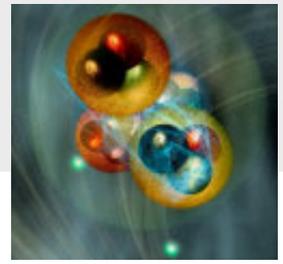


# Du Noyau aux Etoiles (DNE)

## Composition de l'équipe



### ♦ 17 personnes au total dont 12 permanents :

- **5 -> CNRS** : Dominique Curien (DR), Gilbert Duchêne (DR), Marcel Heine (CR), Christelle Schmitt (CR), Louise Stuttgé (DR)
- **4 -> Unistra** : Sandrine Courtin (Pr), Olivier Dorvaux (Pr), Benoît Gall (Pr), Mohamad Moukaddam (MCF)
- **3 -> ingénieurs.es** : François Didierjean (IR + HDR), Michel Filliger (IE), Marie-Hélène Sigward (IE-HC)

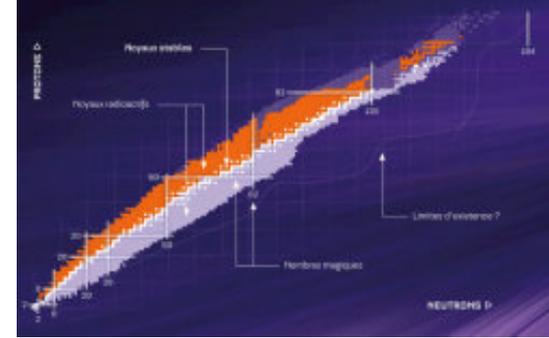
---

### • 2 -> post-doctorant.es :

- Eleonora Gregor : thématique AN (M. Heine/S. Courtin) -> Jan 2022 - CDD CNRS - 2 ans
- Kiéran Kessaci : thématique SHE/cibles (B. Gall) -> avril 2022 - CDD USIAS - 2 ans

### • 3 -> doctorants.es :

- Margaux Forge : thématique SHE (O. Dorvaux) - 2020-2023 - Contrat Doctoral
- Emma Monpriat : thématique AN (S. Courtin) - 2020-2023 - Contrat Doctoral
- Jean Nippert : thématique AN (S. Courtin) - 2019-2023 - Contrat Doctoral



Astrophysique Nucléaire (AN)

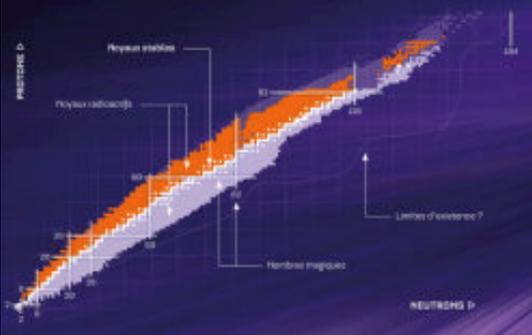
Etude des Mécanismes de Réaction (MR)

Etudes des Noyaux Exotiques (NE)

Eléments Superlourds (SHE)

***DNE***

et les développements instrumentaux associés



@CEA

Astrophysique Nucléaire et Clusters (ANC)  
STELLA et PIXEL

Etude des Mécanismes de Réaction (MR)

Etudes des Noyaux Exotiques (NE)

Eléments Superlourds (SHE)

***DNE***

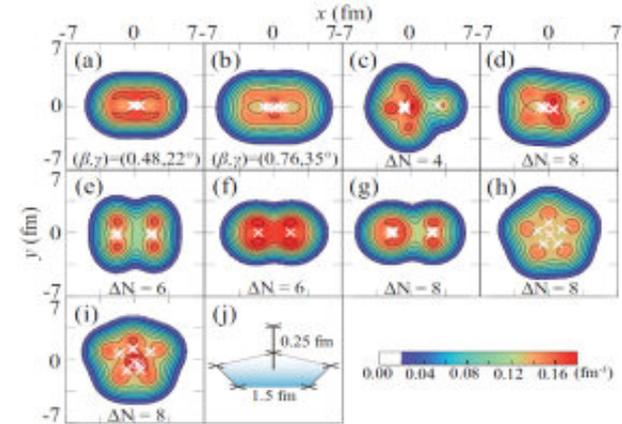
et les développements instrumentaux associés

# Thématique Astrophysique Nucléaire et Clusters (ANC)

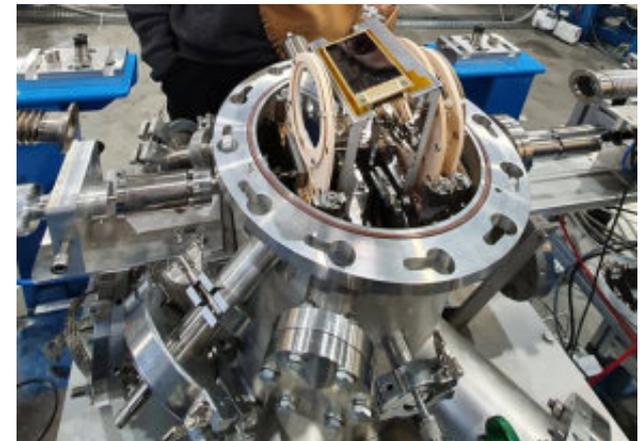
S. Courtin (Pr), D. Curien (Dr), E. Gregor (Postdoc), M. Heine (CR), E. Monpriat (PhD) & J. Nippert (PhD) + M. Moukaddam (MCF -> juin2021)

## Important Facts 2021-2022

- Publication of nucleosynthesis calculation with  $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$  trends in collab. with Observatory of Geneva
  - **E. Monpriat *et al.* A&A 660, A47 (2022)**
- Installation of STELLA at ANDROMEDE (SuperAco)
- $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$  data taking at ANDROMEDE (to be continued in May) in collaboration with UK-FATIMA (University of Surrey)
- Development of particle detector PIXEL (IdEx) at STELLA design at IPHC, commissioning at ANDROMEDE (IJCLab)
- Installation of particle-detector test-bench at Strasbourg
- ChETEC-INFRA (H2020 with 5M€) partnership
  - WP3: characterization of large thin self-supporting targets
  - WP4: cross sections for astronuclear HPC
  - WP7: SNAQs, Rußbach 2022 workshop organization
- Cluster states in  $^{24}\text{Mg}$  in collaboration with Texas A&M University submitted to PRL



Y.Chiba, PRC **91**, 061302(R) (2015)



# Thématique Astrophysique Nucléaire et Clusters (ANC)

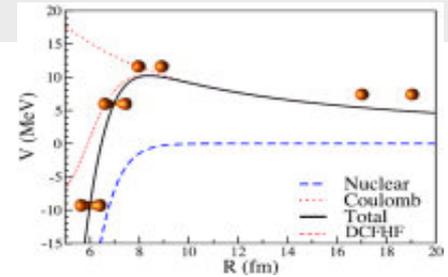
S. Courtin (Pr), D. Curien (Dr), E. Gregor (Postdoc), M. Heine (CR), E. Monpriat (PhD) & J. Nippert (PhD)  
+ M. Moukaddam (-> juin2021, MCF)

## Priorities 2023-2024

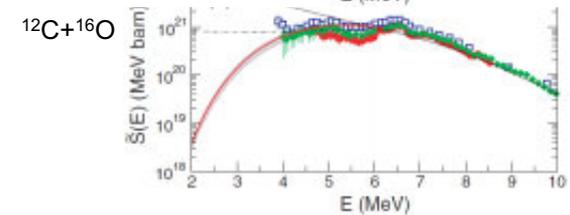
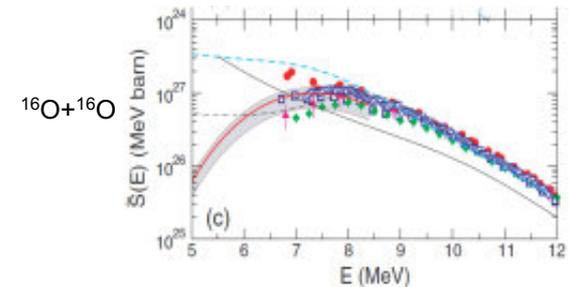
- fusion reaction with STELLA:  $^{12}\text{C}+^{16}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$
- $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$  data analysis:
  - molecular resonance
  - hindrance trend
  - angular distributions
- cluster states in fusion reactions (ANR)
- $^{12}\text{C}+^{30}\text{Si}$  with AGATA-EUCLIDES at INFN-LNL

## Presentations/Workshops and Publications

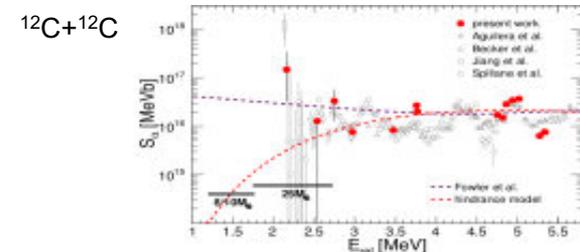
- S. Courtin: ECT\* KRINA 2021, NuPECC Meeting 2021, FUS++ 2022, ESNT 2022, IRENA Annual Meeting
- M. Heine: 16th NIC 2021
- E. Monpriat: XXth Workshop on Nuclear Astrophysics 2021
- J. Nippert: 17th Rußbach School on Nuclear Astrophysics 2022
  
- J.N. Wilson *et al.*, Nature **590**, 566–570 (2021)
- L. Morris *et al.*, PRC **104**, 054323 (2022)
- E. Monpriat *et al.* A&A **660**, A47 (2022)
- M. Heine *et al.*, EPJ WoC **260**, 01004 (2022)
- S. Courtin co-author 'Nuclear Physics in Every Day Life' ed. NuPECC, M. Lewitowicz



C.Simeneš, Prog PNP **103**, 19 (2018)



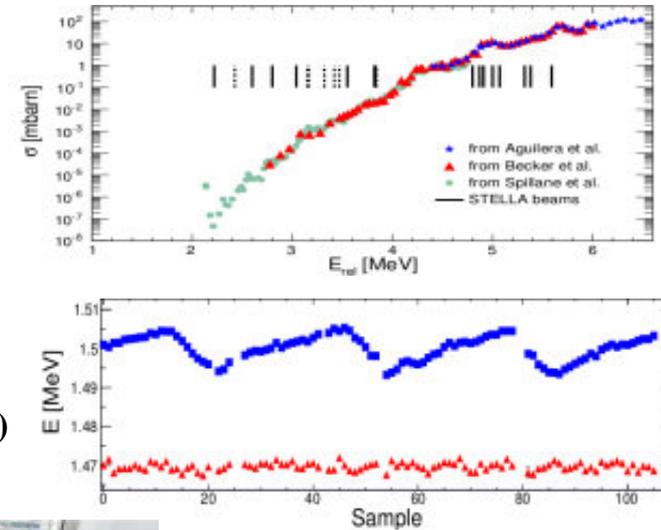
C.L. Jiang, PRC **75**, 015803 (2007)



S. Courtin (Pr), D. Curien (Dr), E. Gregor (Postdoc), M. Heine (CR), E. Monpriat (PhD) & J. Nippert (PhD)

### Coincidence Technique for Light Heavy-Ion Fusion Cross-Sections

- *picobarn cross-sections* for nuclear astrophysics:
  - long data taking time: monitoring of electronics drifts, statistical data analysis
  - $\mu\text{A}$  beam intensity: stability, rotating target
  - maximum efficiency: coverage, LaBr<sub>3</sub>(Ce) array with York, UK-FATIMA
  - background reduction: coincidence technique with nanoseconds timing
- $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ : interplay of clustering and hindrance
  - previous  $^{12}\text{C}$  fusion experiments: **G. Fruet *et al.*, PRL 124, 192701 (2020)**
  - now:** effects on nucleosynthesis: **E. Monpriat *et al.* A&A 660, A47 (2022)**



### Upgrades of the Measurement Station

- refurbishment of the rotating target mechanism
- implementation of particle-detection system at steep angles
- normalization, angular distributions
- merging of data acquisition software with GLIB java interface
  - STELLA: 125 MHz ABACO FMC112 cards
  - FATIMA: 1 GHz Caen V1751 digitizers
  - PIXEL: 500 MHz Caen DT5730(S) stand alone
- test benches
  - particle detection system
  - target thickness measurement (University of York, ChETEC INFRA WP3)



### Future Developments

- $^{16}\text{O}$  beams and targets:
  - $^{12}\text{C}+^{16}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$
- resonance spin assignment:
  - cluster states in fusion
- $^{24}\text{Mg}(\alpha, \alpha')$  at iThemba in collaboration with Texas A&U

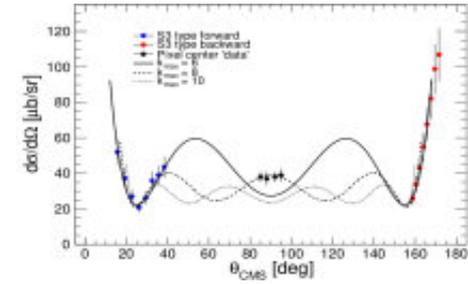
# Thématique Astrophysique Nucléaire et Clusters (ANC)

## Angular Distribution Measurement with STELLA-PIXEL

S. Courtin (Pr), D. Curien (Dr), E. Gregor (Postdoc), M. Heine (CR), E. Monpriat (PhD) & J. Nippert (PhD)

### PIXEL : IdEx 2019 (University of Strasbourg) laureate

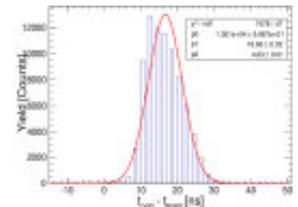
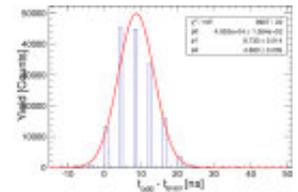
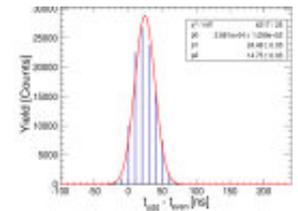
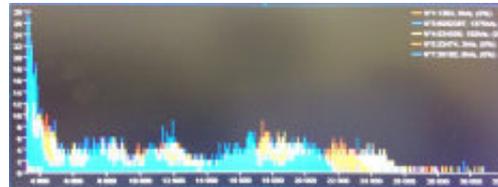
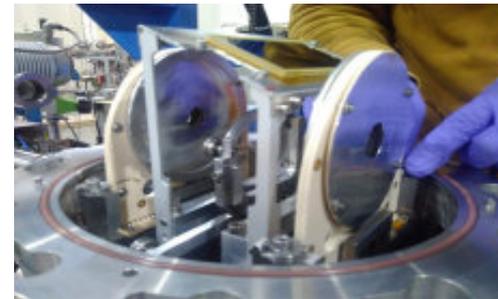
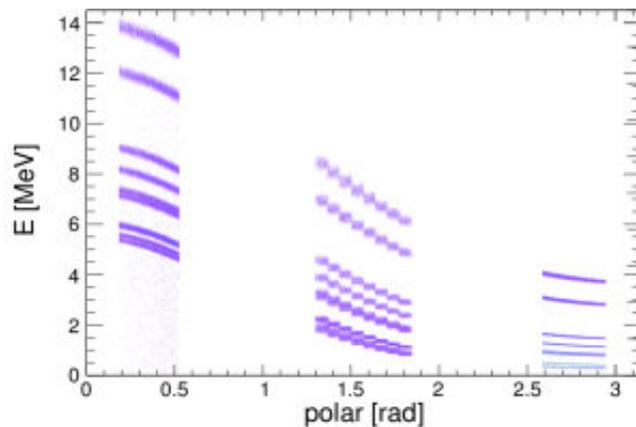
- spin assignments to resonances in light heavy-ion fusion reactions (e.g.  $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ )
- complete particle detection at steep polar angles
- complementary  $^{24}\text{Mg}(\alpha, \alpha')$  experiments at iThemba in collaboration with Texas A&U
- design, construction and testing at IPHC
  - Micron BB10: angular granularity
  - Micron SuperX3: fast timing (500 MHz clock)



timing tests

### Commissioning at ANDROMEDE (IJCLab) 2022

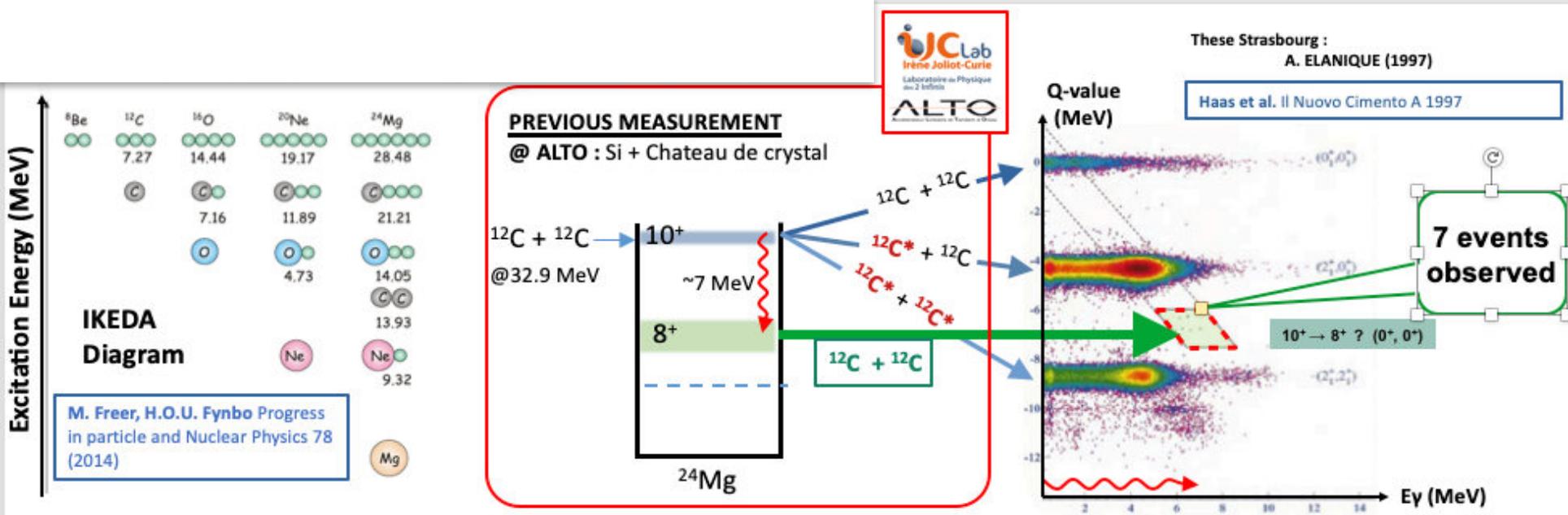
- commissioning with moderate sub barrier  $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$  measurements
- measurements at deep sub-barrier relative energies



# Thématique Astrophysique et Clusters (ANC)

avec PARIS + Détecteur Silicium pour l'étude des états moléculaires

S. Courtin (Pr), M. Moukaddam (MCF)



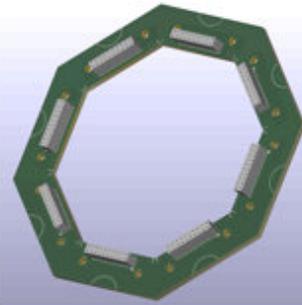
## IDEX Grant : 2019

4 Resistive Si Detectors (micron-semiconductors)  
Total sensitive area : 4 x 4 cm x 7.5 cm  
~10x more efficient

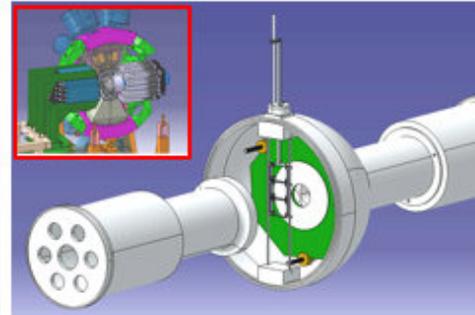
Dig. electronics (high throughput, low deadtime)  
125MHz, 14 Bits, FASTER (LPC Caen)

100 MeV dynamic range, Pile up reduction  
(Mesyttec)

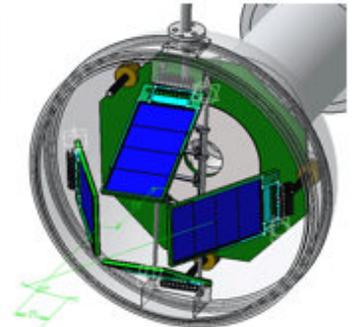
Coupling with PARIS, Large efficiency  
gamma detector array



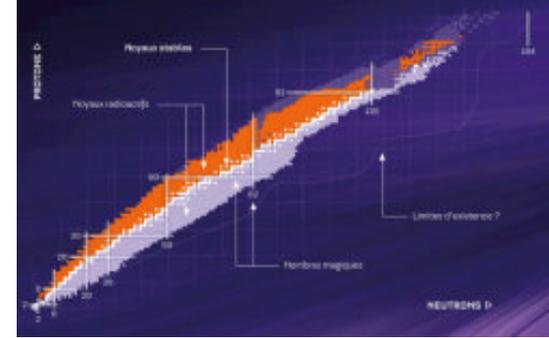
PCB tracing design  
M. Moukaddam, IPHC



Warsaw reaction chamber for PARIS,  
court. (P. Napiorkowski, K. Hadynska)



Mechanical solution  
G. Heitz, IPHC



Astrophysique Nucléaire (AN)  
STELLA et PIXEL

Etude des Mécanismes de Réaction (MR)  
PARIS, Neutromania

Etudes des Noyaux Exotiques (NE)

Eléments Superlourds (SHE)

***DNE***

et les développements instrumentaux associés

# Thématique Mécanismes de Réaction (MR)

O. Dorvaux (Pr), Ch. Schmitt (CR) & L. Stuttgé (DR)

## Faits marquants 2021-2022

- Première étude approfondie des propriétés de fission à basse énergie dans un pré-actinide (1 PRL, 1 manuscrit en cours)
- Mise en lumière du rôle inattendu des protons dans la fission asymétrique à travers la charte des noyaux (1 PRL, 1 PLB)
  - ces travaux sont le résultat d'expériences dans lesquelles DNE était fortement impliquée (1 en tant que porte-parole à GANIL, 1 en tant que porte-parole à New Dehli, 2 en tant que participants à GANIL)
- Premier assemblage d'un ensemble de 8 clusters PARIS à GANIL et première expérience avec un tel détecteur auprès du spectromètre VAMOS dédiée à l'énergétique de la fission (acceptée PAC GANIL juillet 2021, expérience mars 2022)
  - cette « première » pour la collaboration PARIS a été à l'initiative de DNE (porte parole) et effectuée en étroite collaboration avec les équipes de IFJ Cracovie, IJCLab et INFN Milano, ainsi PARIS monde
- Participation active aux campagnes d'expériences NuBall à IJCLab et PARIS à CCB Cracovie, et à leur interprétation, dédiées au processus de fission et à la structure nucléaire (1 Nature, 1 PLB, 5 PRC, 1 EPJ A)

# Thématique Mécanismes de Réaction (MR)

O. Dorvaux (Pr), Ch. Schmitt (CR) & L. Stuttgé (DR)

## Priorités 2022-2023

- Poursuite des études dédiée à une compréhension unifiée de la fission à travers la carte des noyaux et des configurations de nucléons « moteurs »
  - porte-parole d'une expérience dans la région des pré-actinides et participation pour les actinides (3 acceptées au PAC GANIL hiver 2021)
- Poursuite de la participation aux études de fission et structure nucléaire avec NuBall2 et PARIS (campagnes fin 2022-début 2023)
  - co-porte parole d'une expérience sur l'étude de la fast-fission (PAC Alto Automne 2021)

## Collaborations internationales/financements

- convention **IN2P3/COPIN** Pologne numéro 12-145 (Schmitt - Ciemala) sur PARIS et simulations: 32 jours
- convention **IN2P3/COPIGAL** Pologne numéro 5 (Lewitowicz - Maj) sur développements PARIS: encore non attribué
- convention **IN2P3/COPIGAL** Pologne numéro 9 (Schmitt - Mazurek) sur théorie de la fission: encore non attribué
- convention **IN2P3/GSI** numéro 04-48 (responsables: Jurado - Kelic) sur programme de fission: 70 jours (15 spécifiques DNE)
- convention **IN2P3/COPIN** Pologne numéro 08-131 (Bartel - Pomorski) sur théorie de la fission: 45 jours

# Thématique Mécanismes de Réaction (MR)

## Corrélations angulaires entre les fragments et les neutrons dans la fission spontanée de $^{252}\text{Cf}$ : expérience CORA

collaboration CORA :

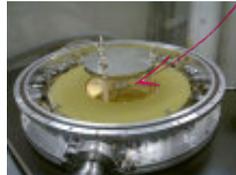
L. Stuttgé, F. Gönnenwein, Y. Kopatch, M. Mutterert,  
A. Gagarski, I. Guseva *et al.*

- IPHC, Strasbourg, France
- Université de Tübingen, Tübingen, Allemagne
- FLNP, JINR, Dubna, Russie
- GSI, Darmstadt, Allemagne
- PNPI, Gatchina, Russie

† : décédé le 24.07.2019

### CORA : CODIS & DEMON

#### • CODIS

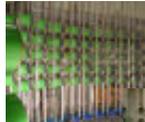


$^{252}\text{Cf}$

>> FF : E, A,  $\theta$ ,  $\Phi$

#### • DEMON

CORA-1: test experiment (2003)



CORA-3: second experiment (2009-2010)



CORA-2: first experiment (2008-2009)

>> n : E,  $\theta_0$ ,  $\Phi_0$

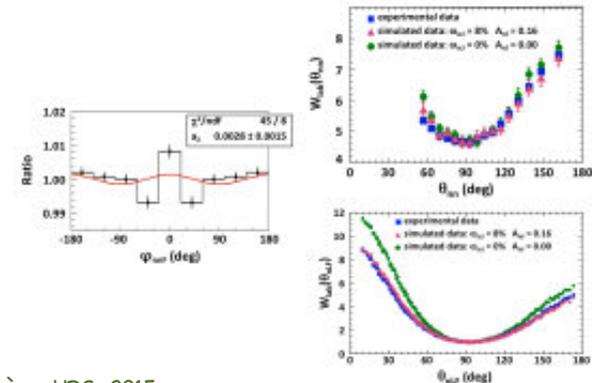
-> coïncidences entre les 2 FF et au moins 1 n

> mise en évidence d'une anisotropie dans l'émission des neutrons due à :

- une anisotropie dynamique dans le c.m. des FF
- une émission de neutrons de scission

déterminées dans la même expérience

> expériences CORA3 : - anisotropie  $\rightarrow A_{nJ} = 0.16$   
- émission de neutrons de scission  $\rightarrow \omega_{sci} = 8\%$



> A. Chietera, thèse, UDS, 2015

A. Chietera, L. Stuttgé et al., Eur. Phys. J. A (2018) 54:98

soutien : convention IN2P3/Dubna (FLNP et FLNR)

**CORA3** : paramètres obtenus  $\rightarrow$  assez grandes incertitudes

- > compléter et réanalyser expériences existantes
- > nouvelle expérience en cours de préparation

**CORA4** : optimisation du dispositif expérimental

- > retardée pendant 2 ans pour cause de COVID
- > compromise maintenant pour cause de conflit russo-ukrainien

soutien : convention IN2P3/Dubna (FLNP et FLNR)  $\searrow$  10 jours/an ...!

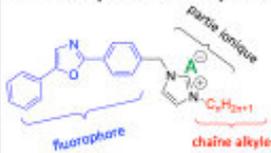
# Thématique Mécanismes de Réaction (MR) avec Neutromania

collaboration :

- L. Stuttaé, L. Douce *et al.*  
 - IPHC, Strasbourg, France  
 - IPCMS, Strasbourg, France



## ➤ composés ioniques

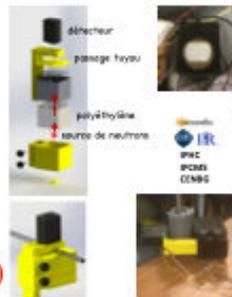


- avantages :
- excellente stabilité chimique et thermique
  - sans tension de vapeur
  - possibilité de les mettre sous vide
  - possibilité d'agir sur les propriétés en changeant :
    - l'anion ( $^{10}\text{B}$ )
    - la chaîne alkyle ( $\nearrow H$ )

➤ 3 brevets

## ➤ 1<sup>ère</sup> application : boremètre

- objectif : détecter des bouchons de cristaux de bore dans les tuyaux des centrales nucléaires
- technique : comptage de neutrons lents après passage dans le tuyau



➤➤ 1<sup>er</sup> test réussi à Fessenheim (février 2021)

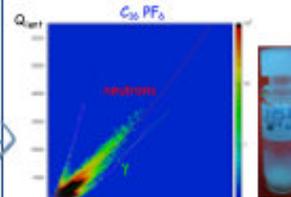
## ➤ soutien, essentiellement :

- maturation SATT-Conectus (2015-2019)
- ANR Outsmart (2016-2019)
- prématurations CNRS :
  - LUXCIFER : 2019-2021 (18 mois)
  - NOCTIFERIUM : 2021-2022 (18 mois)

## ➤ perspectives :

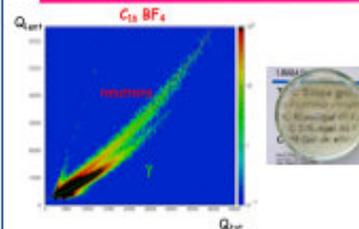
- faire pousser des cristaux de grande taille
- autres applications : radiamètre, ... , nouveau DEMON
- startup ?

## ➤ neutrons rapides



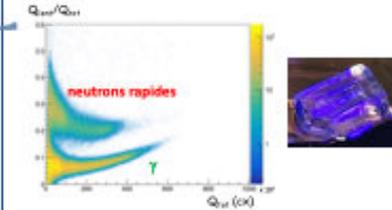
**brevet 1 (2008)**

- composants opaques
- FOM  $\approx 1.2$



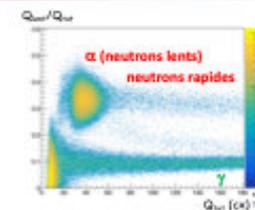
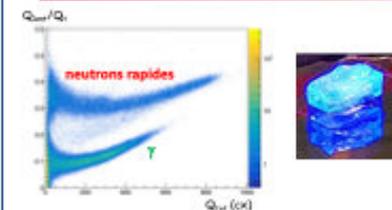
**brevet 2 (2013)**

- $\text{BF}_4$
- fluorène
- polycristallin



- monocristallin
- FOM  $\approx 1.6$

## ➤ neutrons lents



**brevet 3 (2021)**

- nouveau fluorophore
- rend<sup>t</sup> luminescence x2
- FOM  $\approx 2.0$

# Thématique Mécanismes de Réaction (MR)

avec PARIS

O. Dorvaux (Pr), Ch. Schmitt (CR) & L. Stuttgé (DR)

## Responsabilités

- Resp. Group Detector - Home base détecteurs de la collaboration PARIS (mais départ de S. Kihel)
- Membre du Managing Board
- Représentant au SC pour l'IN2P3

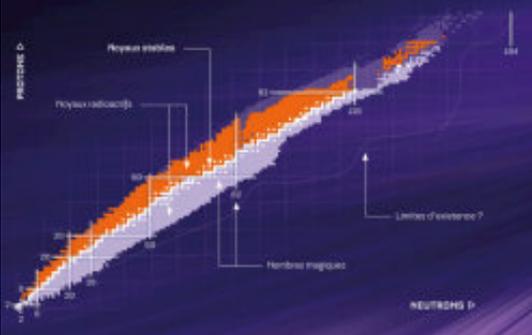
## MoU

- Objectif du précédent MoU atteint i.e. 72 détecteurs individuels
- Renouvellement d'un MoU -> 2026 (~200 k€) pour l'IN2P3 et achat de 9 détecteurs IN2P3+GANIL + électronique associée.

**2022-2023 : 2 campagnes de PARIS avec autant de détecteurs en France (GANIL/SPIRAL2 + ALTO)**



# Les thématiques de recherche



Astrophysique Nucléaire (AN)  
STELLA et PIXEL

Etude des Mécanismes de Réaction (MR)  
PARIS, Neutromania

Etudes des Noyaux Exotiques (NE)  
AGATA

Eléments Superlourds (SHE)

***DNE***

et les développements instrumentaux associés

# Thématique Noyaux Exotiques (NE)

G. Duchêne (DR), D. Curien (DR), F. Didierjean (IR), M. Moukaddam (depuis juin 2021 - MC)

## Faits marquants 2021-2022

Noyaux riches en neutron : Structure nucléaire autour du gap N=50 au voisinage de  $^{78}\text{Ni}$

### ➤ Fusion-fission

Exp e680 AGATA-VAMOS++ @GANIL -> AP AGATA

- $^{96}\text{Kr}$  : évidence limite inférieure de l'îlot d'inversion à N=60 (Dudouet et al., PRL 118 (2017))
- $^{81}\text{Ga}$  : excitation du cœur neutron au travers du gap N=50 (Dudouet et al., PRC 100 (2019))
- K. Rezyunkina et al.,  $^{83,85,87}\text{As}$  de semi-magicité à  $\gamma$ -softness ; soumis à PRC (post-doc AGATA)
- Analyses en cours  $^{73-79}\text{Zn}$ ,  $^{79-84}\text{Ge}$

Exp NuBall (juin-juillet 22) -> AP NuBall

- Fission induite : exp complémentaire de AGATA-VAMOS sur mêmes noyaux (grande statistique, triples coïncidences)

### ➤ Beta-decay -> AP Bestiol, Polarex

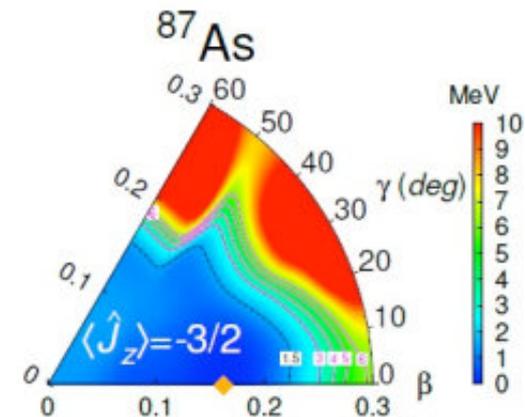
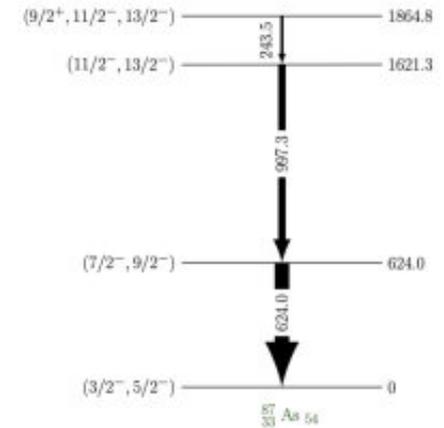
FD : Membre du bureau ISOL-France

FD : Co-directeur de thèse R. Li (Orsay)

Soutenance le 29/04/2022

FD : Co-organisateur de workshops ISOL-France (mars, novembre 21 et mai 22)

Commissioning CoeCo & beta-decay  $^{80}\text{Ga}$



# Thématique Noyaux Exotiques (NE)

G. Duchêne (DR), D. Curien (DR), F. Didierjean (IR), M. Moukaddam (depuis juin 2021 - MC)

## Faits marquants 2021-2022 (suite)

➤ Symétries exotiques -> AP DNE + coll 20-83

Mise en évidence et étude de ces symétries

DC : Coll théorie-exp TetraNuc

DC : coll avec GSI n°20-83

Exp @ GSI en 2021 sur isomères de fission auprès du FRS ion catcher

Découverte sym tétra + octaédrique ds  $^{152}\text{Sm}$

## Collaborations nationales et internationales

Coll ISOL-France (FD, GD)

Coll IN2P3-CEA-GSI n°02-42 (détecteurs, tables scan et DESPEC ; GD, FD, MF, MM, MHS)

Coll IN2P3-CEA-GSI n°20-83 (isomères fission et sym exotiques ; DC, GD, FD)

AGATA (GD, FD, MF, MM, MHS)

## Publications, Conférences invitées

A.Bracco, G.Duchêne, Zs.Podolyak, P.Reiter

Article de revue sur la physique AGATA

Prog. Part. Nucl. Phys., 103887 (2021)

G. Duchêne, Exposé de revue sur réaction fusion-fission AGATA-VAMOS++, Colloque GANIL (2021)

# Thématique Noyaux Exotiques (NE)

## avec AGATA

G. Duchêne (DR), D. Curien (DR), F. Didierjean (IR), M. Filliger (IE), M. Moukaddam (depuis juin 2021 - MCF)  
M.-H. Sigward (IE-HC)

## Labo détecteurs R&D détecteurs germanium et maintenance

### ➤ Responsabilités

GD -> AGATA Steering Committee (ASC) / FD -> AGATA Collaboration Council (ACC)

### ➤ Triples clusters

ATC01 monté à l'IPHC + 4 ATC réparés/reconditionnés au GANIL pour campagne 2021

Démontage ATC au GANIL, juillet 21 (11j)

Montage/réparation/reconditionnement ATC @LNL, oct 21 à mars 22 (82j)

8 FAT sur 14 par personnel IPHC

### ➤ Table de scan

Scan S001 pour étude trapping porteurs

ANR OASIS pour formes impulsion vs  $E_r$ : J. Ljungvall (IJCLab) ; 2018-2023 ; IPHC = 32,4 k€

CDI De Canditiis en fév 22

### ➤ Publication

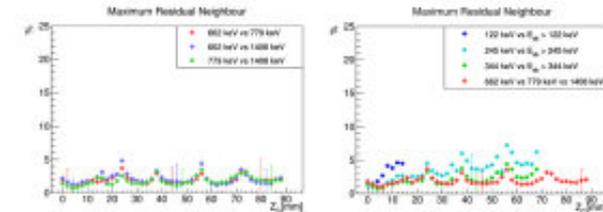
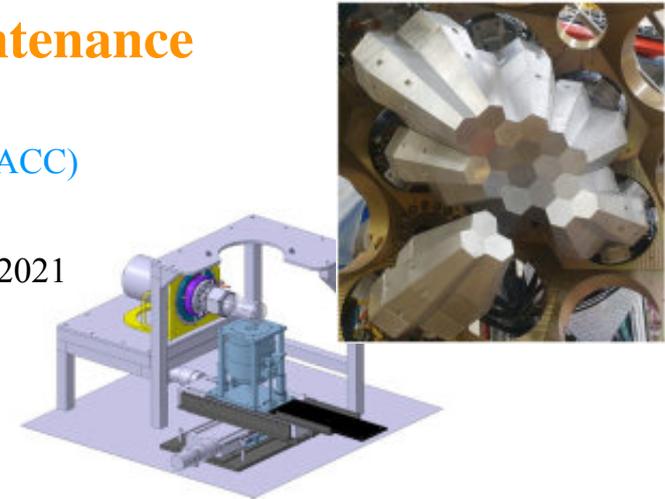
De Canditiis et al, 1<sup>ère</sup> utilisation  $^{152}\text{Eu}$  ds table de scan, Eur. Phys. J. A **57**, 223 (2021)

### ➤ Projets

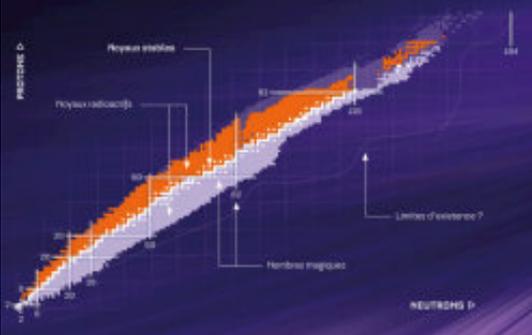
**Ge-PSI** : G. Duchêne ; thèse Région-MIRION pour imageur 360° basé sur le tracking  $\gamma$  (3 ans) : 125 k€ + part MIRION (personnel et Ge)

**TRACE** : J. Lungvall ; Chaire Gutenberg : mesure mobilité charges ds Ge grande taille (1 an) : 40 k€ (matériel + fct) + 160 k€ (perso)

**IMATRA** : P. Greenlees (JYFL) ; contrat européen INFRATECH H2020 d'AGATA pour scan de nouveaux contacts et étude des dommages neutrons (4 ans) - 300 k€



# Les thématiques de recherche



Astrophysique Nucléaire (AN)  
STELLA et PIXEL

Etude des Mécanismes de Réaction (MR)  
PARIS, Neutromania et Détecteur Si

Etudes des Noyaux Exotiques (NE)  
AGATA

Eléments Superlourds (SHE)  
SHELS/GABRIELA/SHEXI - Four Induction/MIVOC/Cibles - S3/SIRIUS

***DNE***

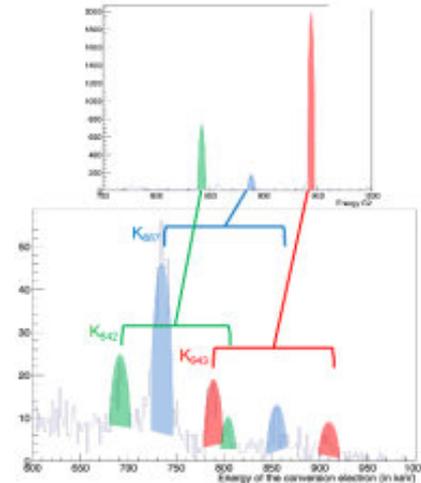
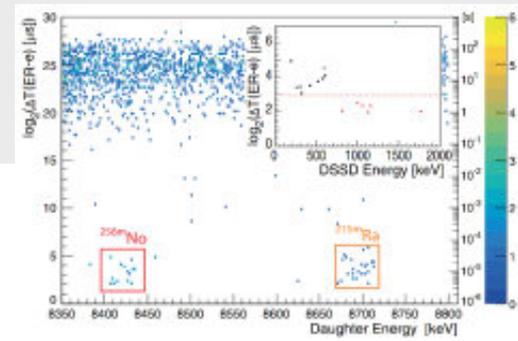
et les développements instrumentaux associés

# Thématique Eléments Superlourds (SHE)

O. Dorvaux (Pr), M. Forge (PhD), B. Gall (Pr) & K. Kessaci (Postdoc)

## Faits marquants 2021-2022

- Première spectroscopie  $\gamma/e^-$  du  $^{256}\text{No}$  : thèse de K. Kessaci - 1 PRC
- spectroscopie  $\gamma/e^-$  du  $^{255}\text{No}$  : thèse de K. Kessaci - mise en évidence de 4 états isomères - article en cours de rédaction
- spectroscopie du  $^{254}\text{No}$  : thèse M. Forge : Première mesure du splitting Gallagher dans un noyau superlourd + suspicion de shape-coexistence (SD) - article en cours de rédaction
- Synthèse d'un nouvel isotope  $^{249}\text{No}$
- Expérience de synthèse de l'élément Z=119 à RIKEN
- Bourse JSPS 2 mois à RIKEN
- Validation du four à induction à Dubna pour la production de faisceaux intenses de Cr et Ti
- Validation sur la SHE Factory des faisceaux dits MIVOC
- Fellowship USIAS 2021 pour la préparation de faisceaux métalliques très haute intensité et de supports de cible haute-température.



# Thématique Eléments Superlourds (SHE)

O. Dorvaux (Pr), M. Forge (PhD), B. Gall (Pr) & K. Kessaci (Postdoc)

## Priorities 2023-2024

- Preuve de faisabilité de la détection X pour les SHE (Projet ANR-SHEXI)
- Poursuite de la synthèse de l'élément  $Z=119$  à RIKEN
- Test SIRIUS (juin 2022) + Démarrage de S3/SIRIUS -Proposition de Day1 experiment « étude état isomère  $256\text{Rf}$  » présentée en Juin 2018 (co-porte-parole : K. Hauschild)
- Inconnu pour le programme scientifique à Dubna....

## Conférences et Publications

- OD et BG talks invités au 27th Nuclear Physics Workshop, à Lublin, 2021 dédié à Yuri Ts. Oganessian
- MF et KK : talks au 22nd Colloque GANIL, 2021
- K. Kessaci et al., *Evidence of high-K isomerism in  $256\text{No}$* , Physical Review C, 104 (2021) 044609
- A. I. Svirikhin et al., *The New  $249\text{No}$  Isotope*, Physics of Particles and Nuclei Letters, 18 (2021) 445-448
- K. Hauschild et al., *Alpha-decay spectroscopy of  $257\text{Rf}$* , EPJ A, 58 (2022)
- A. Lopez-Martens et al., *Fission properties of  $253\text{Rf}$  and the stability of neutron-deficient Rf isotopes*, PRC, 105 (2022) L021306
- P. Brionnet et al., *Characterization of a new generation of silicon detector: The SIRIUS side “Strippy-Pad” detector*, NIM A1015 (2021) 165770.

# Thématique Eléments Superlourds (SHE)

## avec SHELS/GABRIELA/SHEXI

O. Dorvaux (Pr), M. Forge (PhD), B. Gall (Pr) & K. Kessaci (Postdoc), C. Mathieu (IE)



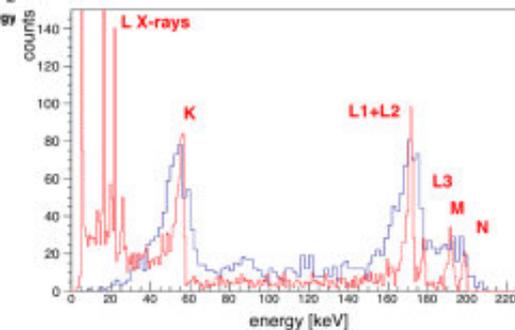
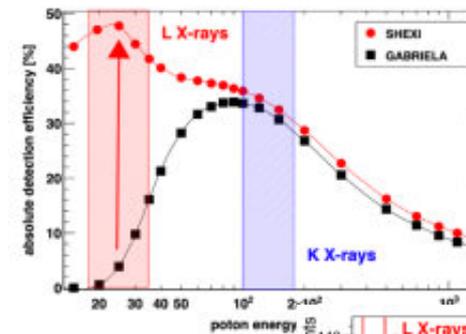
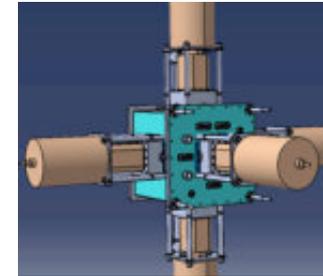
**SHELS** : séparateur

**GABRIELA** : plan focal

- Nouveaux détecteurs au plan focal (FLNR) + nouvelle électronique digitale (IJCLab + IPHC) + nouvelle chambre à réaction (désignée à l'IPHC) + SHE factory avec SHELS2 + cibles radioactives (FLNR)
  - tous les feux sont au verts pour un programme scientifique sans concurrent très prometteur

.... mais *COVID + guerre en Ukraine !!*

- Demande ANR **SHEXI** (porteur K. Hauschild) : détection des rayons X (K, L et M) pour l'identification des SHE et la séparation des différents électrons de conversion des différentes couches
- Possibilité à moindre coût de commencer le développement avec l'achat d'un détecteur de très haute résistivité à MICRON ~14 k€ + ASICs



# Thématique Eléments Superlourds avec SIRIUS/S<sub>3</sub>

O. Dorvaux (Pr), M. Forge (PhD), B. Gall (Pr) & K. Kessaci (Postdoc), C. Mathieu (IE)

## Responsabilités

- Resp. groupe détecteurs Tunnel (conception, design, tests, validation, caractérisation ...)
- Resp. chambre à réaction de SIRIUS (conception, design, réalisation). Livrée au GANIL fin 2019
- Représentant au MB S3/SIRIUS
- Force de proposition pour expériences Day 1 experiment

## Situation actuelle

- Toutes les tâches qu'avaient en charge le groupe DNE ont été livrées au GANIL
- Debug de l'électronique
- Participation aux tests ToF de SIRIUS en juin 2022

## Perspectives à court terme

- Démarrage de S3 + LINAC
- Participation active aux Day 1 experiments
- Participation à NEWGAIN (injecteur A/Q=6-7) - échéance ~2030



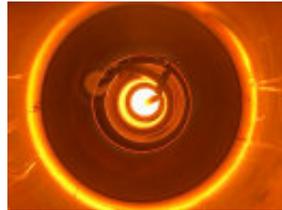
# Thématique Eléments Superlourds avec Four à induction, MIVOC, cibles haute-température

M. Filliger (IE), B. Gall (Pr) & K. Kessaci (Postdoc)

## Production de faisceaux intenses

### R&D Four à induction (Dubna & GANIL)

- Validation évaporation (Cr 1200°C, Ti 1650°C)
- Intégration au plug DUBNA sans surchauffe de la paroi interne de la source
- Préparation test sur source ECR
- $T_{\max} = 2500^{\circ}\text{C}$  (2000°C avec plug)
- Tests au GANIL discutés
- Compatible Newgain



### R&D MIVOC (Dubna & GANIL)

- Test sur la SHE Factory @ Dubna
- $3\mu\text{A}$  en Cr,  $2\mu\text{A}$  en Ti
- Synthèse nickelocène validée
- Synthèse uranocène : 1<sup>ers</sup> tests au GANIL
- Réduction Mox's : Ti & Cr en tests
- Réduction du  $^{48}\text{Ca}$  : demande du GANIL, banc de test à l'IPHC (en préparation)

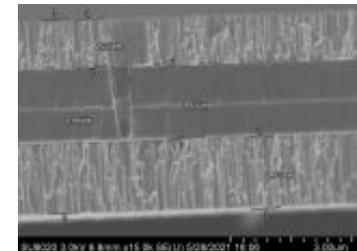


Cp,Cr sur la source  
SHE-Factory @Dubna

### USIAS Fellowship (2 ans postdoc + 64 k€)

- Préparer les faisceaux métalliques à  $10\mu\text{A}$  : Four inductif
- Supports de cible haute-température  
Matériaux Innovants
- Tests en conditions réelles
- Analyse des effets haute dose
- Cible autorotative pour les actinides

+ 45 k€ EUROLABS



# Synergie avec la théorie

## Astrophysique Nucléaire (AN)

- Collaboration avec Australian National University (C. Simenel): calculs autour le phénomène d'hindrance
- Collaboration avec l'Observatoire de Genève et Université Libre de Bruxelles, calculs de nucléosynthèse  $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ , ..
- Collaboration avec University of Surrey (A. Diaz-Torres): calcul des resonances  $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$

## Etude des Mécanismes de Réaction (MR)

- Calculs théoriques avec un modèle dynamique et un modèle semi-empirique de fission pour l'interprétation des données de nos expériences (1 PRL, 1 PLB)
  - des membres de DNE sont soit « moteurs » dans ces calculs, soit participants actifs
- Poursuite des développements théoriques des modèles dédiés à une compréhension consistante de la fission (1 Nucl. Data Sheets, 1 PRC, 1 manuscrit en cours)
  - ces travaux se font en étroite collaboration avec GSI, IFJ Cracovie, UMCS Lublin et Los Alamos

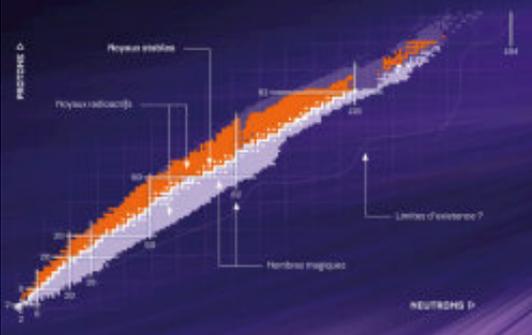
## Etudes des Noyaux Exotiques (NE)

- Collaboration avec J. Dudek pour la recherche de nouvelles symétries
- Collaboration avec F. Nowacki/D. Dao pour l'interprétation des As riches en neutrons (Isotopes riches en neutrons des Ge et Zn à l'avenir)

## Éléments Superlourds (SHE)

- Collaboration avec F. Nowacki/D. Dao et J. Dudek pour interprétation d'une possible co-existence de forme (SD?) dans le  $^{254}\text{No}$

# Les thématiques de recherche



Astrophysique Nucléaire (AN)  
STELLA et PIXEL

Etude des Mécanismes de Réaction (MR)  
PARIS, Neutromania et Détecteur Si

Etudes des Noyaux Exotiques (NE)  
AGATA

Eléments Superlourds (SHE)  
SHELS/GABRIELA/SHEXI - Four Induction/MIVOC/Cibles - S3/SIRIUS

**DNE**

et les développements instrumentaux associés

# Besoins RH : 3 demandes

## CR2 (SHE), AI (AGATA) et CDD (PARIS)

### Profil de AI-Instrumentation Projet AGATA.

Thème : Collaboration AGATA

Groupe DNE

L'IPHC est fortement impliqué dans la collaboration AGATA qui regroupe plus de 40 instituts de 12 pays et vise au développement et à la construction d'un spectromètre gamma européen de nouvelle génération constitué uniquement de cristaux de germanium (Ge). L'appareillage complet sera composé de 180 détecteurs semi-conducteurs encapsulés et multi-

### Profil de Post-doctorant.e (2 ans) Projet PARIS.

Thème : Collaboration PARIS – Mécanismes de réaction

Groupe DNE

Préambule : Cette demande de poste de post-doctorant.e est faite dans le cadre national de la collaboration PARIS dans laquelle sont impliqués quatre laboratoires : GANIL, IJCLab Orsay, IP21 Lyon et l'IPHC Strasbourg. Elle est motivée par deux campagnes d'expériences PARIS qui auront lieu en 2023, la première à ALTO avec PARIS couplé au spectromètre v-

### Profil de Chargé.e de Recherches CR2

Thème : Structure Nucléaire et Synthèse des Eléments Superlourds

Groupe DNE

Le noyau atomique représente l'une des composantes fondamentales de la matière dans l'univers. S'il est produit en grande variété dans les processus stellaires et ce, jusqu'aux noyaux superlourds, il est difficile - voire impossible - de produire tous ces noyaux en laboratoire. C'est aussi un objet complexe à modéliser car sa description relève d'un problème quantique à plusieurs corps basé sur l'interaction forte dont la description effective est encore mal connue. Il est donc fondamental d'enrichir les prédictions des modèles théoriques actuels à l'aide de données spectroscopiques les plus précises possibles. C'est pourquoi le groupe DNE est très fortement impliqué dans l'étude des éléments superlourds situés à l'extrémité de la charte des noyaux de par leur masse et leur charge. Ces noyaux ont la spécificité de présenter des modes d'excitation et des modes de désintégration qui sont régis par la compétition entre l'interaction

# Questions à aborder

- 1) RH + poste CR2 2022 - Profil thème « Noyaux, évolution stellaire et nucléosynthèse » @IPHC
- 2) Impact COVID
  - a. 1 an de plus de thèse pour J. Nippert
  - b. Accès à RIKEN toujours impossible
- 3) Financements AP (Missions + fonctionnement) via GANIL/ALTO (AGATA, PARIS, S3, Four à induction, ...)
- 4) Impact Guerre en Ukraine vs arrêt du programme à Dubna :
  - a. Quid de la position du CNRS pour des prises de données sans la collaboration française ?
  - b. Publications - travail de thèse
  - c. Non paiement de matériel (montant estimé ~70 k€)
  - d. ANR SHEXI - nécessité des fonds « AP missions »
  - e. MoU PARIS