



# The AGATA Demonstrator Array at LNL: status of the project

**E. Farnea**

INFN Sezione di Padova

On behalf of the AGATA Collaboration

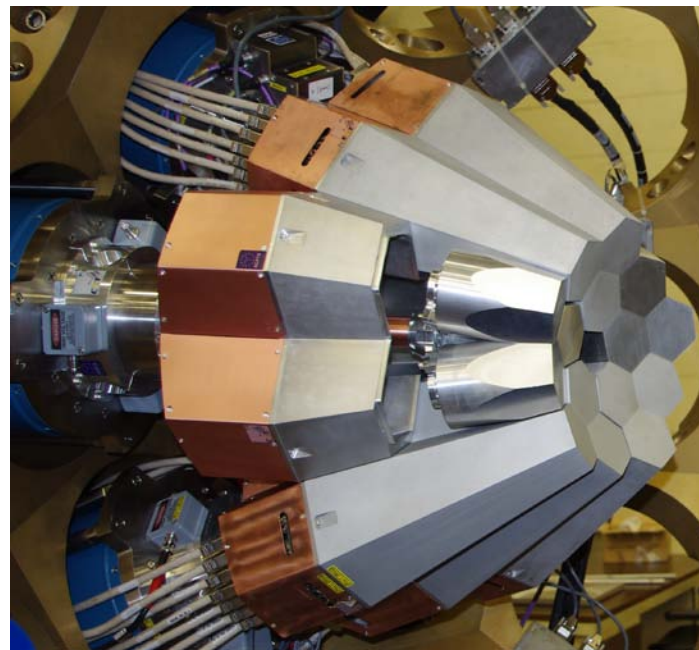
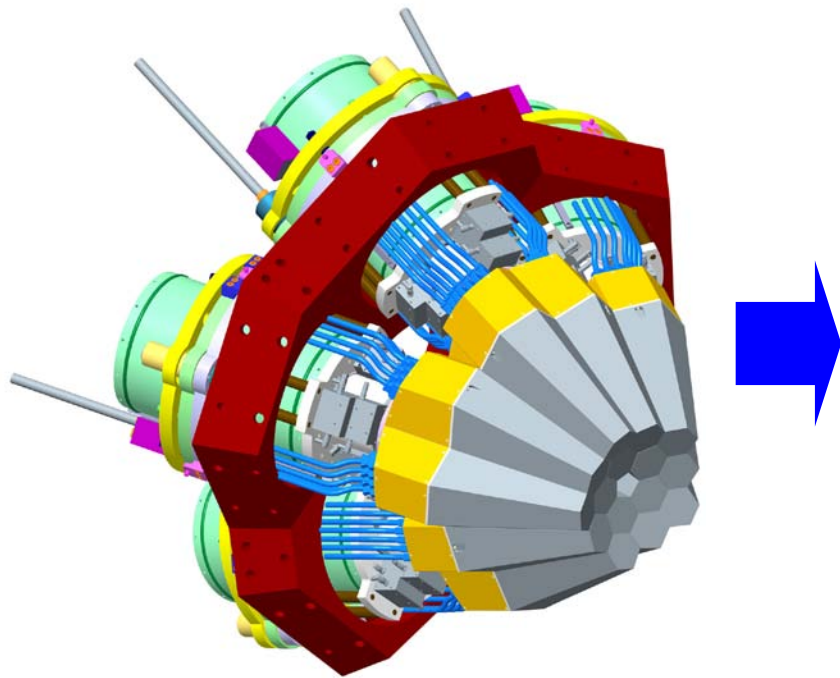
1. The Demonstrator Array at LNL: status of the installation
2. The experimental campaign

# General schedule of the AGATA-Demonstrator at LNL

- 2008, second half
  - Commissioning of infrastructure (PSU, DSS, ...)
  - Installation of first detector(s)
  - Commissioning of electronics and DAQ with one triple cluster using radioactive sources
- 2009
  - Installation of remaining detectors
  - Series production of electronics
  - Commissioning with at least 3 triple clusters
  - Coupling to PRISMA and other ancillary detectors
  - First in-beam experiments
- 2010
  - Experimental campaign using the PIAVE+ALPI beams

# The AGATA Demonstrator

Objective of the final R&D phase 2003-2008



**5 asymmetric triple-clusters**

36-fold segmented crystals

555 digital-channels

Eff. 3 - 8 % @  $M_\gamma = 1$

Eff. 2 - 4 % @  $M_\gamma = 30$

Full EDAQ with on line PSA and  $\gamma$ -ray tracking

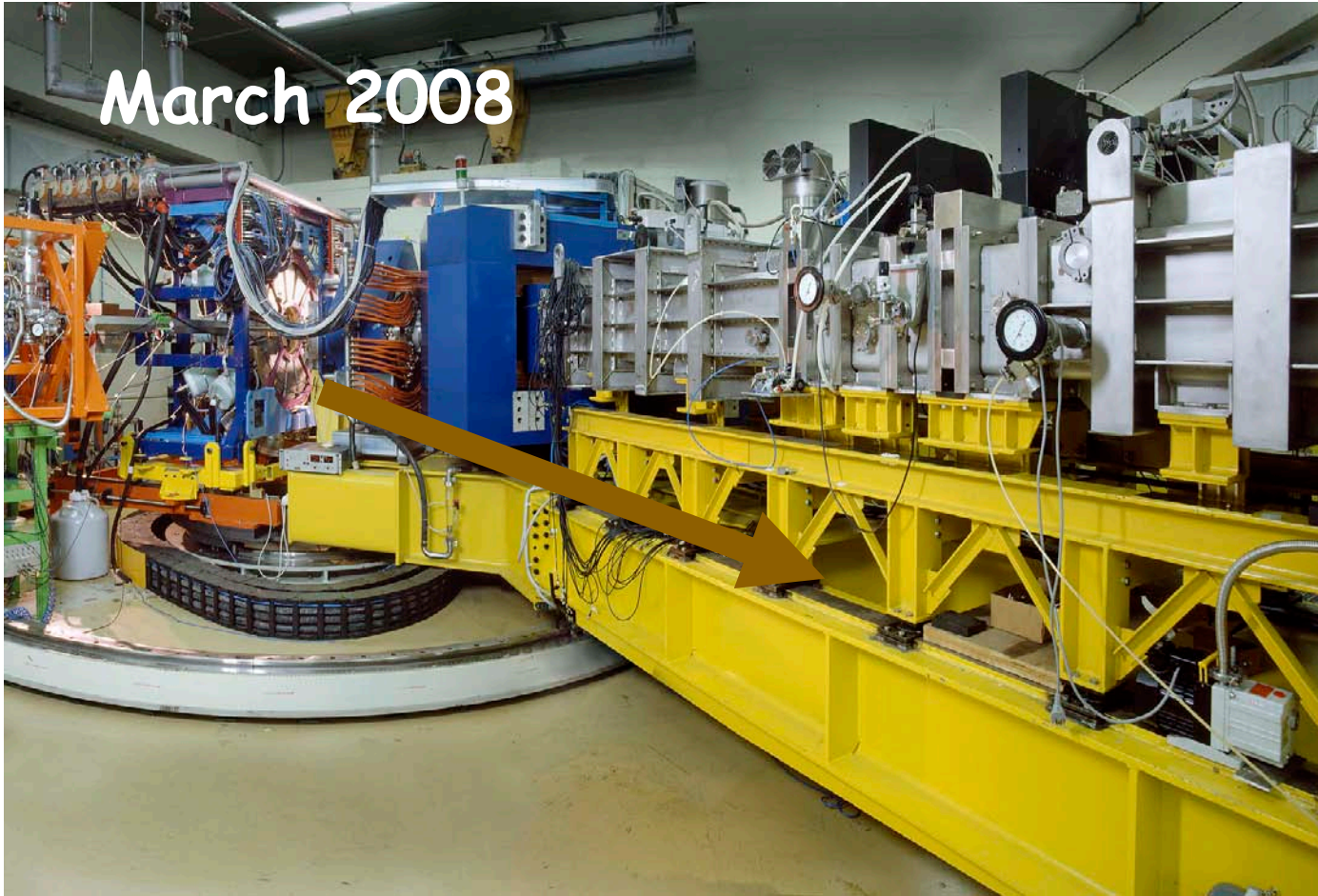
In beam Commissioning

First installation site: **LNL**

**Main issue is Doppler correction capability  
→ coupling to beam and recoil tracking devices**

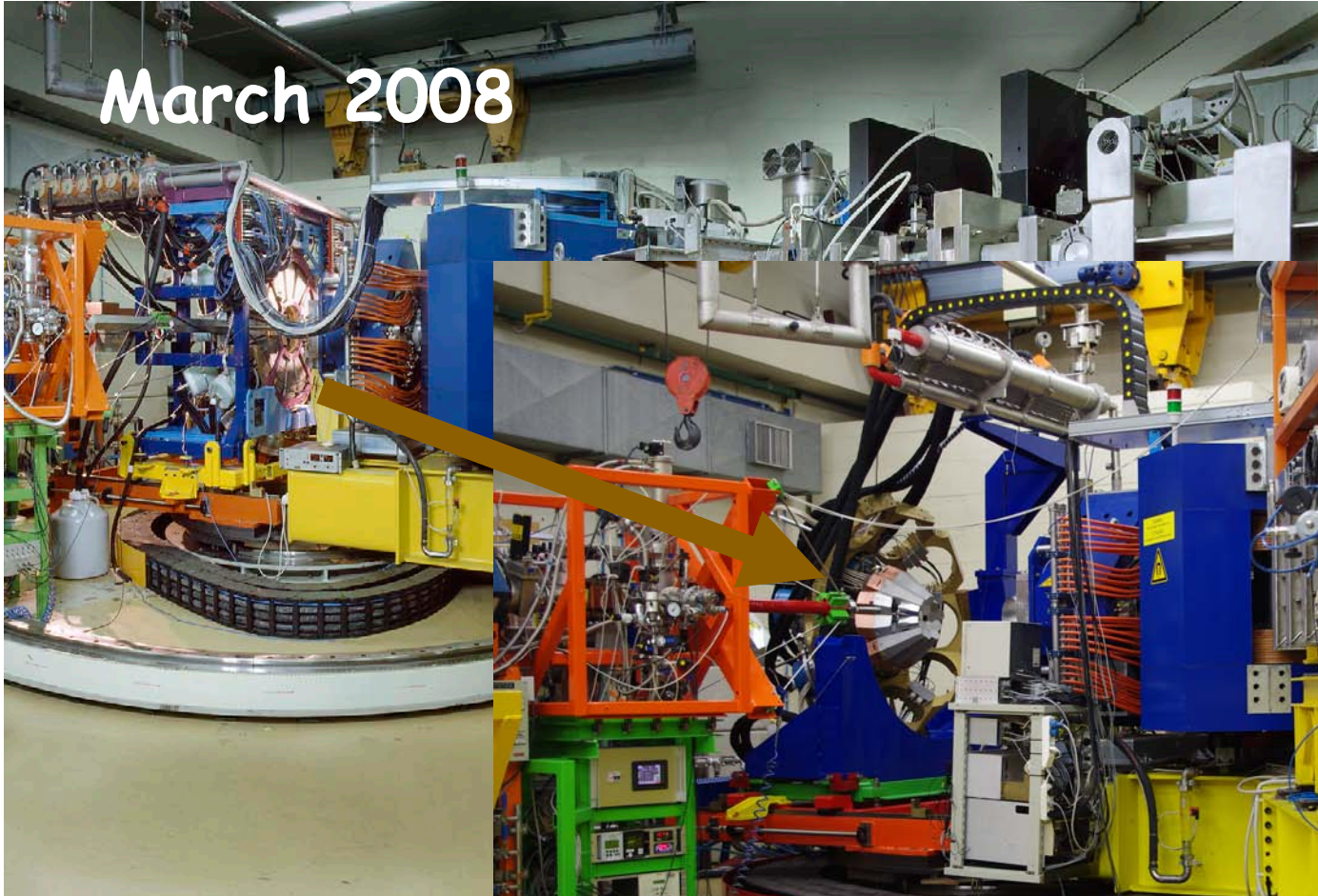
# From CLARA to AGATA

March 2008



# From CLARA to AGATA

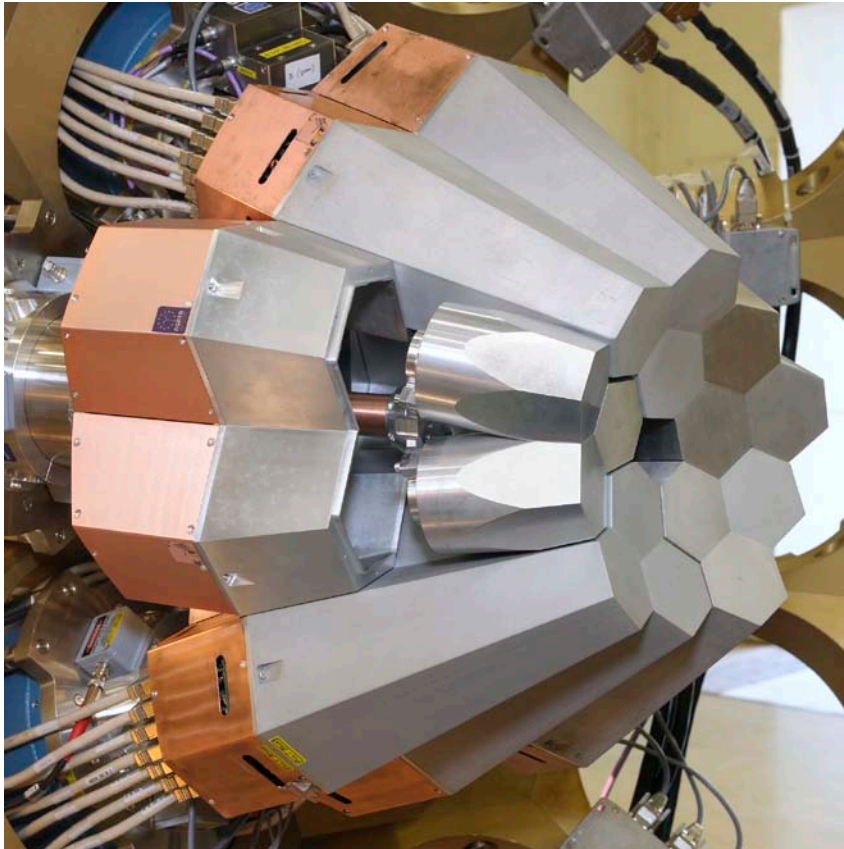
March 2008



April  
2010



# The AGATA Demonstrator at LNL



- Four fully equipped ATCs available July 2010
- ATC1 and ATC4 presently under repair (almost complete!) following an accidental warm-up
- ATC2 and ATC3 successfully annealed to recover from (early) neutron damage
- ATC5: supply of good crystals way behind schedule, missing "B" crystal. Will soon be delivered as "double" cluster.

"Big events" in 2010: the beginning of the Physics Campaign (February) and the official inauguration ceremony (April)

# The inauguration

20 SABATO 10 APRILE 2010

PADOVA

**I PROGRESSI DELLA SCIENZA**



Nella foto grande: Zanone, Farnesi, De Angelis, Vico e Baranco

In ambito biomedicale consentirà di ottenere immagini a risoluzione più elevata nella diagnostica dei tumori

## La scoperta di Agata è nel nucleo dell'atomo

*E' padovano il più grande sviluppo tecnologico in spettroscopia degli ultimi 30 anni*

Fino a «erici» fisici e chimici hanno potuto guardare il nucleo dell'atomo esclusivamente attraverso un buco di serratura: intravedevano qualcosa, ma sempre immagini sfocate ed incomplete. Oggi gli scienziati padovani hanno spalancato la porta che conduce ai segreti dell'infinitesimo della materia. Come? Scrutando una sfera di cristallo.



Una palla del diametro di un metro, realizzata in geranio purissimo, che permetterà di comprendere i misteri che avvolge il nucleo dell'atomo, la parte più piccola e sconosciuta della materia. La prima macchina al mondo in grado di fotografare ad altissima risoluzione i nuclei esotici, instabili ed effimeri perché simili a quelli prodotti nella fascia delle stelle, è stata inaugurata ieri nei laboratori dell'Istituto di Fisica nucleare di Legnaro. I ricercatori l'hanno battezzata Agata, elegante acronimo di *Advanced Gamma Tracking Array*.

Il rivelatore studierà la struttura di nuclei atomici molto particolari, osservando i raggi gamma che emettono quando decadono. I fisici li chiamano «nuclei esotici», che in natura esistono solo nel crogiolo inaccessibile delle stelle, così instabili da durare pochissimo, distruggendosi e dando origine alla materia di cui siamo fatti.

Ma siccome ogni ricerca, secondo la logica del professor Fiorentini, deve avere anche un «ritorno» più pratico ed immediato, ecco che le soluzioni tecnologiche impiegate nell'esperimento potranno anche avere importanti applicazioni in altri settori. In ambito biomedicale, ad esempio, consentiranno di ottenere immagini a risoluzione molto più elevata in esami di diagnostica come la PET. Gli sviluppi di queste tecnologie potranno anche migliorare l'efficacia dei controlli di sicurezza nella ricerca di materiale radioattivo.

no quando decadranno: Agata è il più grande sviluppo tecnologico in spettroscopia nucleare degli ultimi 30 anni. I suoi occhi, guidati dal team di Enrico Farnesi dall'Infn, sono costituiti da 180 cristalli esagonali di germanio. Agata potrà vedere dentro l'atomo con una nitidezza mai sperimentata. Ma le soluzioni tecnologiche impiegate nello sperimento nel futuro prossimo potranno avere anche altre applicazioni. In ambito biomedicale consentiranno di ottenere immagini a risoluzione più elevata nella diagnostica dei tumori. Una prima sperimentazione è già stata realizzata con successo in Gran Bretagna.

(Fabiana Pesci)  
REPLICAZIONE EDITORIALE

AGATA. La prima macchina in grado di fotografare ad alta risoluzione i nuclei esotici

IL GAZZETTINO Padova Sabato 10 aprile 2010 XI

## ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE La "sfera magica" servirà anche alla diagnostica medica

# Si chiama Agata e svela misteri

*A Legnaro il primo "spicchio" del tracciatore di raggi gamma. Una collaborazione di 13 Paesi europei*

di Alberto Beggolini



Chi siamo, da dove veniamo, dove stiamo andando? A domande di questo tipo tra non molto potrebbe fornire qualche risposta Agata. Che non è la protagonista della vecchia canzonetta di Agostino Arturo Maria Ferrari, in arte Nino Ferrer. Agata è un acronimo che sta per "Advanced gamma tracking array", in pratica "un rivelatore di raggi gamma con il metodo di tracciamento". Il congegno è frutto di una collaborazione che ha coinvolto quarantacinque istituti di tredici Paesi europei: si è giunti così al prototipo che ieri è stato inaugurato nei laboratori di Legnaro, alle porte di Padova, dell'Istituto nazionale di fisica nucleare.

Il "dimostratore di Agata" (questa la dizione esatta) permetterà di determinare insieme energia e direzione dei raggi, come in una macchina fotografica per radiazioni di alta energia.

«Con uno spettrometro come Agata - ha detto il professore Giovanni Fiorentini, da qualche mese nuovo direttore dei laboratori di Legnaro -, accoppiato ad un acceleratore di fasci radioattivi, sarà accessibile per la prima volta lo studio della struttura di nuclei estremamente lontani dalla stabilità, di fatto aprendo una dimensione finora inesplorata». E, almeno si spera, fornendo qualche soluzione alle domande che si diceva.

«È lo studio della "zoologia" nucleare, di pezzi di mondo che non vediamo, ma che sappiamo ci sono stati nell'universo, nell'esplosione delle stelle, l'origine del mondo».

Si sa che la materia che compone l'universo è data, per la maggior parte, da nuclei atomici. Lo studio della loro struttura è insomma basilare per capire come s'è formata qualsiasi sostanza. Ecco che la rivelazione dei raggi gamma (forma di radiazione elettromagnetica prodotta dalla radioattività o da altri processi nucleari o subatomici) emessi dai nuclei atomici è da sempre una tappa fondamentale per capire i fenomeni che questi dimostrano.

Agata è l'ultima generazione di rivelatori di raggi gamma. Il tracciamento si basa sull'utilizzo di grossi cristalli di germanio (un metalloide dall'aspetto lucido, e la stessa struttura cristallina del diamante: è un semiconduttore, con proprietà intermedie tra quelle di un conduttore e di un isolante), che, una volta ultimata Agata per intero, comporranno una sorta di 'sfera di cristallo' per osservare materia evanescente come quella che si forma nel cuore delle stelle. Si tratta di un rivelatore che studierà la struttura di nuclei atomici molto particolari, osservando i raggi gamma che essi emettono quando decadono. I fisici li chiamano «nuclei esotici», che in natura esistono solo nel crogiolo inaccessibile delle stelle, così instabili da durare pochissimo, distruggendosi e dando origine alla materia di cui siamo fatti.

Ma siccome ogni ricerca, secondo la logica del professor Fiorentini, deve avere anche un «ritorno» più pratico ed immediato, ecco che le soluzioni tecnologiche impiegate nell'esperimento potranno anche avere importanti applicazioni in altri settori. In ambito biomedicale, ad esempio, consentiranno di ottenere immagini a risoluzione molto più elevata in esami di diagnostica come la PET. Gli sviluppi di queste tecnologie potranno anche migliorare l'efficacia dei controlli di sicurezza nella ricerca di materiale radioattivo.

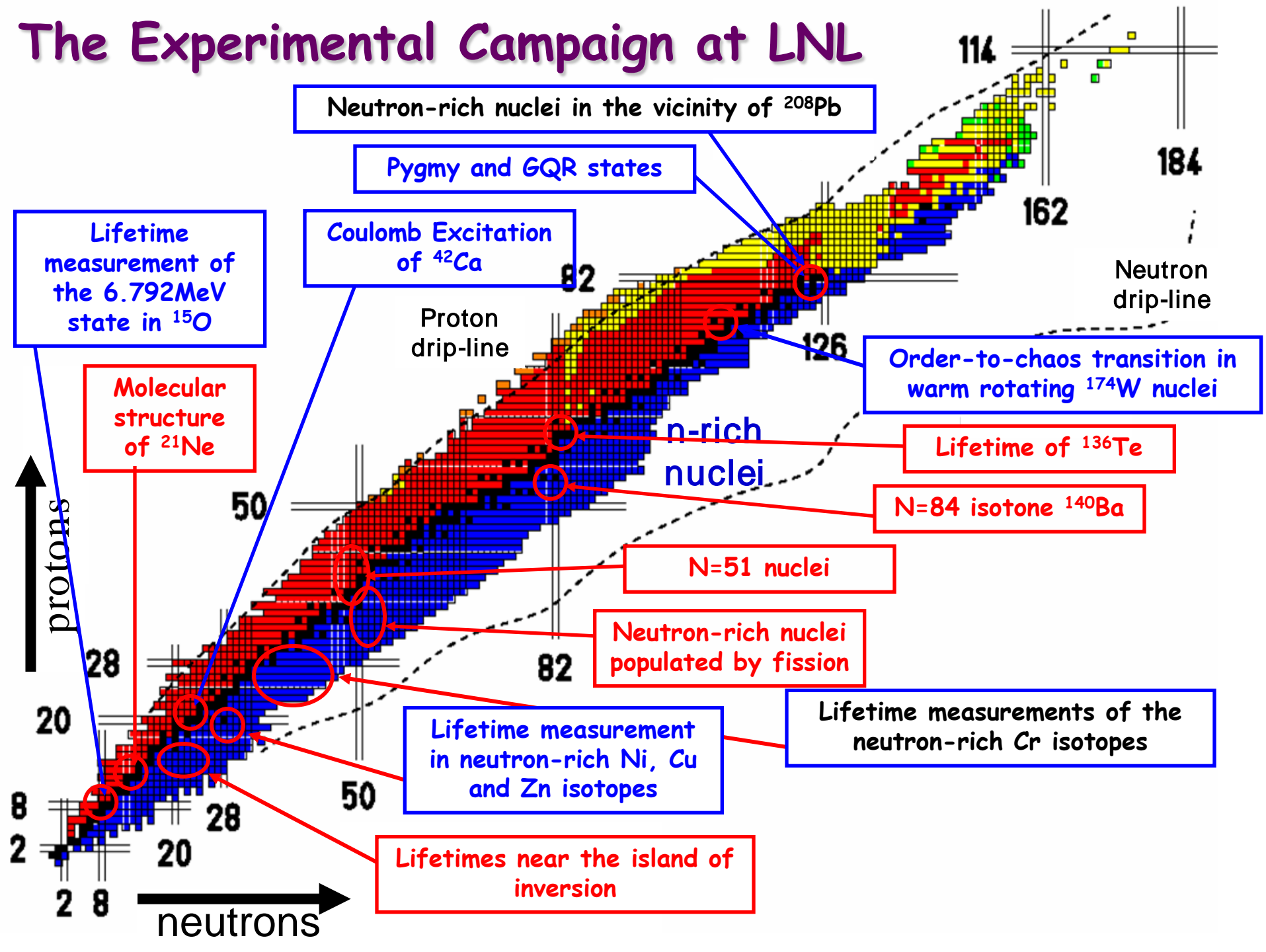
**AGATA**  
Particolari del dimostratore di raggi gamma inaugurato a Legnaro

**GNE FISICI**  
Il professor Fiorentini (a dx) accanto a Enrico Farnesi il nucleare INFN che ha curato l'assemblaggio del dimostratore



AGATA Demonstrator Inauguration Ceremony - 9th April 2010, LNL

# The Experimental Campaign at LNL





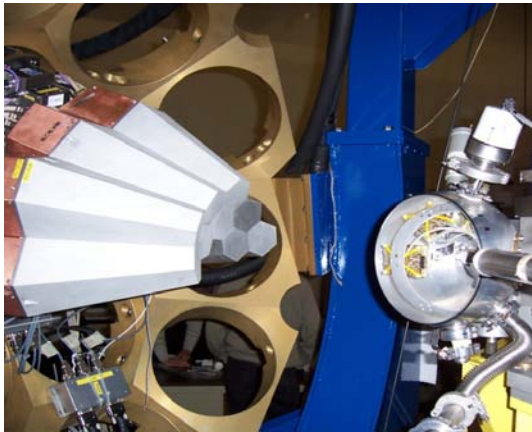
# Performed experiments (so far)

- Coulomb Excitation of the Presumably Super-Deformed Band in  $^{42}\text{Ca}$  (A.Maj, F.Azaiez, P.Napiórkowski)
- Neutron-rich nuclei in the vicinity of  $^{208}\text{Pb}$  (Zs.Podolyák)
- Inelastic scattering as a tool to search for highly excited states up to the region of the Giant Quadrupole Resonance (R.Nicolini)
- Lifetime measurement in neutron-rich Ni, Cu and Zn isotopes (E.Sahin, M.Doncel, A.Görgen)
- Lifetime measurements of the neutron-rich Cr isotopes (J.J.Valiente-Dobón)
- Order-to-chaos transition in warm rotating  $^{174}\text{W}$  nuclei (V.Vandone)
- Lifetime measurement of the 6.792MeV state in  $^{15}\text{O}$  (R.Menegazzo)

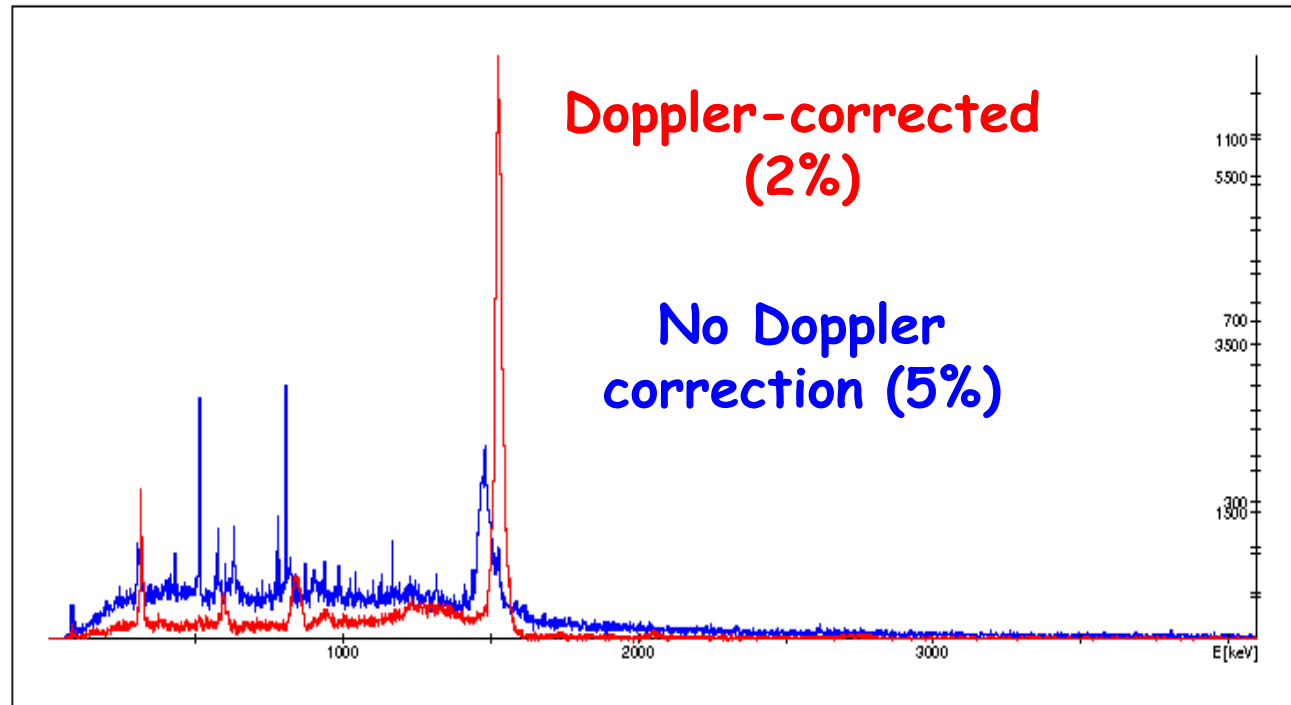
See dedicated talks  
next Thursday!

# Coulomb excitation of the presumably super-deformed band in $^{42}\text{Ca}$

- Goal: verify whether the structure observed in  $^{42}\text{Ca}$  is SD as in  $^{40}\text{Ca}$  and can be populated via Coulex
- Coulex of  $^{42}\text{Ca}(170\text{MeV})$  on  $^{208}\text{Pb}$ , detecting the backward scattered ions with DANTE
- 3 ATCs available



K. Hadyńska-Klęk,  
F. Azaiez, A. Maj,  
P. Napiorkowski



# Approved experiments

- Precision lifetime study in the Neutron-rich N=84 isotone  $^{140}\text{Ba}$  from DSAM measurements following Coulomb-barrier alpha-transfer reactions on a  $^{136}\text{Xe}$  (J.Leske)
- Structure beyond the N=50 shell closure in neutron-rich nuclei in the vicinity of  $^{78}\text{Ni}$ : The case of N=51 nuclei (D.Verney, G.Duchene, G.de Angelis)
- Lifetimes of intruder states in N~20 sd-pf-shell neutron-rich Nuclei (F.Haas, R.Chapman)
- RDDS lifetime measurement in the region of the neutron-rich doubly magic  $^{132}\text{Sn}$ : Lifetime of the 6+ state in  $^{136}\text{Te}$  (A.Gadea)
- Development of the nuclear structure of neutron-rich isotopes in the Z»38 region populated by heavy-ion induced fission (C.A.Ur, N.Mărginean, E.Merchan)
- Confirmation of the molecular structure of excited bands in  $^{21}\text{Ne}$  (C.Wheldon)

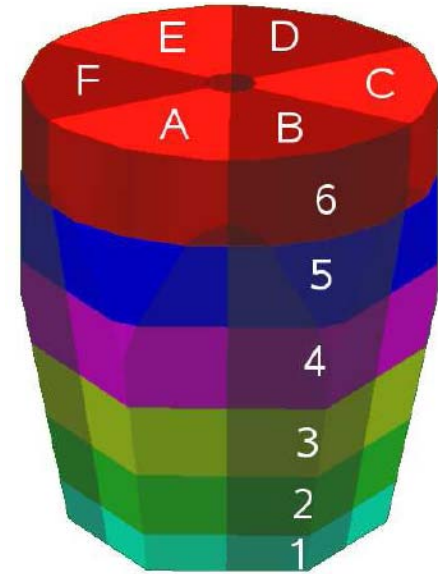
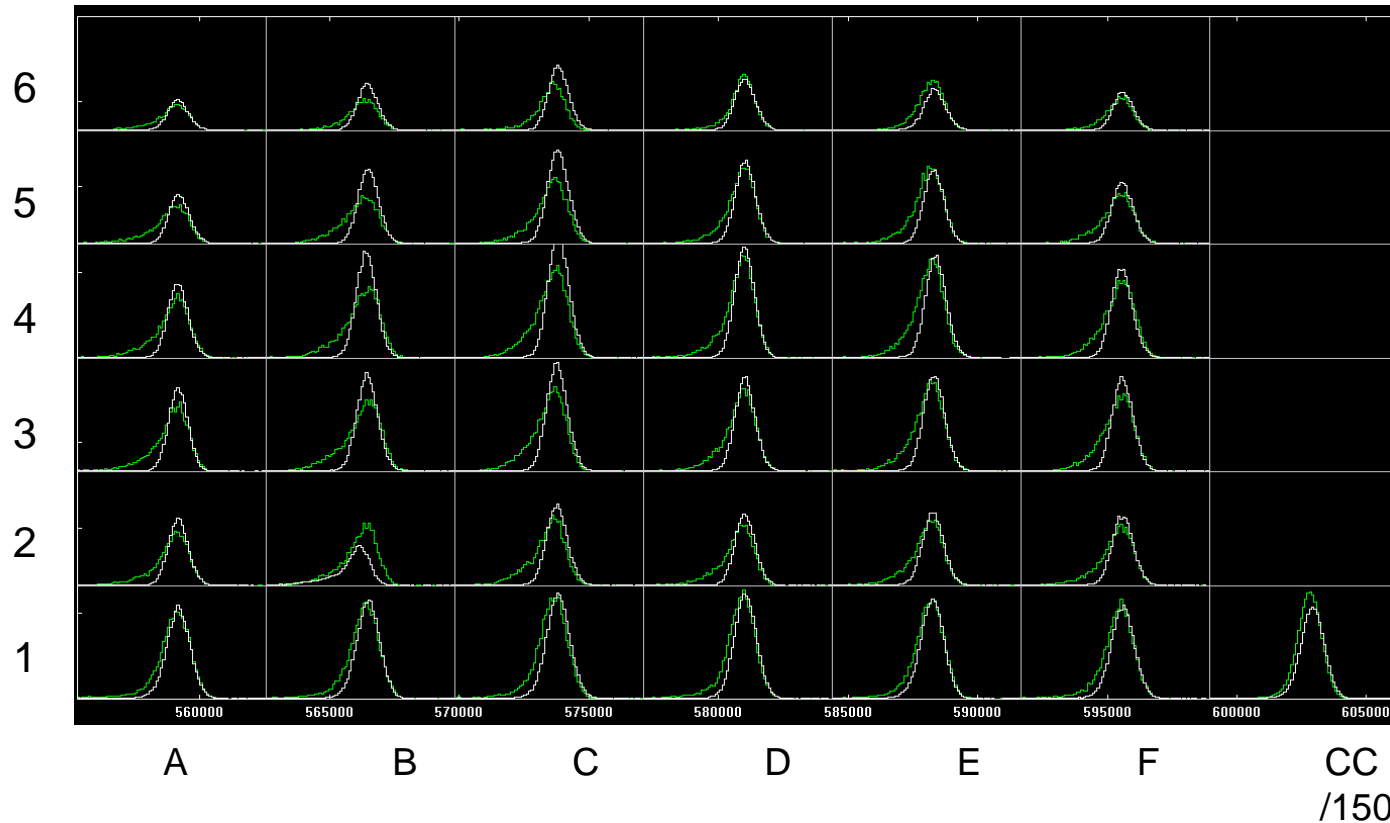
# Counting rates

- The high detection efficiency of the AGATA Demonstrator is obtained with a few crystals, thus, keeping the same experimental conditions as in previous experiments with CLARA, the counting rates for the individual crystals are approximately a **factor 15** higher.
- Thanks to the digital electronics it is possible to stand high counting rates ( **$\sim 50$  kHz/crystal**) without affecting significantly the energy resolution. The accepted trigger ( **$\sim 1$  kHz/crystal**) could be the limiting factor.
- Things we have (re)learned with the performed differential plunger experiments:
  - The Mg degrader produces too high a background, a Nb degrader should be preferred instead
  - Considering the fission-induced background when using a 1 mg/cm<sup>2</sup> thick <sup>238</sup>U target, the beam current should be limited to a maximum of **roughly 2 pA**

# Neutron damage

- Problem: not only the “real” counting rate per crystal is a factor 15 higher than the “conventional” detectors, but also the flux of neutrons generated by the reaction
- Result is accelerated neutron damage
- The effect is, in first order, increased hole trapping and reduction of pulse amplitude (without a change in shape), thus:
  - Core energy resolution is presently mildly degraded
  - Segment energy resolution is presently degraded
  - Pulse shape analysis is still working, providing us with tools to correct for this effect

# Det. 1B - Shape of the 1332 keV line



White: April 2010 → FWHM(core) ~ 2.3 keV FWHM(segments) ~ 2.0 keV  
Green: July 2010 → FWHM(core) ~ 2.4 keV FWHM(segments) ~ 2.8 keV  
Damage after 3 high-rate experiments (3 weeks of beam at 30-80 kHz singles)

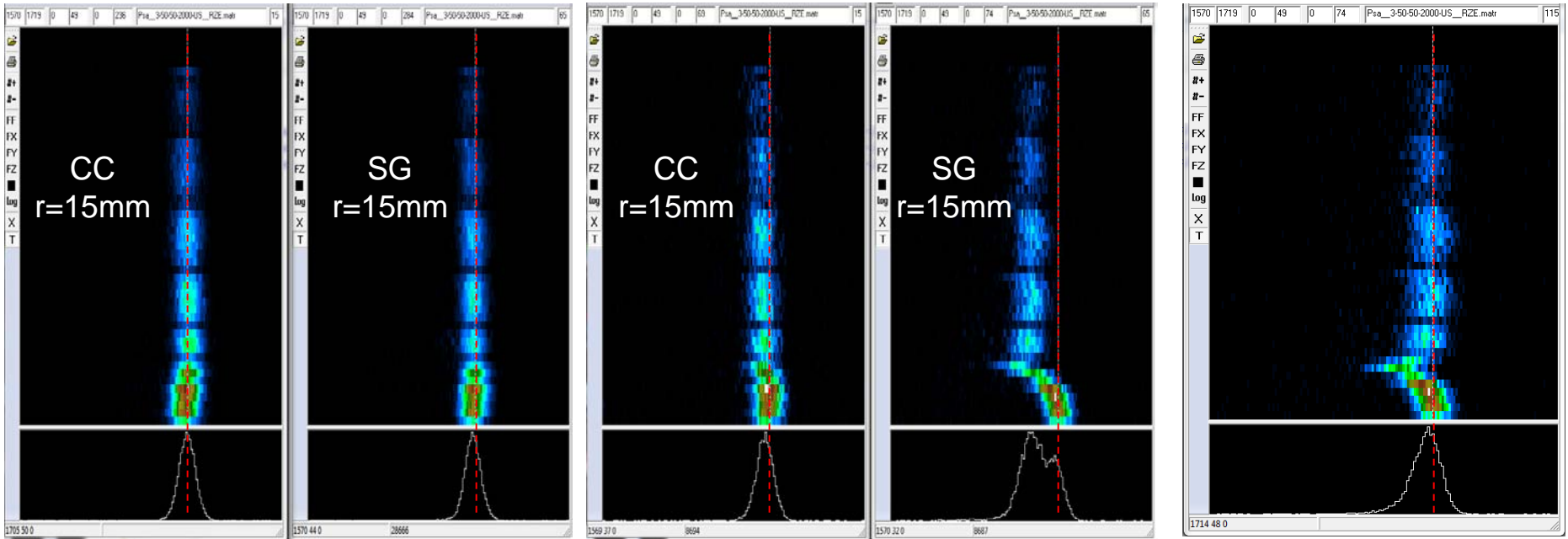
Worsening seen in most of the detectors; more severe on the forward crystals;  
segments are the most affected, cores almost unchanged (as expected for n-type HPGe)

# Crystal 1B (C002)

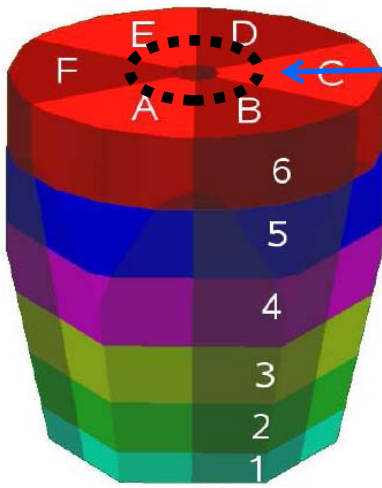
April 2010

July 2010

→ corrected



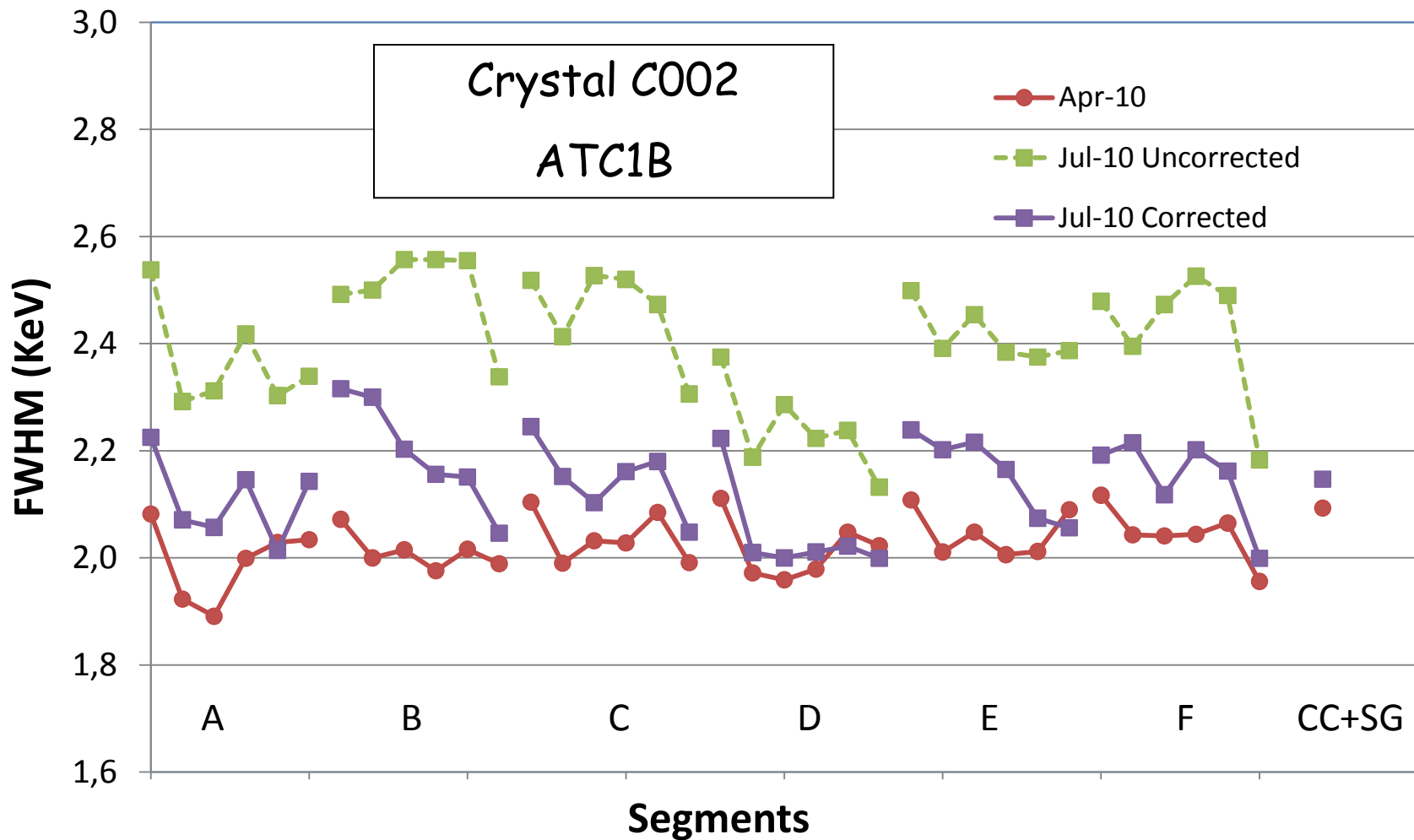
The 1332 keV peak as a function of crystal depth (z) for interactions at  $r = 15\text{mm}$



The charge loss due to neutron damage is proportional to the path length to the electrodes. This is provided by the PSA, which is barely affected by the amplitude loss.

Knowing the path, the charge trapping can be modeled and corrected away (Bart Bruyneel, IKP Köln)

# Recovery of Energy Resolution for a neutron-damaged AGATA detector





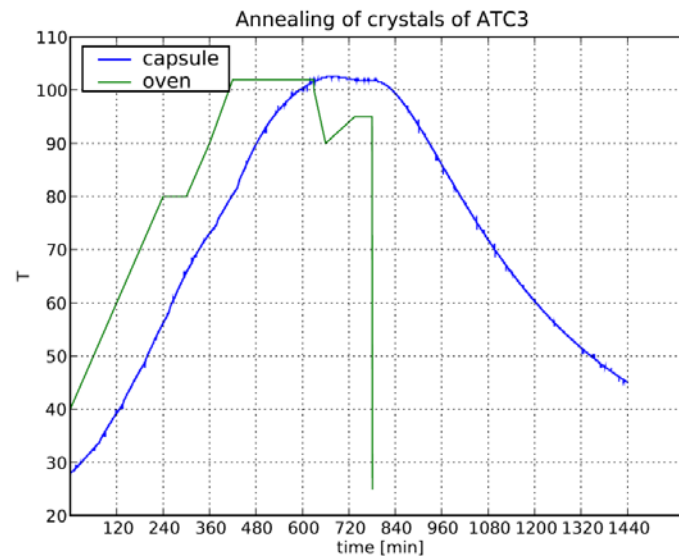
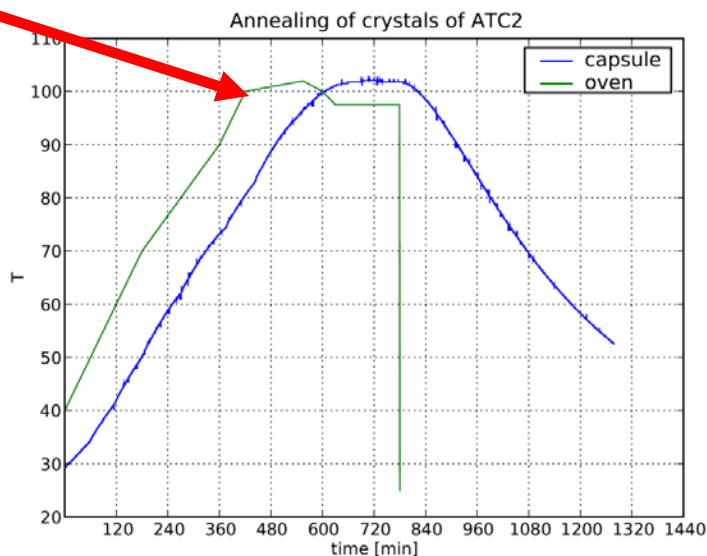
# Annealing

- The first annealing operation was planned for the second half of September 2010 (the three crystals composing ATC2)
- Following a loss of vacuum in ATC3 and an accidental warm-up of ATC1 and ATC4, all the crystals but one were annealed
- Problem: so far, two crystals were damaged (leak current from segments, one after the annealing, one after the warm-up), only 14 crystals in working condition in the full collaboration
- Problems with the delivery rate from Canberra

# Annealing of AGATA clusters at LNL



3 hours time at max temp  
(later increased to 5 hours)



# Outlook



- The collaboration reached a significant milestone with the beginning of the experimental campaign of the AGATA Demonstrator at Legnaro
- Preliminary results from the already performed experiments are very encouraging
- The next full year will be a busy but exciting year in Legnaro ...