¦က |ဗို

4













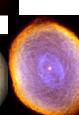
des étoiles Vous venons

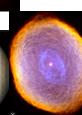
l'origine de l'or ? Quelle est

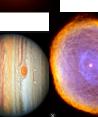
Jeu

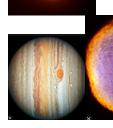












L'Univers dans ma poche



maintenant en passe de émanent de l'étoile centrale des de vents stellaires qui résulte de plusieurs épiso l'Œil de Chat. Cet objet lmage composite de la nébuleuse planétaire de

magnésium et de d'oxygène, de éjecté beaucoup masse ayant étoile de grande G292.0+1.8: Un provenant d'une reste de supernova





néon dans le milieu

interstellaire.

collision de deux étoiles serait formés lors d'un



+

devenir une naine blanche.

## Vents, collisions, explosions

est éjectée dans le milieu interstellaire que sont les naines blanches, les toujours dans les « cadavres » d'étoiles tandis que le reste est enfermé pour Une partie des éléments ainsi formés rons et les trous noirs.

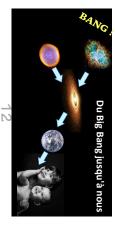
carbone, de l'oxygène, du néon, du - une supernova - et expulsent du couches externes de façon paisible, celle du Soleil se défont de leurs magnésium, du silicium etc. leur vie dans une explosion spectaculaire Les étoiles plus massives terminent quelques éléments plus lourds que le fer Les étoiles de masse inférieure à 8 fois rejetant ainsi de l'azote, du carbone et

qui est plus susceptible de se produire lors de collisions d'étoiles à ne densité de neutrons pour se former, ce *e*t l'uranium, nécessitent une très haute D'autres <u>éléments</u> lourds, tels que l'or

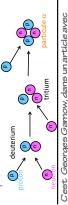
> D'abord il y a la formation de nuages de C'est dans ce disque que se forment les d'agrégats de poussières et de glaces. Une fois la planète formée s'ensuit une Pour arriver a l'être vivant, les éléments plus elle est faible, plus les particules ségrégation qui fait que le cœur a une diffère suivant leur distance à l'étoile (plus elle est faible, plus les éléments volatiles se dissipent) et leur masse Enfin c'est de la croûte que viennent planètes. Leur composition chimique composition différente de la croûte. début, celles-ci sont entourées d'un molécules et de poussières, au sein doivent passer par de nombreuses disque protoplanétaire, constitué les matériaux dont sont faits les êtres vivants. 15desquels naissent les étoiles. Au légères s'échappent facilement) étapes encore mal comprises. êtres vivants.

Pourcentage de masse des éléments chimiques en des lieux différents

Fe	Ca	S	Si	0	z	С	He	Ι	
26	20	16	14	∞	7	6	2	1	Nb de protons
0.117	0.006	0.040	0.065	0.96	0.11	0.30	27.5	70.5	Système solaire
5.0	3.6	0.050	27.7	46.6	0.005	0.030		0.14	Croûte Terrestre
0.006	1.5	0.3	0.00002	65	3.2	18.5		9.5	Corps humain



l'hélium primordial. Dans cet article les auteurs proposaient aussi que tous les autres éléments se formaient également dans le Big Bang par additions successives de neutrons. Mais sur arogène et de Alpher et Bethe en 1948, qui proposa la ce point ils se sont trompés théorie de formation de l'hye



Un processus de formation de l'héliun

élium : l**'élement** stable le plus léger après l'hy rogène, fait d'une particule α et de 2 é

lydrogène : le plus léger des éléments. Il est onstitué d'un proton et d'un électron.

légative, dont la masse est environ 1/2000 ectron : particule de charge électrique le celle du pr

nais ne possède pas de charge électrique. Sa es quarks. Il a une charge électrique positive n : formé de trois particules élémentaire on : également formé de trois quarks t sa masse est de 1,672,649×10<sup>-24</sup> q, nasse est de 1,67493×10<sup>-24</sup> q

## L'hydrogène et l'hélium

electrons, neutrinos) et des photons, chaud ( $T=10^{12}$ K), peu après le Big Bang\* sortes de grains de lumière. élémentaires de matière (quarks, il ne contenait que des particules Lorsque l'Univers était très dense et

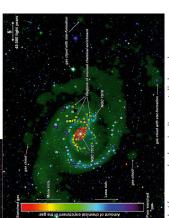
massifs. Lorsque la température est passée sous 10ºK, il y avait 7 protons pour un neutron. quantités égales. Mais la température combinés en protons et r transformèrent en protons, moins baissant, la plupart des neut En se refroidissant, les quarks se sont

d'hélium pour 12 noyaux d'hydrogène à former l'hélium, donnant un noyau combinés pour former des noyaux plus la fin de l'époque primordiale. d'hélium, tous les r se former à cette époque étant celui lourds. Le noyau le plus stable pouvant et protons se sont

Crédit : Lopez-Sanchez (AAO/MQU) et Koribalski (CSIRO).

créés dans des conditions différentes par

ajout de neutrons. 🎵



carbone, tandis que l'hydrogène continue Puis se forment les autres noyaux, par

à fusionner dans les couches supérieures.

« dans differentes couches. Si l'étoile

adjonctions successives de partic

est assez massive, ce processus se

poursuit jusqu'au fer, le plus stable Les noyaux plus lourds que le fer sont

des éléments.

briller tirent leur énergie de cette fusion.

coutes les étoiles que nous voyons

d'hélium se condense et sa température

Une fois l'hydrogène épuisé, le cœur

augmente. Alors les noyaux d'hélium se groupent par trois pour former le

d'oxygène (rouge lorsquelle est grande, ici les symboles indiquent l'abondance bleu lorsqu'elle est faible).

la Voie lactée provient d'autres galaxies.

récentes suggèrent qu'une grande partie des éléments présents dans retrouver dans d'autres galaxies.

entre elles. Les éléments libérés lors d'explosions de supernovae peuvent En fait, des simulations numériques

capture de

hydrogène

oxygène

silicium

carbone

helium

sont produits par

plus lourds que le fer

milieu interstellaire peut être très même faire des incursions dans le milieu intergalactique, puis se

carbone, en azote, en oxygene etc. tortueux, avec des perturbations liées aux collisions des galaxies Le périple des éléments dans le

> Schéma de la structure en oignon d'une étoile massive en fin d'évolution. Chaque couche a

Carbone-

12

sition différente. Les **éléments** 

ипе сотро

milieu interstellaire, ils commencent avant d'être piégés lors de la formation Une fois les <mark>éléments</mark> libérés dans le deviennent de plus en plus riches en un long voyage au sein des galaxies, générations successives d'étoiles de nouvelles étoiles. Ainsi, les

, Beryllium-8

particule α

d'hélium

L'odyssée cosmique des élémente

carbone à partir de trois noyaux Formation du

viennent de se former. ultraviolet. Les zones zones ou des étoiles brillantes sont des Crédit: GALEX (NASA) et NGC 1510 en NGC 1510

Les galaxies NGC 1512

-e cœur très chaud et dense des étoiles

Fusion dans les étoiles

offre des conditions idéales pour

D'abord, l'hydrogène se transforme en nélium. C'est la phase la plus longue de a vie de chaque étoile. Pratiquement

*oroduire des noyaux de plus en plus gros.* 

Bételgeuse L'étoile

La planète Jupiter

composées de milliards de <mark>molécules</mark>.

Les cellules du corps humain sont Les atomes s'unissent en <mark>molécules</mark> en

distoire de la nucléosynthese stellaire

partageant leurs électrons.

composent d'un noyau (qui contient des élémentaires de la matière. Ils se

) et d'électrons

Les **atomes** sont les constituants

planétaire IC 418 La nébuleuse

Une créséide : une se d'or, frappée

roi Crésus

supernova du Crabe Le reste de Réponse

publièrent en 1957 leur article très détaillé Burbidge, William Fowler et Fred Hoyle B2FH comment se fait la synthèse des éléments à les étoiles. Fred Hoyle montra en 1946 transformation d'hydrogène en hélium dans en 1938 et 1939 les deux mécanismes de stellaire » en 1931. Hans Bethe Bidentifia article « Synthèse atomique et énergie Robert d'Escourt Atkinson A publia son

partir de l'hydrogène. Margaret et Geoffrey

collision d'étoiles à On pense que l'or se celle représentée neutrons comme sur ce tableau orme lors d'une

## L'Univers dans ma poche Nº 14

l'Institut d'Astrophysique de Paris. Paris (France) et revu par Nikos Prantzos de Grażyna Stasińska de l'Observatoire de Ce mini-livre a été écrit en 2020 par

de l'artiste japonais KAGAYA <u>Image de couverture</u> : extrait d'un tableau



collection et sur les thèmes Pour en savoir plus sur cette tupeuxvisiter présentés dans ce mini-livre

http://www.tuimp.org

TUIMP Creative Commons

terrestre et dans l'atmosphère. trouve dans les plantes, dans la croûte sont exactement les mêmes qu'on plus petite quantité. Ces éléments d'oxygène et d'autres éléments en des <mark>atomes</mark> d'hydrogène, de carbone, molécules complexes qui contiennent ces materiaux sont composés de du 18ème siecle, on sait que tous Depuis qu'est née la chimie, à la fin sucres (2%) et de divers minéraux (5%) proteines (20%), de graisse (10%), de Notre corps est fait d'eau (63%), de

*à comprendre l'origine de ces* siecle que les astronomes ont réussi se trouvent aussi dans les étoiles. ont montré que ces mêmes éléments Par la spectroscopie, les astronomes étroit qui nous rattache aux étoiles <u>éléments et à découvrir le lien très</u> Mais ce n'est qu'au milieu du 20ème

S







«Les réactions nucléaires dans les étoiles et et, la même année, Alastair Cameron C publia « Synthèse des éléments dans les étoiles »