

Une table ronde
c'est déjà le
début d'une
solution



LA MATIÈRE NUCLÉAIRE DANS TOUS SES ÉTATS

MATIÈRE NUCLÉAIRE, CONDITIONS EXTREMES...

- ▶ température et densité ("hautes"/Gines-Micaela, "basses"/Olivier- Micaela-Denis)
- ▶ masse et charge/super-lourds (Piot)
- ▶ asymétrie d'isospin/noyaux exotique et Asy-EoS (Olivier, Micaela, Denis)
- ▶ déformation, spin (Denis, Julien)
- ▶ étrangeté (Elias)

LA QUESTION ...

- ▶ Comment la phénoménologie de la matière nucléaire émerge-t-elle de la QCD (propriétés de interaction forte)?

dynamique 2 corps → dynamique N-corps

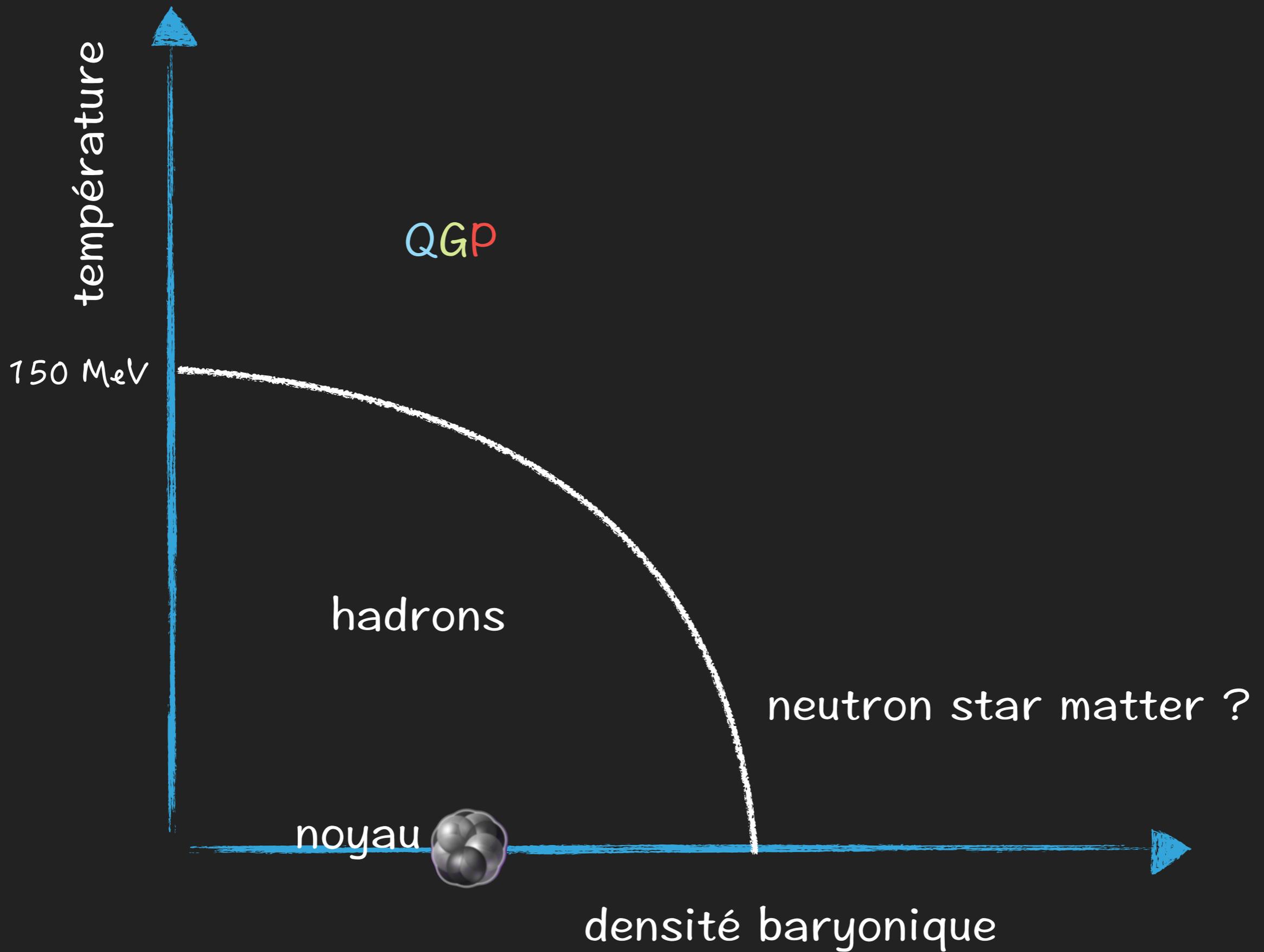


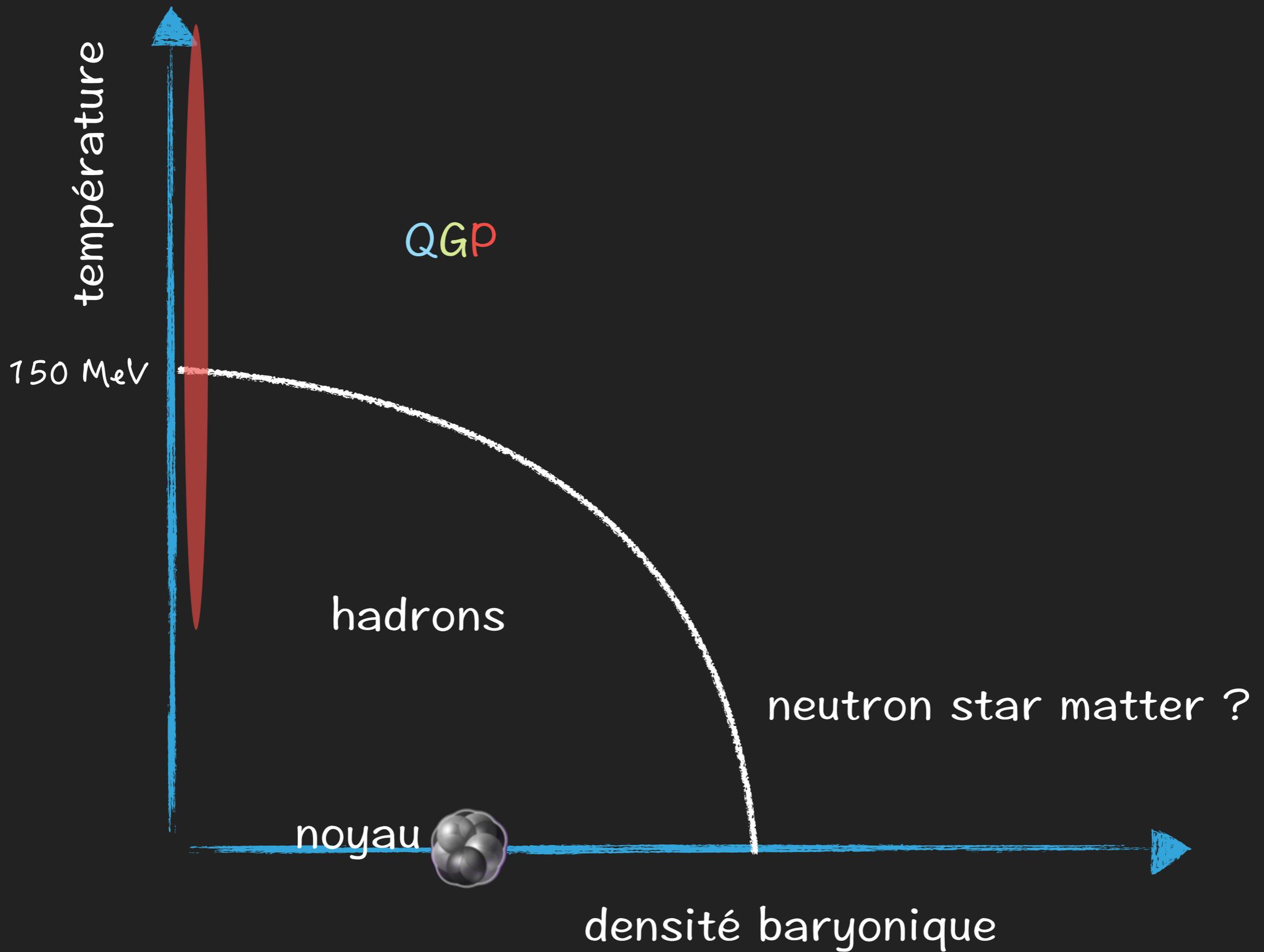
LA QUESTION ...

- ▶ Comment la phénoménologie de la matière nucléaire émerge-t-elle de la QCD ?

dynamique 2 corps \rightarrow dynamique N-corps

- ▶ La question est-elle pertinente ?





PHÉNOMÉNOLOGIE

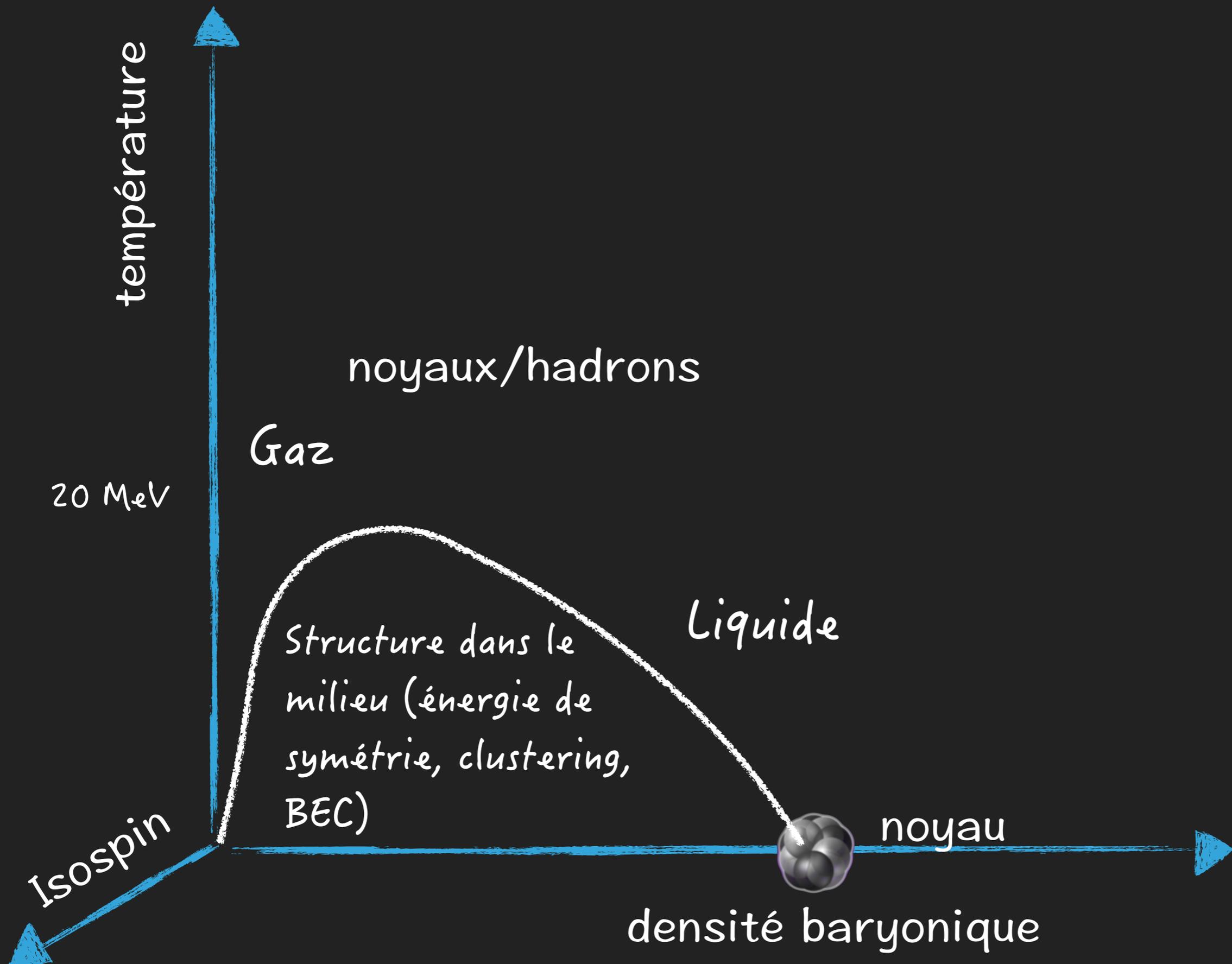
- ▶ La matière aux températures et densités extrêmes (Gines)
 - ▶ mots clés: QGP, brisure de symétrie (Z_3 + chirale), transitions de phase, (quarkyonic, paire de Cooper de couleur), structure noyau à $x \ll 1$
 - ▶ degrés de liberté: quanta de QCD

THÉORIE/MODÈLE

- ▶ La matière aux températures et densités extrêmes (Gines)
 - ▶ mots clés: QCD, QCD sur réseau, hydrodynamique, thermodynamique, dynamique, cosmologie $T_{EW} < T < T_{QCD}$
 - ▶ degrés de liberté: quanta de QCD
 - ▶ interaction: L_{QCD}

SONDES EXPERIMENTALES

- ▶ Collisions AA, pA, pp
 - ▶ aux énergies LHC ($T \gg T_c, \mu = 0$) → matière primordiale
 - ▶ aux énergies RHIC/FAIR/SPS ($T \sim T_c, \mu > 0$) → point critique
 - ▶ aux énergies FCC ?
- ▶ Les observables
 - ▶ $p_T \sim T_c, \Lambda_{\text{QCD}}$ → phénomènes collectifs
 - ▶ $p_T \gg T_c$ → degrés de liberté



PHÉNOMÉNOLOGIE

- ▶ La matière aux températures finies et à basses densités (Olivier)
 - ▶ mots clés:
 - ▶ structure nucléaire dans le milieu (clustering, liquide-gas, masses effectives des neutrons/protons), Asy-EoS et énergie de symétrie
 - ▶ étoiles de neutrons et supernovae, neutrinosphère
 - ▶ degrés de liberté: **hadrons** (objets composites de QCD), isospin, clusters (matière fermionique et bosonique)

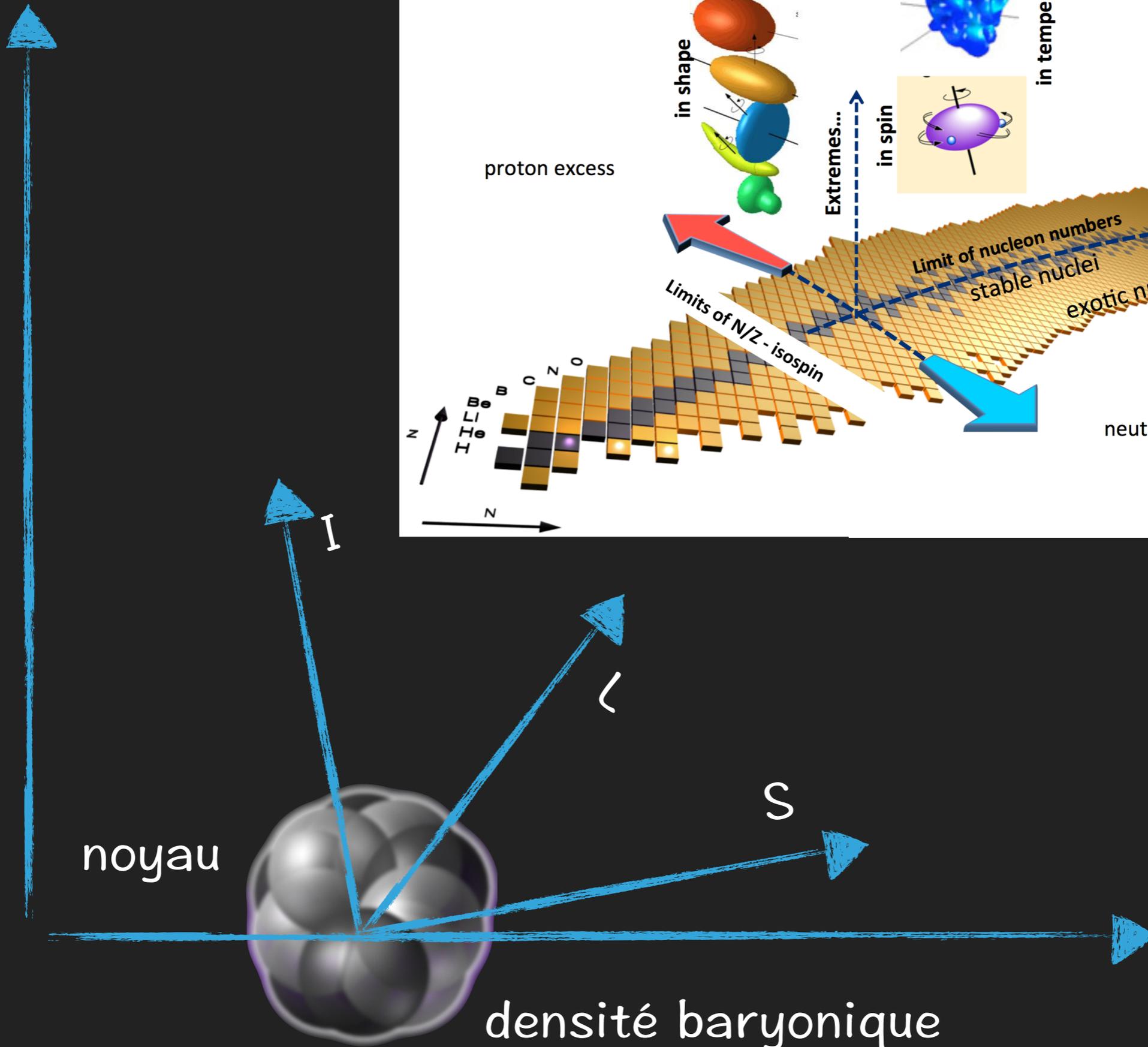
MODÈLE

- ▶ La matière à température finie et à basse densité (Olivier)
 - ▶ mots clés: **modèles** de transport, thermodynamique de la matière asymétrique, clusterisation dynamique, spinodale, statistique
 - ▶ degrés de liberté: **hadrons** (objets composites de QCD)
 - ▶ interaction: **interaction effective**, rôle du potentiel d'asymétrie d'isospin, interaction dépendant de l'impulsion, masses effectives n/p

SONDES EXPERIMENTALES

- ▶ collisions entre les ions lourds aux énergies intermédiaires et basses (EU: GANIL, Spiral2, Spes, LNS, GSI, Fair; non-EU: Riken, FRIB, ...)
- ▶ détection et identification des produits de réaction en masse et charge (de $Z=1$ jusqu'à $Z=50$) et des neutrons (!)
- ▶ Sondes Femtoscopiques (corrélations particule-particule, BEC, résonance): haute résolution angulaire et énergétique
- ▶ ...

température



proton excess

in shape

Extremes...

in spin

in temperature

Limits of N/Z - isospin

Limit of nucleon numbers
stable nuclei
exotic nuclei

neutron excess

noyau

densité baryonique

PHÉNOMÉNOLOGIE

- ▶ La structure des noyaux (Denis, Julien, Elias)
 - ▶ mots clés: noyaux exotiques (N/Z), super-lourds (A), hypernoyaux (étrangeté), noyaux à haut spin (déformation), noyaux chauds (E^* et T), clusters (re-organisation de la structure interne), nouvelles radioactivités
 - ▶ Sondes: gamma, pions, kaons, particules chargées
 - ▶ degrés de liberté: nucléon, clusters, collectives, étrangeté

MODÈLE

- ▶ Le noyau (Denis, Julien, Elias)
 - ▶ mots clés: noyaux exotiques, noyaux super-lourds, hypernoyaux
 - ▶ interaction: interaction effective $f(L, I, S, E)$
 - ▶ QCD \rightarrow χ -EFT, Ab-Initio...

QUESTION ...

- ▶ QCD pour décrire la phénoménologie du noyau au QGP ?
- ▶ Une « grande unification » de la physique nucléaire est-elle envisageable ou utopique ?
- ▶ Quelles sont les avancées expérimentales nécessaires pour aller de la phénoménologie aux principes premiers ?
- ▶ Aucune de ces questions n'a de sens ...