



Marc Lachièze-Rey

L'âge
de l'Univers

COMMENT
A-T-ON
SU

une collection dirigée par
Étienne Klein

humenSciences

L'âge de l'Univers

Dans la même collection

L'histoire secrète des fleurs, François Parcy, 2019.

Pourquoi la Terre est ronde, Alain Riazuelo, 2019.

Pourquoi le Soleil brille, Roland Lehoucq, 2020.

Comment pensent les animaux, Loïc Bollache, 2020.

La folle histoire des virus, Tania Louis, 2020.

Marc Lachièze-Rey

L'âge de l'Univers

COMMENT A-T-ON SU

Collection dirigée par
Étienne Klein



Prolongez l'expérience avec la newsletter de Cogito
sur www.humensciences.com

« Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des paragraphes 2 et 3 de l'article L122-5, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, sous réserve du nom de l'auteur et de la source, que "les analyses et les courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information", toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans consentement de l'auteur ou de ses ayants droit, est illicite (art. L122-4). Toute représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, notamment par téléchargement ou sortie imprimante, constituera donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. »

ISBN : 9782379310737

Dépôt légal : mai 2021

© Éditions humenSciences / Humensis, 2021
170 bis, boulevard du Montparnasse, 75014 Paris
Tél. : 01 55 42 84 00
www.humensciences.com

INTRODUCTION

L'Univers.

On l'appelle aussi le monde, le cosmos...

Que peut-on dire de lui? Comment en parler?

Est-il grand ou petit? Fini ou infini? A-t-il toujours existé? Existera-t-il toujours? Est-il «harmonieux» ou désordonné? Pourquoi existe-t-il? Aurait-il pu être autrement? A-t-il un âge?

Ces questions ont occupé les esprits de nos prédécesseurs de toutes disciplines, bien avant notre civilisation, bien avant l'apparition de la science. Mais aujourd'hui, la physique s'en est emparée. Il a d'abord fallu définir rigoureusement cette notion d'univers, dont nous n'avions auparavant que l'intuition, jusqu'à former une discipline à part entière, la «cosmologie physique». C'est dans ce cadre que toutes les questions évoquées ont été reprises une à une afin de tenter de leur apporter une réponse scientifique.

Je vais m'intéresser dans ce livre plus particulièrement à l'une d'elles, car elle me semble éclairer, parfois directement, parfois par ricochets, de nombreuses autres questions, en même temps qu'elle nécessite, sous son allure banale, une véritable plongée dans l'océan des concepts cosmologiques afin d'être correctement comprise. Cette question, la voici: quel est l'âge de l'Univers?

Mes lecteurs un tant soit peu au fait des théories cosmologiques actuelles ou des connaissances astronomiques seront peut-être ici tentés de refermer cet ouvrage, en s'imaginant, dépités, qu'ils connaissent déjà la réponse. Cet âge, souvent noté T_U , avoisine les 13 milliards d'années, nous le savons depuis de nombreuses années, diront-ils. Je voudrais toutefois les persuader de rester avec moi, car tout le sel de la question est là.

D'une part, obtenir cette valeur bien connue a nécessité bien des efforts de la part des physiciens et cosmologues, et il n'est pas inintéressant de récapituler, tant l'histoire de cette discipline est passionnante. Les questions qu'elle pose sont presque aussi vieilles que l'humanité, tandis qu'elle dut attendre Newton et surtout Einstein puis Lemaître pour naître véritablement, scientifiquement. Étudier l'Univers lui-même! Quoi de plus ambitieux? Mais

par quel bout commencer? Eh bien, il se trouve que commencer par lui demander son âge n'est pas une mauvaise idée...

Ensuite, il nous apparaîtra que cette valeur de 13,7 milliards d'années (pour tenter d'être plus précis) n'est pas certaine, et qu'elle ne résulte aucunement d'une mesure ou d'une observation directe. Voilà qui est bien moins connu. Elle circule dans les articles de vulgarisation, mais elle n'est en réalité qu'une estimation, même si elle découle de l'ensemble d'hypothèses le plus raisonnable aujourd'hui. Or ces hypothèses, et surtout les raisons qui nous poussent à les adopter, dessinent l'état des lieux des connaissances cosmologiques actuelles, des rapports de force entre des idées parfois encore en concurrence et qui évoluent au gré des nouvelles découvertes. Réfléchir autour de cette notion d'âge permet ainsi de brosser le tableau de la cosmologie physique actuelle, entre constante cosmologique et énergie noire, matière noire froide ou chaude, et même univers unique et univers multiples. Les différentes options aboutissent en effet à des valeurs différentes pour l'âge de l'Univers. Pire: selon certaines, l'Univers n'en a tout simplement pas.

Enfin, réfléchir à l'âge de l'Univers permet d'aborder en profondeur, du point de vue cosmologique, la question du temps. Car la notion d'âge diffère

selon qu'on l'applique à l'Univers ou à ma grand-mère. Parler de l'âge de l'Univers met en jeu une chronologie de son évolution que l'on appelle le « temps cosmique ». Or, le temps cosmique ne s'écoule pas comme le temps usuel, celui dont nous avons l'intuition. Et contrairement à l'âge de ma grand-mère, ni sa définition, ni son estimation ne vont de soi. Il ne suffit pas de compter 13 milliards de bougies. Pour bien comprendre sa définition, puis son estimation, il faudra parcourir l'ensemble de la cosmologie physique, ses découvertes, ses théories les plus hardies, les plus douteuses parfois. Voilà qui promet d'être intéressant.

Déjà sa simple définition mobilise une grande partie de la cosmologie théorique. Et son estimation (encore sujette à débat comme nous le verrons) met en jeu la presque totalité des observations de la discipline !

Une vague idée d'univers

C'est avec le grand physicien anglais Isaac Newton, au XVII^e siècle, que la notion d'univers a vraiment pris corps. Bien entendu, ce n'est pas avec lui qu'ont commencé les discours sur le monde. Mais c'est avec lui que cette notion encore vague s'est précisée.

Je ne suis pas certain que les historiens et les épistémologues s'accordent sur la question de la naissance

de la physique, de sa naissance en tant que véritable discipline scientifique. Il est courant d'entendre évoquer la « science de l'Antiquité grecque », ou même celle de civilisations antérieures. Mais les réflexions et les pratiques de nos prédécesseurs de ces époques, notamment à propos de l'Univers, étaient loin de correspondre à ce que nous qualifions aujourd'hui de « science », à part peut-être pour certains aspects mathématiques.

On peut sans aucun doute reconnaître aux présocratiques, à Aristote et autres penseurs grecs, aux mathématiciens et astronomes arabes du IX^e siècle, à Copernic, à Kepler, à Galilée, qu'ils maîtrisaient certains aspects de la démarche scientifique. Et je pourrais en citer bien d'autres. Mais ce n'est pas leur faire injure que de déclarer qu'ils ne pratiquaient pas encore la physique dans le sens où nous l'entendons aujourd'hui, que leurs réflexions sur le monde n'atteignaient pas la cohérence et la rigueur, et donc l'efficacité, que la révolution newtonienne leur procurerait. Et sans rentrer dans un débat d'historiens, c'est cette révolution que j'assimilerai au début, sinon de la physique, du moins de la « physique moderne » : les *Principia* de Newton (publiés à Londres en 1687) constituent son acte de baptême.

Et ce n'est pas un hasard que la naissance de la physique se confonde avec celle d'une notion précise et fonctionnelle de l'Univers : la physique a besoin de cela pour être opérationnelle. Elle doit disposer d'un cadre au sein duquel situer les objets auxquels elle s'intéresse, un cadre dans lequel ils évoluent, dans lequel se déroulent les processus qu'elle étudie.

Ce cadre, c'est l'Univers, et le statut de cet univers doit être suffisamment défini pour que la physique puisse devenir opératoire, suffisamment défini pour que les physiciens puissent évoquer ses propriétés physiques, pour que l'on puisse le considérer comme un objet légitime d'étude scientifique.

De Newton à Einstein

Newton a bouleversé la physique en introduisant une manière nouvelle, précise, mathématisée, de décrire les objets qu'elle manipule. Il a fait plus que fonder une théorie nouvelle et créer la physique moderne : il a modifié la conception du monde physique. Il a amené la possibilité de parler d'*univers* avec des concepts précis, d'un point de vue de physicien libéré de la métaphysique. Et la révolution scientifique enclenchée fut presque immédiatement couronnée de succès concrets.

Mais la physique elle-même évolue, ainsi que les notions qu'elle manipule. Malgré son ampleur et

ses succès, la révolution newtonienne ne fut qu'une étape. En sautant sur deux siècles et demi d'innovations, deux nouvelles révolutions scientifiques fondamentales vont lui succéder: les théories relativistes d'une part et la physique quantique d'autre part. Cette dernière se consacre essentiellement à l'infiniment petit, si bien que nous aurons peu l'occasion de l'évoquer, même si elle a sans doute joué un rôle en cosmologie, encore non élucidé (que j'évoquerai malgré tout dans les derniers chapitres).

En revanche, la théorie de la relativité générale est au cœur des questions qui me préoccupent ici, car c'est elle qui permet aujourd'hui de parler de l'Univers de manière pertinente; d'évoquer ses propriétés et même, pour certaines, de les estimer. Parmi ces propriétés quantifiables se trouve son âge. Pourtant, l'univers de Newton n'en avait pas. Mais son travail a préparé l'étape relativiste, qui a permis de définir la notion d'âge, et même d'en donner une estimation.

L'étude de l'Univers du point de vue de la physique constitue la cosmologie relativiste, ainsi baptisée car elle se fonde sur la théorie de la relativité, qui lui est consubstantielle. Les théories relativistes se sont révélées un outil merveilleux et indispensable pour aborder l'étude de l'Univers d'une manière cohérente et pleinement scientifique. Elles

ont permis de définir sans ambiguïté ses propriétés. Elles ont même indiqué des pistes pour les estimer. L'avènement des théories d'Einstein au début du xx^e siècle fut un véritable bouleversement de ce point de vue. C'est grâce à elles que la cosmologie scientifique a pris son essor, en devenant « relativiste », et que la notion d'univers a acquis un statut relevant véritablement de la physique. L'univers de Newton était encore trop simple.

Ainsi, la question de l'âge de l'Univers ne pouvait pas se poser dans la physique, ou la cosmologie, de Newton. Cette notion n'y existait tout simplement pas. C'est dans notre cosmologie moderne, la cosmologie relativiste, qu'elle a acquis son sens. Pourtant, le *temps* était bien défini dans la physique de Newton, alors que le message principal de la théorie de la relativité générale est que le temps n'existe pas dans la nature ! Avant d'espérer estimer l'âge de l'Univers en cosmologie relativiste, il faut donc le définir, et cela sans faire appel à la notion de temps. L'étape suivante consiste à estimer cet âge. Là non plus, la tâche ne sera pas aussi facile qu'on pourrait le croire.

À travers les âges

« J'ai 20 ans. » Si cette affirmation est vraie quand je l'écris, elle ne le sera plus lorsque vous lirez ces lignes.

INTRODUCTION

Je peux dire « j'ai 20 ans » car c'est moi qui parle et je me réfère au moment où je parle. Mais quel est l'âge de Victor Hugo ? Dois-je évoquer son âge au moment de sa mort ? Celui où il a écrit *Les Misérables* ? Où il a perdu sa fille ? La question n'a pas vraiment de sens. Je ne peux parler de l'âge d'une personne, ou d'un objet, qu'en me référant à un moment déterminé de son existence.

L'âge, de quoi que ce soit, change incessamment. Pour évoquer celui de l'Univers, je devrais préciser à quel moment de son histoire. Il va plus ou moins de soi que je me réfère au moment où je parle, où j'écris ces lignes. Mais je devrais pouvoir parler pareillement de son âge lors de n'importe quel épisode de son histoire : son âge aujourd'hui, son âge lors de la formation du Système solaire, son âge lors de l'explosion de telle supernova, etc.

Si je parle de mon âge, je parle en réalité de la durée écoulée depuis ma naissance et ce degré de précision suffit dans la discussion de tous les jours. Mais pourrait-on être plus précis ? Quand j'évoque ma naissance, s'agit-il de mon premier cri ? De ma première inspiration ? Du tranchement du cordon ombilical ? À moins que l'on tienne compte des derniers instants de ma vie intra-utérine ? Au quotidien, ces subtilités sont négligées. Personne ne se

soucie de tels problèmes. Personne ne m'a encore demandé mon âge avec une précision qui nécessiterait de telles subtilités*. Mais si je voulais une définition ultraprécise, il faudrait que j'y prête attention.

Les conventions habituelles ne laissent pas subsister d'ambiguïté sur la définition de mon âge. Mais comment puis-je avoir connaissance de sa valeur? Je n'en ai pas de souvenir direct. En fait, ce sont mes parents qui m'ont indiqué depuis longtemps ma date de naissance; ce qui permet de fêter mes anniversaires et de connaître mon âge au jour le jour. Mais pour un orphelin? Il peut consulter les registres d'État civil. Mais si ceux-ci ont disparu? S'ils sont inaccessibles? S'ils n'ont jamais existé parce que vous appartenez à une communauté qui n'enregistre pas les naissances?

Ai-je un moyen d'estimer directement mon âge? De le mesurer? La chronologie de mes souvenirs est bien trop approximative et, le plus souvent, infidèle. Ils ne remontent pas assez loin. Reste l'examen de mon organisme. Ainsi procède le médecin légiste qui cherche à évaluer l'âge d'un corps non identifié. Il peut estimer les âges apparents du cœur (mais si le

* Sauf peut-être quelques astrologues qui veulent donner l'illusion d'une approche scientifique.

« patient » a subi une greffe d'organe?), de la musculature, de la peau, du cerveau... Mais ces estimations sont imprécises. Et elles ne coïncident pas nécessairement. Certains vieillissent prématurément; d'autres préservent davantage leur jeunesse. Tel vieillard a « conservé un cœur de jeune homme ». Tel autre est « gâteux avant l'âge ». Celle-ci a conservé un teint de jeune fille...

Face à un inconnu, il n'existe aucun moyen qui me fournirait une estimation précise de son âge, ou de sa date de naissance, sinon d'une manière très grossière. Il en est de même pour n'importe quel objet, à moins que je ne connaisse son histoire. Connaît-on bien celle de l'Univers?

L'âge n'est pas une quantité mesurable, en tous cas pas directement. C'est quelque chose que nous devons reconstituer. Voici une information à méditer pour qui voudrait connaître l'âge de l'Univers.

Un âge ou des âges ?

Une autre difficulté se présente quand il s'agit d'estimer l'âge d'un système complexe, composé de plusieurs éléments. C'est bien sûr le cas de l'Univers, mais c'est aussi le cas, plus prosaïquement, de tout être humain. Le biologiste me parle de l'âge de *mes cellules*: nombre d'entre elles se renouvellent

périodiquement (à l'exception de la majorité de mes neurones, paraît-il). Leurs âges sont bien inférieurs au mien. Mais ces cellules sont elles-mêmes constituées de molécules et, en dernier regard, d'atomes qui, pour la plupart, ont été fabriqués par des réactions nucléaires au cœur d'étoiles anciennes, bien avant la formation du Système solaire ! Leurs âges se mesurent en milliards d'années.

Mon âge et les âges de mes constituants sont tous différents.

C'est encore pire pour un produit manufacturé ! Vais-je définir l'âge de mon téléviseur comme la durée écoulée depuis son achat ? Ou bien depuis sa sortie d'usine ? Certaines pièces qui le constituent ont pu rester stockées longtemps avant leur assemblage... Et lui aussi se compose d'atomes fabriqués il y a des milliards d'années.

Quand les Japonais évoquent le Kinkaku-ji, ce temple bien connu couvert de feuilles d'or, ils en parlent comme d'un bâtiment presque millénaire. En réalité, il a brûlé plusieurs fois. Tous ses éléments ont été remplacés les uns après les autres au cours des siècles. Aucun d'eux n'a le même âge que le temple lui-même. Mais l'âge de chaque élément individuel n'est pas ce qui compte aux yeux des amoureux des lieux, qui regardent plutôt l'ensemble.

Et l'âge d'un simple caillou ? Est-ce celui de ses atomes ? Des molécules du matériau physico-chimique qui le constituent ? De la cristallisation qui lui a donné sa forme ? Du moment où il fut séparé de sa gangue, du substrat dans lequel il était emprisonné ? Du processus d'érosion qui lui a conféré son aspect actuel ? Quand est-il devenu caillou ? *Ce* caillou ?

Et cette particule élémentaire que je détecte ? Peut-être a-t-elle été créée lors du Big Bang ? Ou peut-être il y a seulement quelques minutes, dans le Soleil ? Ici, l'analyse de son aspect ne peut nous aider car une particule toute fraîche, tout juste créée, est strictement identique à celle qui voyage depuis des milliards d'années dans l'Univers. Une particule ne vieillit pas et ce n'est certainement pas en l'examinant que je pourrai avoir une idée de son âge*.

Des âges astronomiques

Les planètes, le Soleil, les étoiles, les galaxies ont-ils été toujours là ? La plupart des philosophes de l'Antiquité grecque, Platon en tête, estimaient le ciel

* Peut-être en examinant les caractéristiques d'une *population* particulière de particules pourrais-je avoir une idée du processus qui lui a donné naissance, et donc de son âge. C'est le principe des datations radioactives.

immuable. Les étoiles, la Voie lactée, la Lune et le Soleil: tout était toujours déjà là. Mais la lente apparition de la science consiste précisément dans le rejet des mythes des origines. L'idée d'un âge possible pour les astres célestes – dans un sens physique – s'est imposée bien plus tard, après l'apparition de la science moderne.

C'est devenu un sujet de l'astrophysique, qui s'est penchée sur la question de la formation de tous ces astres. Leur âge n'est jamais défini comme celui des atomes de la matière dont ils se composent. Alors, qu'est-il? Est-ce la durée qui nous sépare du moment où la matière qui les constitue s'est suffisamment condensée et désolidarisée du reste de l'Univers pour que l'on puisse les considérer comme des entités autonomes? À moins que, pour une étoile, on ne considère le moment où elle s'est allumée? Et pour une galaxie, le moment où elle s'est constituée en entité séparée du reste de la matière? Ou le moment où de premières étoiles se sont allumées en son sein? Dans tous les cas, on privilégie toujours l'âge de l'ensemble à celui de ses constituants.

Quel que soit l'objet auquel on s'intéresse, la définition de son âge comporte une part d'ambiguïté, du moins si l'on veut être précis, aussi précis qu'un scientifique. Par ailleurs, il n'existe en général

Cet ouvrage a été mis en pages par IGS-CP (16)
Achévé d'imprimer en France
par Xcxcccx à Xcxcccx (Xcxcx) en 2020.

N° d'impression: