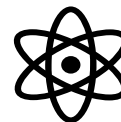


THEME 1 : LA LONGUE HISTOIRE DE LA MATIERE

Chap 1 : Un niveau d'organisation, les éléments chimiques

INTRODUCTION :



Testez votre culture scientifique

Identifiez la bonne réponse

1. La plupart des éléments chimiques se sont formés :

- a. lors du Big Bang b. dans les étoiles c. sur Terre

2. La radioactivité désigne :

- a. l'ensemble des réactions de fusion et de fission
b. l'émission de gaz toxiques par certaines roches
c. la désintégration spontanée de noyaux instables

(Belin p12)



L'étude des étoiles par les physiciens depuis plusieurs siècles a permis de comprendre comment les éléments chimiques se forment et d'où provient la matière qui nous constitue.

Hubert Reeves, astrophysicien québécois, dans son livre « *L'Univers expliqué à mes petits-enfants* » (« Expliqué à... » © Éditions du Seuil, 2011), écrit :

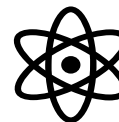
« Touche ton front en regardant le ciel. Croirais-tu que les atomes qui forment ton corps sont nés dans les étoiles ? C'est bien ce que les astronomes ont découvert grâce à leurs télescopes et à leurs patients travaux. Comme je te l'ai déjà dit, au centre des étoiles il fait très chaud – des millions de degrés – et des réactions nucléaires ont lieu. Elles engendrent de nouveaux atomes qui s'accumulent dans le corps de l'astre. Plus tard, après la mort et le démembrement de chaque étoile, ces atomes errent dans l'espace. Un certain nombre vont se retrouver dans la matière qui constitue notre planète. Ils circulent dans les sols et dans les océans. Et un jour, ils entrent dans les cycles de vie de toutes les espèces. Depuis, ces atomes composent chaque individu et ta nourriture t'en apporte constamment. On peut vraiment dire que nous sommes des poussières d'étoiles ! En ce sens, les étoiles sont les arrière-grands-mères de tous les humains de toutes les époques et de tous les vivants au monde. »

(Hatier p23)

THEME 1 : LA LONGUE HISTOIRE DE LA MATIERE

Chap 1 : Un niveau d'organisation, les éléments chimiques

Activité 1 : Répartition des éléments chimiques dans l'univers, sur Terre et dans les êtres vivants



1/ Composition chimique des étoiles :



Bien avant les découvertes sur la fusion nucléaire stellaire, de nombreux scientifiques ont cherché à étudier la composition de la lumière du Soleil.

L'un d'entre eux, le physicien allemand Joseph von Fraunhofer (1787-1826) dénombre ainsi la présence de plus de 570 raies noires dans le spectre de la lumière visible du Soleil, raies dites « de Fraunhofer ».

Durant le XIX^e siècle, les améliorations des techniques de l'analyse des spectres permettent de construire, pas à pas, de nouvelles connaissances. En 1860, les scientifiques allemands Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), chimiste, et Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), physicien, découvrent ainsi que les raies spectrales sont caractéristiques d'un élément chimique.

En comparant la position des raies de Fraunhofer avec celles des spectres d'éléments chimiques présents sur

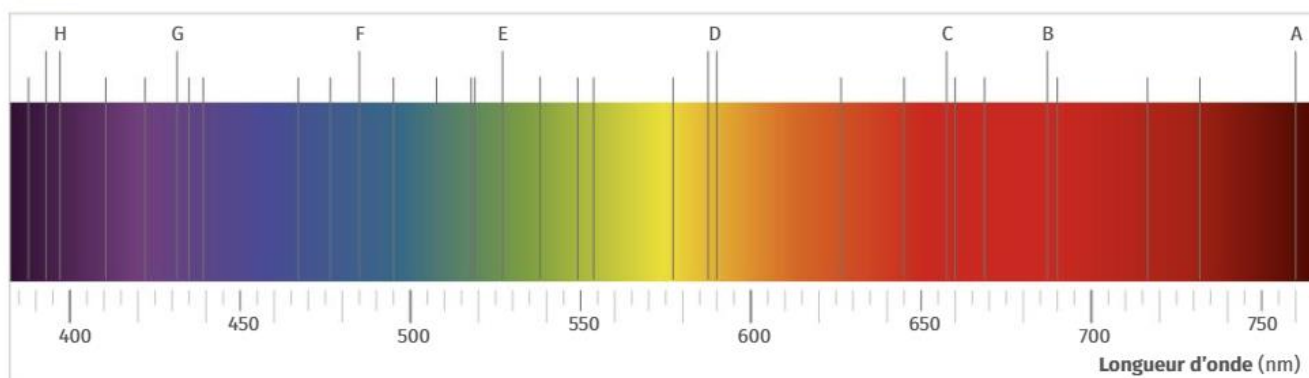


Chromosphère du Soleil

Terre, ils mettent alors en évidence que ces mêmes éléments sont présents dans le Soleil.

(Hatier p25)

Doc. 1 Spectre du Soleil

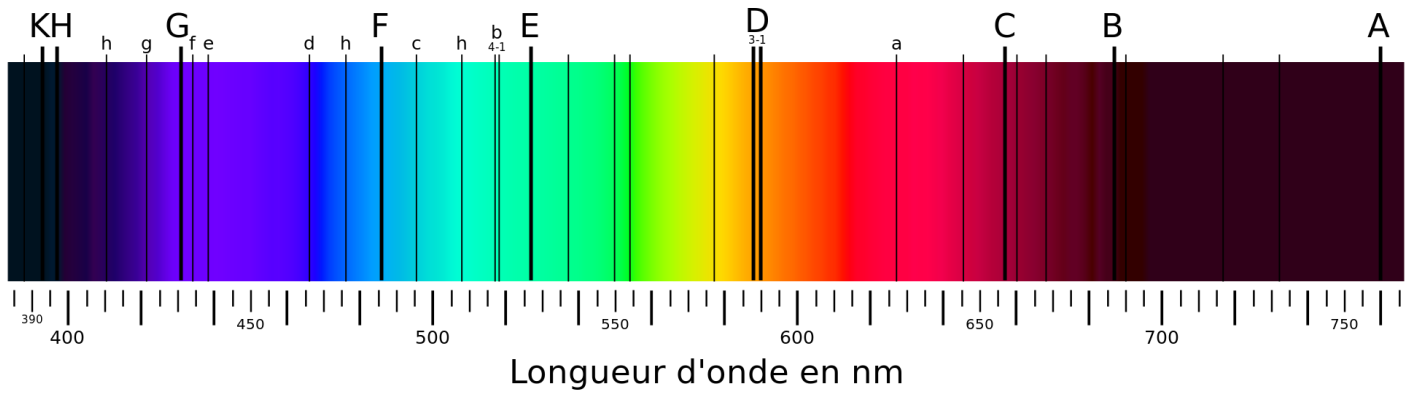


Le spectre d'une étoile est la superposition d'un **spectre d'émission** d'origine thermique (fond coloré) et de raies d'absorption (**spectre d'absorption**, raies noires). La longueur d'onde de ces raies permet d'identifier les éléments chimiques présents dans l'étoile. Dans le cas du Soleil, ces raies sont appelées « raies de Fraunhofer », du nom du physicien et opticien allemand qui les a observées pour la première fois au XIX^e siècle. Les raies notées de A à H sont celles qu'il a identifiées en 1814.

Le livre scolaire p 14

Pour plus d'infos : https://youtu.be/AID_bnYs7fo

Les raies de Fraunhofer sur un spectre continu :



https://fr.wikipedia.org/wiki/Raies_de_Fraunhofer#/media/Fichier:Fraunhofer_lines_FR.svg

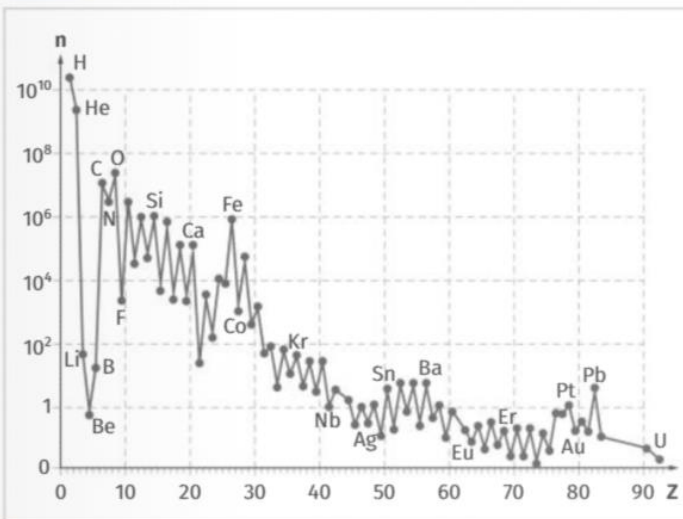
Liste des principales raies		
Désignation	Élément	Longueur d'onde (nm)
y	<u>O</u> ₂	898,765
Z	O ₂	822,696
A	O ₂	759,370
B	O ₂	686,719
C	<u>H</u> α	656,281
a	O ₂	627,661
<u>D</u> ₁	<u>Na</u>	589,592
<u>D</u> ₂	<u>Na</u>	588,996
D ₃ ou d	<u>He</u>	587,562
e	<u>Hg</u>	546,073
E ₂	<u>Fe</u>	527,039
b ₁	<u>Mg</u>	518,362
b ₂	Mg	517,270
b ₃	Fe	516,891
P	<u>Ti</u> ⁺	336,112
T	Fe	302,108
t	<u>Ni</u>	299,444

Liste des principales raies		
Désignation	Élément	Longueur d'onde (nm)
b ₄	Mg	516,722
c	Fe	495,761
F	H β	486,134
d	Fe	466,814
e	Fe	438,355
G' ou f	H γ	434,047
G	Fe	430,790
G	<u>Ca</u>	430,774
h	H δ	410,175
<u>H</u>	Ca ⁺	396,847
<u>K</u>	Ca ⁺	393.368
L	Fe	382,044
N	Fe	358,121

- 1) Définir ce qu'est le spectre d'une étoile.
- 2) Expliquer comment identifier les éléments chimiques d'une étoile.
- 3) Donner la composition du soleil.

2/ Abondance des éléments chimiques :

Doc. 8 Les éléments chimiques dans l'Univers

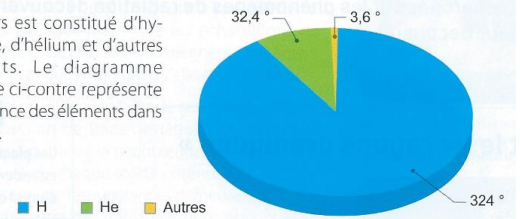


Il existe 118 éléments chimiques mais leurs abondances relatives sont très différentes. Sur le graphique, n représente le nombre de noyaux de l'élément dont le numéro atomique est Z , en les comparant à une population de 10^6 noyaux de silicium (Si).

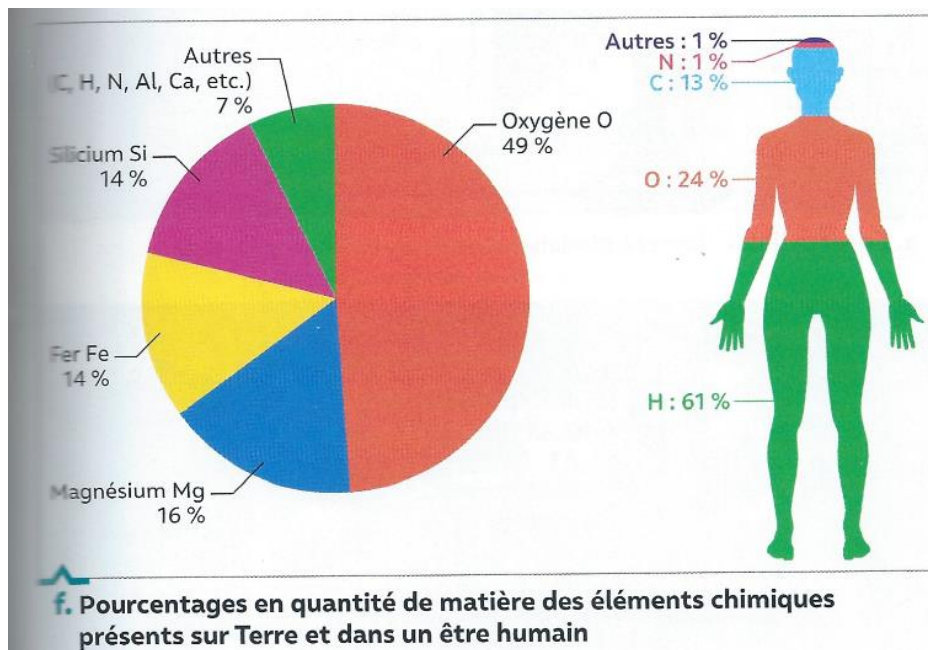
(Le livre scolaire p18)

Les éléments dans l'Univers

L'Univers est constitué d'hydrogène, d'hélium et d'autres éléments. Le diagramme circulaire ci-contre représente l'abondance des éléments dans l'Univers.



(Didier p15)



f. Pourcentages en quantité de matière des éléments chimiques présents sur Terre et dans un être humain

(Nathan p27)

- 1) Déterminer la valeur de l'abondance relative des éléments dans l'univers selon la taille de leur noyau.
- 2) Comparer les éléments les plus abondants sur la Terre, et dans les êtres vivants

La composition chimique des êtres vivants

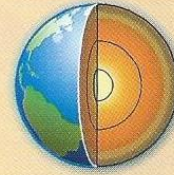
Système solaire

Hydrogène  Oxygène 
Carbone  Azote 
Magnésium  Silicium 
Fer 

Éléments chimiques parmi
les plus abondants

Répartition
des éléments chimiques
en proportions
différentes

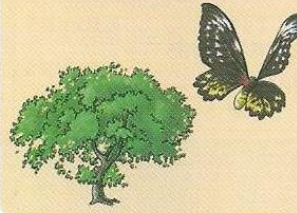
Planète Terre (matière inerte)



Oxygène 
Magnésium 
Fer 
Silicium 

Éléments chimiques parmi les plus abondants

Matière vivante

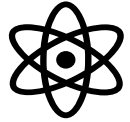


Oxygène 
Carbone 
Hydrogène 
Azote 

THEME 1 : LA LONGUE HISTOIRE DE LA MATIERE

Chap 1 : Un niveau d'organisation, les éléments chimiques

Activité 2 : L'origine des éléments chimiques



Le Big Bang et la nucléosynthèse stellaire :

1 La théorie du Big Bang

Il y a environ 13,7 milliards d'années, l'Univers est un brouillard extrêmement dense et chaud composé de particules élémentaires (électrons, photons, etc.).

Le Big Bang secoue l'Univers, qui libère alors une énorme quantité d'énergie et entre dans une phase d'expansion extrêmement rapide : il passe de la taille d'un point à dix fois la taille de notre galaxie.

Cette dilatation entraîne une baisse de la température, laquelle provoque l'assemblage des particules en neutrons et en protons. Quelques minutes plus tard, ceux-ci se regroupent et forment les noyaux des éléments chimiques les plus légers : l'hydrogène et l'hélium.

Il faut attendre plus de cent millions d'années pour que les forces de gravitation rassemblent ces premiers atomes en étoiles. Composées à 99 % d'hydrogène et d'hélium, celles-ci deviennent le lieu de formation d'éléments chimiques plus lourds (carbone, azote, etc.) au cours de réactions nucléaires.

À la fin de leur vie, certaines étoiles massives explosent en supernova et favorisent l'apparition des éléments chimiques les plus lourds qui se dispersent dans l'Univers.

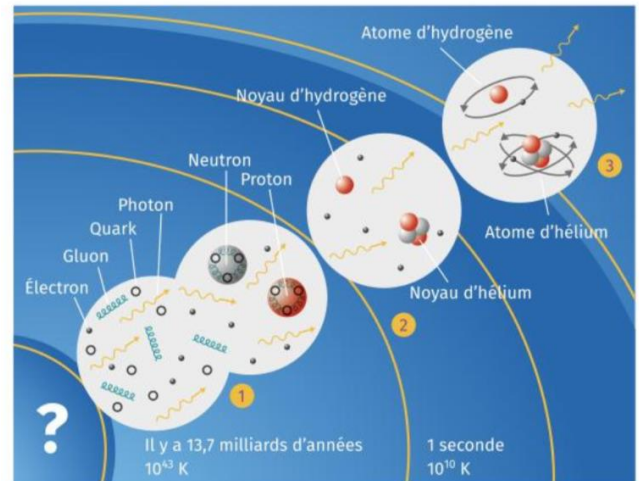
Animation

L'Univers, l'inimaginable naissance

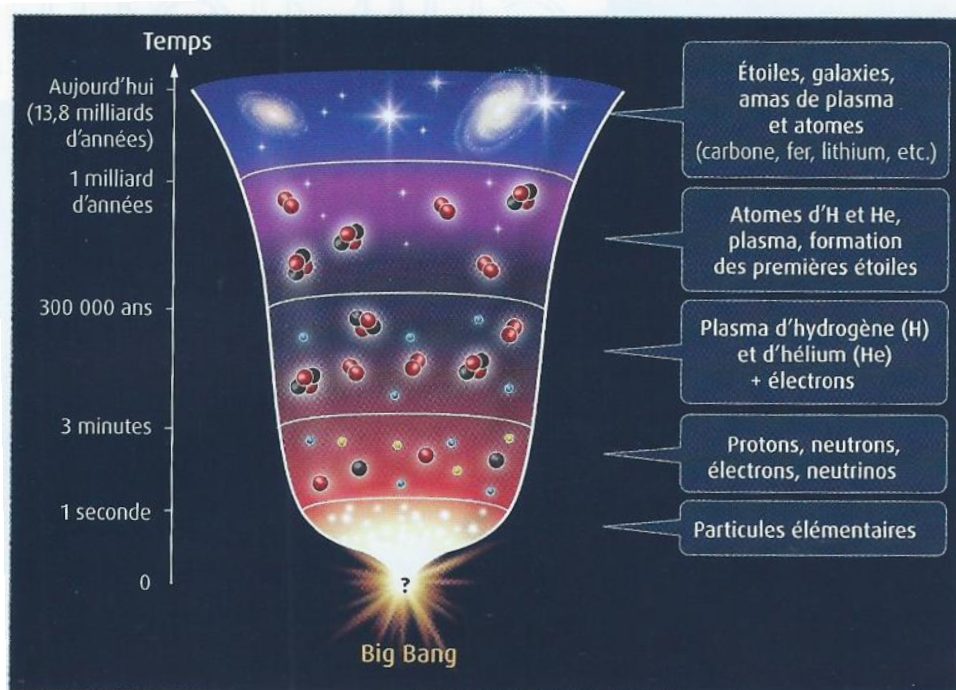
hatier-clic.fr/es1024a

(Hatier p24)

Doc. 14 Les premiers instants de l'Univers



(le livre scolaire p19)



DOC 1 Chronologie de la formation de l'Univers.

La naissance de l'Univers a eu lieu il y 13,8 milliards d'années lors du Big Bang. L'Univers s'est ensuite développé en plusieurs étapes.

(Belin p14)

3 La nucléosynthèse stellaire



Le physicien américain Hans Albrecht Bethe (1906-2005) explique le premier, en 1938, les réactions de fusion nucléaire dans les étoiles, montrant ainsi comment elles produisent leur énergie. L'hydrogène est le principal « carburant » de cette production d'énergie, et la fusion de ses noyaux est la première étape de la formation des éléments de l'Univers.

Au cœur des étoiles, à des températures très élevées, les noyaux des atomes fusionnent pour former de nouveaux noyaux :

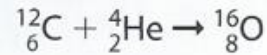
- quatre noyaux d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$ s'unissent pour former un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$;
- deux noyaux d'hélium s'assemblent pour former un noyau de béryllium ${}^8_4\text{Be}$;

– et ainsi de suite : les éléments les plus lourds s'obtenant à partir d'éléments plus légers.

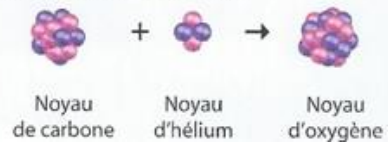
Exemple d'une réaction de fusion nucléaire stellaire

La formation d'un noyau d'oxygène à partir d'un noyau de carbone et d'un noyau d'hélium.

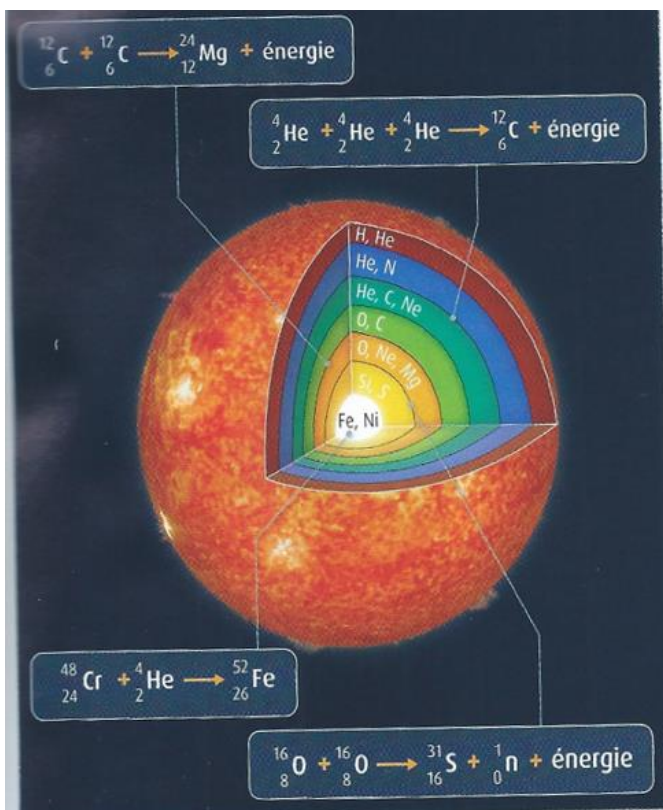
• Équation de la réaction



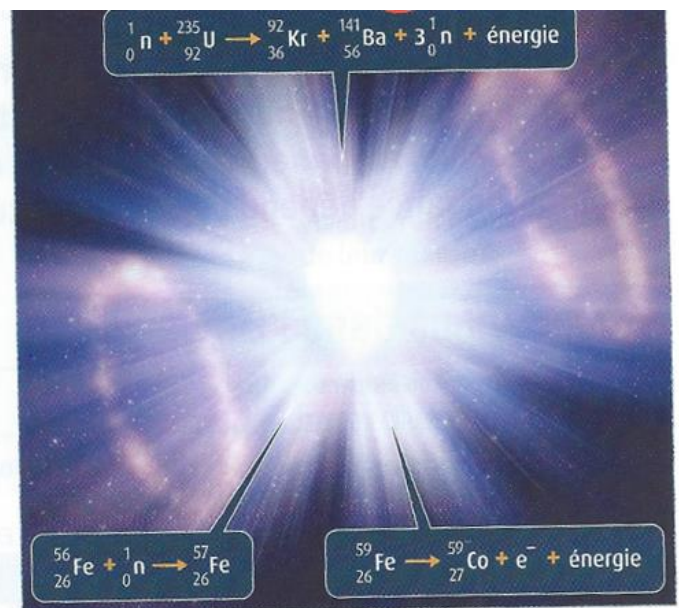
• Modélisation de la réaction



(Hatier p24)



DOC 4 Structure d'une super géante rouge juste avant son explosion. Au sein d'une étoile massive, les éléments se répartissent en couches. Les réactions qui produisent des éléments de plus en plus lourds ont lieu aux interfaces entre deux couches. Quatre exemples de réactions sont donnés ici.



DOC 5 Explosion de supernova. À la fin de vie d'une étoile massive, son cœur est constitué de fer, l'élément le plus stable du point de vue des réactions nucléaires, et il n'y a donc plus de réaction et de production d'énergie. Par conséquence, l'étoile s'effondre sur elle-même sous l'effet de la gravité. Une quantité d'énergie considérable est libérée, et une onde de choc expulse les couches externes de l'étoile. On parle d'explosion de supernova. Ont alors lieu une grande variété de réactions nucléaires (capture nucléaire, désintégration, fusion, fission) qui créent presque tous les éléments chimiques. C'est la nucléosynthèse explosive. Trois exemples de réactions sont donnés ici.

(Belin p15)

- 1) Résumer la chronologie du Big-Bang.
- 2) Tous les éléments chimiques sont-ils apparus en même temps dans l'univers ? Quels sont les 1^{ers} à apparaître ?
- 3) Quel phénomène conduit à la formation des éléments chimiques dans les étoiles ?
- 4) Quelles sont les causes et les conséquences de l'explosion d'une supernova ?