

|                         |                         |                         |                        |                         |                         |                          |                        |                          |                       |                        |                         |                         |                          |                        |                     |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| 20 40                   | 21 45                   | 22 48                   | 23 51                  | 24 52                   | 25 55                   | 26 56                    | 27 59                  | 28 58                    | 29 63,5               | 30 65,4                | 31 69,7                 | 32 72,6                 | 33 74,9                  | 34 79,0                | 35 79,9             |                         |
| Ca<br>Calcium<br>40,1   | Sc<br>Scandium<br>45,0  | Ti<br>Titane<br>47,9    | V<br>Vanadium<br>50,9  | Cr<br>Chrom<br>52,0     | Mn<br>Manganèse<br>54,9 | Fe<br>Fer<br>55,8        | Co<br>Cobalt<br>58,9   | Ni<br>Nickel<br>58,7     | Cu<br>Cuivre<br>63,5  | Zn<br>Zinc<br>65,4     | Ga<br>Gallium<br>69,7   | Ge<br>Germanium<br>72,6 | As<br>Arsenic<br>74,9    | Se<br>Sélénium<br>79,0 | Br<br>Brome<br>79,9 |                         |
| 38 88                   | 39 89                   | 40 90                   | 41 93                  | 42 98                   | 43 98                   | 44 102                   | 45 103                 | 46 106                   | 47 107                | 48 114                 | 49 115                  | 50 120                  | 51 121                   | 52 130                 | 53 127              |                         |
| Sr<br>Strontium<br>87,6 | Y<br>Yttrium<br>88,9    | Zr<br>Zirconium<br>91,2 | Nb<br>Niobium<br>92,9  | Mo<br>Molybdène<br>95,9 | Tc<br>Technétium<br>98  | Ru<br>Ruthenium<br>101,1 | Rh<br>Rhodium<br>102,9 | Pd<br>Palladium<br>106,4 | Ag<br>Argent<br>107,9 | Cd<br>Cadmium<br>112,4 | In<br>Indium<br>114,8   | Sn<br>Étain<br>118,7    | Sb<br>Antimoine<br>121,7 | Te<br>Tellure<br>127,6 | I<br>Iode<br>126,9  |                         |
| 56 138                  | 57 139                  | 58 140                  | 59 141                 | 60 143                  | 61 145                  | 62 150                   | 63 152                 | 64 157                   | 65 158                | 66 162                 | 67 164                  | 68 167                  | 69 169                   | 70 173                 | 71 175              | 72 178                  |
| Ba<br>Baryum<br>137,3   | La<br>Lanthane<br>138,9 | Hf<br>Hafnium<br>178,5  | Ta<br>Tantale<br>180,9 | W<br>Wolfram<br>183,8   | Re<br>Rhenium<br>186,2  | Os<br>Osmium<br>190,2    | Ir<br>Iridium<br>192,2 | Pt<br>Platine<br>195,1   | Au<br>Or<br>197,0     | Hg<br>Mercure<br>200,6 | Tl<br>Thallium<br>204,4 | Pb<br>Plomb<br>207,2    | Bi<br>Bismuth<br>208,9   | Po<br>Polonium<br>209  | At<br>Astate<br>210 | Tl<br>Thallium<br>210,8 |

PAUL DEPOVERE

# La classification périodique des éléments

La merveille  
fondamentale  
de l'Univers

3<sup>e</sup> édition



# La classification périodique des éléments

**La merveille fondamentale  
de l'Univers**

ATKINS P.W., C'est quoi la chimie ?

ATKINS P.W., Les 4 grands principes qui régissent l'Univers

ATKINS P.W., Au cœur des réactions chimiques. La vie privée des atomes

BENSON D.C., Le ballet des planètes. De l'élégance mathématique des orbites planétaires

DEPOVERE P., La classification périodique des éléments. La merveille fondamentale de l'Univers. 3<sup>e</sup> éd.

DEPOVERE P., La fabuleuse histoire des bâtisseurs de la chimie moderne. 2<sup>e</sup> éd.

FREDERICK J.E., Sciences de l'atmosphère. Une introduction

GAYET D., L'invention du réel. Les dessous philosophiques de l'astronomie

JOUBERT J., De l'électron à la réaction. Entre forme et déformation

KRIVINE H. et GROSMAN A., De l'atome imaginé à l'atome découvert. Contre le relativisme

MALLEY M.C., La radioactivité. Une mystérieuse science

MILLOT C., VANDERMALIÈRE J., Dessine-moi l'Univers

NESSE R., WILLIAMS G., Pourquoi tombons-nous malade ?

PRIEUR D., Les bactéries de l'extrême

SANDERS R., À la recherche de la matière noire. Histoire d'une découverte fondamentale

STANNARD R., Vers la fin des découvertes. Approchons-nous des limites de la science ?

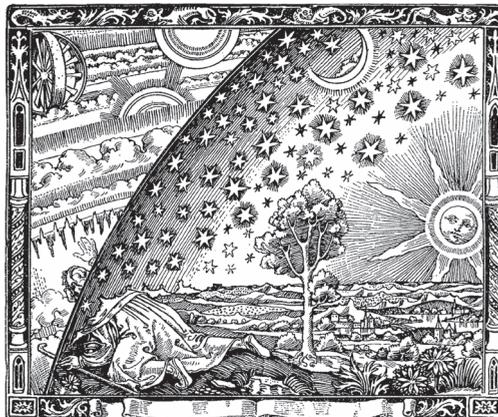
WYNN C.M., Wiggins A.W., Intuitions géniales. Le top 5 des meilleures idées scientifiques

Paul Depovere

# La classification périodique des éléments

## La merveille fondamentale de l'Univers

3<sup>e</sup> édition



*« Que la science que nous acquérons par la lecture ne soit pour nous que le ciseau du sculpteur ; qu'elle nous aide à tailler le bloc de pensées et de sentiments qui fait le fond de nous-mêmes. »*

Octave Pirmez

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web : **[www.deboecksuperieur.com](http://www.deboecksuperieur.com)**

© De Boeck Supérieur, 2020  
Rue du Bosquet 7, B-1348 Louvain-la-Neuve

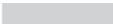
Tous droits réservés pour tout pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Dépôt légal :  
Bibliothèque nationale, Paris : mars 2020  
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles : 2020/13647/045

3<sup>e</sup> édition

ISBN : 978-2-8073-2984-3



## Avant-propos

Le système périodique des éléments, tel qu'il a été conçu par Mendeleïev, à une époque où l'on ignorait l'existence de l'électron, consiste en un arrangement évolutif d'éléments chimiques, lesquels sont disposés par familles de manière à faire ressortir les similitudes de leurs propriétés.

Grâce aux travaux de Moseley et de Bohr, il fut par la suite possible de comprendre la *mélodie secrète* de ce tableau périodique. C'est en définitive la configuration électronique des divers atomes, couplée au gabarit de ceux-ci, qui en conditionne la plupart des propriétés. La perception du canevas global dans lequel se situent tous les éléments chimiques ouvre la voie à une méthode d'enseignement extrêmement efficace. Les étudiants ne se sentent plus débordés par toutes sortes de faits disparates qu'ils se croyaient obligés de mémoriser comme tels, sans y percevoir de concept unificateur. Le tableau périodique des éléments, grâce à sa logique intrinsèque, fait de la chimie un ensemble cohérent. Il est vraiment l'outil indispensable du chimiste car il recèle une profusion d'informations et permet d'aborder avec rigueur les notions les plus complexes.

N'est-ce pas merveilleux de pouvoir ainsi regrouper en un tableau parfaitement ordonné – dont la validité, malgré son ancienneté, n'a pas été ébranlée par les théories modernes, que du contraire ! – les briques élémentaires qui composent l'Univers tout entier ?

Paul DEPOVERE  
Docteur en sciences chimiques  
Pharmacien  
Professeur à l'université catholique de Louvain (UCL-Bruxelles)  
Professeur associé à l'université Laval (Québec)



# 1

## Le scénario astrophysique : l'origine des éléments chimiques

### La notion d'élément

La matière qui nous entoure existe sous la forme de trois états : *solide* (s), *liquide* (l) ou *gazeux* (g).

Elle se présente le plus souvent comme des **mélanges** de plusieurs substances en proportions diverses (Exemples : du sable, de l'air). Ces mélanges peuvent être *homogènes* (Exemple : de l'eau salée) ou *hétérogènes* (Exemple : des sables aurifères) selon que leurs propriétés sont ou ne sont pas identiques en tout point. Diverses méthodes permettent de séparer les substances contenues dans un mélange : on peut, par exemple, recueillir l'eau d'une solution salée par distillation ou isoler l'or des sables aurifères à l'aide d'une batée. Ces **substances**, dites alors **pures**, restent identiques à elles-mêmes lorsqu'on les soumet aux essais analytiques classiques de séparation (Exemples : l'eau, l'or).



Les divers états de la matière. **Solide** : blocs de granit rose dans le département des Côtes-d'Armor, en France. Au fond, on aperçoit l'île Milliau à laquelle il est possible d'accéder à pied à marée basse, c'est-à-dire lorsque l'eau (un **liquide**) s'est retirée. Le vent du large vous y fait respirer un air iodé revigorant : c'est le troisième état de la matière (**gaz**).

---

Timbre grec de 1983. Vers 400 av. J.-C., Démocrite, un philosophe grec, se demandait ce qui se passerait si on divisait un bloc de matière en deux, puis encore en deux et ainsi de suite. Selon lui, cette opération ne peut pas être poursuivie à l'infini : on aboutira toujours à une limite, c'est-à-dire à une entité ultime, indivisible, qu'il appela **atome** (*Atomos*, en grec, signifie « qu'on ne peut diviser »).

---



Il a été prouvé que celles-ci sont en définitive constituées d'**atomes** élémentaires ou **éléments** (Exemples : un atome d'or, symbolisé par Au ; un atome d'hydrogène, H ; un atome d'oxygène, O), lesquels sont caractérisés de manière univoque par leur *numéro atomique*  $Z$  qui correspond au nombre de protons contenus dans le noyau. De fait, tout atome est constitué d'un **noyau** (environ 10 000 fois plus petit que l'atome lui-même et responsable par ailleurs de la quasi-totalité de sa masse) et d'**électrons** extrêmement légers qui « gravitent » autour du noyau à une distance relativement importante par rapport au rayon de ce dernier. Un atome d'un élément neutre de numéro atomique  $Z$  contient  $Z$  électrons porteurs d'une charge  $-1$ . Le noyau correspondant est constitué de **nucléons** :  $Z$  **protons** (de charge  $+1$ ) et  $A-Z$  **neutrons** (de charge nulle),  $A$  étant le *nombre de masse* de l'espèce considérée. Les atomes d'un élément donné peuvent en effet se présenter sous la forme de divers *isotopes* qui diffèrent simplement par le contenu en neutrons de leurs noyaux.

---

Timbre israélien de 1968, indiquant qu'outre l'isotope 16 (majoritaire) de l'oxygène, il existe aussi des **isotopes** 17 (0,038 %) et 18 (0,204 %).

---



On sait à l'heure actuelle que les nucléons sont eux-mêmes constitués d'un tiercé de **quarks** du type  $u$  (*up*) et  $d$  (*down*), lesquels sont porteurs de charges électriques fractionnaires ( $u^{+2/3}$ ,  $d^{-1/3}$ ). Un proton est composé de trois quarks confinés  $uud$  ( $+\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$ ), tandis qu'un neutron résulte de l'assemblage  $udd$  ( $+\frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} = 0$ ).

Certains atomes élémentaires existent à l'état libre : c'est le cas des gaz nobles tels que He, Ne, Ar, etc. Quant aux autres, on les trouve assemblés grâce à des liaisons chimiques et il s'agit alors de **molécules**. Si les molécules d'une substance pure sont constituées d'atomes différents (comme pour l'eau, dont la formule moléculaire est H – O – H ou H<sub>2</sub>O), on dit que celle-ci est un **corps composé**. Un corps composé peut, précisément, être « décomposé » en ses constituants grâce à certains procédés particuliers (Exemple : l'électrolyse de l'eau, qui permet de décomposer

les molécules  $H_2O$  en hydrogène et en oxygène). Lorsque, par contre, les molécules d'une substance pure sont formées par des atomes de même type, on parle de **corps simple** [Exemples : l'hydrogène et l'oxygène, que l'on recueille lors de l'électrolyse de l'eau, sont des molécules biatomiques ( $H_2$  et  $O_2$ )].

## La nucléosynthèse dans les chaudrons stellaires

### LE *BIG BANG*

L'Univers visible semble constitué des mêmes 92 éléments que l'on retrouve sur notre Terre. Mais sa masse est essentiellement constituée d'hydrogène ( $Z = 1$ , 73 %) et d'hélium ( $Z = 2$ , 25 %), la totalité des autres éléments n'y intervenant qu'à raison de 2 %. Et dans cette fourchette de 2 % – dans laquelle figure, entre autres, la matière solide de la Terre –, on constate que le lithium ( $Z = 3$ ), le béryllium ( $Z = 4$ ) et le bore ( $Z = 5$ ) sont extrêmement rares. C'est donc à partir de  $Z = 5$  que les abondances des autres éléments sont significatives : celles-ci diminuent toutefois progressivement lorsqu'on progresse vers les éléments de plus en plus lourds, avec un curieux sursaut aux alentours de l'élément fer ( $Z = 26$ ).

La matière a émergé du vide (un espace à quatre dimensions que l'esprit humain est incapable de concevoir), il y a environ 15 milliards d'années, à la suite d'un phénomène *quantique* exceptionnel : l'explosion d'une masse ponctuelle d'une densité et d'une température inouïes qui contenait les précurseurs hypermassifs des particules élémentaires (électrons, quarks, etc.) dans un bain de photons opaques.

---

Monseigneur Georges Lemaître, homme d'Église, scientifique carolorégien (1894-1966), était professeur d'astrophysique à l'Université catholique de Louvain. Il a formulé, en 1931, sa remarquable « **Hypothèse de l'atome primitif** » selon laquelle l'Univers, hyperdense à l'origine, serait entré en expansion à la suite d'une explosion. Cette explosion fut qualifiée de **Big Bang** par Fred Hoyle, un de ses collègues britanniques, dans un esprit de dénigrement. La pertinence du modèle de Monseigneur Lemaître a été tout à fait établie par la suite. Le voici photographié en 1934. (Avec l'obligeance de Liliane Moens, « Archives Lemaître », UCL, Institut d'Astronomie et de Géophysique G. Lemaître, Louvain-la-Neuve.)

---



Cette explosion, le *Big Bang*, fut créatrice d'une énergie thermique colossale avec pour corollaire l'amorçage brutal de l'expansion de

l'Univers – ou récession des galaxies – dont le rayon s'est accru d'un facteur  $10^{30}$  en  $10^{-35}$  seconde. On estime qu'une seconde après le Big Bang, l'Univers devait afficher une température se situant aux alentours de  $10^{10}$  K et que les quarks s'étaient confinés en protons ( $uud$ ) et en neutrons ( $udd$ ). L'expansion de la masse gazeuse se poursuivant, la température chuta bientôt à  $10^9$  K<sup>1</sup> : à ce moment, les protons (noyaux d'hydrogène  $^1_1\text{H}$ ) sont capables de se combiner à un, voire à deux neutron(s), ce qui engendre deux nouveaux types de noyaux atomiques deux (ou trois) fois plus lourds, à savoir des deutérons ( $^2_1\text{H}$ , un isotope de l'hydrogène dont le nombre de masse  $A$  est égal à 2) ou des tritons ( $^3_1\text{H}$ , autre isotope de l'hydrogène avec  $A = 3$ ). L'adjonction d'un proton à ces noyaux de deutérium ou de tritium, correspond à la synthèse des noyaux d'hélium ( $^3_2\text{He}$  et  $^4_2\text{He}$ , respectivement). Ainsi, quelques minutes après le Big Bang, le résultat des *fusions* thermonucléaires était principalement la formation d'une poussière cosmique constituée de noyaux d'hélium dans un large surplus de noyaux d'hydrogène, ce qui correspond aux 98 % observés actuellement de la masse de l'Univers.

## NAISSANCE DES ÉTOILES

Les choses en restèrent là pendant des millions d'années, l'Univers continuant à se refroidir et à s'étendre. Ce faisant, certaines régions de l'espace se trouvaient plus denses en matière gazeuse que d'autres et donc sensibles à la force attractive de la gravité : la compression gravitationnelle, exothermique<sup>2</sup>, de ces zones gazeuses aboutit à la naissance d'étoiles, dont le cœur accuse une masse volumique de  $100 \text{ g cm}^{-3}$  et une température de  $10^7$  K. Une étoile n'est pas un objet banal. On peut la comparer à un « soufflé » dans un four en ce sens qu'il s'agit d'une sphère de matière gazeuse dont la tendance à la contraction par gravité est contrecarrée par la pression du gaz chaud qui la dilate. Mais comment les étoiles font-elles pour entretenir cette température et pour briller ? À la température du cœur des étoiles naissantes ( $10^7$  K), les protons acquièrent suffisamment d'énergie cinétique pour surmonter la répulsion mutuelle de leurs charges électriques et pour amorcer des réactions de *fusion* thermonucléaire. Globalement, et selon un mécanisme actuellement bien connu, quatre protons ( $^1_1\text{H}$ ) sont transformés en hélium ( $^4_2\text{He}$ ), avec une légère perte de masse convertie en une énergie considérable ( $E = mc^2$ ), estimée à 26 MeV par noyau d'hélium produit. Une étoile telle que notre

1 Une masse gazeuse qui réalise une expansion d'elle-même se refroidit. Pour preuve, lors de l'emploi d'un extincteur à  $\text{CO}_2$ , on obtient de la neige carbonique à la suite de la *détente adiabatique* du gaz.

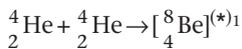
2 La compression d'une masse gazeuse est exothermique. Pour preuve, lorsqu'on gonfle les pneus d'une bicyclette à l'aide d'une pompe à piston, on se rend compte que la pompe *chauffe* lors de son actionnement.

Soleil, par exemple, transforme ainsi, chaque seconde, 600 millions de tonnes de protons en hélium, ce qui libère 20 millions de fois plus d'énergie que la combustion d'une quantité équivalente de charbon. C'est cette énergie qui sert de force expansive empêchant l'étoile de s'effondrer sur elle-même. Le « soufflé » pourra ainsi subsister tant que cet équilibre sera maintenu, c'est-à-dire tant qu'il y aura du combustible nucléaire en suffisance, en l'occurrence des protons à fusionner à ce rythme endiablé ! Ceci peut durer plusieurs *milliards* d'années !

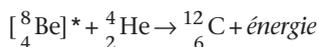
## LA GÉANTE ROUGE

Une étoile, à un âge très avancé, est donc composée d'un cœur d'hélium qui agit comme les cendres d'un feu en ce sens qu'il est incapable, à la température existante, de réaliser des fusions nucléaires (en raison de la plus forte répulsion électrostatique entre les noyaux d'hélium de charge +2). Certes, il existe encore autour de ce cœur une enveloppe d'hydrogène, mais celui-ci n'est plus en mesure de fusionner qu'à l'interface cœur-enveloppe, de sorte que la pression interne de l'étoile n'est plus capable de compenser la pression gravitationnelle : dès lors, le « soufflé » s'effondre ! Cette contraction du cœur a pour effet d'en élever la masse volumique jusqu'à  $10 \text{ kg cm}^{-3}$  ainsi que la température jusqu'à  $2 \times 10^8 \text{ K}$ , ce qui provoque une dilatation considérable de l'enveloppe. Celle-ci se refroidit donc et émet son énergie dans le rouge : l'étoile devient une *géante rouge* ! À la température de  $2 \times 10^8 \text{ K}$ , de nouvelles réactions exothermiques de fusion thermonucléaire s'enclenchent dans le cœur de l'étoile :

- La fusion de l'hélium, aboutissant à la formation de noyaux de carbone via un isotope instable du béryllium :

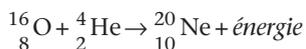
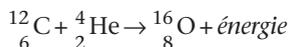


puis,



N.B. : Dans toute équation décrivant une réaction nucléaire, la somme des nombres de masse  $A$  (figurant en indice supérieur à gauche du symbole de l'élément) et celle des numéros atomiques  $Z$  (figurant en indice inférieur à gauche du symbole de l'élément) doivent être les mêmes des deux côtés.

- Le carbone ainsi produit peut également réaliser une fusion avec un autre noyau d'hélium, ce qui crée des noyaux d'oxygène et ainsi de suite :




---

1 Durée de vie :  $10^{-6} \text{ s}$

Ces réactions exothermiques stabilisent à nouveau la masse stellaire vis-à-vis de sa contraction gravitationnelle. Un nouvel équilibre s'est établi, qui pourra durer des *millions* d'années !

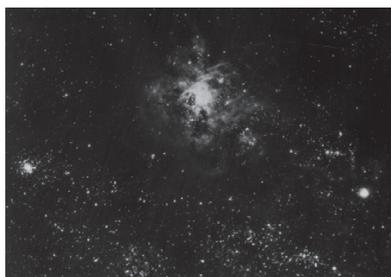
## EFFONDREMENTS EN CASCADE

Après déplétion de l'hélium, la géante rouge est incapable de fusionner ses noyaux de carbone, d'oxygène, etc. car son énergie thermique est insuffisante pour compenser les répulsions électrostatiques. Le cœur se refroidit dès lors peu à peu, provoquant un nouvel effondrement de l'étoile : cette fois, sa masse volumique atteint  $500 \text{ kg cm}^{-3}$  et sa température s'élève à  $7 \times 10^8 \text{ K}$ , ouvrant la voie à de nouvelles possibilités de fusion des noyaux de carbone et d'oxygène aboutissant à la synthèse de noyaux de sodium ( $Z = 11$ ), magnésium ( $Z = 12$ ) et silicium ( $Z = 14$ ). Ce type de processus se répète ensuite de manière séquentielle mais avec des laps de temps de plus en plus courts : épuisement du combustible nucléaire, suivi d'effondrement et de réchauffement, ce qui permet de « brûler » successivement du néon, du silicium, etc., créant ainsi – moins par fusion proprement dite de noyaux (de plus en plus répulsifs) que par *capture de noyaux d'hélium* – des noyaux de phosphore ( $Z = 15$ ), de soufre ( $Z = 16$ ), d'argon ( $Z = 18$ ), de calcium ( $Z = 20$ ) et ainsi de suite jusqu'au fer ( $Z = 26$ ). Cette chaîne de réactions s'arrête aux alentours du noyau  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ , le noyau naturel le plus stable, car au-delà, les processus nucléaires deviennent *endothermiques*. On comprendra qu'à chaque étape de l'évolution de l'étoile, la synthèse de nouveaux noyaux devient de moins en moins efficace parce que de plus en plus diversifiée, ce qui explique l'abondance décroissante des éléments au prorata de l'accroissement de leur numéro atomique, hormis le cas du fer dont la stabilité particulière explique son accumulation privilégiée.

## MORT CATAclysmique DE L'ÉTOILE : IMPLOSION SUIVIE DE L'EXPLOSION D'UNE SUPERNOVA

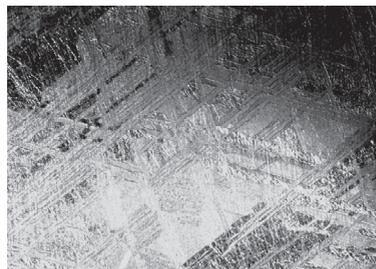
L'étoile a ainsi finalement acquis une structure en pelures d'oignon avec un cœur de fer. Dès que celle-ci a épuisé son dernier combustible nucléaire, son cœur s'effondre brutalement, en quelques dixièmes de seconde, et cette fois la température, au lieu d'augmenter, *diminue* : en effet, l'importante densité du cœur provoque des *captures d'électrons* par les protons, ce qui aboutit à la formation de neutrons et à l'expulsion de neutrinos, sorte de « transpiration finale » de l'étoile à l'agonie, ce qui en explique le refroidissement. L'effondrement se poursuit ainsi jusqu'à ce que la masse volumique atteigne 100 millions de tonnes par centimètre-cube ( $10^{14} \text{ g cm}^{-3}$ ) dans la partie centrale du cœur, c'est-à-dire jusqu'à l'accolement maximum des

protons et des neutrons. Mais comme la partie externe de l'étoile continue à s'effondrer sur ce cœur, en le comprimant au-delà du possible, il s'ensuit un rebond de nature explosive, une onde de choc supersonique et une chaleur inouïe qui provoquent l'éjection dans l'espace (formation d'une *nébuleuse*) d'un bon nombre de ses noyaux, en grande partie fragmentés en neutrons rapides. Comme ces neutrons sont dépourvus de charge électrique, ils peuvent être aisément *capturés* par les divers noyaux préexistants, sans aucune contrainte électrostatique. En cas de capture trop importante de neutrons, lesdits noyaux se transforment alors par émission  $\beta$  (conversion au sein de ceux-ci d'un neutron en un proton, ce qui augmente d'une unité leur numéro atomique  $Z$ ) de manière à devenir les noyaux des éléments supérieurs tels qu'on les rencontre actuellement : c'est ainsi que sont synthétisés les éléments les plus lourds. Le fer est transmuté en cobalt (Co,  $Z = 27$ ), en or (Au,  $Z = 79$ ) et celui-ci devient du plomb (Pb,  $Z = 82$ ), etc. jusqu'à obtenir de l'uranium (U,  $Z = 92$ ). Au-delà, les noyaux obtenus se fragmentent par des réactions de *fission* nucléaire, ce qui fait qu'on ne les rencontre pas à l'état naturel. Ainsi, l'explosion d'une supernova ensemele l'espace interstellaire (beaucoup plus froid) des divers noyaux atomiques qui, par capture d'un nombre approprié d'électron(s), deviennent des atomes élémentaires neutres ainsi que des molécules. Ces atomes et ces molécules se recondensent enfin par gravité pour former des météorites, des planètes (dont la Terre), voire des étoiles de seconde génération.



Photographie obtenue le 28 février 1987, soit 4 jours après la découverte de l'explosion de la **supernova** du Grand Nuage de Magellan. On y voit la nébuleuse de la Tarantule (au centre) ; la supernova du Grand Nuage de Magellan est l'objet brillant en bas à droite. Photo obtenue par l'astronome belge Henri Debehogne (Observatoire Royal de Belgique) à l'aide d'un des télescopes de l'Observatoire Européen Austral, situé à La Silla, à 2 400 m d'altitude, dans les Andes chiliennes. (Avec l'obligeance de Jacques Sauval, astrophysicien à l'Observatoire Royal de Belgique.)

Objet de l'espace interplanétaire : cette **météorite** de Gibéon (Namibie) a été érodée de manière à faire apparaître les **figures** dites **de Wittmanstätten**, qui constituent une des preuves de son origine extraterrestre. Il s'agit des plans d'intersection de tétraèdres formés par les alliages alternés de kamacite et de taénite, qui sont tous deux des alliages de fer et de nickel, mais dans des proportions différentes. (Avec l'obligeance du Dr. Nicolas Mouravieff, Chef de travaux, Département de géologie et de géographie de l'Université catholique de Louvain.)



## Le tableau de Mendeleïev est enfin complet !

Souvenir cauchemardesque pour certains, le tableau de Mendeleïev doit en réalité être considéré comme la merveille fondamentale de l'Univers ! À présent, toutes les cases sont remplies, ce qui conforte le caractère génial de la classification des éléments entreprise par ce brillant chimiste, alors qu'il cherchait tout simplement à rendre plus didactique le manuel de chimie qu'il rédigeait vers la fin des années 1860. Où que l'on regarde dans l'Univers, les éléments chimiques sont ceux qui se retrouvent dans ce fameux tableau !

Cette 3<sup>e</sup> édition totalement réactualisée cible de manière originale et pertinente divers aspects souvent éparpillés de la classification périodique des éléments chimiques et présente le tout de manière cohérente et agréable à lire, grâce notamment à sa très riche iconographie.

On y retrouve l'origine cosmique des éléments (du Big Bang au supernovae), les faits historiques – avec les avancées et les reculs – qui ont conduit à la loi périodique, le pourquoi, c'est-à-dire la mélodie secrète du tableau avec les propriétés qui en découlent et pour terminer, une description des applications les plus intéressantes des divers éléments ainsi que leur étymologie.

### PAUL DEPOVERE

Professeur émérite à l'université catholique de Louvain (UCL-Bruxelles) et à l'université Laval (Québec), il est le traducteur réputé de plusieurs grands traités de chimie et l'auteur de nombreux ouvrages de vulgarisation scientifique, parmi lesquels deux BD consacrées à la chimie générale et à la chimie organique.

ISBN : 978-2-8073-2984-3



9 782807 329843

deboeck **B**  
SUPÉRIEUR

www.deboecksuperieur.com