

Là où croît le péril...
croît aussi ce qui sauve

HUBERT REEVES

Là où croît le péril...
croît aussi ce qui sauve

ÉDITIONS DU SEUIL
25, bd Romain-Rolland, Paris XIV^e

Ce livre est publié dans la collection « Science ouverte »
sous la direction de Jean-Marc Lévy-Leblond

ISBN 978-2-02-111893-3

© Éditions du Seuil, septembre 2013

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.seuil.com

Extrait de la publication

*Ce livre est dédié à tous les actifs
de l'association Humanité et Biodiversité
que je préside et à son comité d'orientation.*

*Le titre du livre est un vers
du poète allemand Friedrich Hölderlin.*

C'est une chose étrange à la fin que le monde

Aragon

Je me sens proche de tous ceux qui manifestent un sentiment d'étonnement, de perplexité, voire d'anxiété, face à ce monde dans lequel nous vivons et où se joue notre sort.

Nous sommes continuellement confrontés à des informations qui nous interpellent et nous troublent, sans que nous sachions, très souvent, comment réagir, ou plus exactement, comment les intégrer à une « vision du monde », si nécessaire à la conduite de notre vie.

Dans notre jardin de Malicorne, nous avons, près d'un étang, un banc nommé le « banc du temps qui passe ». Je m'y assieds souvent pour me sentir appartenir au cosmos, avec les libellules, les carpes, les bergeronnettes posées sur les nénuphars et le grand saule pleureur.

Si je suis là, si je peux réfléchir, c'est que nous habitons un Univers dans lequel s'est déroulé un événement

extraordinaire, une saga épique que nous appelons la « croissance de la complexité ». Les connaissances scientifiques n'en finissent pas de nous révéler notre origine cosmique.

Comment nous, êtres humains, en sommes venus à être ici, maintenant ? Notre existence est liée à des phénomènes qui s'étalent sur des temps de milliards d'années, des espaces de milliards d'années-lumière, qui impliquent les galaxies, les étoiles et les planètes. C'est ce que j'aime appeler la « belle-histoire ».

Dans les deux premiers chapitres de ce livre, j'ai rassemblé un certain nombre d'éléments, issus de nos connaissances scientifiques, qui nous relie plus ou moins directement au cosmos. Ces éléments ont joué des rôles importants dans la croissance de la complexité cosmique et dans le déroulement de la belle-histoire. Ils méritent qu'on y porte la plus grande attention.

À la fin de l'une de mes conférences, une personne paralysée, en fauteuil roulant, m'a dit : « J'aime entendre cette histoire. C'est la seule chose qui me tienne en vie... » Un peu plus tard cet homme a ajouté : « Je prends conscience du fait qu'entre le désespoir et une religiosité naïve il y a place pour autre chose. »

Mais par ailleurs, nos journaux, la télévision et internet nous apportent chaque jour des documents accablants sur le comportement de notre espèce. Ils nous racontent le saccage de la planète par l'activité humaine, appuyée

C'EST UNE CHOSE ÉTRANGE À LA FIN QUE LE MONDE

par la puissance technologique que notre intelligence nous a permis d'atteindre. Cette puissance nous plonge aujourd'hui dans une grande crise écologique fort menaçante. C'est la « moins-belle-histoire ». C'est bien là que croît le danger...

Il nous faut coexister avec la réalité de ces deux histoires pourtant apparemment si contradictoires. Quel rapport existe-t-il entre elles ? Comment la première a-t-elle abouti à la seconde ? Et surtout, comment faire face à ces deux réalités, et comment tenter de les réconcilier ? Tel est le sujet de ce livre.

Les chapitres 3 et 4 entrent dans le détail de la moins-belle-histoire. Celle-ci commence avec l'apparition de l'intelligence sur notre planète, selon les aléas de l'évolution biologique. Cette faculté atteint sa plus grande efficacité chez un mammifère, notre ancêtre *Homo sapiens*, né en Afrique il y a un peu moins de deux cent mille ans. Grâce aux progrès des techniques, nous pouvons suivre les péripéties de son interaction litigieuse avec l'environnement.

Au moment où cette cohabitation devient particulièrement problématique, se produit une réaction positive : le « Réveil Vert », dont les éléments sont présentés au chapitre 5. Le dernier chapitre propose des réflexions sur les modalités de la mise en œuvre du Réveil Vert. En particulier sur la nécessité du développement d'une éthique qui élargit notre responsabilité humaine

LÀ OÙ CROÎT LE PÉRIL... CROÎT AUSSI CE QUI SAUVE

à la nature tout entière. Elle porte nos espoirs pour l'avenir.

«Là où croît le péril croît aussi ce qui sauve.» Ce beau vers du poète allemand Hölderlin couvre bien le double aspect de la situation dans laquelle nous sommes plongés aujourd'hui. C'est pourquoi je l'ai choisi comme titre de cet ouvrage.

Le jugement réservé

«Il faut avoir le courage d'affronter la réalité, toute la réalité, dans toutes ses facettes, jusqu'à l'angoisse», écrivait Martin Heidegger. J'invite chaque lecteur à participer à cette réflexion, sans dogmatisme, avec la plus grande liberté d'esprit possible. Je propose une attitude dite de «jugement réservé». On peut l'explicitier par cette phrase : «J'observe le phénomène et je réserve mon jugement. Toute observation d'un phénomène naturel est potentiellement porteuse d'un message sur la nature de la réalité. Une interprétation hâtive et insuffisamment réfléchie peut en masquer l'accès.» Rester ouvert à l'étonnement. Ne pas refuser les faits, même s'ils semblent incompréhensibles, dérangeants ou angoissants. À ce titre seulement, leur connaissance peut nous venir en aide. C'est le pari que nous acceptons en commun de faire ici.

PREMIÈRE PARTIE

LA BELLE-HISTOIRE

« Sans ça, nous ne serions pas là
pour en parler »

Cette remarque ressurgit souvent dans les discours des enseignants et des vulgarisateurs scientifiques. Elle arrive comme un refrain, sur des sujets aussi différents que les propriétés des neutrinos, la structure chimique de la molécule d'eau, les populations relatives des photons et des quarks ou l'existence de la matière sombre.

Dans ce chapitre, je vais présenter quelques-uns de ces thèmes regroupés sous le vocable des « sans ça ». Mais rappelons que, s'ils peuvent aujourd'hui nous paraître insolites et nous interroger, la science évolue et de nouvelles découvertes feront peut-être perdre à certains leur aspect énigmatique.

De plus, on pourra aussi contester l'affirmation que « sans ça nous ne serions pas là ». Connaissant sa grande capacité d'adaptation, la vie n'aurait-elle pas trouvé une autre voie pour surmonter ces difficultés ?

Ces « sans ça », chacun à leur façon, ont joué des rôles majeurs dans l'avènement de la complexité et de l'apparition de la vie. En ce sens ils tiennent une place

importante dans l'élaboration de la belle-histoire. Aussi me paraît-il utile de nous attarder sur ce sujet.

1. Des forces finement ajustées

Voici une information qui n'a pas fini de faire parler d'elle. Elle nous est arrivée, d'une façon inattendue, du monde de l'informatique, de ceux qu'on appelle souvent les « broyeurs de chiffres ».

On part du constat que le comportement de la matière du cosmos est contrôlé par quatre forces différentes : la force de gravité, la force électromagnétique, la force nucléaire forte et la force nucléaire faible. Chacune est caractérisée par son intensité et sa portée (la distance sur laquelle elle se fait sentir).

Les physiciens, qui aiment s'amuser avec des modèles numériques sur ordinateur, ont tenté de calculer comment la matière cosmique se serait comportée depuis le Big Bang si les propriétés de ces forces avaient été un tant soit peu différentes. Là, surprise ! Les moindres variations résultaient souvent en univers bien différents du nôtre : ils s'avéraient parfaitement stériles. Pas de galaxies, pas d'étoiles, pas de planètes, et surtout, pas de vie !

Convenons, par exemple, d'augmenter, même de façon minime, l'intensité de la force nucléaire forte. Lors du

Big Bang, tout l'hydrogène se serait transformé en hélium. Résultat : il n'y aurait pas d'étoiles de longue durée comme le Soleil pour veiller à l'éclosion de la vie et pas d'eau dans l'Univers. Un monde sec et stérile.

Convenons à l'inverse qu'elle ait été un peu, très peu, plus faible. Résultat : les noyaux atomiques seraient beaucoup moins stables. Un grand nombre se désintégrerait spontanément et la matière serait hautement radioactive, trop instable pour permettre la vie.

Supposons maintenant que la force de gravité soit un tantinet plus faible. Un univers soumis à ces conditions aurait suivi un parcours semblable au nôtre : expansion, refroidissement, obscurcissement. Mais aucune galaxie, aucune étoile, aucune planète ne se serait formée. La matière serait restée indéfiniment dans son état de dispersion initiale.

À l'opposé, une minime intensification de la gravité aurait accru la vitesse de formation des étoiles qui se seraient par la suite rapidement transformées en stériles trous noirs. Et la liste est longue des exemples d'effets semblables sur les autres forces.

En peu de mots : les forces qui régissent la matière semblent finement « ajustées » pour l'apparition de la complexité, de la vie et de l'intelligence dans l'Univers. Étonnant non ? Évidemment les réactions n'ont pas manqué, les interprétations sont nombreuses et les débats sont animés. Mais la réalité de ces « concordances » est

LÀ OÙ CROÎT LE PÉRIL... CROÎT AUSSI CE QUI SAUVE

très généralement admise par les astrophysiciens. Eh, bien sûr, sans ça, nous ne serions pas là !

Une interprétation spéculative

Plusieurs chercheurs tentent d'interpréter ces « sans ça » comme indices de l'existence d'un multivers. On suppose l'existence d'une multitude d'univers totalement séparés du nôtre dont l'ensemble formerait le « multivers ». On suppose ensuite que chacun de ces univers est régi par un ensemble de lois différentes. La complexité ne peut émerger que dans ceux dont les lois sont semblables aux nôtres ; les autres sont stériles. Il n'y a, en effet, dans ces univers personne pour se poser de questions !

Quelles preuves avons-nous de l'existence de tels univers ? Aucune pour le moment. En l'absence de preuves, cette argumentation reste entièrement spéculative. Elle est, à mon avis, insatisfaisante. De surcroît, elle présente le danger de masquer la véritable portée de l'existence de ces « sans ça ».

2. La granularité du rayonnement fossile

L'idée que subsistent encore dans le ciel des lueurs datant des premiers temps du cosmos vient du cerveau

génial du physicien russo-américain George Gamow, en collaboration avec ses collègues Ralph Alpher et Robert Herman, en 1948. Prenant pour acquis que l'éloignement progressif des galaxies observé par Hubble suggérait que l'Univers avait été, dans le passé, extrêmement chaud, ils en vinrent à la conclusion que des traces de cette incandescence initiale devaient se trouver encore dans le ciel et se manifester sous la forme d'un rayonnement radio dispersé dans tout l'espace cosmique.

Ce rayonnement, appelé aujourd'hui le rayonnement fossile, fut détecté en 1965 par les ingénieurs américains Arno Penzias et Richard Wilson avec, très précisément, les caractéristiques prévues par Gamow. Selon le modèle du Big Bang, ce rayonnement a été émis non pas à l'instant initial lui-même, mais 380 000 ans plus tard, quand la température de l'Univers refroidissant passait sous la barre des 3 000 °C.

Toujours selon le modèle du Big Bang, la matière cosmique avait déjà commencé la germination des grandes structures du cosmos : les amas de galaxies. En conséquence, on s'attendait à trouver dans ce rayonnement fossile une granularité de l'intensité lumineuse (des contrastes d'intensité) qui indiquerait les lieux où le processus était déjà amorcé.

Les premiers documents (1965) étaient trop flous pour laisser percevoir cette granularité. Mais de nouvelles images, prises avec des appareils munis d'une meilleure

résolution, finirent par la débusquer vers 1994. Elle est très faible. Le contraste avec la luminosité moyenne est de trois ou quatre parties dans un million. Les mesures effectuées par le satellite *Planck* en 2013 ont récemment confirmé cette valeur.

La source initiale de cette granularité est mal connue. On parle de fluctuations d'origine quantique dont nous ne savons pas, faute de théorie appropriée, calculer l'intensité. Nous savons seulement que si elles avaient été plus faibles, aucune galaxie n'aurait pu se former. Et que si elles avaient été plus fortes, il n'y aurait eu dans l'Univers que des trous noirs. Elles ont juste la bonne intensité pour fabriquer les échelles de structure que nous connaissons : amas de galaxies, galaxies, étoiles. Et pour permettre l'apparition de la vie. Nous retrouvons le refrain habituel : si cette granularité avait eu une intensité différente, nous ne serions pas là pour en parler...

Peut-être des faits semblables à celui-là et aux autres décrits dans ce chapitre trouveront-ils des explications simples et les propos tenus ici paraîtront bien naïfs. Mais ce qui ne laisse pas de nous étonner, c'est que cette liste des « sans ça » ne cesse de s'allonger avec les progrès des techniques d'observation. Dans l'esprit de notre convention initiale, nous enregistrons ces faits sans chercher à tout prix à leur trouver des interprétations.

3. La matière sombre et l'énergie sombre

Vers 1935, un astrophysicien suisse, Fritz Zwicky, étudie avec un grand télescope californien un amas de galaxies du ciel lointain. Il mesure les masses et les vitesses de déplacement de chacune des galaxies. Quelque chose l'étonne. Il lui semble que les galaxies vont très vite... trop vite. Animées de telles vitesses, elles devraient s'échapper de l'amas où elles sont observées. Celui-ci, en effet, semble trop peu massif pour les garder captives par sa simple gravité. Quelque chose d'autre semble les retenir dans l'amas.

Il fait alors une hypothèse téméraire : il y aurait dans cet amas, de la matière supplémentaire, qui ne se laisse pas voir sous la forme de nébuleuses, étoiles ou galaxies. Quelque chose de présent mais d'invisible !

Cette observation fut la première indication de l'existence dans l'Univers de ce que nous appelons aujourd'hui la « matière sombre ». Accueillie au début avec scepticisme, cette hypothèse a fini par s'imposer. Nous avons maintenant plusieurs observations différentes qui confirment sa réalité. En fait, il y a environ cinq fois plus de matière sombre que de matière ordinaire (celle qui compose les astres visibles). Comme toute matière, selon les lois de Newton, la matière sombre exerce une force d'attraction sur les corps qui l'entourent. On dit qu'elle « gravite ».

Mais de quoi est-elle composée ? Nous n'en savons rien sinon qu'elle n'est pas constituée, comme vous et moi, d'électrons, de protons, d'atomes, etc. Elle n'émet pas de photons, sinon on la verrait. Mais sa nature et son origine restent à ce jour profondément mystérieuses. C'est un des sujets les plus actifs des recherches contemporaines.

La présence de cette matière sombre s'est signalée à notre attention d'une autre façon tout aussi surprenante. Elle joue un rôle important dans l'évolution du cosmos. Par sa gravité, elle accélère considérablement le taux de formation des galaxies et des amas de galaxies. Il paraît acquis que, sans elle, aucune de ces gigantesques structures n'aurait eu le temps de se former entre le moment du Big Bang et aujourd'hui. La matière cosmique en expansion serait restée dispersée dans l'espace, incapable de former des structures. Donc pas non plus d'étoiles ni de planètes...

Une découverte plus récente (elle a à peine vingt ans) nous a fait connaître l'existence d'une autre composante de l'Univers : l'énergie sombre. Contrairement à la matière sombre et à la matière ordinaire, elle exerce une force répulsive sur la matière du cosmos. Elle augmente la vitesse d'éloignement des galaxies. Quand on mesure leurs distances, on constate qu'elles sont maintenant plus loin les unes des autres que si cette énergie sombre n'existait pas. D'autres observations

Le papier de cet ouvrage est composé de fibres naturelles, renouvelables, recyclables et fabriquées à partir de bois provenant de forêts plantées et cultivées expressément pour la fabrication de pâte à papier.