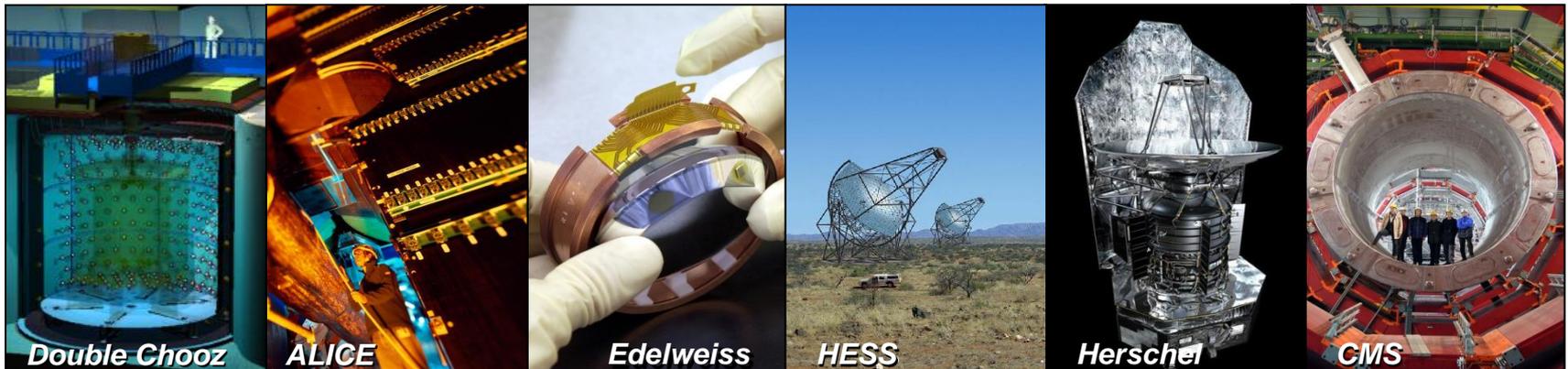


Les nouvelles frontières de la physique subatomique

Philippe CHOMAZ
Chef d'Institut



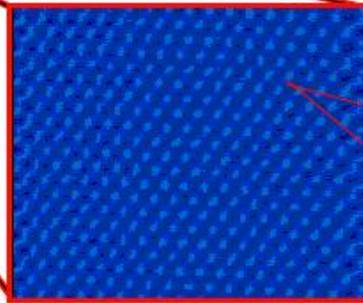
Detecting radiations from the Universe.



Le monde subatomique



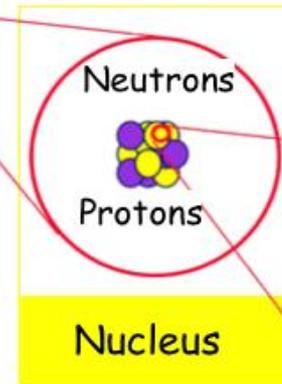
Salt cristal



Atoms



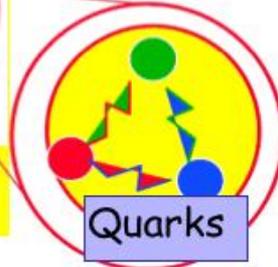
Electrons



Neutrons

Protons

Nucleus

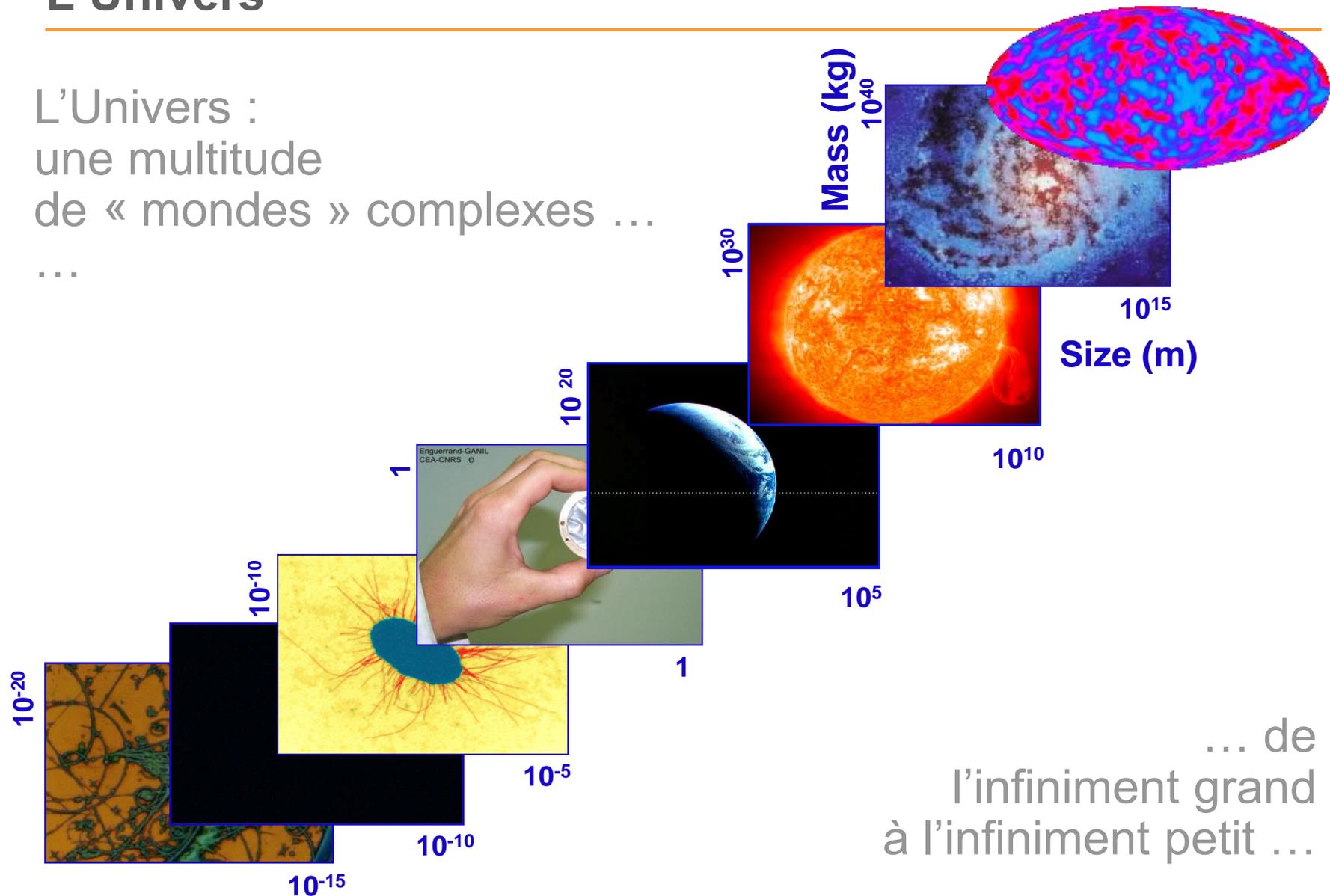


Quarks

**Matière faite d'électrons
et de quarks**

L'Univers

L'Univers :
une multitude
de « mondes » complexes ...
...



... de
l'infiniment grand
à l'infiniment petit ...

L'Univers

... qui évoluent sous l'action de 4 forces.



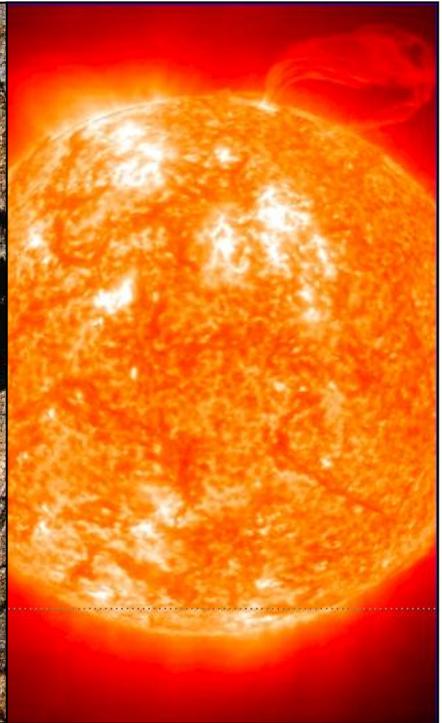
Gravitationnelle



Electromagnétique



Nucléaire Faible



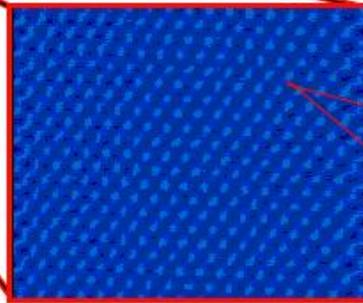
Nucléaire Forte



Le monde subatomique



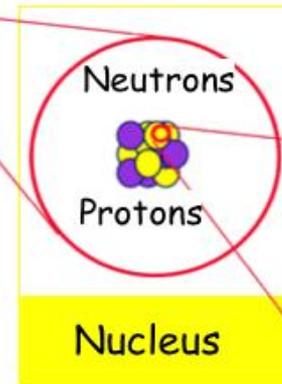
Salt cristal



Atoms



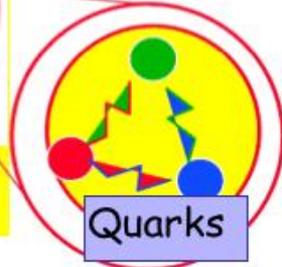
Electrons



Neutrons

Protons

Nucleus

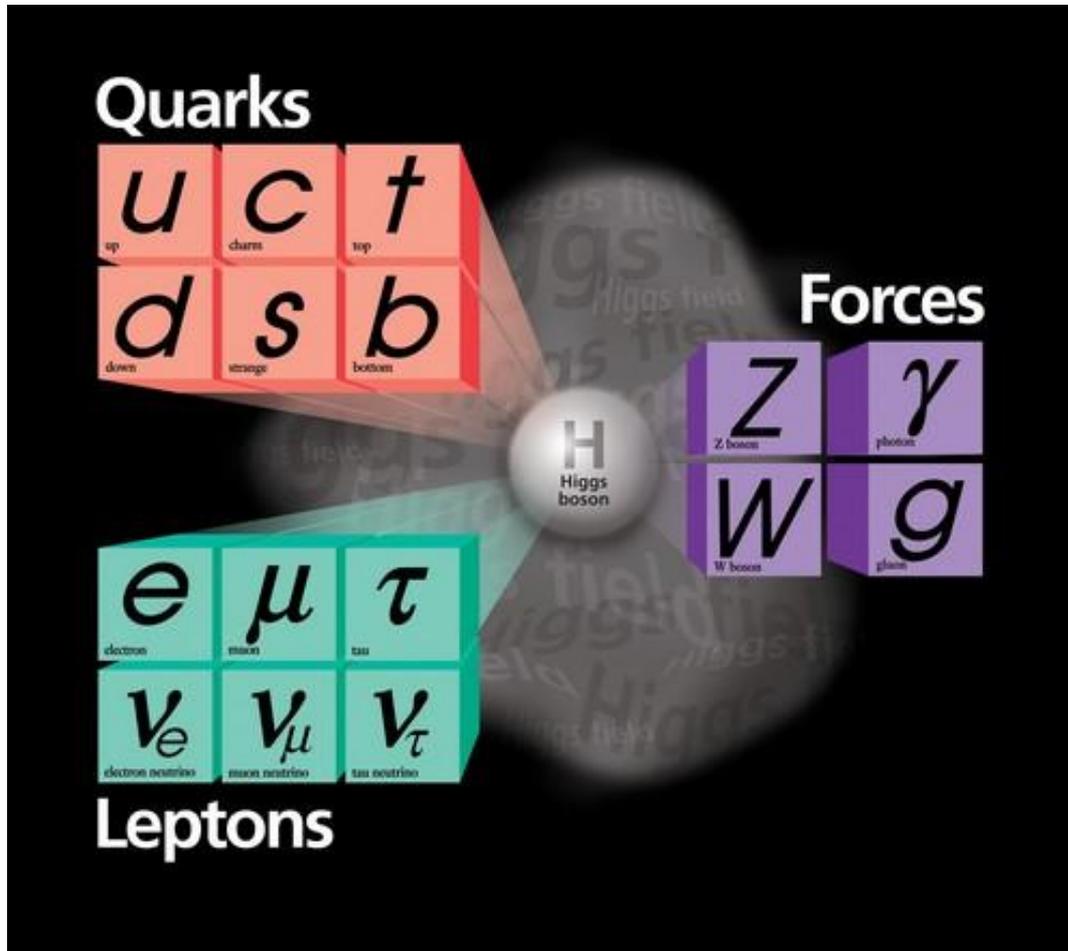


Quarks

**Matière faite d'électrons
et de quarks**

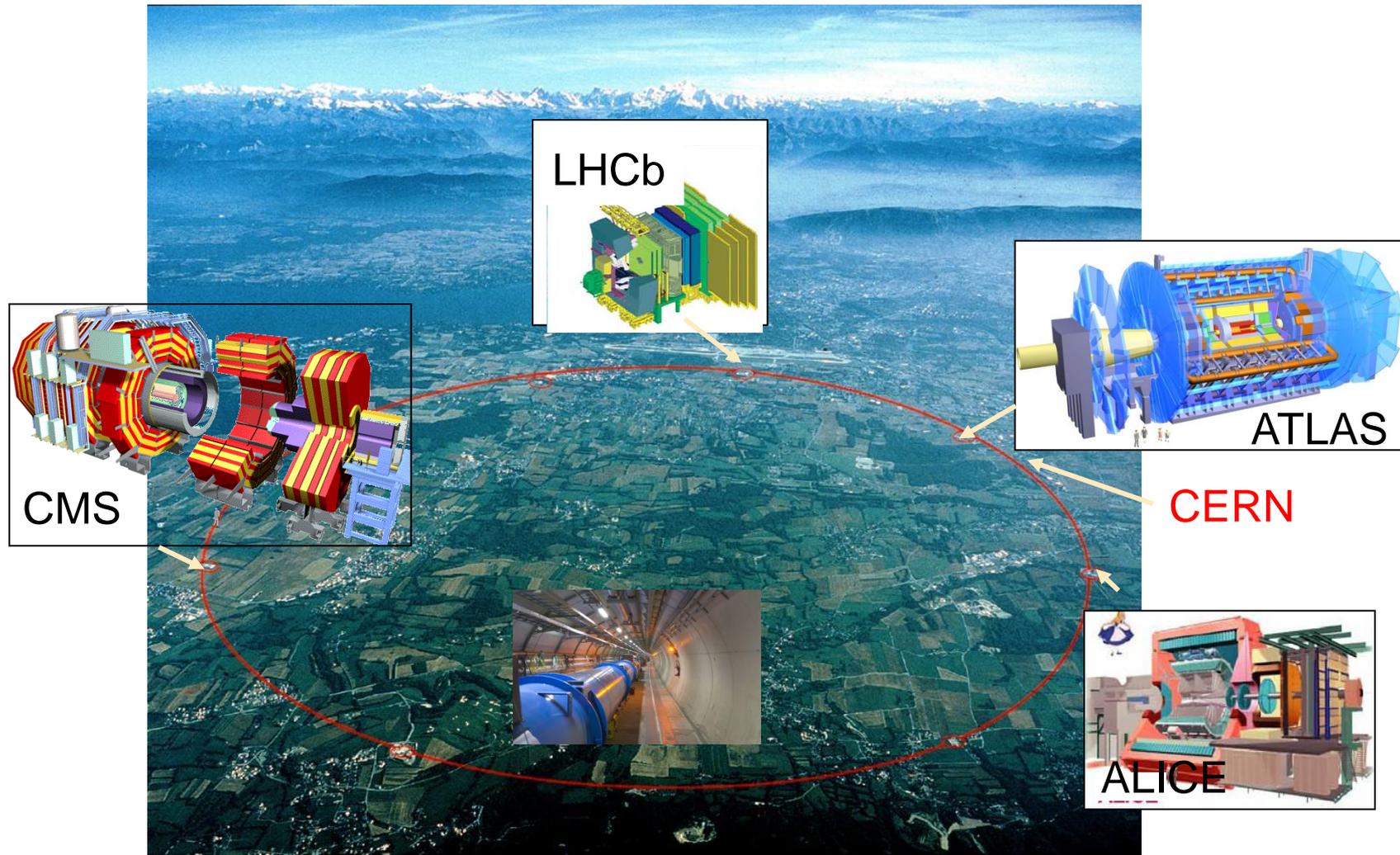
1) Quels sont les constituants élémentaires ?

1) Quels sont les constituants élémentaires ?

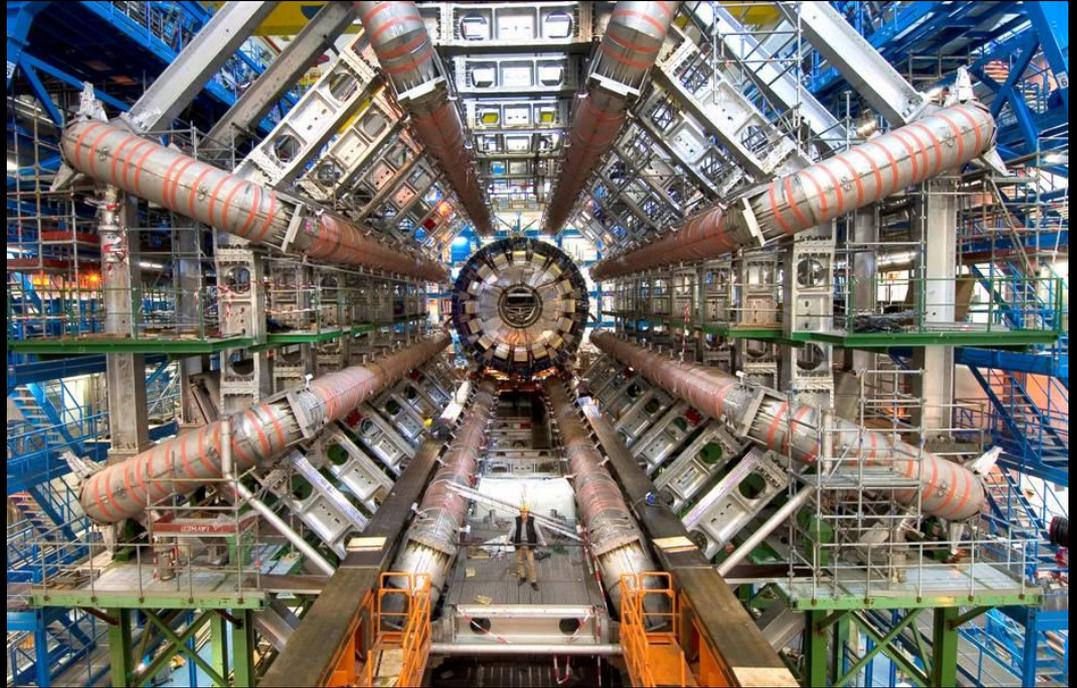


- Model Standard et boson de Higgs
- Propriétés des neutrinos
- Structure des particules

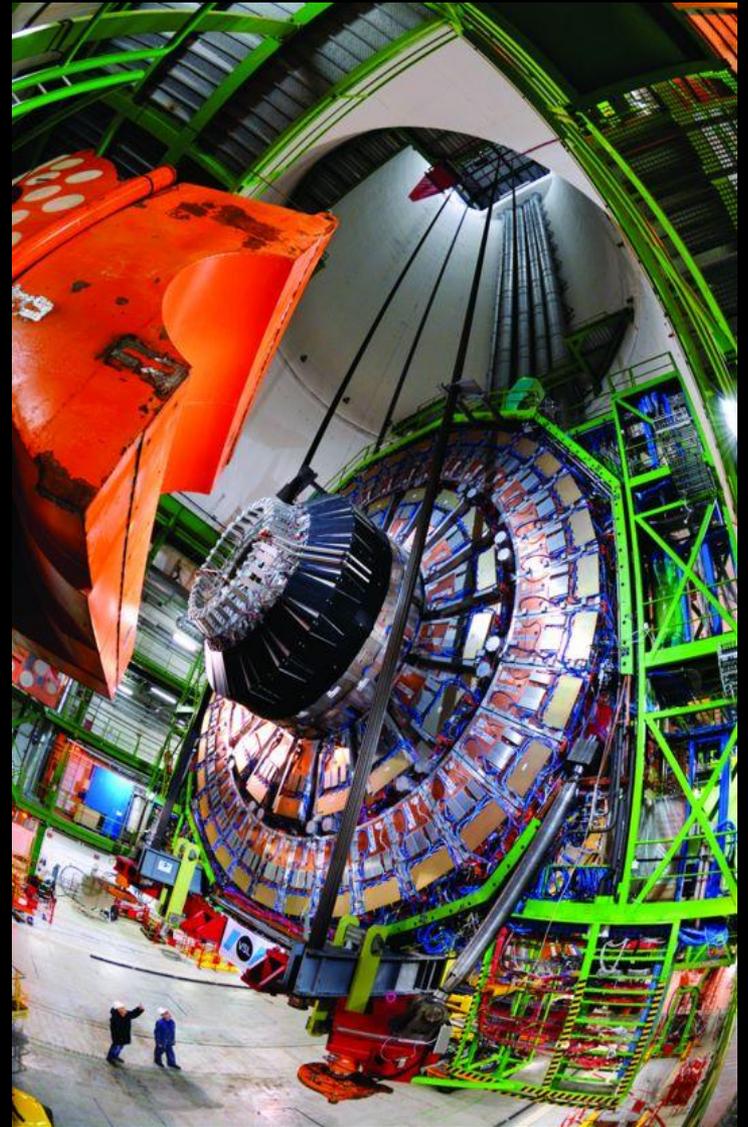
Le LHC



ATLAS



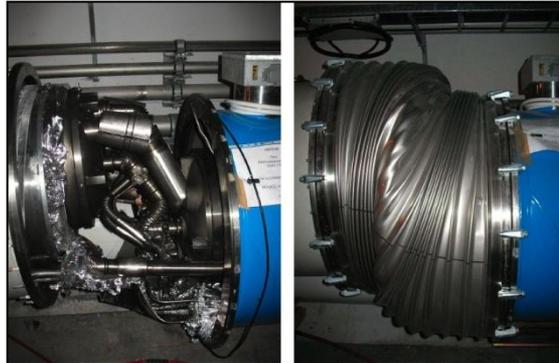
CMS



Le LHC



**Démarrage mondial
le 10 septembre
2008**

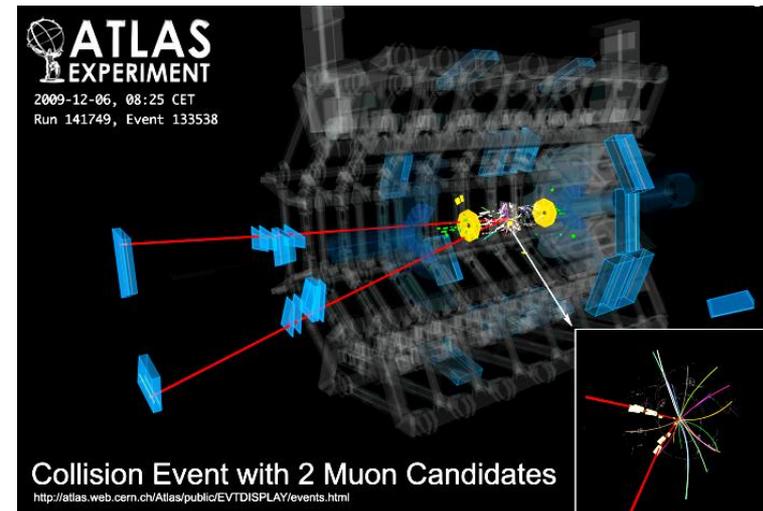


**Accident
le 21 septembre
2008**



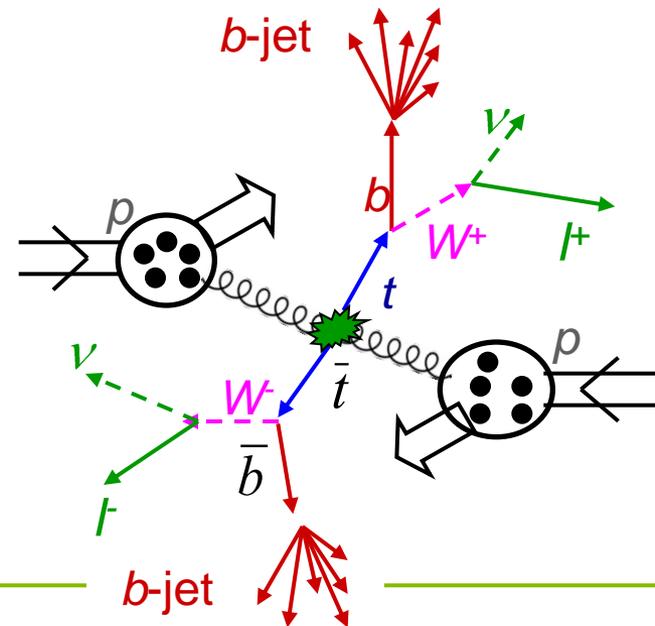
Réparation 2009

Prise de donnée 2010

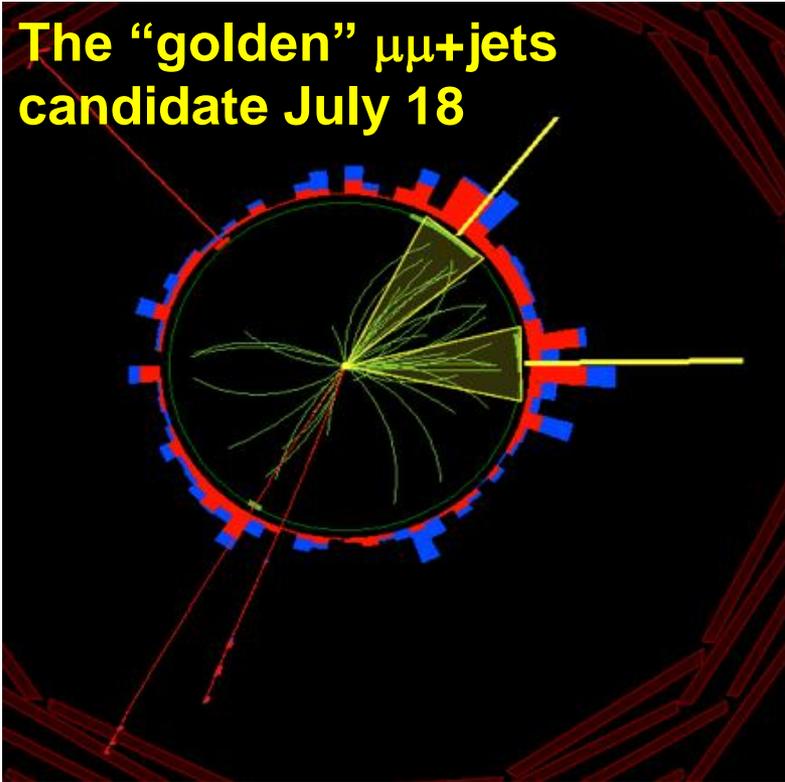


IC-HEP: La plus grande conf. Phys. Part @ PARIS

- Les premiers résultats du LHC
 - 40 ans de physique des particules redécouvertes en 4 mois
 - Premiers quark top vu hors des USA

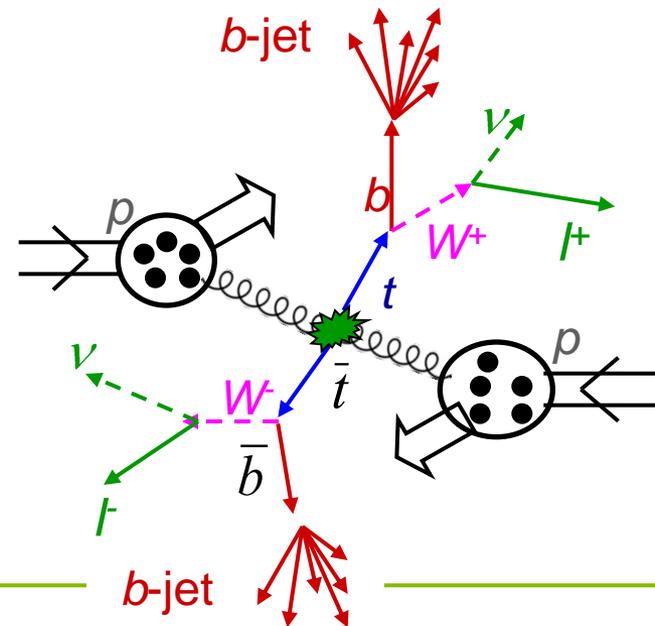


The “golden” $\mu\mu$ +jets candidate July 18



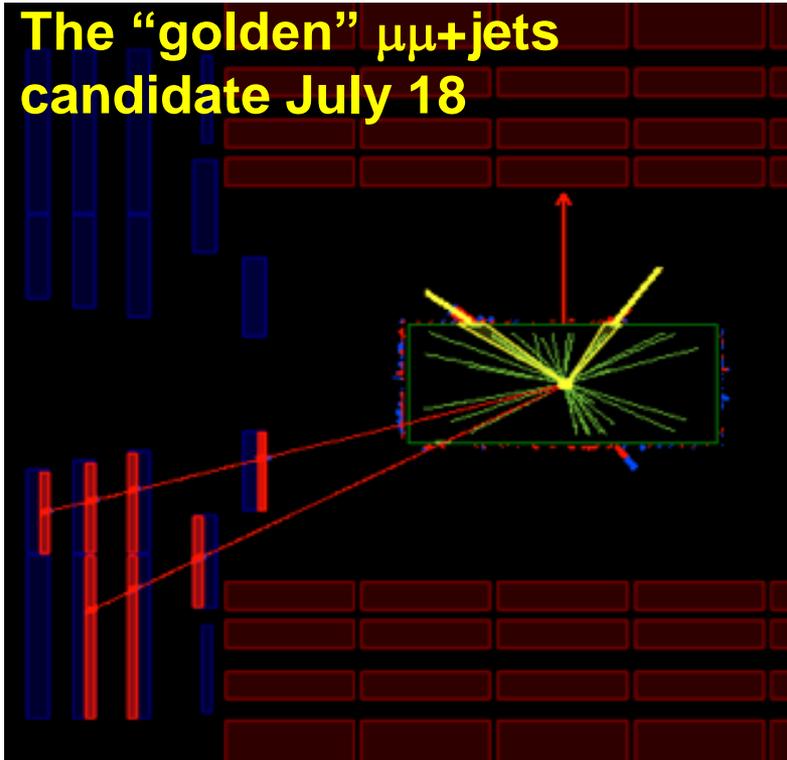
Candidat top-antitop observés avec le détecteur CMS. Les deux muons (trajectoires pénétrantes) proviendraient de la désintégration des quarks top et anti-top, qui produirait en outre deux quarks b et anti-b à l'origine des 2 jets de particules

- Les premiers résultats du LHC
 - 40 ans de physique des particules redécouvertes en 4 mois
 - Premiers quark top vu hors des USA



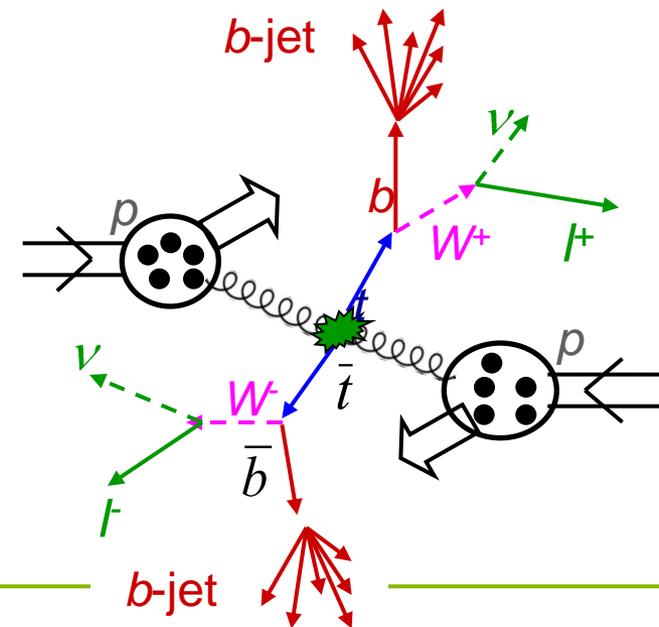
IC-HEP: La plus grande conf. Phys. Part @ PARIS

The “golden” $\mu\mu$ +jets candidate July 18



Candidat top-antitop observés avec le détecteur CMS. Les deux muons (trajectoires pénétrantes) proviendraient de la désintégration des quarks top et anti-top, qui produirait en outre deux quarks b et anti-b à l'origine des 2 jets de particules

- Les premiers résultats du LHC
 - 40 ans de physique des particules redécouvertes en 4 mois
 - Premiers quark top vu hors des USA

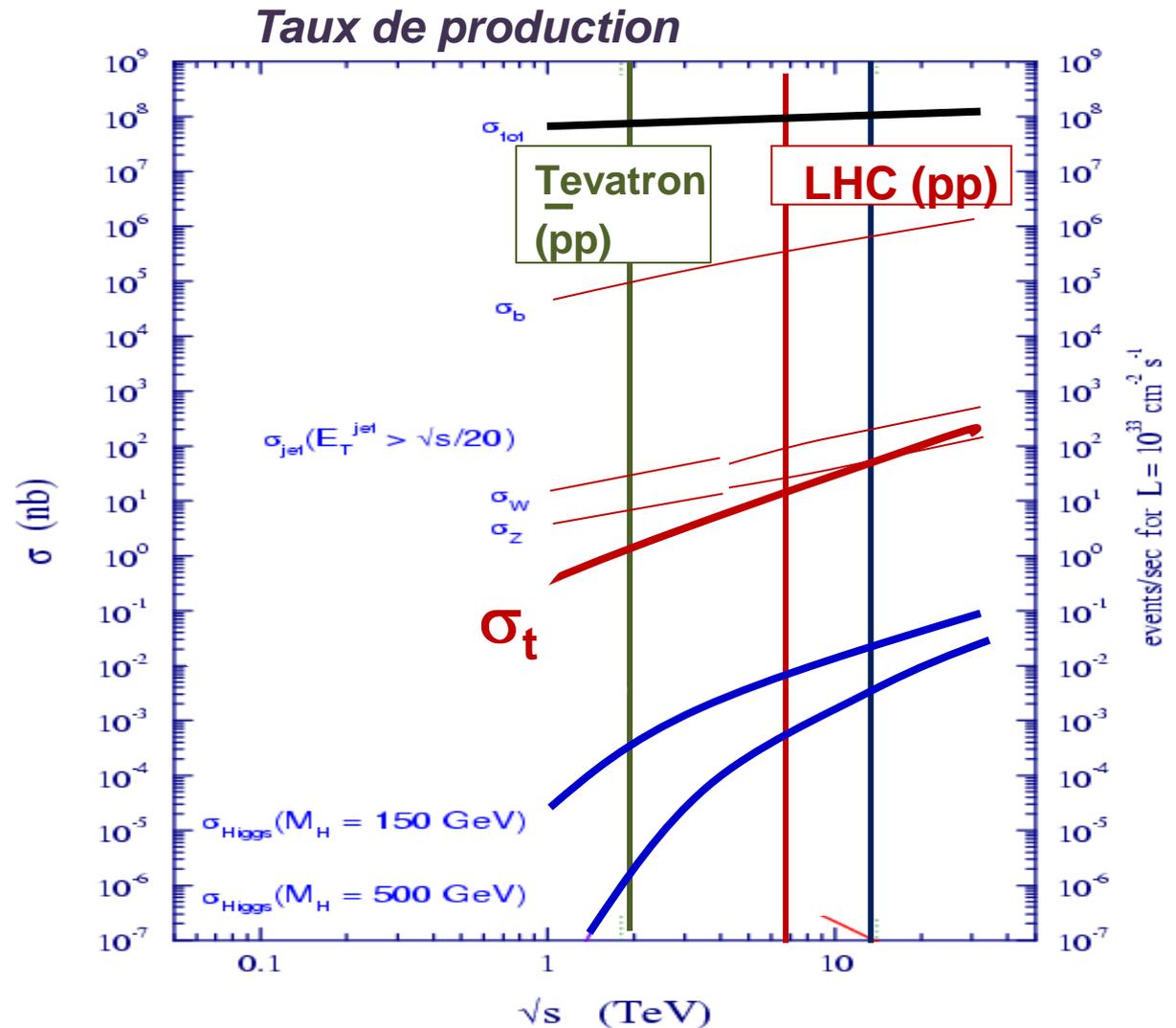


Recherche du Higgs au LHC

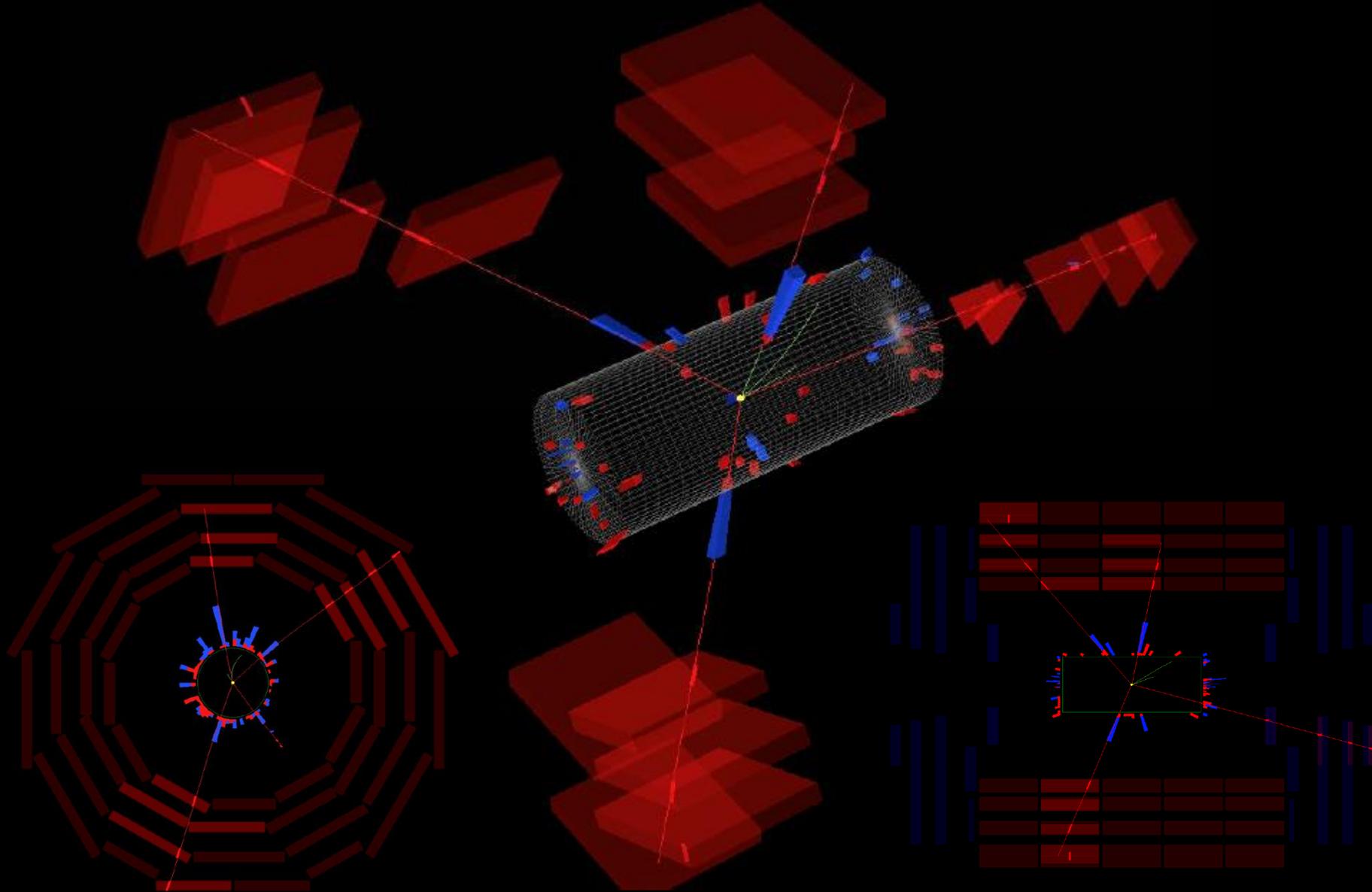


Un Higgs dans une boîte de collisions

- 1 Higgs tout les 10 à 100 milliards d'événements
- Il faut un facteur 1000 en luminosité pour voir un Higgs standard

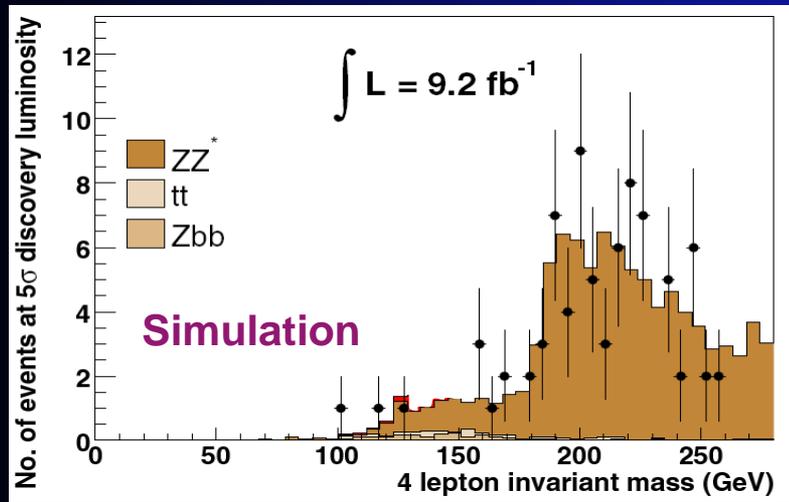


CMS : Le premier événement ZZ en 4μ



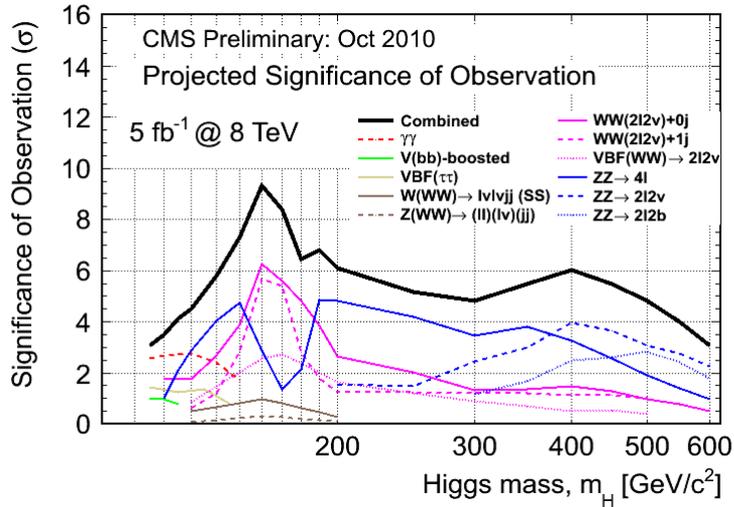
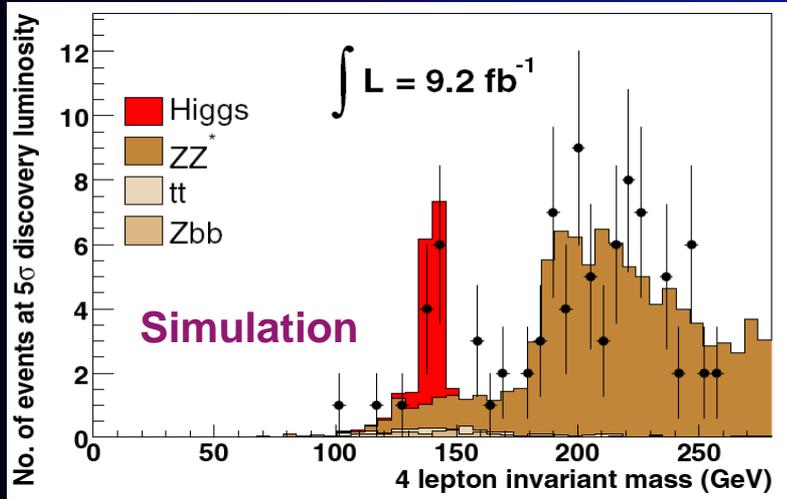
Avec 300 à 1000 fois plus de données ?

on pourra :



Avec 300 à 1000 fois plus de données ?

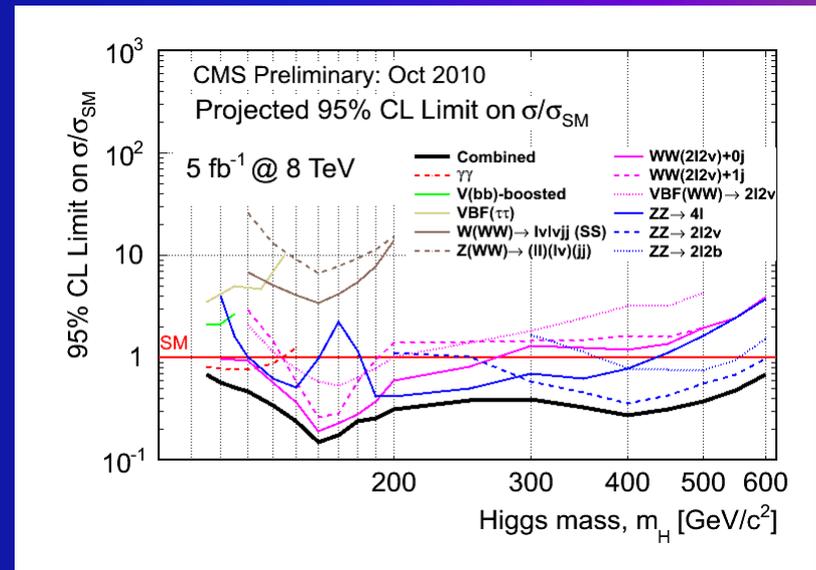
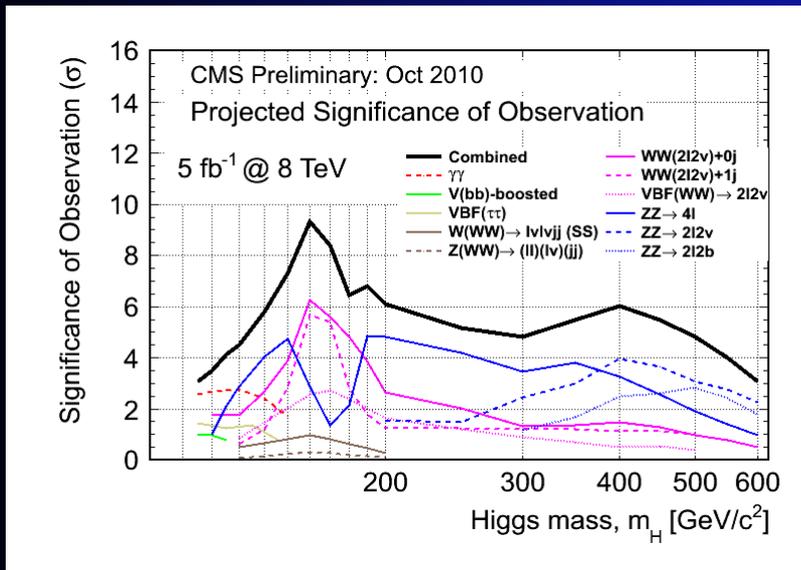
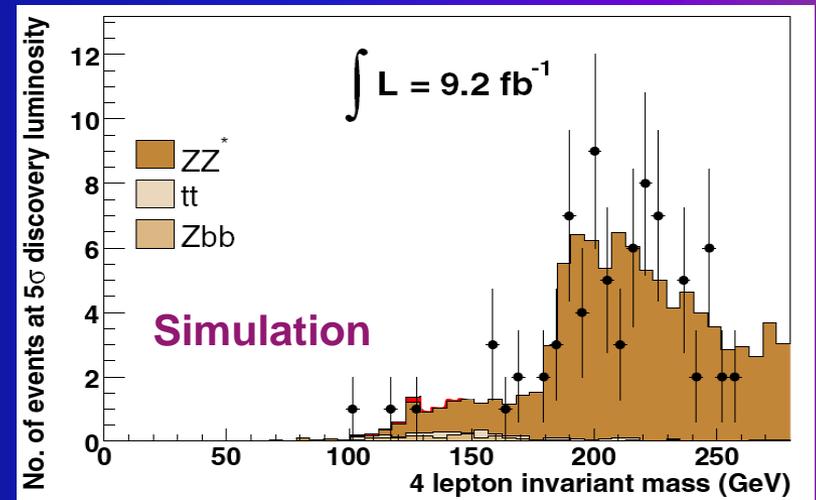
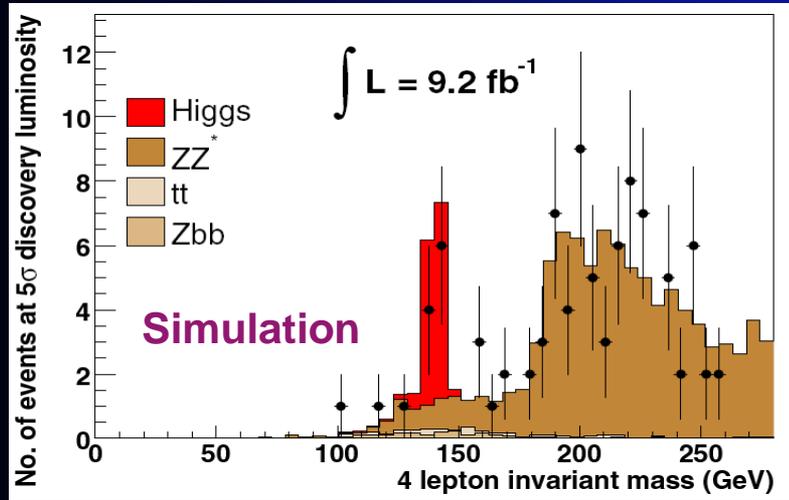
on pourra :



soit le découvrir le boson de Higgs...

Avec 300 à 1000 fois plus de données ?

on pourra :

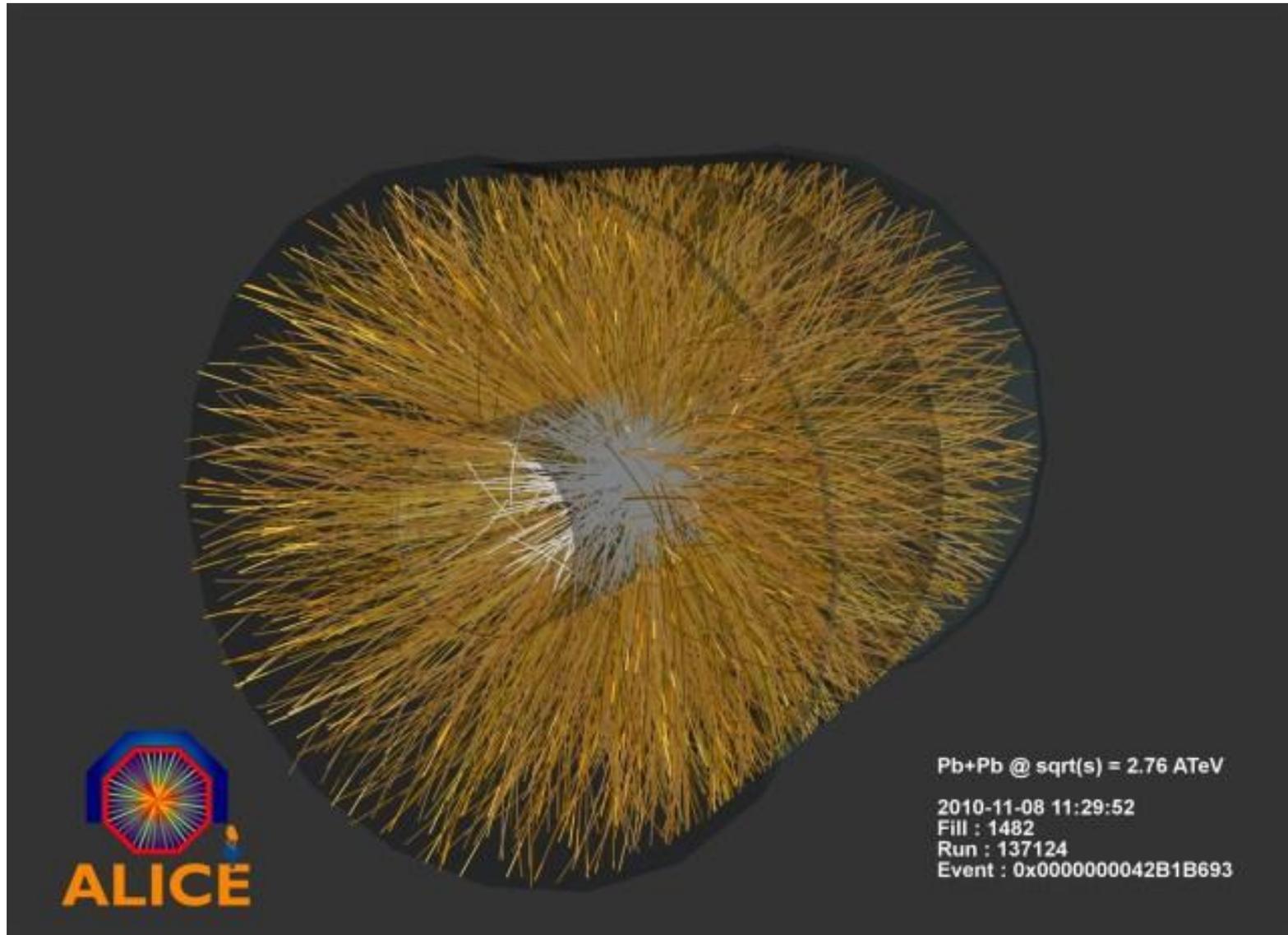


soit le découvrir le boson de Higgs...

... soit exclure l'hypothèse de son existence

Derniers résultats du CERN

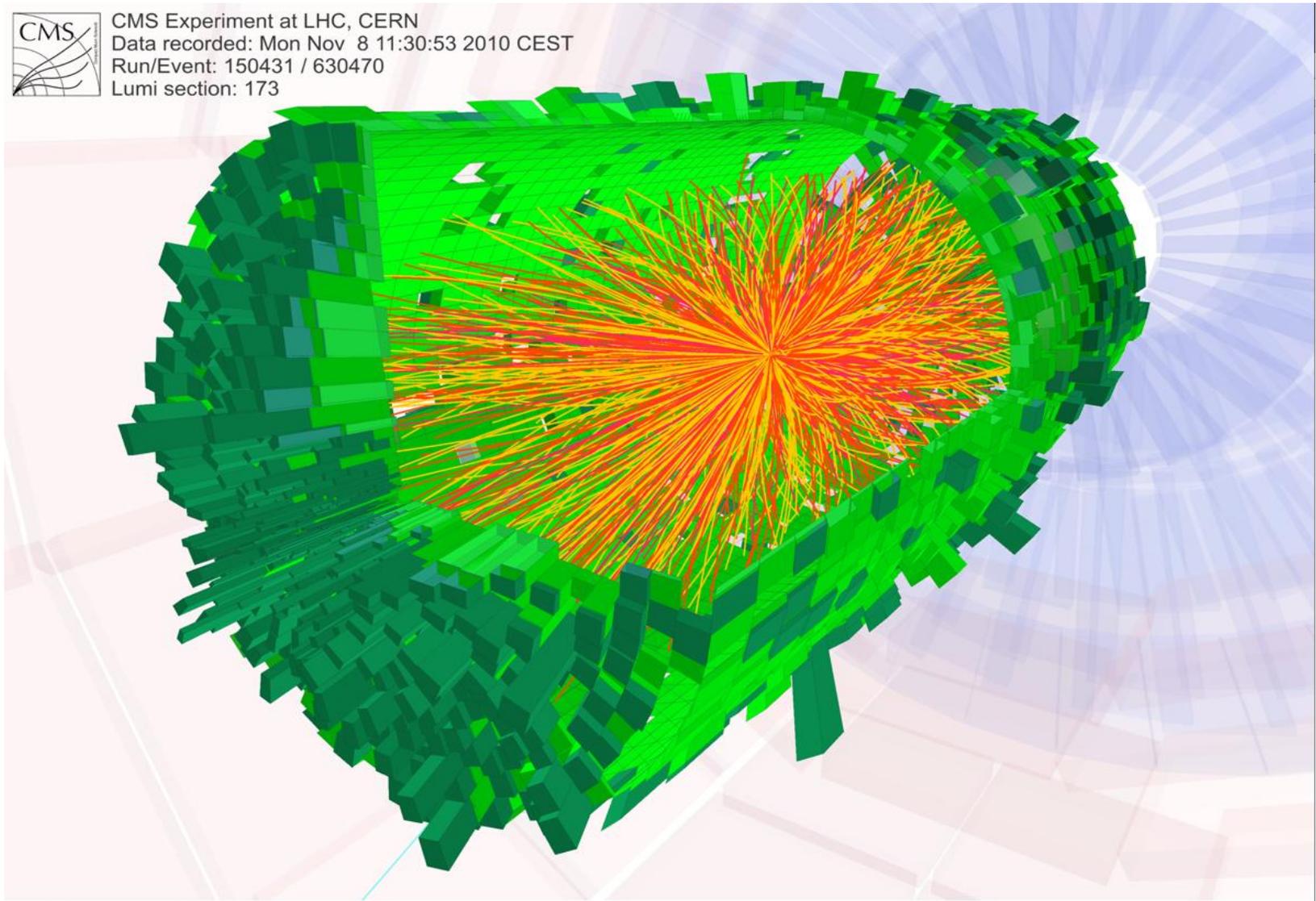
Premières collisions d'ions lourds au LHC



Premières collisions d'ions lourds au LHC

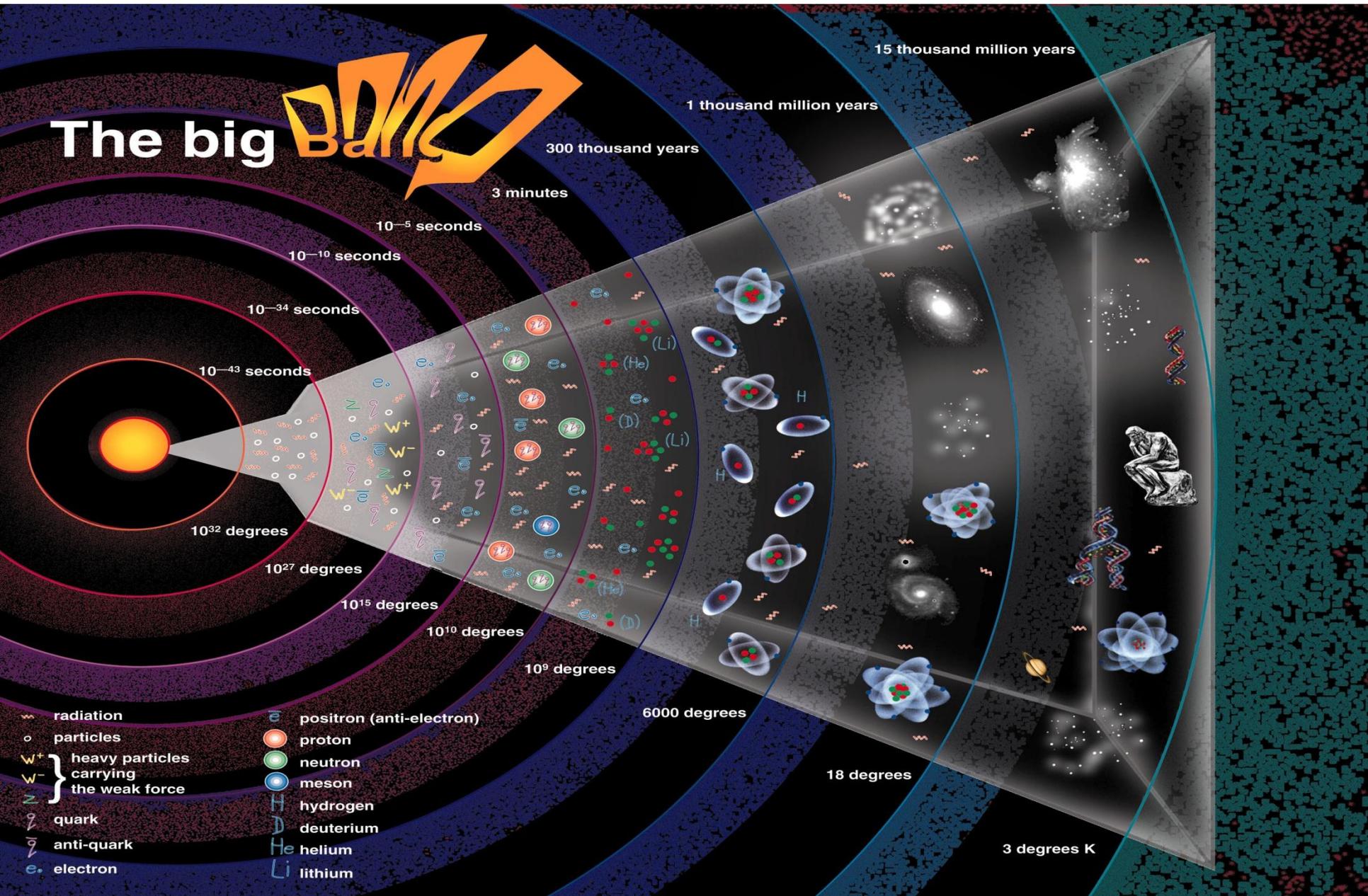


CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Mon Nov 8 11:30:53 2010 CEST
Run/Event: 150431 / 630470
Lumi section: 173

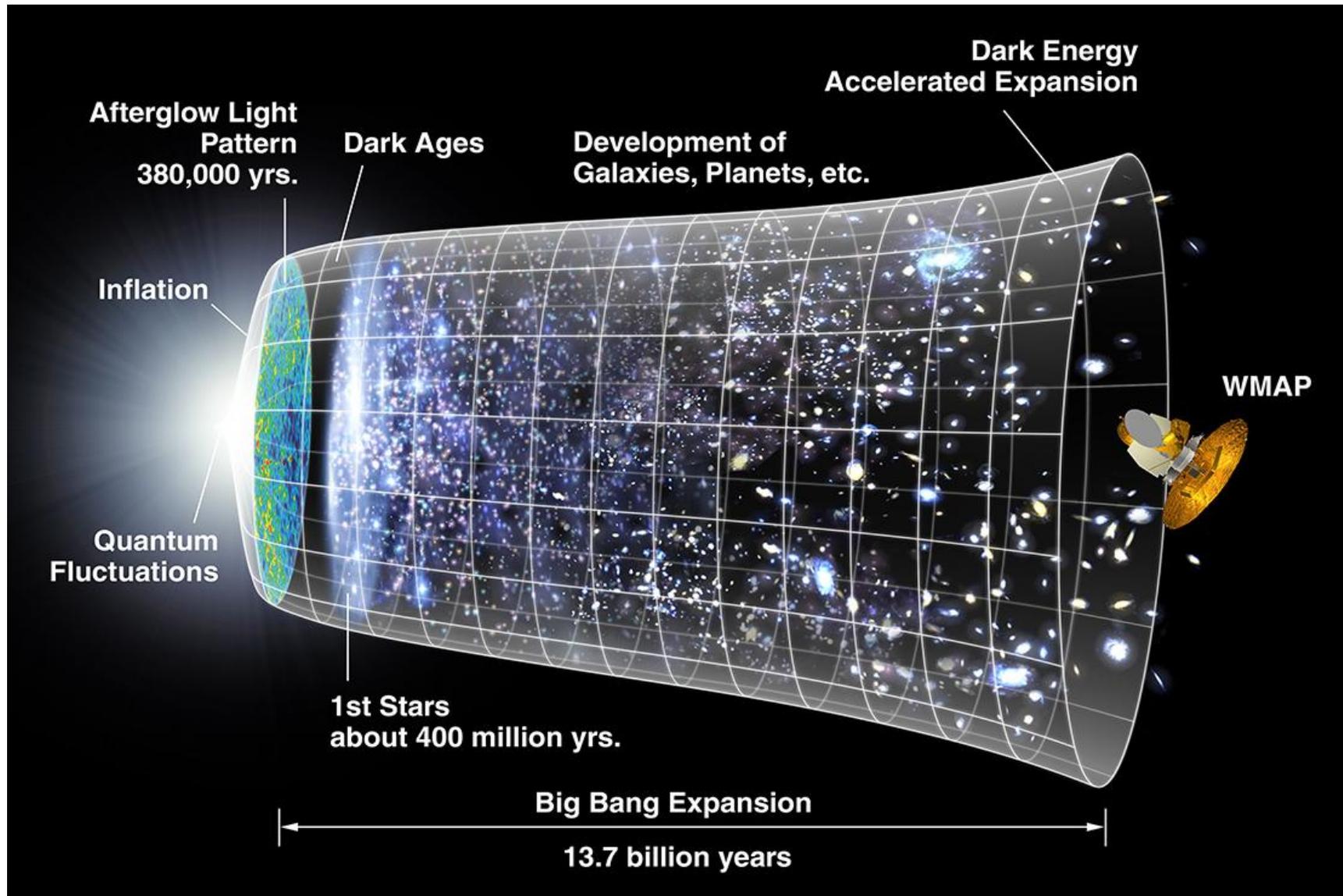


Reconstituer les premiers instants de l'Univers

Reconstituer les premiers instants de l'Univers

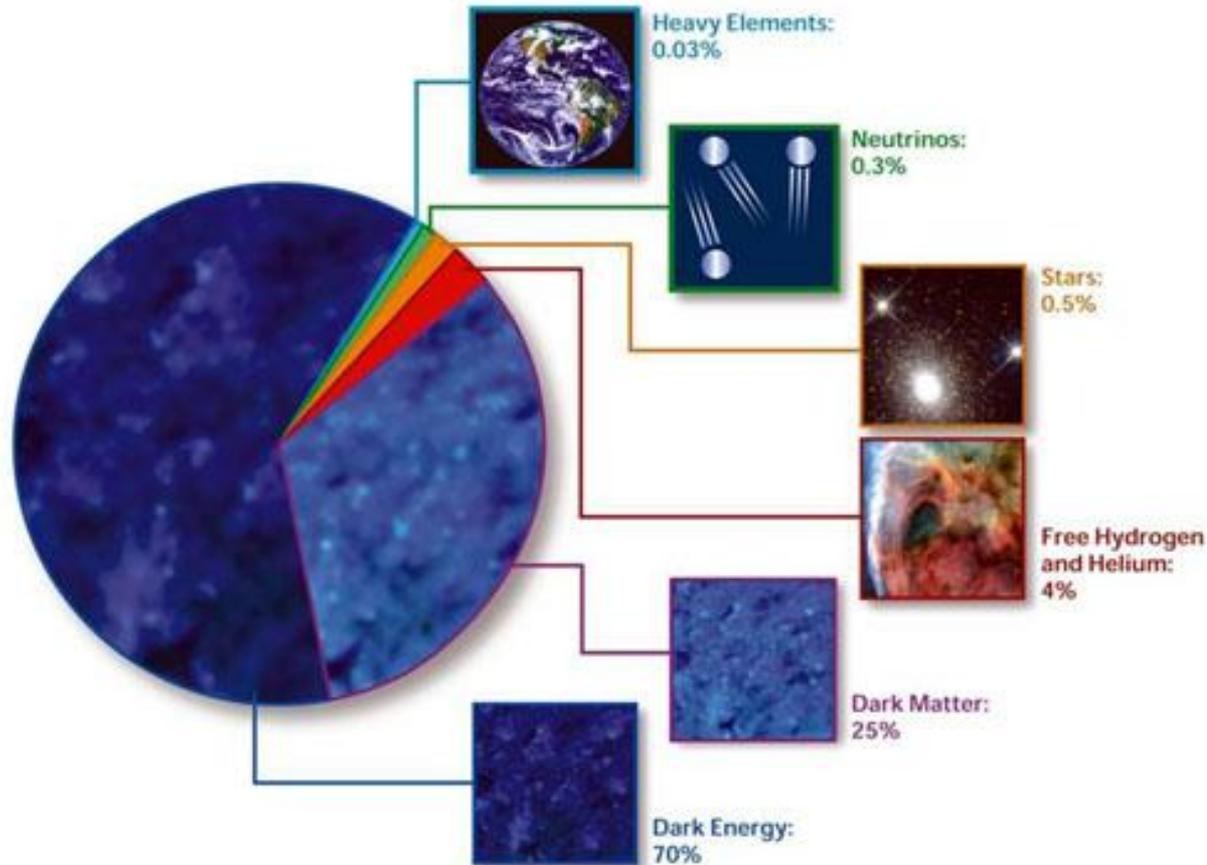


Reconstituer les premiers instants de l'Univers



2) Quel est le contenu de l'Univers ?

COMPOSITION OF THE COSMOS



- Matière noire → Nouvelle particule ? (LHC)
- Asymétrie matière / antimatière → Asymetrie Neutrino/antineutrino ?

Edelweiss

LE FIGARO

Ils traquent sous terre la matière noire de l'Univers



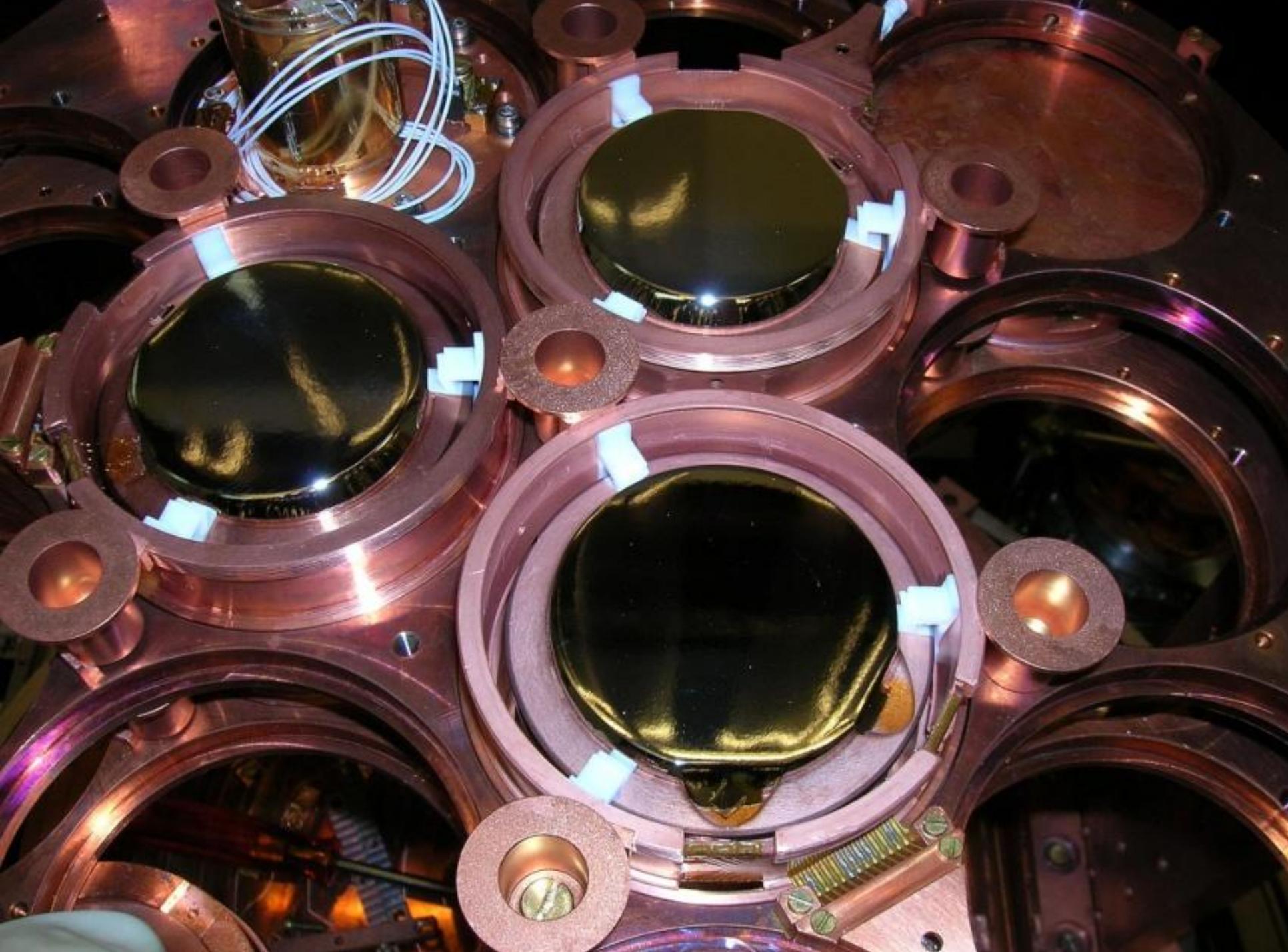
Le Monde.fr

La grotte à matière noire

Article paru dans l'édition du 19.12.09

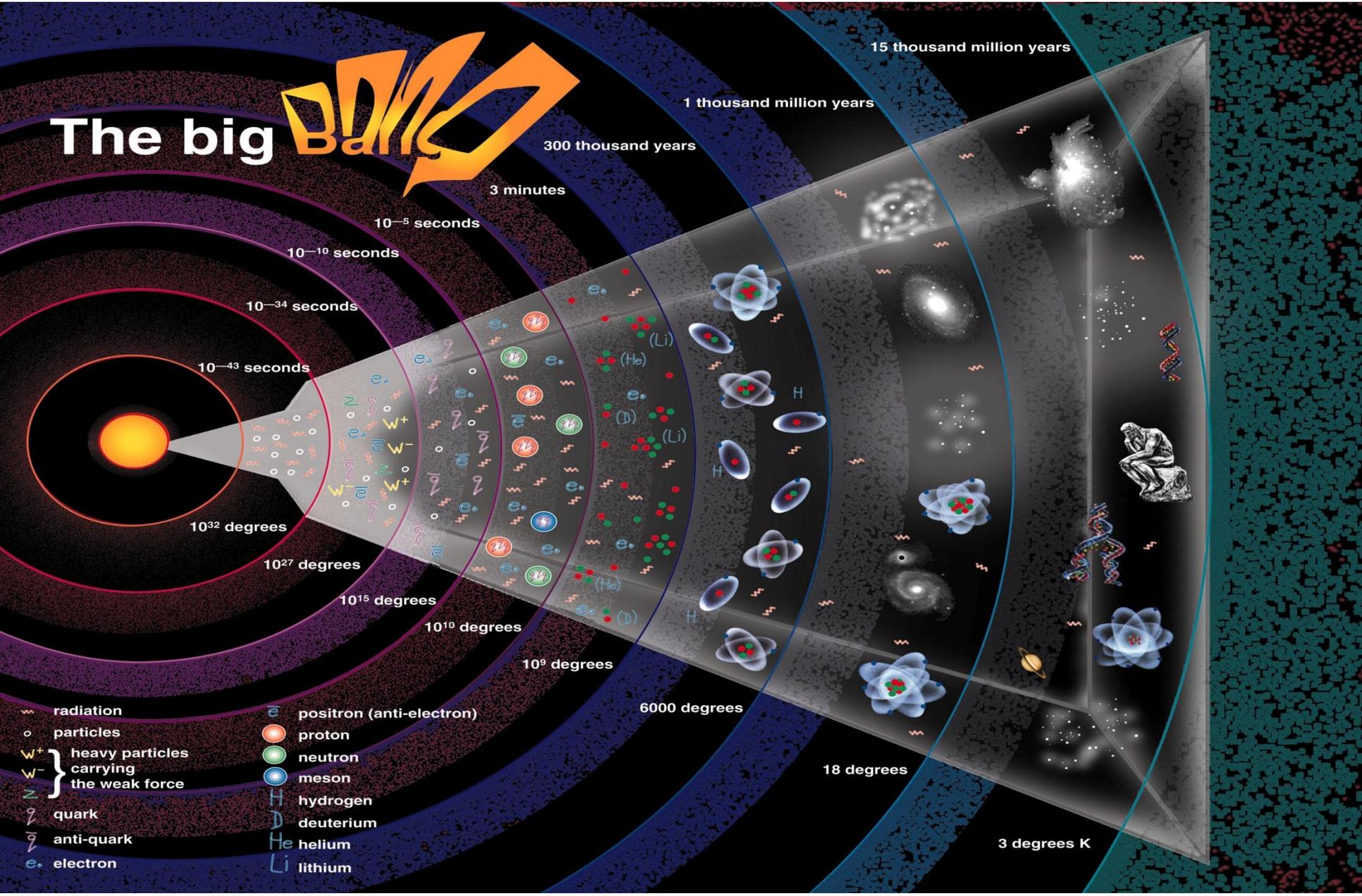
Physique Sous 1 700 mètres de roche, à la frontière franco-italienne, des chercheurs traquent de mystérieuse formation de l'Univers et résolvent l'énigme de sa masse manquante

Tunnel routier du Fréjus, kilomètre 6,5, refuge anti-incendie n° 6. Les automobilistes empruntent ce tunnel sans s'imaginer pas que s'ouvre, derrière une porte coupe-feu semblable à toutes les autres, un espace large d'autant, empli d'appareils de mesure et d'écrans informatiques : le Laboratoire souterrain de matière noire, de nature inconnue.





The big Bang



15 thousand million years

1 thousand million years

300 thousand years

3 minutes

10^{-5} seconds

10^{-10} seconds

10^{-34} seconds

10^{-43} seconds

10^{32} degrees

10^{27} degrees

10^{15} degrees

10^{10} degrees

10^9 degrees

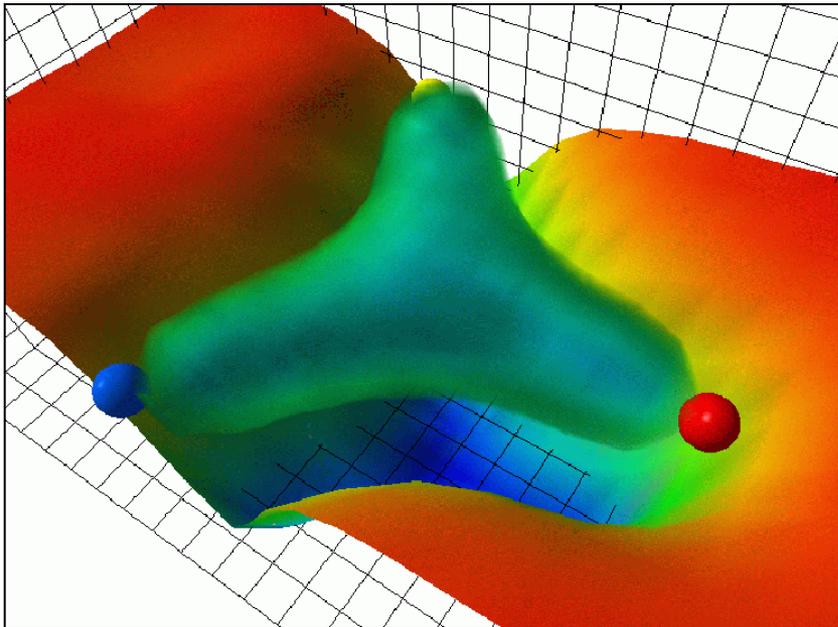
6000 degrees

18 degrees

3 degrees K

- radiation
- particles
- W^+ } heavy particles carrying the weak force
- W^- }
- Z }
- quark
- anti-quark
- e^- electron
- e^+ positron (anti-electron)
- proton
- neutron
- meson
- H hydrogen
- D deuterium
- He helium
- Li lithium

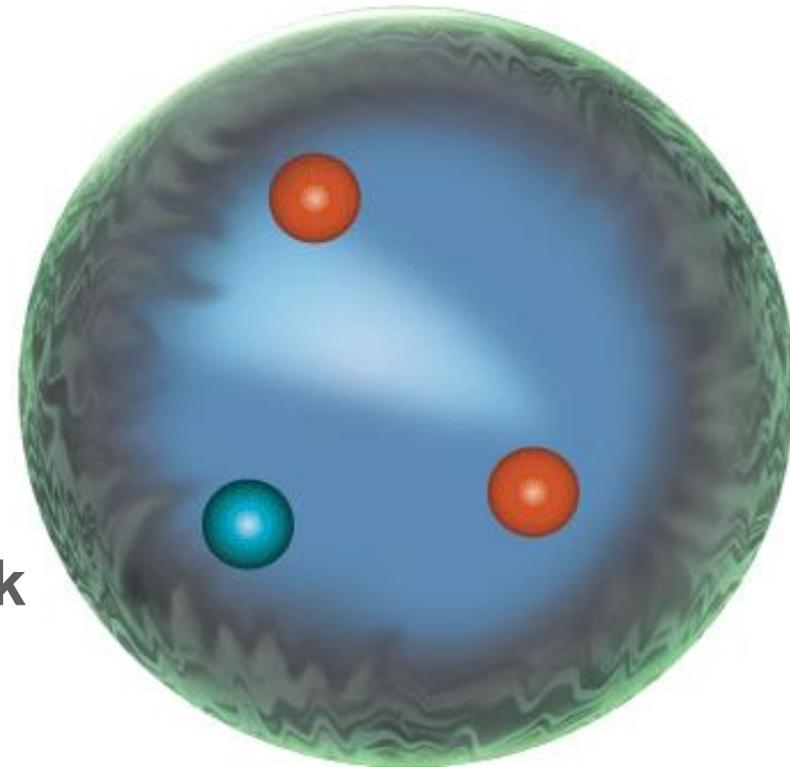
Des protons et neutrons formés de 3 quarks...



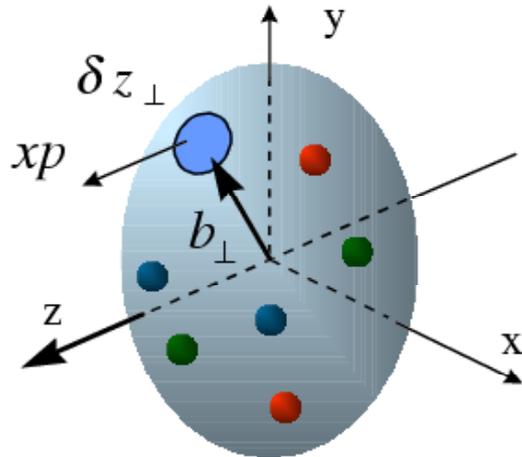
Calcul QCD sur réseau d'un nucléon

**De gluons
Et de paires de quark-antiquark**

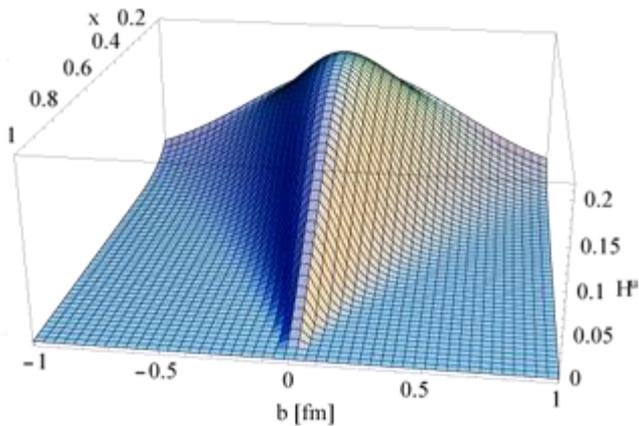
Vue d'artiste des 3 quarks lents et
des paires quark-antiquark



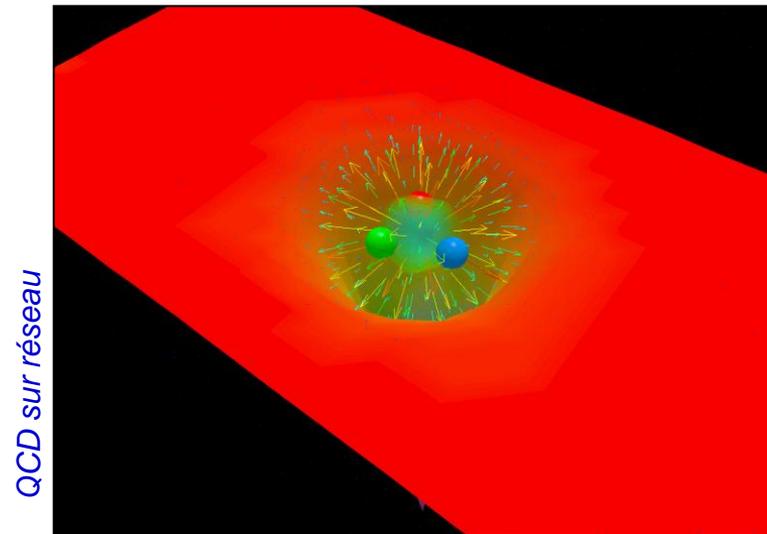
Structure du nucléon : électron-tomographie



- Diffusion d'électrons (muons)
 - Vitesse et position des quarks et gluons
- JLAB-CLAS12 (USA)
- CERN-Compass

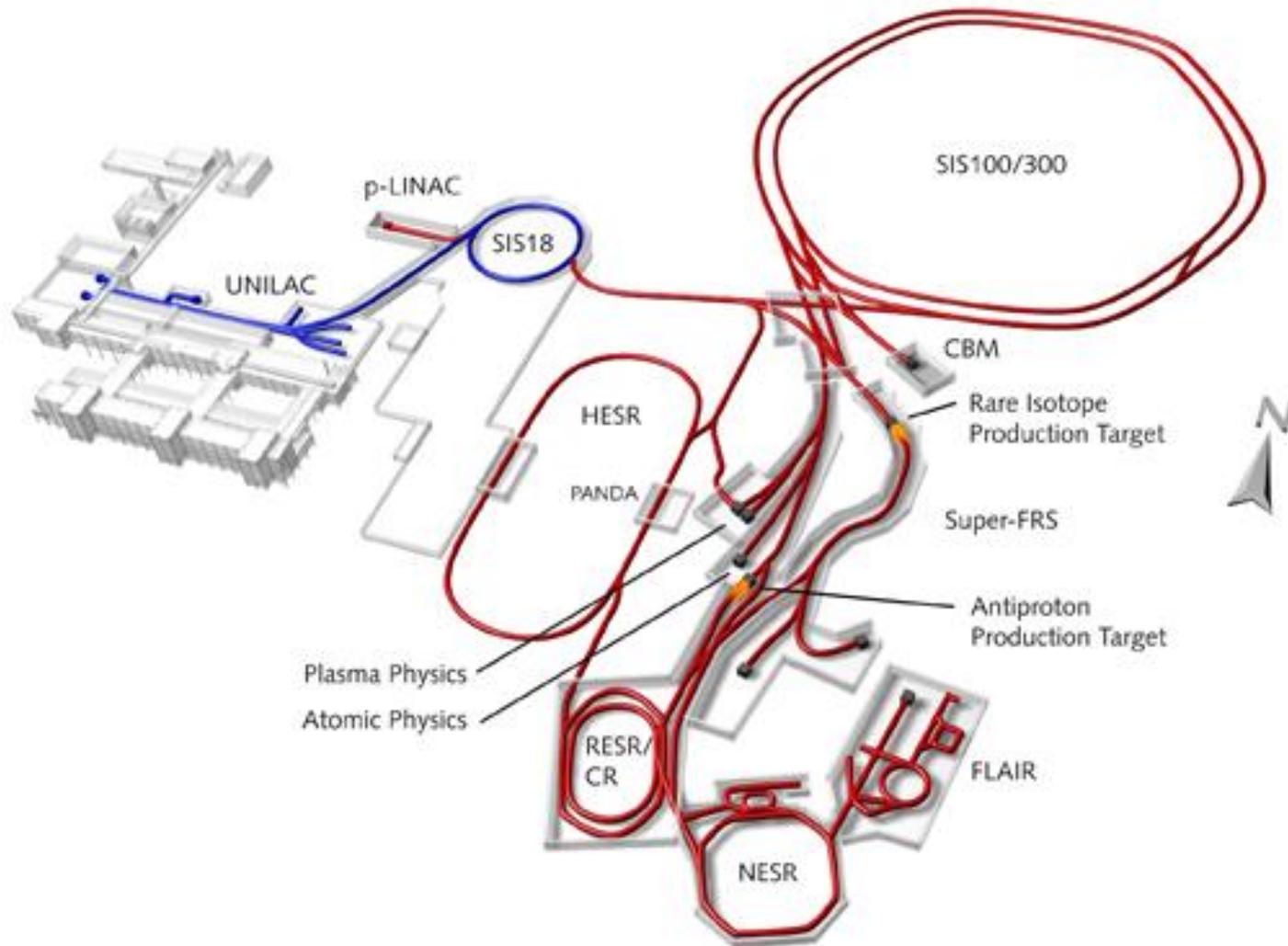


Distribution de quark up généralisée



Configurations à 3 quarks (de valence) dans le nucléon

Prochaine grande machine FAIR (Darmstadt)

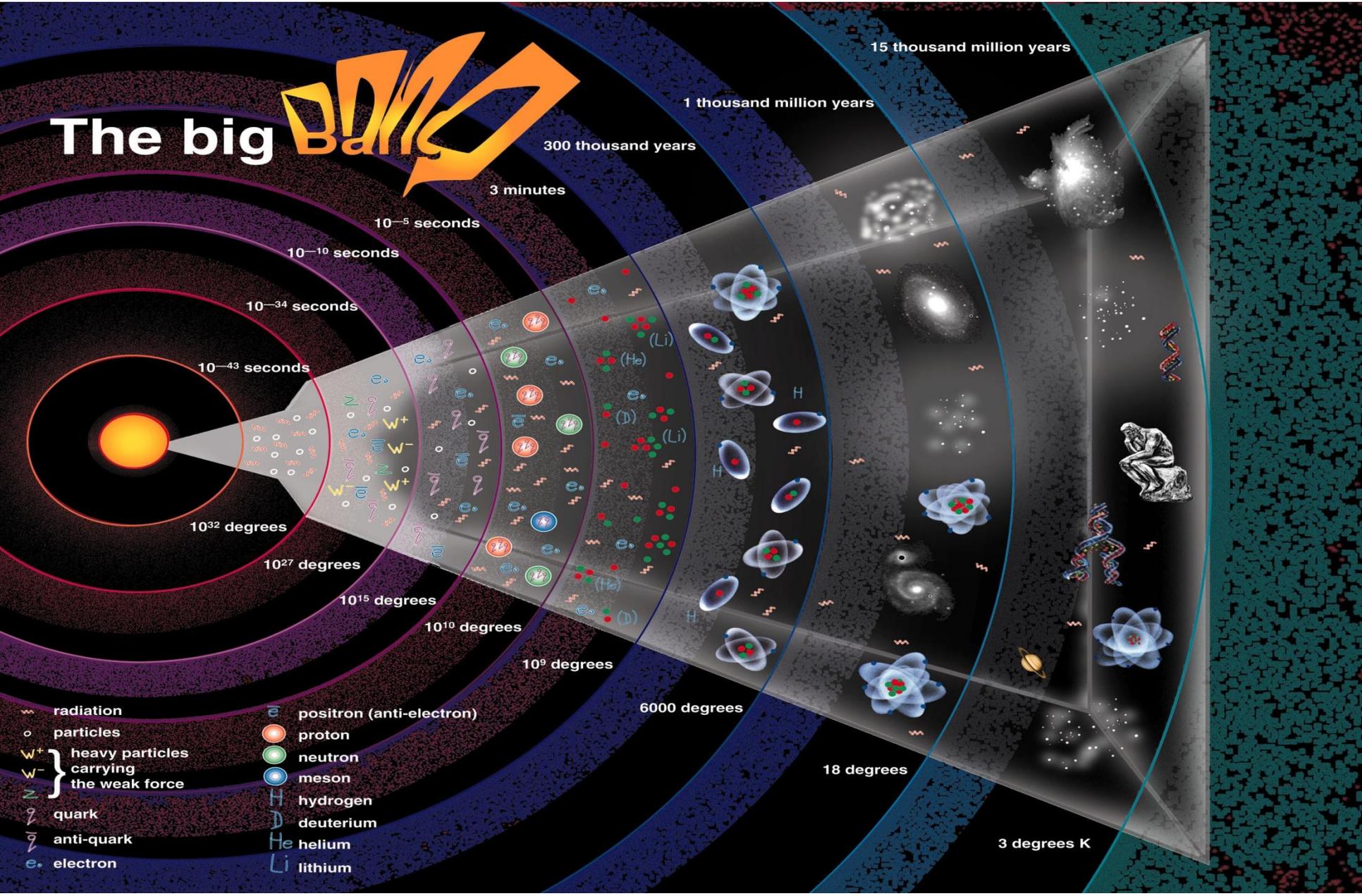


Prochaine grande machine FAIR (Darmstadt)





The big Bang



- radiation
- particles
- W^+ } heavy particles carrying the weak force
- W^- }
- q quark
- \bar{q} anti-quark
- e^- electron

- e^+ positron (anti-electron)
- proton
- neutron
- meson
- H hydrogen
- D deuterium
- He helium
- Li lithium

15 thousand million years

1 thousand million years

300 thousand years

3 minutes

10^{-5} seconds

10^{-10} seconds

10^{-34} seconds

10^{-43} seconds

10^{32} degrees

10^{27} degrees

10^{15} degrees

10^{10} degrees

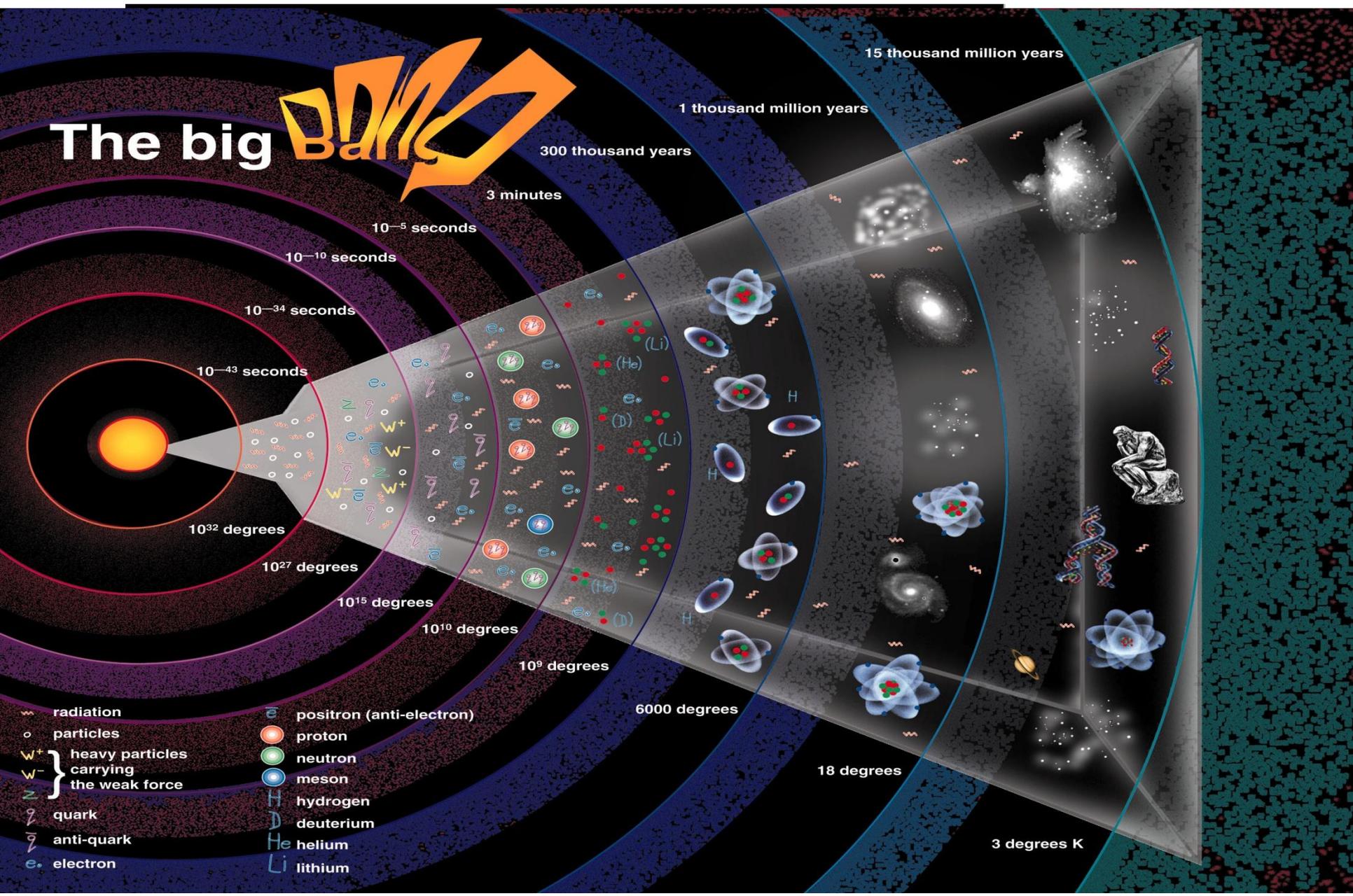
10^9 degrees

6000 degrees

18 degrees

3 degrees K

4) Comment les noyaux sont-ils créés ?



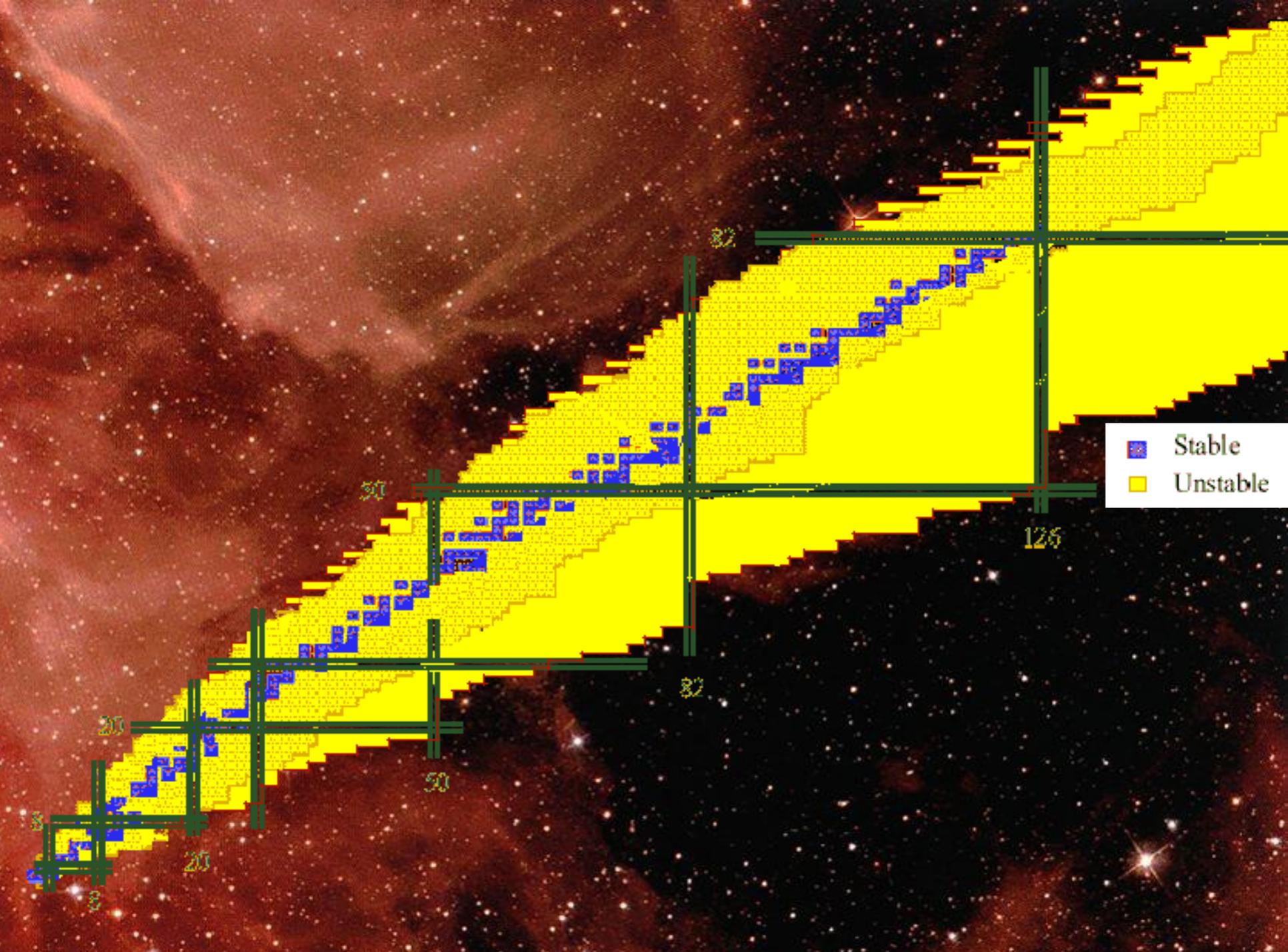




Noyaux exotiques

Les chemins des
étoiles

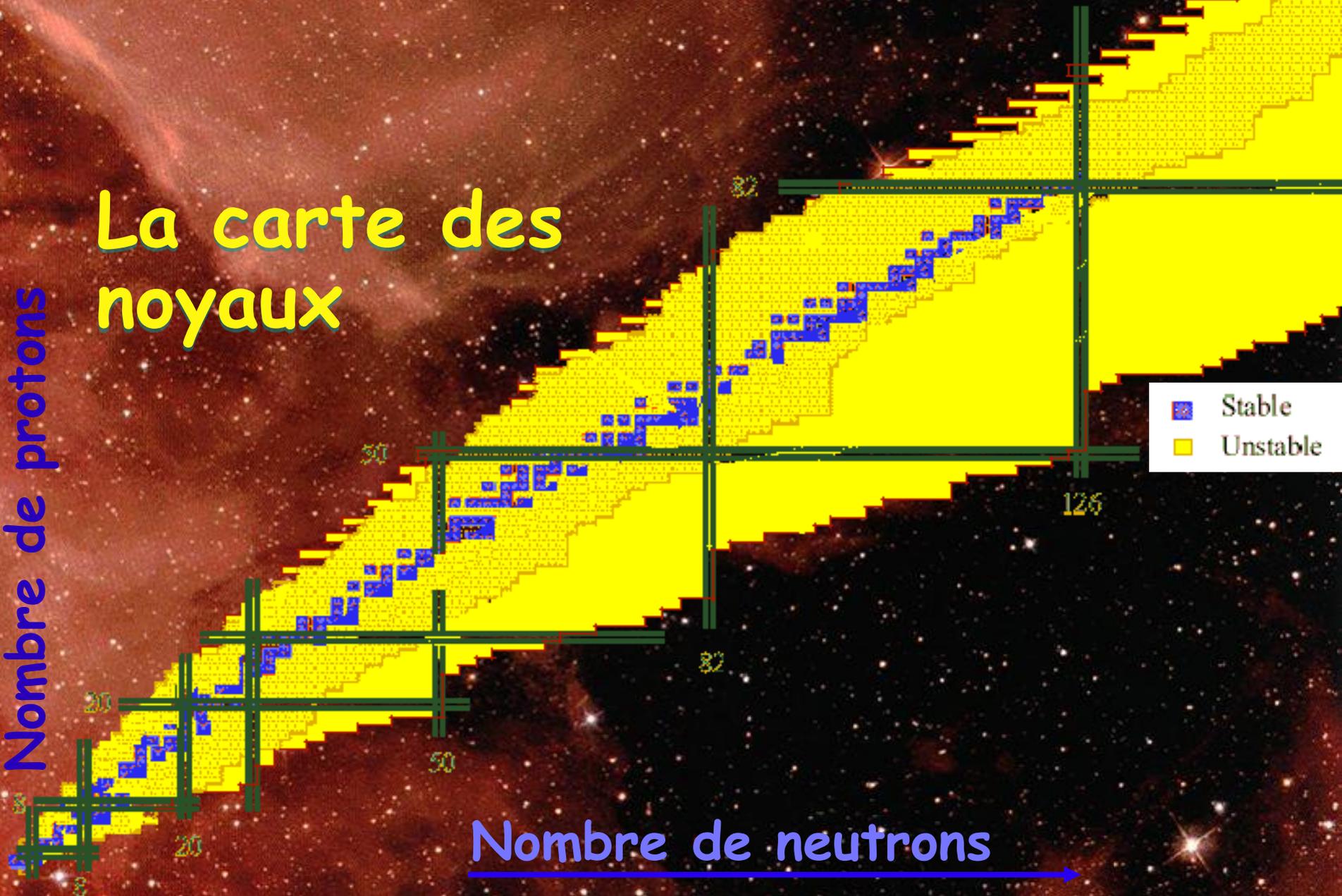




Stable
Unstable

La carte des noyaux

Nombre de protons

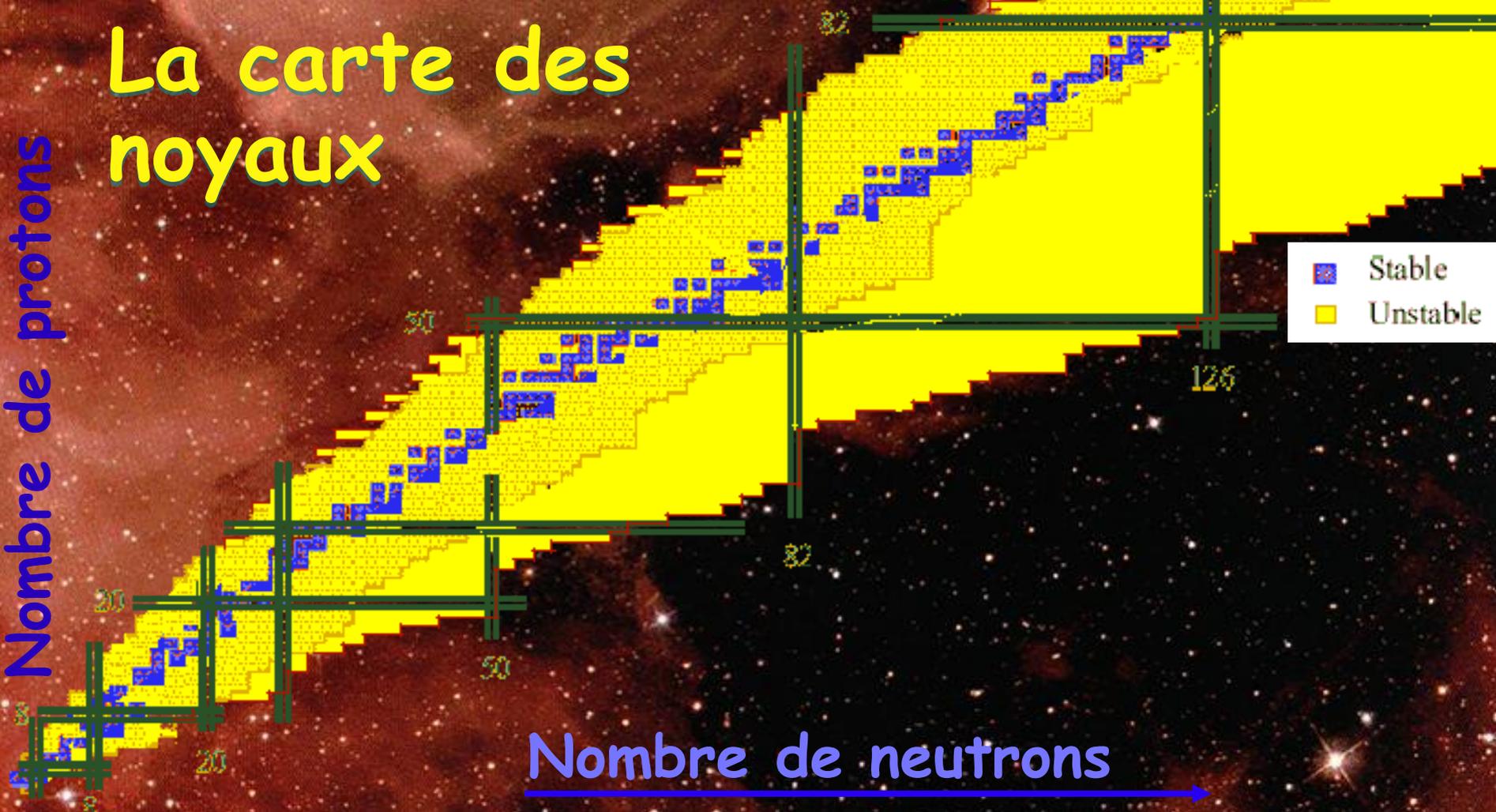


Nombre de neutrons

Les chemins de la Nucléosynthèse

La carte des noyaux

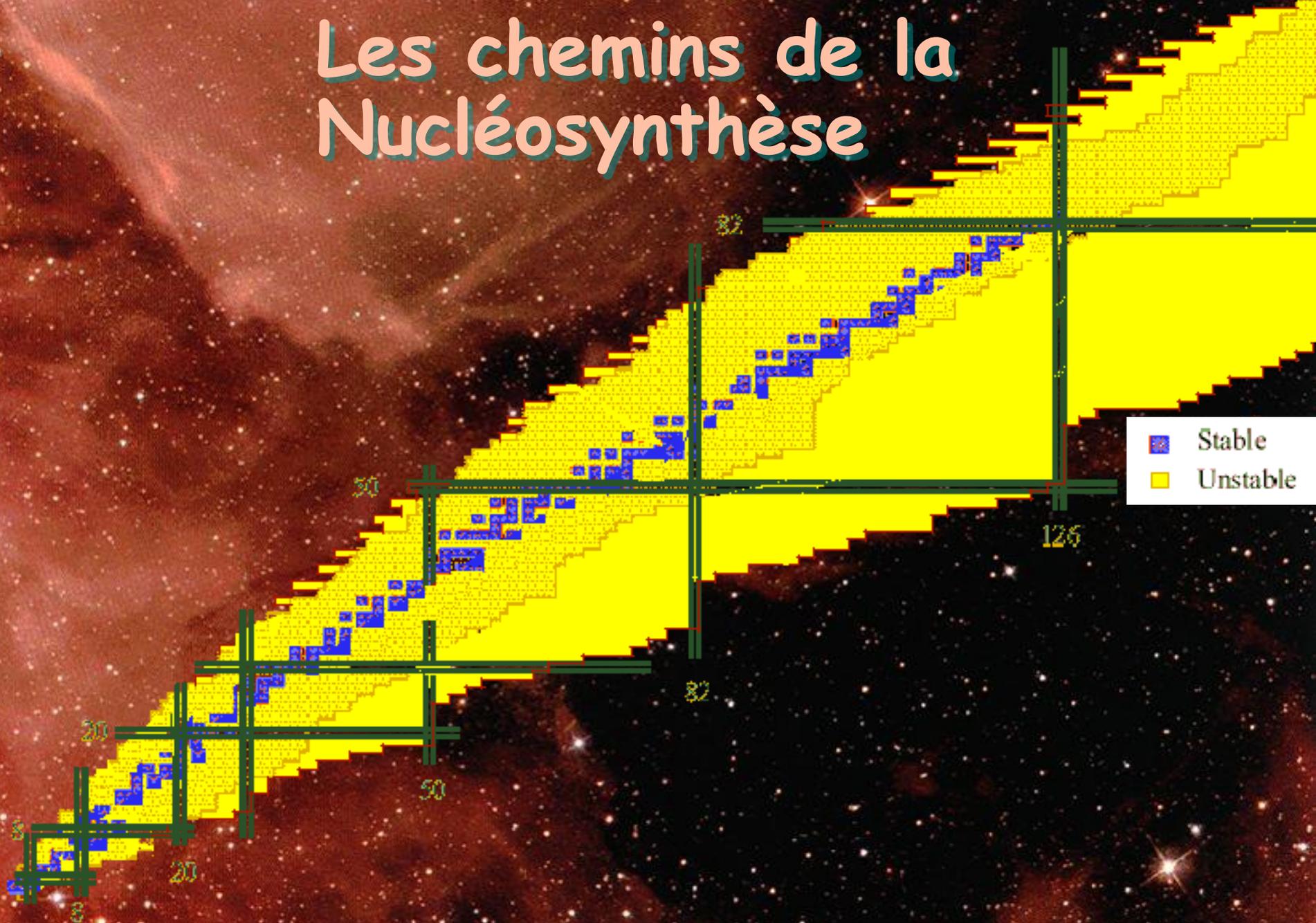
Nombre de protons



Stable
Unstable

Nombre de neutrons

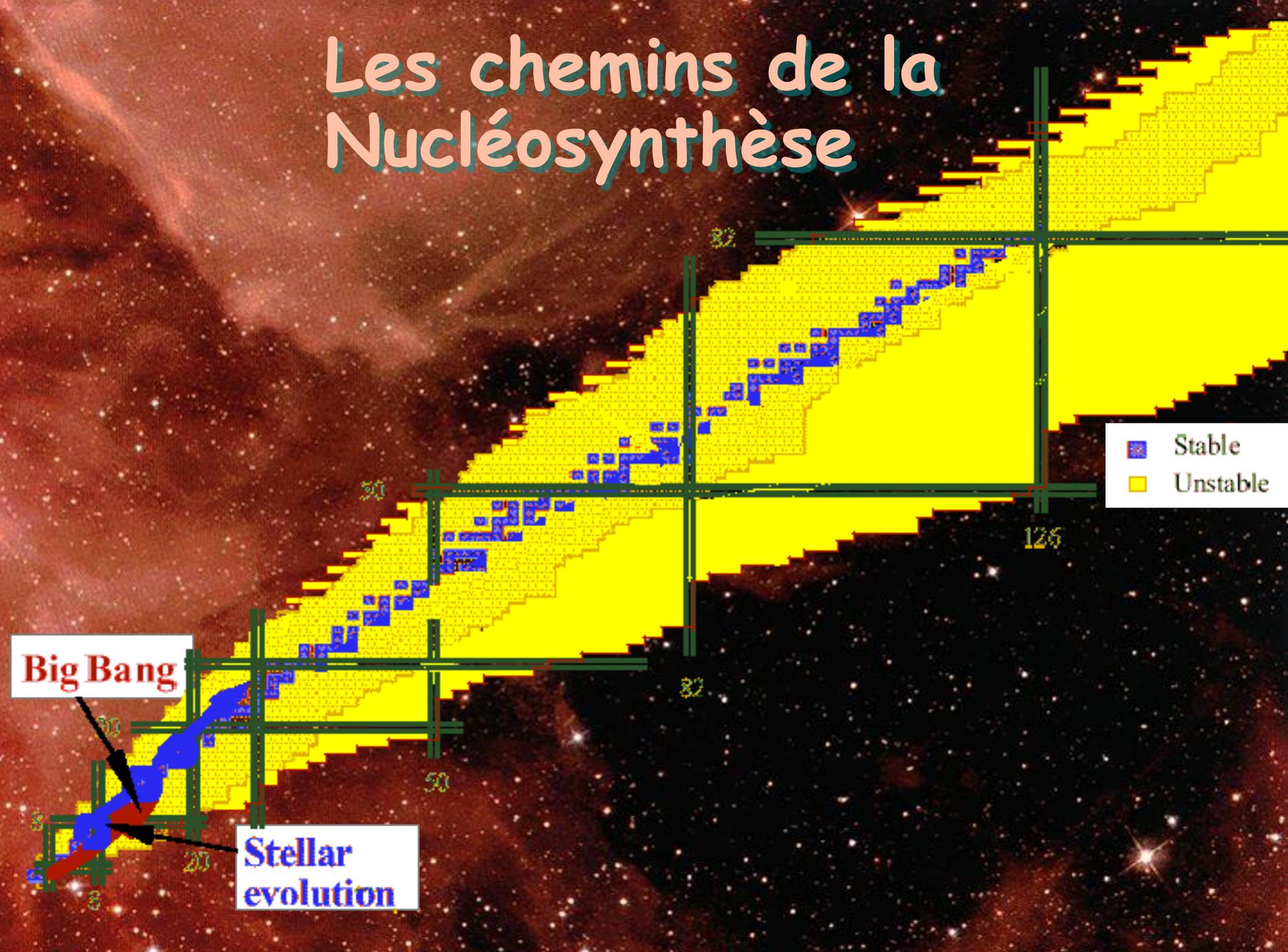
Les chemins de la Nucléosynthèse



Les chemins de la Nucléosynthèse



Les chemins de la Nucléosynthèse

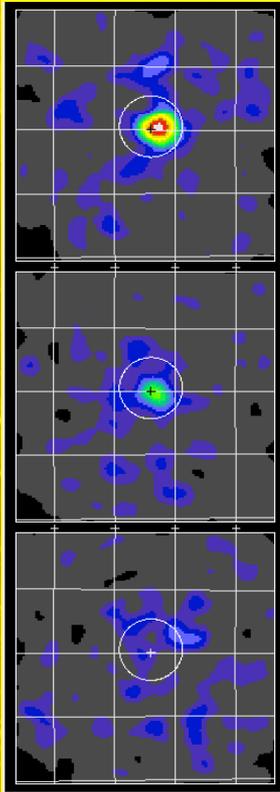


Big Bang

Stellar evolution

Stable
Unstable

Les chemins de la Nucléosynthèse

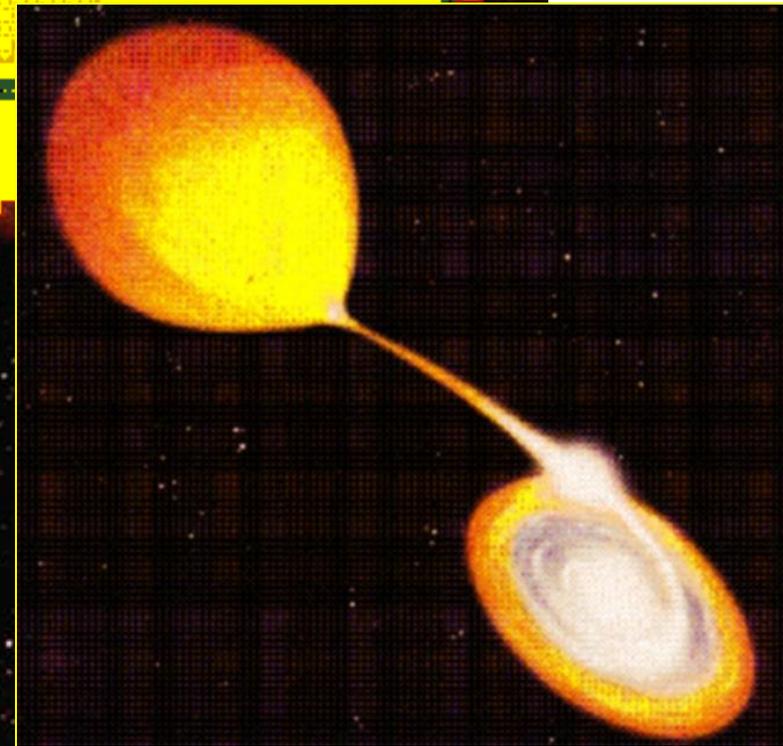


X-ray Burster

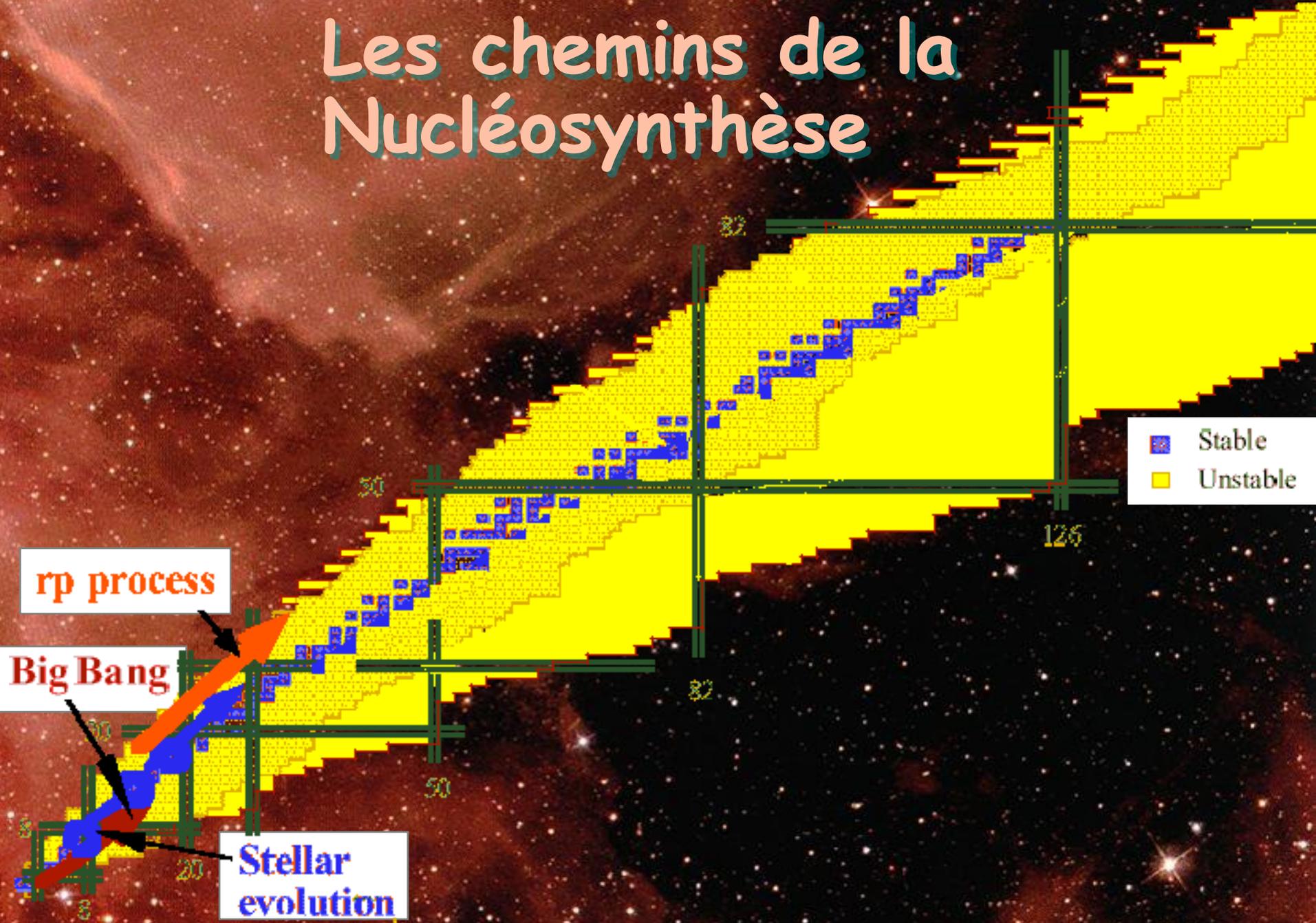
rp process

Big Bang

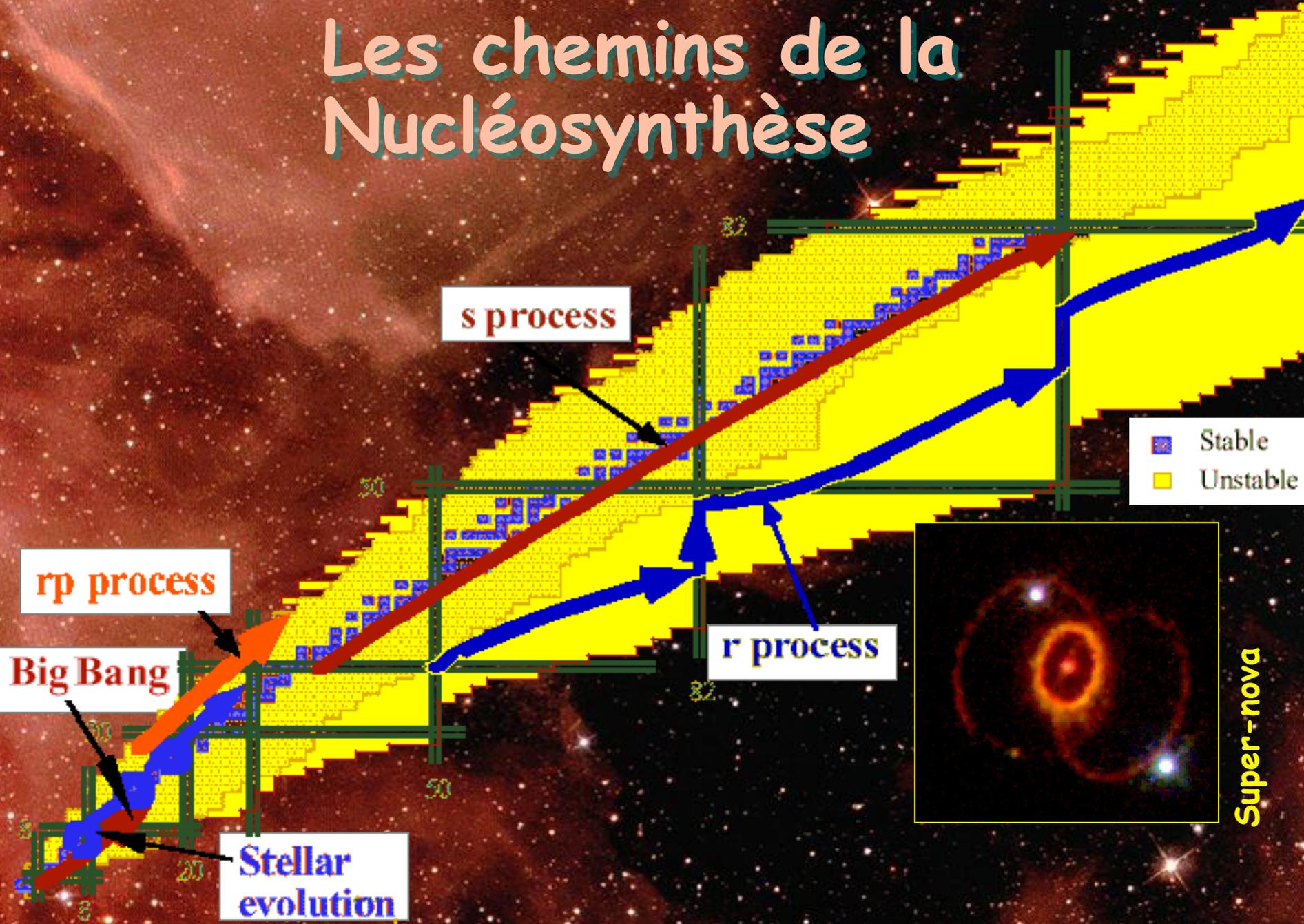
Stellar evolution



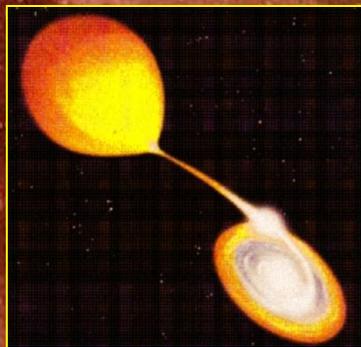
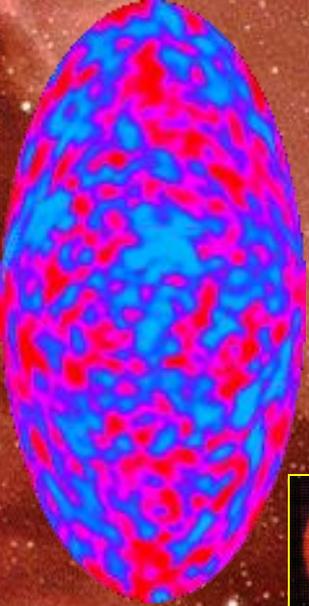
Les chemins de la Nucléosynthèse



Les chemins de la Nucléosynthèse



Les chemins de la Nucléosynthèse



s process

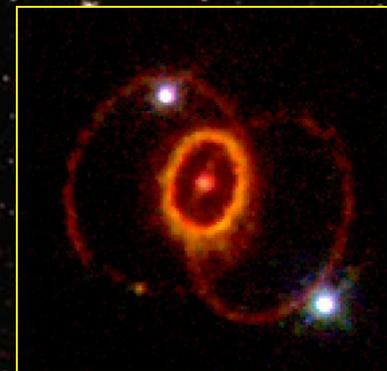
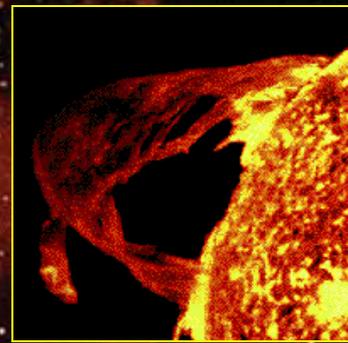
rp process

Big Bang

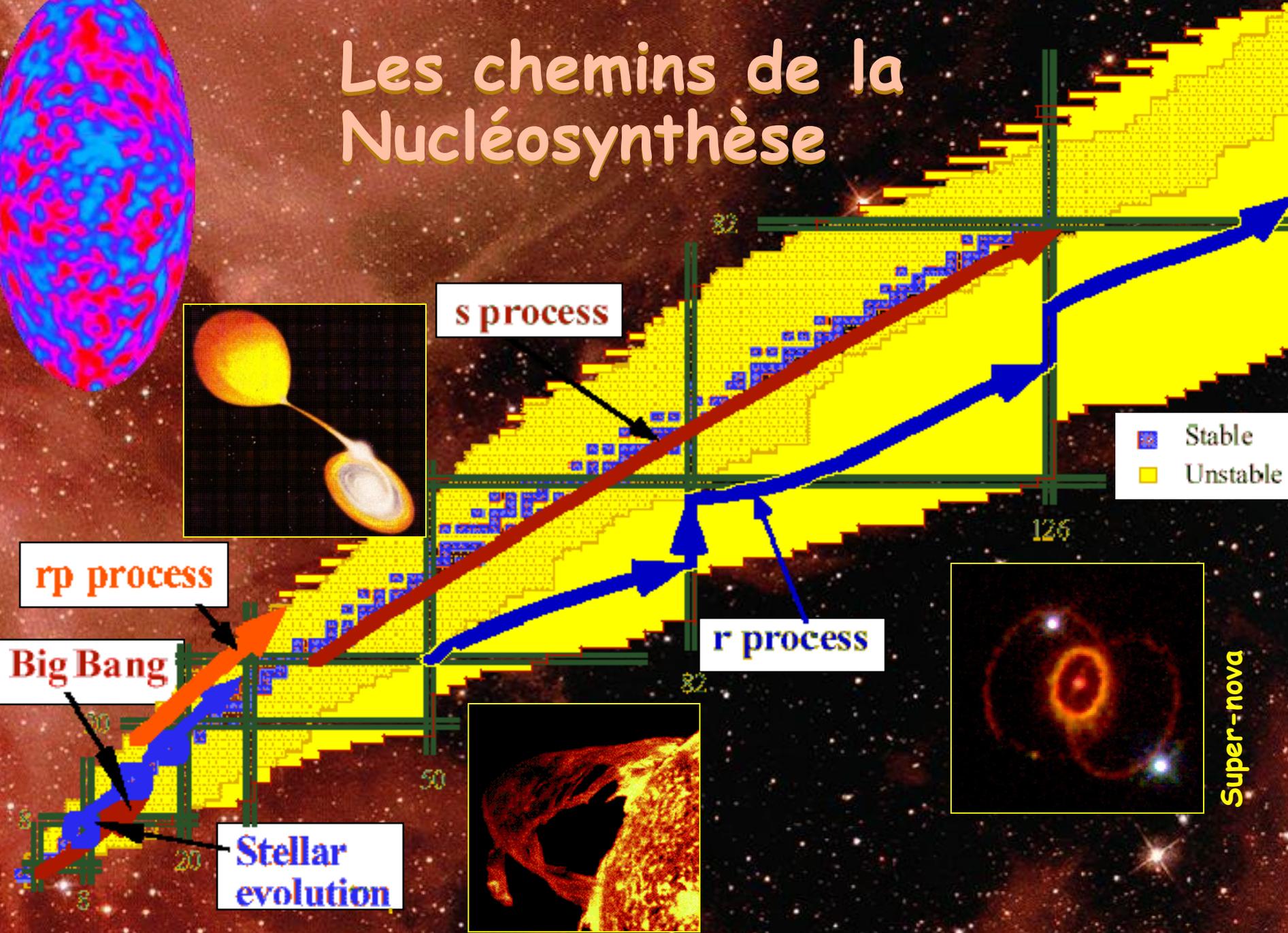
Stellar evolution

r process

Stable
Unstable



Super-nova



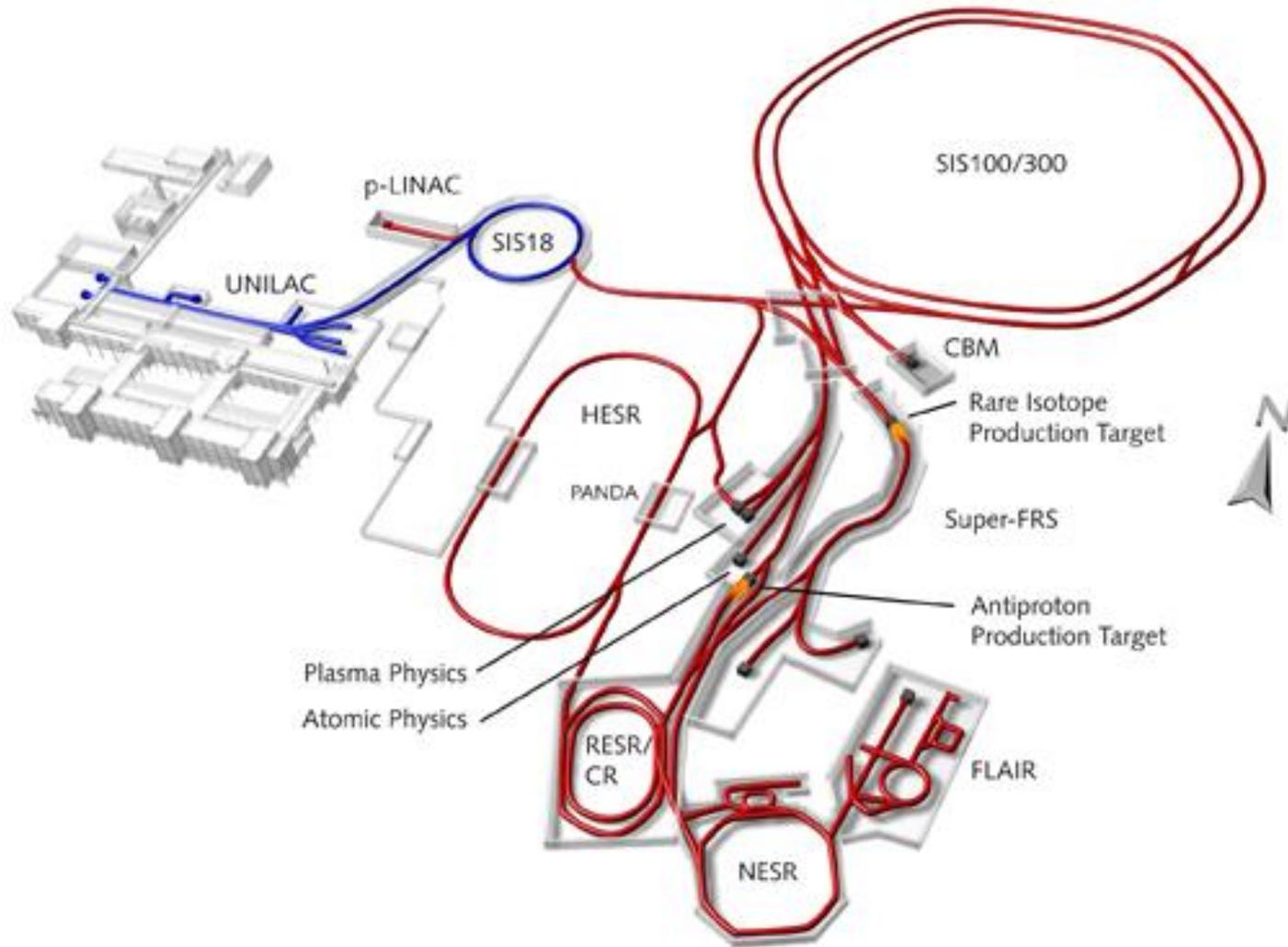
Prochaine grande machine SPIRAL2-GANIL (Caen)



Spiral2

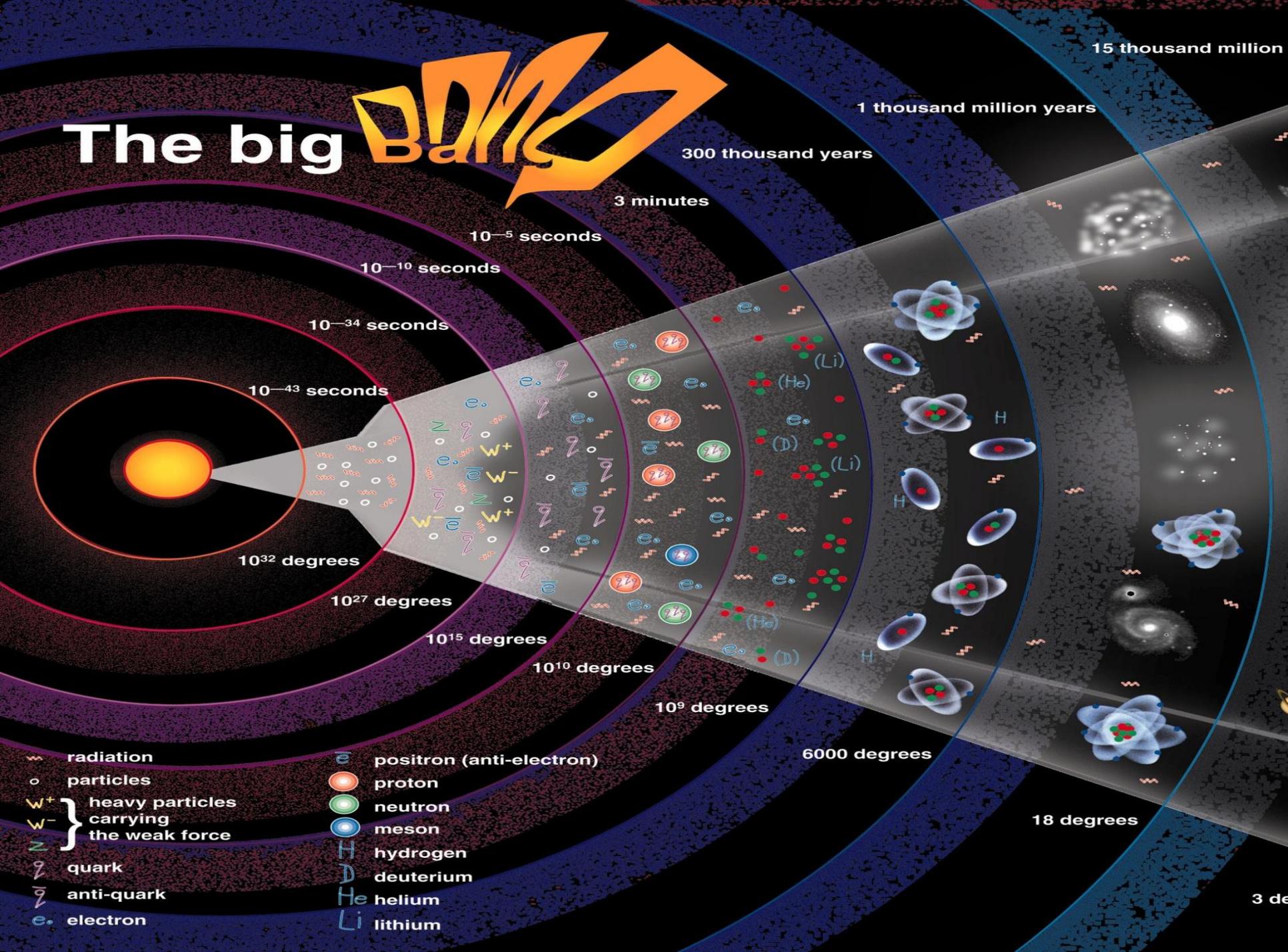


Prochaine grande machine FAIR (Darmstadt)





The big Bang



15 thousand million

1 thousand million years

300 thousand years

3 minutes

10^{-5} seconds

10^{-10} seconds

10^{-34} seconds

10^{-43} seconds

10^{32} degrees

10^{27} degrees

10^{15} degrees

10^{10} degrees

10^9 degrees

6000 degrees

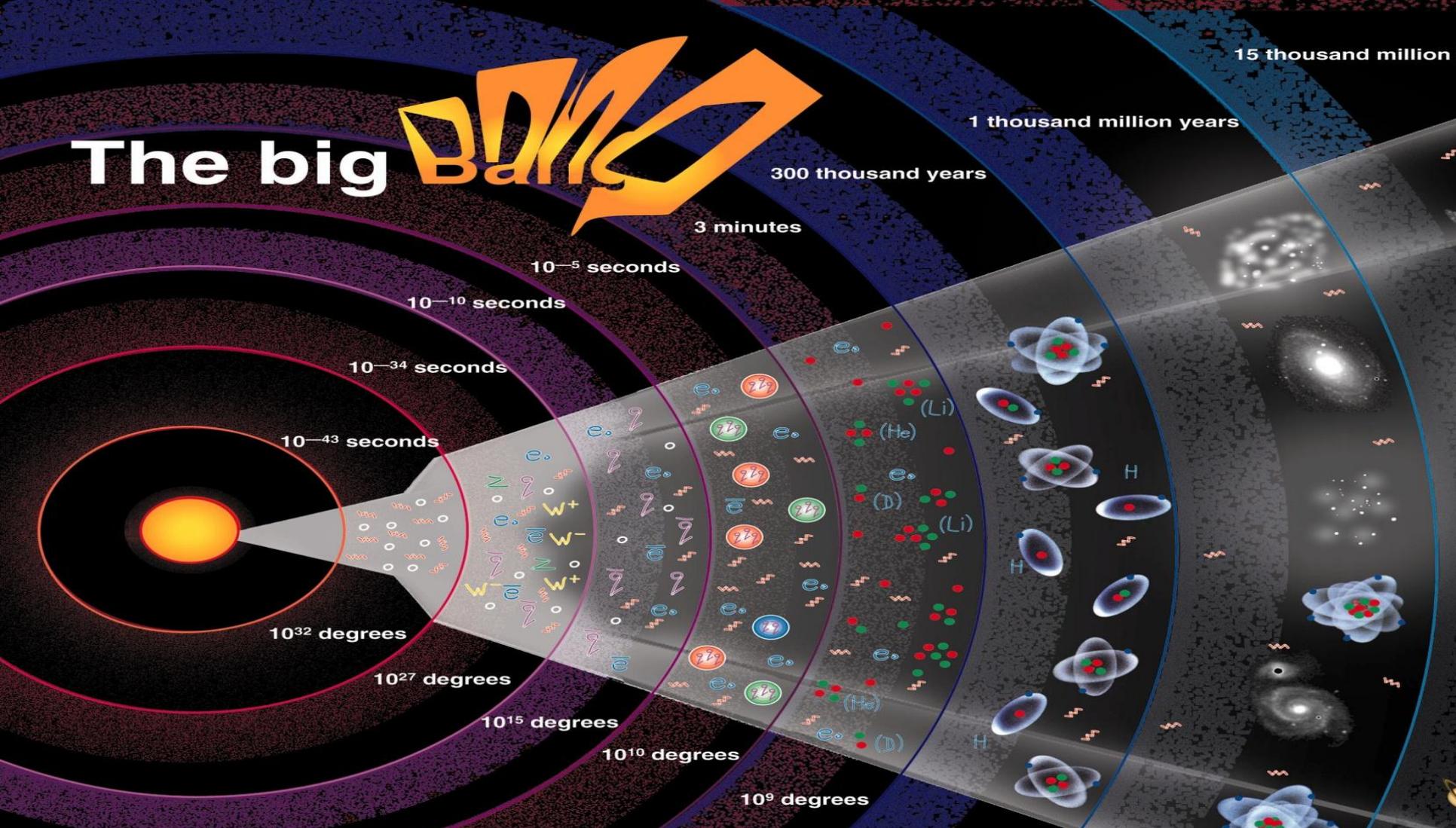
18 degrees

3 de

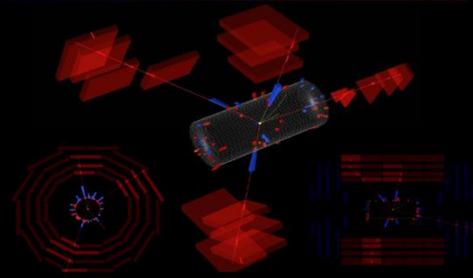
- ~ radiation
- o particles
- W⁺ } heavy particles carrying the weak force
- W⁻ }
- Z } heavy particles carrying the weak force
- q quark
- q̄ anti-quark
- e⁻ electron

- e⁺ positron (anti-electron)
- p proton
- n neutron
- m meson
- H hydrogen
- D deuterium
- He helium
- Li lithium

The big Bang



CMS : Le premier événement ZZ en 4μ



Premières collisions d'ions lourds au LHC

ALICE

Publié @ arXiv le 27.06.2015
 2015-11-06 11:29:52
 02 / 1020
 Page 1 / 27124
 Email : cms@cern.ch

CEA

Des protons et neutrons formés de 3 quarks...

Vue d'artiste des 3 quarks lents et des paires quark-anti-quark

Calcul QCD sur réseau d'un nucléon

De gluons
Et de paires de quark-anti-quark

CEA

Les chemins de la Nucleosynthèse

s process

rp process

Big Bang

Stellar evolution

r process

Stable

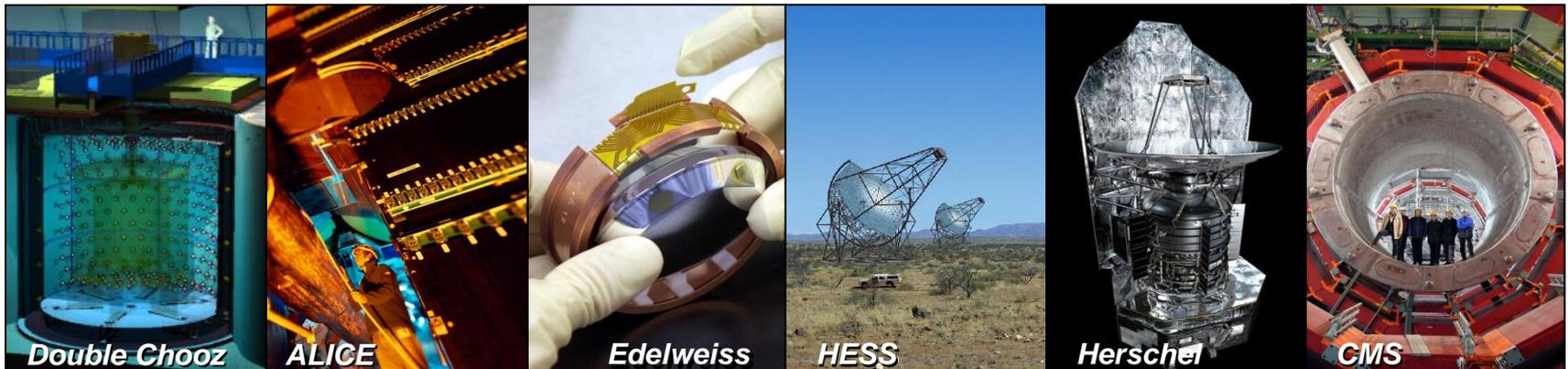
Unstable

Super-nova

CEA

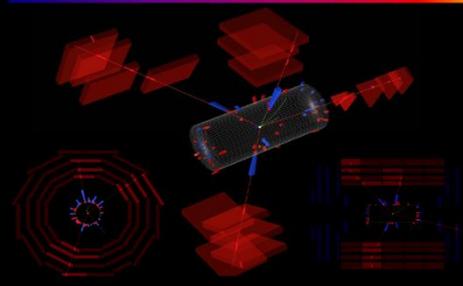
Les nouvelles frontières de la physique subatomique

Philippe CHOMAZ
Chef d'Institut



Detecting radiations from the Universe.

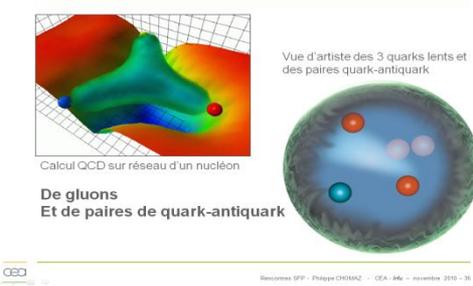
CMS : Le premier événement ZZ en 4L



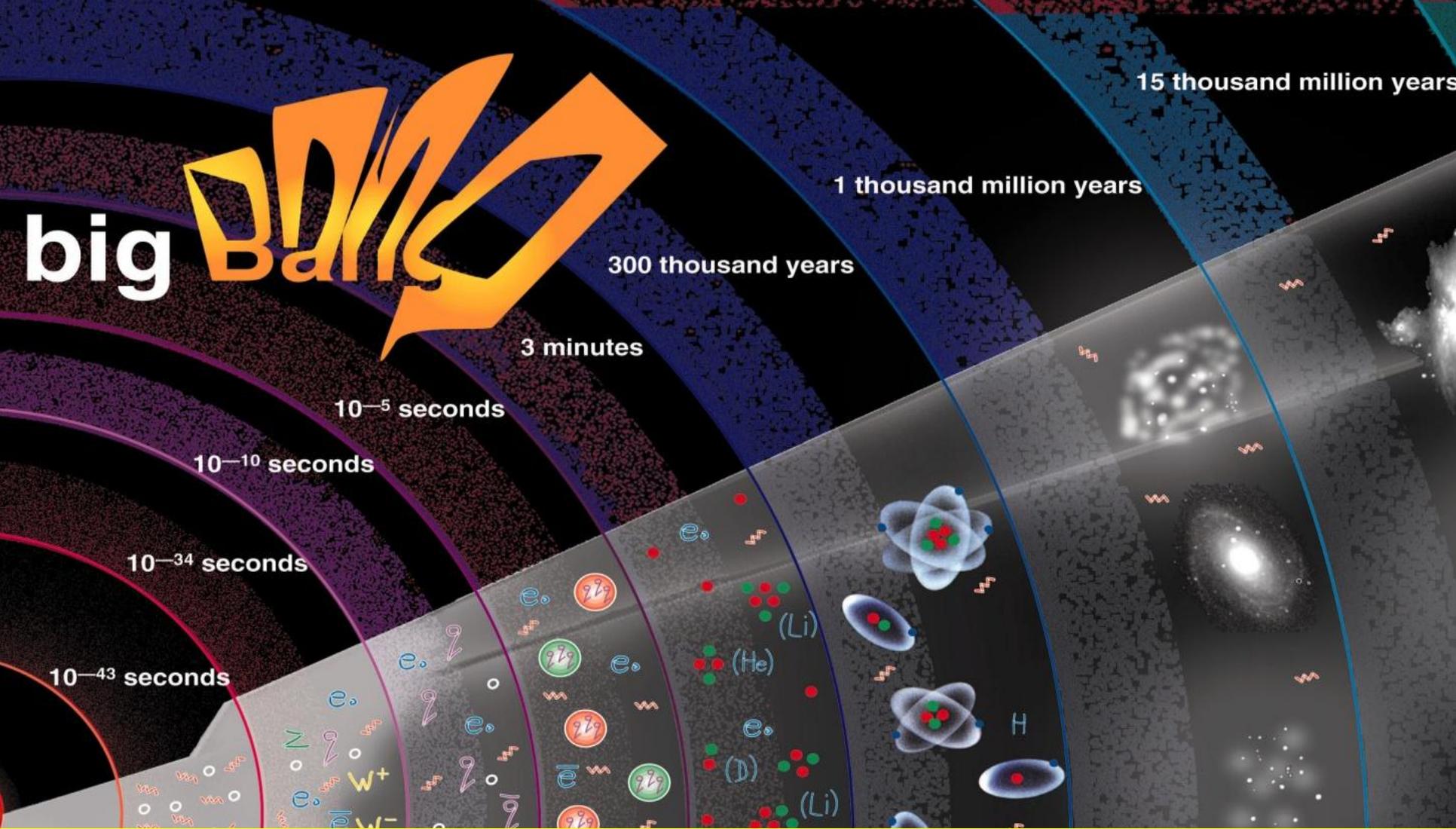
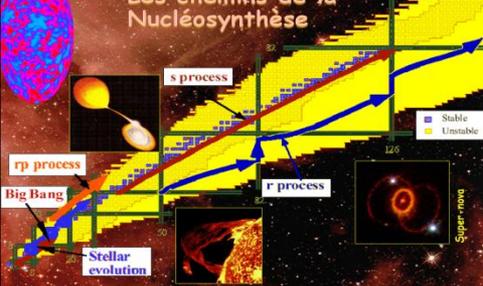
Premières collisions d'ions lourds au LHC



Des protons et neutrons formés de 3 quarks...



Les chemins de la Nucleosynthese



big Bang

10⁻⁵ seconds

10⁻¹⁰ seconds

10⁻³⁴ seconds

10⁻⁴³ seconds

3 minutes

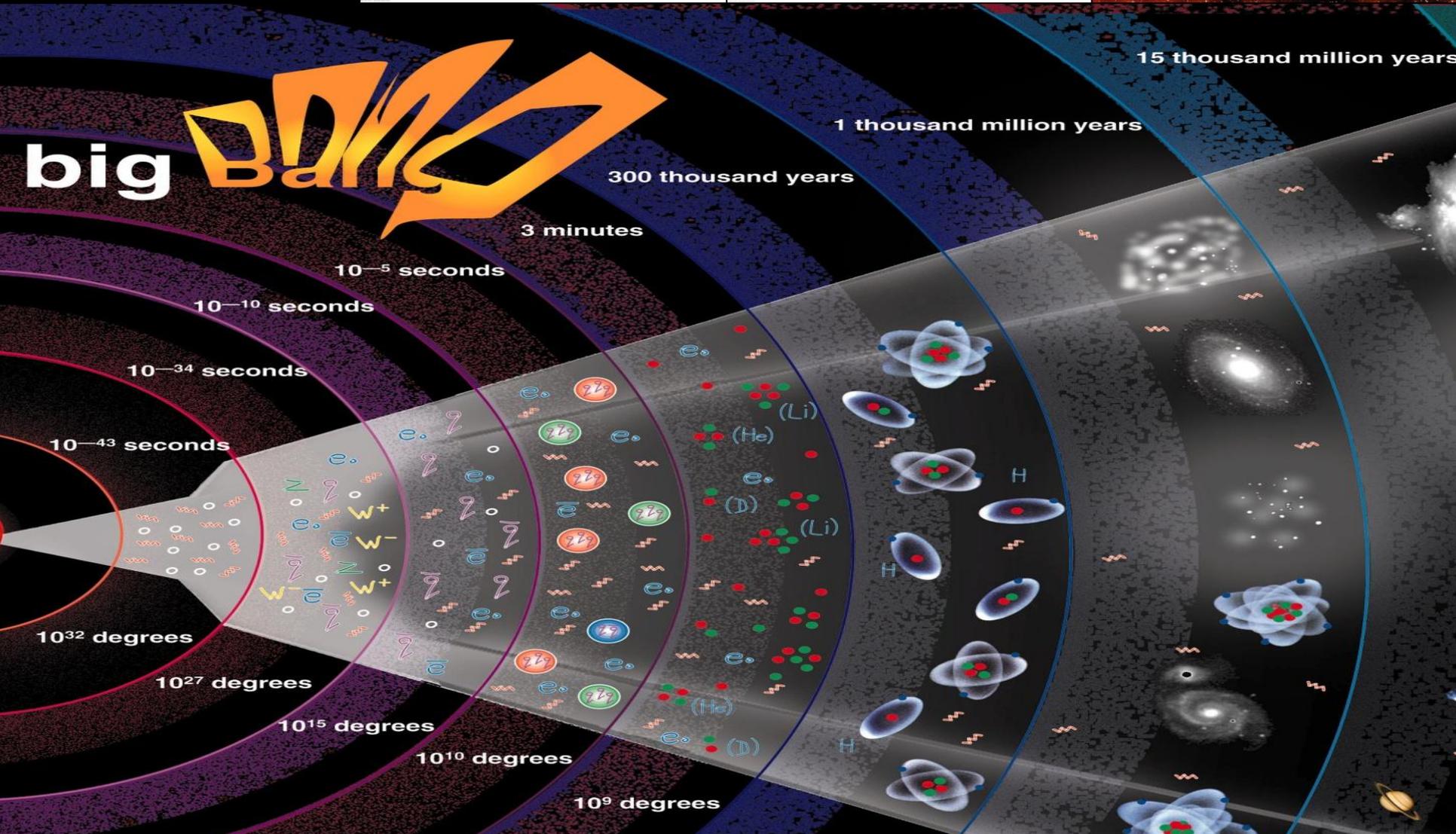
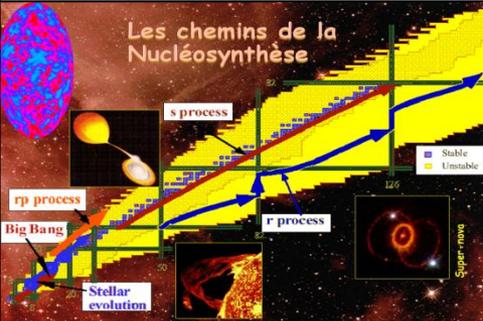
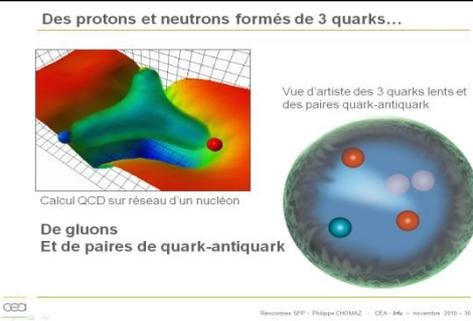
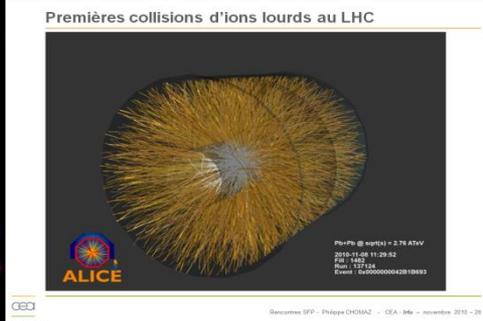
300 thousand years

1 thousand million years

15 thousand million years

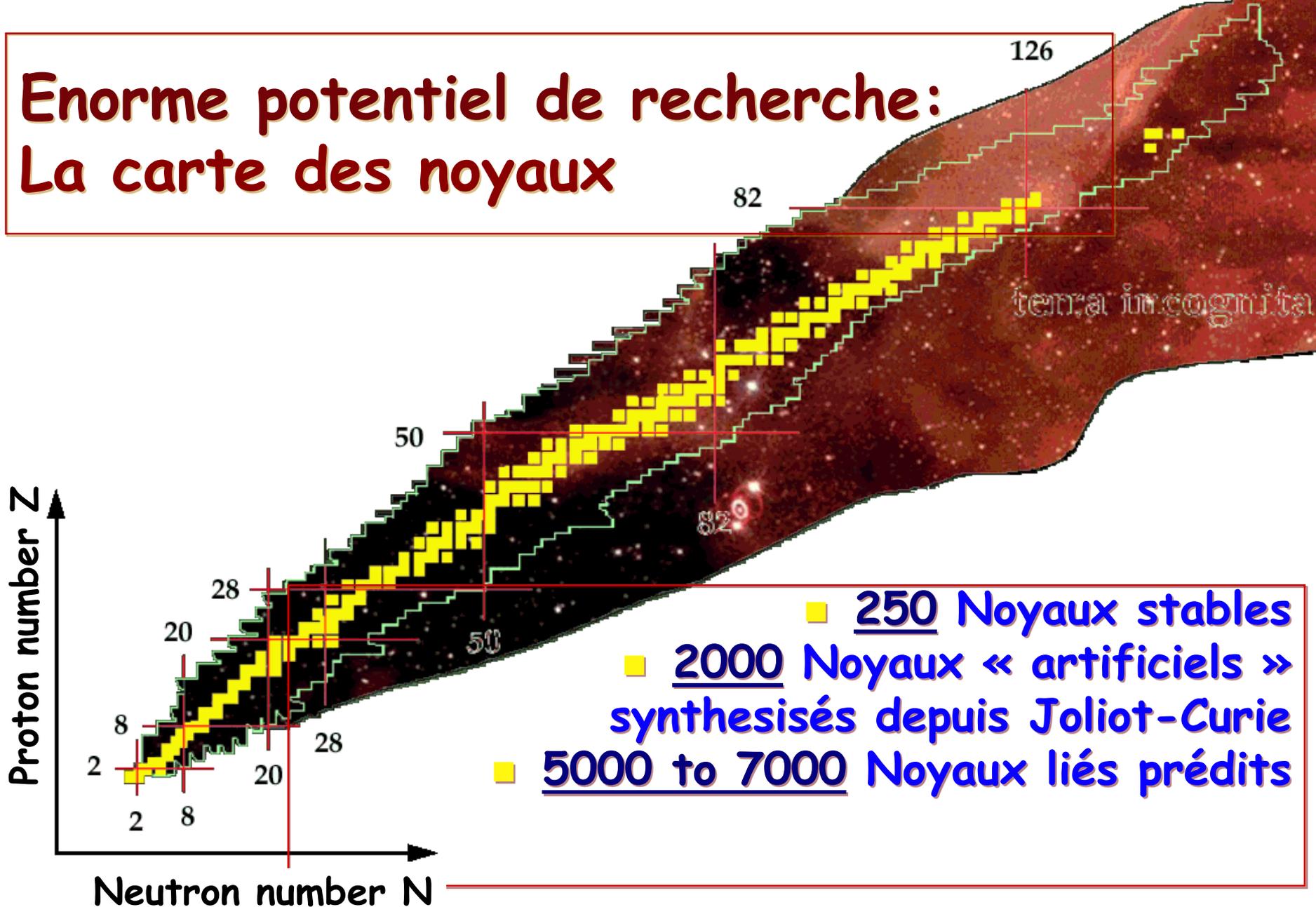
z, W+, e-, W-, p, n, q, anti-q, gluons

e-, (Li), (He), (D), (Li), H





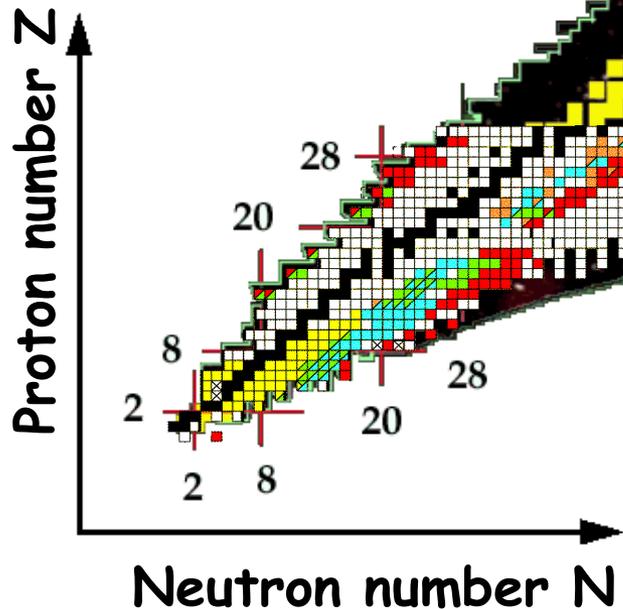
Enorme potentiel de recherche: La carte des noyaux



Découvertes GANIL

Noyaux exotiques

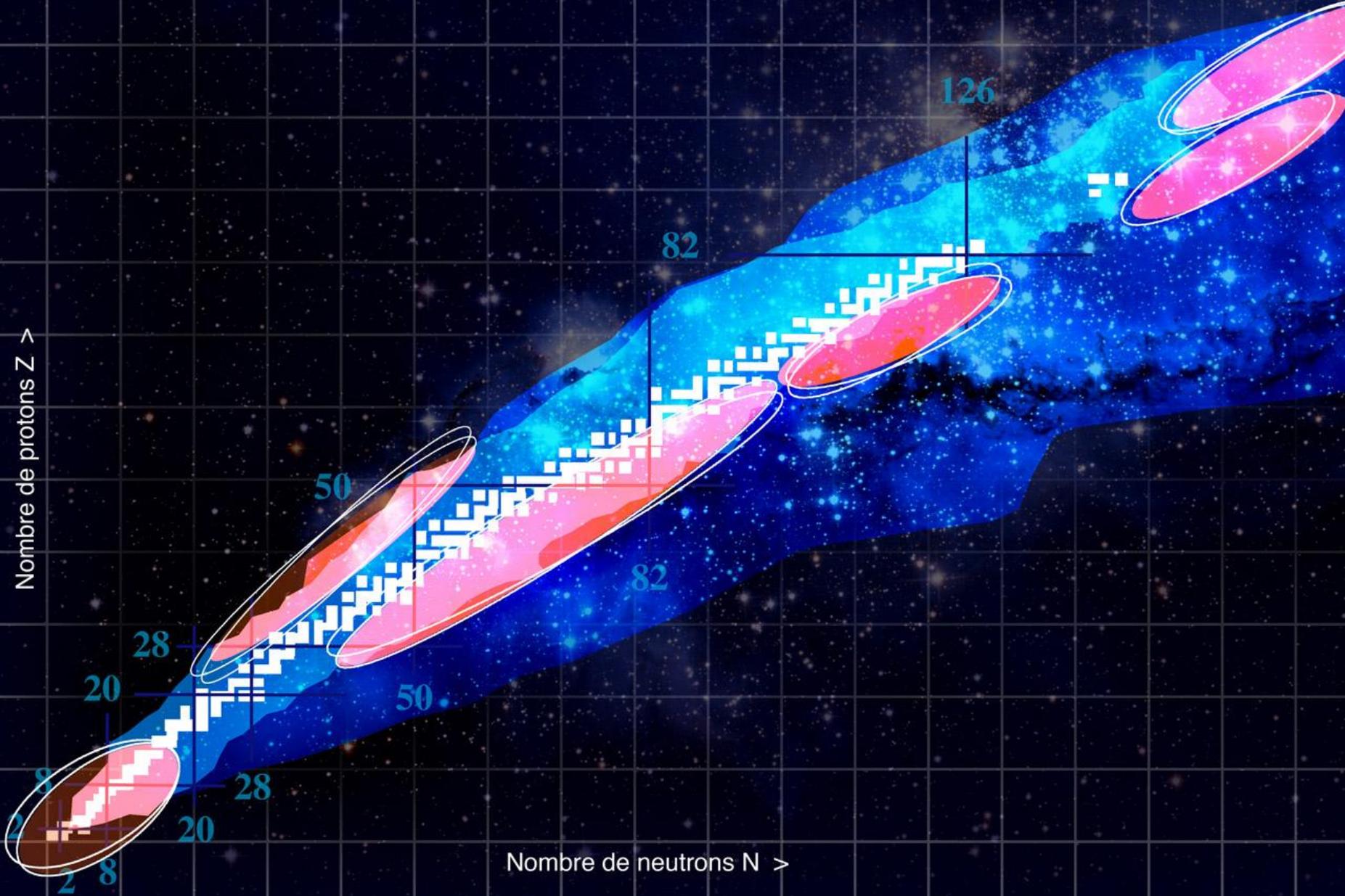
■ Noyaux légers



Resultats @ GANIL

- Noyaux nouveaux
- Nouvelles masses
- Nouvelles demi-vies
- Nouvelles tailles

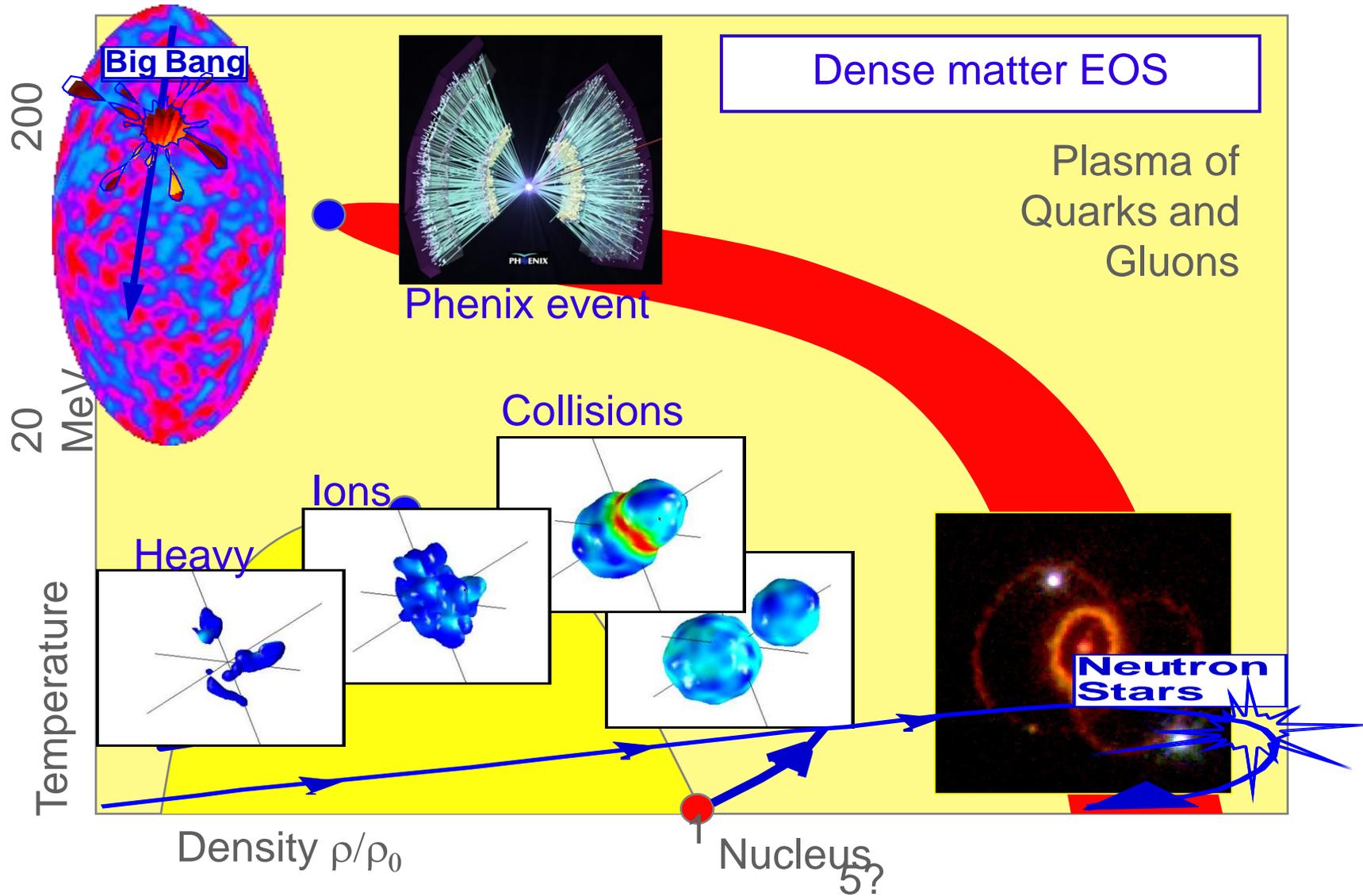




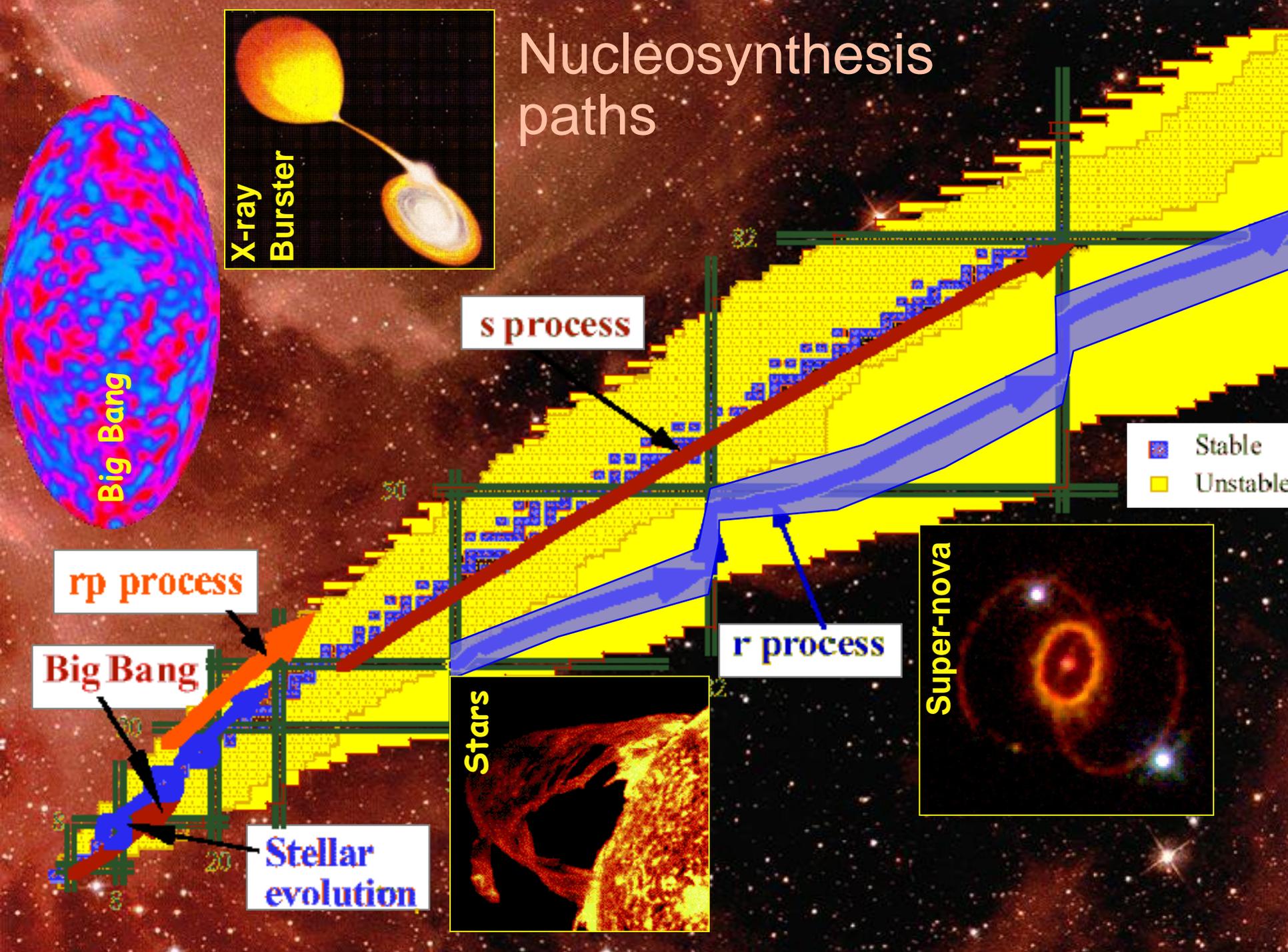
Spiral2



4) les propriétés de la matière dans les conditions extrêmes ?



Nucleosynthesis paths



X-ray
Burster

Big Bang

s process

Stable
Unstable

rp process

Big Bang

r process

Super-nova

Stellar
evolution

Stars