

Sous la direction
d'Ursula Bassler

Étonnants infinis

CNRS ÉDITIONS

15 rue Malebranche - 75005 Paris

E

PREMIÈRE PARTIE
IL ÉTAIT UNE FOIS... LE VIDE

- 12** Impossible Big Bang
- 22** La mystérieuse origine de la masse
- 34** La musique de l'espace-temps
- 42** La matière reste dans le noir
- 55** L'énergie qui repousse l'Univers

R

I

A

DEUXIÈME PARTIE
ET POURTANT NOUS SOMMES LÀ !

- 68** Avis de recherche sur l'antimatière
- 80** L'antimatière tombe-t-elle vers le haut ?
- 86** Fantomatiques neutrinos
- 93** Des indices pour bâtir une théorie
- 104** Le diable se niche dans les détails

M

M

O

TROISIÈME PARTIE
DES CATACLYSMES AU BERCEAU

- 114** La soupe aux quarks et aux gluons
- 123** Des éléments et des étoiles

S

138 | Boules de feux et bouffées de photons

155 | La Lune dans une cuillère

165 | Laniakea, notre adresse dans l'Univers

QUATRIÈME PARTIE L'EMPIRE DE LA FORCE FORTE

176 | Insaisissable proton

185 | Le palpitant monde des noyaux

196 | Ce numéro n'est pas encore attribué

CINQUIÈME PARTIE À GRANDES QUESTIONS, GRANDS MOYENS

214 | Les cathédrales de Platon

227 | Au cœur des montagnes

236 | Une demi-lieue sous la mer

243 | L'aiguille dans la botte de foin

252 | Mon assistant l'algorithme

260 | Un torrent de données

267 | Plus grand encore

SIXIÈME PARTIE
ÉTONNANTES APPLICATIONS

- 282** | Poussières cosmiques
- 290** | Voyage au centre de la Terre
- 302** | Tant d'énergie dans si peu de matière
- 314** | La radioactivité autour de nous
- 325** | Des radiopharmaceutiques, comme ils disent

Introduction

Quel lien entre l'infiniment grand de l'espace et l'infiniment petit de la matière? La physique, bien sûr! La physique des deux infinis, celle de l'Univers et des particules, celle des symétries et de l'espace-temps, des trous noirs et des dimensions supplémentaires. Ce livre vous fera explorer la physique des infinis, vous montrera à quel point infiniment petit et infiniment grand sont liés.

On pourrait s'en étonner : après tout, l'immensité de l'espace n'a d'équivalent que son dénuement. L'espace est vide, si vide que comme le dit l'accroche publicitaire du film de Ridley Scott *Alien* « *in space no one can hear you scream* » (« dans l'espace, personne ne vous entend crier »). Pas de matière, pas de son. Pas de son, certes, mais des ondes qui déforment l'espace-temps. C'est cela aussi, l'infiniment grand. Et si vous criez assez fort, finalement peut-être arriverez-vous à vous faire entendre.

L'infiniment petit, lui, grouille d'atomes, de particules de toutes sortes, infiniment petites : hadrons, mésons, bosons, quarks... Plus on le sonde plus on y trouve de nouveaux objets tous plus exotiques les uns les autres : quarks étranges ou charmés, gluons et bosons de Higgs... un véritable zoo. La chasse aux particules est ouverte. À vos filets.

Mais le vide lui-même n'est pas vide. Joli paradoxe. Il est plein de paires de particules-antiparticules qui ne demandent qu'à se matérialiser. Oui : on peut extraire de la matière du vide. Et si toutes ces particules n'étaient en fait que les multiples facettes d'une entité unique, reliées par les symétries de la nature ? La grande unification, celle de la gravitation et du quantique, serait-elle à portée de main ? Quant au vide cosmique, est-il vraiment vide ? Les galaxies ne s'éloignent pas les unes des autres, c'est l'espace-temps qui se dilate et depuis 5 milliards d'années cette dilatation accélère sous la poussée du vide, pense-t-on. Le vide cosmique contiendrait donc quelque chose, mais quoi ? De l'énergie sûrement, une quantité infime mais suffisante pour accélérer l'expansion de l'Univers. Une cinquième force peut-être.

Mais revenons à la gravitation, ou plutôt à l'antigravitation. L'antigravitation, on en rêve tous. Lors de leurs voyages interstellaires, les explorateurs de la série télévisée *Star Trek* utilisent l'antigravité pour toutes

sortes de choses : pour transporter de lourdes charges, comme explosif et même pour soigner un mal de dos. Est-ce bien sérieux ? Ainsi, l'expansion accélérée de l'Univers serait causée par une force gravitationnelle répulsive ? *A priori* pourtant, l'antimatière, tout comme la matière, est soumise aux forces attractives de la gravitation. Mais comment le prouver ? Au Cern, atome après atome, les physiciens tentent de répondre à cette question.

On le sait maintenant, le feu solaire est un feu nucléaire, 100 % nucléaire. Huit minutes après avoir été produits au cœur du Soleil, les neutrinos issus de la fusion entre deux protons nous parviennent. C'est bien la preuve que dans le chaudron solaire les particules fusionnent et se désintègrent. Les neutrinos, parlons-en encore. Ils abondent et pourtant on peine à les détecter. Nos réacteurs nucléaires en produisent des quantités astronomiques. Les accélérateurs de particules en créent des milliards aussi. Ils sont produits dans le Soleil et emportent l'essentiel de l'énergie des supernovæ. Il en émerge du plus profond de la Terre et nous sommes en même temps copieusement arrosés de neutrinos produits dans l'atmosphère terrestre. À tel point qu'il est nécessaire de s'enfoncer dans les profondeurs terrestres ou d'installer des détecteurs au plus profond des mers pour les étudier un par un. Pourtant on sait encore si peu de choses sur le *petit neutre*.

Dans le Soleil toujours, de multiples réactions nucléaires sont à l'œuvre synthétisant tout ce que la nature compte de noyaux atomiques légers : carbone, oxygène,... jusqu'au fer, tout comme dans les étoiles massives qui explosent en supernovæ et créent les noyaux les plus lourds, jusqu'à l'uranium et au-delà... Ces éléments sont composés de protons et neutrons en nombres de plus en plus élevés. Mais où cela s'arrête-t-il ? Y a-t-il une limite au nombre de protons et de neutrons autorisés à cohabiter au sein d'un noyau : 114, 120, 126 ? Quelque part, dit-on, existerait un îlot de stabilité où les éléments super-lourds profiteraient d'un temps de vie plus long. Avis aux explorateurs audacieux.

Mais les infinis ne se laissent pas facilement percer. Qu'à cela ne tienne, l'union fait la force et c'est dans de grandes collaborations internationales que s'organise jour après jour la quête de l'inaccessible. Au sommet des montagnes, au plus profond de la Terre ou à vingt mille lieues sous les mers, de gigantesques instruments sont déployés, modernes cathédrales où chercheurs et chercheuses, ingénieurs et techniciens s'allient pour sonder les infinis, inlassablement. Car de la patience il en faut, de la détermination aussi avec ces tonnes de détecteurs sophistiqués à construire, ces millions de voies électroniques à surveiller et ces flots de données à analyser.

Mais à quoi tout cela peut-il bien servir ? Certains pourraient être tentés de répondre « mais à rien ! ». Détrompez-vous. Sans remonter jusqu'au web mis au point au Cern ou au GPS dont la précision doit tout à la relativité générale, un grand nombre d'applications découlent d'avancées technologiques réalisées lors du développement des instruments, grands et petits, conçus et opérés pour explorer les infinis. Vous découvrirez ainsi de nombreux exemples où les physiciens des deux infinis mettent leur connaissance et leur art au service de tous, que ce soit pour rechercher des solutions innovantes de production d'énergie mais aussi dans le domaine de la santé où radio-isotopes et hadronthérapie aident à soigner le cancer.

Mais le plus important peut-être est que cette physique aux infinis nous interroge et nous fait rêver. Non parce que nous ne sommes, en paraphrasant Pascal, qu'un néant à l'égard de l'infini, un tout à l'égard du néant, un milieu entre rien et tout, mais parce que, pour notre plus grand plaisir, les infinis bousculent notre perception du monde et chaque jour nous étonnent un peu plus.

Reynald Pain