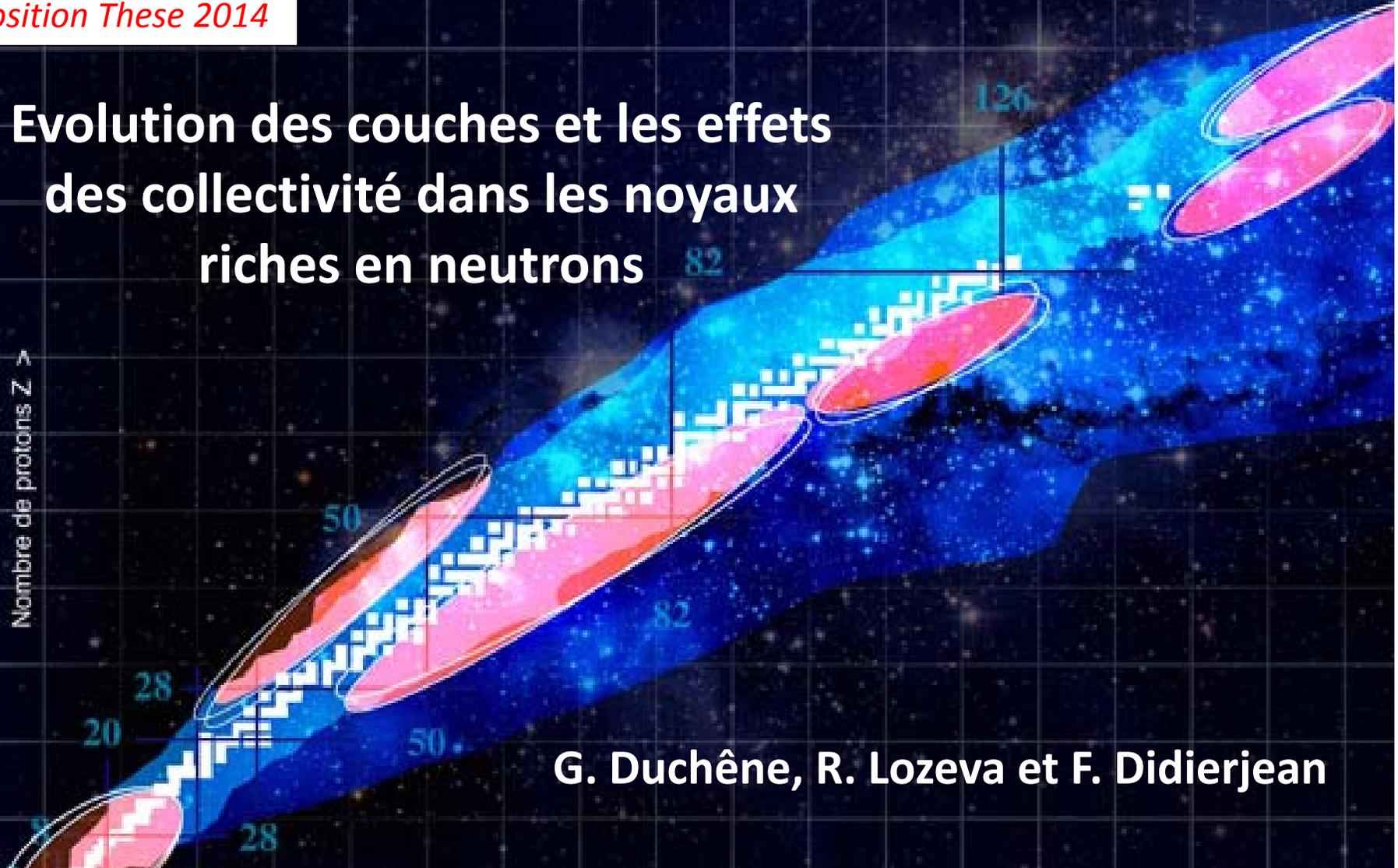


Evolution des couches et les effets des collectivité dans les noyaux riches en neutrons

Nombre de protons Z



G. Duch ne, R. Lozeva et F. Didierjean

Contact : **Duch ne Gilbert** ou **Radomira Lozeva (thèse)** et **F. Didierjean (stage M2)**

Téléphone : 03 88 10 66 12 ou 03 88 10 63 78

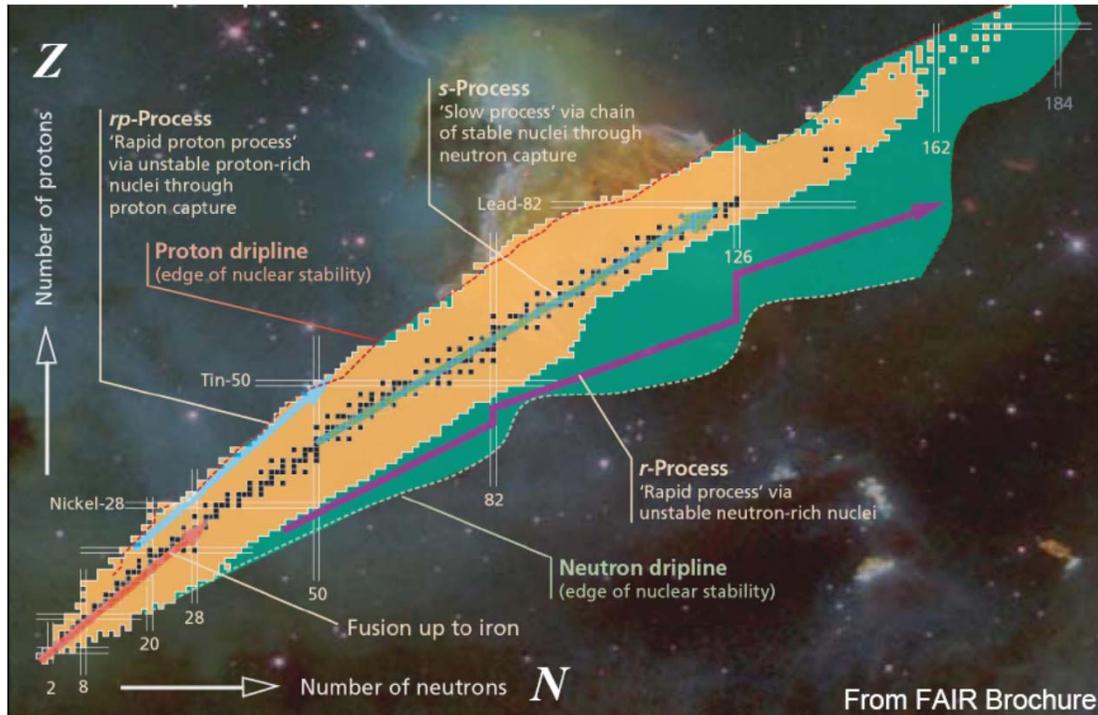
E-mail : gilbert.duchene@ires.in2p3.fr ou radomira.lozeva@iphc.cnrs.fr ou francois.didierjean@iphc.cnrs.fr

Batiment 27 (bureau 205 ou 214)

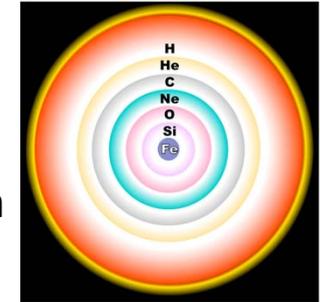
Laboratoire d'accueil : Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC), Département de Recherches Subatomiques (DRS),

Equipe : Couches et Aimants dans le Noyaux (CAN), Adresse : 23, rue du Loess, BP 28 – 67037 Strasbourg CEDEX 2

Physique du processus r en astrophysique



A la fin de la combustion du fuel nucléaire des étoiles massives, le **coeur de ^{56}Fe** collapse en une étoile à neutron ou un trou noir :



- flux de neutrons extrêmement élevé pendant un temps très bref
- après "freeze out" on obtient la courbe d'abondance

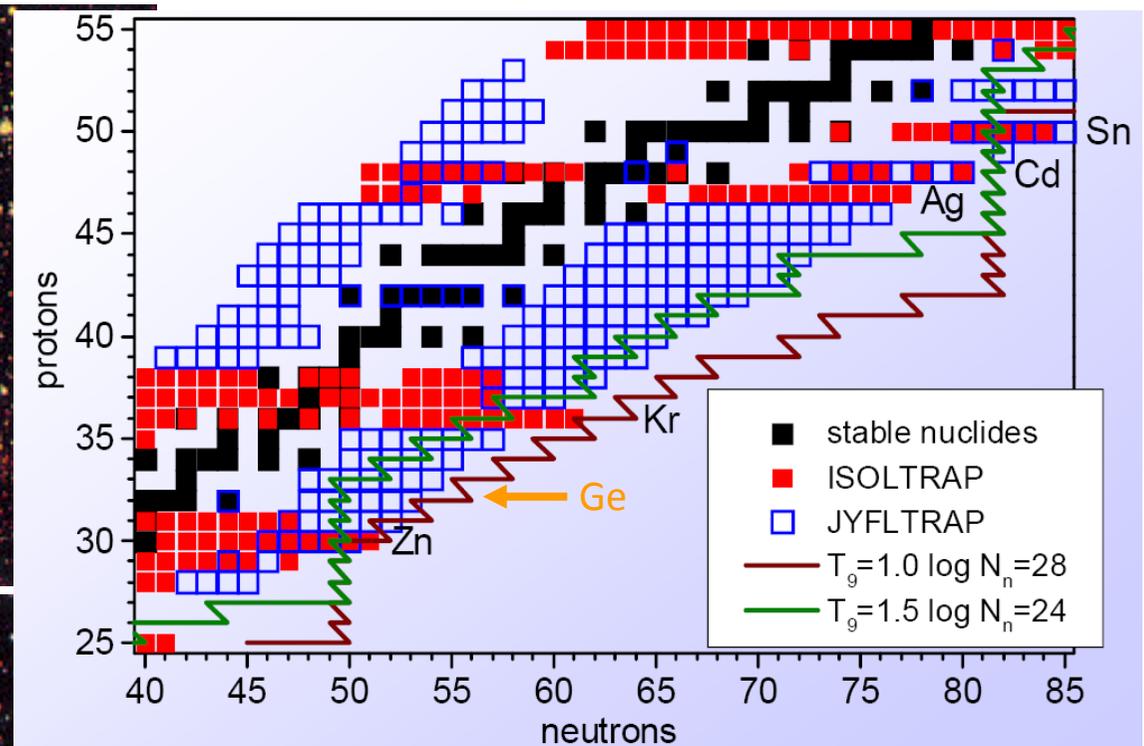


Production des éléments lourds par captures neutron et décroissances β successives

La moitié des éléments au-dessus du Fe sont créés par le processus r, l'autre moitié par capture lente de neutrons.

Le chemin du processus r dépend des conditions astrophysiques (température, densité,..) et de la structure nucléaire des noyaux produits (énergie de liaison des neutrons, demi-vie, états excités de basse énergie et états isomères, émission Pn,...)

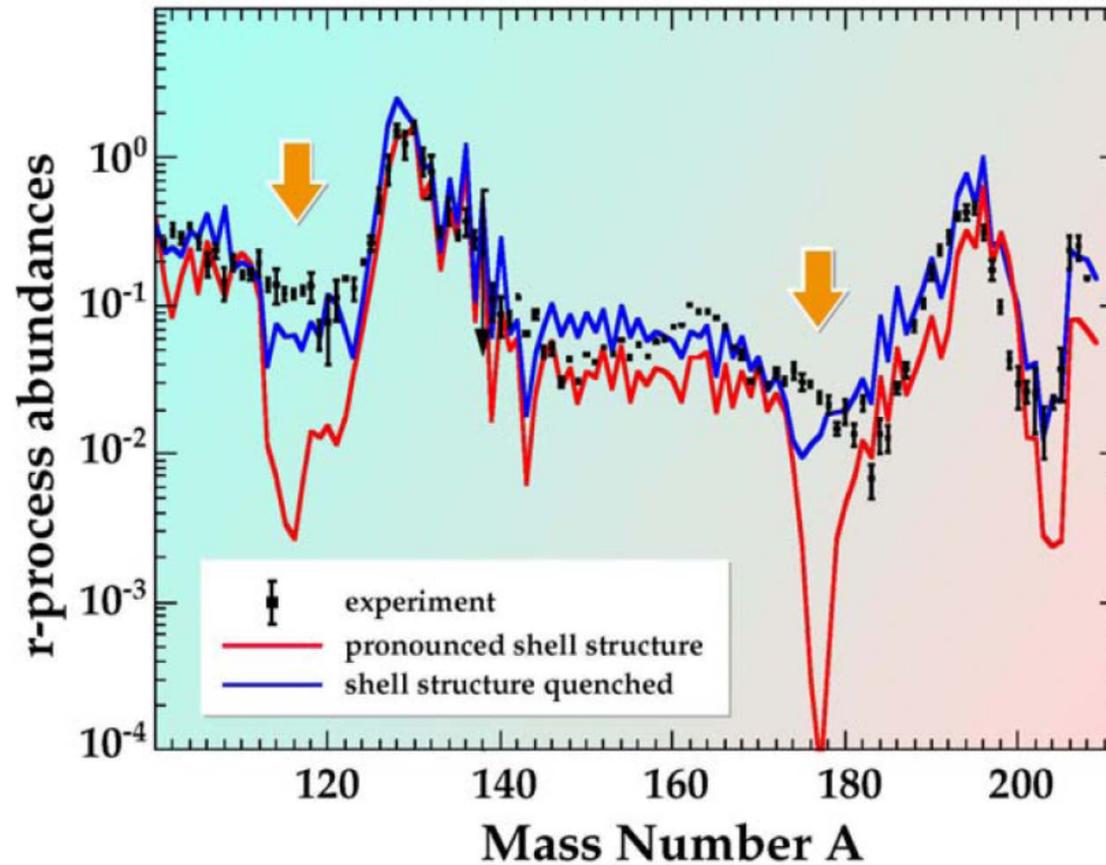
Supernovae de type II



Grandeurs à mesurer :

- Durée de vie τ_β de l'état fondamental et/ou d'un état isomère
- Probabilité d'émission neutron retardée P_n

Implication en astrophysique



Explosion de supernovae :

le chemin du process r passe le long de la fermeture des couches N=50 et N=82

Modèle en couches

Structure en couches

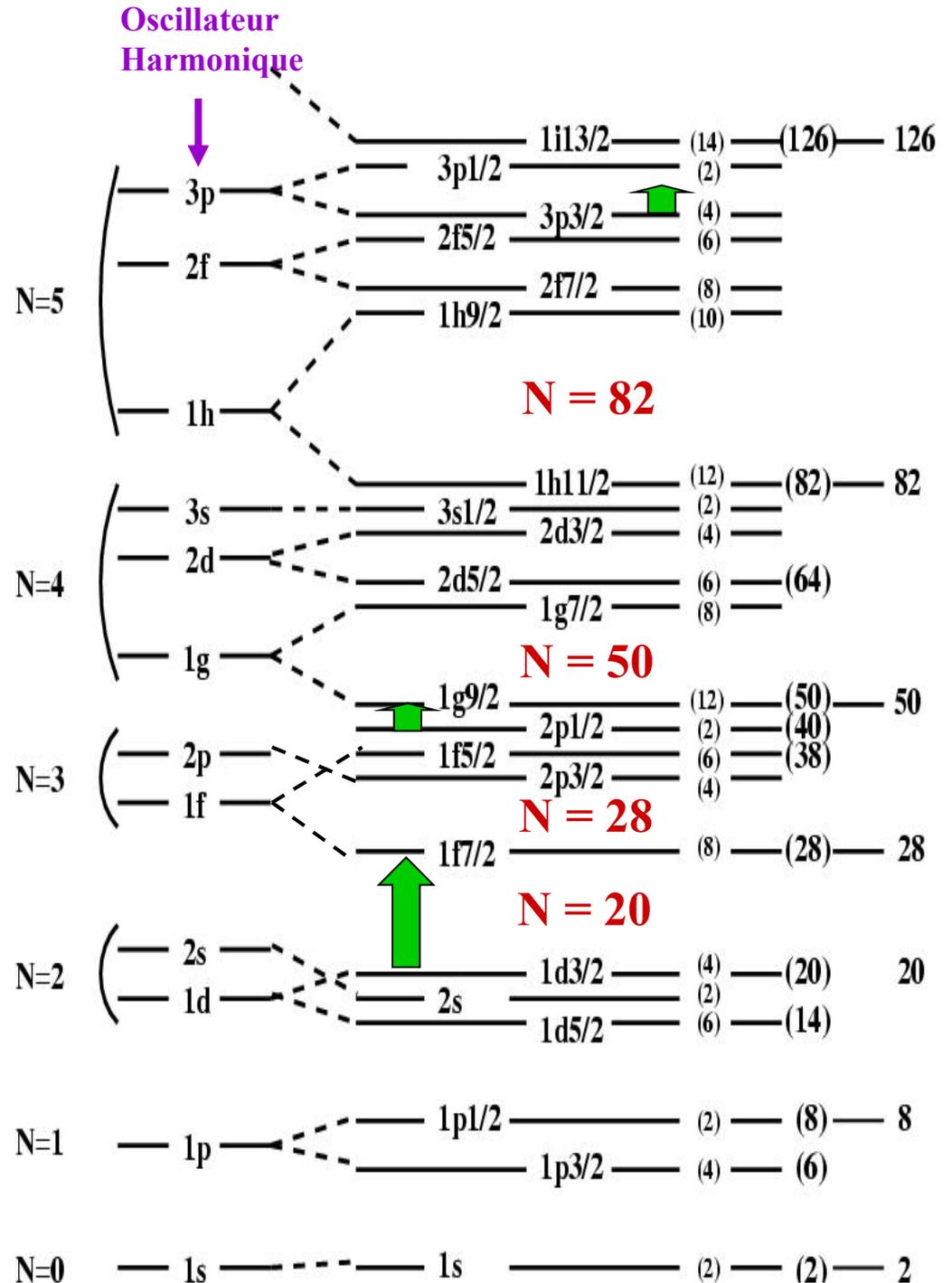
- Pour les protons
- ...et les neutrons

Excitation de nucléons

- D'une couche à l'autre
énergie nécessaire importante
-> gap en énergie
- Au sein d'une même couche
énergie nécessaire modérée

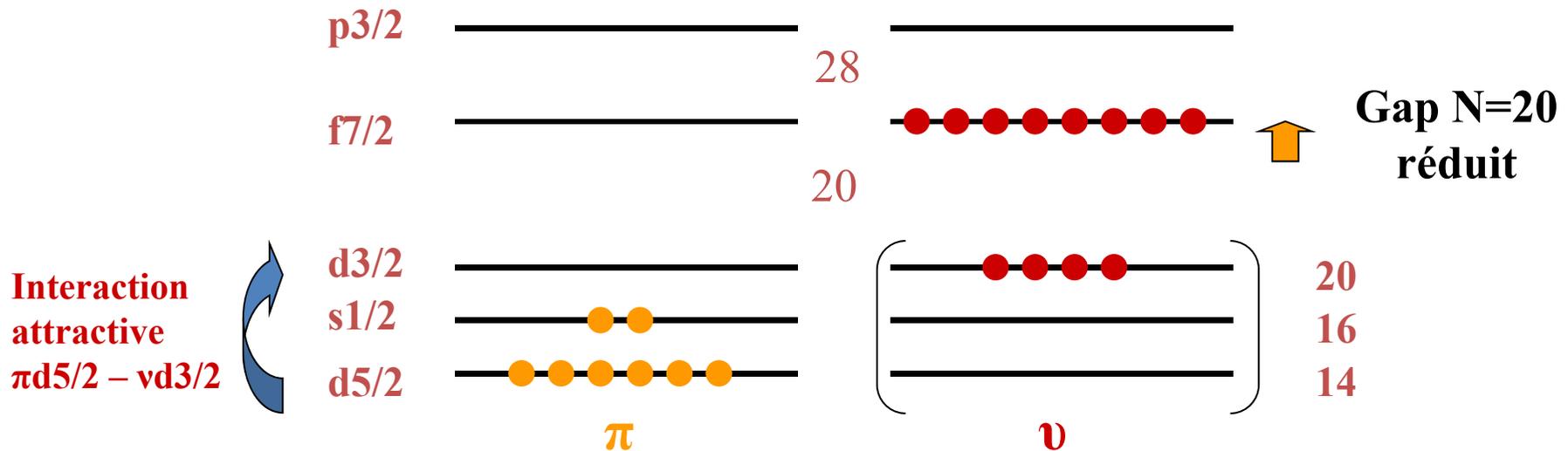
Autres effets

- La déformation et la collectivité du noyau...
-> lots of interesting topics to study in experimental nuclear physics



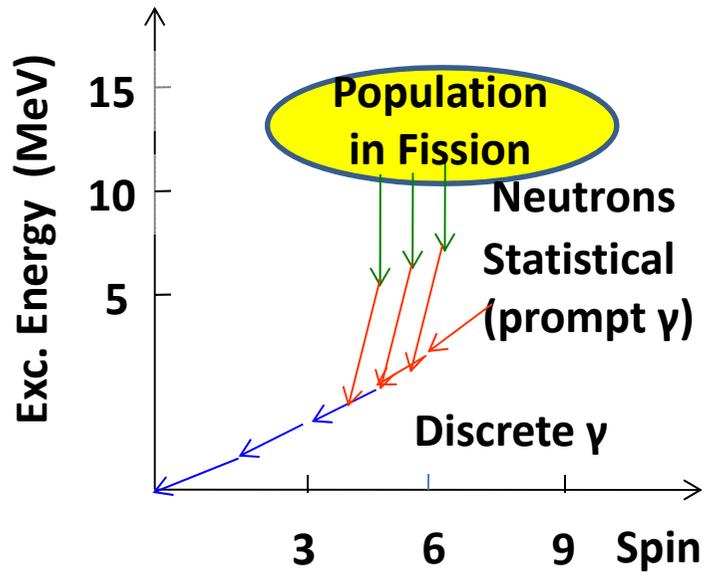
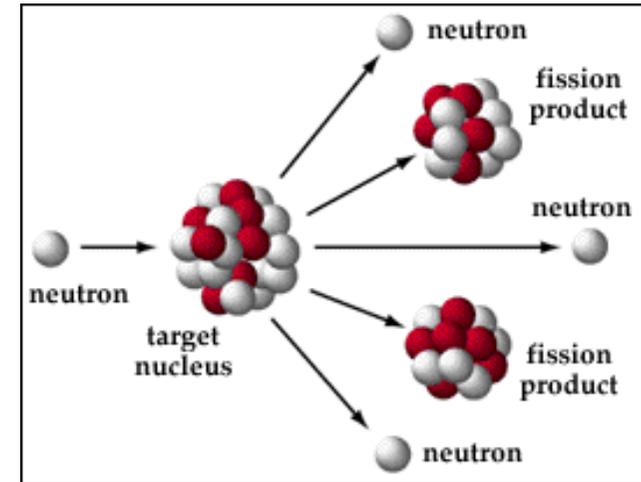
Modification des couches dans les riches en neutrons Région N=20

Interaction proton – neutron \longrightarrow force tenseur



Effet similaire pour le gap N = 20 dans $^{32}_{12}\text{Mg}_{20}$
N = 28 dans $^{42}_{14}\text{Si}_{28}$

Structure nucléaire des isotopes riches en neutrons



Addition de neutrons: affecte la surface nucléaire
 Conséquence probable : affecte la force de spin-orbite

←
$$V_{ls}(r) \propto \frac{1}{r} \frac{dV(r)}{dr}$$

-> forte influence sur la fermeture des couches

Mesurer les caractéristiques des transitions de basse énergie pour en déduire les propriétés du noyau :

- Collectivité, moment d'inertie et déformation
- Structure à particules indépendantes,...

Riches en neutrons au-delà de N=50 : évolution des gaps en énergie

Prédiction de Winger :

- HFB + SkO_T incluant des termes tenseurs
- Affaiblissement gap N = 50 pour Z < 28 et ouverture nouveau gap N = 58

vd_{5/2}-vd_{3/2} gap increases, Z<28, repulsion forming gap

- Apparition gap N=56 pour Z > 28

vd_{5/2}-vs_{1/2} gap increases, Z>28, repulsion forming gap

Qq données expérimentales contradictoires :

- ⁸¹₃₀Zn₅₁ (1/2⁺ état fondamental) : ouverture plus forte pour Z plus élevé du gap N = 58

PRC 76, 054312 (2007)

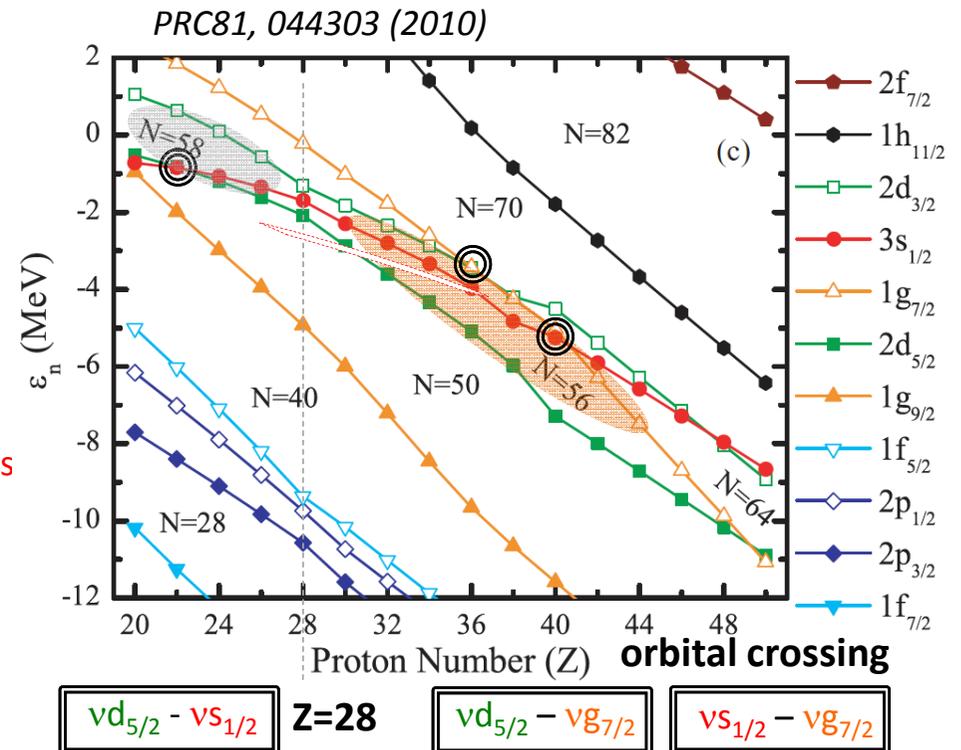
- ⁸¹₃₀Zn₅₁ (5/2⁺ état fondamental) : contradiction!

Gap N=56 se ferme à Z = 30 ou 32 ?

PRC 82, 064314 (2010)

D'autres études sont nécessaires...

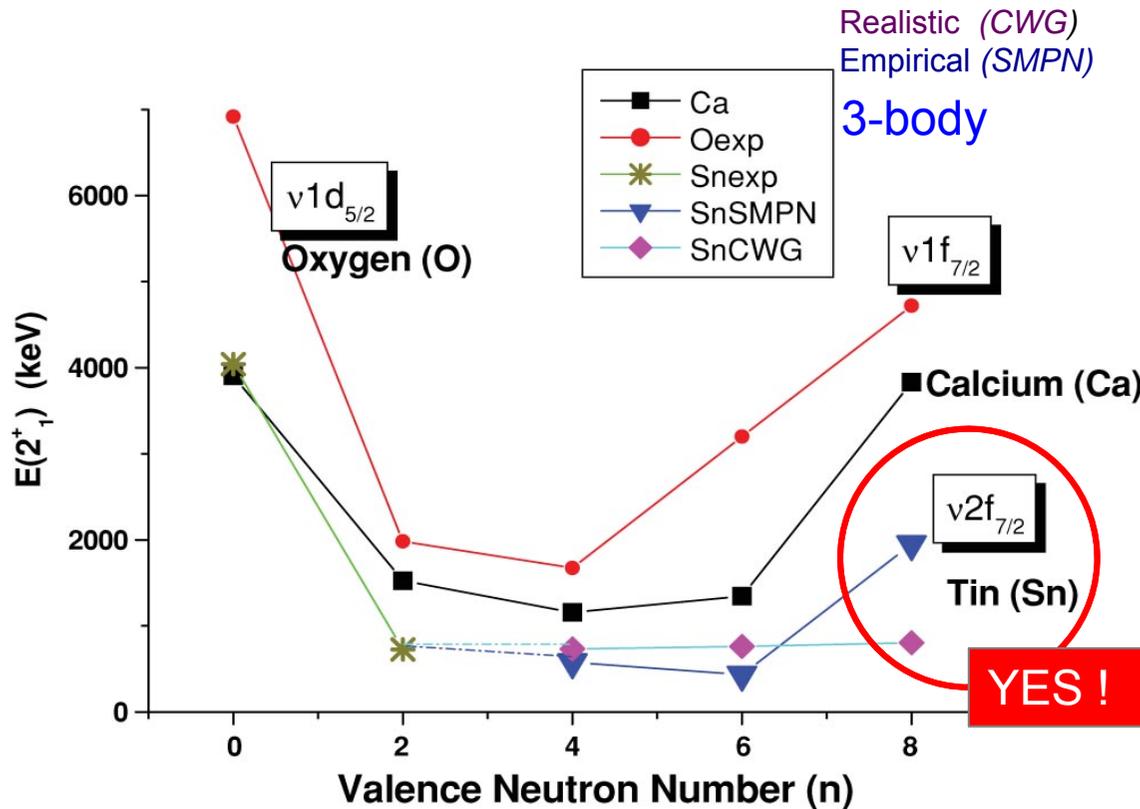
Etats fondamentaux



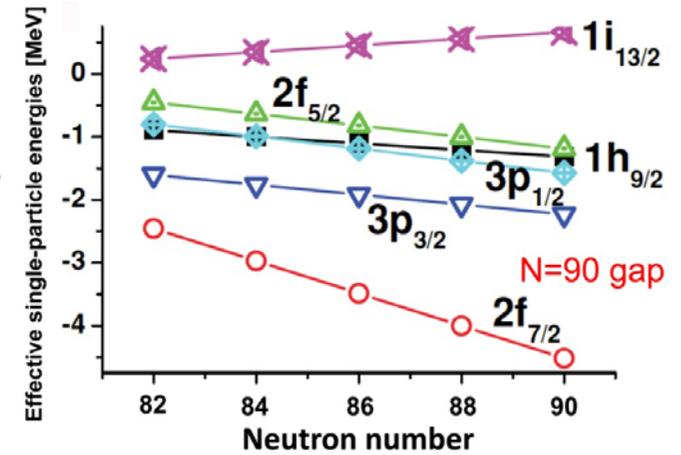
Ouverture du gap N=90 : noyaux Sn, Sb, Te, I... autour de ^{132}Sn (magique p et n)

Prédictions de différentes descriptions théoriques :

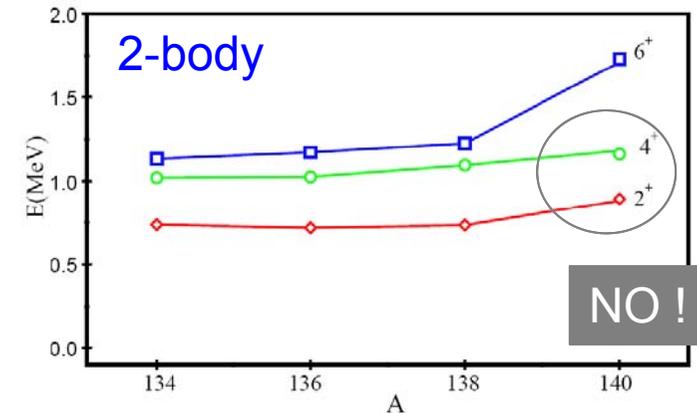
Interactions entre nucléons : fort impact sur la structure nucléaire, l'ordre et le croisement des orbitales, les fermetures de couches,...



Phys. Rev. C81, 064328 (2010)



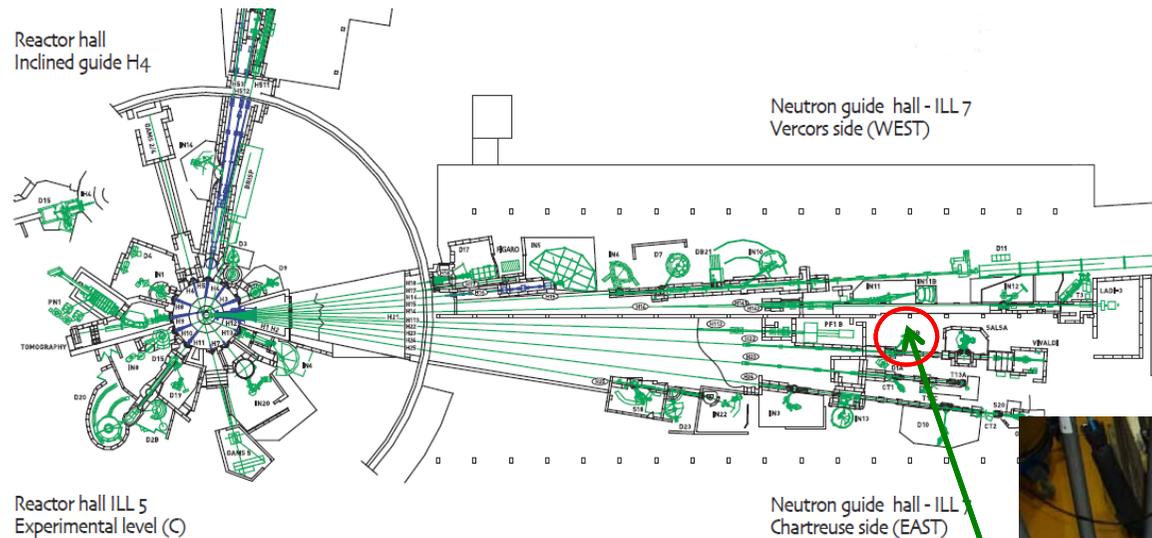
Phys. Rev. C 78, 024308 (2008)



Prog. Part. Nucl. Phys. 62, 135 (2009)

EXILL multidetector system @ ILL

EXILL = EXOGAM à l'ILL



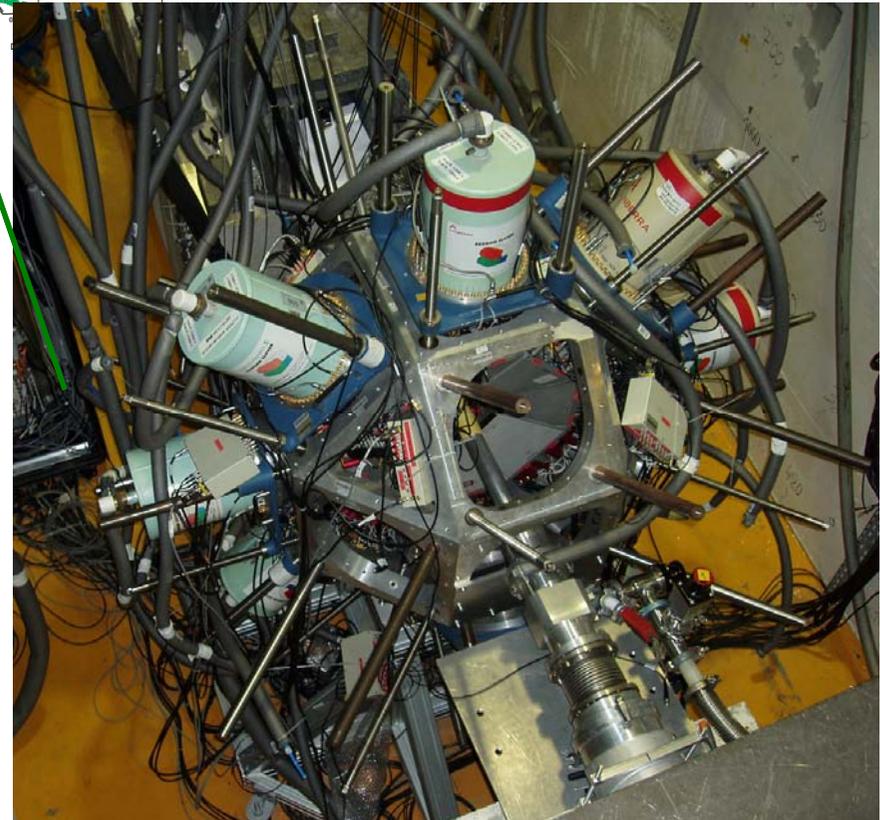
Nuclear reactor with highest n- flux
($5 \times 10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

→ ballistic neutron guide

→ PF1b zone ($2 \times 10^{10} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Etude des produits de fission

- **Les fragments de fission sont riches en neutrons et placés aux environs du chemin du processus r**
- Cibles radioactives (^{235}U , ^{241}Pu)
- Haut flux de neutrons
- Sections efficaces élevées -> fort taux de comptage, taux coïncidence élevé



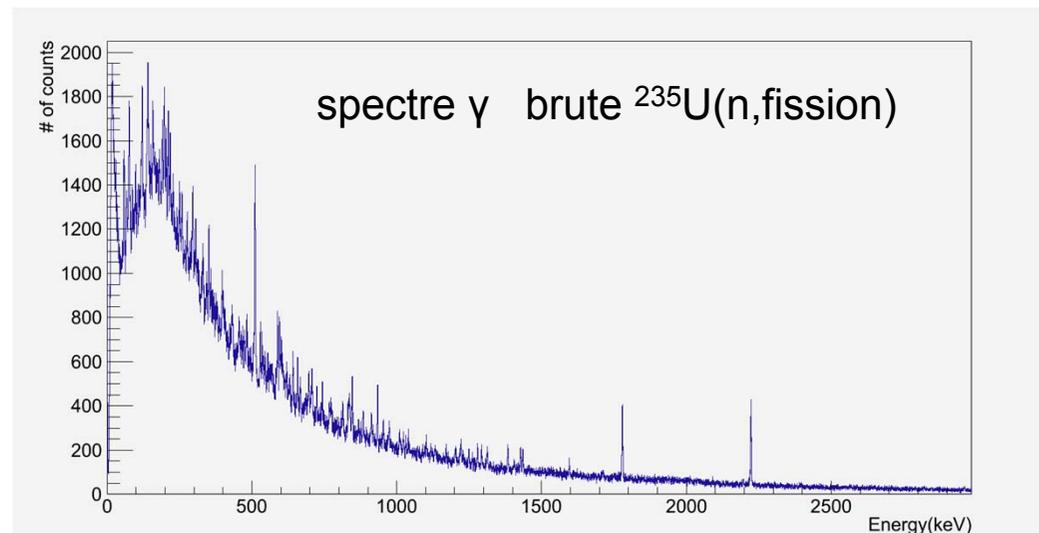
EXILL multidetector system @ ILL

- 16 détecteurs Ge HP : 10 Clovers + 6 coaxiaux (46 cristaux de Ge)
- Combinaisons avec scintillateurs LaBr₃(Ce) pour mesure de **temps ultra-rapide**
- Electronique numérique, acquisition sans déclenchement (triggerless)
- Expérience déjà réalisée et données disponibles (stage M2)



Perspectives :

- future installation FIPPS à l'ILL d'ici 2015-2016
- Expériences complémentaires possibles



Continuation dans le cadre des expériences auprès d'ALTO

Etudes **décroissance $\beta\gamma$** (détecteur **BEDO**) et/ou neutrons (détecteurs **TONNERE/TETRA**)

UNE USINE À NOYAUX EXOTIQUES

Méthode de production

La fission de l'uranium est induite par des photons générés à partir d'un faisceau intense d'électrons.

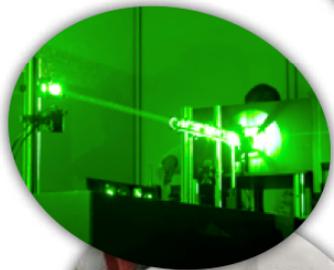
e-LINAC



Préparation et purification du faisceau

Le faisceau exotique est purifié par différentes techniques de séparation isotopique en ligne (ISOL) : ionisation résonante par laser (RIALTO), séparation en masse (PARRNe)...

En haut : RIALTO
En bas : PARRNe



Cible de production

La photofission a lieu dans une cible épaisse de carbure d'uranium (UC_x) et les produits de réaction, très riches en neutrons, se diffusent hors de la cible grâce à un chauffage à plus de 2000°C.

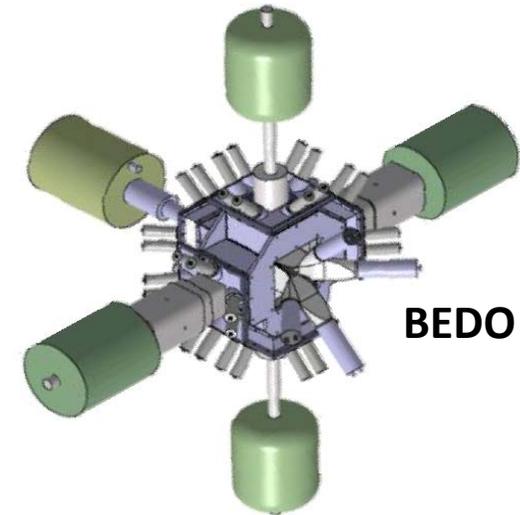
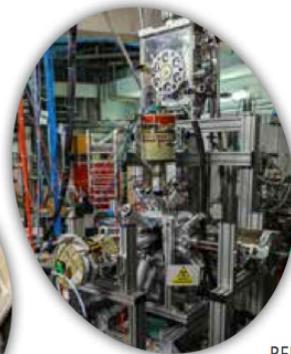
Cible d'uranium



Les « yeux » du physicien

Les noyaux exotiques ainsi produits sont étudiés grâce à des détecteurs sensibles à différents types de rayonnement.

BEDO



BEDO

- Noyaux riches en neutrons
- décroissance β , structure nucléaire, Pn, T
- 5 détecteurs Ge HP + LEPS (γ)
- scintillateurs plastique (β)
- Tonnere (détection neutrons, temps de vol)
- TETRA cube (détection n)

Thèse en physique nucléaire expérimentale

- Explorer les noyaux riches en neutrons
 - autours de N=50 ^{78}Ni (Ge, As, Se...)
 - autours de N=82 ^{132}Sn (Sb, Te, I...)
- Expériences auprès
 - de l'ILL à Grenoble -> fission induite par neutrons thermiques EXILL
-> continuation possible auprès de FIPPS à l'ILL
 - d'ALTO à Orsay -> décroissance β
-> continuation possible auprès de SPIRAL2 DESIR a Caen
- Calculs théoriques avec le modèle en couches
- Interprétation des données et publication scientifiques
- Préparation d'expériences auprès d'ALTO, Spiral2, ISOLDE, RIKEN ...

Contact:

gilbert.duchene@iphc.cnrs.fr Bat 27/2 bureau 205 03 88 10 66 12

ou

radomira.lozeva@iphc.cnrs.fr Bat 27/2 bureau 214 03 88 10 63 78

M2 en physique nucléaire expérimentale

- Explorer les noyaux riches en neutrons
 - autours de N=50 ^{78}Ni (Ge, As, Se...)
- Expériences auprès
 - de l'ILL à Grenoble -> fission induite par neutrons thermiques EXILL
-> continuation possible par une thèse
- Interprétation des données

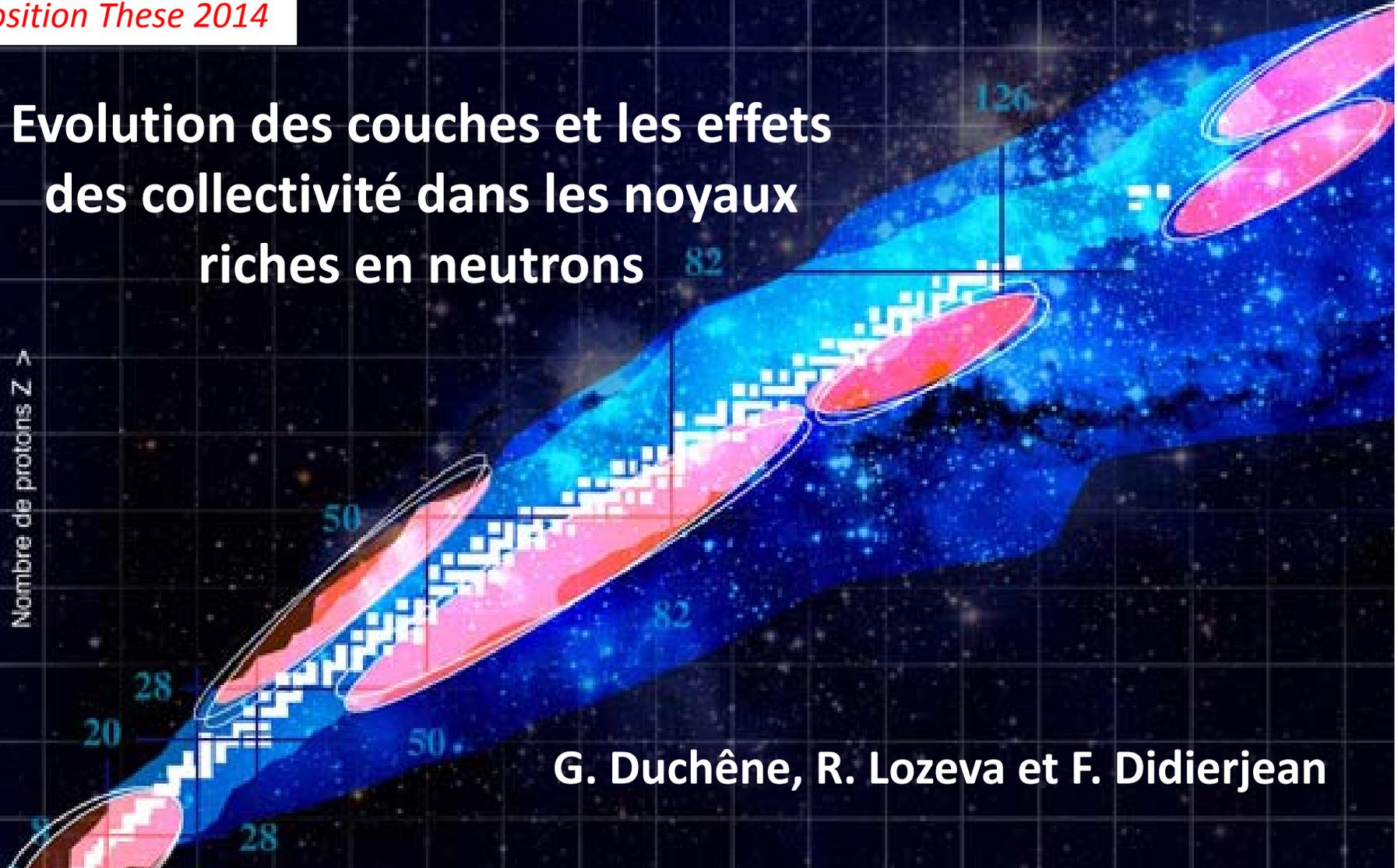
Contact:

francois.didierjean@iphc.cnrs.fr

Bat 27/2 bureau 210 03 88 10 66 72

Evolution des couches et les effets des collectivité dans les noyaux riches en neutrons

Nombre de protons Z



G. Duch ne, R. Lozeva et F. Didierjean

Contact : **Duch ne Gilbert** ou **Radomira Lozeva (thèse)** et **F. Didierjean (stage M2)**

Téléphone : 03 88 10 66 12 ou 03 88 10 63 78

E-mail : gilbert.duchene@ires.in2p3.fr ou radomira.lozeva@iphc.cnrs.fr ou francois.didierjean@iphc.cnrs.fr

Batiment 27 (bureau 205 ou 214 ou 210)

Laboratoire d'accueil : Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC), Département de Recherches Subatomiques (DRS),

Equipe : Couches et Aimants dans le Noyaux (CAN), Adresse : 23, rue du Loess, BP 28 – 67037 Strasbourg CEDEX 2