



Densité des niveaux dans les noyaux atomiques

Oussama Bindech

M1 physique

Responsable de stage : Kamila Sieja

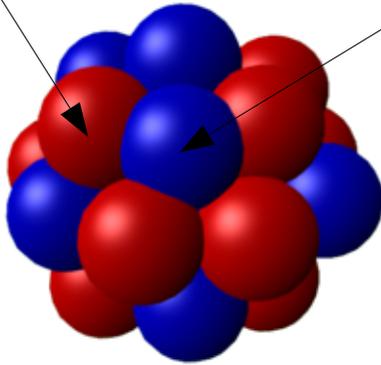
IPHC



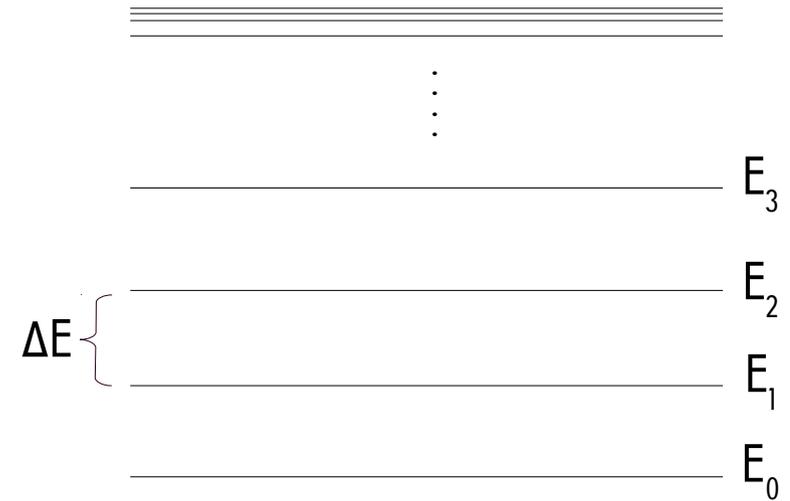
Introduction

Proton

Neutron



Noyau atomique



Niveaux d'énergie

$$\Delta E \rightarrow 0$$

Variation
Continue
De l'énergie

Densité
de niveaux

$$\rho_{\text{nucl}}(E) = \frac{N(E + \Delta E) - N(E)}{\Delta E} \xrightarrow{\Delta E \rightarrow 0} \frac{dN}{dE}$$

Introduction

● Champ moyen

N-particules en interaction
→ N problèmes à 1 corps

Modèles de
structure
nucléaire

→ Modèle de la goutte liquide

- Noyau \equiv fluide quantique
- Masse atomique

→ Modèle en couches

- Structure des niveaux d'énergie en couches
- Nombres magiques
- État fondamental/excités du noyau

→ Modèle de Fermi de particules indépendantes

- Back-Shifted Fermi Gas Model (BSFG)
- Gaz parfait de fermions
- Principe d'exclusion de Pauli

→ Approche Hartree-Fock (et au-delà)

- Champ auto-cohérent
- Méthode itérative

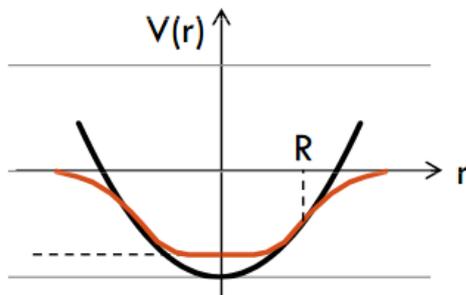
Potentiel approché :

$$V \approx V_{O-H} - D \ell^2 + f(r) \vec{\ell} \cdot \vec{s}$$

Oscillateur harmonique

$$V_{O-H} = -V_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] = -V_0 + \frac{1}{2} m \omega^2 r^2$$

$$E_N = \left(N + \frac{3}{2} \right) \hbar \omega$$



Effets de bord

Levée de dégénérescence
selon les valeurs de l

$$D \ell(\ell+1) \hbar^2$$

Couplage Spin-Orbite

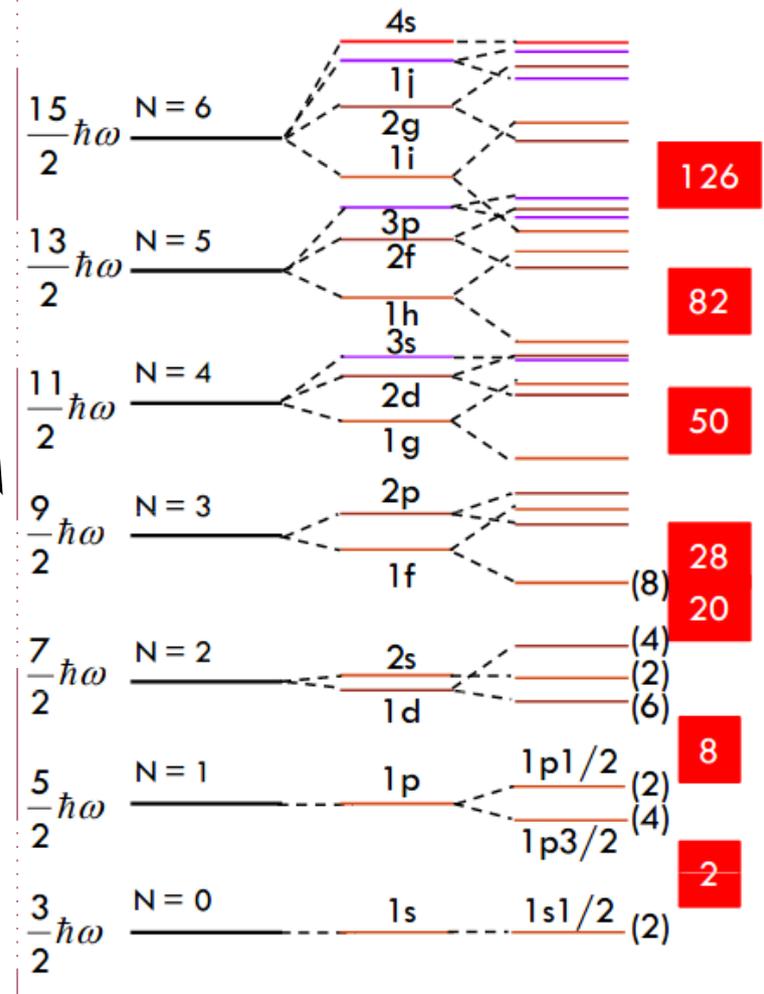
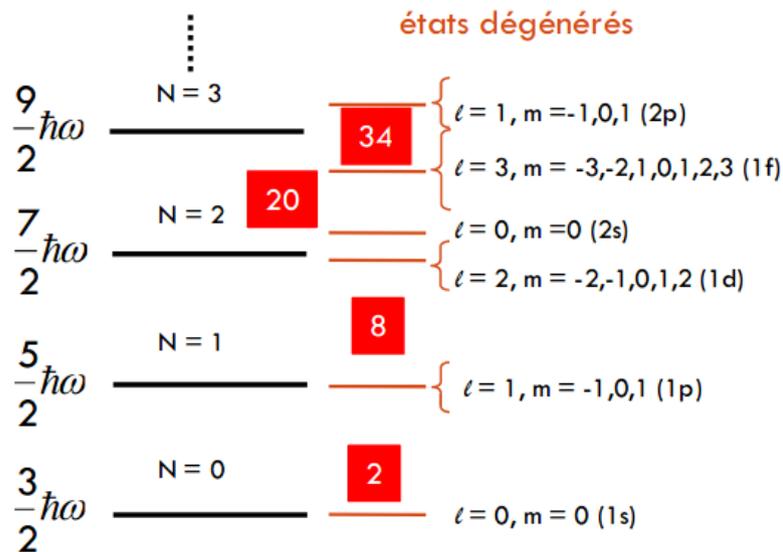
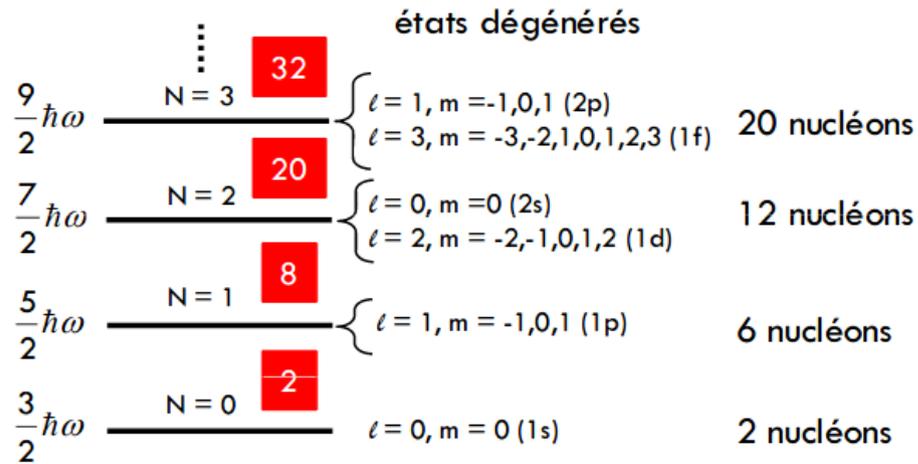
Redistribution suivant
Les valeurs de J

$$\vec{j} = \vec{\ell} + \vec{s} \Rightarrow \vec{\ell} \cdot \vec{s} = \frac{1}{2} (j^2 - \ell^2 - s^2)$$

$\ell - 1/2$	$\frac{f(r)}{2} (\ell+1) \hbar^2$
$\ell + 1/2$	$-\frac{f(r)}{2} \ell \hbar^2$

Le modèle en couches

$$\hat{h} = T - V_0 + \frac{1}{2}m\omega_0^2 r^2 - D\vec{l}^2 - a\vec{l} \cdot \vec{s}$$



Scandium 44

Scandium 44 (^{44}Sc) :

-Protons = 21

.Moment angulaire : $J_p=7/2$

.Parité = $(-1)^{J_p} = -1$

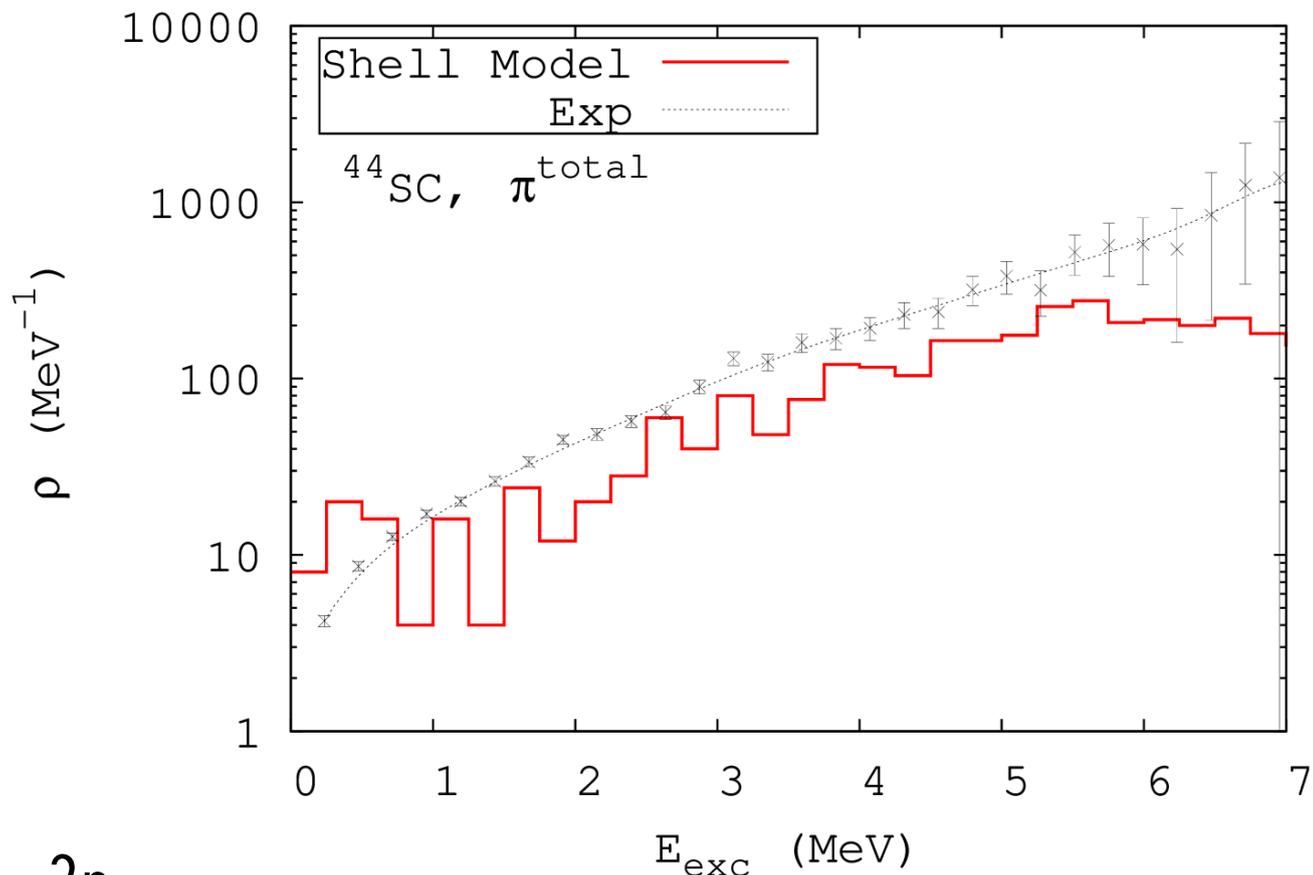
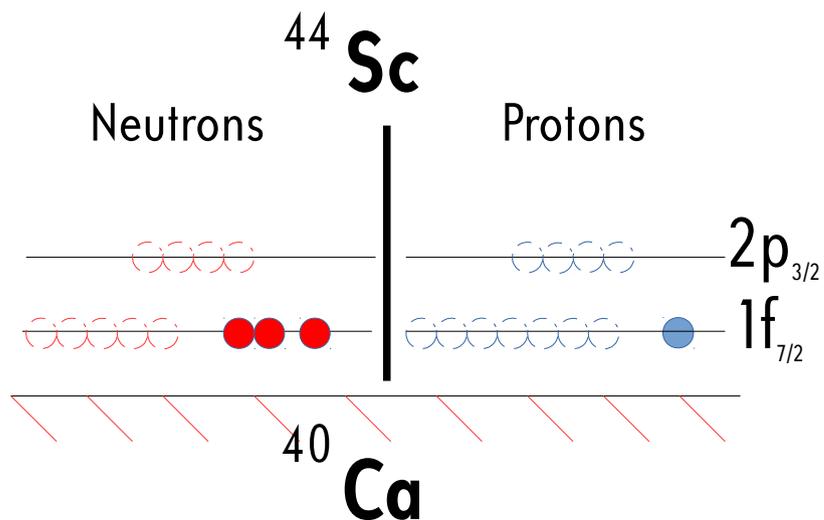
-Neutrons = 23

.Moment angulaire : $J_n=7/2$

.Parité = $(-1)^{J_n} = -1$

-État fondamental

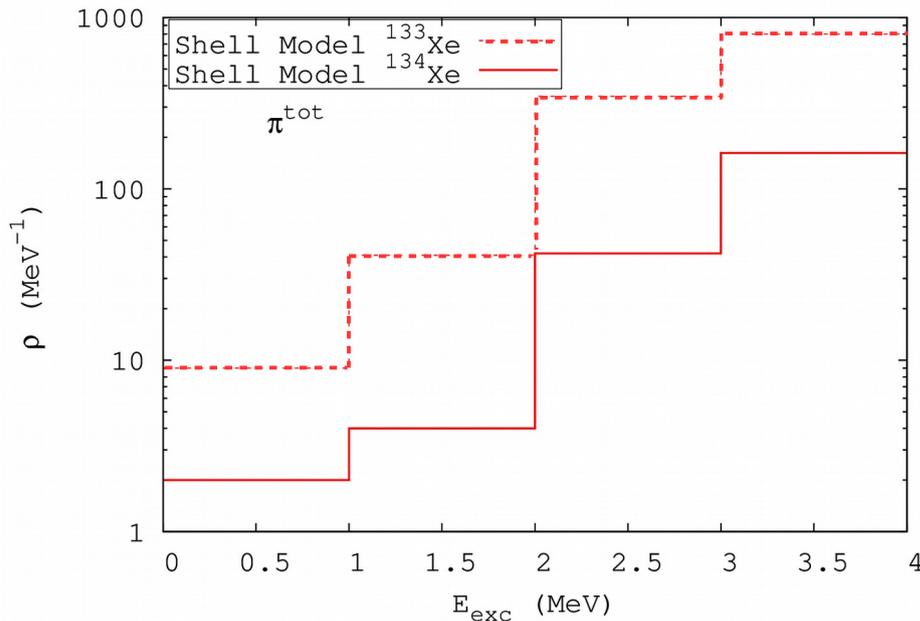
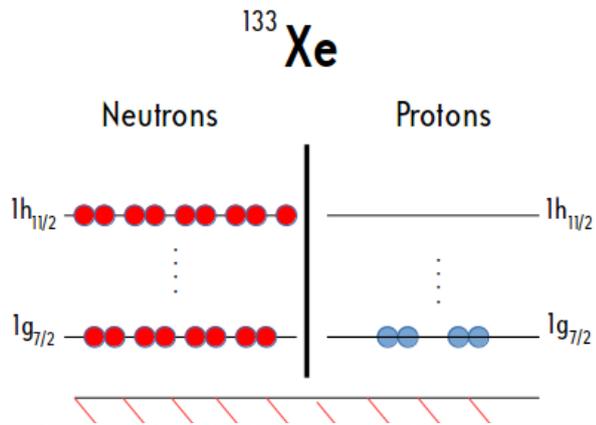
$$(0)^+ < J^\pi < (7)^+$$



Xénon 133/134

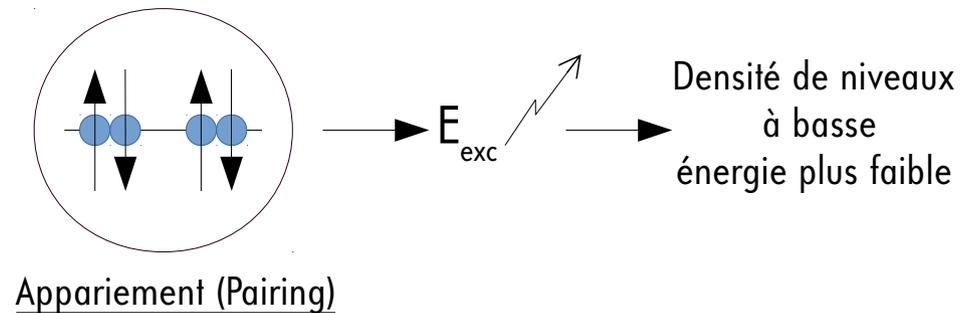
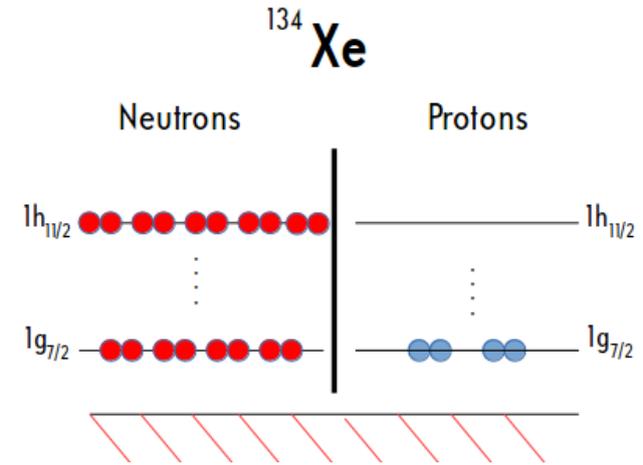
Xénon 133 (^{133}Xe) :

- Protons = 54
- Neutrons = 79
- Moment angulaire et parité $J^\pi = (11/2)^-$
(état fondamental)

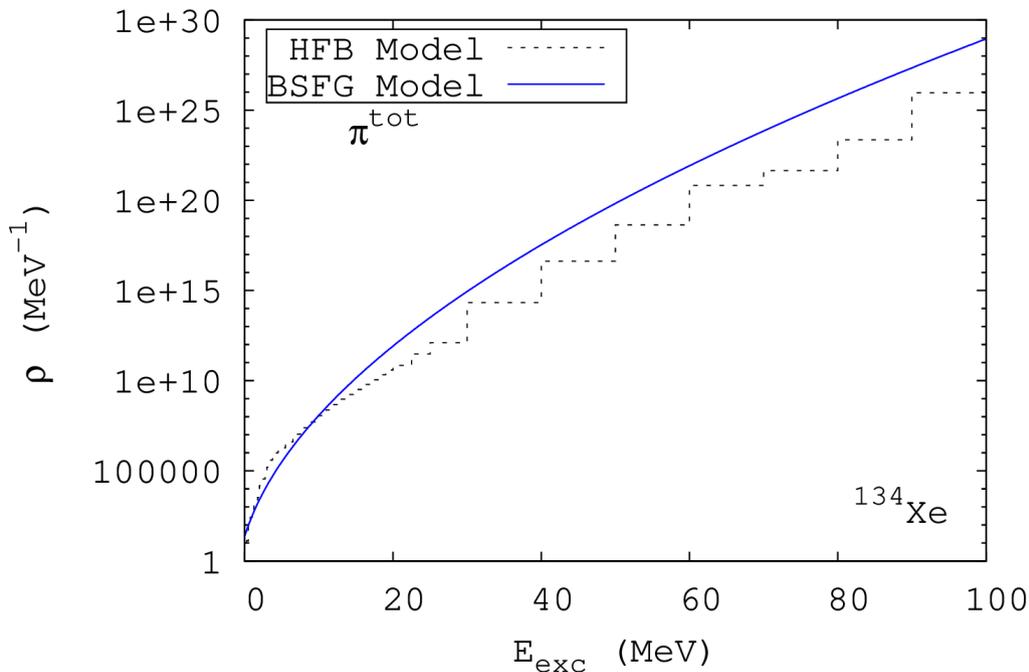
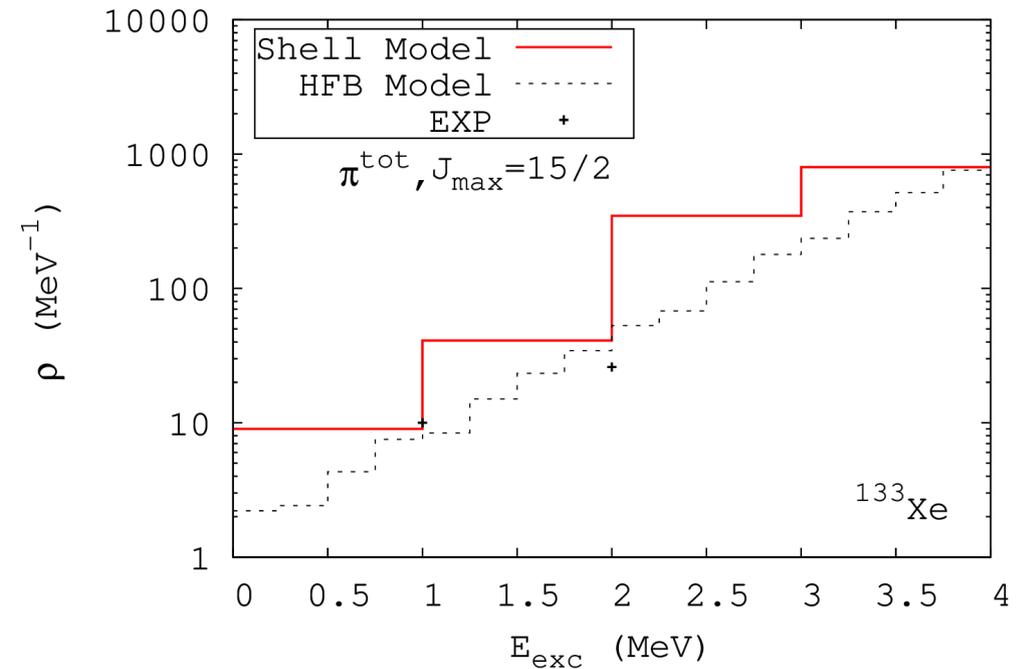
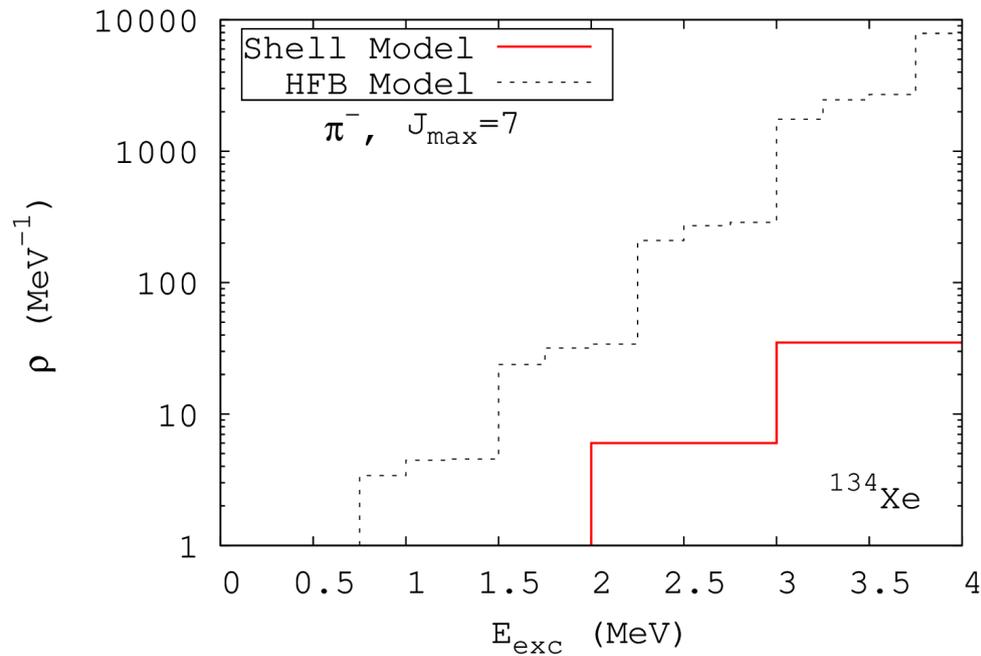


Xénon 134 (^{134}Xe) :

- Protons = 54
- Neutrons = 80
- Moment angulaire et parité $J^\pi = 0^+$
(état fondamental)



Comparaison des modèles



BSFG :

$$\rho(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \frac{\sqrt{\pi}}{12a^{1/4}} \frac{\exp(2\sqrt{aU})}{U^{5/4}}$$

a : Level density parameter

σ : Spin cut-off

$U=E-\Delta$

E : Energy

Δ : The backshift parameter

Conclusion

Densité des niveaux

Modèles théoriques :

Modèle en couches : basse énergie

Hartree-Fock (et au delà) : haute énergie

Modèle de Fermi (BSFG)

Accord entre les modèles

Cohérence avec les résultats expérimentaux