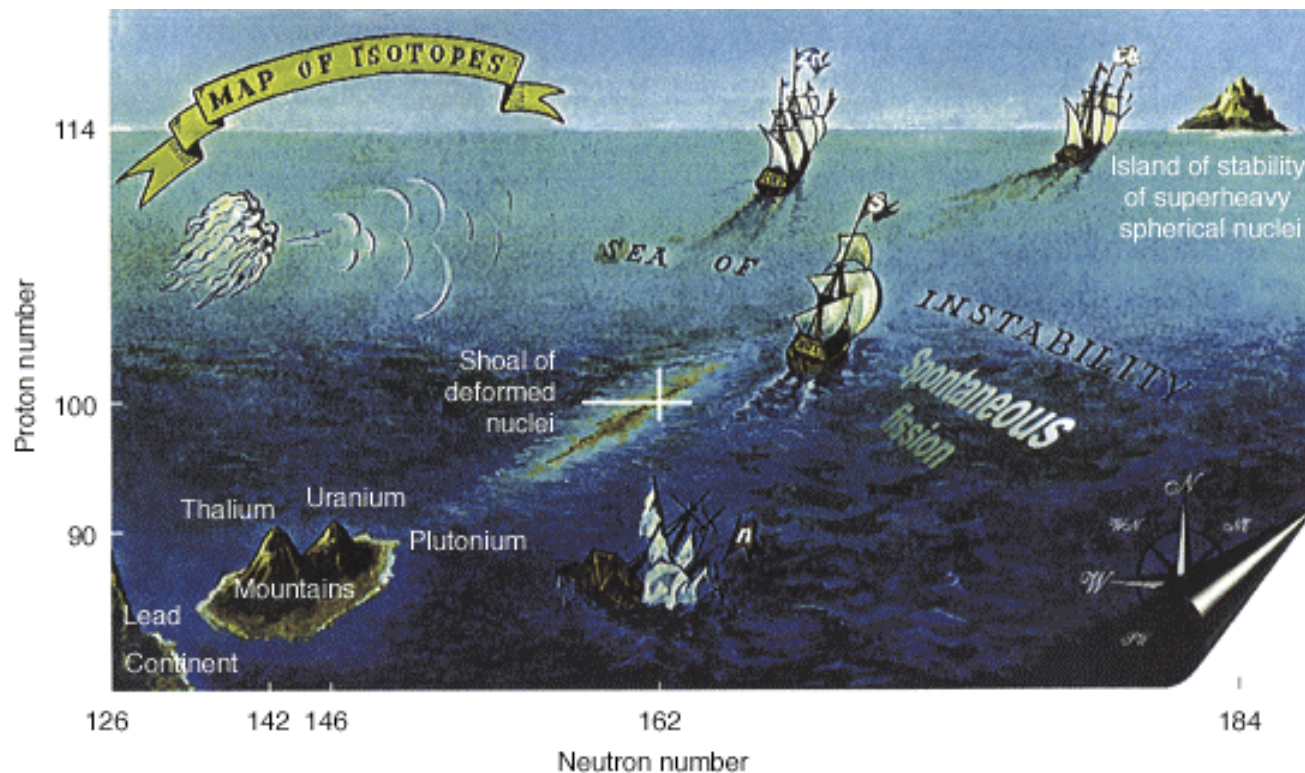


Des noyaux lourds aux super-lourds

Ch. Theisen. CEA Saclay. DAPNIA/SPhN
ctheisen@cea.fr



Des noyaux lourds aux super-lourds

- Définition et existence des noyaux lourds et super-lourds
 - Aspects macro- et microscopiques
 - Les prédictions théoriques
- Découverte des noyaux lourds et super-lourds
 - Découverte de $Z=99$ à $Z=118$
 - Les modes de décroissance
 - Les modes de production
 - Techniques expérimentales
 - Nucléosynthèse et recherche des super-lourds dans la nature

- Spectroscopie des noyaux très lourds
 - Intérêt et enjeux
 - Production et techniques expérimentales
 - Illustrations :
 - Spectroscopie α et après décroissance α
 - Spectroscopie prompt γ et électron
 - Noyaux pairs/impairs
- Les super-lourds en France
 - Les noyaux lourds et super-lourds au GANIL
 - Spectroscopie γ avec Euroball-RFD
- Aller plus lourd, plus haut : projets
 - GREAT, EXOTAG, EXOTRAP, JuroGam
 - Tracking γ et faisceaux stables de haute intensité
 - Les faisceaux radioactifs



Lourds, super-lourds : définition ?

- Actinides : $89 \leq Z \leq 103$
- Transactinides : $104 \leq Z \leq 121$

H 1																	He 2
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	Ac 89	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
119	120																

Lanthanides	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
Actinides	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103

- Transfermiums : $Z \geq 100$
- Super-lourds : $Z \geq 104$
 $250 \leq A \leq 400$
L'îlot de stabilité
 $B_F < 0.5 \text{ MeV}$
- Noyaux Lourds : ???
- Hyper-lourds : $400 \leq A \leq 950$



Nombres magiques et super-lourds : aspect microscopique



AIP, Niels Bohr Library

M. Goeppert Mayer



D. Jensen

Osc. no.	Square well	Spin term	No. of states	Shells	Total no.
0	1s	1s _{1/2}	2	2	2
1	1p	1p _{3/2} 1p _{1/2}	4 2	6	8
2	1d 2s	1d _{5/2} 1d _{3/2} 2s _{1/2}	6 4 2	12	20
3	1f 2p	1f _{7/2} 1f _{5/2} 2p _{3/2} 2p _{1/2} 1g _{7/2}	8 6 4 2 10	8 22	28
4	1g 2d 3s	1g _{7/2} 2d _{5/2} 2d _{3/2} s _{1/2} 1h _{11/2}	8 6 4 2 12	32	50
5	1h 2f 3p	1h _{9/2} 2f _{7/2} 2f _{5/2} 3p _{3/2} 3p _{1/2} 1i _{13/2}	10 8 6 4 2 14	44	82
6	1i 2g 3d 4s	1i _{11/2} 2g _{7/2} 2g _{5/2} 3d _{5/2} 3d _{3/2} 4s _{1/2}	14 10 8 6 4 2		126

Phys. Rev. 78 (1950) 16

Prochain nombre magique : 184

Aspect macroscopique : la goutte liquide

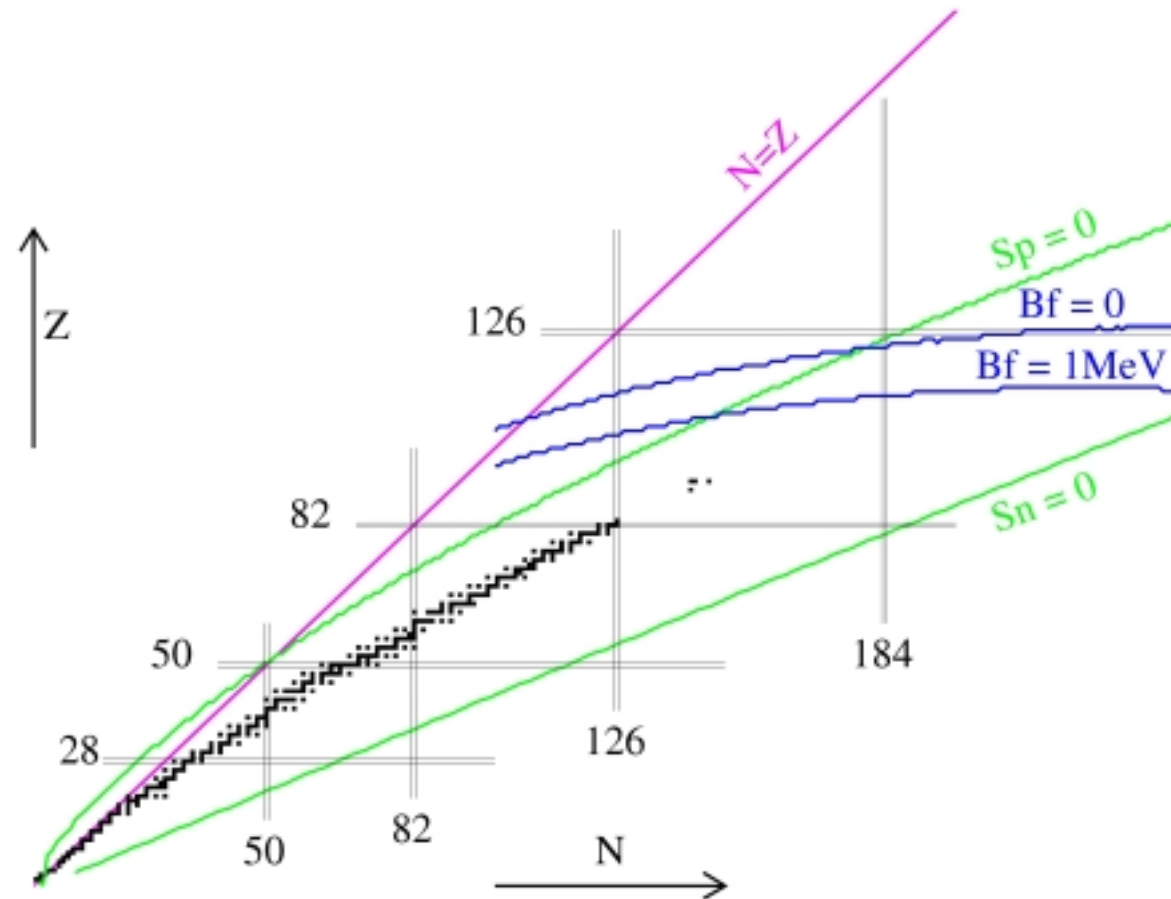
Noyau = fluide chargé incompressible

$$BE(A,Z) = E(\text{volume}) \\ - E(\text{surface}) \\ - E(\text{coulomb}) \\ - A(\text{asymétrie})$$

- $S_p = BE(A,Z) - BE(A-1,Z-1)$ \Rightarrow drip-line proton
- $S_n = BE(A,Z) - BE(A-1,Z)$ \Rightarrow drip-line neutron
- Déformation \Rightarrow fission

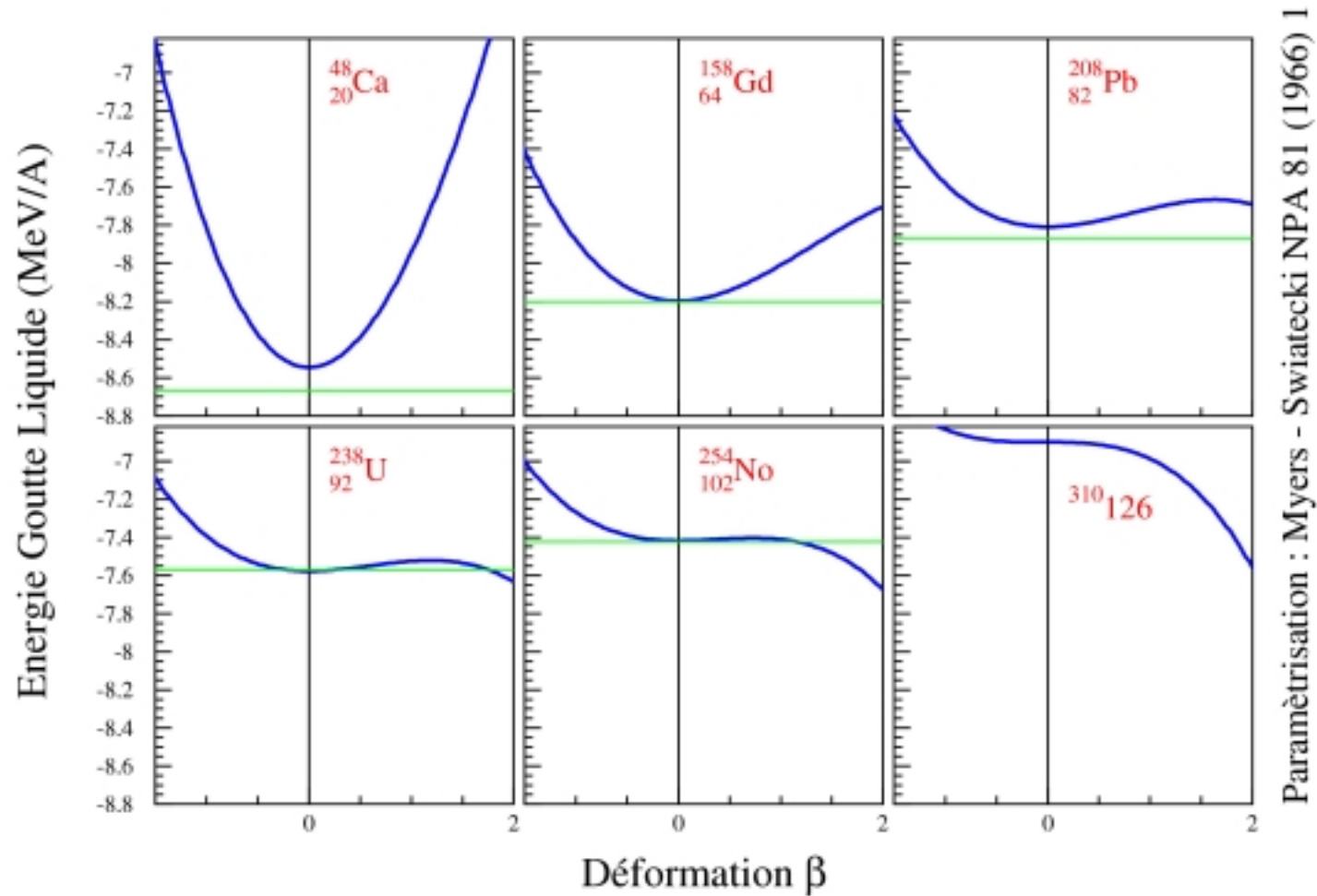


Goutte liquide et stabilité

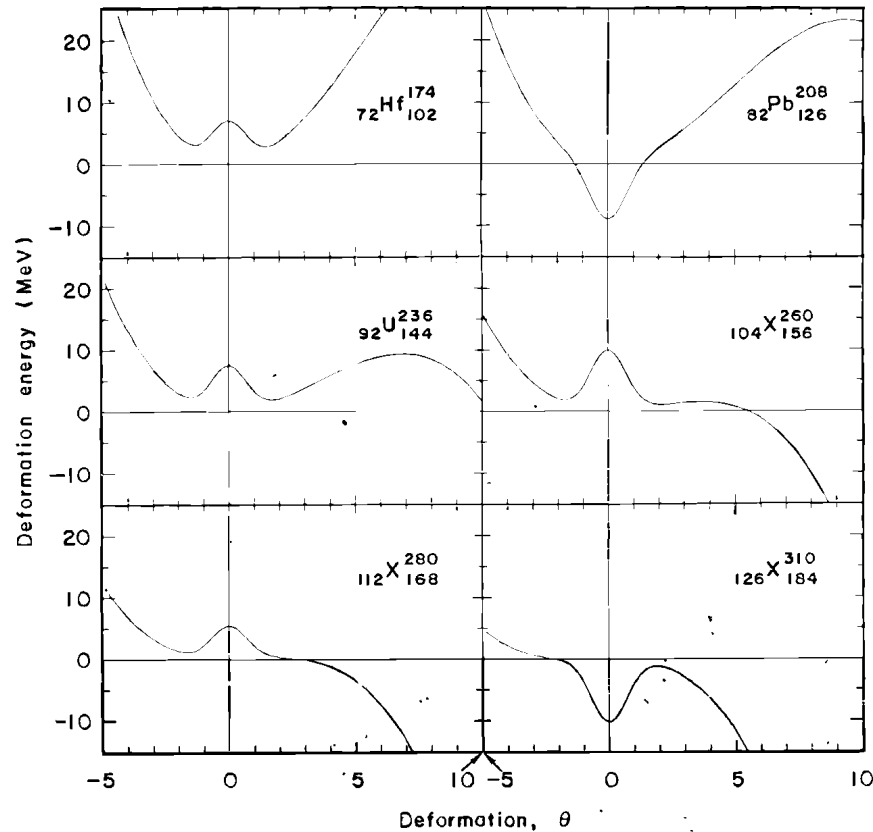


→ Barrières de Fission; $t_{1/2}(\text{fission})$

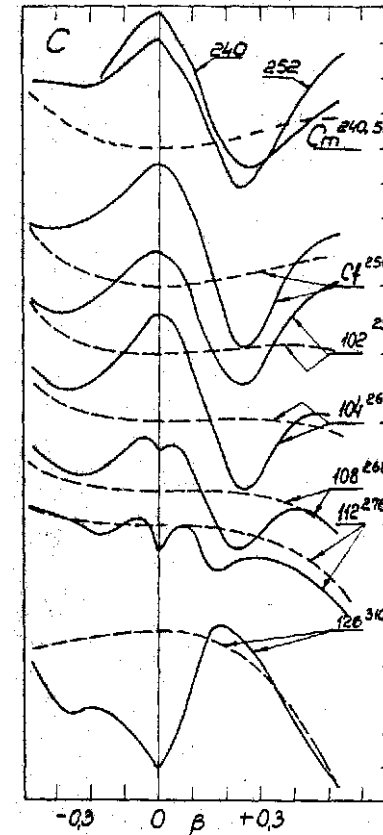
La goutte liquide déformée



Premiers calculs « réalistes »

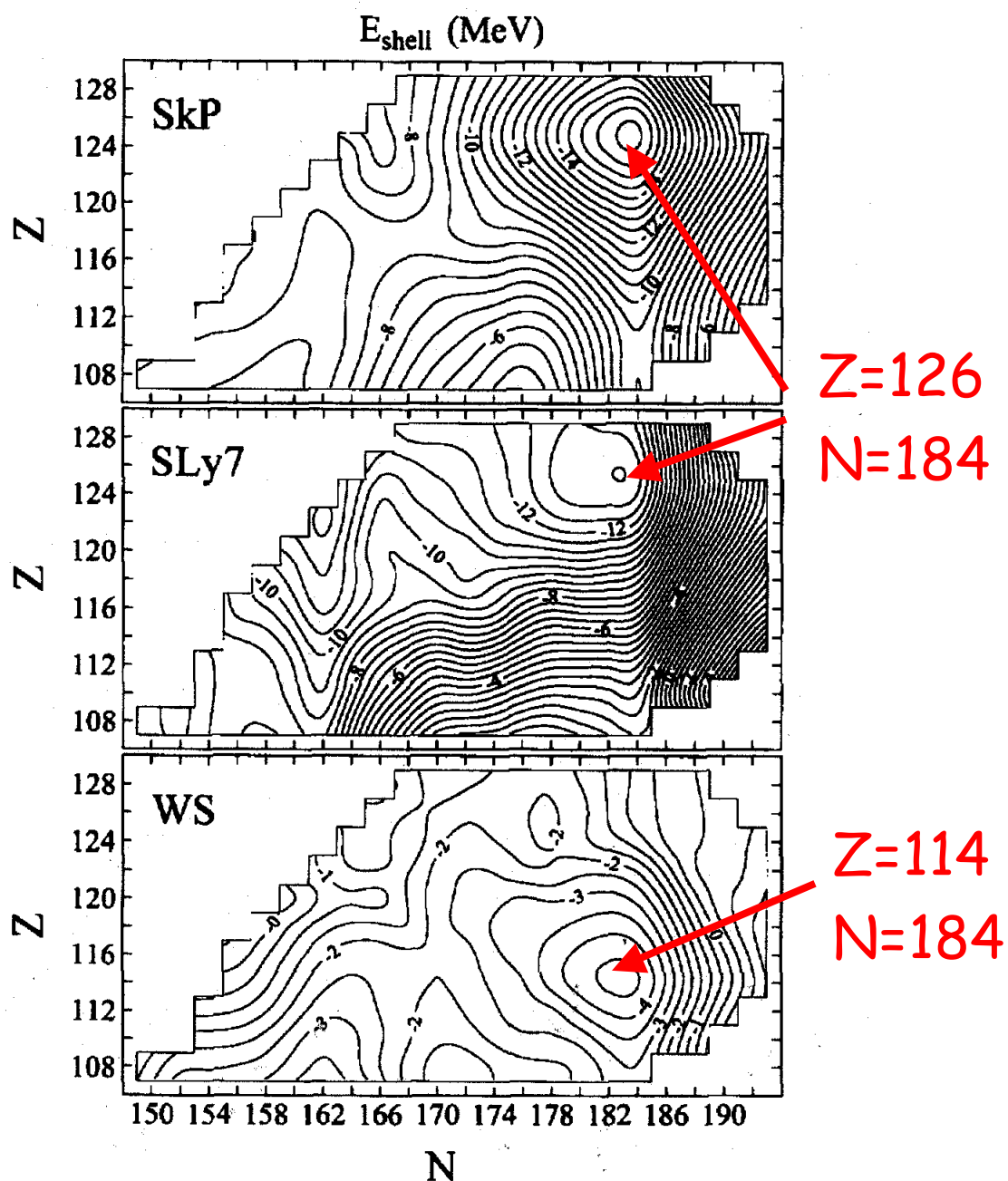


W.D.Myers & W.J. Swiatecki
Nucl. Phys. 81 (1966) 1



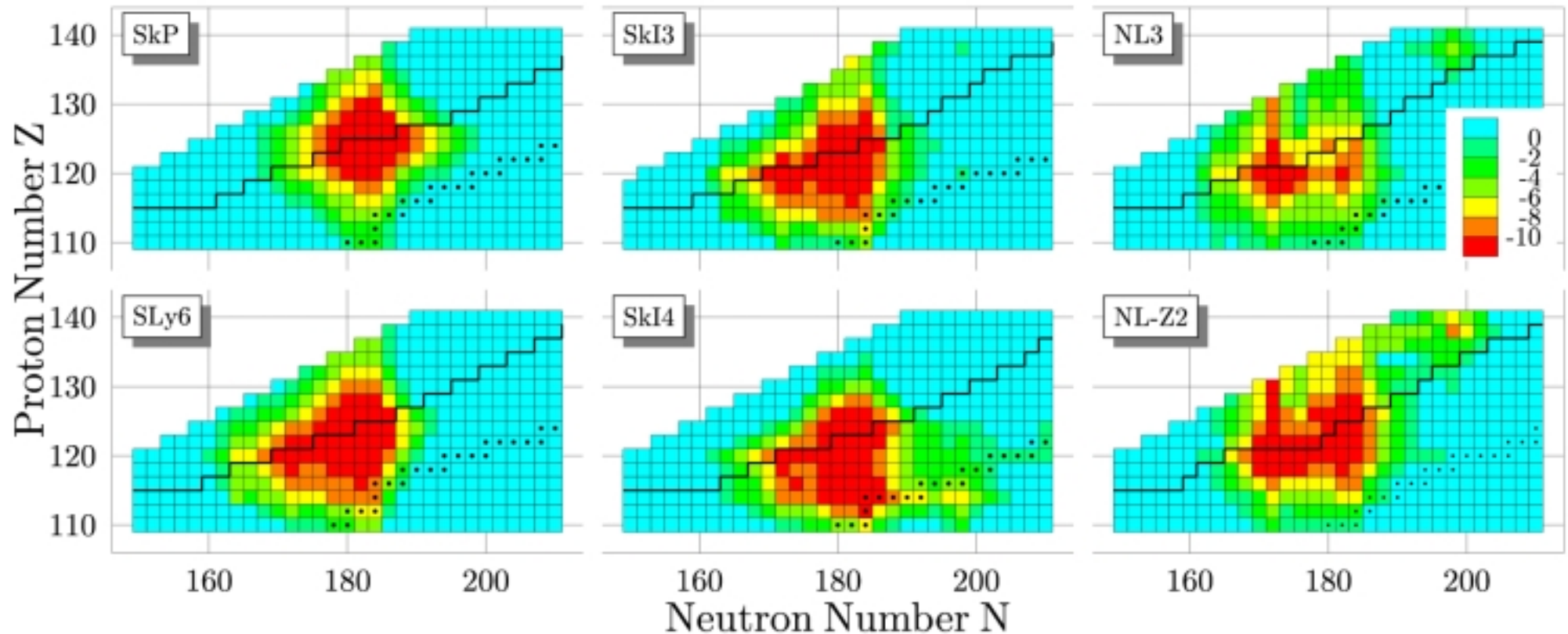
V.M.Strutinsky
Nucl. Phys. A95 (1967) 420

Comparaison H.F.B. et W.S.



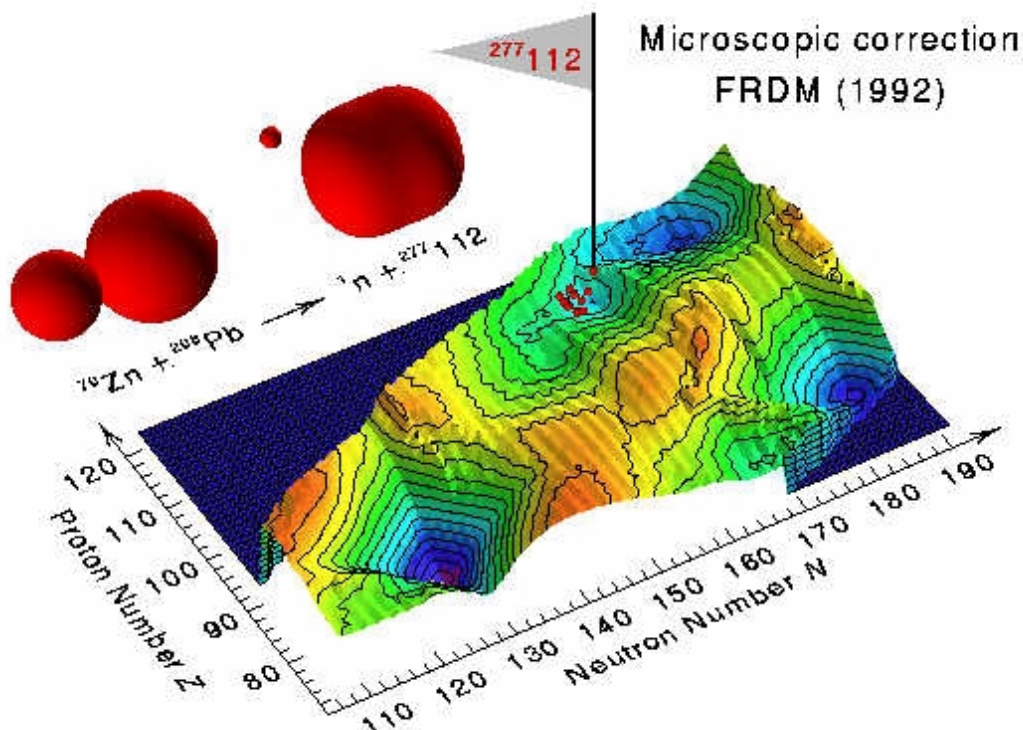
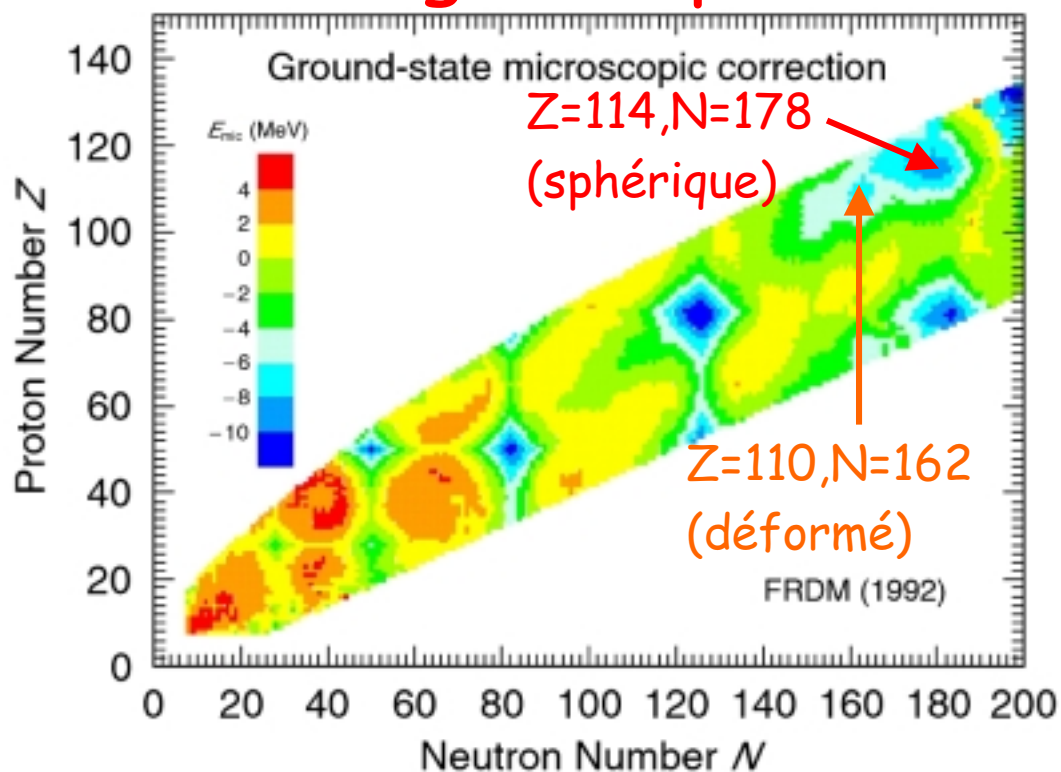
S. Ćwiok *et al.* NP A611 (1996) 211

Calculs H.F.B. et R.M.F.



M. Bender et al. PL B515 (2001) 42

Finite-Range Droplet Model



P. Möller, J.R. Nix, W.D. Myers and W.J. Swiatecki
At. Data. Nucl. Data Tables 59 (1995) 185

Les prédictions théoriques

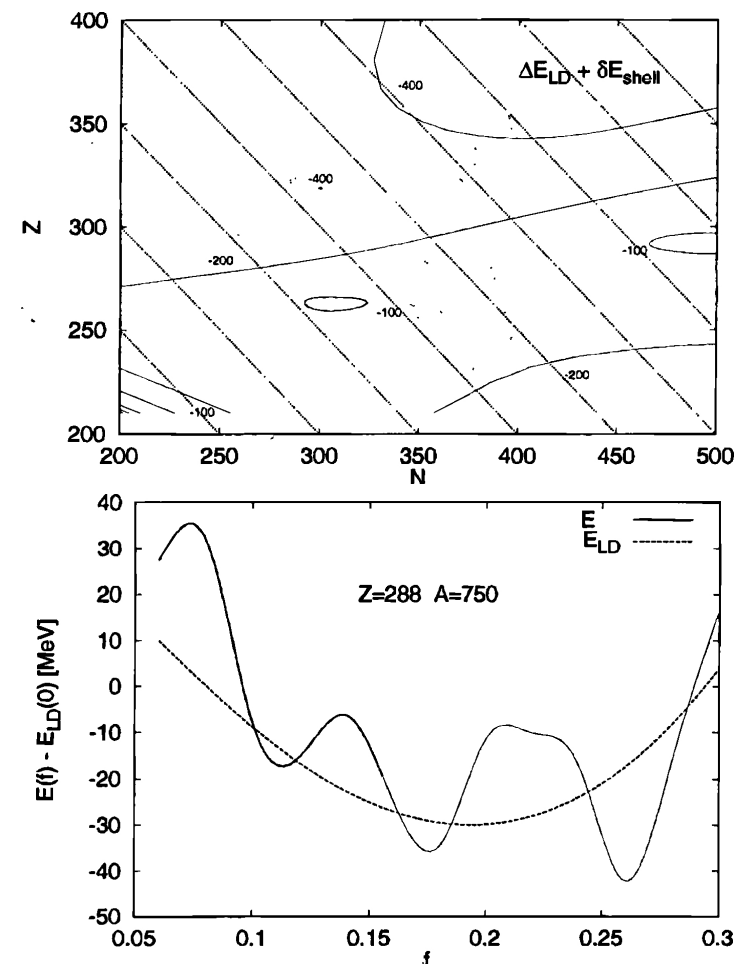
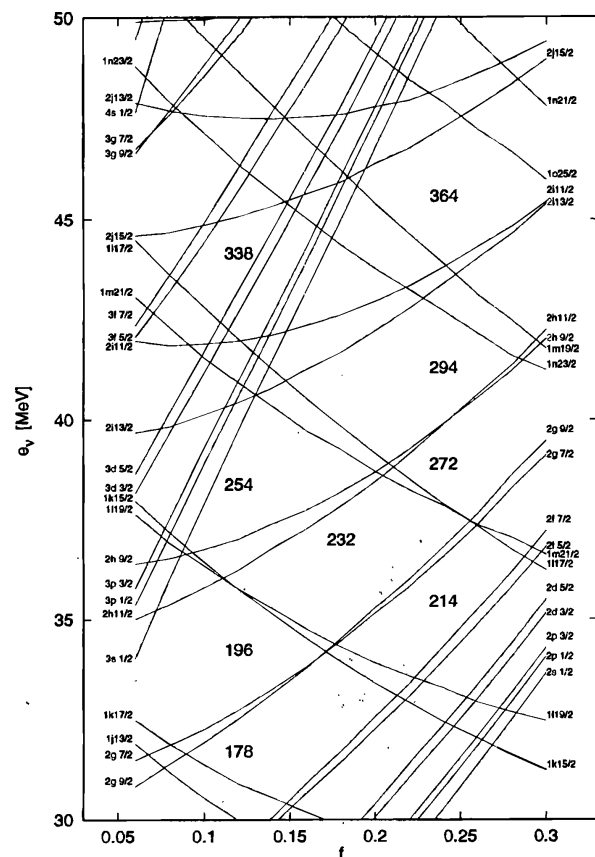
	Z	N
W.S	114	184
FRDL	114	178
HFB	126	184
RMF	120	172

- Danger des extrapolations
- Quelles sont les bonnes prédictions ?
- Problème de l'interaction nucléaire.
(l'interaction spin-orbite)
- Y a t'il un îlot de super-lourd sphériques ?

Expériences

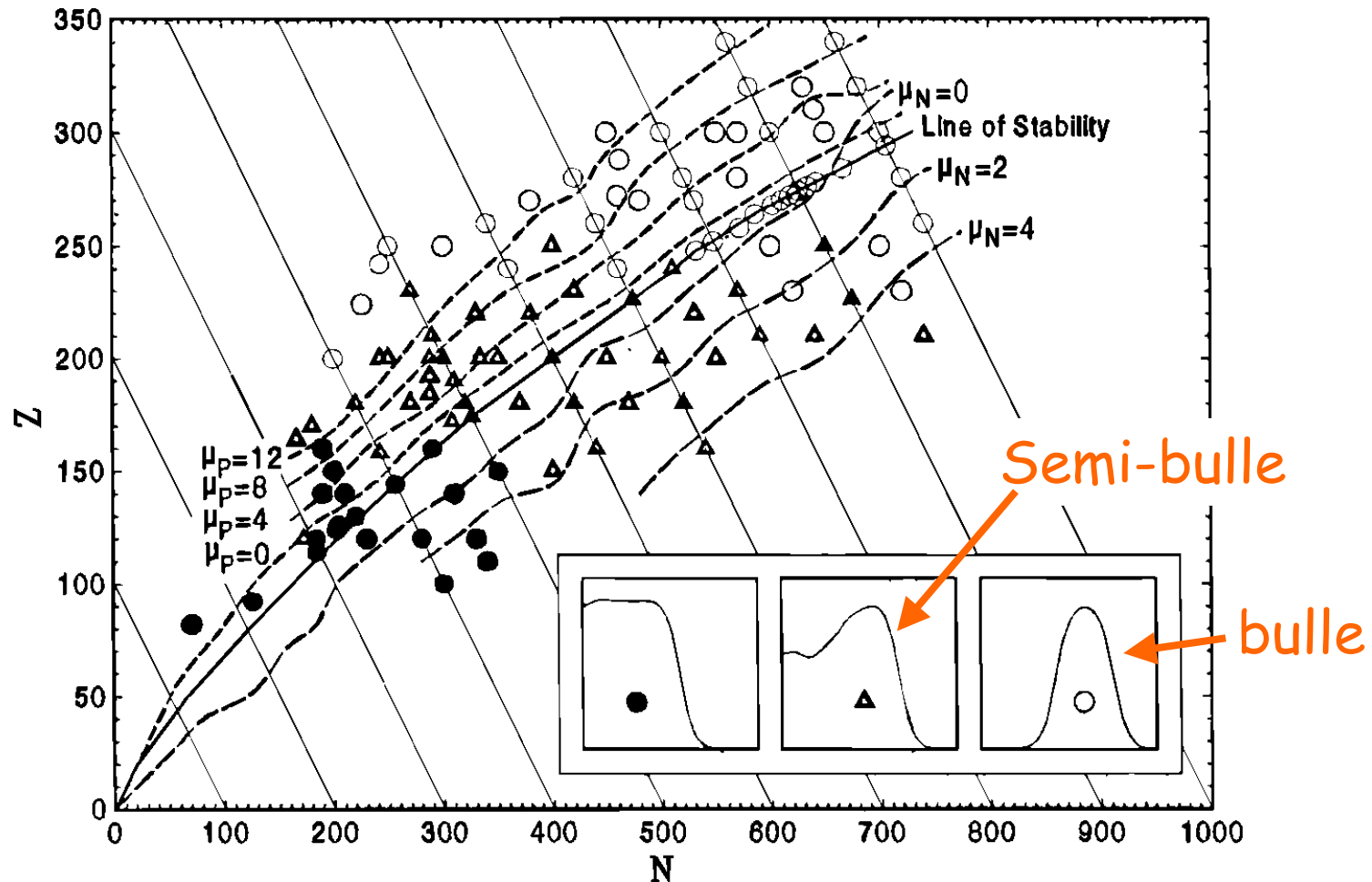
Les noyaux bulles

Idée (Wilson 1946) : minimiser l'énergie de la goutte liquide

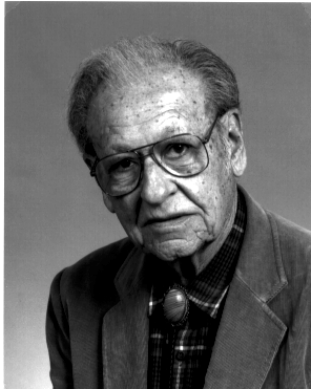


K. Dietrich, K. Pomorski. Nucl. Phys. A 627 (1997) 175

Les noyaux bulles, semi-bulles

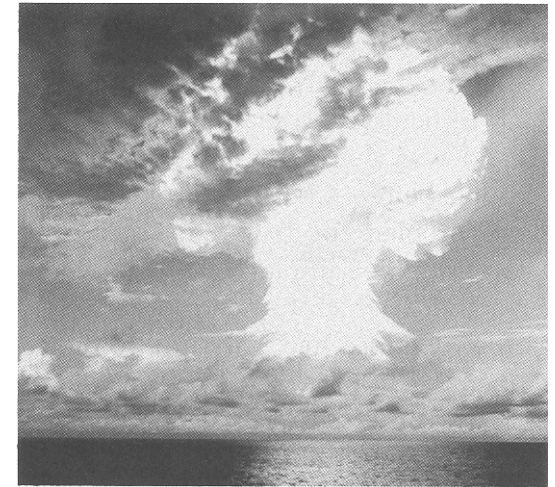


J. Dechargé *et al.* Phys. Lett. B 451 (1999) 275

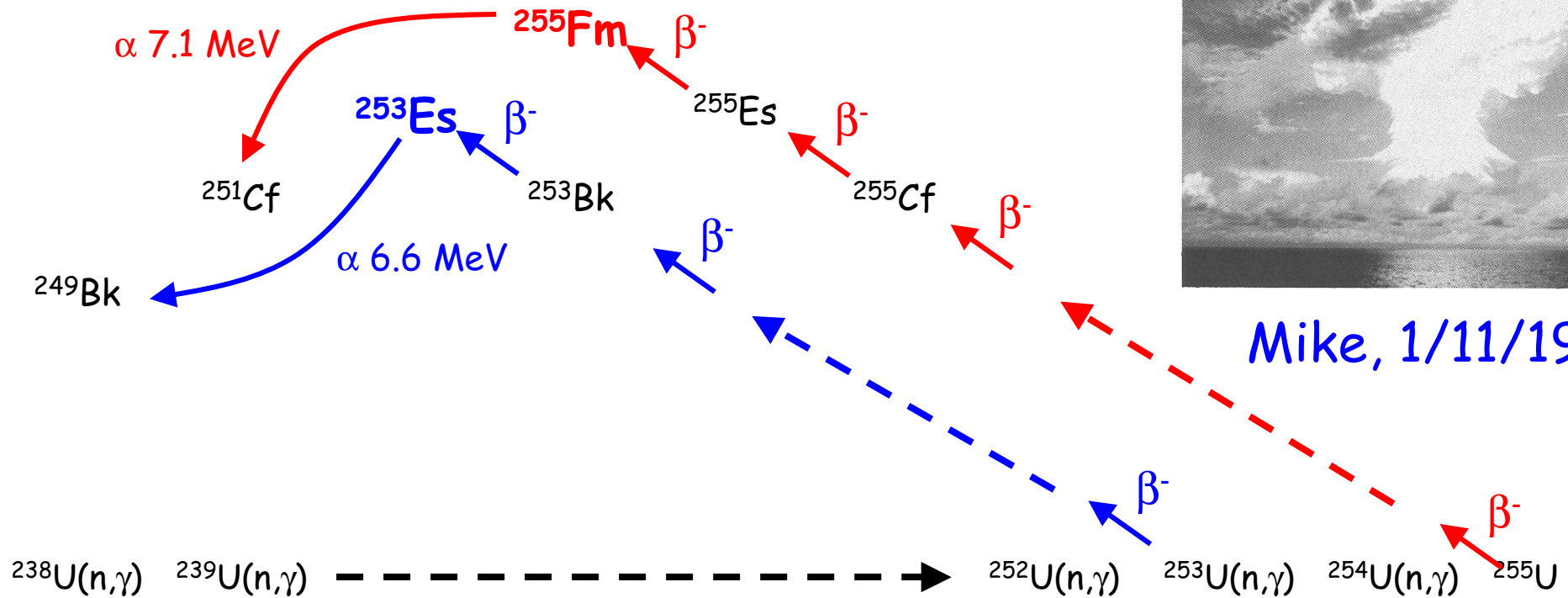


A. Ghiorso

Découverte $_{99}\text{Es}$ et $_{100}\text{Fm}$



Mike, 1/11/1952



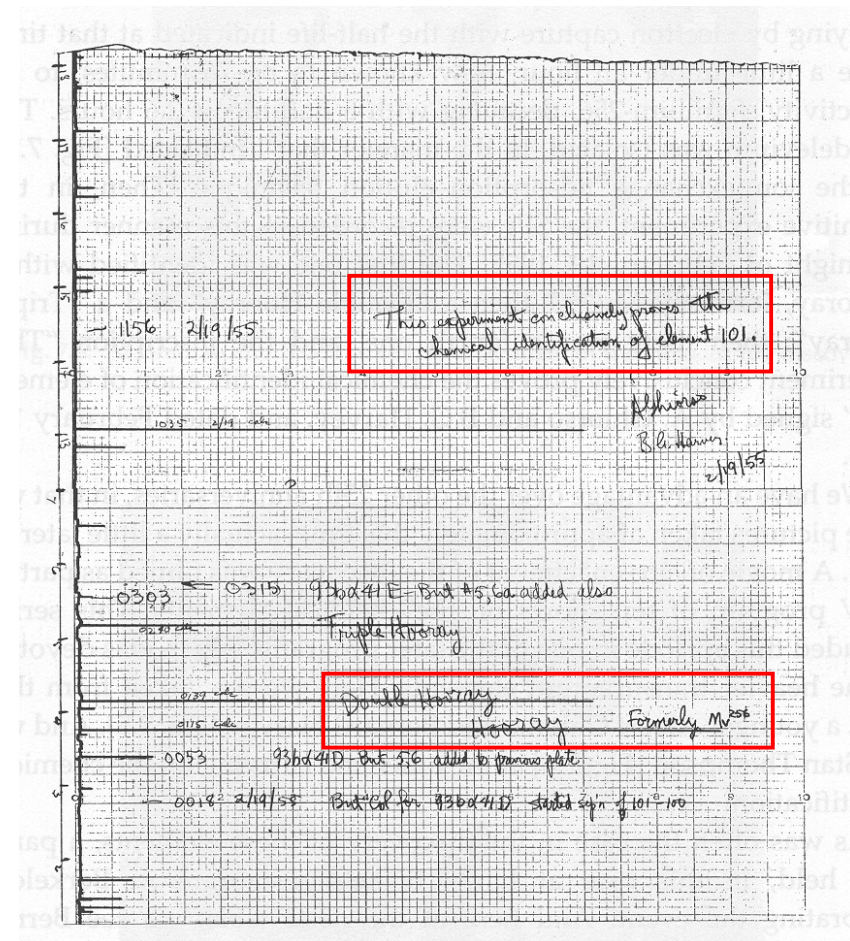
Découverte de $_{101}\text{Md}$

A. Ghiorso, 1955

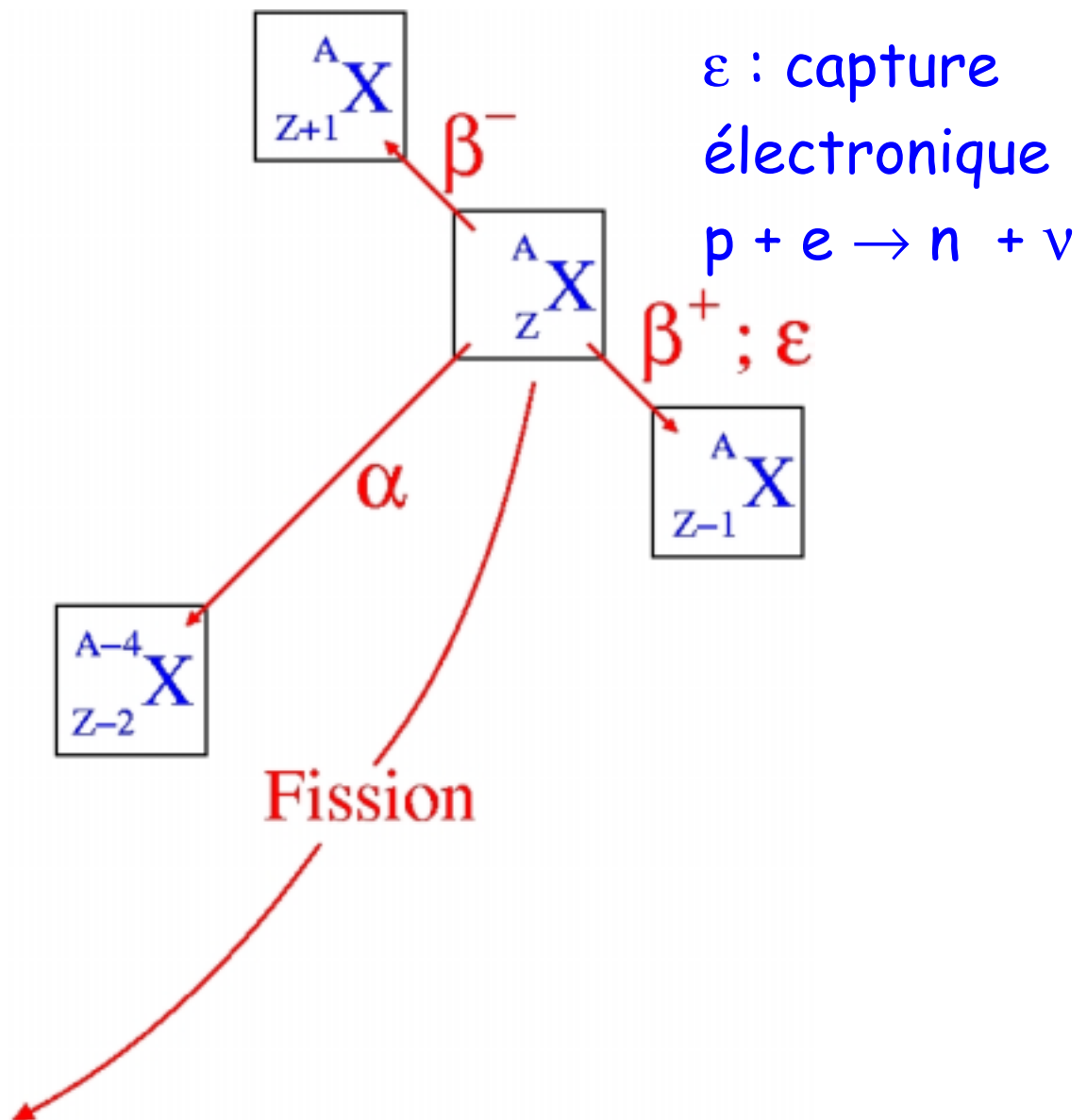


Cible : $\simeq 10^9$ atomes
produits par irradiation de Pu.
 $I \simeq 10^{14}$ p.p.s.

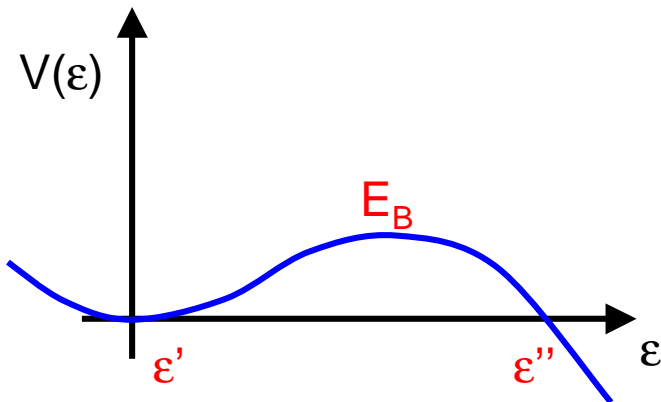
Dernier élément identifié par
séparation chimique
(17 atomes) \Rightarrow Mendélévium



Modes de décroissance



Fission

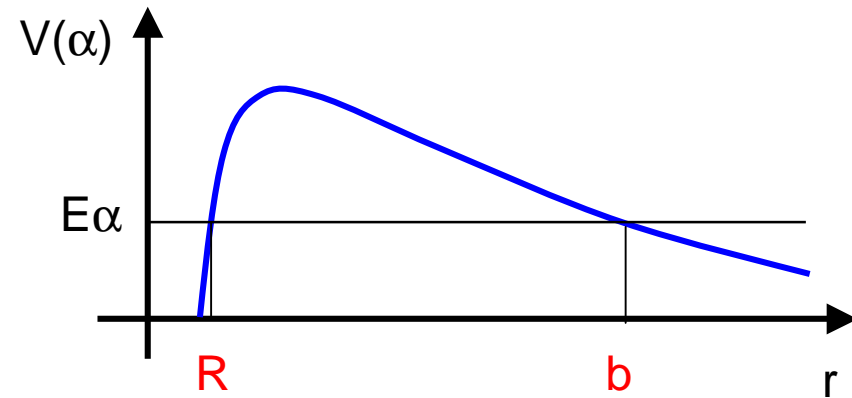


$$P \approx \text{Exp} \left(-\frac{2}{\hbar} \int_{\varepsilon'}^{\varepsilon''} \sqrt{2B(V(\varepsilon) - E)} d\varepsilon \right) \equiv \text{Exp}(-K)$$

$$T_{1/2} = \ln 2 \text{ Exp } K$$

$P \nearrow$ quand $E_B \searrow$; $Z^2/A \nearrow$

Décroissance α



$$P \approx \text{Exp} \left(-\frac{2}{\hbar} \int_R^b \sqrt{2M_\alpha \left(V(r) + \frac{2Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{\hbar^2}{2mr^2} l(l+1) - E_\alpha \right)} dr \right) \equiv \text{Exp}(-K)$$

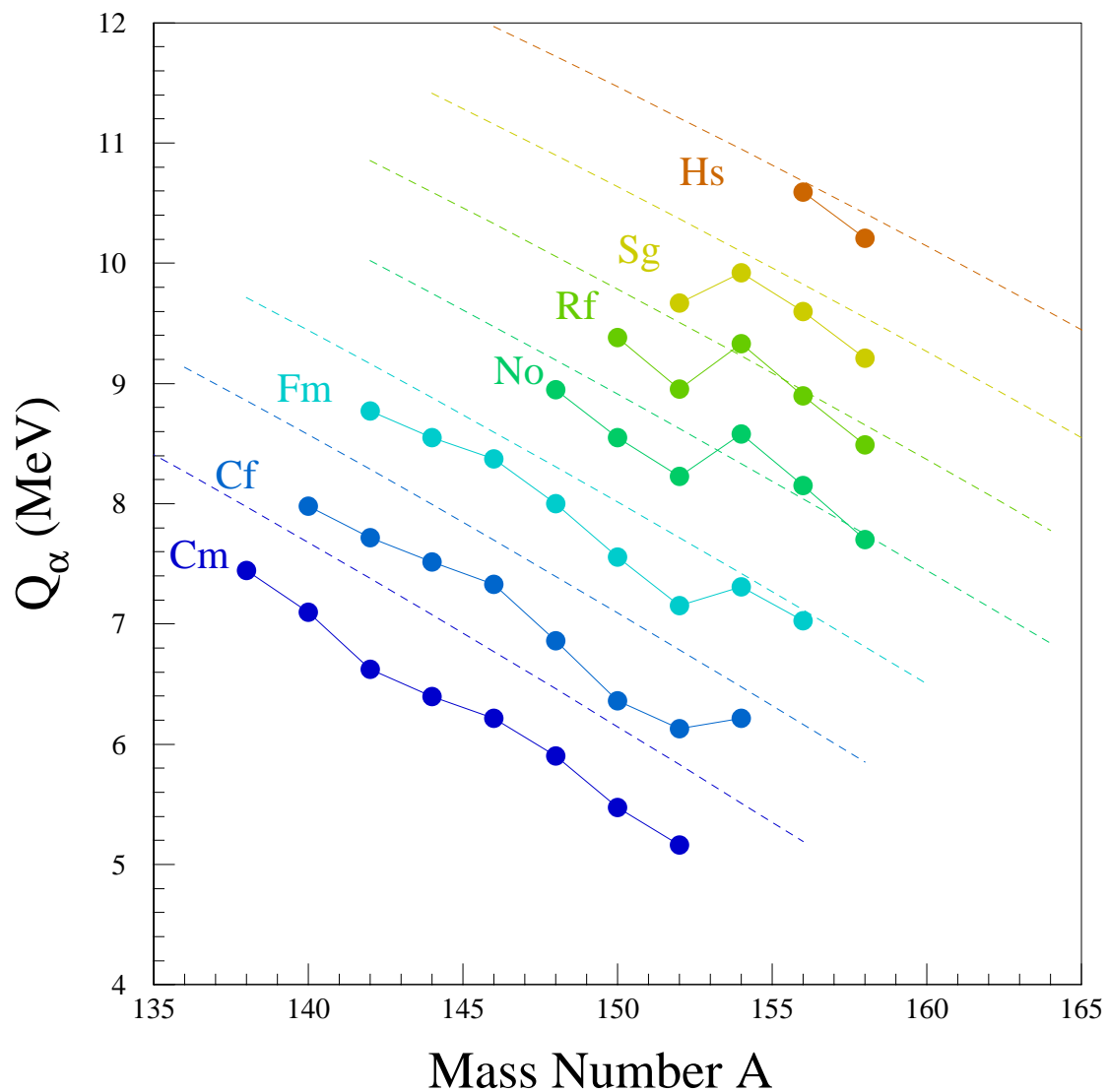
$$T_{1/2} = \ln 2 \text{ Exp } K$$

$$Q_\alpha = M_X - M_{X'} - M_\alpha$$

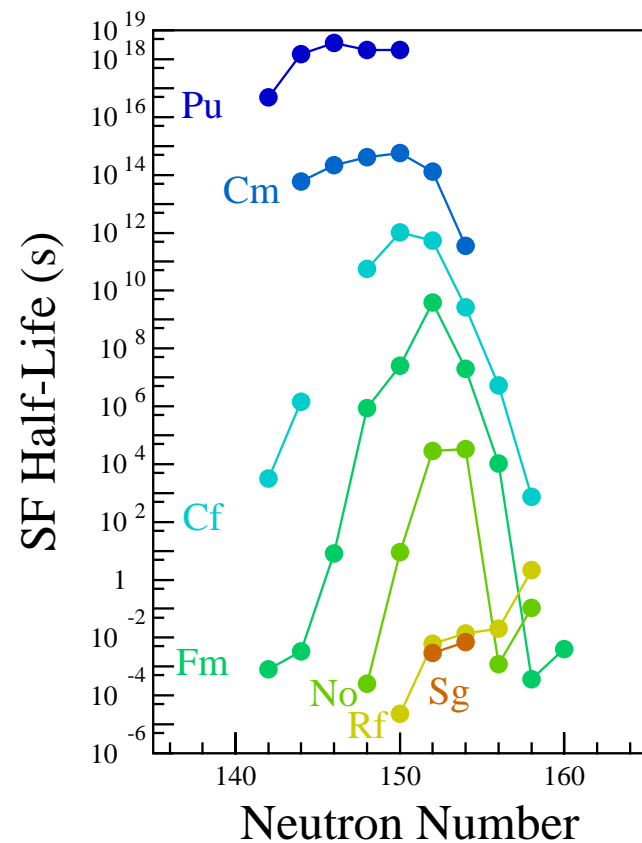
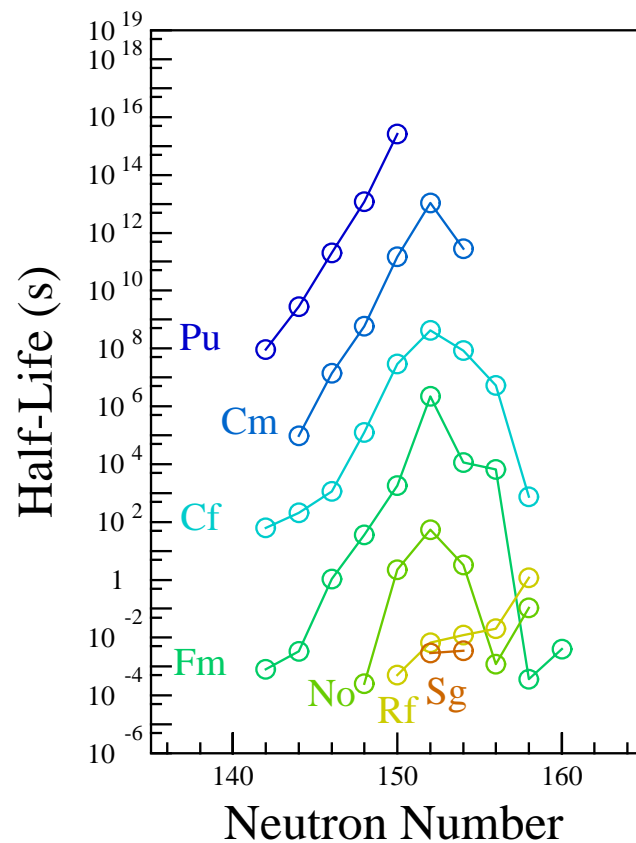
$$E_\alpha = Q_\alpha / (1 + M_\alpha / M_{X'})$$

$P \nearrow$ quand $Z \nearrow$; $E_\alpha \nearrow$; $l \searrow$

Décroissance α : Q_α



Temps de Vie



Découverte de $_{104}\text{Rf}$

• 1964 : G.N. Flerov *et al.*, Dubna :

$^{242}\text{Pu} + ^{22}\text{Ne} \rightarrow 4n + ^{260}\text{Rf}$

⇒ fission spontanée $t_{1/2} = 14 \text{ ms.}$

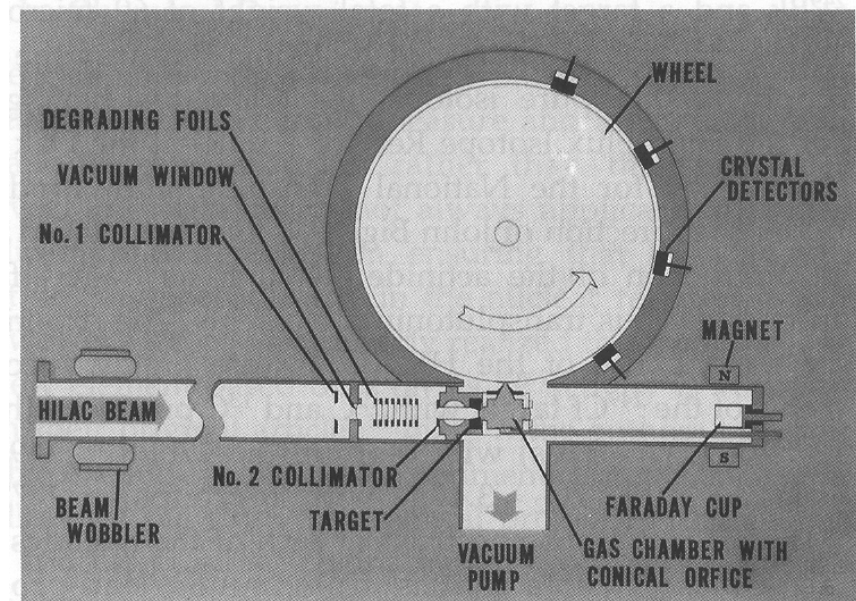
⇒ Découverte d'un isomère de forme dans ^{242}Am

• 1969 : A. Ghiorso *et al.* :

$^{249}\text{Cf} + ^{12,13}\text{C} \rightarrow ^{257,259}\text{Rf} \rightarrow \text{No}$

• Longue controverse Berkeley/Dubna et expérience communes.

• Découverte commune Berkeley/Dubna



Découverte de ^{106}Sg

- 1971, Berkeley $^{249}\text{Cf} + ^{18}\text{O}$: trouvent un α candidat

- upgrade HILAC (superHILAC) et amélioration VW, analyse informatique des corrélations α

- 1974 A. Ghiorso *et al.*

$^{249}\text{Cf}(^{18}\text{O}, 4n)^{263}106 \implies ^{249}\text{Rf} \implies ^{255}\text{No}$

- 1974 Yu. Ts. Oganessian (Dubna) : découverte de la fusion froide

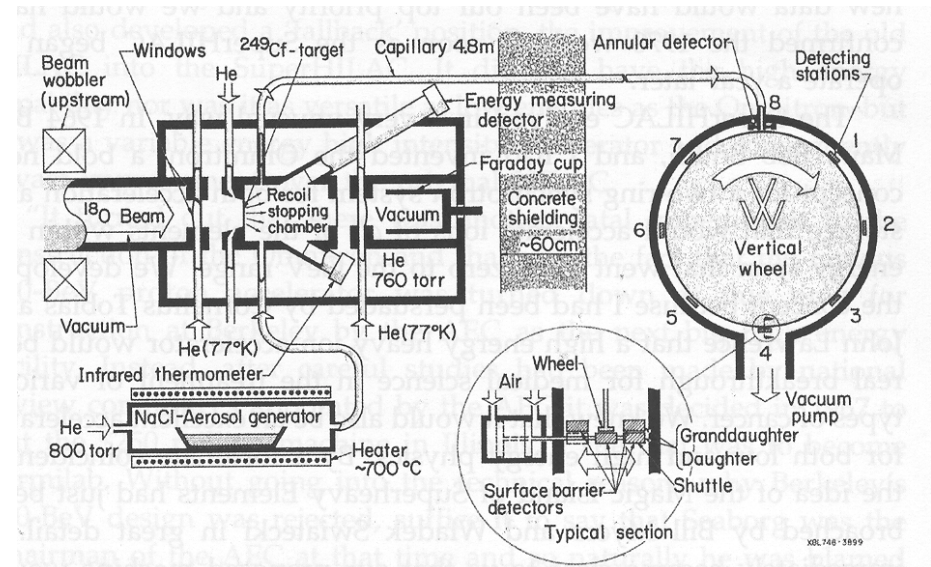
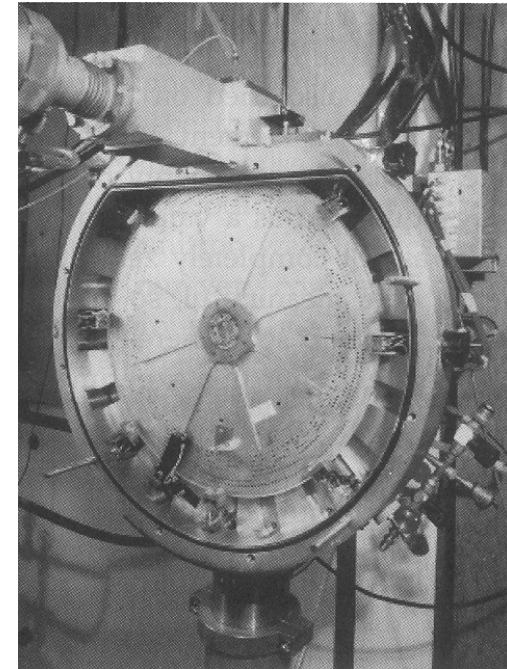
$^{208}\text{Pb} + ^{40}\text{Ar} \implies ^{244,246}\text{Fm}$

$^{208}\text{Pb}(^{54}\text{Cr}, 3, 5n)^{257,259}106 \implies \text{S.F.}$

- 1984 : la S.F. de 1974 est entièrement due à $^{256}104$

- 1997 : Seaborgium

- Découverte Berkeley



Fusion froide-chaude

Fusion froide : Q «élevé»

⇒ cibles Pb-Bi

⇒ Energie d'excitation faible

⇒ Section efficace « élevée »

Fusion chaude : Q «faible»

⇒ cibles actinides

⇒ Energie d'excitation élevée

⇒ Section efficace « faible »

Exemple : formation ^{254}No



$$Q_{\text{CN}} = -154 \text{ MeV}$$

$$E_{\text{CN}}^*(\text{barrière}) = 10 \text{ MeV}$$

$$\sigma = 2 \mu\text{b}$$

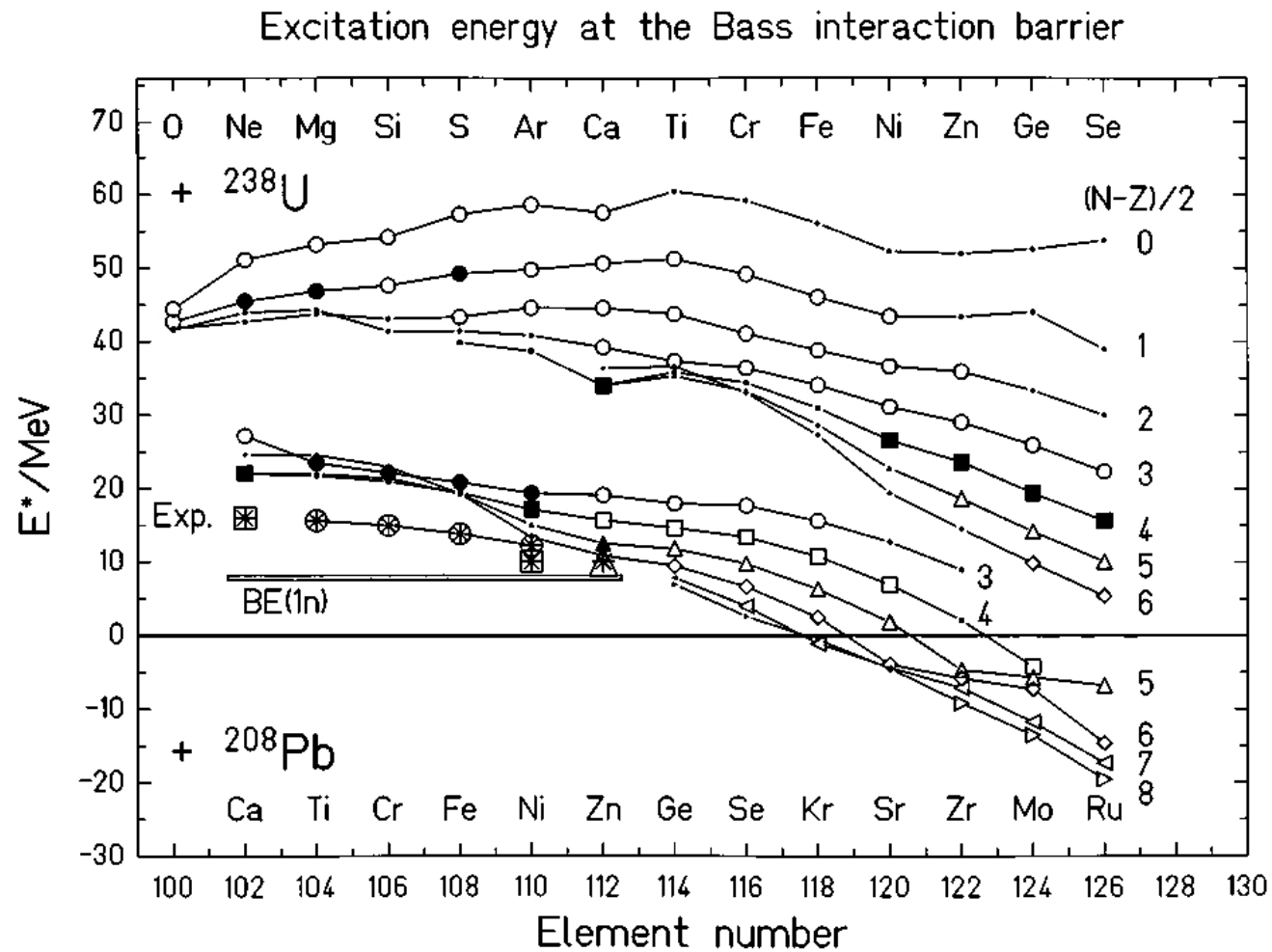


$$Q_{\text{CN}} = -52 \text{ MeV}$$

$$E_{\text{CN}}^*(\text{barrière}) = 35 \text{ MeV}$$

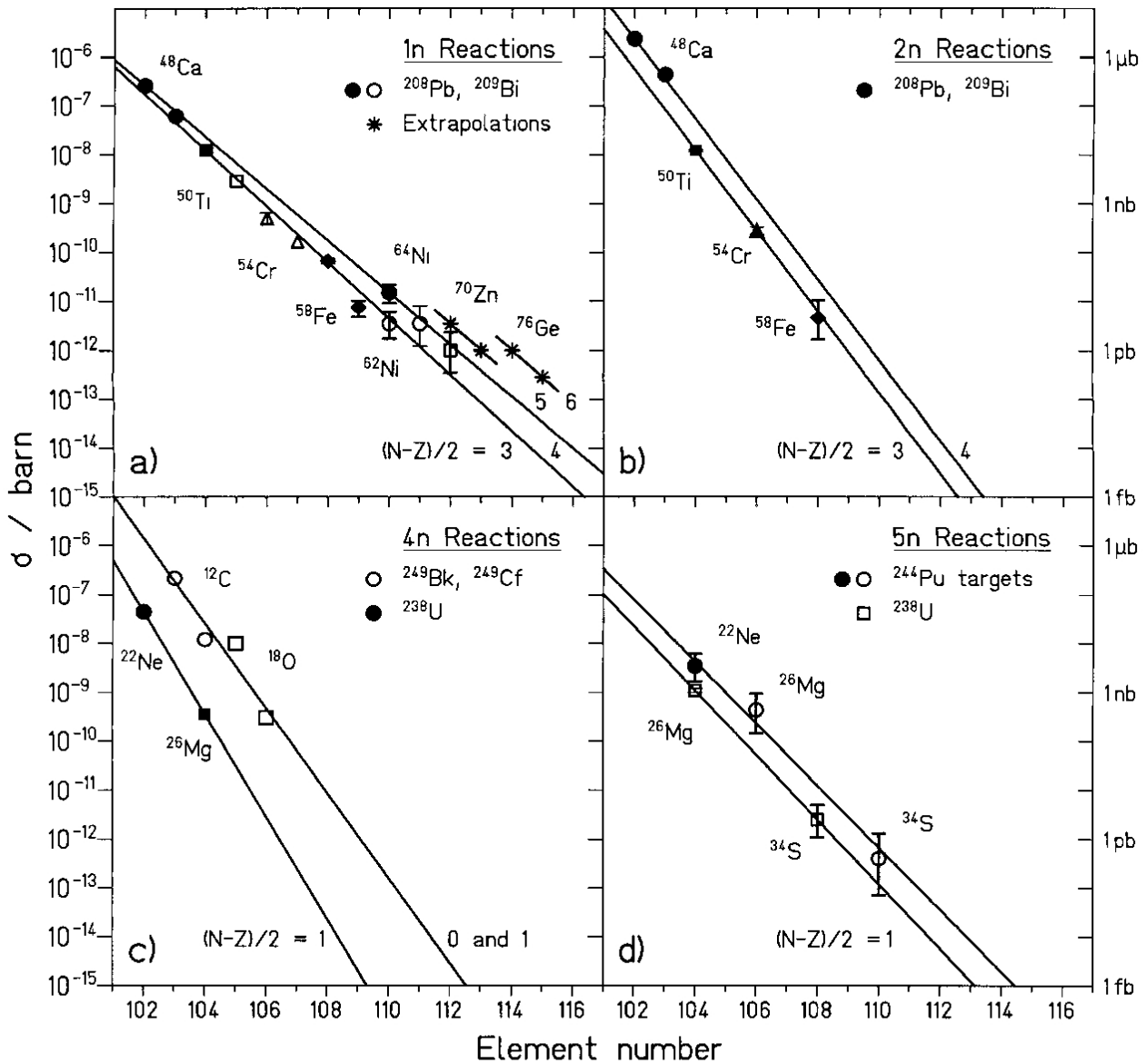
$$\sigma = 40 \text{ nb}$$

Fusion froide-chaude



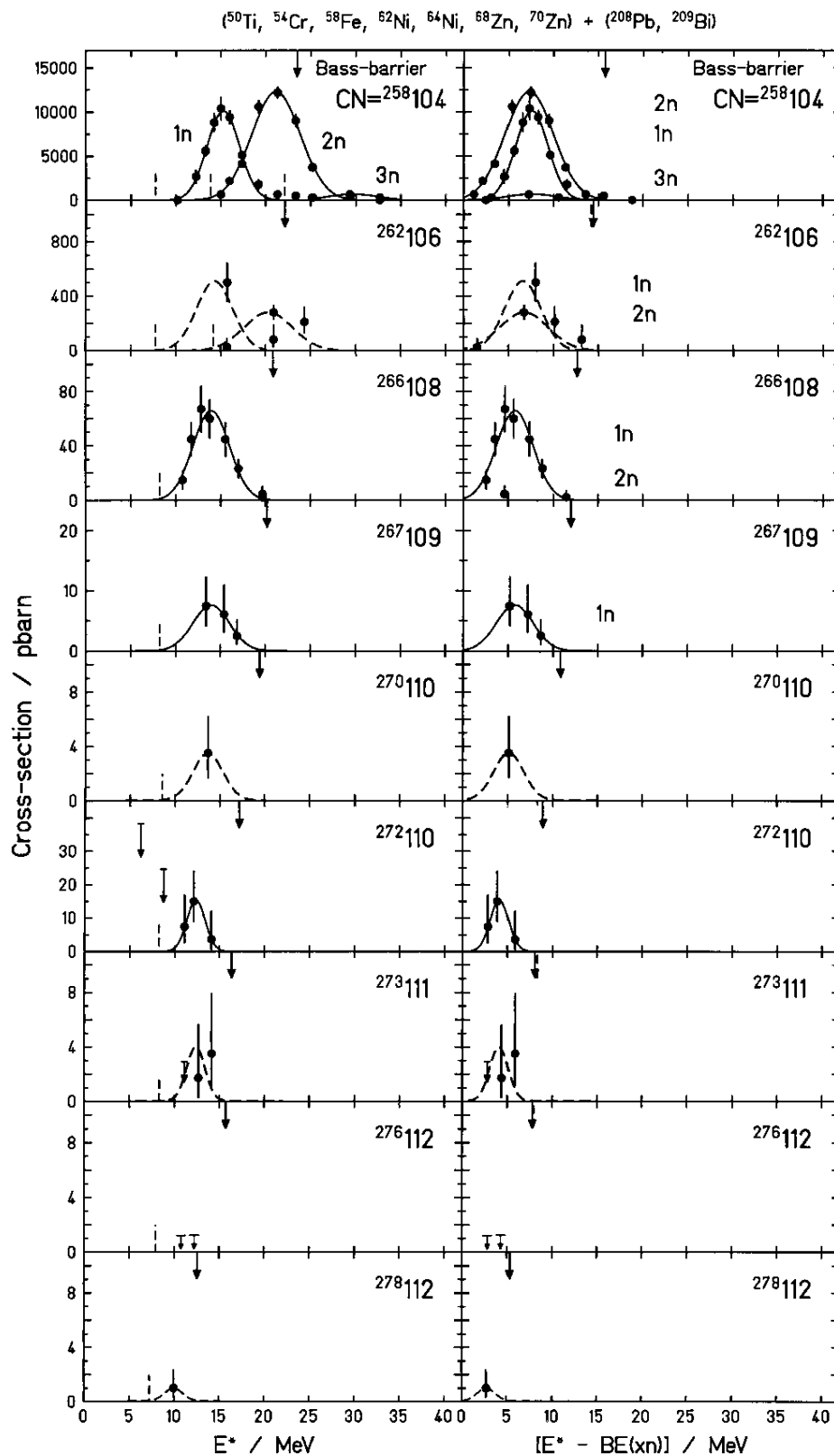
S. Hofmann. Rep. Prog. Phys. 61 (1998) 639

Sections efficaces



a,b) Darmstadt
 c,d) Berkeley, Dubna-Livermore

Fonctions d'excitation



S. Hofmann. Rep. Prog. Phys. 61 (1998) 639

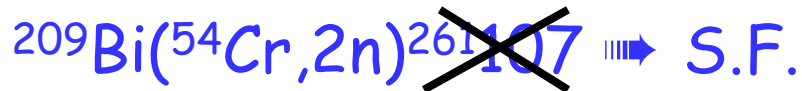
Découverte de $_{107}\text{Bh}$, $_{108}\text{Hs}$, $_{109}\text{Mt}$

- Années 70 : construction de G.S.I.
- Développement de S.H.I.P. (P. Ambruster)
- 1975 : premier faisceau

UNIversal Linear ACcelerator

Z = 107

- 1976 Yu. Ts. Oganessian *et al.*



- 1981 G. Münzenberg *et al.*



Z = 109

- 1982 G. Münzenberg *et al.*



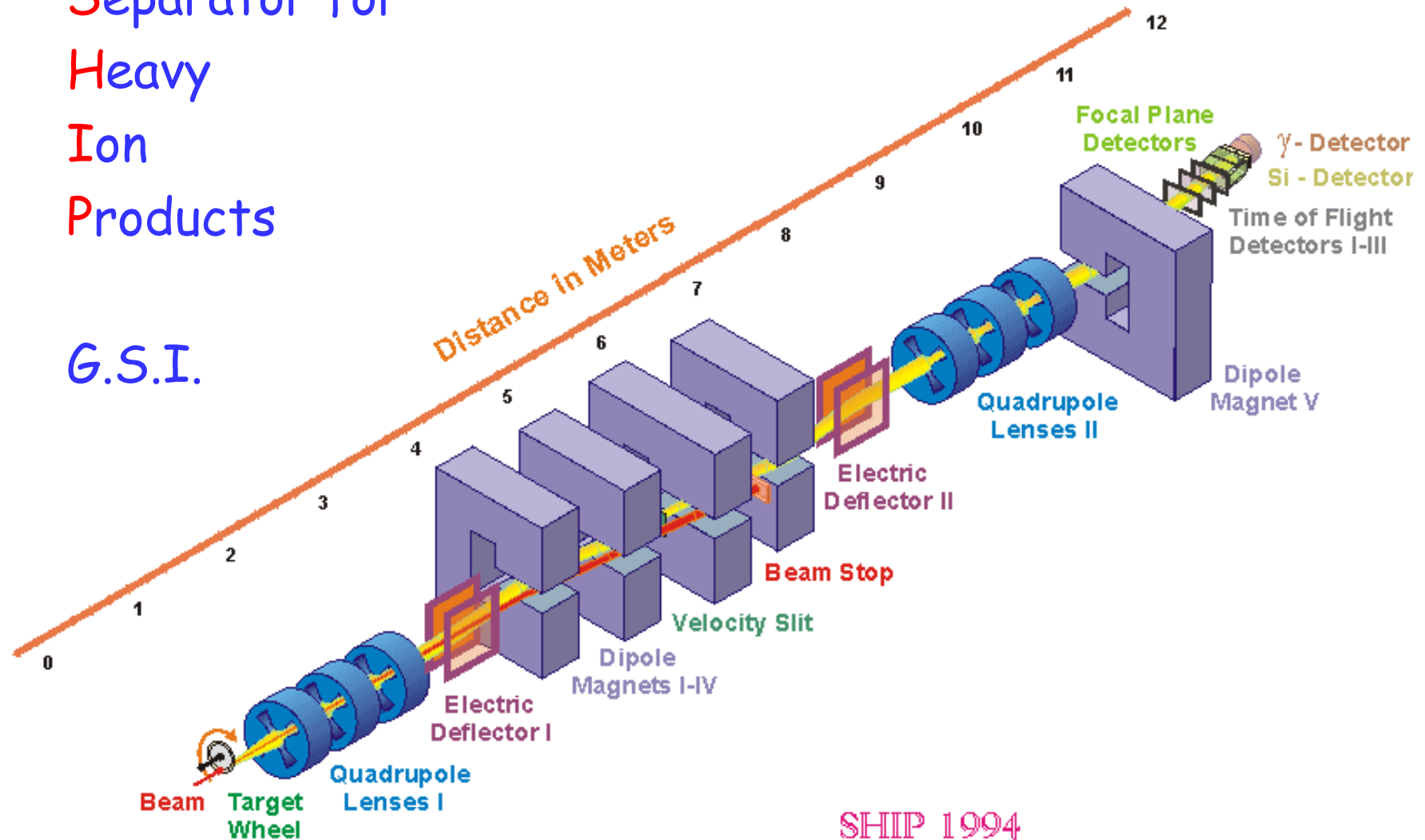
Z = 108

- 1984 G. Münzenberg *et al.*

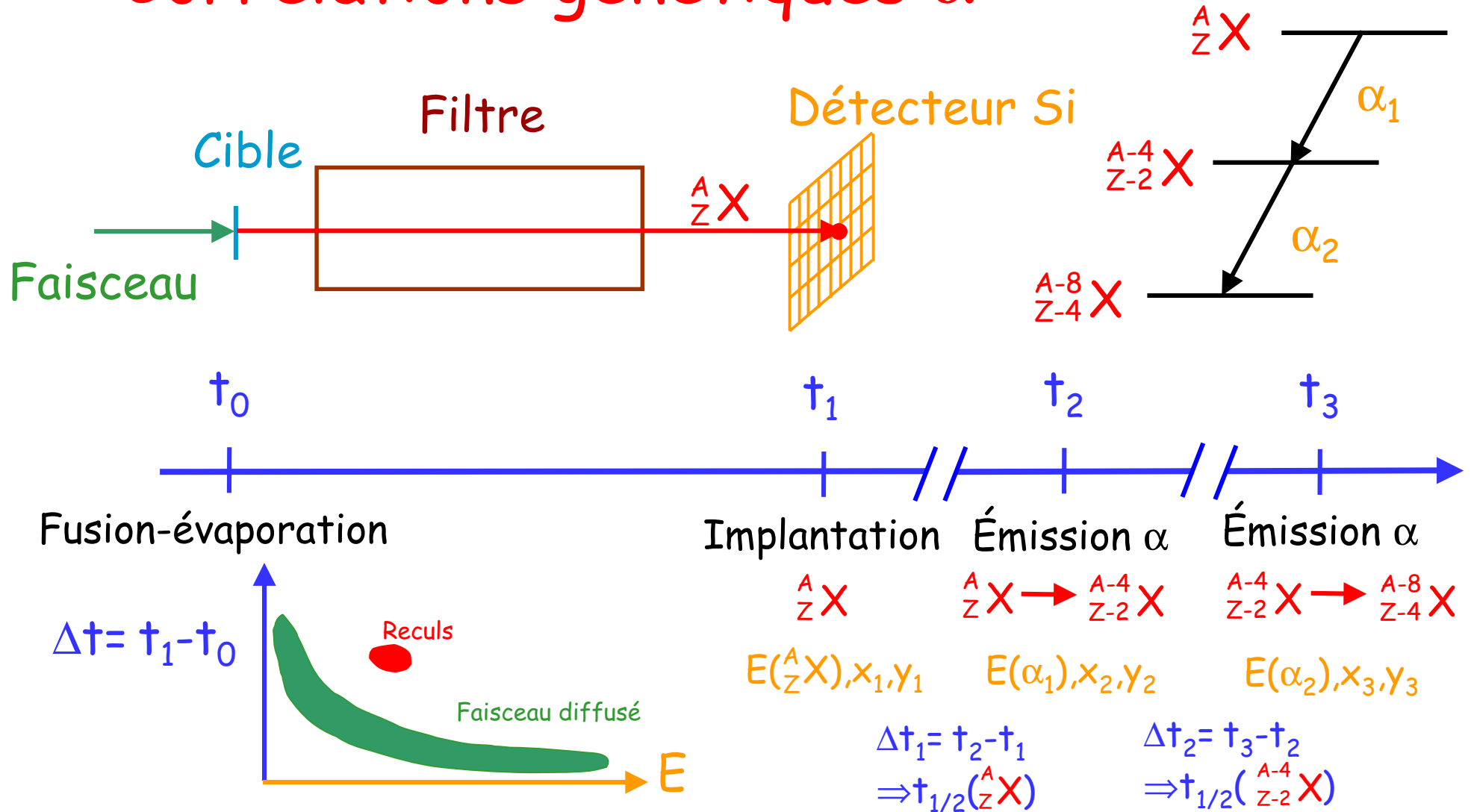


Separator for Heavy Ion Products

G.S.I.



Corrélations génétiques α



Découverte de Z=110,111,112

- Berkeley : construction de **S**mall **A**ngle
Separator **S**ystem puis de SASSY 2
(séparateur à gaz)

- 1991 Berkeley :

$^{209}\text{Bi}(^{59}\text{Co},1n)^{267}110 \implies ^{263}\text{Hs} \implies \dots$ (1 candidat)

- GSI : amélioration de SHIP; installation
d'une source ECR

Z=110

- 1994 S. Hofmann *et al.*

$^{208}\text{Pb}(^{62}\text{Ni},n)^{269}110 \implies ^{265}\text{Hs} \implies \dots$

Z=111

- 1994 S. Hofmann *et al.*

$^{209}\text{Bi}(^{64}\text{Ni},n)^{272}111 \implies ^{268}\text{Mt} \implies \dots$

Z=112

- 1996 S. Hofmann *et al.*

$^{208}\text{Pb}(^{70}\text{Zn},1n)^{277}112 \implies ^{273}119 \implies \dots$



Découverte de Z=114

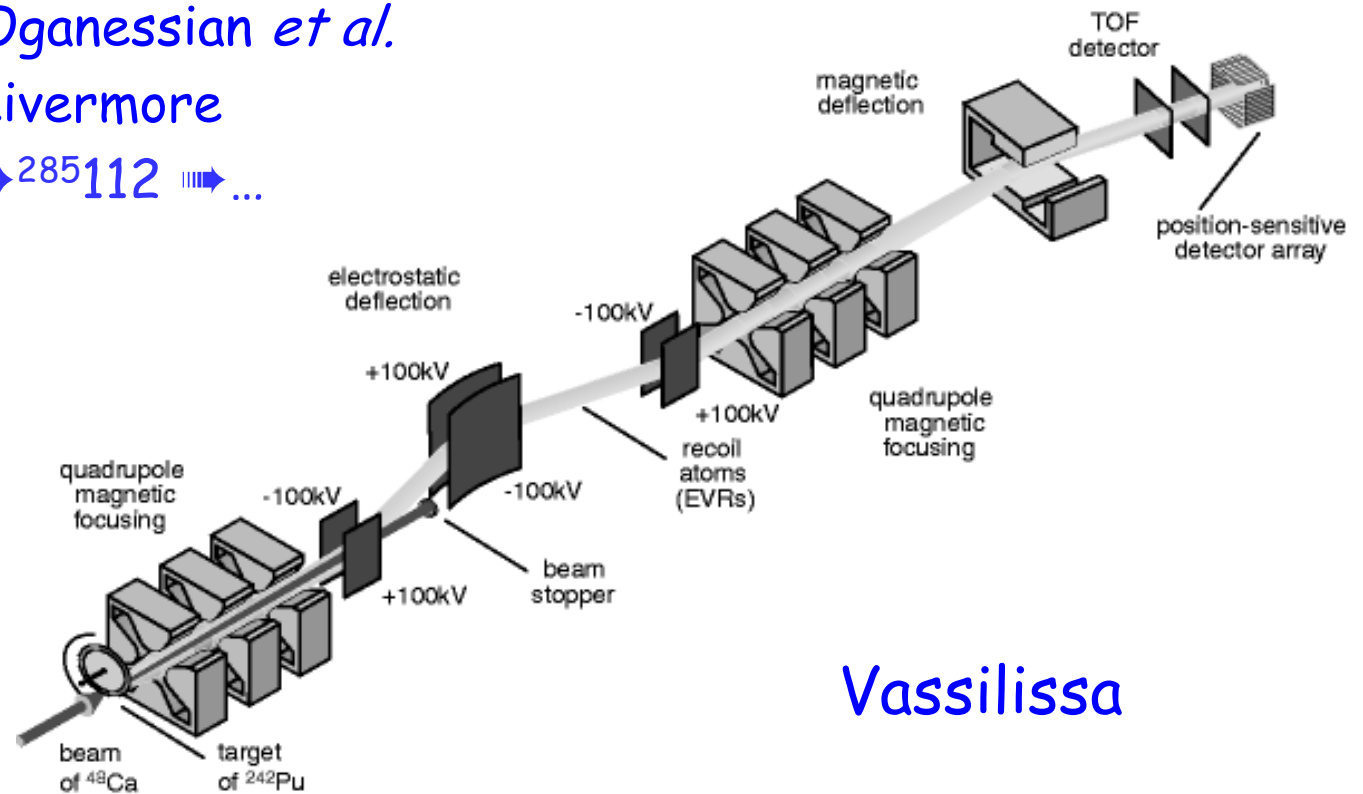
• Dubna 1999. Yu. Ts. Oganessian *et al.*

Collaboration Dubna/Livermore

• $^{244}\text{Pu}(^{48}\text{Ca}, 3n)^{289}114 \Rightarrow ^{285}112 \Rightarrow \dots$

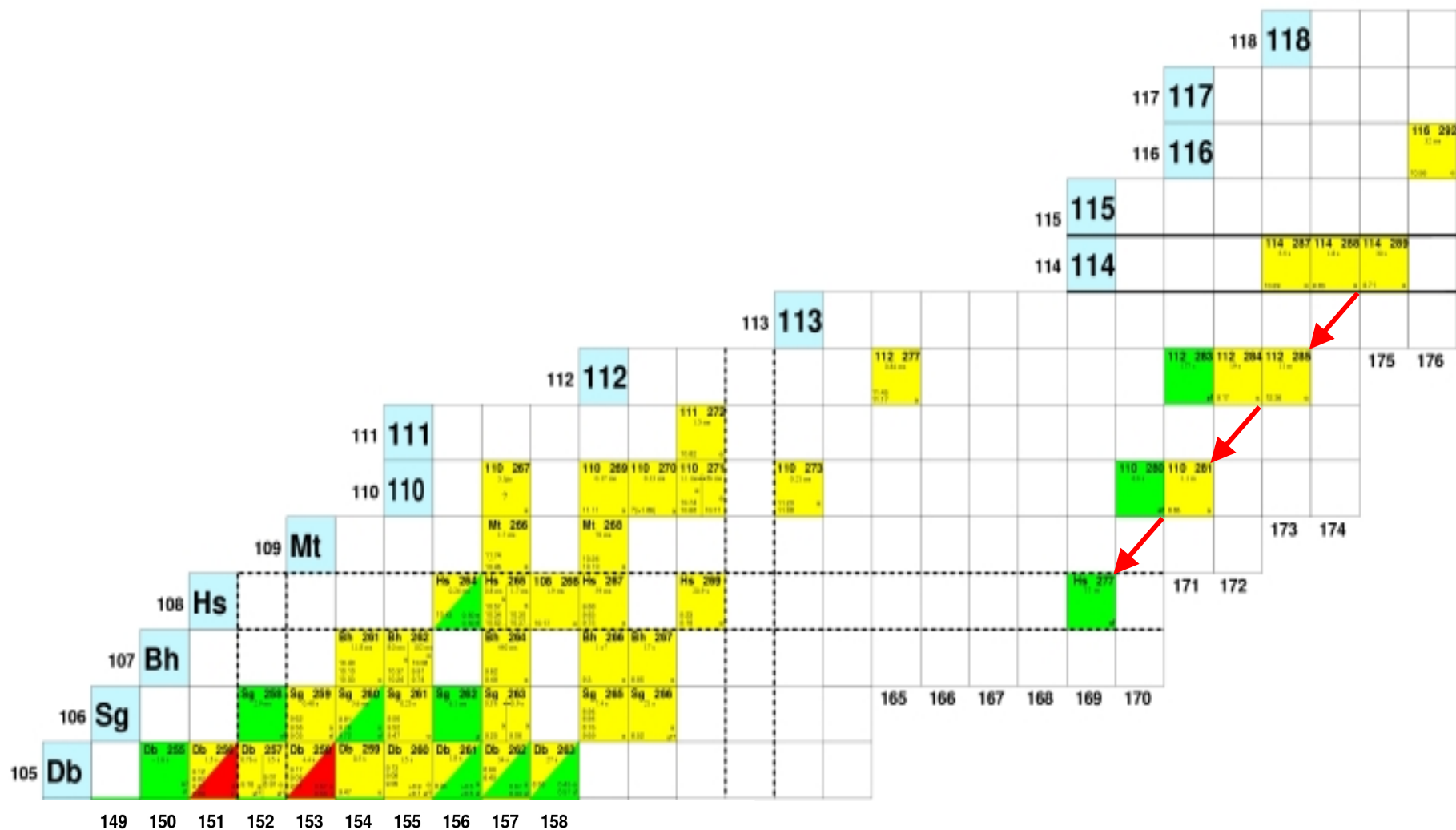
• $T_\alpha = 30.4 \text{ s}$

• $\sigma \approx 1 \text{ pb}$



Vassilissa

Décroissance $^{289}\text{114}$

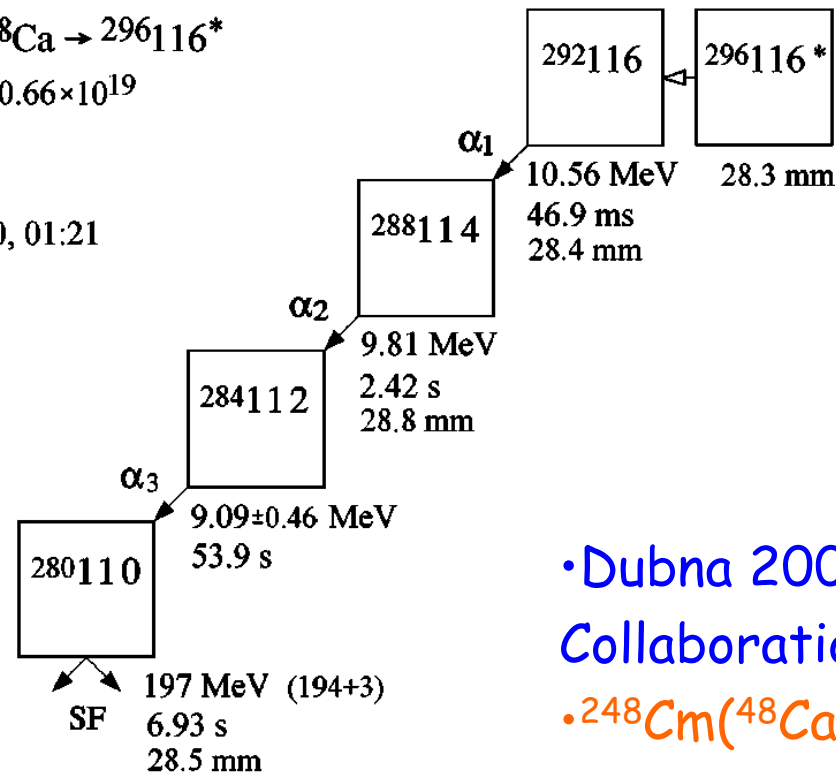


Découverte Z=116

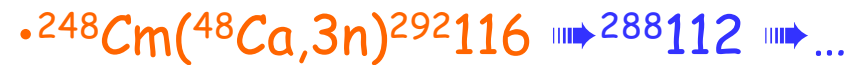


Beam dose 0.66×10^{19}

Jul.19, 2000, 01:21

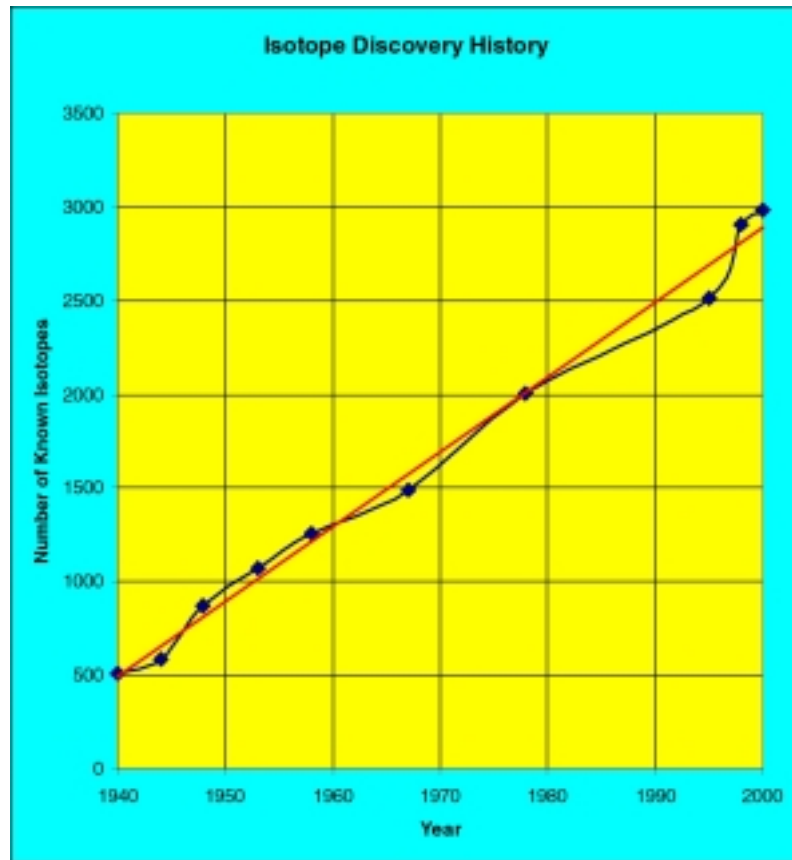


• Dubna 2000. Yu. Ts. Oganessian *et al.*
Collaboration Dubna/Livermore



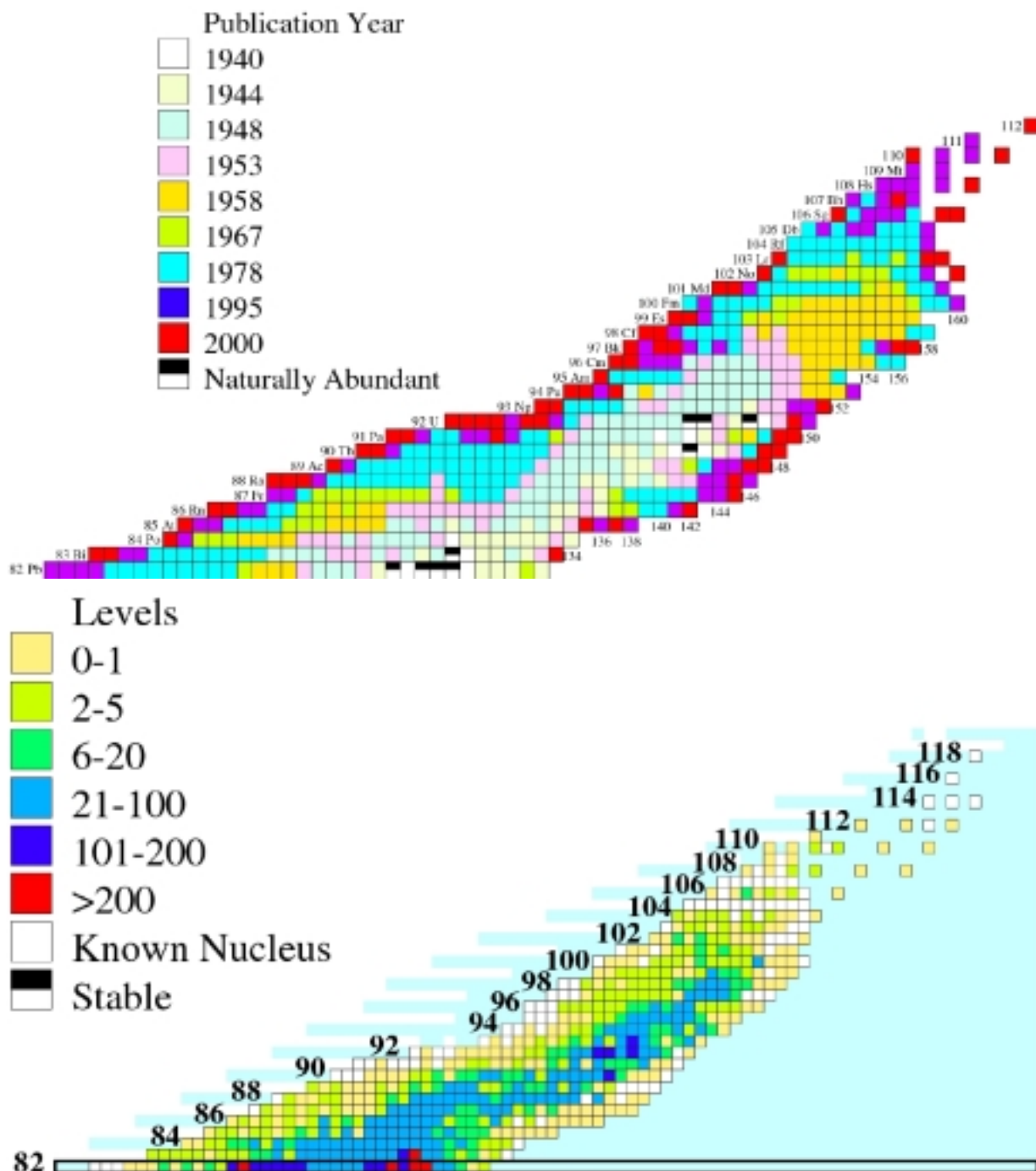
• $T_\alpha = 46.9 \text{ ms}$

Découverte des éléments



99	Es	Berkeley/Los Alamos	1952
100	Fm	Berkeley/Los Alamos	1952
101	Md	Berkeley	1955
102	No	Berkeley/Dubna	1958
103	Lr	Berkeley/Dubna	1961
104	Rf	Berkeley/Dubna	1969
105	Db	Berkeley/Dubna	1970
106	Sg	Berkeley	1974
107	Bh	GSI	1981
108	Hs	GSI	1984
109	Mt	GSI	1982
110		GSI	1994
111		GSI	1995
112		GSI	1996
114		Dubna/Berkeley	1999
116		Berkeley	1999
118		Berkeley	1999

État des connaissances



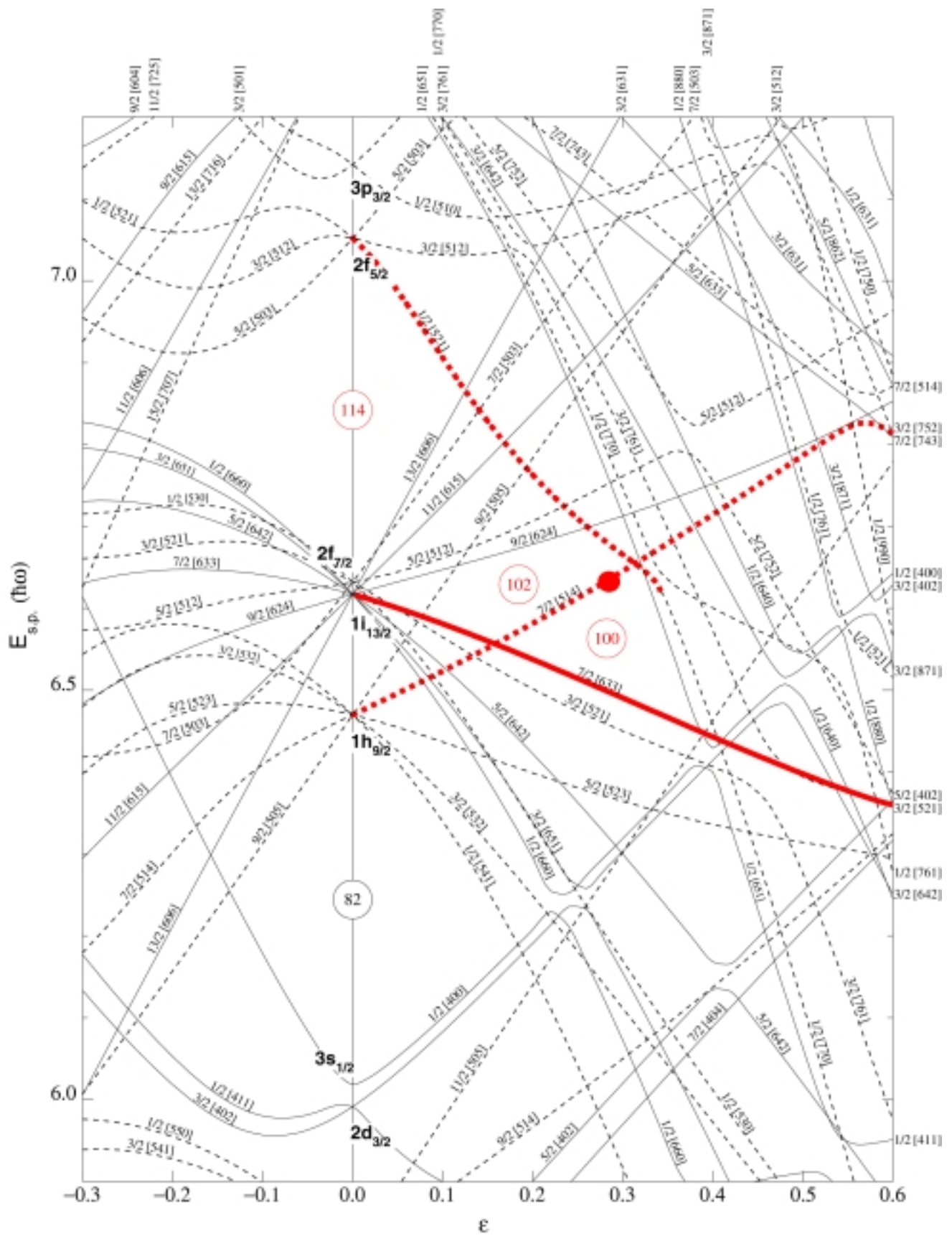
Spectroscopie des noyaux très lourds

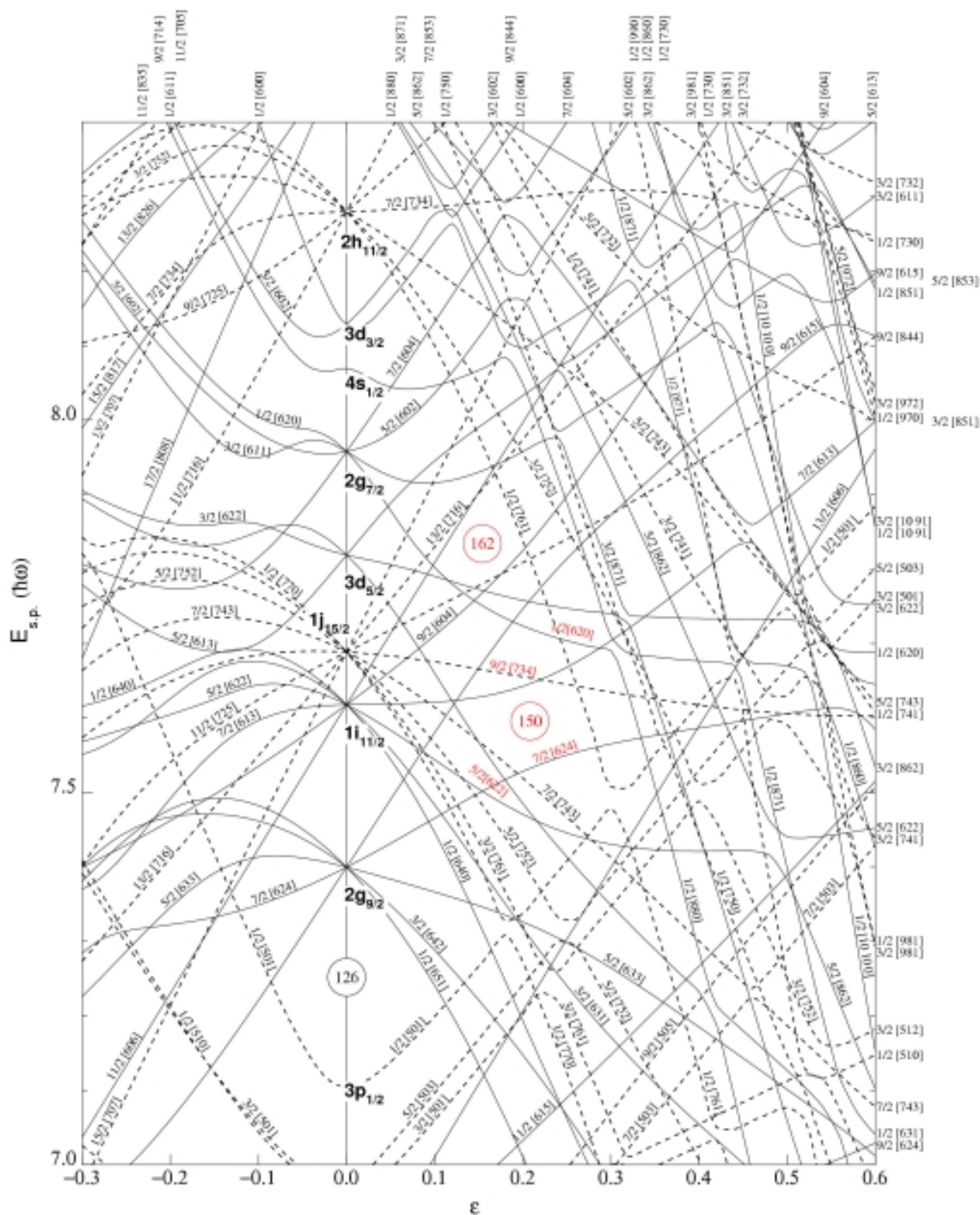
- Intérêt et enjeux
- Excitation individuelles/collectives
- Techniques expérimentales

Illustrations :

- Spectroscopie après décroissance α
- Spectroscopie prompt :
 - la technique R.D.T.
 - Spectroscopie γ de noyaux pair-pair
 - Spectroscopie électron
 - Le problème des noyaux impairs



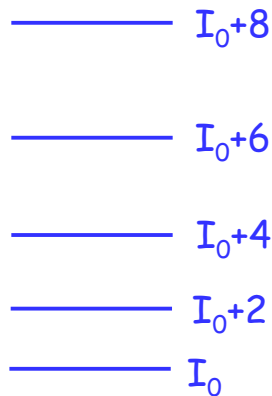




Excitations collectives/individuelles

Excitations collectives :

Rotation

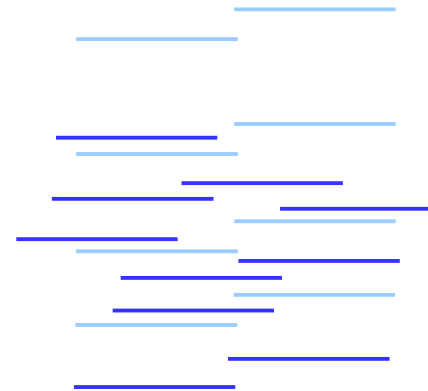


$$E = \frac{\hbar^2}{2J} \{I(I+1) + \dots\}$$

(noyaux pair-pair)

➡ Spectroscopie γ , e^-

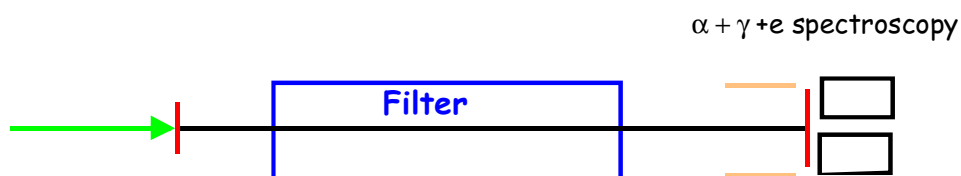
Excitations individuelles



(noyaux impairs)

➡ Décroissance α (+spectro e^-)

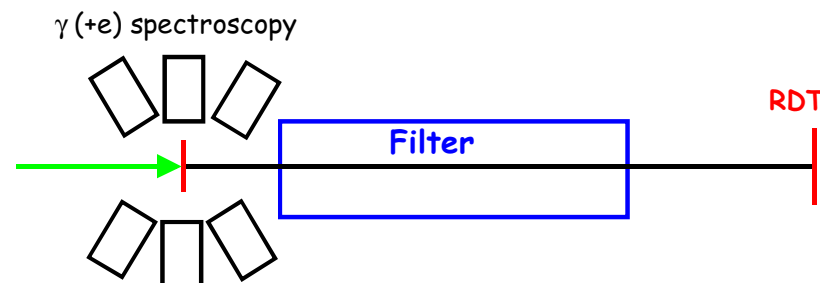
Décroissance α



- 😊 Haute intensité de faisceau
- 😊 Taux de comptage faible
- 😊 Spectroscopie après décroissance α
- 😞 Peu d'états disponibles; faible moment angulaire
- 😊 Spectroscopie électron « facile »
- 😊 Spectroscopie isomérique

Idéal pour les noyaux impairs.

Spectroscopie prompt



- 😊 Spectroscopie prompt
- 😊 Haut moment angulaire
- 😞 Spectroscopie électron difficile
- 😞 Limitation due au taux de comptage dans les détecteurs
- 😞 Statistique « faible »

Idéal pour les noyaux pairs-pairs et l'étude des propriétés collectives.

Décroissance α

$$P \approx \exp \left(-\frac{2}{\hbar} \int_R^b \sqrt{2M_\alpha \left(V(r) + \frac{2Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{\hbar^2}{2mr^2} l(l+1) - E_\alpha \right)} dr \right) \equiv \exp(-K)$$

$P \nearrow$ quand $l \searrow$: outil adapté aux faibles moments angulaires

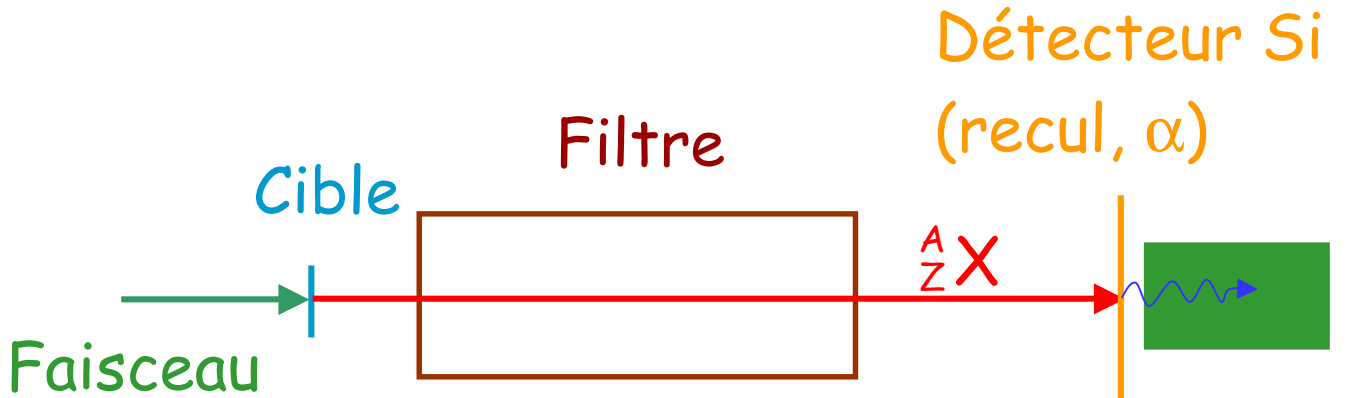
P sensible à $\langle \psi_i | \psi_f \rangle$: favorise les transitions entre états dont les fonctions d'onde sont similaires

$E(\alpha) \Rightarrow$ Énergie des états

$I(\alpha) \Rightarrow$ renseigne sur la fonction d'onde

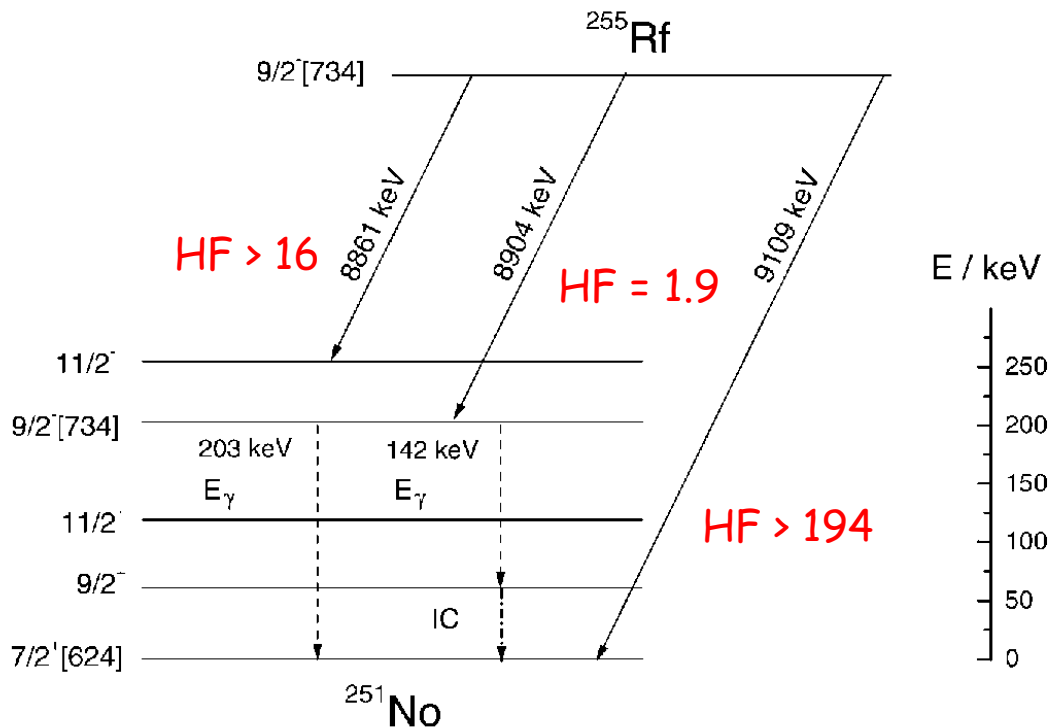


Spectroscopie α - γ



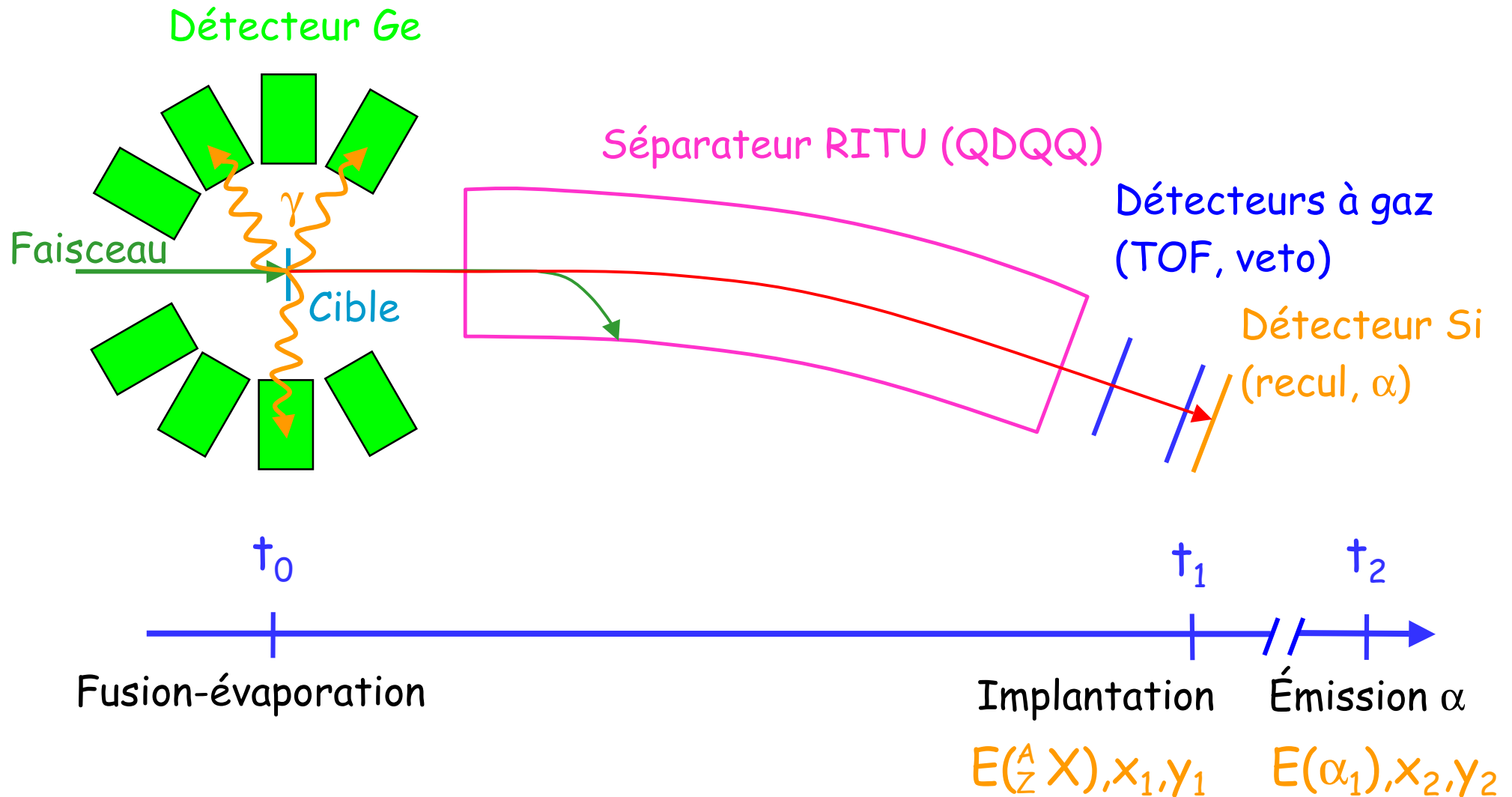
$^{208}\text{Pb}(^{50}\text{Ti}, 3n)^{255}\text{Rf} \sigma \sim 0.2 \text{ nb}$

$I_{\text{beam}} = 3.1 \cdot 10^{12} \text{ p.p.s.} = 500 \text{ nAp}$

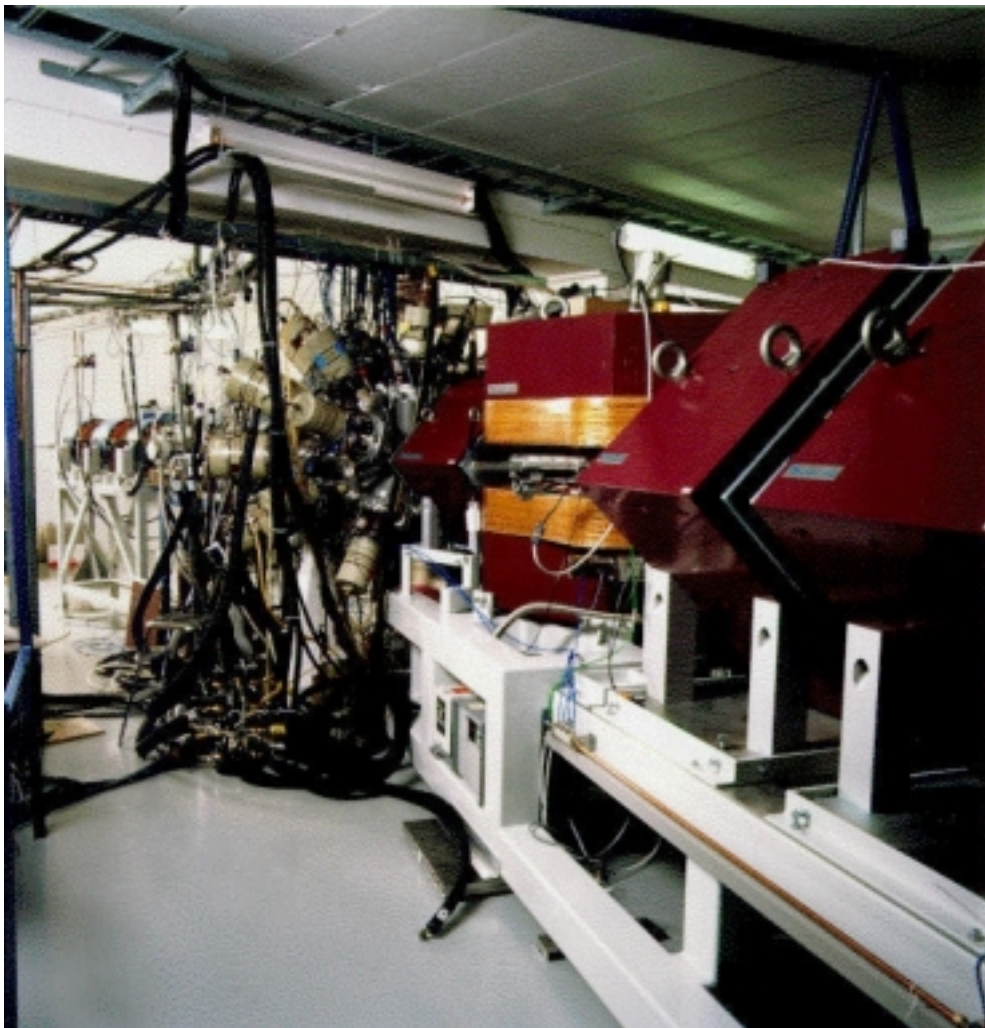
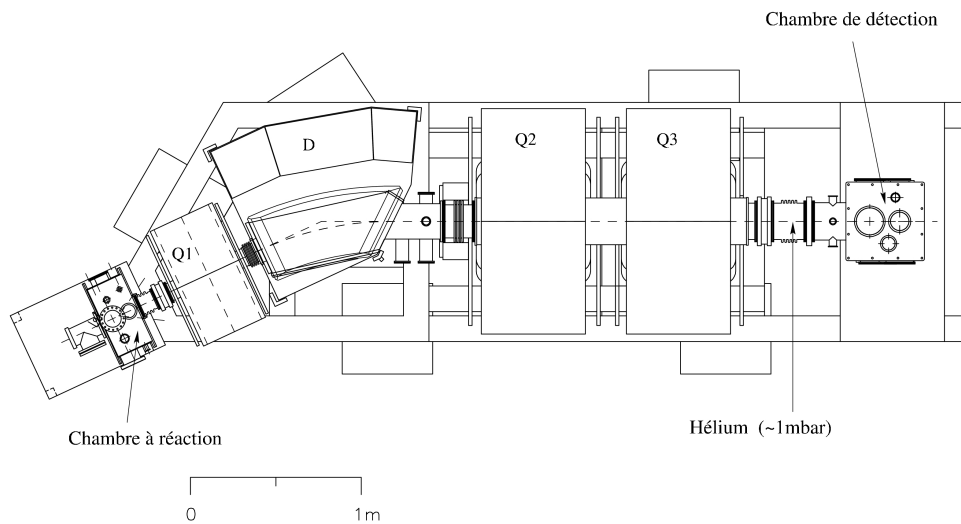


F.P. Heßberger *et al.* Eur. Phys. J. A 12 (2001) 57

Technique RDT (Jyväskylä)



Recoil Ion Transport Unit



Spectroscopie γ du ^{254}No

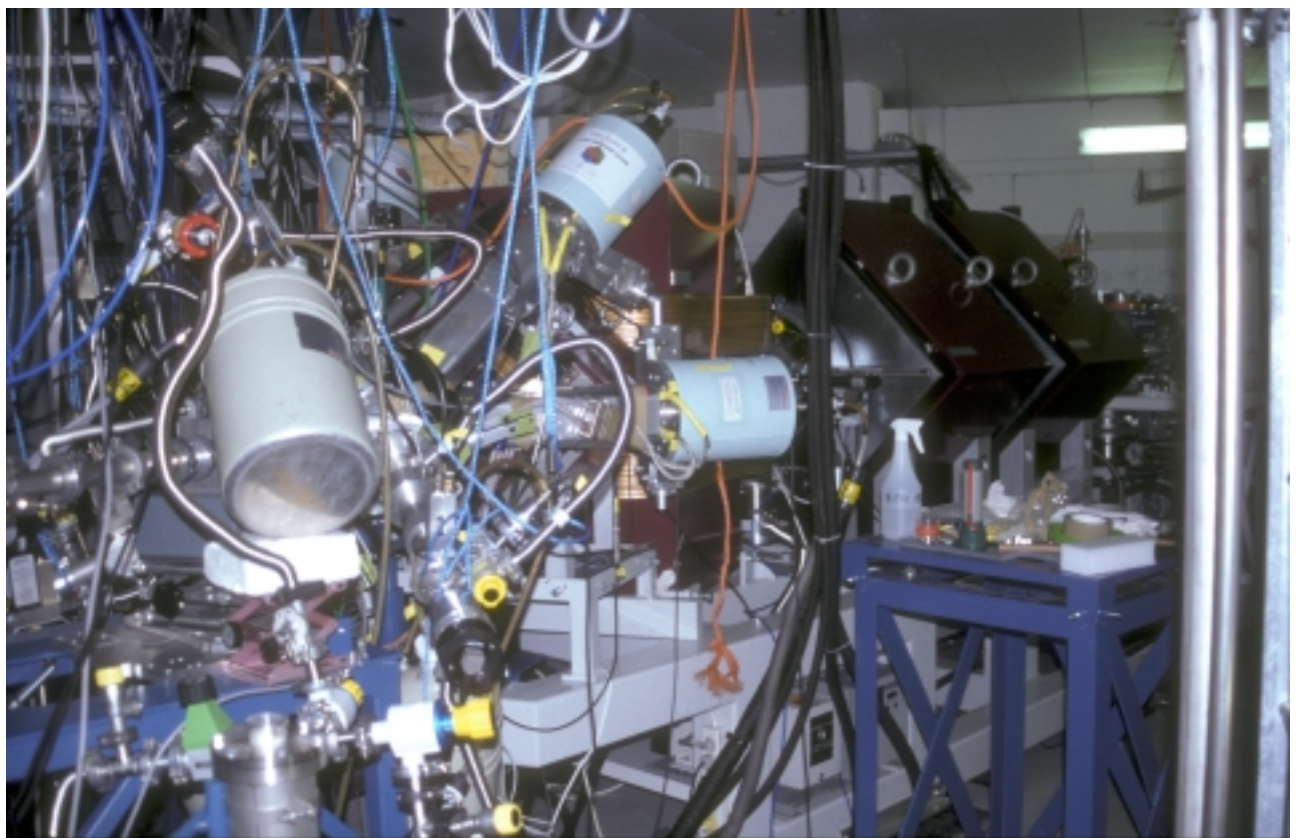
$^{208}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, 2n)^{254}\text{No}$

$E_{\text{beam}} = 216 \text{ MeV}$ $\sigma(^{254}\text{No}) \sim 3.4 \mu\text{b}$
 $\sigma(\text{fission}) \sim 1\text{b}$

$I_{\text{beam}} = 10 \text{ pA}$

Taux de comptage $\text{Ge} \simeq 100 \text{ kHz}$

Bons événements $\simeq 10/\text{h}$



Jyväskylä

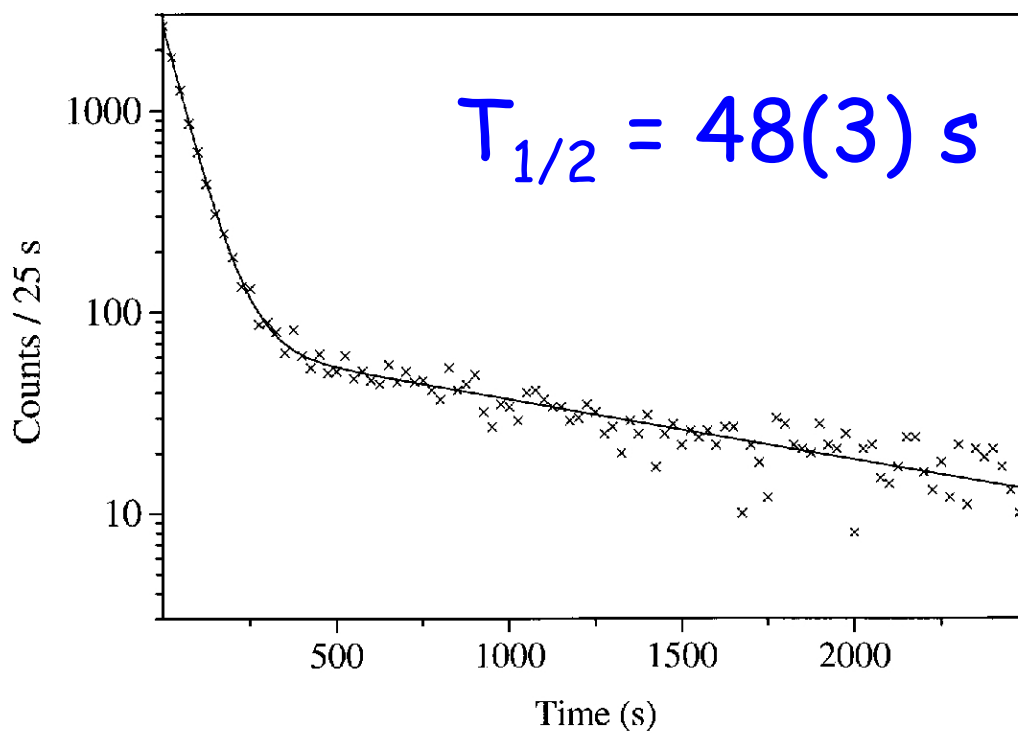
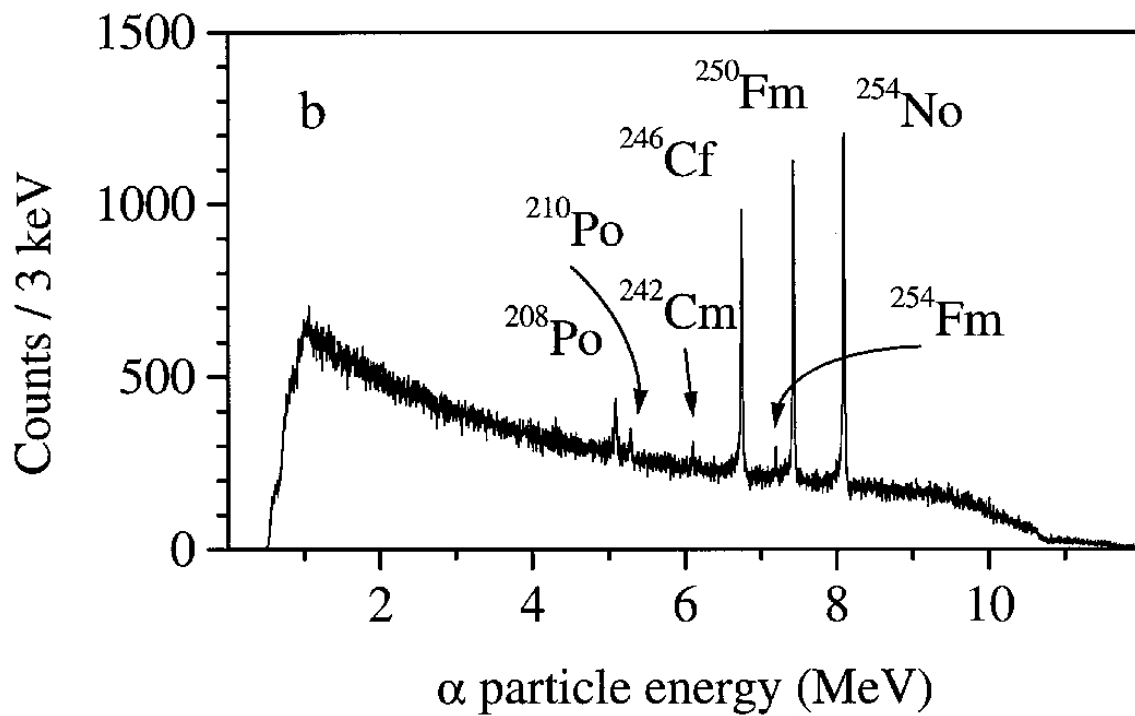


Christophe Theisen,
CEA/Saclay
DSM/DAPNIA/SPhN



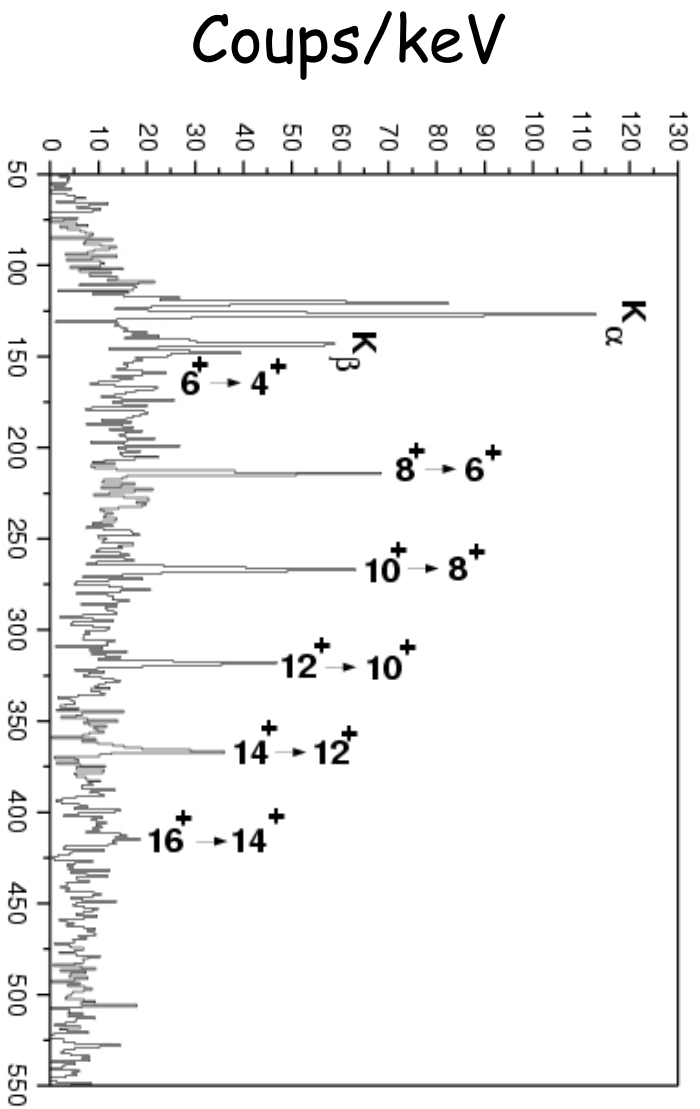
cea
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE
DSM - DAPNIA
DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

^{254}No

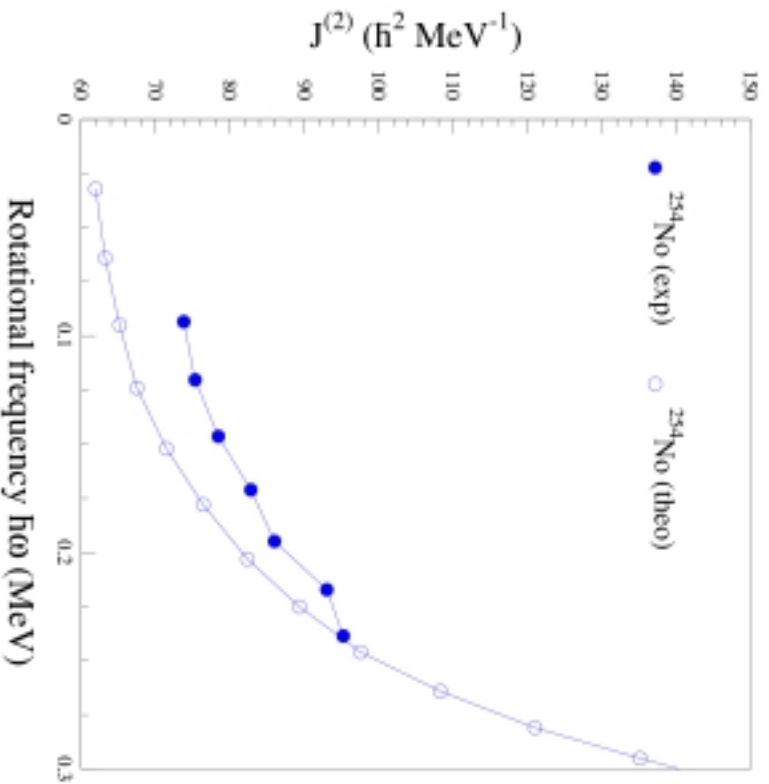


M. Leino *et al.* Eur. J. Phys A6 (1999) 63

^{254}No



Energie (keV)

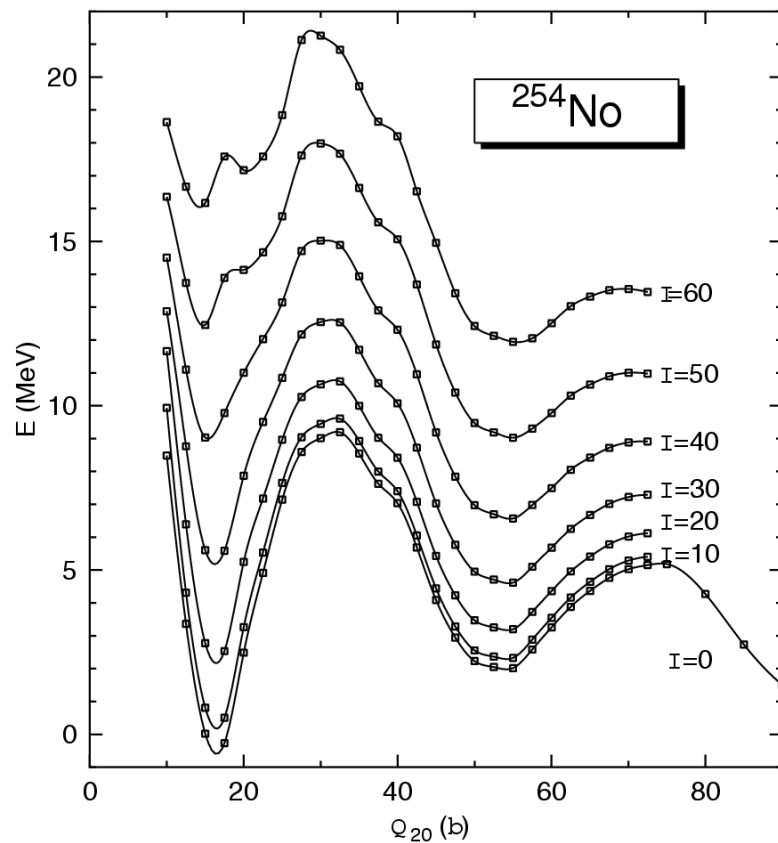


Théorie : Th. Duguet *et al.*

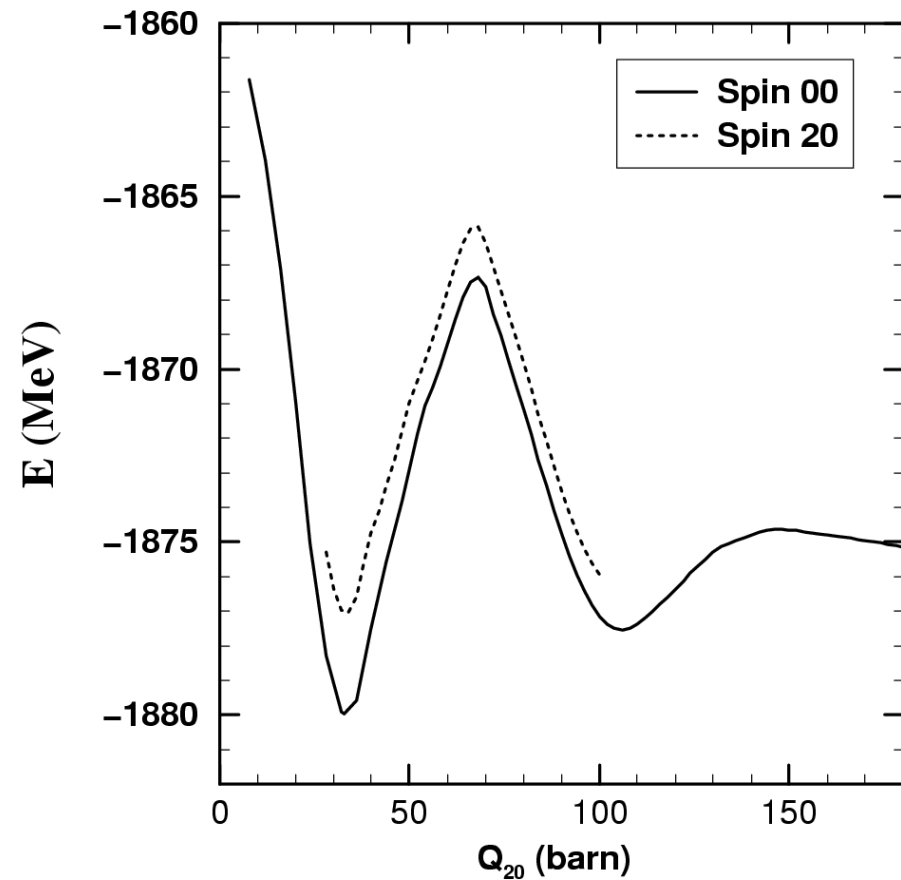
Nucl. Phys. A697 (2001) 427

M. Leino *et al.* Eur. J. Phys A6 (1999) 63

Fission et moment angulaire

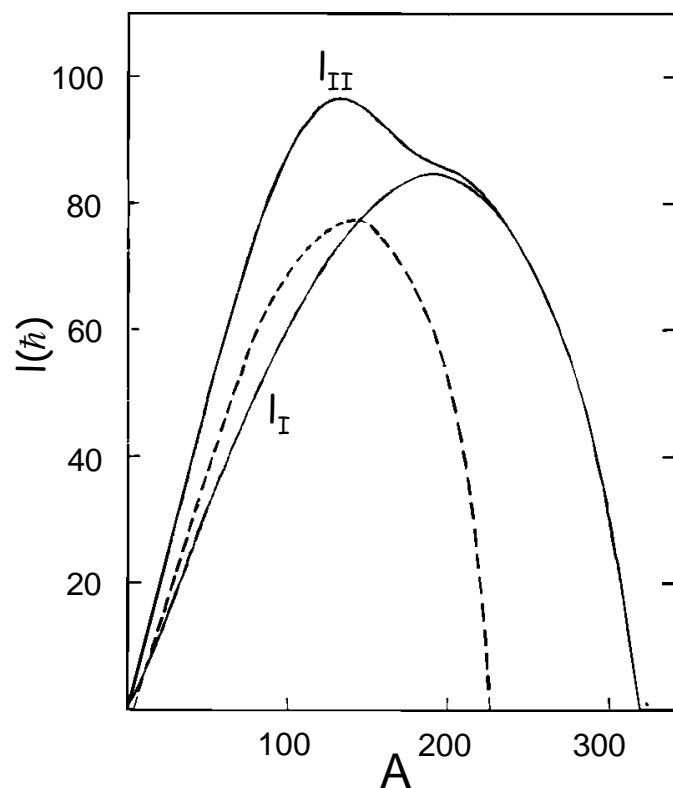


J.L. Egido, L.M. Robledo. P.R.L. 85 (2000) 1198

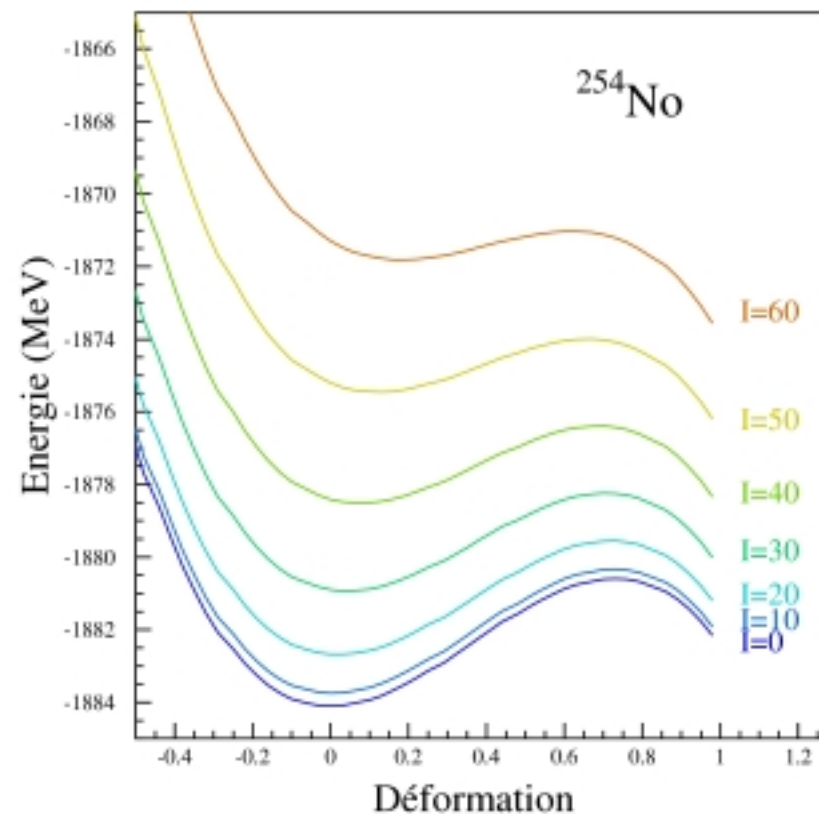


Th. Duguet *et al.* Nucl. Phys. A697 (2001) 427

Fission et moment angulaire



Cohen, Plasil, Swiatecki. Ann. Phys. 82 (1974) 557



$$E_{L.D.}(Z,N,def,I) = E(Z,N,def) + \frac{\hbar^2 I^2}{2J(Z,N,def)}$$

Jurosphere

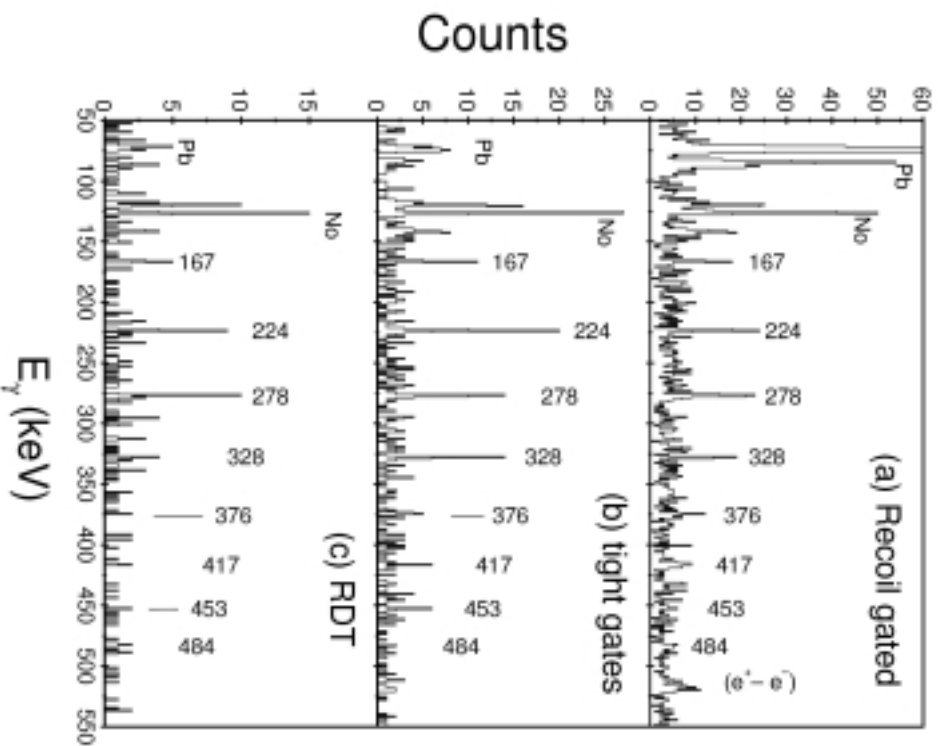


Christophe Theisen,
CEA/Saclay
DSM/DAPNIA/SPhN



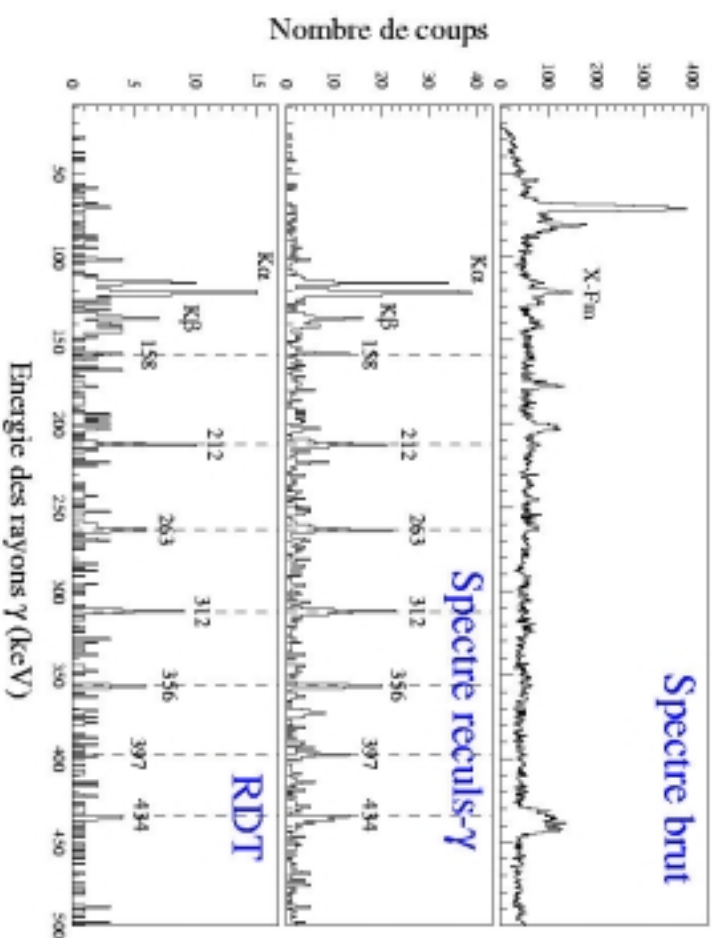
cea
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE
DSM - DAPNIA
DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

^{252}No



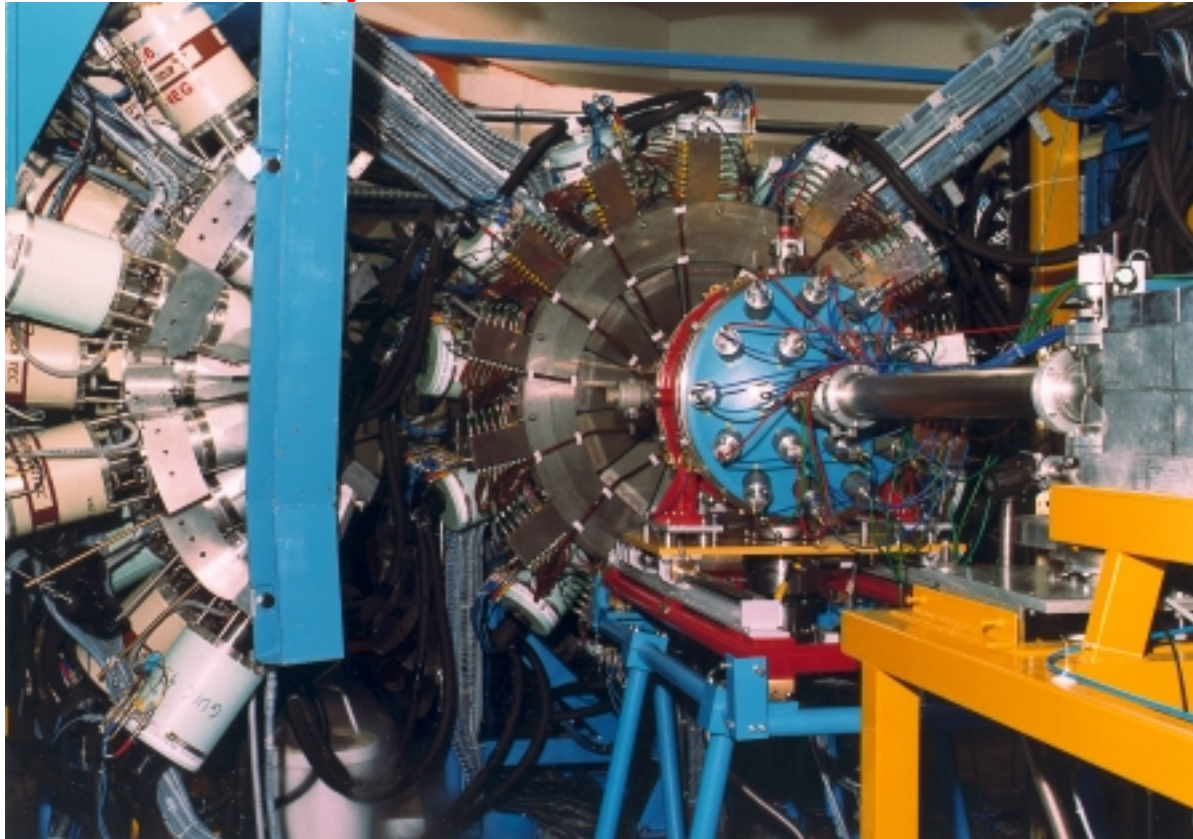
R.-D Herzberg *et al.* Phys. Rev C 65 (2002) 014303

^{250}Fm



A. Chatillon, Priv. Comm.

Spectroscopie γ avec Euroball + RFD



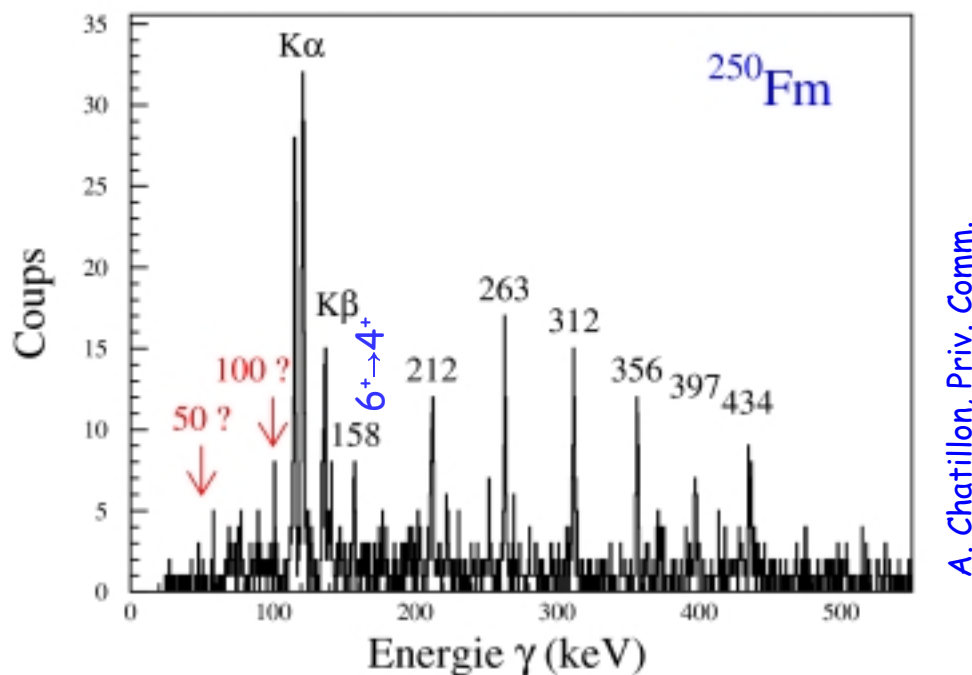
R.F.D : détection des reculs par des photomultiplicateurs

Identification par temps de vol + nombre d'électrons

Collaboration Cracovie, Berlin, Strasbourg, Paisley

Expérience : $^{238}\text{U}(^{18}\text{O},4n)^{252}\text{Fm}$ (W. Meczyński *et al.*)

La conversion interne



$$\alpha = N(\text{électron}) / N(\gamma)$$

$\alpha \nearrow$ quand $Z \nearrow$

$\alpha \nearrow$ quand $E \searrow$

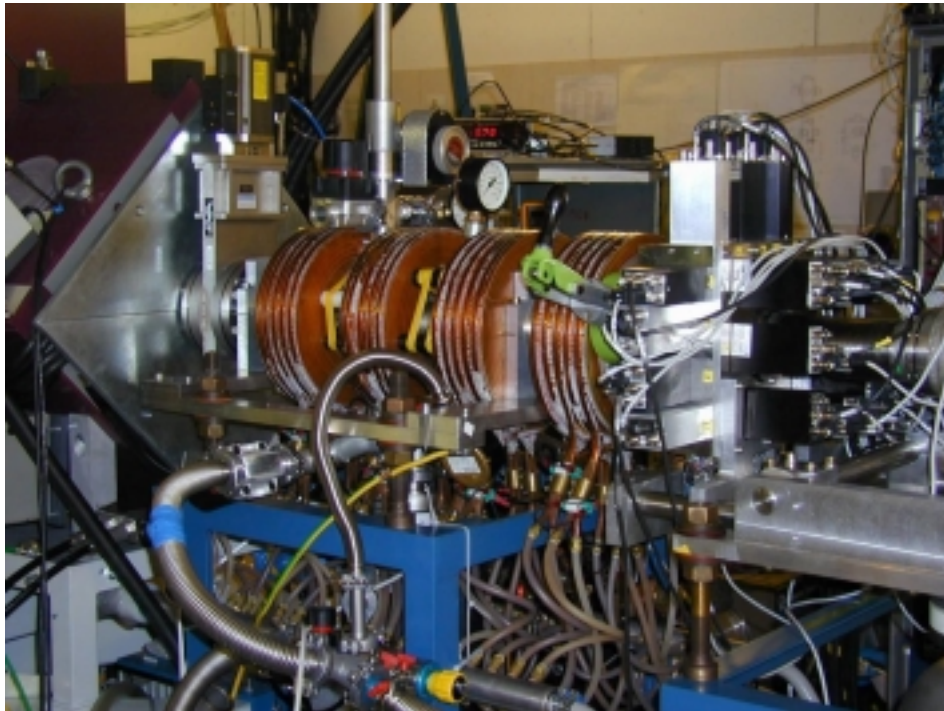
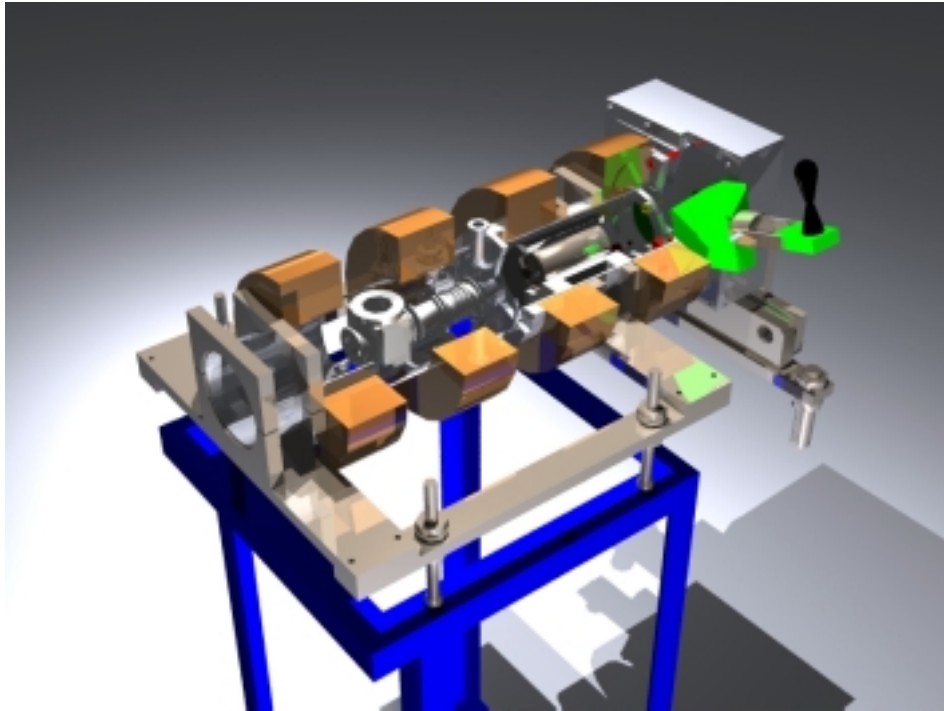
$\alpha \nearrow$ quand $\Delta I \nearrow$

$$E_{\gamma} = 100 \text{ keV} \implies \alpha = 27$$

$$E_{\gamma} = 50 \text{ keV} \implies \alpha = 725$$

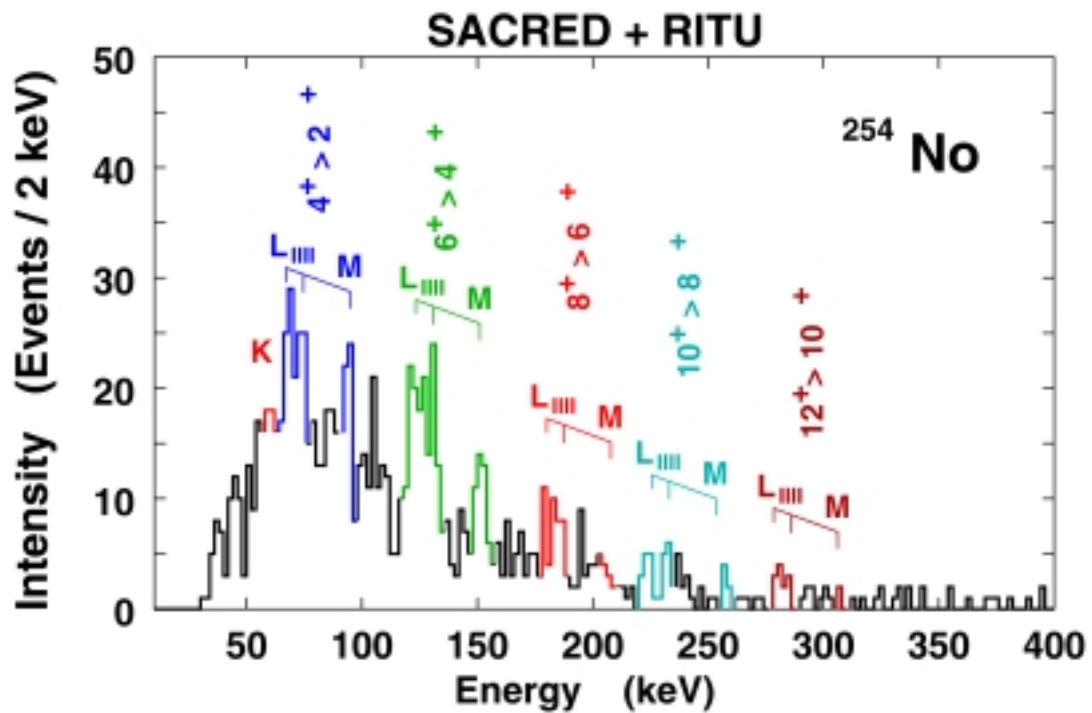
\implies Spectroscopie électron

Silicon Array for Conversion Electron Detection

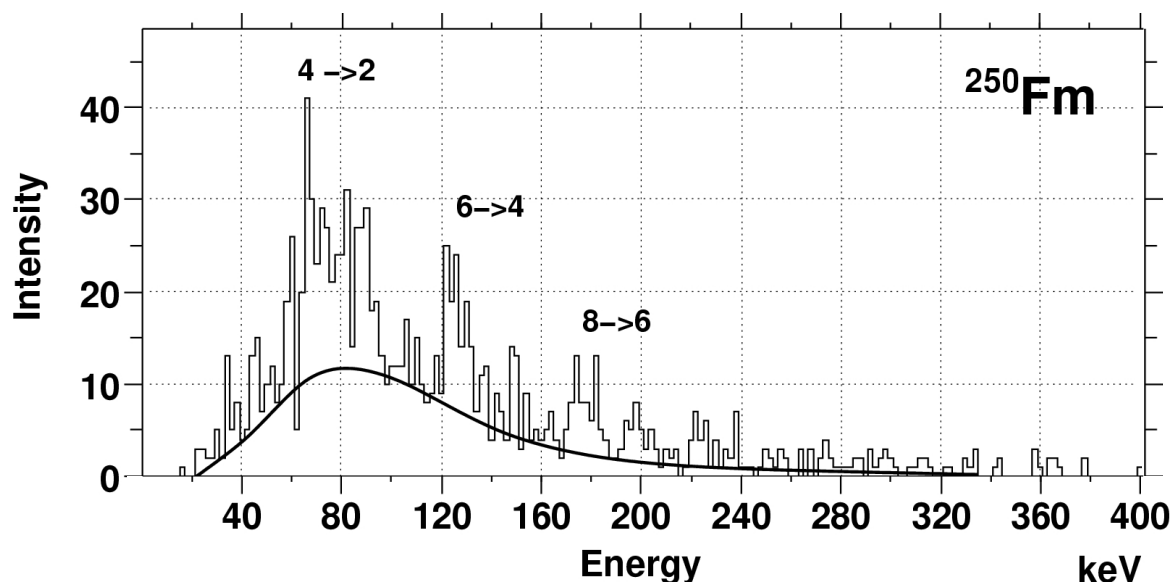


Spectroscopie électron

^{254}No , ^{250}Fm

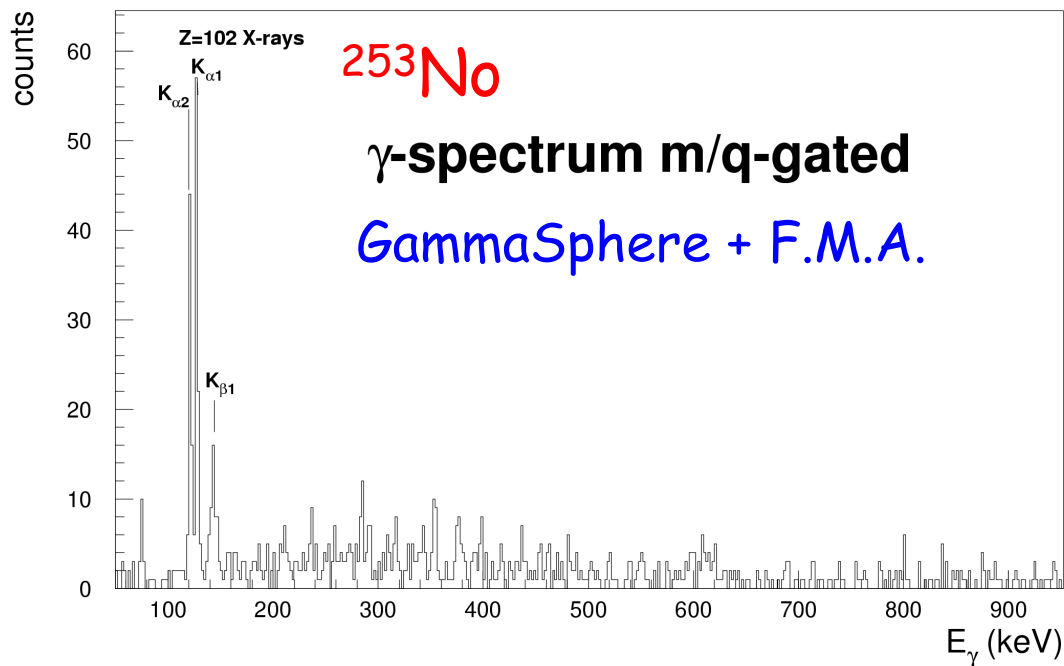


P.A. Butler *et al.*, Soumis à PRL



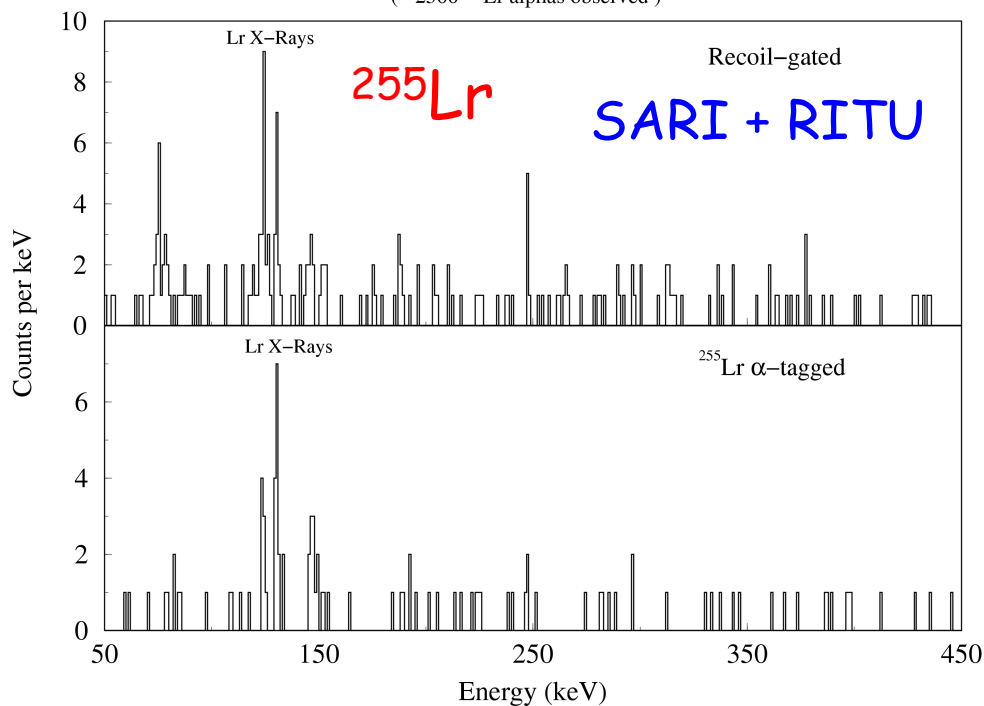
R.-D Herzberg, Comm. Priv.

Spectroscopie γ de noyaux impairs



P. Reiter, Non publié

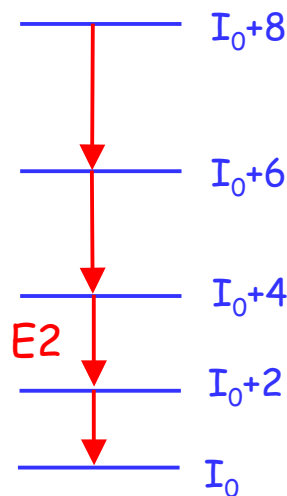
$^{48}\text{Ca} + ^{209}\text{Bi}$ @ 221 MeV
(~2500 ^{255}Lr alphas observed)



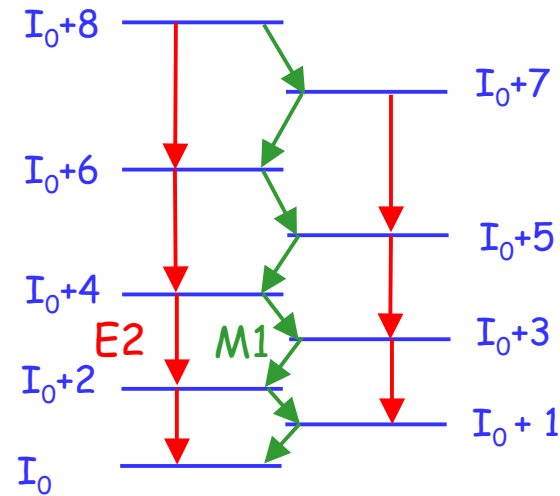
P. Greenlees, Comm. Priv.



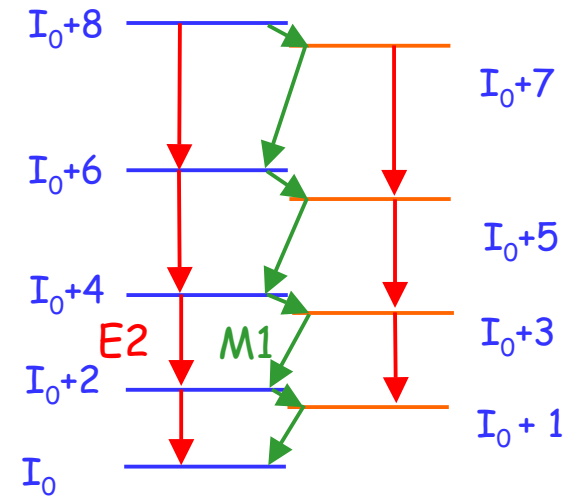
Rotation des noyaux impairs



$$E = \frac{\hbar^2}{2J} \{I(I+1)$$



$$- K^2$$



$$+ a\delta_{K,1/2}(-1)^{(I+1/2)}(I+1/2) \}$$

Exemple : ^{253}No

$$B(M1)/B(E2) \propto$$

$$K^2(g_K - g_R)^2 / Q_0^2$$

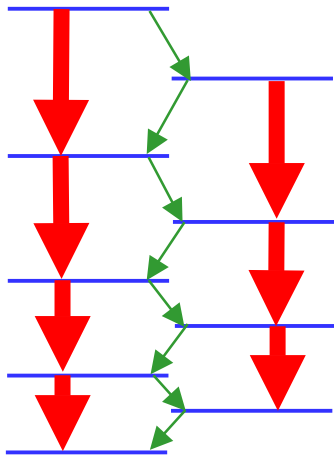
670 ————— [620]1/2⁺

411 ————— [622]5/2⁺

240 ————— [624]7/2⁺

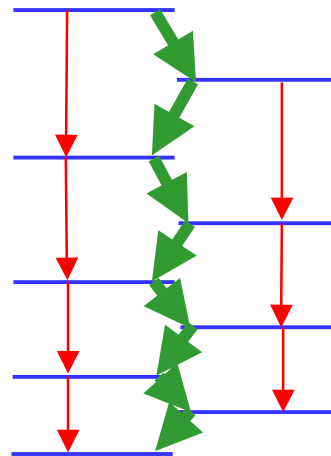
0 ————— [734]9/2⁻

Théo. : S. Ćwiok *et al.*



[624]7/2⁺

$$g_K = 0.28$$

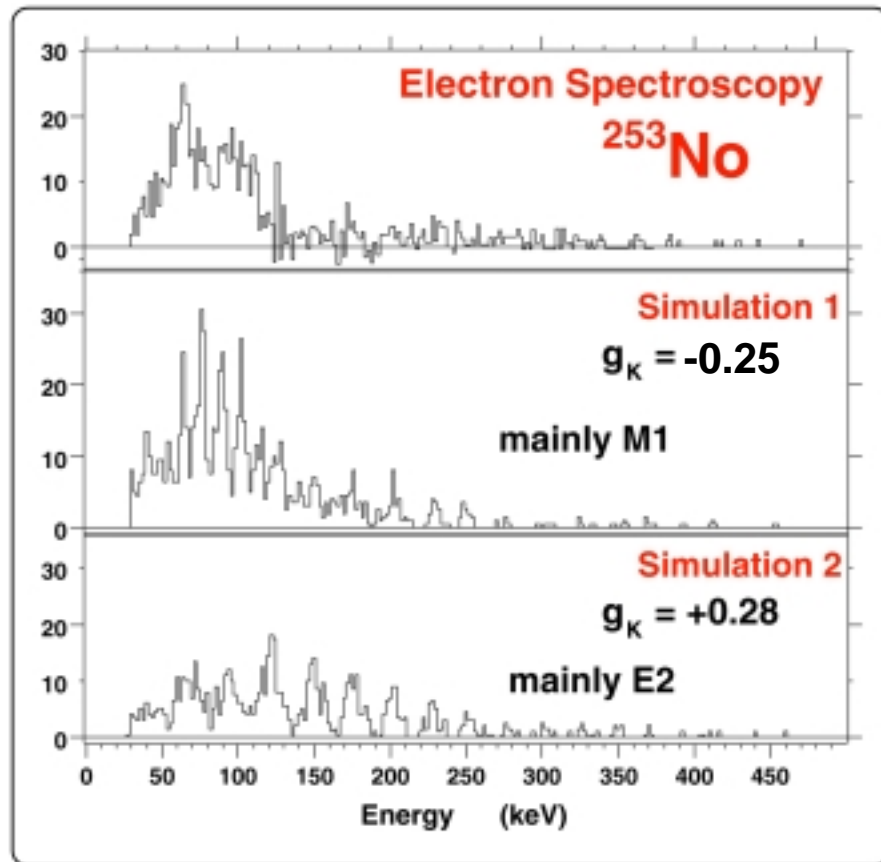


[734]9/2⁻

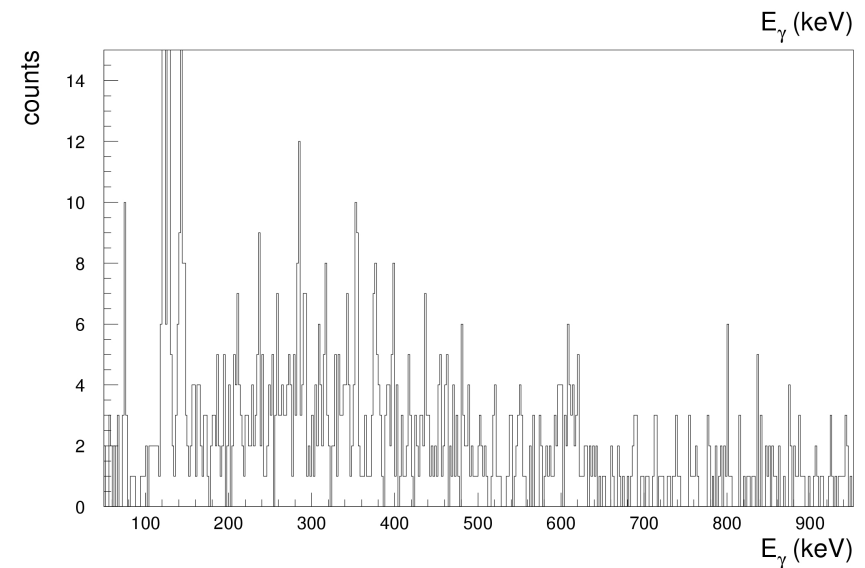
$$g_K = -0.25$$



Spectroscopie électron et γ de ^{253}No



P.A. Butler, Comm. Priv.

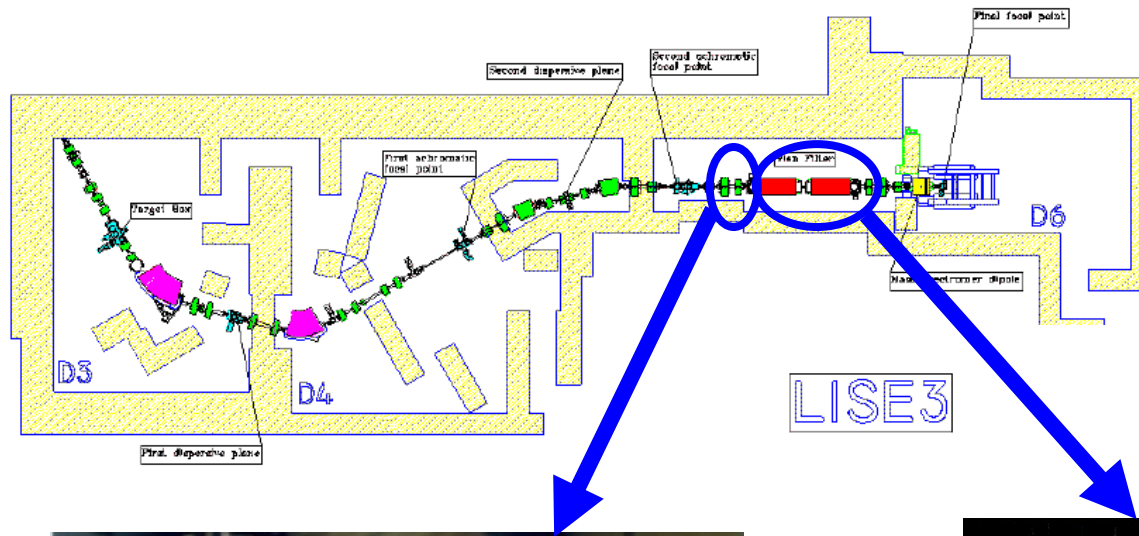


P. Reiter, Non publié

Expérience compatible avec $[734]9/2^-$

Expérience compatible avec $[624]7/2^+$

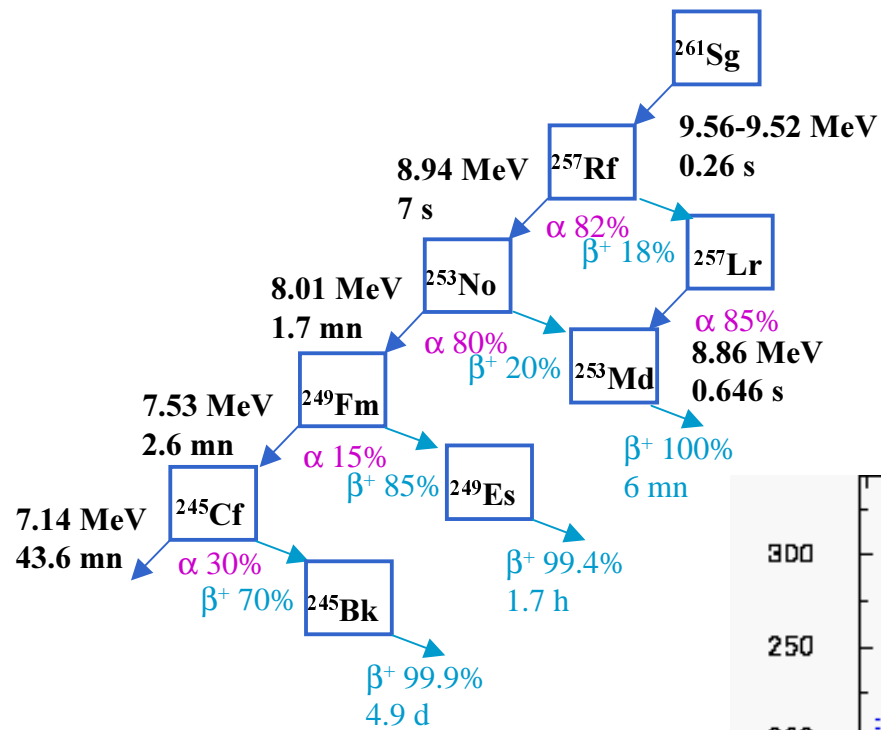
Les super-lourds au GANIL



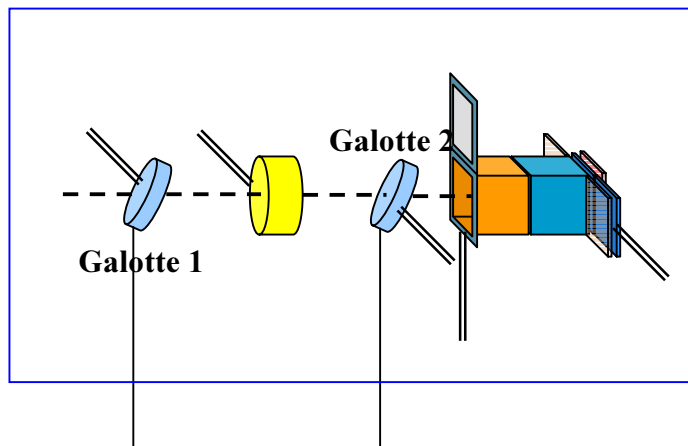
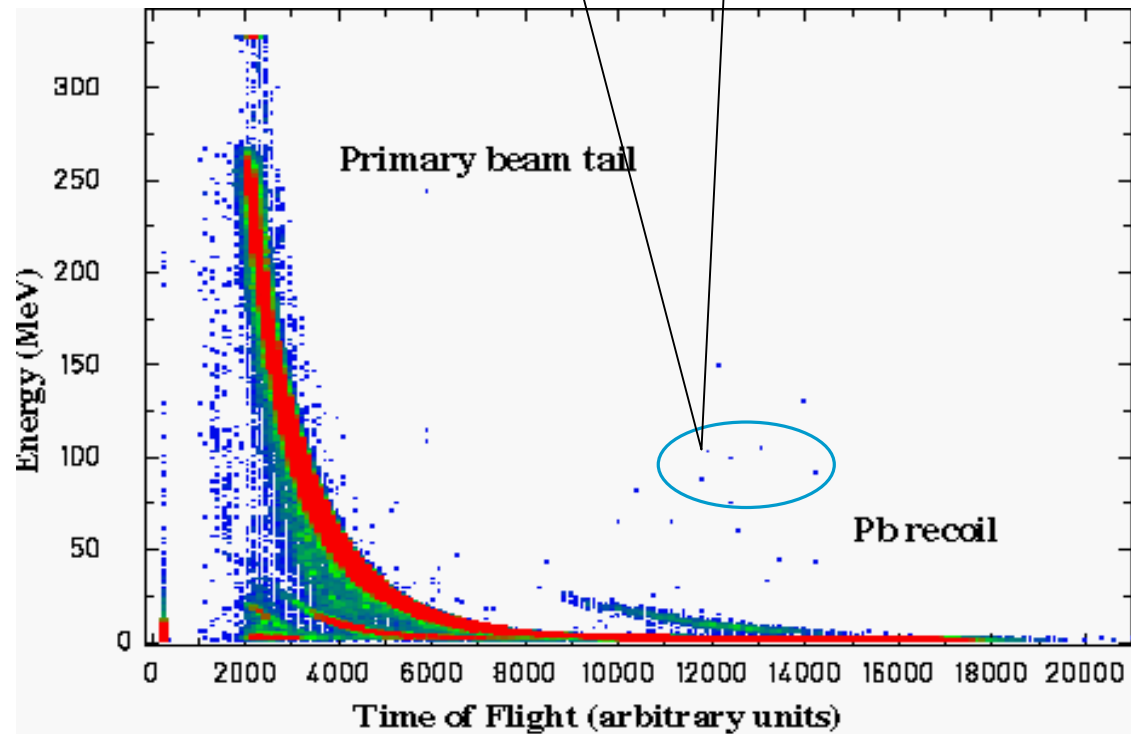
LISE III
(FULIS)



Ch. Stodel. Comm. Priv.



Alpha = information in Si without Time of flight



Fusion en cinématique inverse

Fusion en réaction inverse avec des faisceaux de plomb (fusion froide).

Avantages :

- Focalisation des résidus à l'avant
- Large gamma d'énergie d'excitation
- Meilleure estimation de la masse et de Z
(E-TOF, $\Delta E-E$)
- Large choix des cibles
 - ➡ Accès à de nouveaux éléments et nouveaux isotopes
- Implantation profonde
 - ➡ étude de la fission
 - ➡ perte d'énergie des α plus grande

Gains :

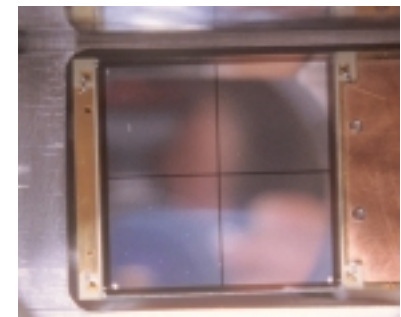
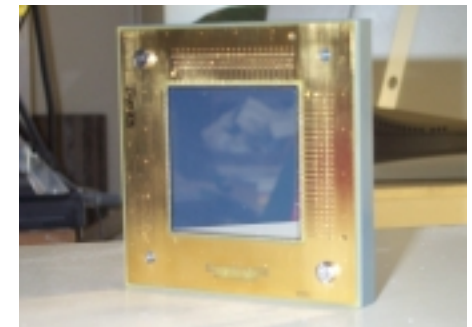
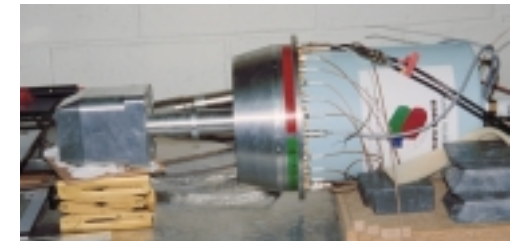
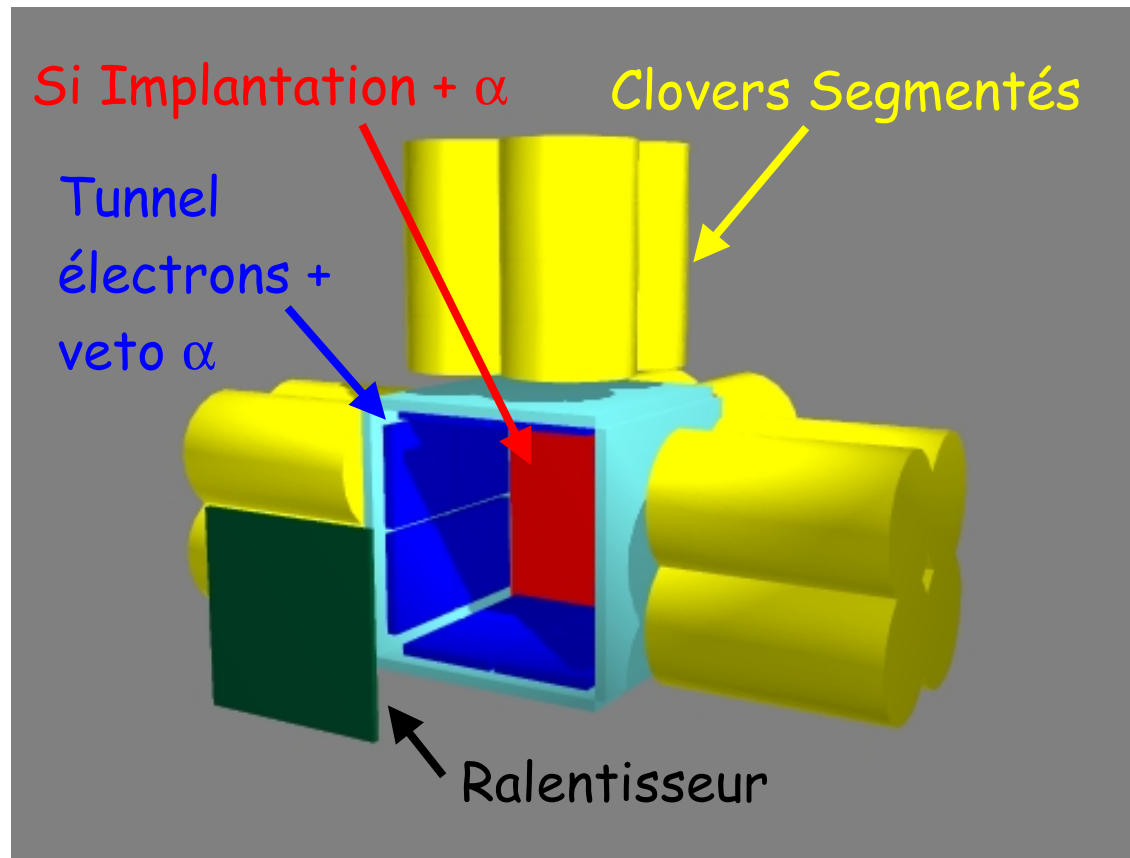
- Production : 2 à 6
- Transmission : 1.5 à 2

J. Péter. Comm. Priv.



Spectroscopie des très lourd au GANIL

Box for Electron Spectroscopy after Tagging



La fusion symétrique :

$$^{136}\text{Xe} + ^{124}\text{Sn} \rightarrow ^{260}\text{Rf}$$

$$Q_{\text{CN}} = -275 \text{ MeV}$$

$$E_{\text{CN}}(\text{barrière}) = 7 \text{ MeV}$$

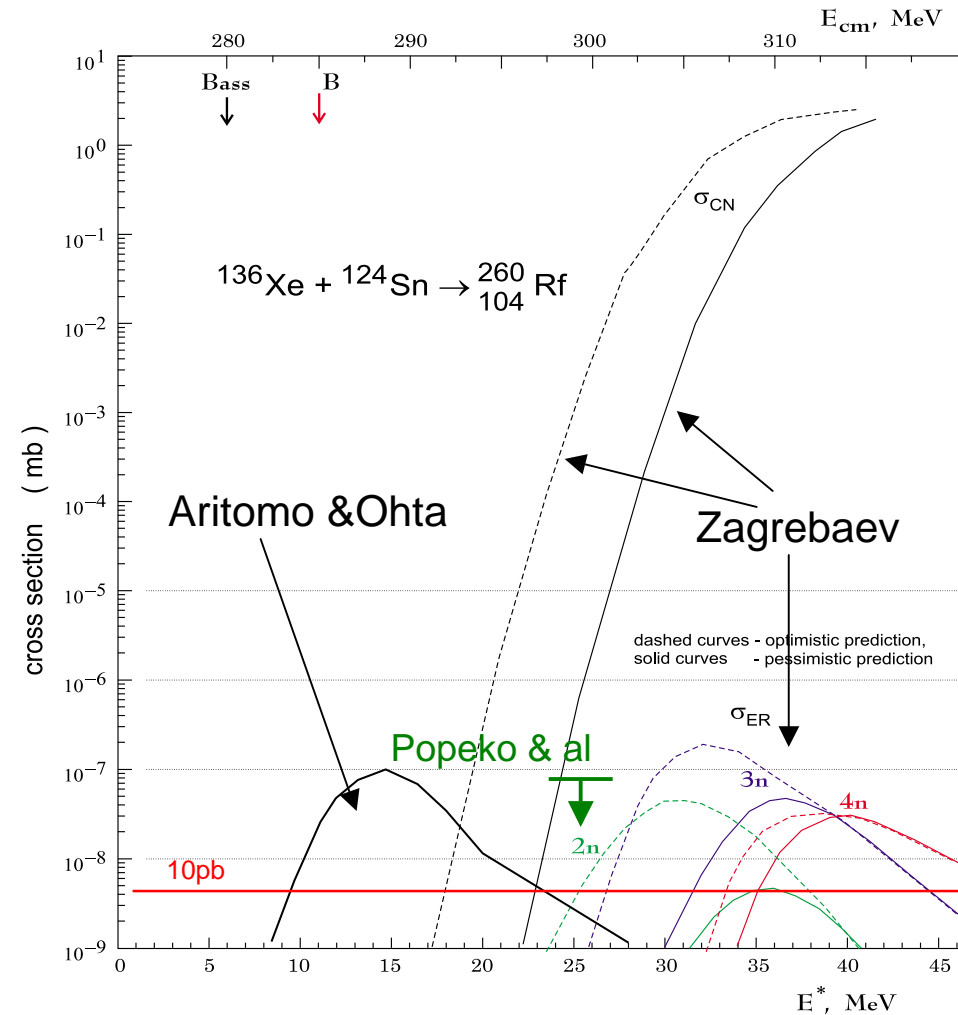
σ predictions :

Ohta : 10-100pb

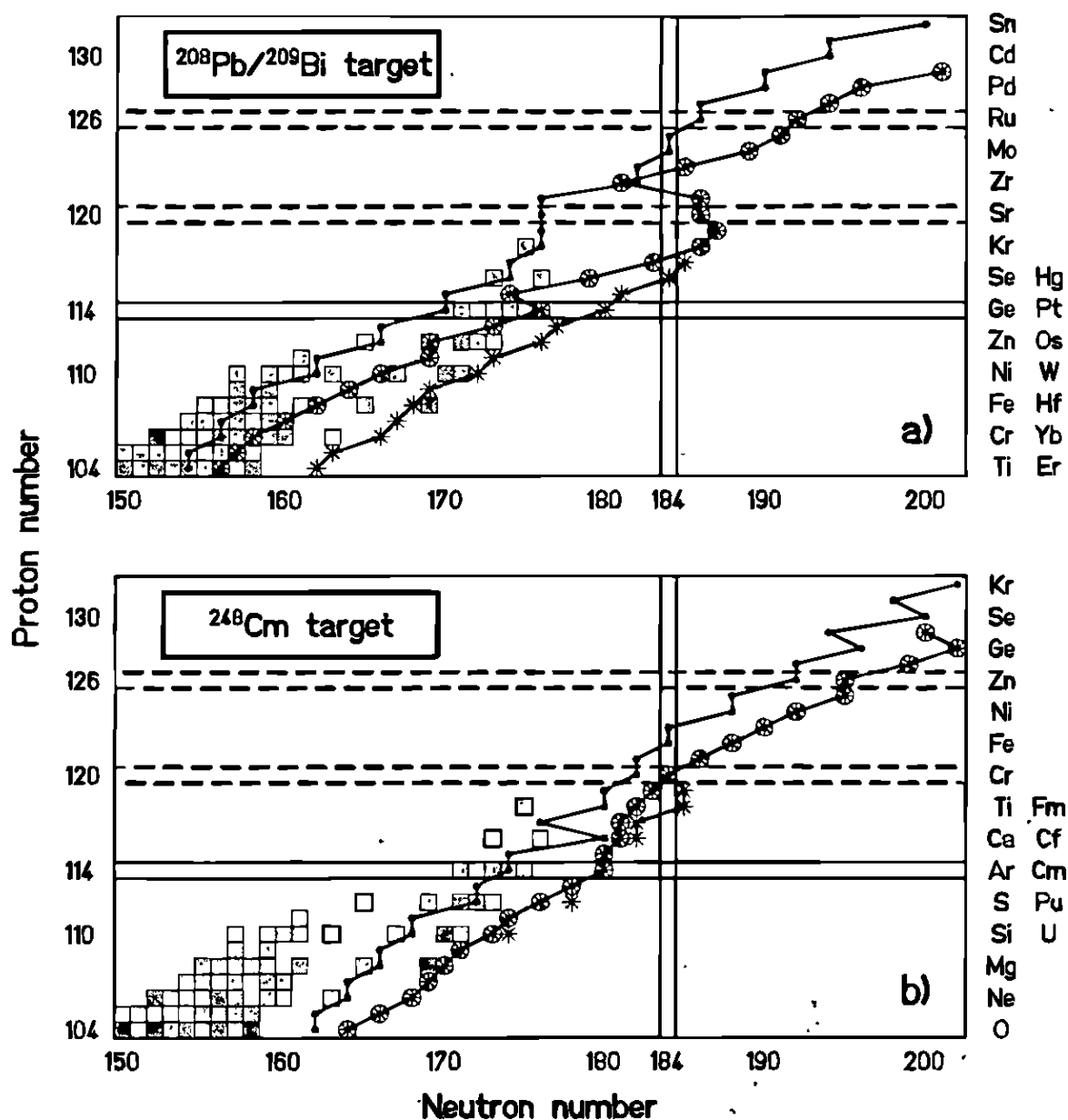
Zagrebaev : 10-100pb

Veselsky : 4nb

Denisov : 100nb

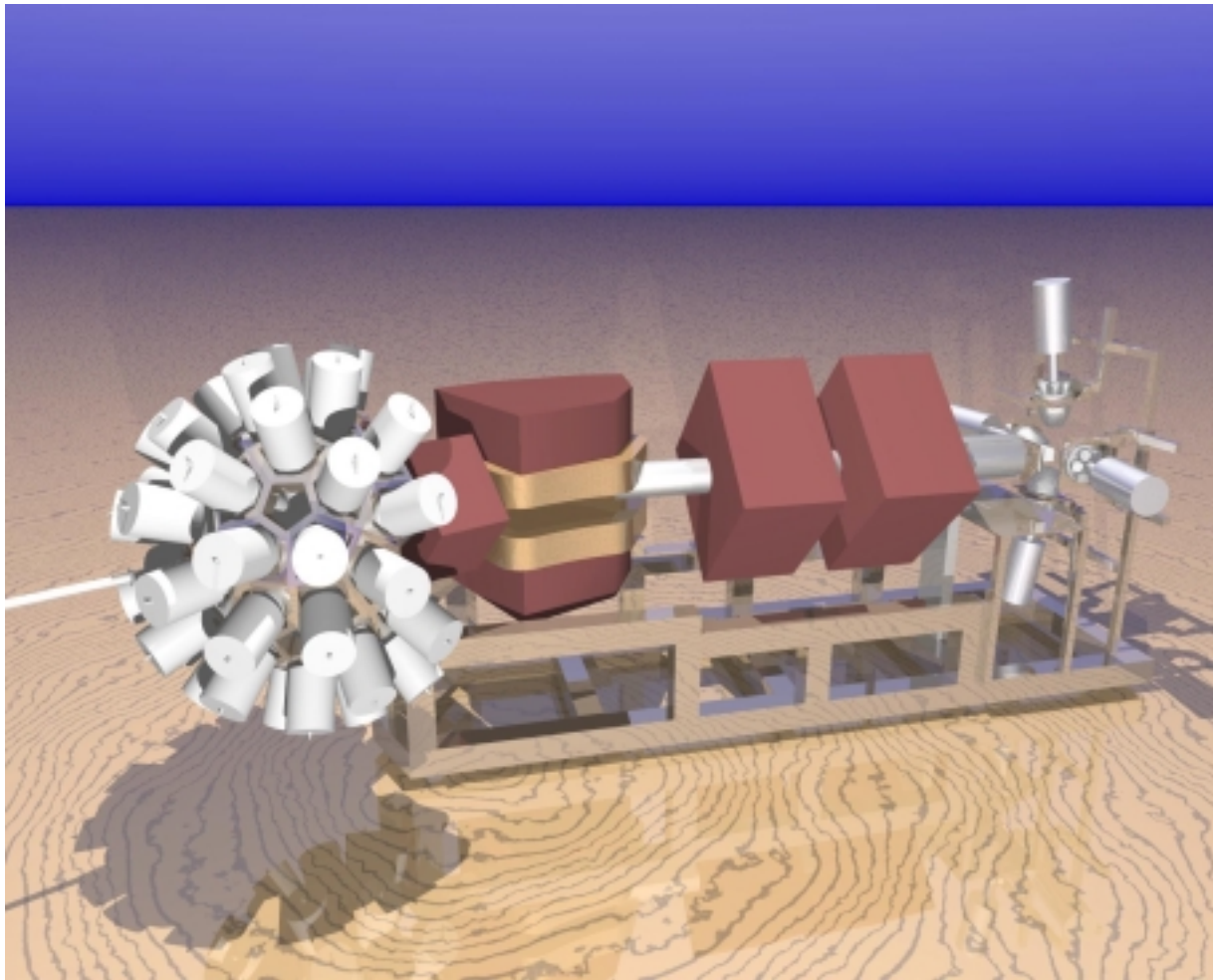


Super-lourds et faisceaux radioactifs



S. Hofmann. Prog. Part. Nucl. Phys. 46 (2001) 293

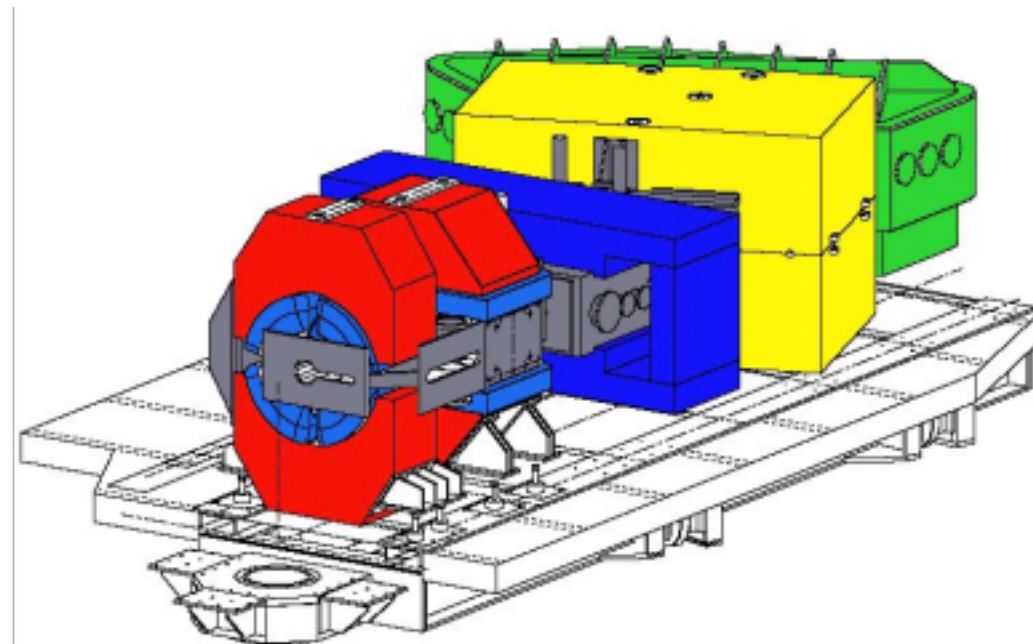
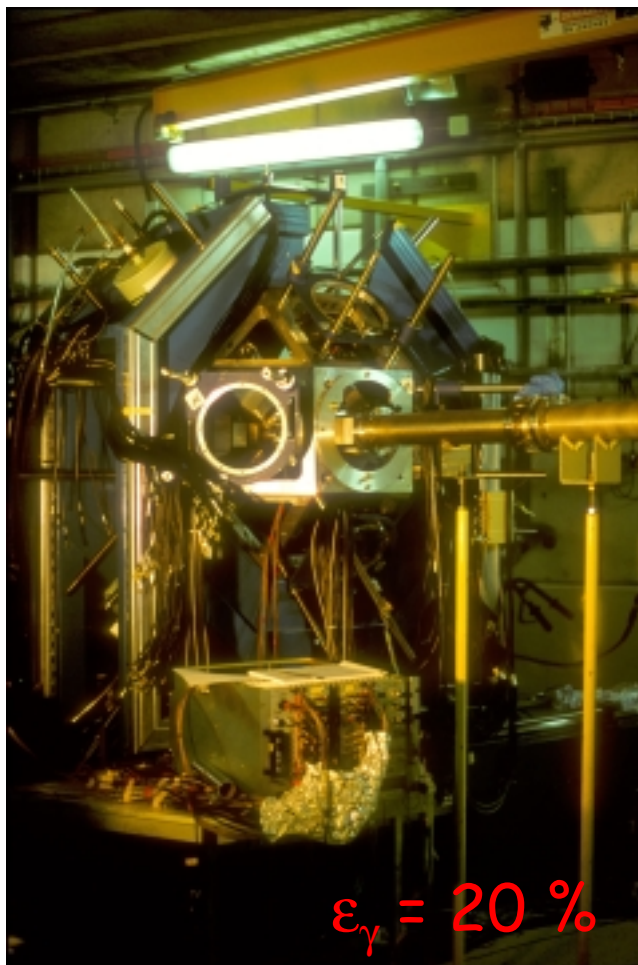
JuroGam (Jyväskylä)



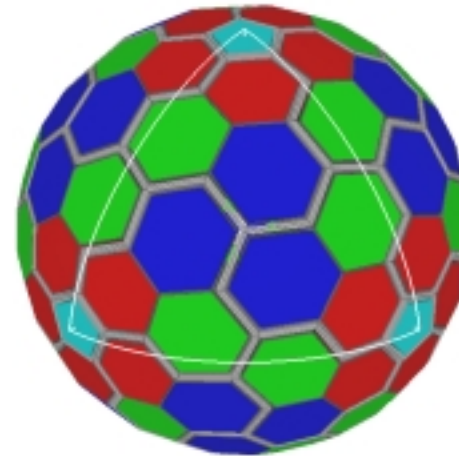
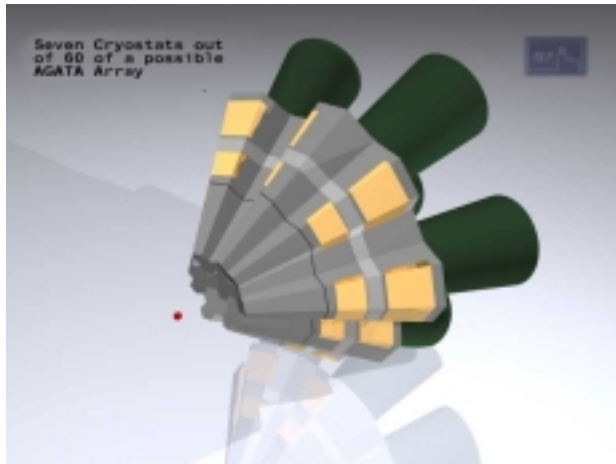
Jurosphere : $\varepsilon_{\gamma} = 1.7 \%$

JuroGam : $\varepsilon_{\gamma} = 4 \%$

Exogam et VAMOS (GANIL)



Advanced GAMMA-ray TrAcking



Spectromètre γ 4π constitué de détecteurs Ge sensibles à la position.

Objectifs :

Efficacité

50% ($M_\gamma=1$) 25% ($M_\gamma=30$)

Résolution angulaire

$\sim 1^\circ$

Taux de comptage

3 MHz ($M_\gamma=1$); 0.3 MHz ($M_\gamma=30$)

Spectroscopie γ : performance des dispositifs

Estimations pour $E_\gamma = 500$ keV, $M_\gamma = 6$

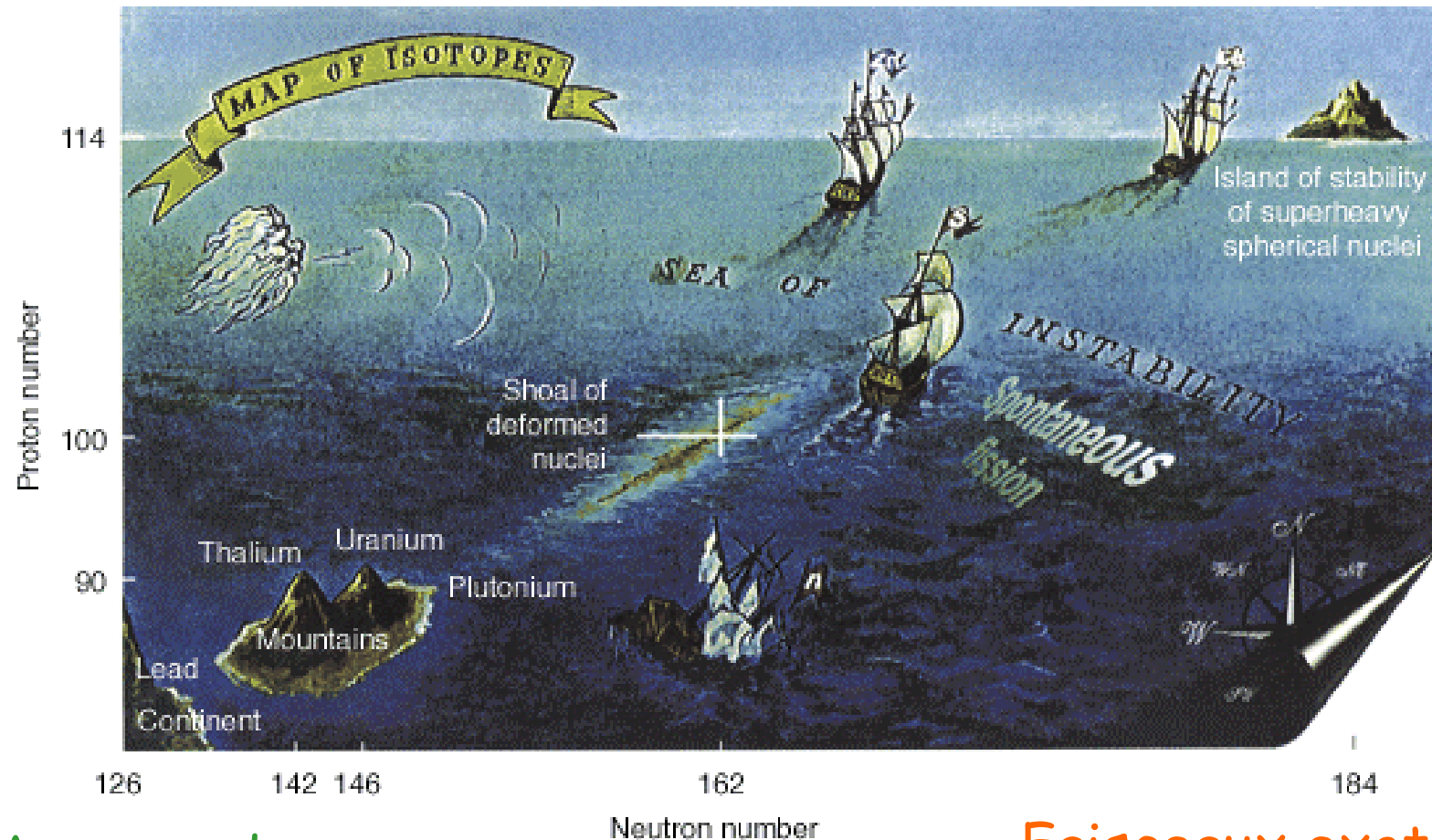
	$\epsilon_\gamma(1.3\text{MeV})$	ϵ_r	$\epsilon_r \epsilon_\gamma^{\geq 1}$	$\epsilon_r \epsilon_\gamma^{\geq 2}$	I_{max}
Jurosphere + RITU	1.7%	25%	4%	0.3%	$\sim 20\text{pnA}$
Jurogam + RITU	4%	25%	10%	2%	$\sim 20\text{pnA}$
Exogam + Vamos	20%	60%	50%	30%	$\sim 20\text{pnA}$
AGATA + ?	50%	60%	60%	50%	<u>$> 100\text{pnA}$</u>

➡ AGATA + ? : spectroscopie $_{106}\text{Sg}$ facile, $_{108}\text{Hs}$ possible

Instrumentation,
Tracking γ

Faisceaux stables
haute intensité

Théorie



Mesures de masse

Faisceaux exotiques
Mécanisme de réaction