

Astrophysique nucléaire

Qui a fondé l'astrophysique nucléaire ?

① Un français

② Un anglais

③ Un américain

④ Un allemand

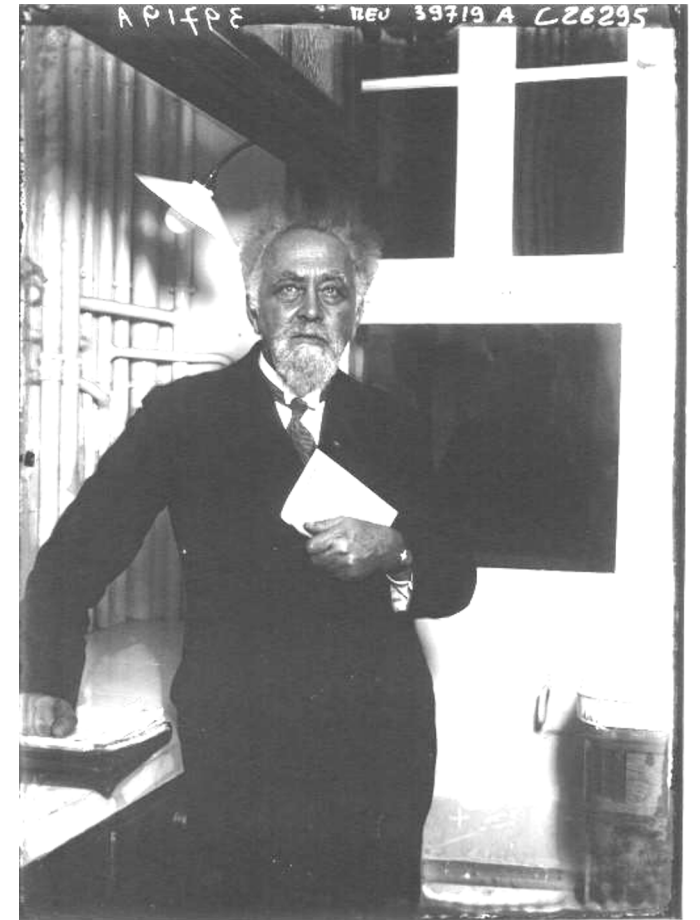
⑤ Un canadien

Jean Perrin propose, le premier, les réactions nucléaires pour expliquer l'énergie générée par le soleil

Il semble que nous pouvons lever la difficulté. Imaginons que les poussières minuscules ou les molécules isolées qui forment la nébuleuse primitive soient constituées par des atomes légers tels que ceux d'hydrogène, de nébularium ou d'hélium. En se heurtant les uns contre les autres avec les grandes vitesses qu'elles avaient peut-être déjà en venant du large, ou qu'elles prennent en tombant vers le centre de la nébuleuse, ces particules dégagent de la chaleur, et la température moyenne s'élève progressivement (1). Ainsi, d'une part, la nébuleuse se contractant, les conjonctions doivent devenir de plus en plus nombreuses entre atomes légers capables de se réunir en atomes lourds, et, d'autre part, la température s'élevant, l'intensité des radiations qui peuvent déterminer ces réunions va en croissant. Pour cette double raison, la formation d'atomes lourds devient notable, puis de plus en plus importante, s'accompagnant de rayons ultra X qui, pour la plus grande part, ne sortent pas de l'astre dont la température devient colossale : l'étoile s'est allumée.

Origine de la chaleur solaire
Annales de Physique, 1919
Tome XI

Profs au **GANIL**



Qui est le premier à avoir calculé l'origine de l'énergie du Soleil ?

① Un français

② Un anglais

③ Un américain

④ Un allemand

⑤ Un canadien

1938

Profs au **GANIL**

AUGUST 15, 1938

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 54

The Formation of Deuterons by Proton Combination

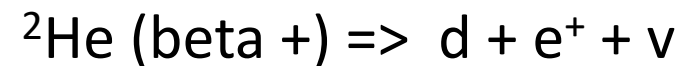
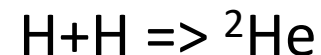
H. A. BETHE, *Cornell University, Ithaca, N. Y.*

AND

C. L. CRITCHFIELD, *George Washington University, Washington, D. C.*

(Received June 23, 1938)

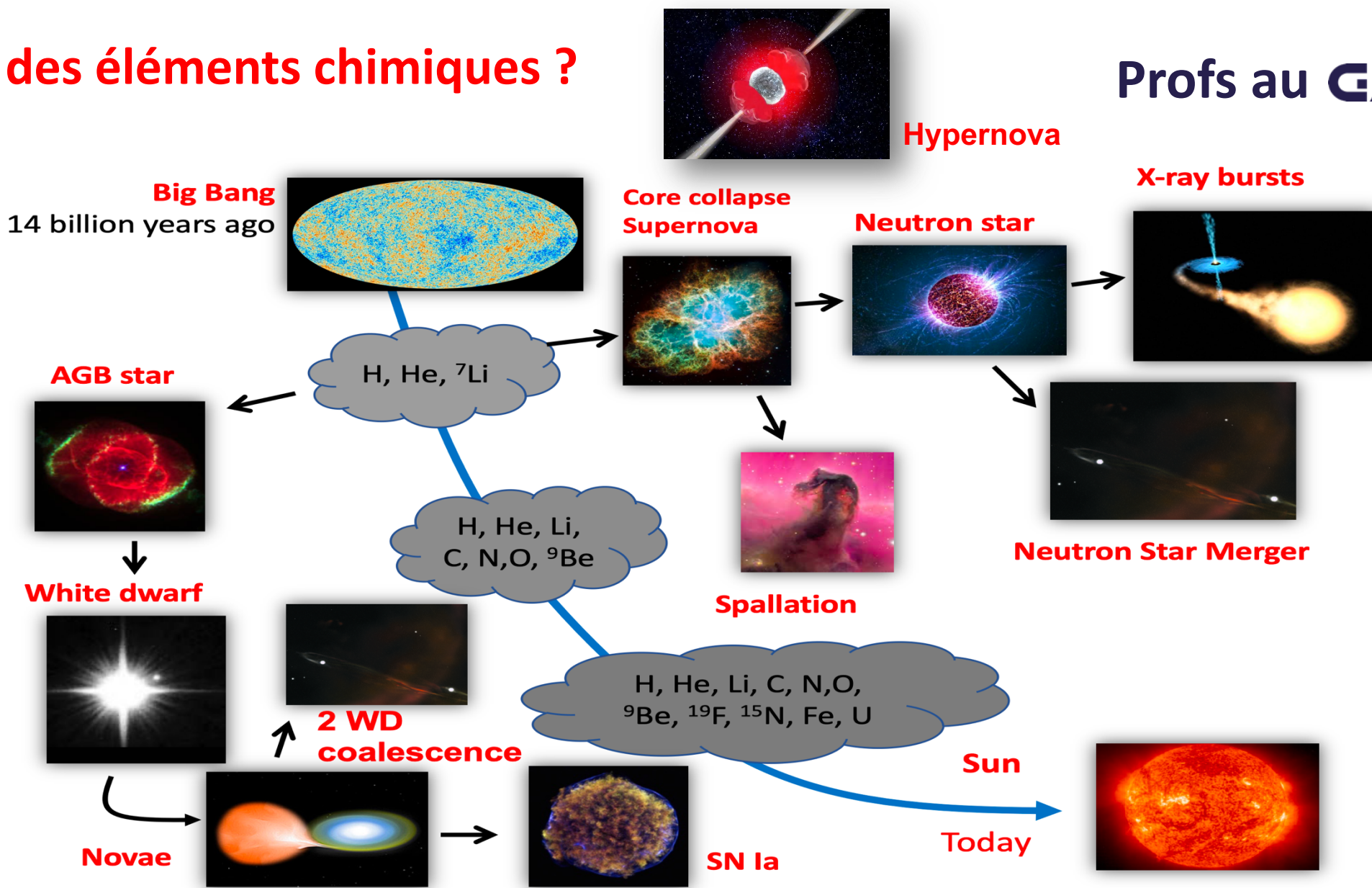
The probability of the astrophysically important reaction $H + H = D + e^+$ is calculated. For the probability of positron emission, Fermi's theory is used. The penetration of the protons through their mutual potential barrier, and the transition probability to the deuteron state, can be calculated exactly, using the known interaction between two protons. The energy evolution due to the reaction is about 2 ergs per gram per second under the conditions prevailing at the center of the sun (density 80, hydrogen content 35 percent by weight, temperature $2 \cdot 10^7$ degrees). This is almost but not quite sufficient to explain the observed average energy evolution of the sun (2 ergs/g sec.) because only a small part of the sun has high temperature and density. The reaction rate depends on the temperature approximately as $T^{3.5}$ for temperatures around $2 \cdot 10^7$ degrees.



Hans Bethe
(1906-2005)

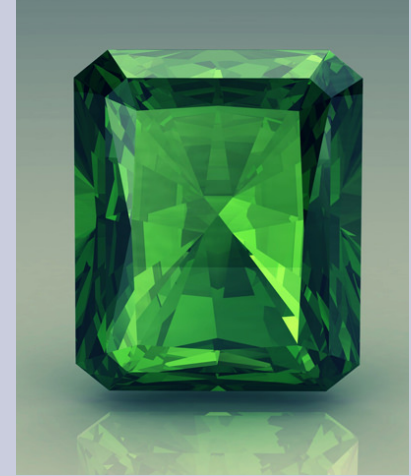
Origine des éléments chimiques ?

Profs au **GANIL**

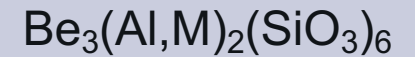


Qui a expliqué le mécanisme de formation du béryllium dans l'Univers ?

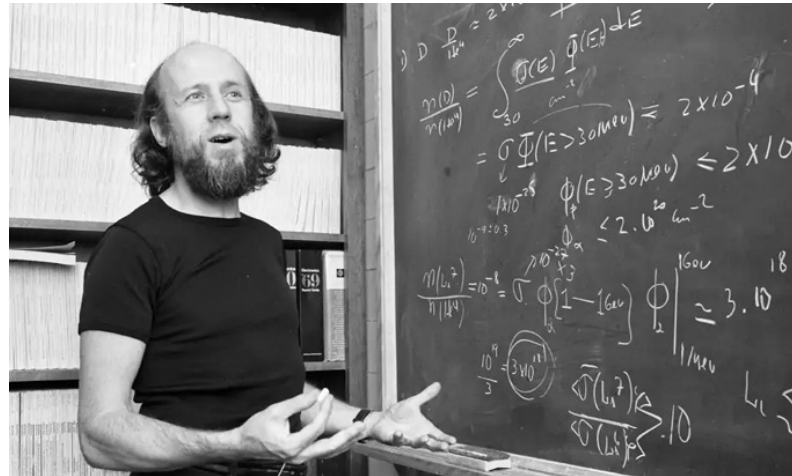
- ① Un français 0% 0 
- ② Un anglais 0% 0 
- ③ Un américain 0% 0 
- ④ Un allemand 0% 0 
- ⑤ Un canadien 0% 0 



émeraude



- Certains éléments légers (lithium, béryllium, bore) sont principalement produits par des **collisions (spallation)** entre noyaux atomiques.
- Protons + des noyaux de carbone et d'oxygène
- Particules accélérées = "rayons cosmiques".
- Elles proviennent de l'espace.



Hubert Reeves

PHOTO MICHEL GRAVEL, ARCHIVES LA PRESSE



Et le GANIL, qu'est-ce qu'on y fait ?

① Rien, on n'a pas de télescope

② Du ^{60}Fe

③ Du ^{22}Na

④ Du ^{18}F

⑤ Du ^8Li

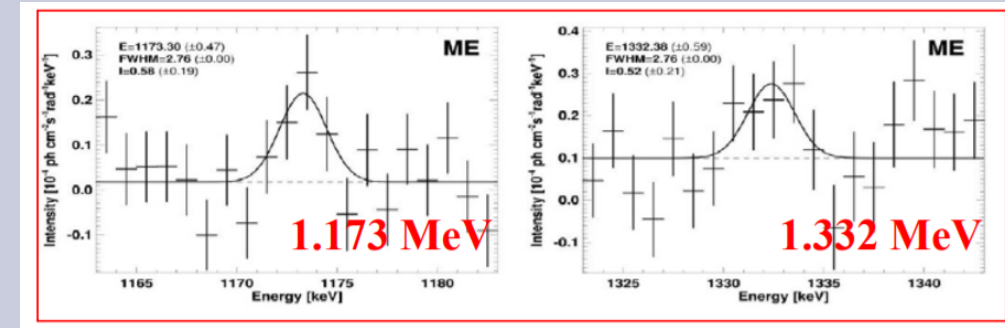
Origine du ^{60}Fe ?

Profs au **GANIL**

^{60}Fe est radioactif

($T_{1/2} = 2.62 \cdot 10^6$ yr)

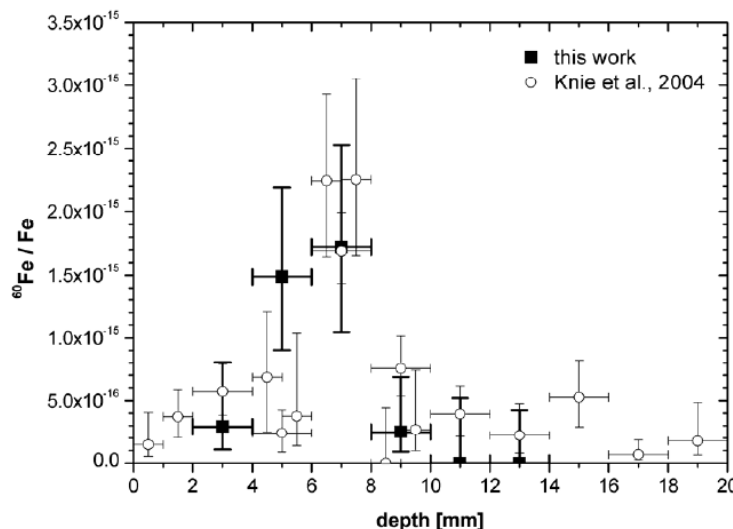
γ -rays observé
par RHESSI & INTEGRAL missions



Les anomalies isotopiques
observées dans les météorites
sont attribuées à la
désintégration de ^{60}Fe

Interstellar ^{60}Fe on the Surface of the Moon

L. Fimiani, D. L. Cook, T. Faestermann, J. M. Gómez-Guzmán, K. Hain, G. Herzog, Ludwig, J. Park, R. C. Reedy, and G. Rugel
Phys. Rev. Lett. **116**, 151104 – Published 13 April 2016



^{60}Fe pic observé dans la croûte
des grands fonds, produit à
proximité du Système solaire il y
a 2,8 millions d'années



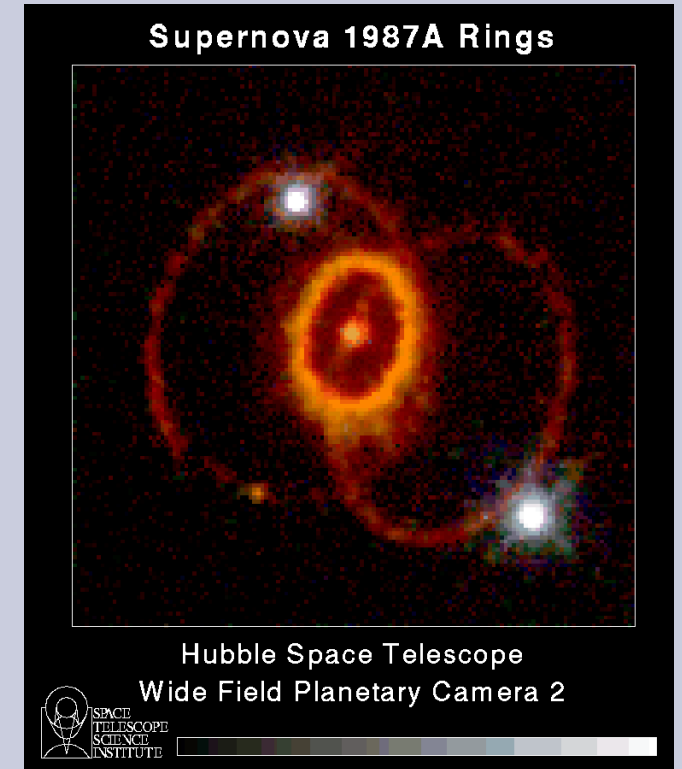
S. Giron, F. Hammache, N. de Séville et al. PHYSICAL
REVIEW C **95**, 035806 (2017) (IPN Orsay – France)

Origine du ^{60}Fe ?

Profs au **GANIL**

^{60}Fe est principalement produit dans les étoiles massives, via les supernovae à effondrement de cœur

La production of ^{60}Fe dépend fortement de la réaction $^{60}\text{Fe} + n \rightarrow ^{61}\text{Fe} + \gamma$



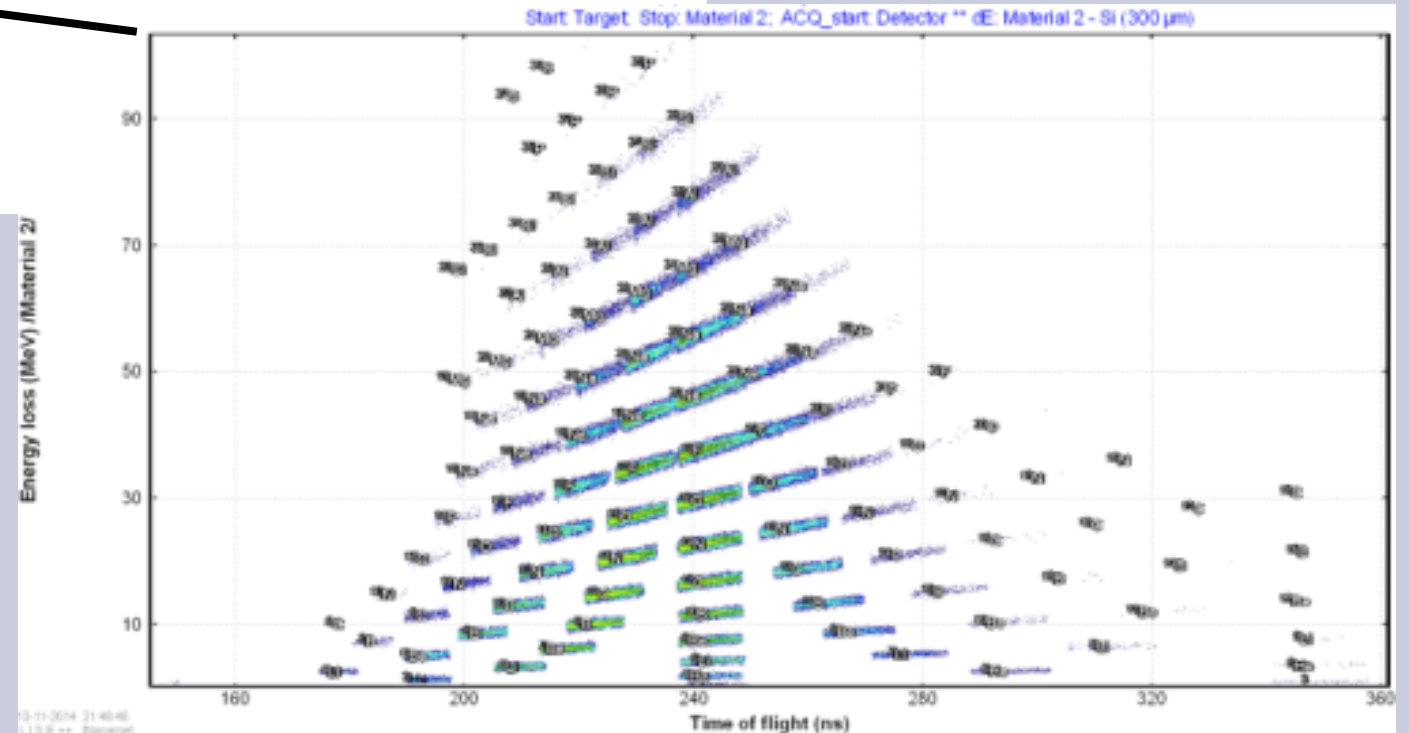
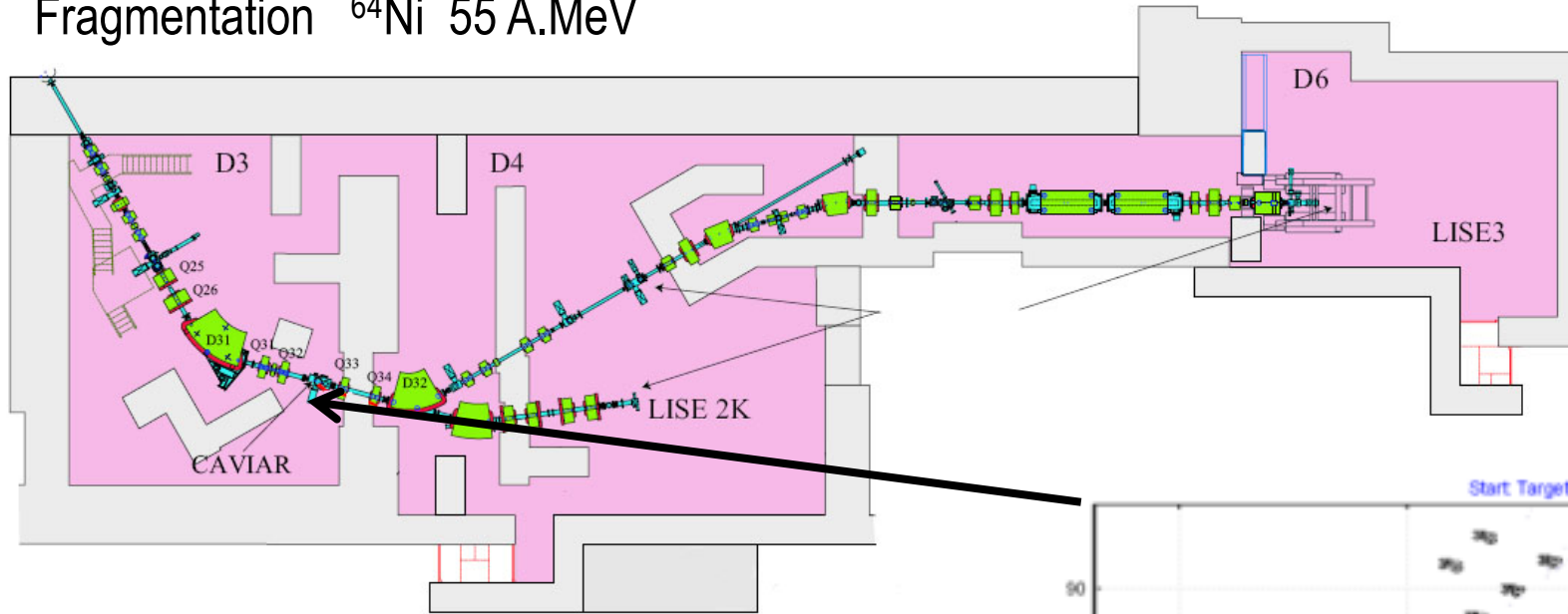
Sandra Giron et al

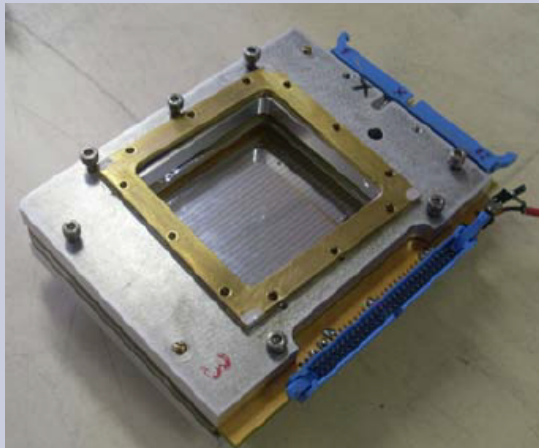
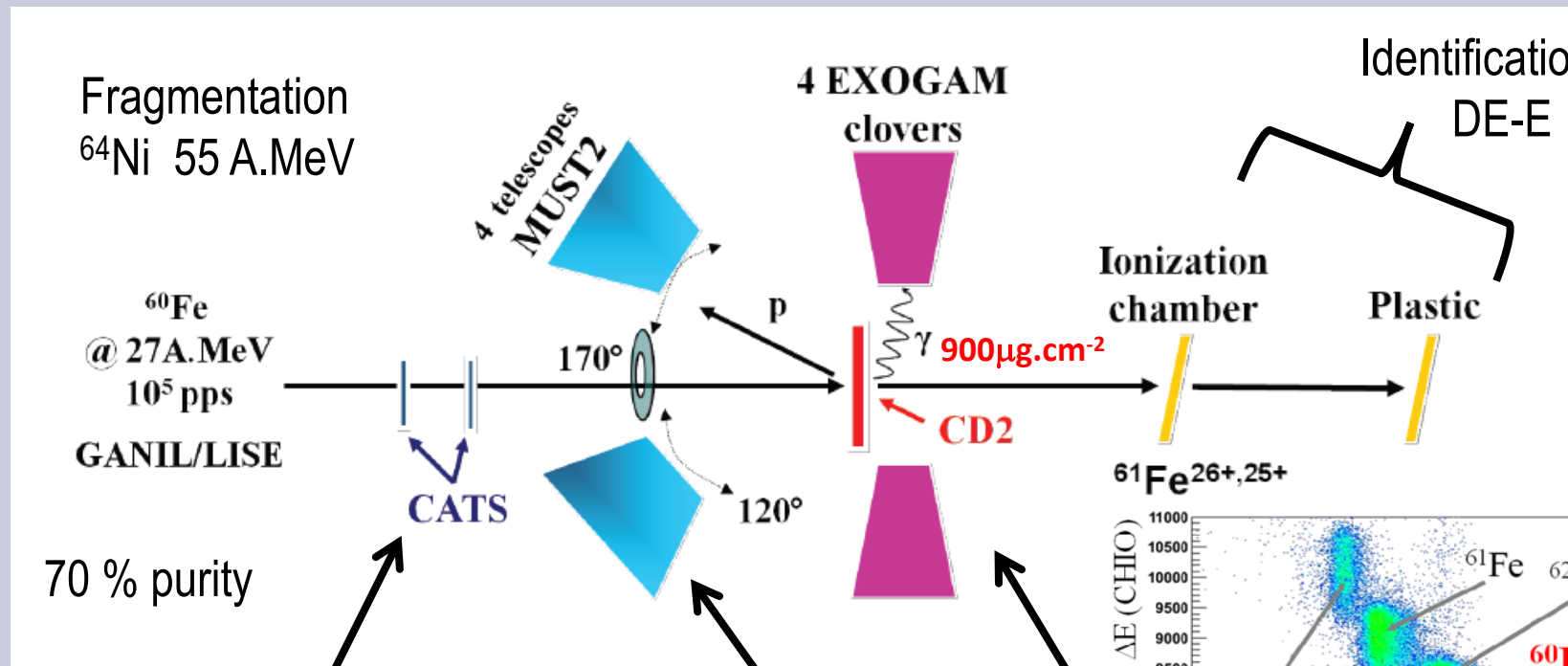
On a étudié $^{60}\text{Fe} + d \rightarrow ^{61}\text{Fe} + \gamma + p$

LISE zero degree achromatic spectrometer

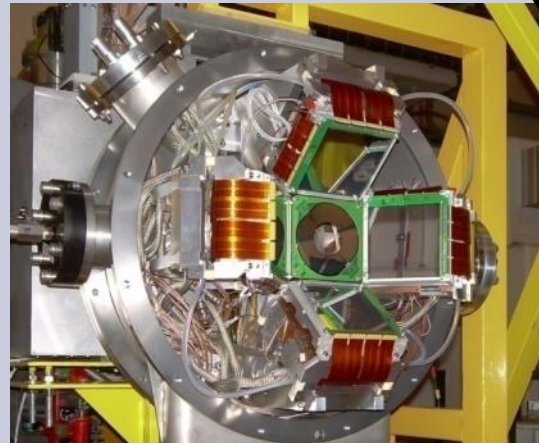
Profs au **CANIL**

Fragmentation ^{64}Ni 55 A.MeV

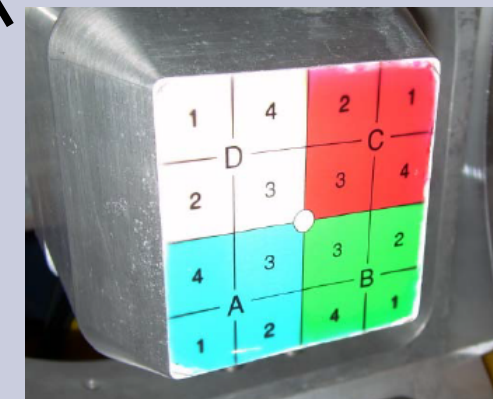
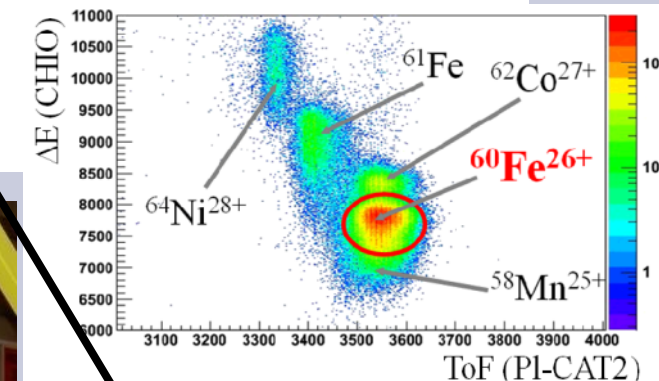




Beam Tracking Detectors



Annular Double-sided Silicon Strip
 Detector and 4 MUST2 telescopes



Four EXOGAM clovers

Nouvelle nova depuis hier !!

Profs au **GANIL**

Spectroscopic Observation of PNV J19450648+1822422: Likely a Classical Nova?

ATel #18008; **Kenta Taguchi (Kyoto University)**, **Akira Arai (National Astronomical Observatory of Japan)**

on **25 Aug 2026; 11:52 UT**

Credential Certification: **Keisuke Isogai (isogai@kusastro.kyoto-u.ac.jp)**

Subjects: Optical, Binary, Cataclysmic Variable, Nova, Transient, Variables

Referred to by ATel #: **18009**

✕ Post

We report the spectroscopic observation of **PNV J19450648+1822422**. We obtained its **spectrum** on 2026-08-25.431 UT with the fiber-fed integral field spectrograph (**KOOLS-IFU; Matsubayashi et al. 2025**) on the Seimei telescope (**Kurita et al. 2020**) at the Okayama Observatory of Kyoto University. **Our spectrum** shows many absorption features. Since H α , H β , and possibly He I λ 6678 have P Cygni profiles (of ~ -1500 km/s, -1300 km/s, -1200 km/s, respectively), we propose that this object is likely a nova. However, such a nova spectrum with many absorption features is very rare; we encourage follow-up observations to reveal the nature of this fascinating object.

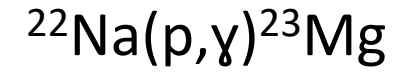


Magnitude actuelle : $\sim 7,3$ (V)

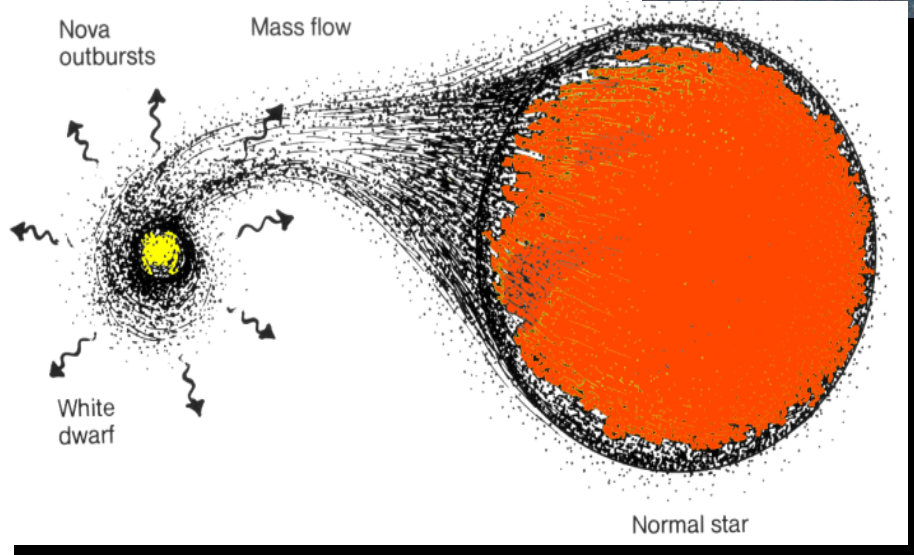
Nova Sagitta 2026

Nova et temps de vie nucléaire

Profs au **GANIL**

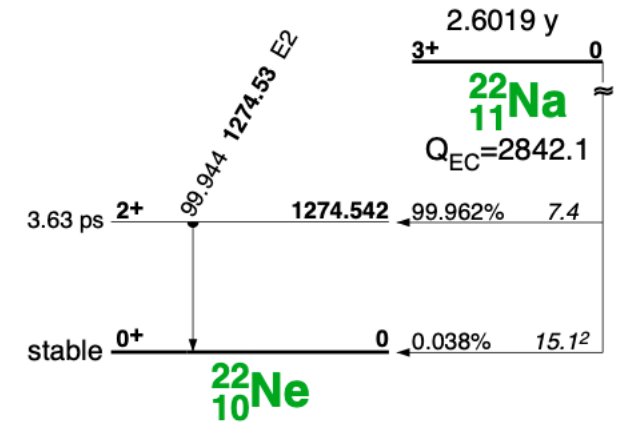


^{22}Na
Visible en gamma



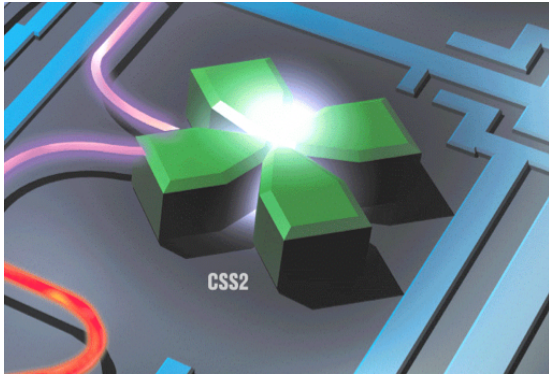
Explosion Nova

$$T \sim 2 \times 10^8 \text{ K}$$



Nova et temps de vie nucléaire

Profs au **CANIL**

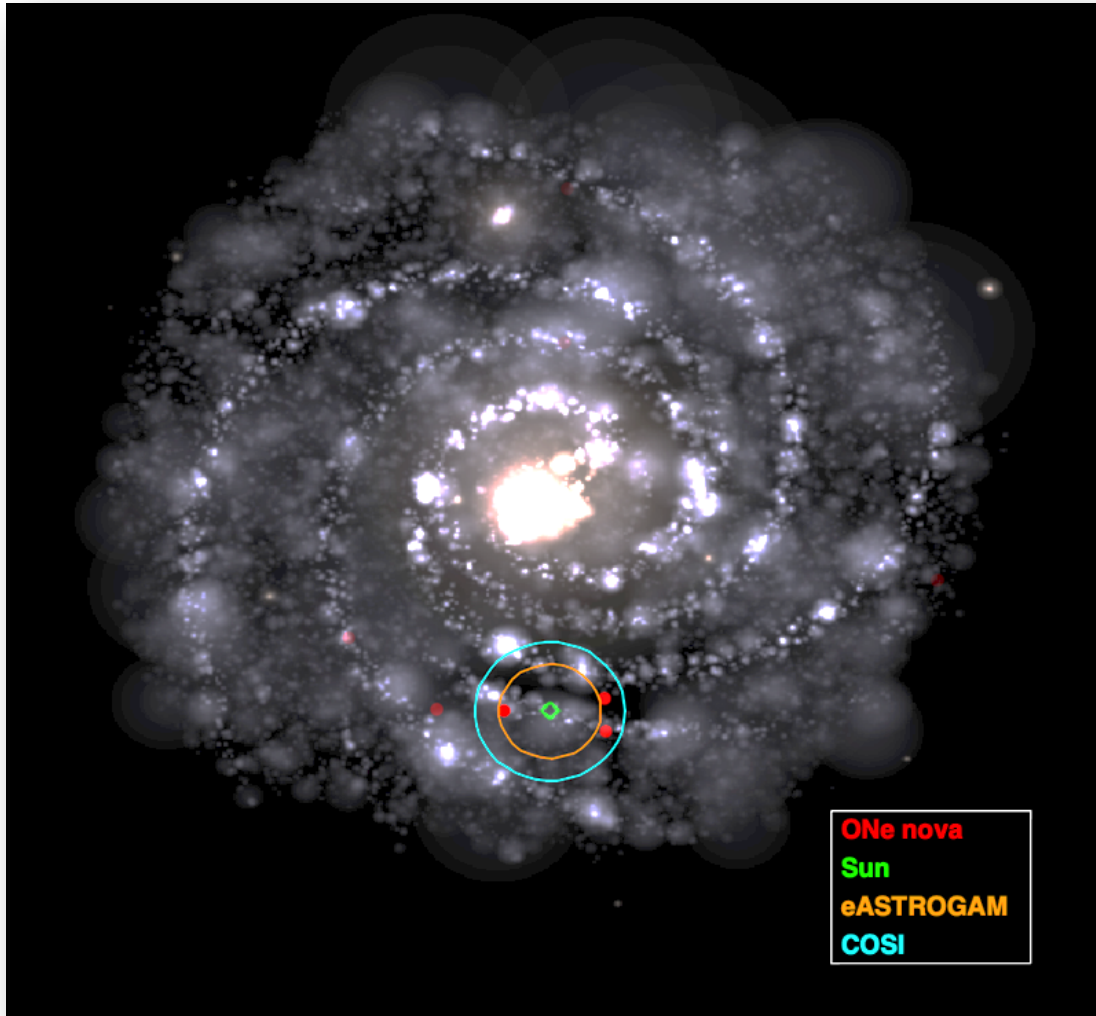


Spectromètre magnétique VAMOS++



Nova et temps de vie nucléaire

Profs au **CANiL**



Distance maximale de détection
= 4 kpc (COSI)

1 observation / 20 ans



Thèse de Chloé Fougères (2022)

C. Fougères et al Nature Com. 2023

Profs au GANiL

Merci pour votre attention

