

# Quelques dispositifs

---

- Silicium
  - Télescope : 2 ou 3 étages
  - Mesure en énergie
  - Identification en  $Z$  et en  $A$
  - Localisation
  
- Germanium
  - Spectroscopie  $\gamma$
  - Tracking  $\gamma$

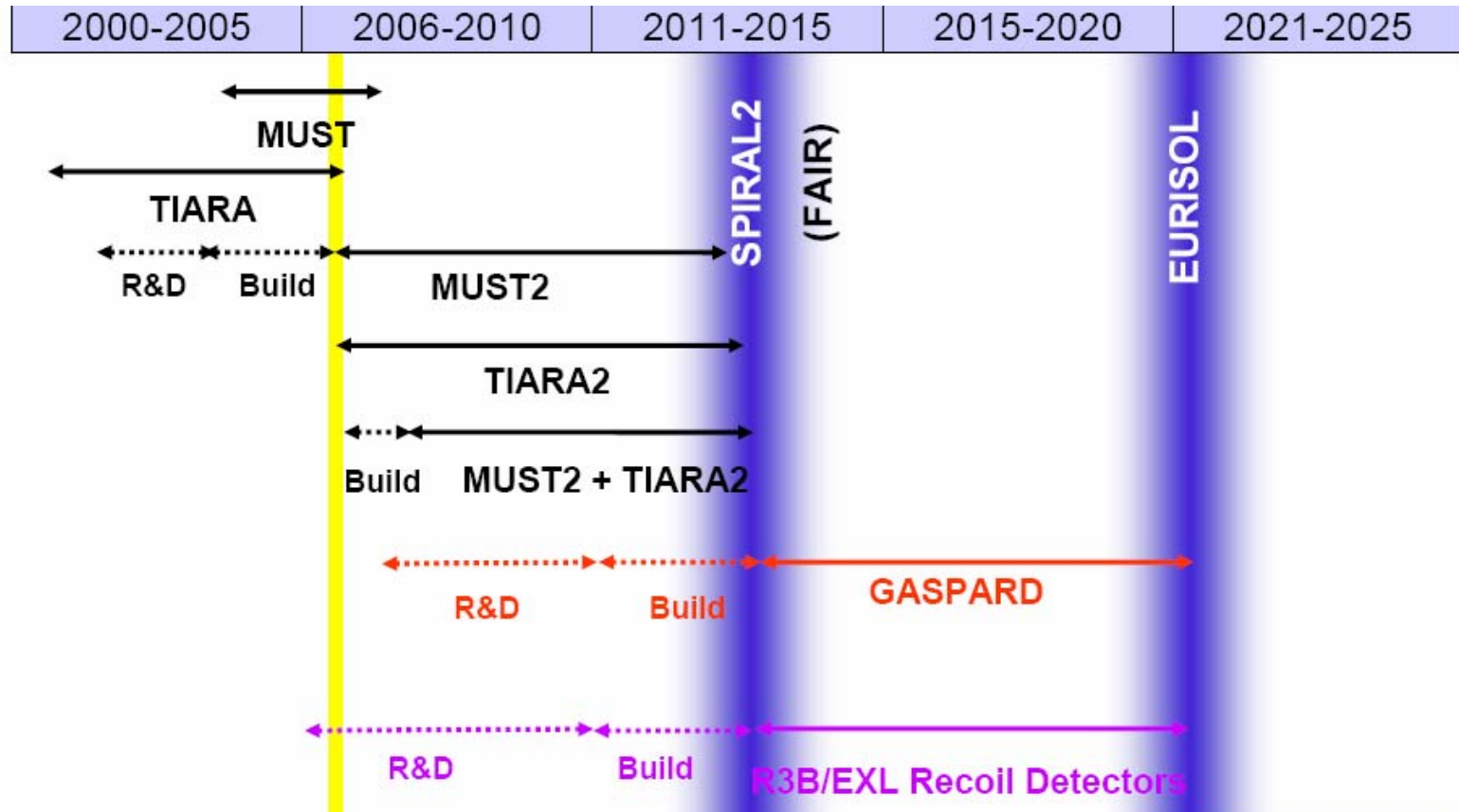
# Les détecteurs silicium

---

## Exemples portant sur l'étude

- De la structure nucléaire, réactions directes
- De la matière nucléaire, collisions d'ions lourds

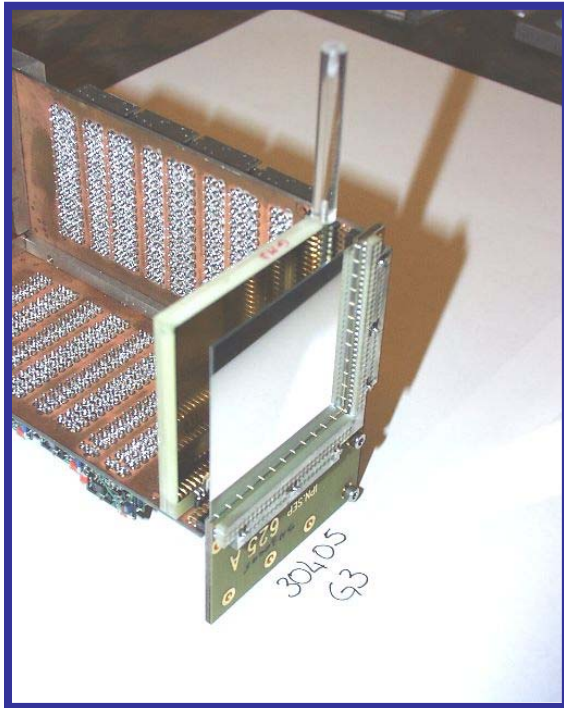
# Les dispositifs pour les études des réactions directes



<http://gaspard.in2p3.fr>

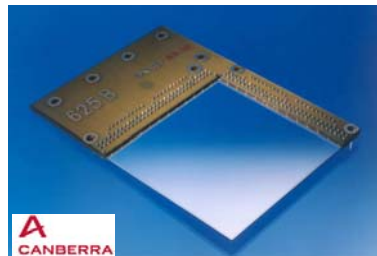
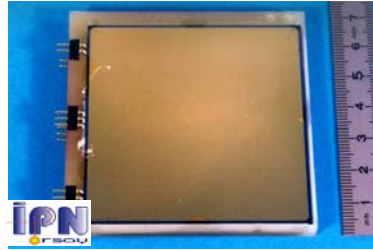
# MUST : l'étude des réactions directes avec des faisceaux exotiques

1995

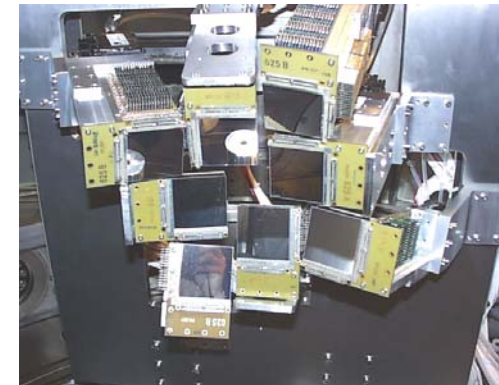


Deux étages  $\Delta E - E$

Si(Li) : 3.5 mm, 60x60 mm<sup>2</sup>



Si(pistes) : 300  $\mu\text{m}$ ,  
60x60 pistes, pitch 1 mm



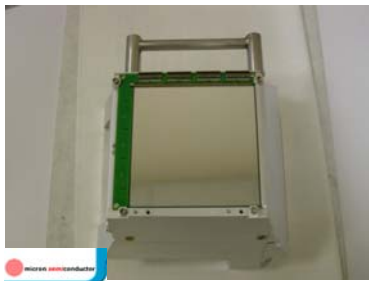
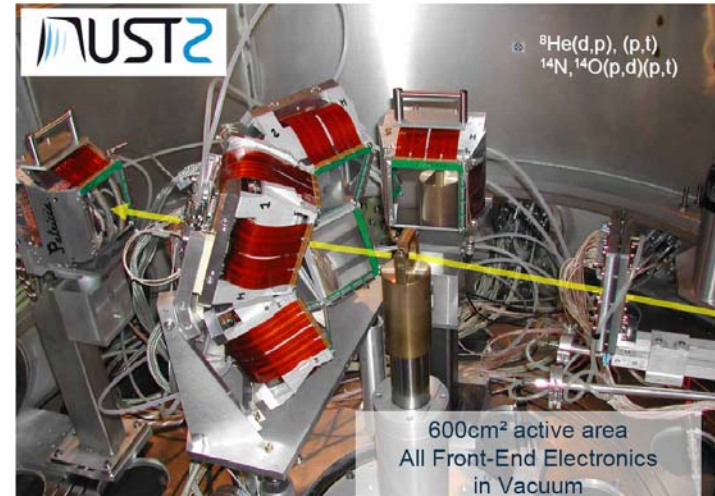
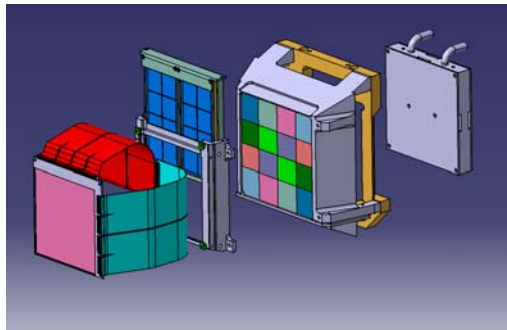
Montages à 6 et 8 télescopes

IPN, CEA

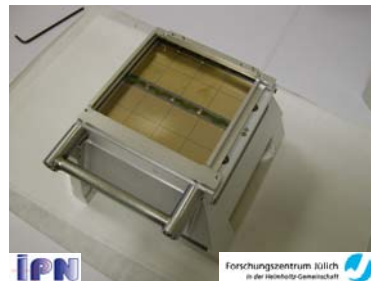
# MUST2 : successeur de MUST

2006

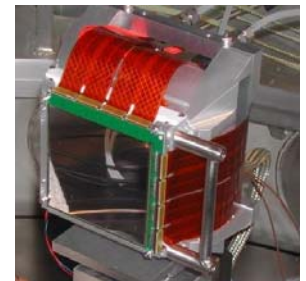
- Télescope : Si + Si(Li) + CsI (photodiode)
- large dynamique
- ASIC : temps et énergie 16 voies



Si(pistes) :  $100 \times 100 \text{ mm}^2$   
 $300 \mu\text{m}$ ,  $128 \times 128$  pistes  
Pitch  $700 \mu\text{m}$  (p de 6 MeV)



Si(Li) :  $54 \times 102 \text{ mm}^2$ , 5 mm  
8 segments (p de 30 MeV)

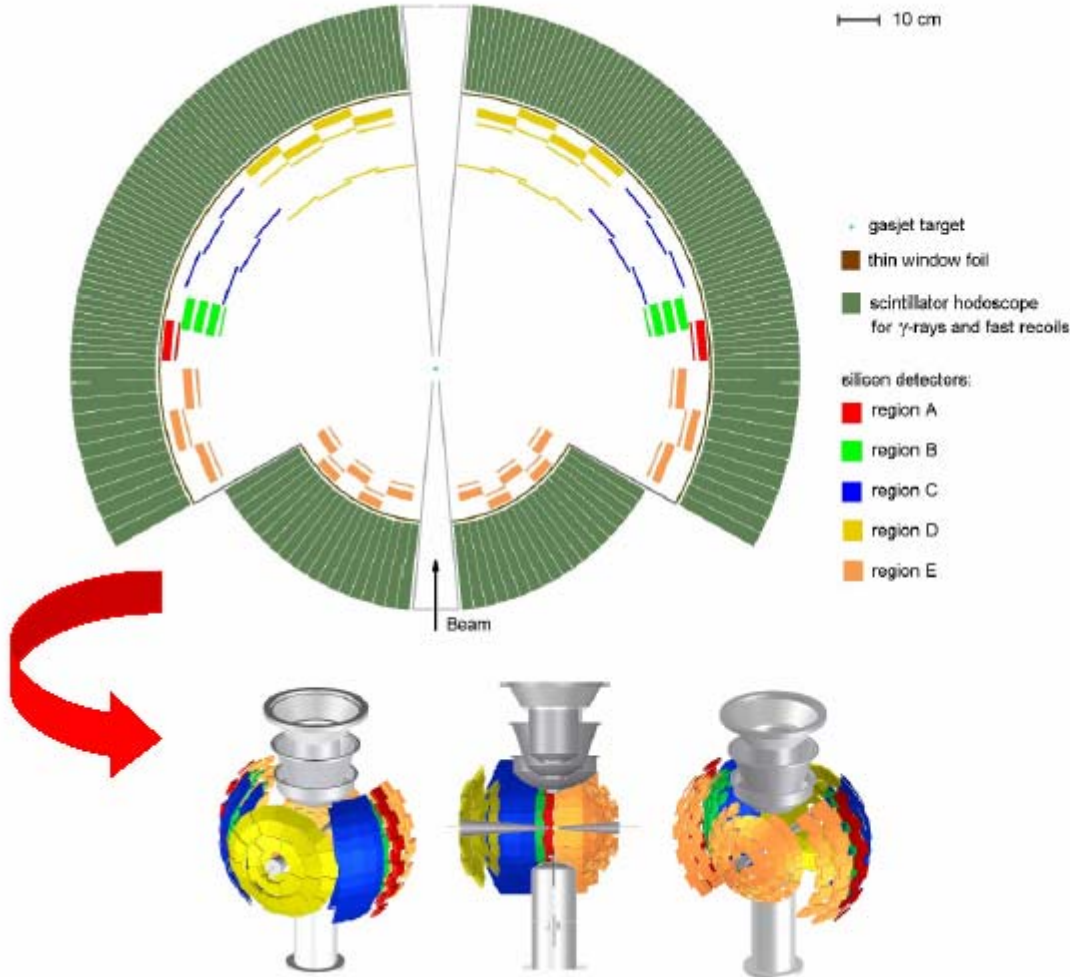


Télescope

IPN, GANIL, CEA

# EXL : EXotic nuclei studied in Light-ion induced reactions at the NESR storage Ring

2013



**Si DSSD**  $\Rightarrow \Delta E, x, y$   
 300  $\mu\text{m}$  thick, spatial resolution better than 500  $\mu\text{m}$  in x and y,  $\Delta E = 30 \text{ keV}$  (FWHM)

**Thin Si DSSD**  $\Rightarrow$  tracking  
 <100  $\mu\text{m}$  thick, spatial resolution better than 100  $\mu\text{m}$  in x and y,  $\Delta E = 30 \text{ keV}$  (FWHM)

**Si(Li)**  $\Rightarrow E$   
 9 mm thick, large area 100 x 100  $\text{mm}^2$ ,  $\Delta E = 50 \text{ keV}$  (FWHM)

**CsI crystals**  $\Rightarrow E, \gamma$   
 High efficiency, high resolution, 20 cm thick

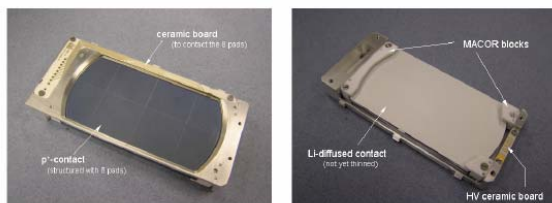
**Peter Egelhof**

Annual NuSTAR Meeting  
 GSI Darmstadt  
 March 21-23, 2007

# EXL ~560 000 voies silicium

Angular region	$\Theta_{lab}$ [deg]	Detector type	Active area [mm <sup>2</sup> ]	Thickness [mm]	Distance from target [cm]	Pitch [mm]	Number of detectors	Number of channels
A	89 - 80	DSSD	87 x 87	0.3	59	0.1	20	34800
		Si(Li)	87 x 87	9	60	-	20	180
B	80 - 75	DSSD	50 x 87	0.3	50	0.1	20	27400
		Si(Li)	50 x 87	9	52	-	20	180
		Si(Li)	50 x 87	9	54	-	20	180
		Si(Li)	50 x 87	9	56	-	20	180
C	75 - 45	DSSD	87 x 87	0.1	50	0.1	60	104400
		DSSD	87 x 87	0.3	60	0.1	60	34800
D	45 - 10	DSSD	87 x 87	0.1	49	0.1	60	104400
		DSSD	87 x 87	0.3	59	0.1	80	139200
		Si(Li)	87 x 87	9	60	-	80	720
E	170 - 120	DSSD	50 x 50	0.3	25	0.5	60	6000
		Si(Li)	50 x 50	5	26	-	60	240
E'	120 - 91	DSSD	87 x 87	0.3	59	0.1	60	104400
		Si(Li)	87 x 87	5	60	-	60	540
Total		DSSD					420	555400
		Si(Li)					280	2220

Si(Li) detector EXL-1 in the UHV-compatible housing

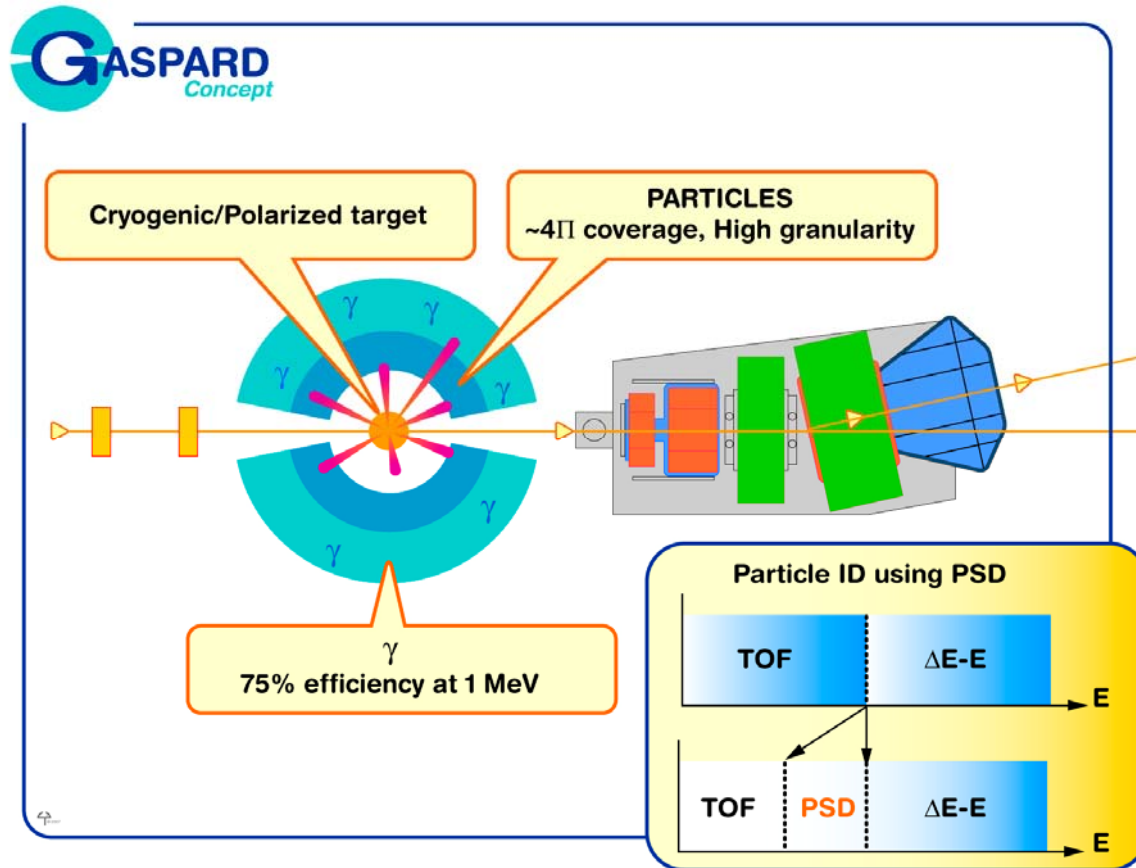


Prototype Si(Li)

Peter Egelhof  
GSI Darmstadt  
April 18-20, 2007

# GASPARD : GAMMA Spectroscopy and PARTICLE Detection

2013



<http://gaspard.in2p3.fr>



# Les dispositifs pour les études des collisions d'ions lourds

---

# INDRA

1993

## INDRA :

Identification de Noyaux avec Détection et Résolutions  
Accrues

Laboratoires associés:

DAPNIA SPnN CEA/Saclay

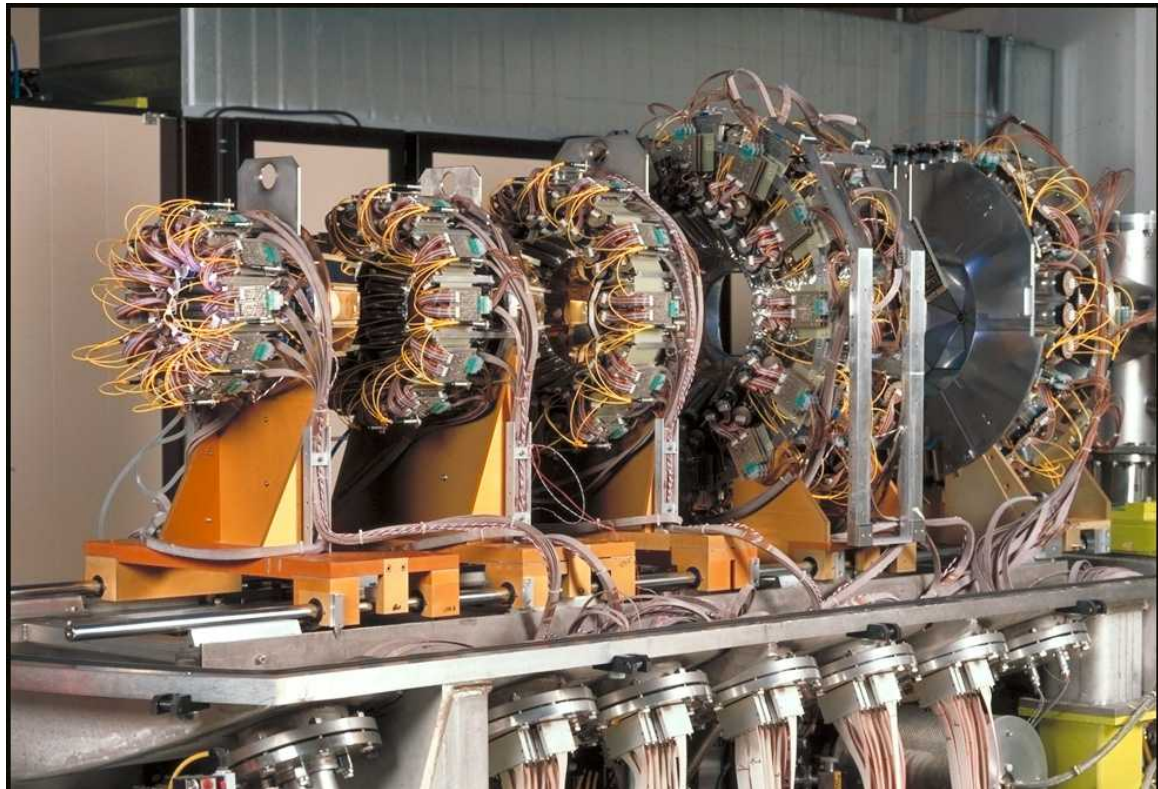
GANIL Caen

INFN (Naples)

IPN Lyon

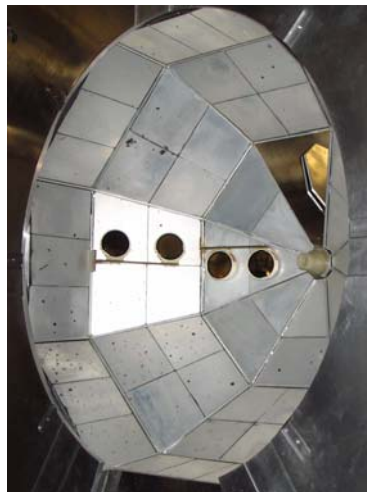
IPN Orsay

LPC Caen



# INDRA : l'étude des collisions d'ions lourds 1993->2007...

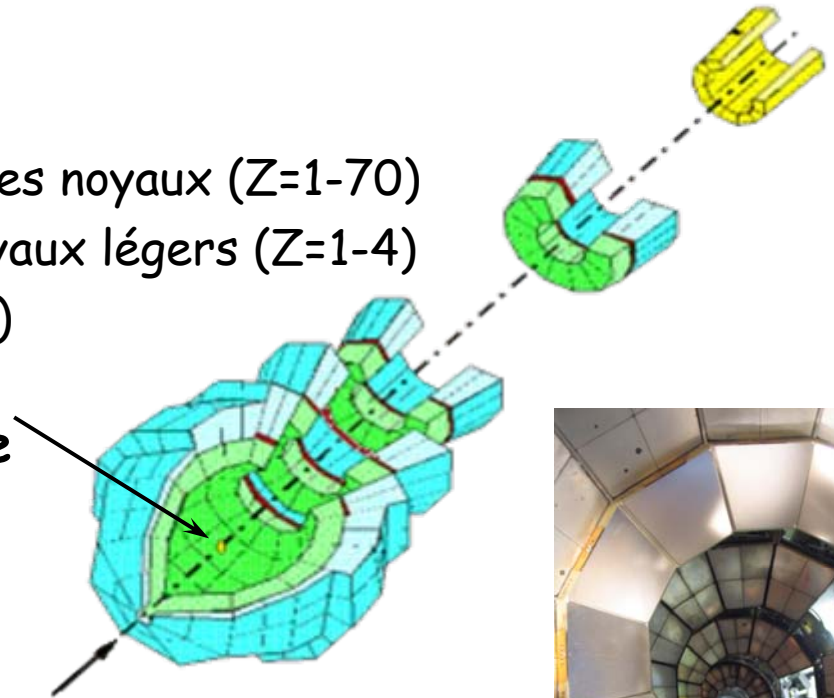
- 336 modules de détection dont 180 cellules silicium
- 17 couronnes
- couverture angulaire  $2^\circ$ - $176^\circ$
- 90% de  $4\pi$
- faibles seuils de détection (1 MeV/A)
- identification en charge (Z) pour tous les noyaux (Z=1-70)
- identification en masse (A) pour les noyaux légers (Z=1-4)
- Énergies : 1 à 100 MeV/A (GANIL-GSI)



Hémisphère  
arrière du  
détecteur



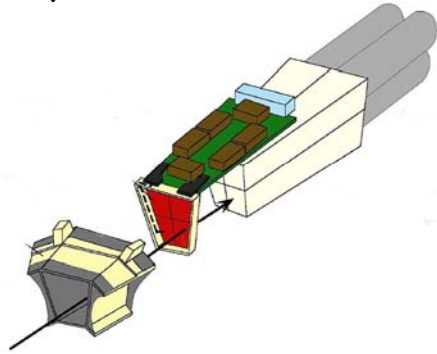
Cible



Faisceau (projectile)

8 télescope d'étalonnage des CsI :  
Si(80  $\mu$ m) + Si(Li)(1 mm)



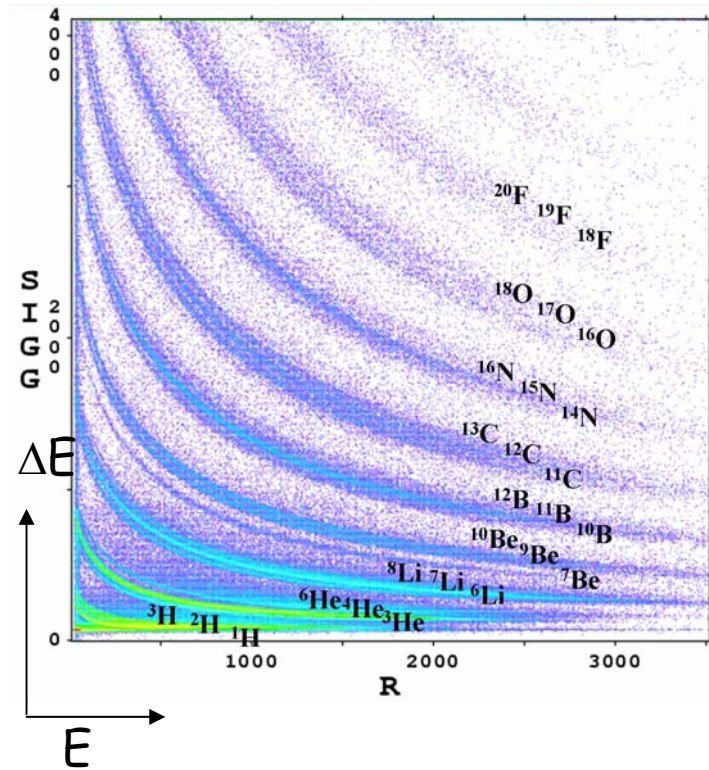
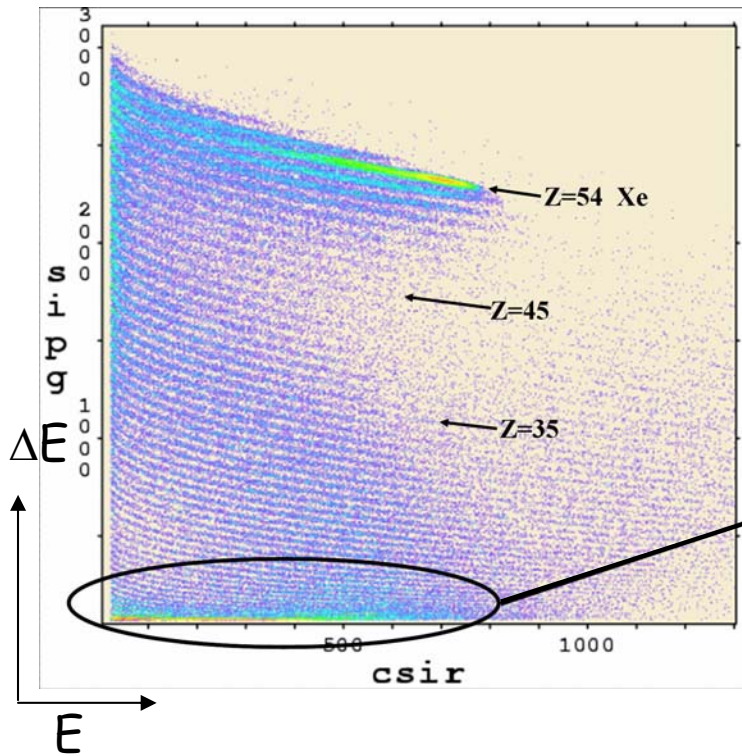


# INDRA

180 cellules silicium, 300  $\mu\text{m}$   
 Détecteurs segmentés en 3 ou 4  
 Utilisés en face arrière  
 Surpolarisés

Si-CsI:détection des fragments ( $Z=1-70$ )

Si-CsI:séparation en masse ( $Z=1-8$ )

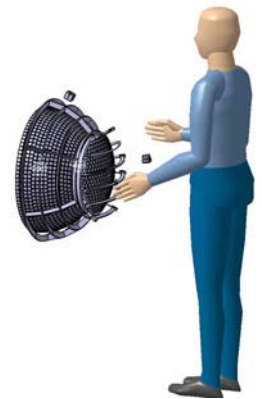
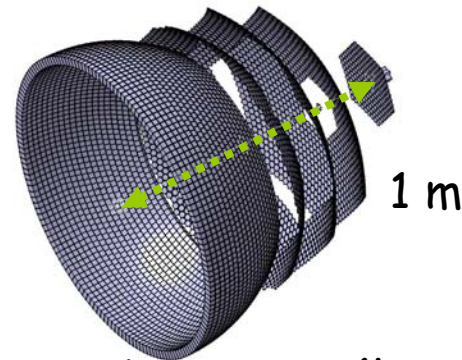


Z=8  
 ↑  
 Z=1

# FAZIA : un nouveau détecteur $4\pi$

2015

- Nouveau multi-détecteur auprès de SPIRAL2, FAIR, EURISOL
- Étude des aspects dynamiques et thermodynamiques des collisions nucléaires
- ASICs pour la numérisation des formes de signaux
- Traitement en ligne des signaux
- Reconnaissance de forme des signaux
- Grande dynamique en énergie
- Identification en  $Z$  ( $\rightarrow 100$ ), en masse ( $\rightarrow 50$ )
- Seuils bas (1 à 100 AMeV)
- Compact et transportable



J.M.Gautier

Concept préliminaire : 7365 télescopes

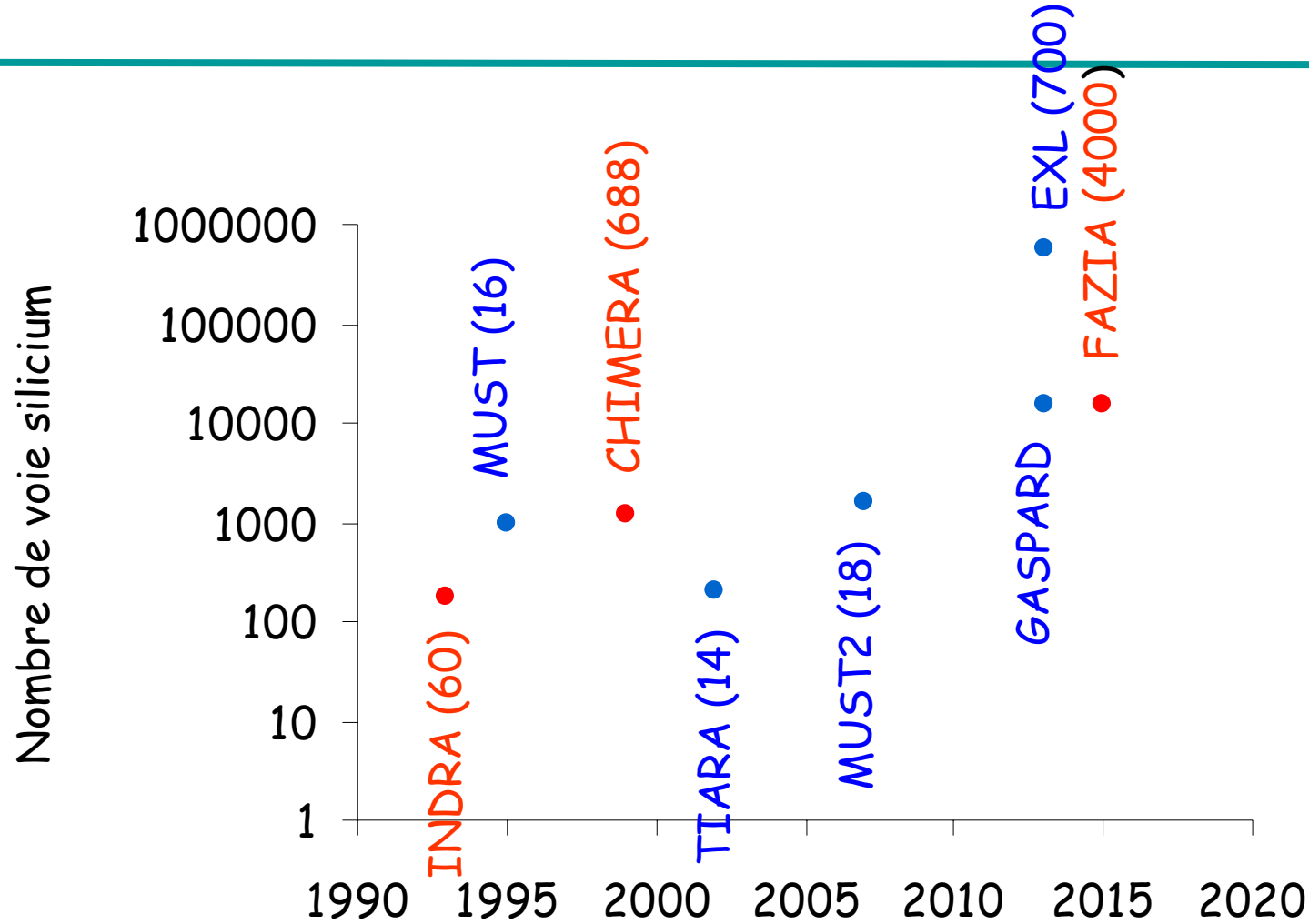


# FAZIA

---

- Les axes de R&D
  - L'étude de la forme des signaux (charge et courant)
  - La simulation des signaux
  - L'analyse des signaux :
    - Moments d'ordre 2 et 3
    - Réseaux de neurones
    - ....

# Les ordres de grandeurs



# Les dispositifs germanium

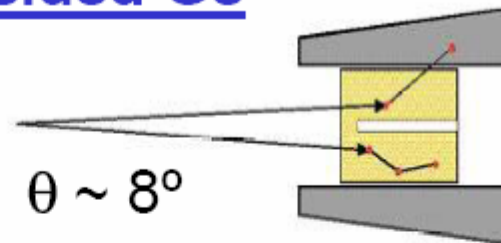
Des dispositifs anti-Compton -> le tracking gamma :

## Compton Shielded Ge

$\epsilon_{ph}$  ~ 10%

$N_{det}$  ~ 100

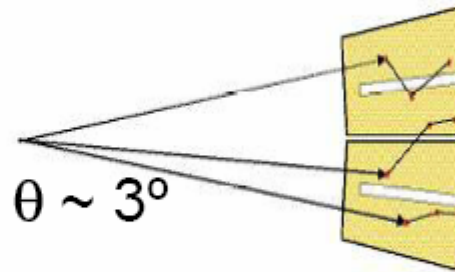
$\Omega$  ~ 40%



## Ge Sphere

$\epsilon_{ph}$  ~ 50%

$N_{det}$  ~ 1000

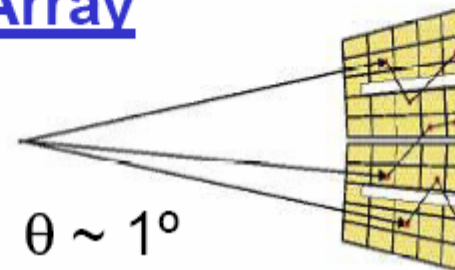


## Ge Tracking Array

$\epsilon_{ph}$  ~ 50%

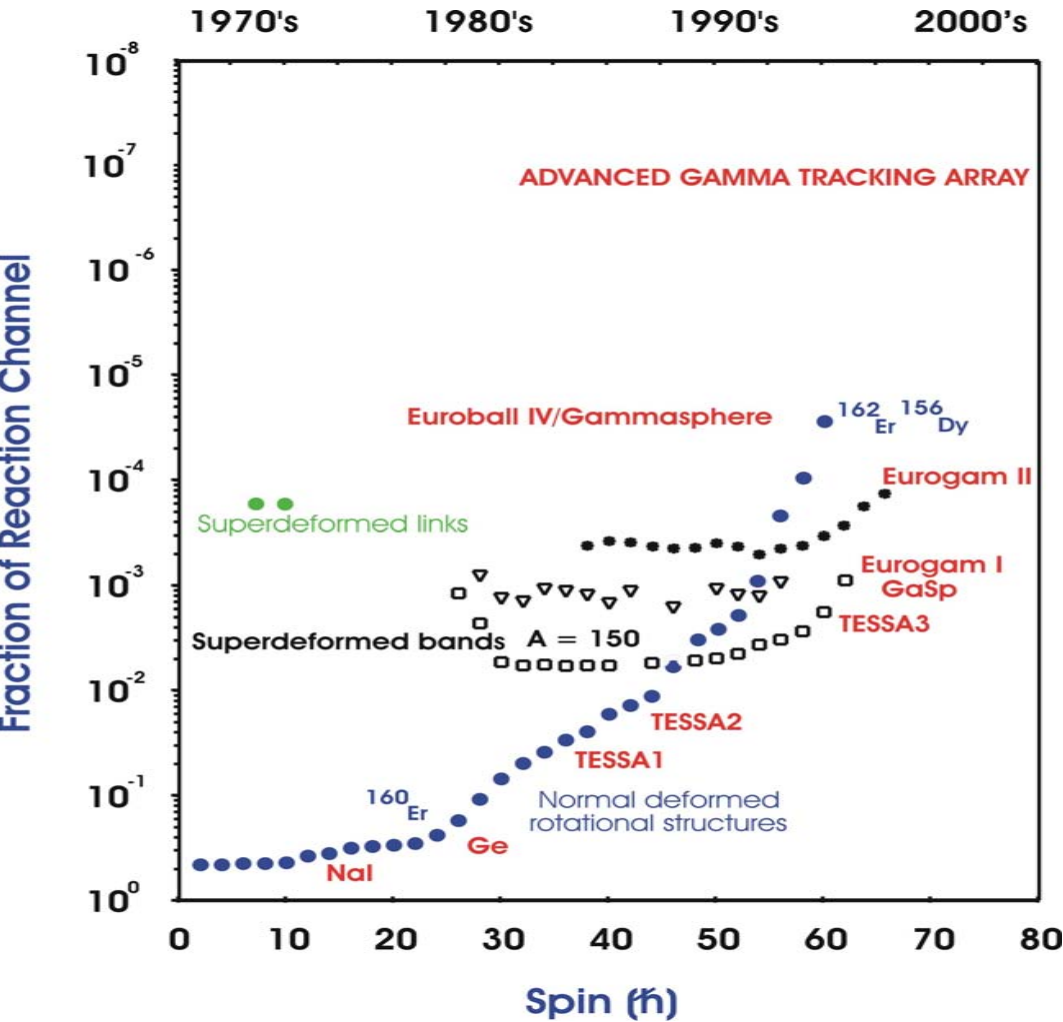
$N_{det}$  ~ 100

$\Omega$  ~ 80%

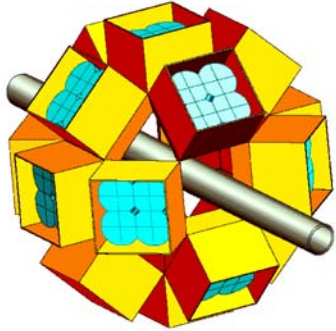




# Les dispositifs germanium

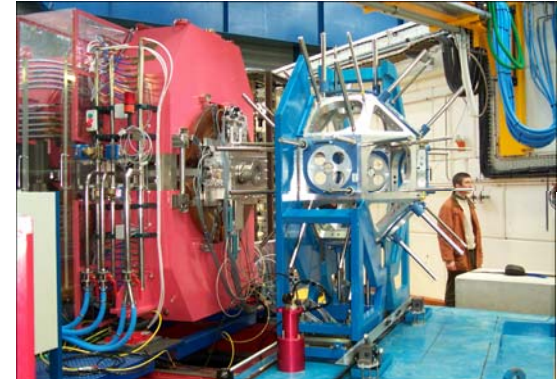
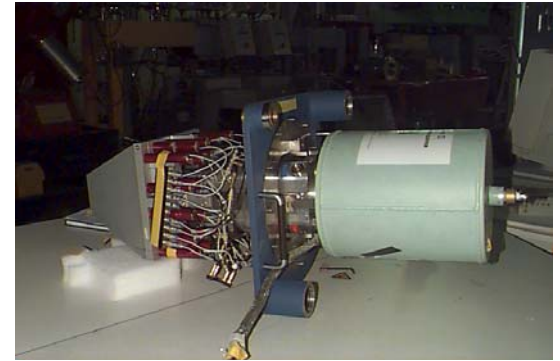
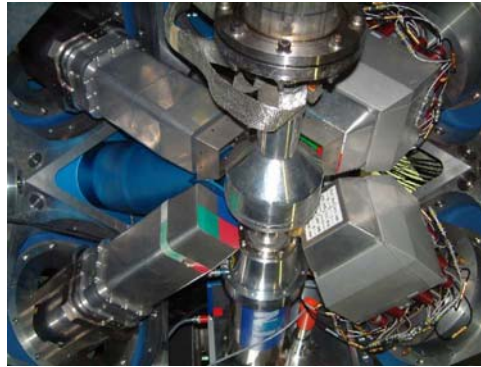


# EXOGRAM : spectroscopie nucléaire des noyaux exotiques



16 clovers segmentés,  
4 cristaux de  $\varnothing$  60 mm et 90 mm de long dans un même cryostat

LMH segment :  $\sim 4\text{keV}$  à 1.33 MeV  
LMH centre:  $\sim 2.4\text{ keV}$  à 1.33 MeV

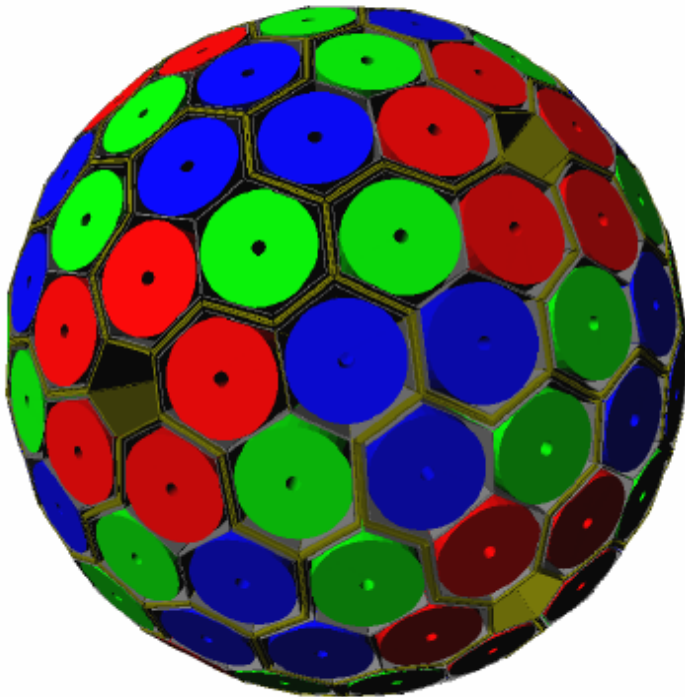




# AGATA

(Advanced GAMMA Tracking Array)

4 $\pi$   $\gamma$ -array for Nuclear Physics Experiments at European accelerators providing radioactive and high-intensity stable beams



## Main features of AGATA

<b>Efficiency:</b>	43% ( $M_\gamma=1$ )	28% ( $M_\gamma=30$ )
today's arrays	~10% (gain ~4)	5% (gain ~1000)

<b>Peak/Total:</b>	58% ( $M_\gamma=1$ )	49% ( $M_\gamma=30$ )
today	~55%	40%

**Angular Resolution:**  $\sim 1^\circ \rightarrow$   
 FWHM (1 MeV,  $v/c=50\%$ )  $\sim 6$  keV !!!  
 today  $\sim 40$  keV

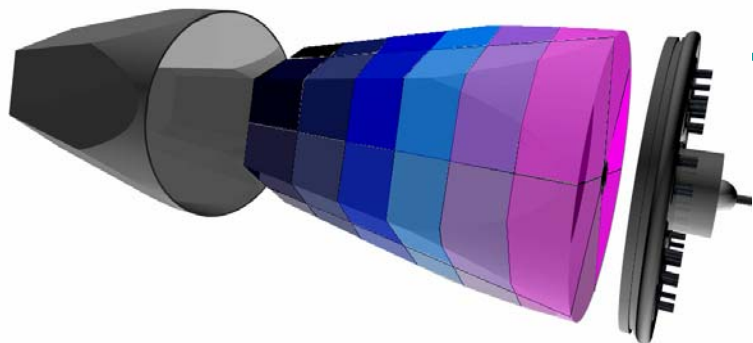
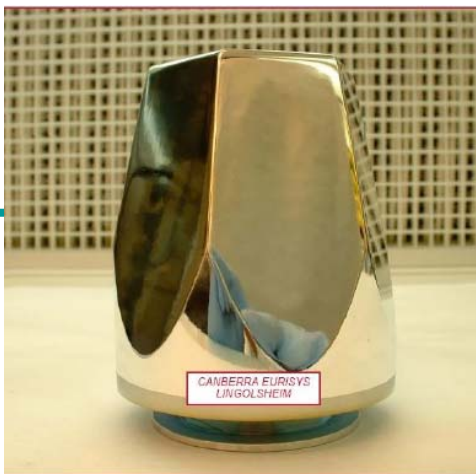
<b>Rates:</b>	3 MHz ( $M_\gamma=1$ )	300 kHz ( $M_\gamma=30$ )
today	1 MHz	20 kHz



- 180 large volume 36-fold segmented Ge crystals in 60 triple-clusters
- Digital electronics and sophisticated Pulse Shape Analysis algorithms allow
- Operation of Ge detectors in position sensitive mode  $\rightarrow$   $\gamma$ -ray tracking

J.Simpson, 5th AGATA week, jan.2007

# AGATA



## Le cristal

L=90mm

Ø→ 80mm

36 segments

## La capsule

Al, épaisseur 0.8mm

Distance 0.6 mm

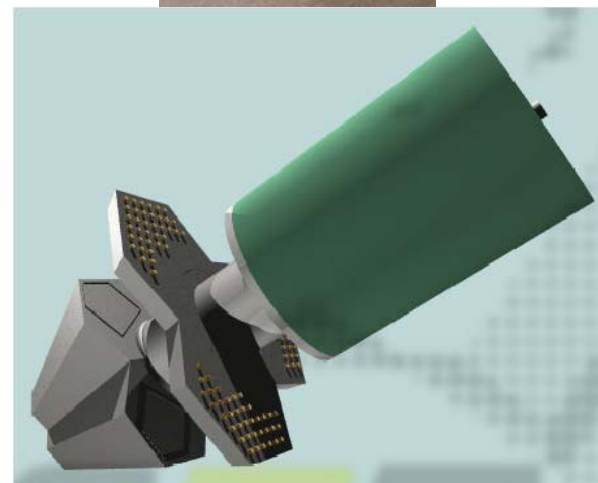
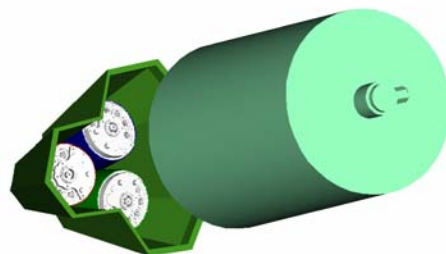
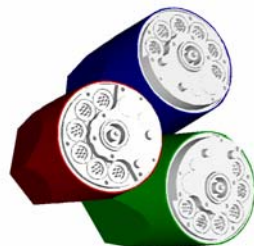
37 passages étanches

## Le triple cluster

111 FET, 230 passages

## Le cryostat

Le dewar : 3l



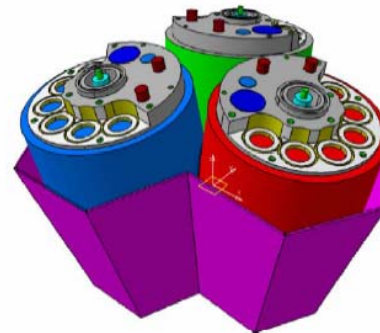
LMH segment : ~2.1 keV à 1.33 MeV

LMH centre: ~2.1 keV à 1.33 MeV

# AGATA

## Phase 1 : démonstrateur 5 triple clusters

- Symmetric detectors
  - 3 delivered
- Asymmetric detectors
  - 15 ordered
- Triple cryostats
  - 3 (soon 4) ordered
  - 1<sup>st</sup> expected May
- Test cryostats
  - 3 delivered
  - 2 ordered (expected soon)
- Preamplifiers
  - Core (cologne) Segment (Ganil, Milano) working



Phase 3 : 45 clusters :  $3 \pi$

Phase 4 : 60 clusters :  $4 \pi$

# Et pour finir

Merci à

C.O.Bacri, L.Bardelli, S.Barlini, B.Borderie, E.Chevallier,  
H.Hamrita, R.Kirsch, P.Lévêque, N.Le Neindre, D.Mathiot  
G.Voltolini, N.Willis,... .

Quelques acronymes

- MUST : MUr à STrips
- FAZIA : Four  $\pi$  A and Z Identification Array
- EXOGAM : « EXOTic » et « GAMma »
- R<sup>3</sup>B : Reactions with Relativistic Radioactive Beams