

# Élémentaire & Passeport pour les deux Infinis

*Two outreach projects based on written material in French*

October 14<sup>th</sup> 2010, EPPOG Meeting, CERN

Nicolas Arnaud ([narnaud@lal.in2p3.fr](mailto:narnaud@lal.in2p3.fr))

Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (CNRS/IN2P3)



# Élémentaire in a nutshell

- **Élémentaire** (« Elementary ») is an **outreach journal dedicated to particle physics**
- Website: <http://elementaire.web.lal.in2p3.fr>
- **8 issues** (> 64 pages, color, A4) published since 2003  
→ The *last* issue was released a few weeks ago
- **No self-promotion**
- Goals have always been **objectivity, accuracy** and **clarity**
- **Common thread** over the years: the **LHC**
- **Each issue has a main theme**  
→ e.g. ‘Beyond the Standard Model’ for the last one
- **Recurring articles** come back in each issue  
→ History, Experiment, Accelerator, etc.
- **Editorial team** is currently **8 people** with external localized contributions
- **End of the current publishing cycle, as originally planned:**
  - The LHC is finally starting up & we covered all the topics we wanted to  
→ **The website will remain active**



# The Passeport in a nutshell

- The **Passeport pour les deux infinis** (« Passport to the two infinities ») is a new **global outreach project** aiming at providing the general public access to the current state of the art in **particle physics, cosmology** and **astrophysics**
- Website: <http://www.passeport2i.fr>
- **Cornerstone**: a **reversible book** edited by a team of **7 people (50+ contributors)**
- Funding agencies (CNRS, CEA, etc.) bought **2500 copies** which are **given for free to teachers/lecturers** willing to use this material for their courses
- Book also edited in the shops by the well-known French scientific editor **Dunod**
- **Association** created to use the royalties and to develop the project
- **Several other actions** ongoing or scheduled: **conferences, teaching tutorials**, etc.



# ÉLÉMENTAIRE

De l'infiniment petit à l'infiniment grand

# Élémentaire

## Recurring 8-puzzle shape for the covers

- **Target:** general audience with end of high-school scientific knowledge
- **N1:** From the atom to the nucleus
- **N2:** The neutron
- **N3:** The cosmic rays
- **N4:** The color of the particles
- **N5:** The neutrinos
- **N6:** The Standard Model
- **N7:** When the Universe bangs
- **N8:** Towards the beyond
- **All material available for free download on the website**
- **Copy cost: 3 euros postage paid**  
→ A few hundred subscribers
- **A few 1000's copies printed per issue**  
→ Paid by funding agencies and sponsors (Ecole Polytechnique, etc.)



# Table of Contents

- Each issue opened by a 1-page editorial  
→ Presentation of the articles in current issue
- 15 recurring articles in each issue
  - Apéritif (« Starter »)
  - Histoire (« History »)
  - Interview
  - Centre de recherche (« Research center »)
  - Expérience (« Experiment »)
  - Détection (« Detecting »)
  - Retombées (« Spin-offs »)
  - Analyse (« Analysis »)
  - Accélérateurs (« Accelerators »)
  - Découvertes (« Discoveries »)
  - Théorie (« Theory »)
  - La question qui tue (« The killer question »)
  - Énergie nucléaire (« Nuclear energy »)
  - Le LHC
  - ICPACKOI (« WATAPEND » !?)

**ÉLÉMENTAIRE**  
De l'infiniment petit à l'infiniment grand

	<b>Apéritif</b> p.4 L'archéologie cosmique : reconstruire l'histoire de notre univers		<b>Accélérateurs</b> p.47 Un sujet très sérieux : les accélérateurs co(s)miques
	<b>Histoire</b> p.9 Petite histoire de la cosmologie		<b>Découvertes</b> p.53 Le rayonnement fossile
	<b>Interview</b> p.14 Jean-Loup Puget		<b>Théorie</b> p.59 Le modèle cosmologique standard
	<b>Centre de recherche</b> p.19 Observatoires d'ondes gravitationnelles		<b>La question qui tue</b> p.77 Combien pèse le vide ?
	<b>Expérience</b> p.29 La mission Planck		<b>Énergie nucléaire</b> p.81 ITER : vers une future source d'énergie ?
	<b>Détection</b> p.34 Bolomètres		<b>actualités</b>
	<b>Retombées</b> p.37 Le GPS		<b>Le LHC</b> p.67 Démarrage du LHC : le 10 septembre 2008
	<b>Analyse</b> p.42 Transformée de Fourier et applications au CMB		<b>ICPACKOI</b> p.71 GLAST : une nouvelle « star » dans le ciel PAMELA : alerte aux positrons !

**Abonnement** : faites votre demande d'abonnement sur le serveur : <http://elementaire.web.lal.in2p3.fr> ou à l'adresse : Groupe Élémentaire LAL, Bât 200, BP 34, 91898 Orsay cedex. Numéro 8 (port inclus) : 3 euros, chèque libellé à l'ordre de « AGENT COMPTABLE SECONDAIRE DU CNRS ». Pour les administrations les bons de commande sont bienvenus.  
Contact : [elementaire@lal.in2p3.fr](mailto:elementaire@lal.in2p3.fr)



# A double-page from N6

Picture

Main text of the article

Cartoon

Explanatory box



## Le rayonnement synchrotron

## Le rayonnement synchrotron



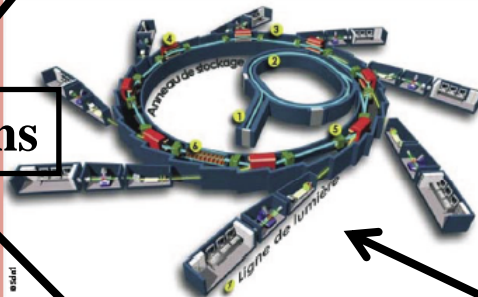
Structure d'une sous-unité du ribosome (molécule faite de protéines et d'acide nucléiques présente dans toutes les cellules et qui permet de synthétiser les protéines en décodant l'information contenue dans l'ARN messager). L'organisation de cette macro-molécule constituée de dizaines de milliers d'atomes, a pu être élucidée grâce au rayonnement synchrotron de l'ESRF situé à Grenoble (Élémentaire N°1).

et temporelle. Il peut ainsi être comparé à un laser accordable sur une grande gamme de fréquences spectrales.

Pour observer la matière à l'échelle de l'atome, il faut une « sonde » dont la taille caractéristique soit du même ordre de grandeur. C'est typiquement le domaine des rayons X, dont la longueur d'onde varie de quelques picomètres à quelques dizaines de nanomètres. Selon la longueur d'onde du faisceau incident et les techniques d'analyse mises en œuvre, les utilisations de la lumière synchrotron sont extrêmement variées, allant de la physique fondamentale à la recherche industrielle en passant par la chimie, l'électronique, la biologie, la santé et l'archéologie. Voici quelques exemples :

- Physique atomique, moléculaire, chimie et sciences de la vie : les radiographies faites avec des faisceaux de rayons X très intenses permettent de reconstruire la structure tridimensionnelle de molécules contenues dans des échantillons microscopiques ou bien d'analyser des éléments ultra-dilués, ou encore de suivre en direct des réactions chimiques sur des échelles de temps extrêmement courtes (inférieures à la nanoseconde). Les fonctions des protéines, qui sont de grosses molécules, dépendent de leur structure tridimensionnelle. D'autre part, le rayonnement synchrotron, s'il n'est pas trop intense, permet d'étudier des échantillons de matière vivante sans les détruire.

- Structure électronique des matériaux et nanostructures : les nanomatériaux, c'est-à-dire les matériaux faits de quelques couches d'atomes, occupent une place de choix dans ces expériences en raison de leurs applications industrielles. La lumière synchrotron est utilisée pour étudier la structure géométrique et électronique des surfaces des nouveaux nanomatériaux fabriqués.



Principe de fonctionnement de SOLEIL

Un faisceau d'électrons fin comme un cheveu, émis par un canon à électrons, est d'abord accéléré dans un accélérateur linéaire de 16 m de long. Les électrons atteignent une vitesse très proche de celle de la lumière et un premier niveau d'énergie : 100 MeV. À ce stade, cette première accélération, le faisceau d'électrons est dirigé vers un deuxième accélérateur circulaire, appelé booster, qui porte leur énergie à la valeur de fonctionnement de SOLEIL soit 2,75 GeV. Les électrons sont alors injectés dans l'anneau de stockage de 354 mètres de circonférence. Ils y circulent et tournent pendant plusieurs heures. Là, des dispositifs magnétiques, les dipôles (aimants de courbure) et les onduleurs (succession d'aimants créant des champs magnétiques de directions alternées), dévient la trajectoire des électrons ou les font osciller. Ces derniers perdent alors de l'énergie sous forme de lumière : c'est le rayonnement synchrotron, qui est dirigé, sélectionné et conditionné par des systèmes optiques vers les 25 stations expérimentales situées au bout des lignes de lumière.

- Chimie et pharmacie : de grandes entreprises pharmaceutiques bénéficient du rayonnement synchrotron pour leurs activités de recherche de nouveaux principes actifs, à partir de la visualisation à l'échelle atomique des interactions protéine-molécule. Deux autres activités sont en plein développement : l'analyse des médicaments sous forme de poudres et le suivi des effets de traitements sur les tissus.

- Sciences de la terre, environnement et patrimoine : l'analyse d'échantillons archéologiques, par nature très hétérogènes et fragiles, se fait déjà à l'aide de la lumière synchrotron. D'autres applications comme l'étude de sols contaminés par des particules radioactives ou la modélisation des phénomènes naturels tels que les volcans ou les avalanches sont au programme des installations de lumière synchrotron.



Vue aérienne de SOLEIL en mars 2007

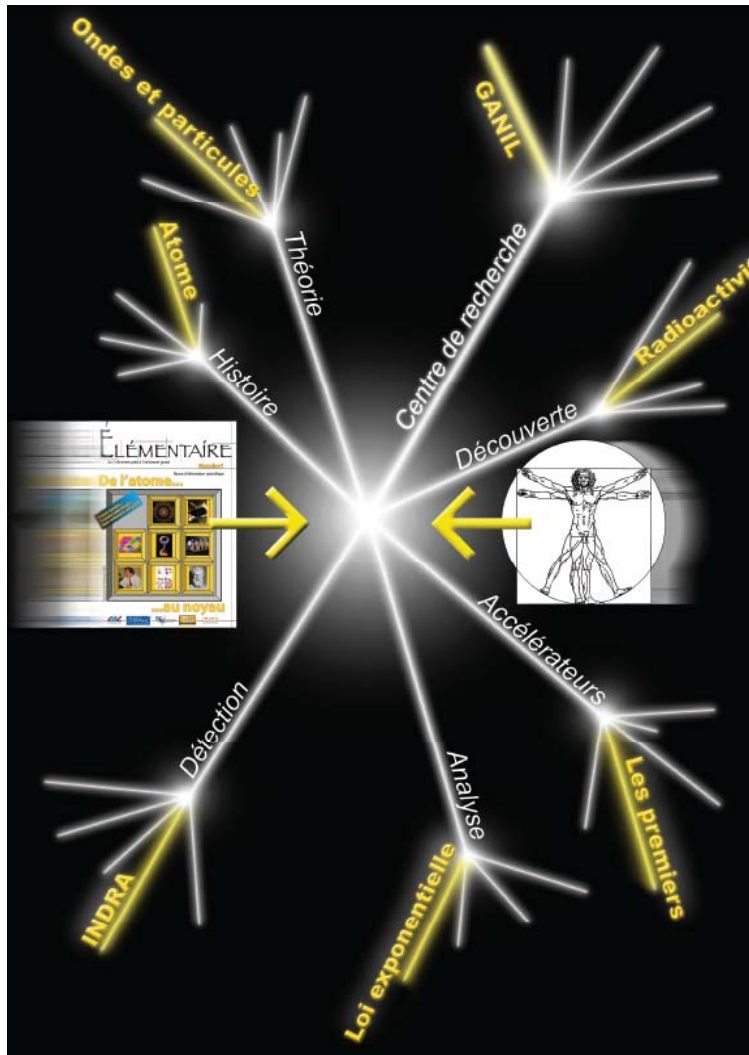
SOLEIL (Source Optimisée de Lumière d'Énergie Intermédiaire du LURE) est un centre de recherche implanté sur le Plateau de Saclay à Saint-Aubin (Essonne). Ce laboratoire a remplacé le LURE (Laboratoire d'Utilisation du Rayonnement Electromagnétique), créé dans les années 1970 sur le site de l'Université Paris-Sud 11, où ont été développées de nombreuses recherches sur l'utilisation du rayonnement synchrotron. L'ESRF (European Synchrotron Radiation Facility), autre centre de rayonnement synchrotron, implanté à Grenoble, et auquel la France contribue à hauteur de 25%, ne permettait pas de couvrir l'ensemble des besoins de la communauté scientifique française. La construction de SOLEIL a débuté en 2001. Les accélérateurs sont opérationnels depuis mi-2006. Depuis lors, 14 des 25 lignes de lumière ont reçu leurs premiers photons. Plusieurs dizaines d'autres sources de rayonnement synchrotron existent de par le monde, souvent au sein de centres de recherche en physique subatomique : outre l'ESRF à Grenoble citons, entre autres, Diamond au Rutherford Appleton Laboratory (Royaume-Uni), l'Advanced Photon Source (APS) à Argonne (États-Unis), mais aussi Swiss Light Source (SLS), Villigen (Suisse), le Beijing Synchrotron Radiation Facility (BSRF) à Beijing (Chine)...

Captions

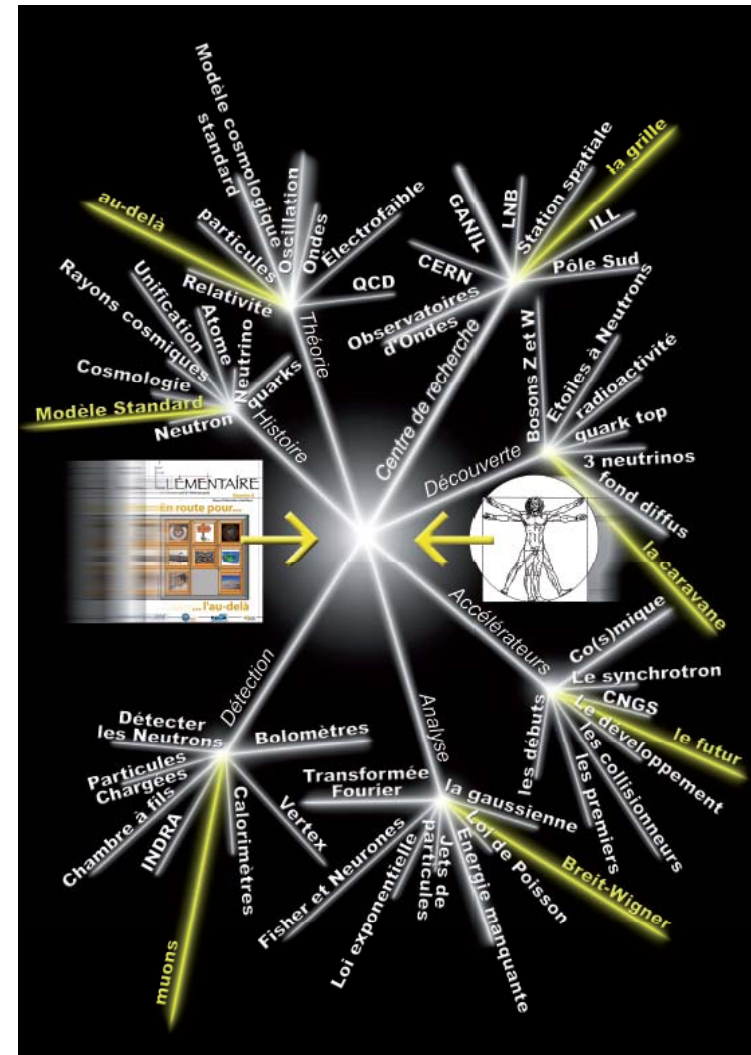
Diagram

# Élémentaire

- Back covers show the table of contents with a « colliding particles » design



N1 → N8





# Editing Élémentaire

- (Almost-) **weekly meetings** to discuss the status of the current issue
- **Global definition of the 8 issues done at the start of the project**
  - Adjustments over time
    - **Table of contents reviewed** at the start of a new issue
    - **Section dedicated to recent news** ( $B_s$  mixing, Pamela, etc.)
- **1-2 main authors per article**
- **Article rereading by the whole editorial team**
  - Most of the time we're not experts in the field covered by the article!
- **Iterations until convergence**
- **A large fraction of the diagrams/pictures re-done/adapted**
- **Aim: to clearly identify all copyrighted material**
  - Rule not easy to follow in practice
- **Page setting done with InDesign**
- **Accurate proof-readings** before sending out the new issue for printing
- **All steps done on a voluntary basis in addition to regular work**
  - **Not much support beyond the money needed to print the issues**

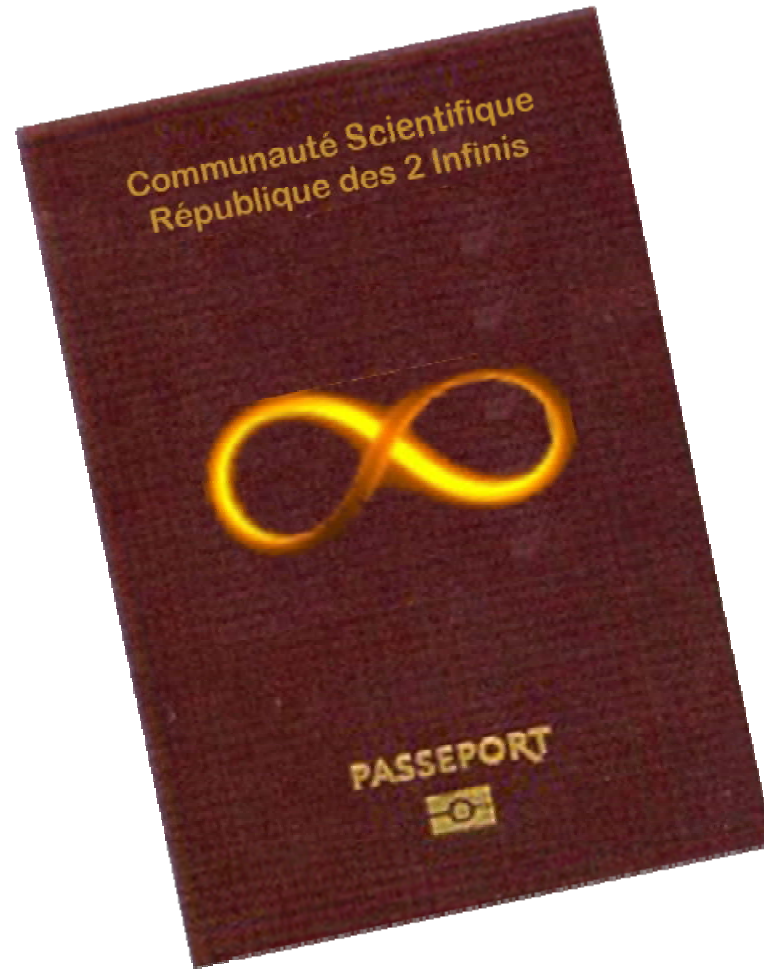
# Élémentaire

- The « survivors » of the long 8-issue journey:
  - NA, Sébastien Descotes-Genon, Lydia Fayard, Hélène Kerec,  
Patrick Roudeau, Jean-Antoine Scarpaci, Julien Serreau, Marie-Hélène Schune
  - **Experimental** and **theoretical physicists** 😊
- Editorial team from **4 different CNRS labs** (APC, IPN, LAL, LPT)
- Localized contributions of people from several other labs
- Funding agencies and sponsors



- **A fun adventure**: we learnt a lot from colleagues on other aspects of physics
- **But also a burden**: weekly meetings, deadlines, several readings and proofreadings...
- With the initial goal achieved, the team will disband: **impossible to disentangle the name "Élémentaire" from its authors and the underlying project**
- **Articles can be downloaded and copies ordered from the website**
- Contact e-mail: [elementaire@lal.in2p3.fr](mailto:elementaire@lal.in2p3.fr)

# Passeport pour les deux infinis



# Passeport pour les deux infinis

- **Targets:** teachers, students and the general audience
- **A great title:** the concept of the « two infinities » has a scientific validity while it strikes a cord in the media and in the people's mind
- **THE idea:** to write a reversible book
  - Arouse the curiosity of potential readers
  - Make them want to open the book
- **The project is more than just a book**
  - Additional material made by and for teachers (pedagogical notes, a DVD...)
  - Conferences & training sessions
  - Use of the web (site, forum, 2<sup>nd</sup> life...)
- **Starting now:** book released end of August
  - Goal is to travel with the 'passport in the pocket' for years!
- **An open project** by definition
  - Various ways to contribute to it: circulation, publicity, conferences...
  - Its development requires manpower in addition to the book editorial team



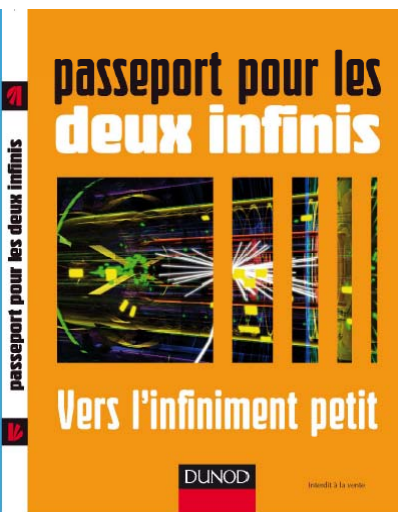


# The book: table of contents

**VERS L'INFINIMENT GRAND** : L'astronomie. Ar-  
penter l'Univers. La lumière. Les autres messagers.  
Les forces dans l'Univers. Les planètes. Les étoiles.  
Les supernovae. L'origine des atomes dans l'Uni-  
vers. Les trous noirs. La banlieue des trous noirs. Les  
rayons cosmiques. Les galaxies. Les amas de ga-  
laxies. Les âges sombres de l'Univers. Le rayonne-  
ment de fond cosmologique. La nucléosynthèse  
primordiale. L'antimatière dans l'Univers. La ma-  
tière noire. L'énergie noire. L'inflation. Le Big-bang.  
ANTARES. L'observatoire Pierre Auger. EDELWEISS.  
Fermi. Herschel. HESS. INTEGRAL. JWST. LOFAR.  
LSST. Planck. SOHO. Virgo. VLT. XMM-Newton.



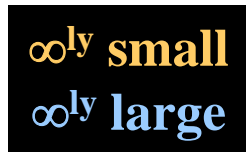
**VERS L'INFINIMENT PETIT** : Une particule, c'est  
gras comment ? Du détecteur à la mesure. Les  
forces fondamentales. Une formule célèbre  $E =$   
 $Mc^2$ . De l'atome au noyau. Les noyaux, Protons et  
neutrons. Zoologie des noyaux atomiques. Les  
quarks. La soupe de quarks et de gluons. Les accé-  
lérateurs de particules. Le photon. Les neutrinos.  
L'antimatière. Le Modèle Standard. Le boson de  
Higgs. Au-delà du Modèle Standard. L'unification  
des forces. La gravitation-quantique. Les coulisses  
d'une expérience. Le LHC. Les chasseurs de parti-  
cules. La soupe primordiale de l'Univers. Des détec-  
teurs au top. Comprendre l'antimatière. Les neu-  
trinos de Chooz. L'expérience NEMO. L'après LHC.





# More on the book

- One colour tone for each side



- Articles are 2 pages each  
→ About 3,000 signs

- A common progress on both paths:  
Concepts → Current experiments  
→ A few applied notes → Glossary

- Up to one picture/diagram per page
  - Done from scratch or adapted from existing material
  - Improved/made uniform by professionals from the editor Dunod
  - Credits properly accounted for

- No significant difference between the 'free' (= paid by funding agencies) and commercial versions



**L'ORIGINE DES ATOMES DANS L'UNIVERS**

Les atomes qui constituent le support matériel de toute chose, y compris de nous-mêmes, sont le fruit du labeur de générations et de générations d'étoiles, véritables moteurs de l'évolution de la matière dans l'Univers.

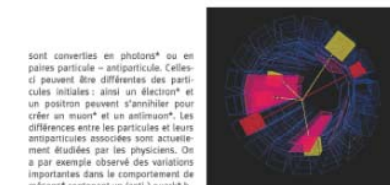
Les premiers noyaux d'atomes ayant émergé du Big-bang (hydrogène et hélium) ont servi de combustible aux réacteurs nucléaires que sont les étoiles. Les conditions physiques qui régissent au sein des coeurs stellaires (température, pression) sont favorables à la formation des noyaux complexes. Selon leur masse initiale et leur stade d'évolution, les étoiles mettent en œuvre les processus de synthèse des noyaux – ou nucléosynthèse – que les physiciens nucléaires ont envisagés depuis les années 1950.

Une fois synthétisés et éjectés dans le milieu environnant, les noyaux s'entourent d'électrons pour devenir atomes, qui eux-mêmes s'assemblent en molécules. Aujourd'hui, après 13,7 milliards d'années d'évolution, la matière atomique est composée surtout d'hydrogène (90% en nombre d'atomes), d'un peu d'hélium (environ 10%) et d'une pincée de tous les autres éléments. C'est toutefois cette pincée d'atomes complexes qui a permis l'écllosion de la vie et de la conscience.

Les étoiles mettent en œuvre différents processus nucléaires (fusion de l'hydrogène et de l'hélium) pour former des noyaux plus complexes. À la fin de leur évolution (durée : 10<sup>7</sup> ans), les étoiles d'une masse comparable à celle du Soleil laissent s'évaporer leur enveloppe. Il se forme alors une nébuleuse planétaire\* où se retrouvent certains des noyaux produits dans le coeur. Des milliers d'années plus tard, la nébuleuse\* s'est complètement diluée et les noyaux nouvellement synthétisés se retrouvent disséminés dans le milieu interstellaire.

Les conditions au coeur des étoiles de masse supérieure à 8 à 10 M<sub>☉</sub> (une température de l'ordre de 10<sup>8</sup> à 10<sup>9</sup> K), sont propices à des processus de fusion nucléaire\* qui font intervenir des noyaux plus lourds, comme le carbone, l'oxygène, le néon et le silicium. Au terme de leur brève évolution (des millions d'années), ces étoiles explosent en supernovae. Les couches externes sont violemment expulsées. L'onde de choc\* engendrée par l'explosion allume dans ce milieu toute une série de nouvelles réactions nucléaires avec libération massive de neutrons. Ces derniers, en se greffant sur les noyaux préexistants, produisent alors tout le cortège des noyaux lourds, jusqu'à l'uranium.

En pulvérisant la majeure partie des cœurs stellaires, les supernovae répandent au loin les noyaux synthétisés au cours des phases antérieures de fusion nucléaire ainsi que ceux produits dans les premiers instants de la phase explosive. Tous ces nouveaux noyaux se retrouvent dans le milieu interstellaire où ils ensèmentent les matrices des futures générations d'étoiles. Usées où se fabriquent les noyaux atomiques jusqu'aux plus lourds, agents plus qu'efficaces de leur dispersion, les étoiles massives sont bien les acteurs principaux de l'enrichissement de l'Univers en noyaux de plus en plus complexes, y compris ceux des atomes nécessaires à la vie, tels le carbone, l'azote et l'oxygène.



**L'ANTIMATIÈRE**

L'antimatière n'est pas une invention de science-fiction mais bien une réalité, étudiée par les physiciens dans les rayons cosmiques ou les accélérateurs de particules. À la fois reflet et antagoniste de la matière ordinaire, l'antimatière est loin d'avoir livré tous ses secrets, en particulier les raisons de sa quasi-absence dans notre Univers.

Bien loin d'être un concept issu de l'imagination d'artistes, l'antimatière existe. Comme son nom l'indique, c'est « l'opposé » de la matière ordinaire qui est à la base du monde dans lequel nous vivons. De même que la matière\* est faite de particules\*, l'antimatière est composée... d'antiparticules\*, dotées de propriétés très similaires. Ainsi, à chaque particule élémentaire\* correspond une antiparticule de charge\* électrique opposée (l'antiélectron\*, ou positron\*, par exemple une charge positive) mais de mêmes masses\* et durée de vie\*.

L'antimatière est apparue dans la science en 1927, au détour d'une équation écrite par le physicien Paul Dirac. Cette prédiction est confirmée cinq ans plus tard par Carl Anderson qui détecte un positron dans les rayons cosmiques\*. Les calculs théoriques ne font aucune différence entre matières et antimatières : particules et antiparticules sont d'ailleurs produites simultanément lorsque de l'énergie\* est transformée en masse selon la formule d'Einstein\* E = mc<sup>2</sup>.

Particules et antiparticules ne peuvent pas coexister. Lorsqu'elles entrent en collision, elles disparaissent et

son converties en photons\* ou en paires particule – antiparticule. Celles-ci peuvent être différentes des particules initiales : ainsi un électron\* et un positron peuvent s'annihiler pour créer un muon\* et un antimuon\*. Les différences entre les particules et leurs antiparticules associées sont actuellement étudiées par les physiciens. On a par exemple observé des variations importantes dans le comportement de mésons\* contenant un (anti-) quark\* b.

L'antimatière est très rare dans l'Univers, totalement dominé par la matière. Cette observation reste encore aujourd'hui une véritable énigme puisque la cosmologie\* moderne suppose que matière et antimatière ont été créées en quantités égales lors du Big-bang\*.

On sait produire des antiparticules dans les accélérateurs\*, lors de collisions à haute énergie. Un autre défi, techniquement encore plus complexe, consiste à fabriquer des antiatomes\* dont le noyau\* et le nuage électronique\* sont formés d'antiparticules. La difficulté consiste à rassembler le puzzle, en mettant en orbite un antiélectron\* autour d'un antiproton\* pour créer de l'antihydrogène\*. C'est actuellement possible au CERN\*, grâce au « décélérateur d'antiprotons ».

Quelles applications pour l'antimatière ? Commençons par décevoir certains : il est actuellement impossible d'engendrer qu'on puisse utiliser l'antimatière comme source d'énergie. En effet, sa production demande un milliard de fois plus d'énergie qu'elle n'en fournirait en s'annihilant avec de la matière. Fabriquer un gramme d'antimatière engloierait le budget de la France sur plusieurs millénaires et ne permettrait d'alimenter l'humanité en énergie que pendant quelques minutes ! Par contre, l'antimatière est utilisée aujourd'hui en médecine, par exemple pour réaliser des tomographies\*. Une solution radioactive\* est injectée à un patient ; les positrons émis interagissent avec les électrons du corps humain, produisant ainsi des photons. Leur détection fournit une image tridimensionnelle et en direct d'un organe et de son activité.

# More on the book (cont'd)

- **Getting the book done took more than a year**
  - Define the tables of contents
  - Hunt down individual contributions
  - Improve and make more uniform the mixed input material
    - Several contributions required extensive rewriting
  - Remove repetitions; add important missing points
- **Page setting done with InDesign** by the editing team
  - Editor Dunod got a manuscript quite close to its final layout
- **Extensive proof-reading**
  - Make sure that editor-driven changes are accurate
  - Follow-up on pictures and diagrams modified due to ‘aesthetic’ criteria
- Hard work to get the **financial support needed to print enough copies**
  - Agencies seem to like the final product
- **Association created mainly for technical reasons**
  - CNRS has a financial structure not adapted for editorial/commercial activities
- See sample pages at <http://www.divvaroom.com/book/dunod/Passeport-pour-les-deux-infinis>

# The pedagogical project

- **Two notes for teachers already available** (in French):
  - [From the atom to the nucleus](#)
  - [Presentation of the Universe](#)
- **First training sessions and conferences scheduled**
  - Mostly in the Paris area so far
  - Plan is to get regional contacts & contributors
  - Contacts with the two major science museums in Paris: [Palais de la Découverte](#)
- **Patronage from famous scientists**
  - [G. Smooth](#) (currently on leave at APC)
  - [J.L. Puget](#) (Planck PI, member of the French science academy)
- **Technical developments in progress**
  - Wiki, virtual conference room, etc.
- **Use of existing communication networks** (IN2P3 labs, etc.)
  - [Flyers](#) being printed
- **Contact various associations** (e.g. physics teachers) and media



# Passeport pour les 2 infinis

- The **editorial team**  
NA, Sébastien Descotes-Genon, Hélène Kerec, Sophie Keroas-Cavata,  
Jacques Paul, Jean-Luc Robert, Perrine Royole-Degieux
- **Corresponding labs**: 4 from CNRS (APC, LAL, LPC, LPT) + CEA Saclay
- **Funding agencies and sponsors** so far:



- **Should be the beginning of a great adventure!**
- Contact e-mail: [contact@passeport2i.fr](mailto:contact@passeport2i.fr)

