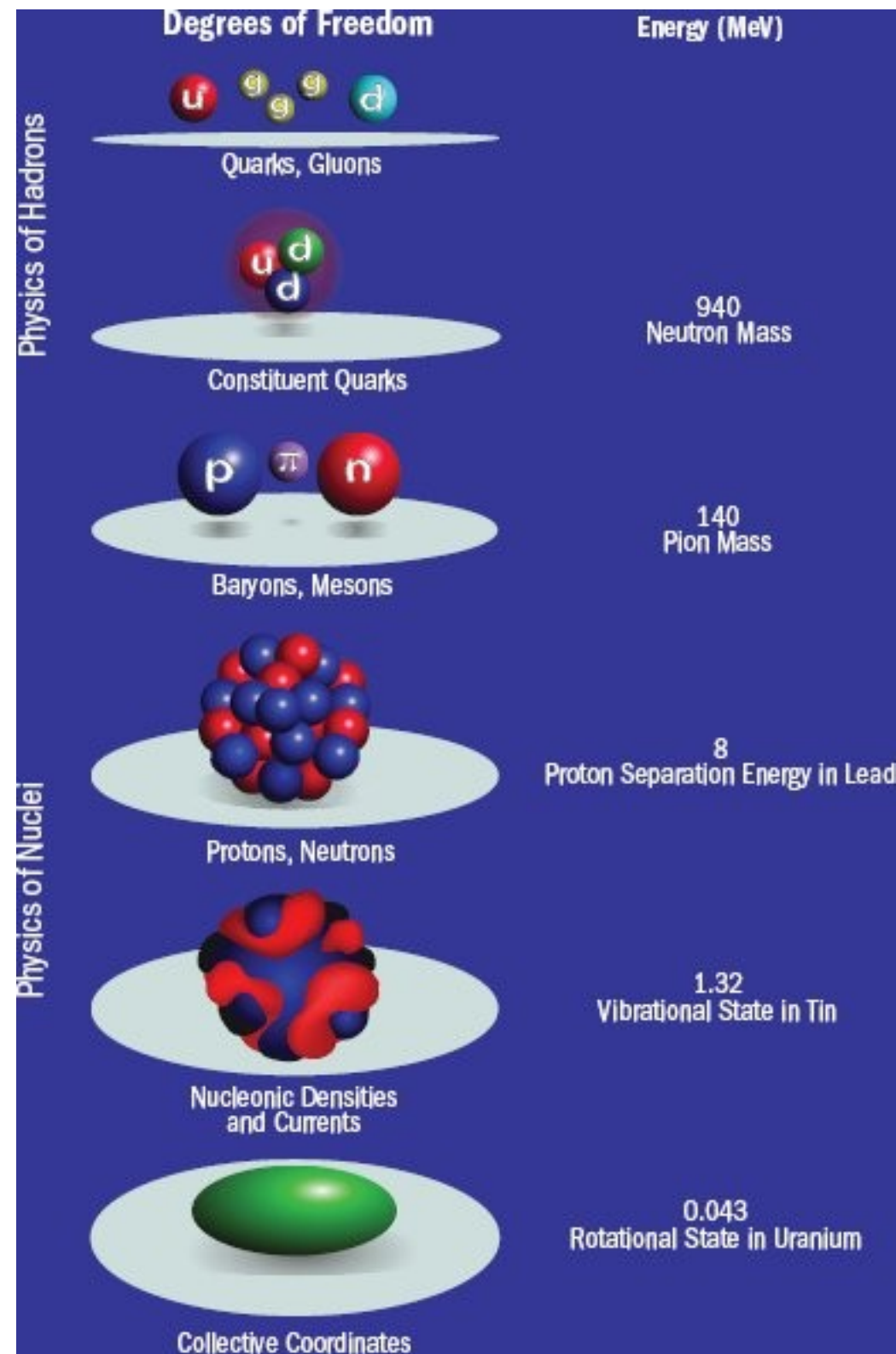


Physique nucléaire théorique

Physique des hadrons

(session mardi matin QGP)

Physique des noyaux



Physique des noyaux

Objets d'étude :

- x Noyaux et réactions entre noyaux
- x matière dense (supernovae et étoiles à neutrons)

Phénomènes étudiés :

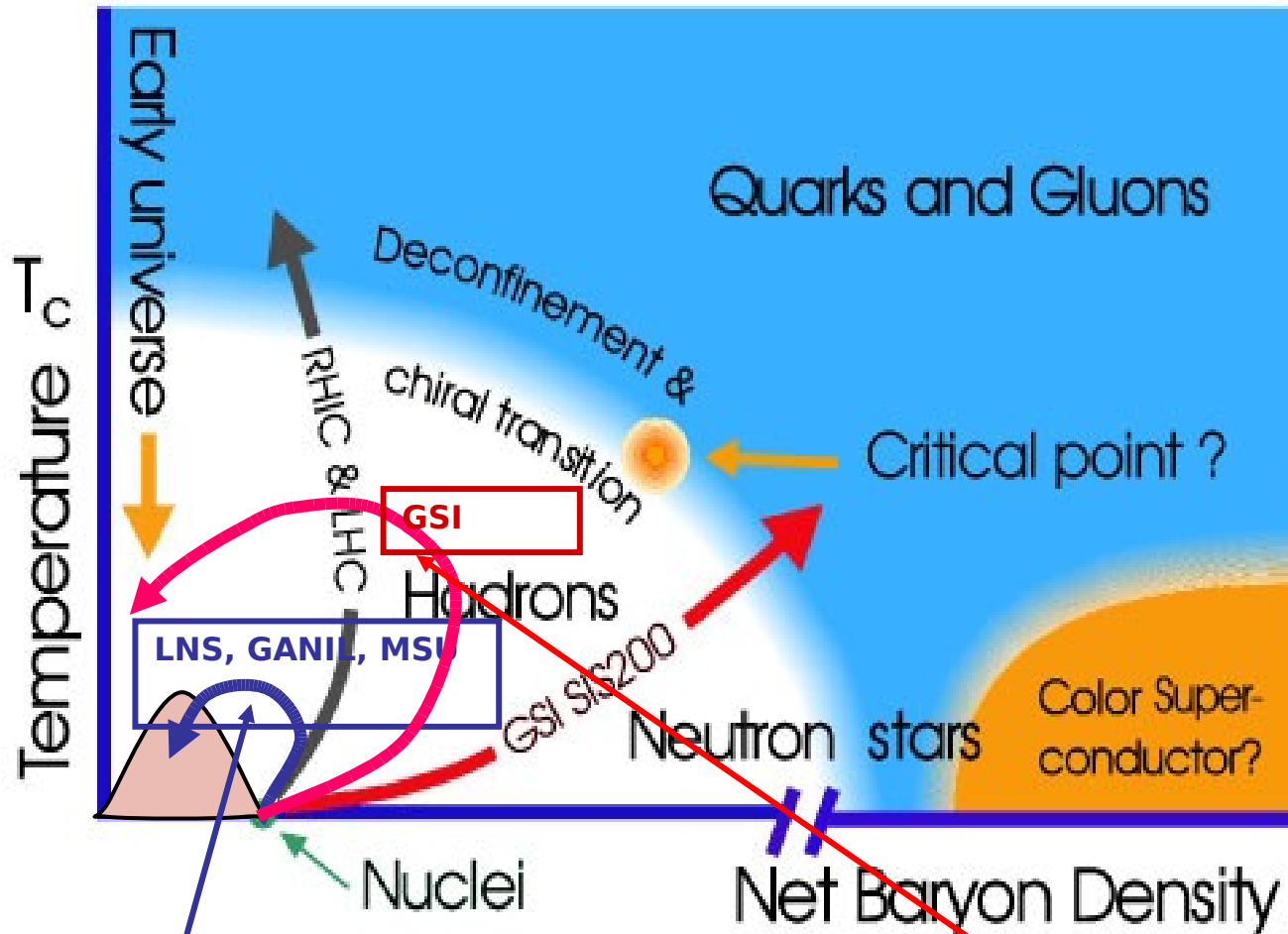
- x Décroissances radioactives (alpha, beta, 2p, ...)
- x Fusion, fission
- x Déformation et noyaux moléculaires
- x Superfluidité, superconductivité
- x Modes collectifs
- x Transition de phase liquide-gaz

Moyens :

- x Réactions (diffusion, transfer, break up, ...)
- x Collisions violentes (multifragmentation)

Nuclear Matter Equation of State

Experimental constraints from heavy ion collisions



Low energy (Fermi regime):
Fragmentation, liquid-gas phase transition,
Deep inelastic

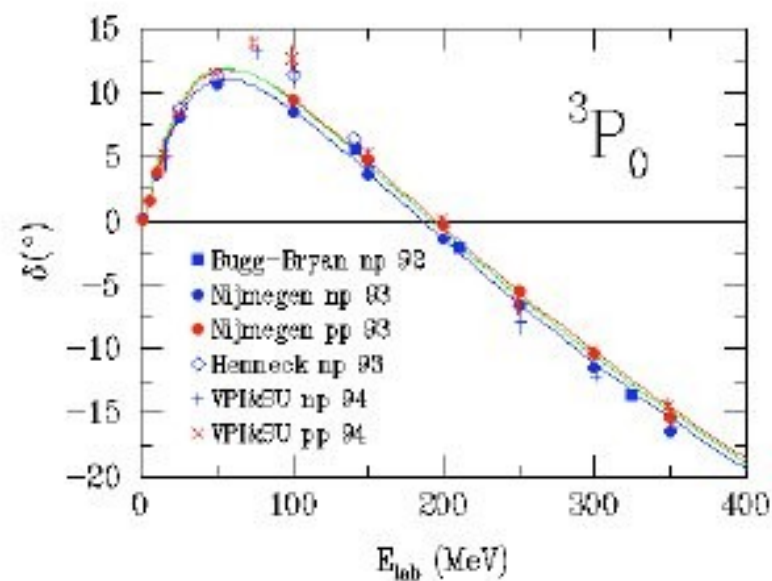
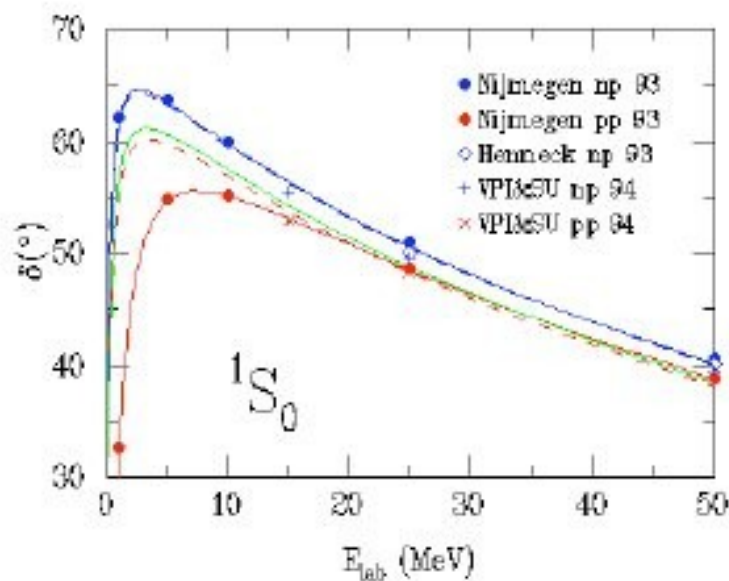
High energy (relativistic):
Compression, particle production, temperature.
Modification of hadron properties

L'interaction nucléaire (dans le vide)

Potentiel de Paris, Bonn, Argonne, Mijmegen, ...

Diffusion élastique nn, np, pp: $\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\Omega)|^2$

$$f(\Omega) = \frac{1}{k} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) e^{i\delta_l} \sin \delta_l P_l(\cos \Theta) \longrightarrow \text{Décomposition en ondes partielles } {}^{2S+1}L_J$$



Modélisations théoriques (problème à N corps)

$$H\Psi \Leftrightarrow h[\rho]\Phi$$

← Determinant de Slater

↑
Fonction d'onde corrélée

$h[\rho]$ contient une partie des corrélations (courte portée – coeur dur)

Déduit de l'interaction nucléaire dans le vide (calculs variationnel, Brueckner)

Hamiltonien effectif ajusté dans les noyaux (Skyrme, Gogny, RMF, ...)

→ Role respectif des corrélations introduites dans le potentiel et celles calculées à partir des fonctions d'ondes ?

Qu'est ce qui est dans de champ moyen? Qu'est ce qui est au delà ?

Effective nuclear interactions

Non-relativistic: Skyrme, Gogny, M3Y, ...

Relativistic: RMF, RHF, ...

Adjusted so as to reproduce **empirical properties** such as:

- saturation density and binding energy
- Incompressibility
- isospin symmetry energy
- surface energy
- effective mass
- spin-orbit splitting in some chosen nuclei

$$\rho_0 = 0.16 \pm 0.01 \text{ fm}^{-3}$$

$$B_0 = 16 \pm 0.5 \text{ MeV}$$

$$K_\infty = 240 \pm 20 \text{ MeV}$$

$$e_I = 32 \pm 3 \text{ MeV}$$

$$e_S = 18 \pm 2 \text{ MeV}$$

$$\tilde{m}/m = 0.8 \pm 0.1$$

And **theoretical predictions** such as:

- neutron matter EoS
- effective mass isospin splitting

Modélisations théoriques (problème à N corps)

Approches statiques :

- ✓ Modèle en couche
- ✓ Champ moyen self-consistent (HF, HFB, RMF)
- ✓ Fonctionnelle de la densité (DFT, Kohn-Sham)
- ✓ Méthodes ab-initio

Jean-Paul Ebran:

*L'état fondamental du noyau atomique
(champ moyen relativiste)*

Approches dynamiques :

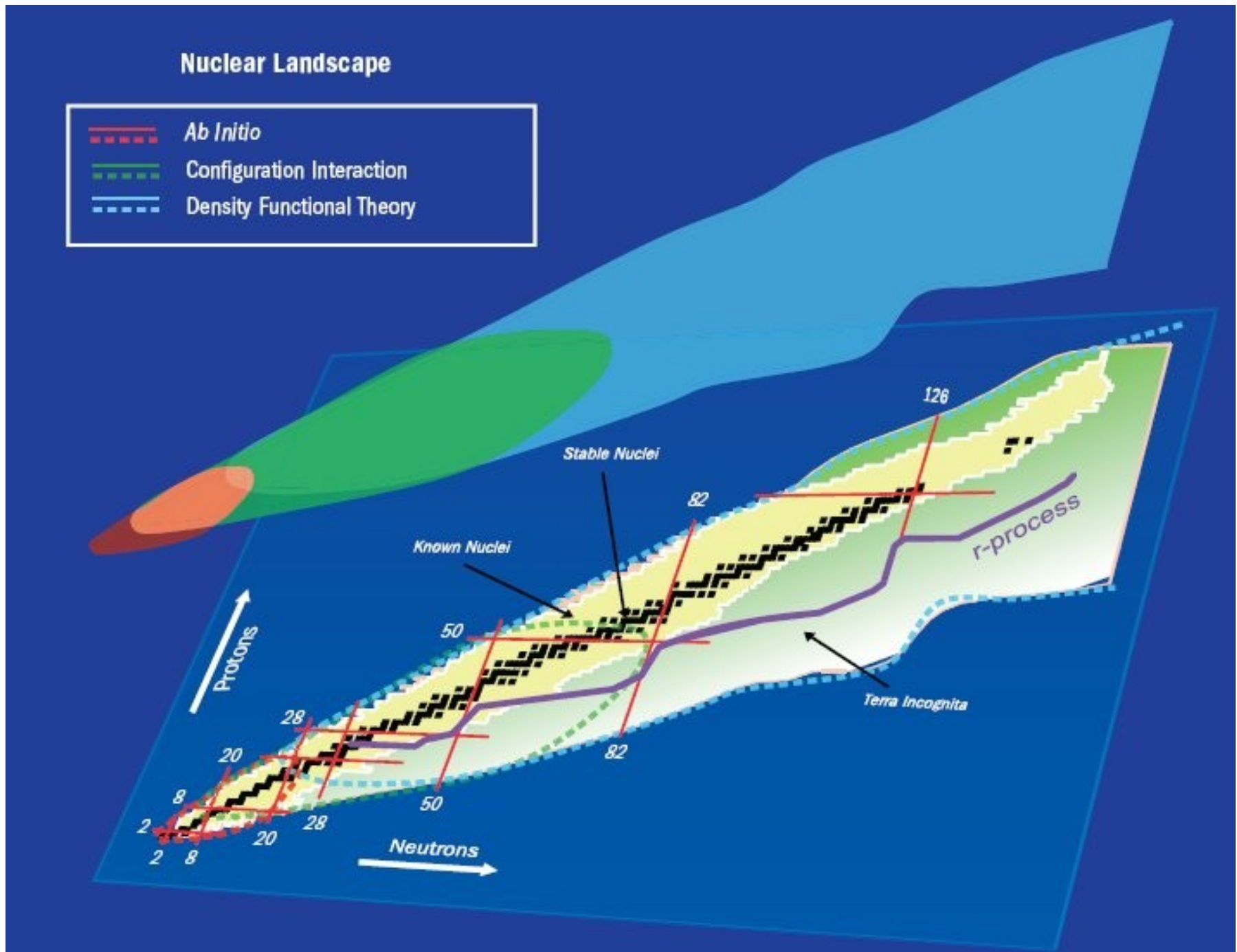
- ✓ RPA, QRPA
- ✓ Dynamiques semi-classique (TDHF) et approches hydrodynamiques (Langevin, ...)
- ✓ Voies couplées, ... (potentiel optique)

Guillaume Hupin: *Méthodes de champ moyen stochastiques*

Guillaume Blanchon:

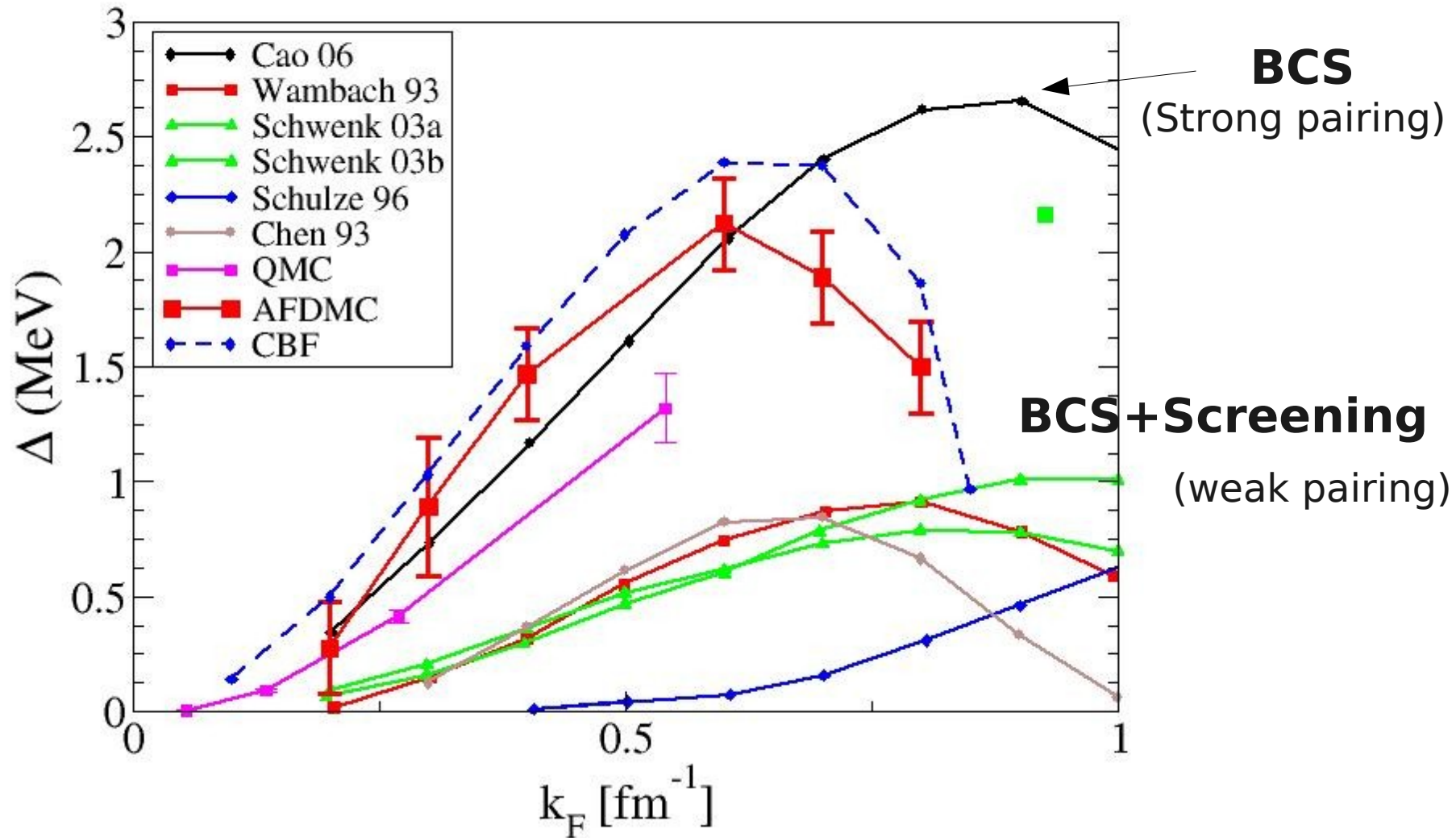
*Etude des corrections RPA
au calcul du potentiel optique
a faible energie*

Approches statiques :



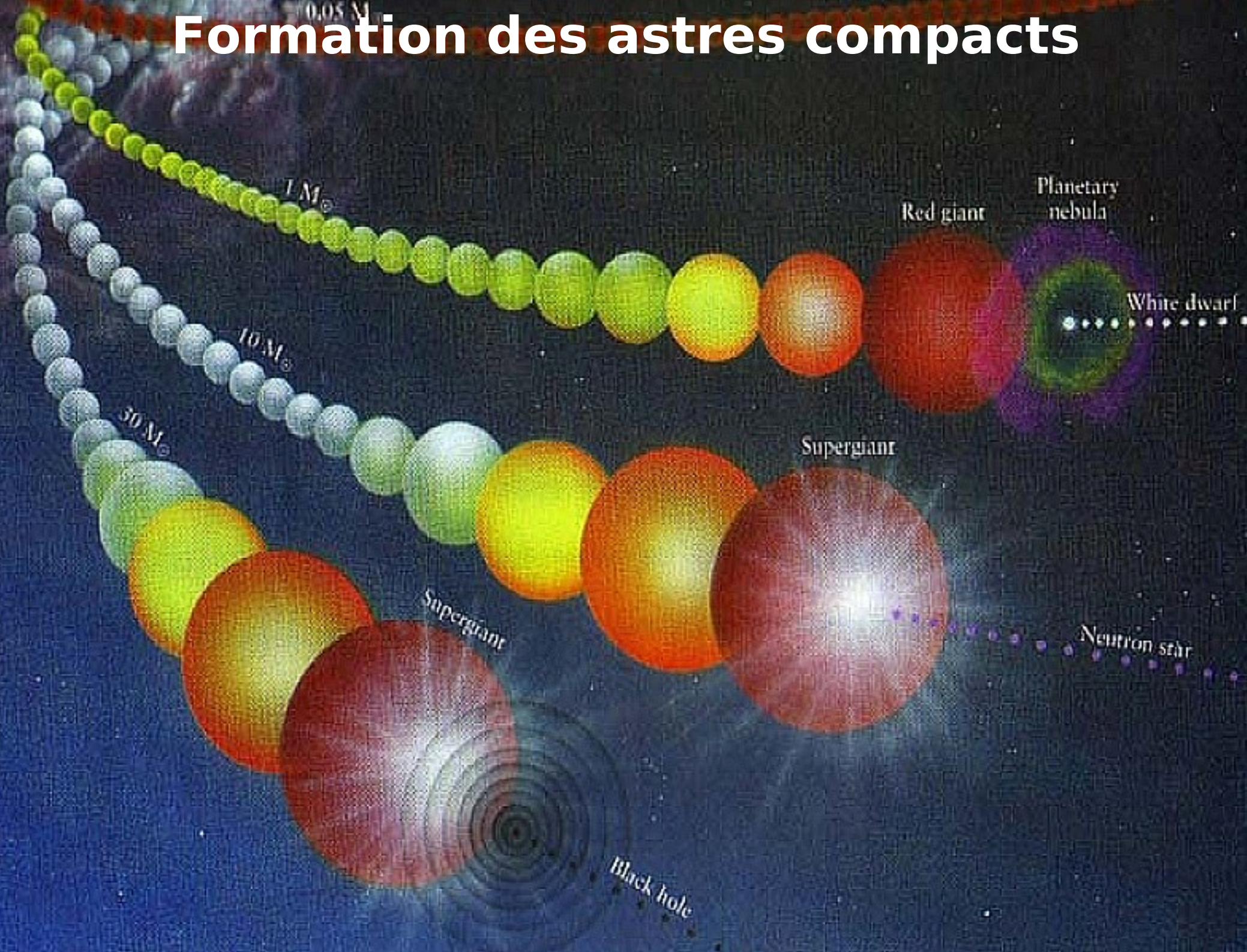
Nuclear Matter Equation of State

Pairing gap in the crust of neutron stars

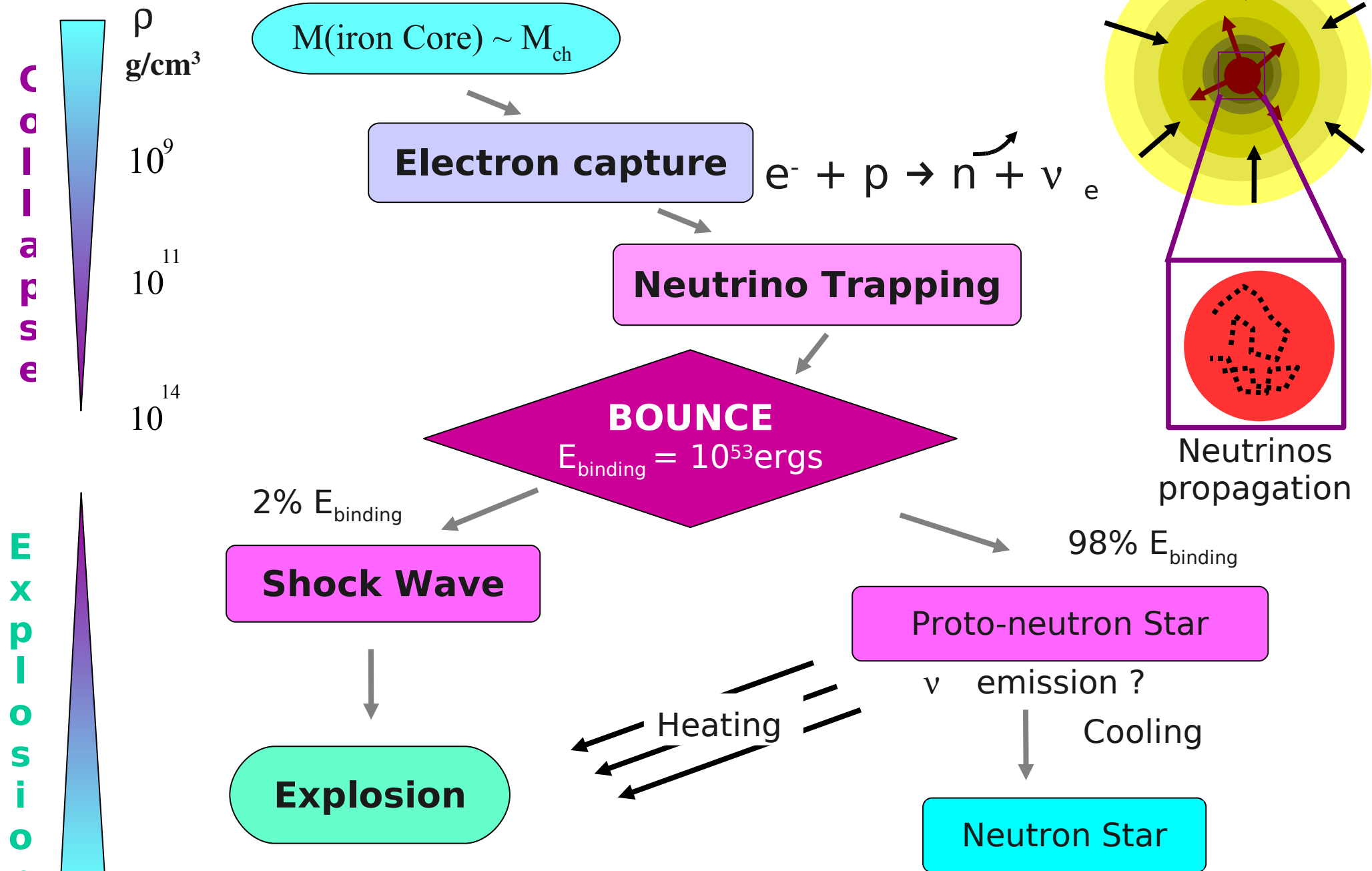


Important for **cooling models** and **neutrino emission processes**
(fast cooling, thermal relaxation of LMXRT, ...)

Formation des astres compacts



Type II supernova scenario



Anthea Fantina : processus électro-faibles pendant l'effondrement gravitationnel des étoiles massives

Nuclear Physics and Compact Stars

Jérôme Margueron, IPN Orsay

WORKSHOP on PULSARS THEORIES AND OBSERVATIONS, 24-26th Nov. 2008, Observatoire de Paris.

IPN Orsay :

M. Grasso,
E. Khan,
J. Margueron,
P. Schuck,
M. Urban,
N. Van Giai.

IRFU :

Ph. Chomaz.

LPC Caen :

F. Gulminelli.

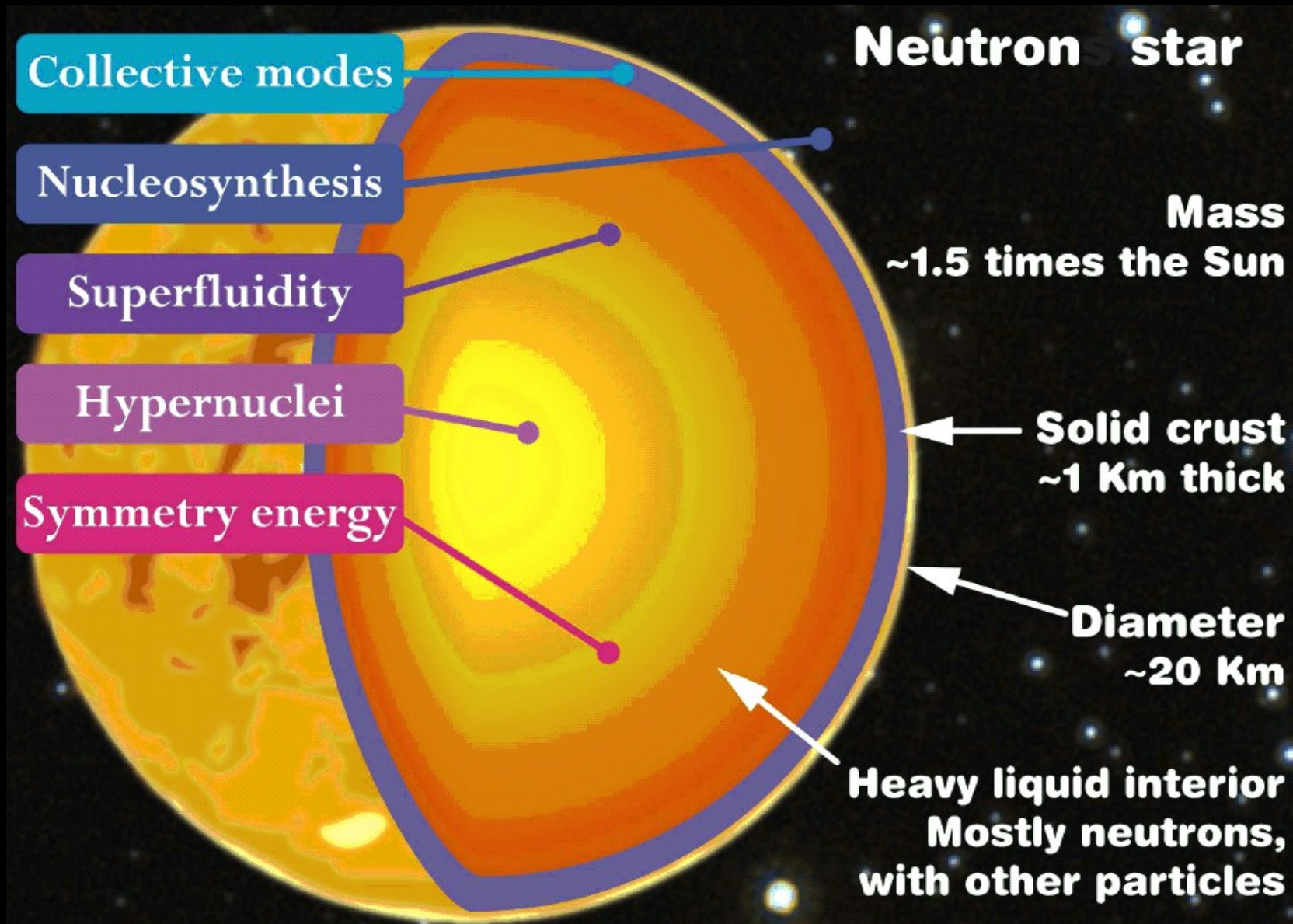
LUTH Meudon :

S. Bonazzola,
B. Carter,
J. Diaz-Alonzo,
M. Oertel.

SUBATECH

Nantes :

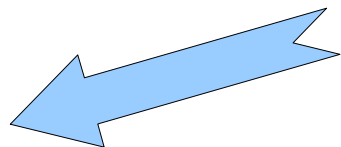
M. Fallot,
V. de la Mota,
T. Sami,
F. Sébille.



En résumé

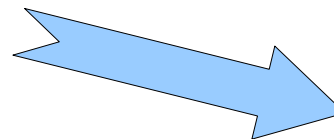
Univers

Modèles
astrophysiques



Données
observationnelles
(*supernovae*,
abondance des éléments,
étoiles à neutrons)

**Modèles
nucléaires
théoriques**



Laboratoires terrestres

Mécanismes
de réaction

Données
expérimentales
(*noyaux*)