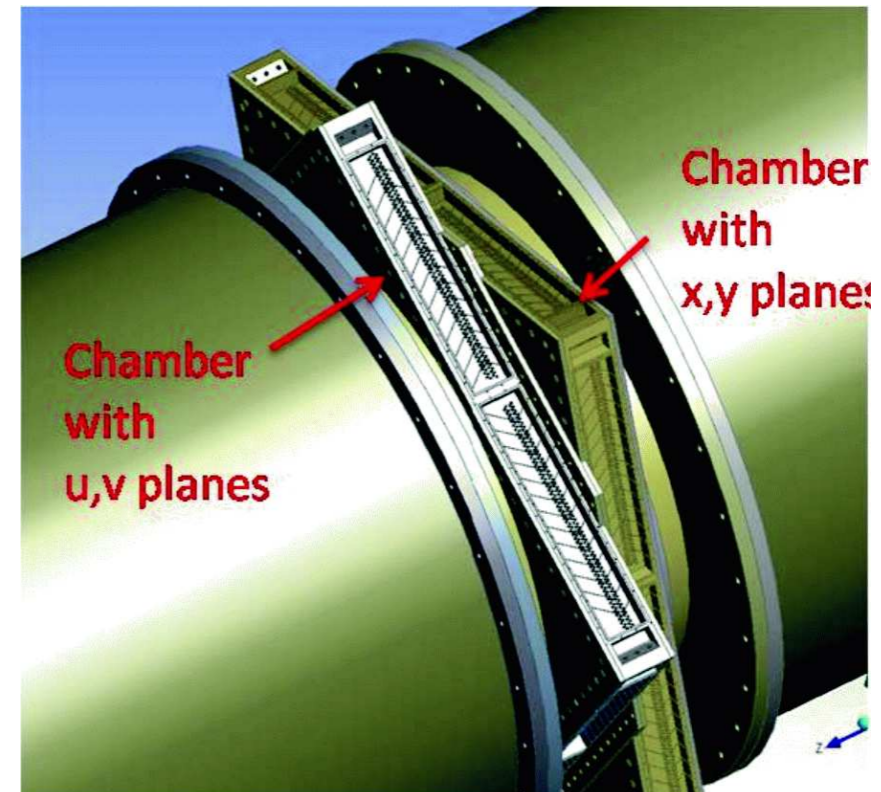
e' un campo vivo,  
vedremo...

Fine

# Le camere di tracciamento

NA62 ( $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ ):

- 2 m  $\varnothing$  vessel @0.01  $\mu$ bar.
- 10 mm  $\varnothing$  straws made of PET.
- Demonstrated to work in vacuum.
- $X/X_0=0.5$  % for 4 view station!
- 120  $\mu$ m resolution/straw.



H.Dijkstra

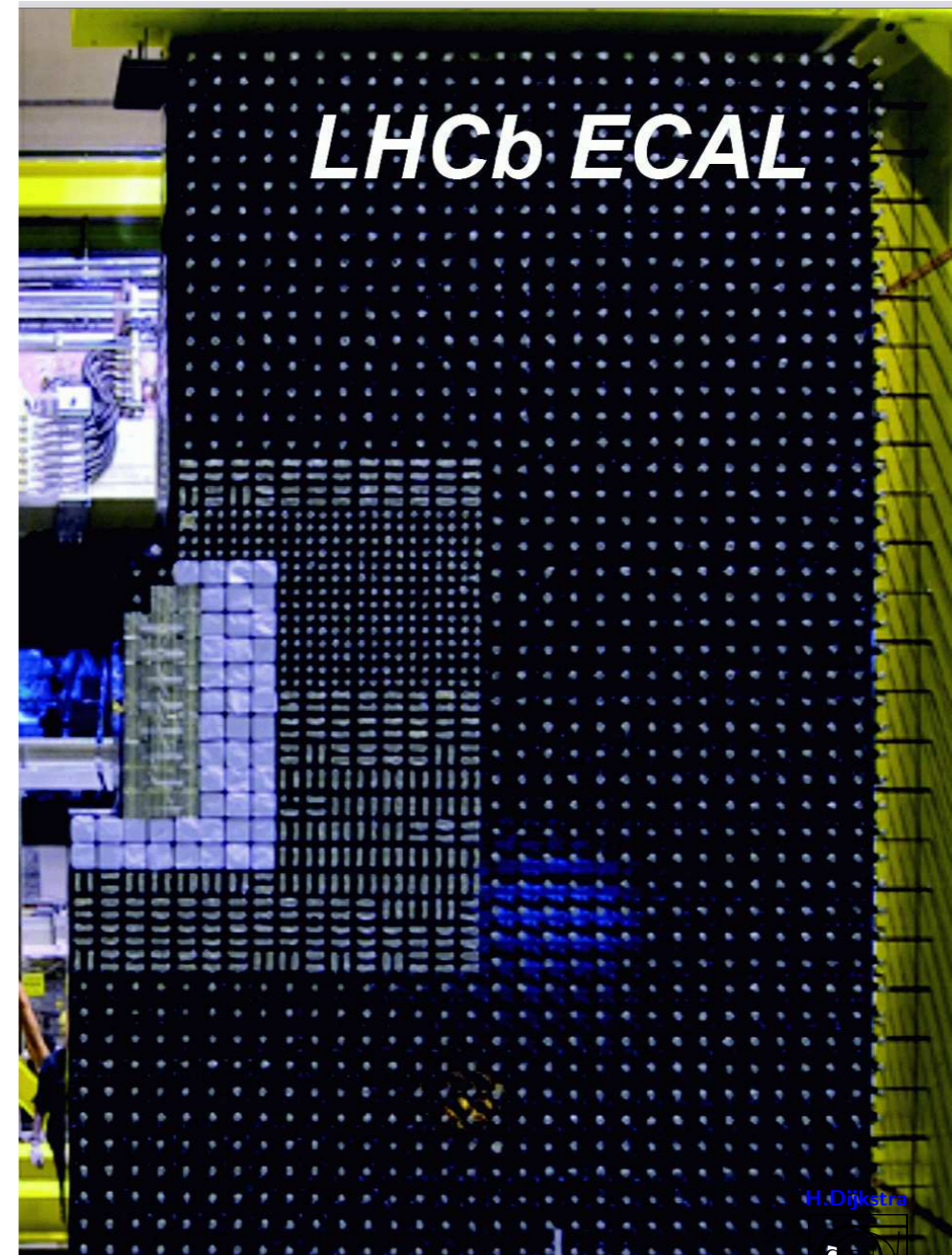
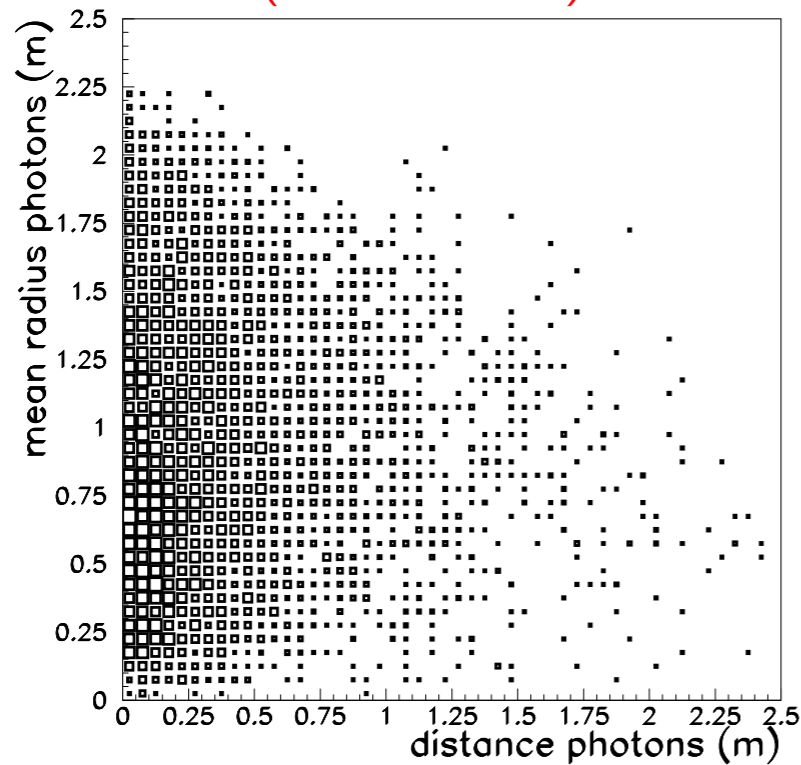
# Il calorimetro e il rivelatore di muoni

LHCb Shashlik ECAL:

- $6.3 \times 7.8 \text{ m}^2$
- $\frac{\sigma(E)}{E} < 10\% / \sqrt{E} \oplus 1.5\%$

Larger/better than required.

But for  $N \rightarrow \mu\rho(\pi\pi^0(\gamma\gamma))$   
need small ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) cells everywhere.



H. Dijkstra