

Mémoire en sciences humaines et sociales  
École polytechnique fédérale



---

# Le prêtre qui a inventé le big bang

Les implications philosophiques d'un travail pionnier

---

PAR : **SILAS DANIEL KIESER**, [SILAS.KIESER@EPFL.CH](mailto:SILAS.KIESER@EPFL.CH)

**Sous la direction de**

JEAN-FRANÇOIS BERT, Maître d'enseignement et de recherche

YANN DAHHAOUI, Premier assistant

**Date:** 13 mai 2015

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>1 La cosmologie avant le big bang</b>	<b>4</b>
1.1 L'univers statique . . . . .	4
<b>2 Georges Lemaître</b>	<b>7</b>
2.1 Le prêtre qui a inventé le big bang . . . . .	7
<b>3 Implications philosophiques</b>	<b>10</b>
3.1 Science et religion au 20 <sup>ème</sup> siècle . . . . .	11
<b>4 Discussion</b>	<b>12</b>
4.1 Inspiration divine? . . . . .	12
4.2 Two paths to the truth . . . . .	13
<b>5 Pourquoi la théorie du big bang était-elle rejetée?</b>	<b>15</b>
5.1 Raisons scientifiques pour rejeter la théorie de Lemaître . . . . .	15
5.2 Raisons philosophiques pour rejeter la théorie de Lemaître . . . . .	16
<b>6 Implications du big bang</b>	<b>18</b>
6.1 Implications philosophiques du big bang . . . . .	18
6.2 Nouvelles réflexions sur la cause première . . . . .	19
<b>7 Conclusion</b>	<b>21</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>23</b>

# INTRODUCTION

---

La théorie du big bang fait partie des théories physiques les plus approuvées et les plus répandues sur le globe. Elle fait réfléchir les physiciens théoriques les plus intelligents de notre génération et la majorité de la population comprend les bases fondamentales de cette théorie, soit que l'univers a un début. Ce fait n'était pas du tout accepté dans les années 40. Même si aujourd'hui les physiciens en débattent encore, la conviction générale d'il y a 80 ans était que l'univers est statique et infini dans le temps. Pourquoi le premier modèle pour un univers fini était-il difficilement accepté par la communauté de cosmologie ? Une hypothèse possible serait parce que le scientifique qu'on appelle aujourd'hui *père du big bang* était un prêtre. Georges Lemaître était le premier à publier un modèle réaliste pour un univers fini basé sur la cosmologie relativiste.

Les événements rappellent la révolution copernicienne, où une théorie révolutionnaire rencontrait une grande résistance de la part d'un clergé qui ne voulait pas changer ses pré-suppositions. Est-ce qu'il s'agirait maintenant des cosmologues, héritiers de Copernic, qui semblent vouloir garder une ancienne conception de l'univers et ne pas accepter la théorie qu'un chanoine élabore ? Est-ce que le fait que Lemaître faisait partie de l'Église était la raison pour laquelle les cosmologues ne lui faisaient pas confiance ?

Pour répondre à ces questions, nous allons analyser plus précisément les interactions entre la science et la religion dans le questionnement autour de l'origine de l'univers. Nous allons d'abord analyser comment les cosmologues qui adhèrent à la théorie de l'univers statique étaient influencés par ces deux domaines, puis dans quelle mesure Lemaître était lui aussi influencé.

# LA COSMOLOGIE AVANT LE BIG BANG

---

Dans ce chapitre, nous allons esquisser le développement de la cosmogonie, l'étude de l'origine du cosmos, pour expliquer la dominance de la théorie d'un univers infini et stable à l'époque de Lemaître.

## 1.1 L'univers statique

Depuis l'Antiquité, les humains s'imaginent que l'univers est éternel, statique et inébranlable. Quand ils regardent le firmament, ils sont impressionnés par l'immensité du cosmos, la beauté et l'ordre parfait des mouvements des corps célestes. Pour les Grecs de l'Antiquité, les astres et les planètes font partie de la sphère divine et leur mouvement doit être expliqué par des formes géométriques parfaites, comme le cercle.

Ils ne connaissent pas seulement un univers éternel et inébranlable mais aussi l'idée d'une cosmogonie cyclique. Cette pensée est encore plus présente dans la mythologie hindoue. Aristote a argumenté que chaque mouvement devrait être issu d'une cause, c'est-à-dire d'un autre mouvement. Même si l'univers est sujet à des cycles, ce mouvement circulaire doit quand même être le résultat d'un autre mouvement linéaire.<sup>1</sup>

Si cette suite de causes-mouvements continuait à l'infini, l'univers ne pourrait jamais être compris par la pensée humaine. C'est pour cette raison qu'Aristote a postulé un *moteur immobile*. Un premier mouvement ou moteur qui n'a pas de cause. Selon lui, ce moteur immobile est la cause de l'univers, mais cela ne veut pas dire que ce moteur a créé l'univers. Le moteur immobile est plutôt un état parfaitement ordonné et bon pour que tous les corps célestes désirent tendre vers cet état.<sup>2</sup>

Pendant le siècle des Lumières, Sir Isaac Newton a renversé la physique d'Aristote, mais il en a gardé la cosmologie. Newton perçoit l'univers comme ayant été créé par Dieu (celui des chrétiens), mais il postule que depuis sa création, l'univers obéit parfaitement à des lois physiques, comme la loi de la gravité.<sup>3</sup>

Au 20<sup>ème</sup> siècle, Albert Einstein a révolutionné la physique de Newton avec sa théorie relativiste. En 1917, il a réfléchi à son tour à la cosmologie. Il imagine que l'univers est une sphère uniformément remplie de matière et qu'il n'y a pas d'interactions entre les parti-

- 
1. Aristotle, *Metaphysics*, sous la dir. d'Hugh Tredennick (Cambridge : Harvard University Press, 1989), XII 1072.
  2. Paul Copan et William Lane Craig, *Creation out of Nothing* (Grand Rapids : Baker Academic / Apollos, 2004), 219-220.
  3. *ibid.*, 220.

cules, à part au travers de la gravité. Cette première approximation de l'univers en tant que liquide parfait a abouti au premier modèle relativiste de l'univers. Les formules de la théorie relativiste générale ont montré qu'un tel univers ne peut pas être statique. Soit l'univers est en expansion, soit la gravité est tellement forte que l'univers décroît et se condense. Einstein a ajouté une constante à ses formules,<sup>4</sup> la fameuse *constante cosmologique*  $\Lambda$ . Avec une certaine valeur bien précise, cette constante permet de décrire un univers *quasi statique*, c'est-à-dire que la force de gravité est exactement égale à l'expansion de l'univers. Cet équilibre par contre serait labile : un petit changement dans la densité de masse de l'univers ou le simple déplacement d'un atome peut faire que l'univers s'étend ou se condense.

Alexandre Friedmann utilise également les formules de la relativité générale pour créer des modèles mathématiques de cosmologie. En 1922, il postule une série de modèles d'univers en expansion en fonction de la constante  $\Lambda$ . Il a même deviné l'âge de l'univers avec une étonnante précision, mais il s'est gardé de certifier la véracité de ses modèles, car il manquait d'observations astronomiques. Il a exécuté ces calculs plutôt par curiosité.<sup>5</sup>

Einstein trouve les formules *suspectes*<sup>6</sup> et prétend que Friedman a fait une erreur dans ses calculs. Une année plus tard, Einstein admet qu'il s'est trompé et que les formules de Friedman sont correctes.<sup>7</sup> Qu'est-ce qui a fait que les modèles de Friedmann lui ont paru suspects ? La description que Friedman fait de ses modèles dans une publication de vulgarisation en 1927, nous fait comprendre tout suite qu'ils sont diamétralement opposés à la cosmovision d'Einstein :

L'univers se contractant en un point (de volume nul), puis, à partir de ce point, augmentant de rayon jusqu'à une certaine valeur maximale, puis diminuant à nouveau pour redevenir un point, et ainsi de suite. Ceci n'est pas sans rappeler certaines conceptions mythologiques des hindous relatives aux "cycles d'existence" ; on pourrait également parler d'une *création du monde à partir de rien*. Mais tout ceci ne doit être pris qu'à titre de curiosité, et ne peut être prouvé au moyen d'observations astronomiques encore insuffisantes.<sup>8</sup>

Einstein n'a pas voulu admettre que l'univers est non-statique. C'est pour cela qu'il a inventé la constante cosmologique  $\Lambda$  et c'est aussi la raison pour laquelle il a critiqué la publication de Friedmann et a empêché sa divulgation.<sup>9</sup>

Georges Lemaître a également utilisé les formules d'Einstein et a publié une solution en 1927 qui décrit un univers en expansion. Il n'était pas au courant que Friedmann avait déjà trouvé cette solution cinq ans plus tôt. Mais Lemaître est allé plus loin : il a fait le lien entre

4. Albert Einstein, « Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie », in *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften Berlin* (1997), 152.

5. Jean-Pierre Luminet, Alexandre Friedmann et Georges Lemaître, *Essais de Cosmologie, précédé de L'Invention du Big Bang*, Seuil, sous la dir. de Jean-Pierre Luminet et Andrey Gripp (Paris, 1997), 206.

6. Albert Einstein, « Bemerkung zu der Arbeit von A. Friedmann „Über die Krümmung des Raumes“ », *Zeitschrift für Physik* 11, n° 1 (1922) : 125.

7. Luminet, Friedmann et Lemaître, *Essais de Cosmologie, précédé de L'Invention du Big Bang*, 97-98.

8. *ibid.*, 206.

9. Helge Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », (Berlin, Heidelberg), *Astrophysics and Space Science Library*, 395 (2012) : 11.

la théorie et des observations astronomiques, ce qu'on peut voir dans le titre de sa publication : *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*<sup>10</sup>. Il a collecté des mesures astronomiques des galaxies, qui s'éloignent dans toutes les directions de la terre.<sup>11</sup> Lemaître a expliqué cet éloignement par l'expansion de l'univers qui suit une relation linéaire entre la distance et la vitesse d'éloignement des galaxies. Cette relation est aujourd'hui connue sous le nom de "loi de Hubble", nommée d'après Edwin Hubble qui l'a publiée en 1929. Lemaître n'a pas été reconnu pour sa découverte. Il n'a même pas été cité par Hubble.

Les réactions de la communauté scientifique à l'égard du modèle de Lemaître étaient extrêmement critiques. Soit les scientifiques le rejetaient, soit ils le négligeaient.<sup>12</sup> Le commentaire d'Einstein à l'occasion d'un congrès en 1927, durant lequel Lemaître a discuté avec lui de ses idées, est représentative pour cela : « Your calculations are correct, but your grasp of physics is abominable.<sup>13</sup> »

Étonnamment, dans son premier modèle, Lemaître postule un univers en expansion, mais pas de Big Bang. Il prend comme point de départ le modèle de l'univers statique d'Einstein avec un rayon minuscule.<sup>14</sup> Il a fallu encore deux ans pour que la théorie de Lemaître mûrisse et puisse être prise en compte par la communauté des cosmologues.

---

10. Lemaître a utilisé le terme *nébuleuses extra-galactiques* pour décrire des galaxies en dehors de la nôtre. Georges Lemaître, « Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques », *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* 47 (1927) : 49–59

11. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 10.

12. *ibid.*, 34.

13. John O'Connor et Edmund Robertson, « The MacTutor History of Mathematics archive - Le », 2008, visité le 13 mars 2015, <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Lemaître.html>.

14. Le rayon qu'il postule  $R_0$  a un lien avec la constante cosmologique  $\Lambda$  et s'élève à  $9 \times 10^8$  années-lumière, ce qui correspond à 10'000 fois le diamètre de notre galaxie. Helge Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », (Berlin, Heidelberg), *Astrophysics and Space Science Library*, 395 (2012) : 25

# GEORGES LEMAÎTRE

---

Comme c'est le cas dans la révolution copernicienne, la formulation mathématique d'une cosmologie révolutionnaire est une partie essentielle mais néanmoins pas suffisante pour déclencher le changement. Il faut que cette théorie mathématique soit confirmée par de nouvelles observations physiques. Copernic et Kepler ont formulé la théorie de l'héliocentrisme, mais Galilée est celui à avoir fourni les preuves qui ont provoqué le changement, et cela même si ses observations des lunes de Jupiter, qui représentent selon lui des systèmes solaires en miniature, ne sont pas prises en compte par tout le monde. Quant à la théorie du big bang, c'est Georges Lemaître qui a formulé un modèle mathématique et l'a mis en lien avec les observations physiques.

Est-ce qu'il est vrai que Lemaître se laissait influencer par sa religion pour postuler ses théories scientifiques? Nous allons répondre à cette question dans le prochain chapitre, mais d'abord il faut se renseigner sur l'identité de ce prêtre qui a inventé le big bang.

## 2.1 Le prêtre qui a inventé le big bang

Georges Lemaître, né en Belgique en 1894, a étudié à l'Université catholique de Louvain pour devenir ingénieur de mine. La première Guerre mondiale l'a obligé à arrêter ses études et lui a fait changer de direction. Après la guerre, il a terminé en une année un master en physique, puis il a fait des études raccourcies en théologie pour devenir prêtre. Pendant ce temps, il continuait à s'intéresser à la physique et à l'étudier. Lorsqu'il a été ordonné prêtre, il était déjà devenu expert de la physique relativiste d'Einstein.<sup>1</sup>

Grâce à cela, il a obtenu une bourse pour faire une thèse à Cambridge. Sous la direction de l'astrophysicien Sir Arthur Eddington, il a étudié des modèles relativistes de l'univers semblables à ceux d'Einstein. Il a représenté l'univers comme une sphère, mais sans utiliser la contrainte que la masse devait être répartie de manière uniforme. A Harvard et au MIT, où il a fini sa thèse, il a collecté des données sur la vitesse des galaxies et sur leur distance avec la nôtre.<sup>2</sup>

Il a été élu professeur à l'Université de Louvain, où il a développé son modèle d'un univers en expansion basé sur les formules de la théorie relativiste. Il l'a publié en 1927 en français dans le journal *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*.

---

1. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 2,9-10.

2. *ibid.*, 9-10.

Parce que Lemaître a publié en français dans un journal qui n'est pas beaucoup lu en dehors de la Belgique, la communauté scientifique n'a pas eu connaissance de son modèle.<sup>3</sup> Cela a changé en 1930 lorsqu'Eddington a loué le travail «très substantiel<sup>4</sup>» de Lemaître, ce qui lui ouvre la possibilité de le publier en anglais en 1931.

Sir Arthur Eddington, le directeur de thèse de Lemaître, a dit dans un commentaire sur la fin et le début de l'univers :

Following time backwards, we find more and more organisation in the world. If we not stopped earlier, we must come to a time when the matter and energy of the world had the maximum possible organisation. To go back further is impossible. We have come to an abrupt end of space-time – only we generally call it the 'beginning'.

I have no 'philosophical axe to grind' in this discussion. Philosophically, the notion of a beginning of the present order of Nature is repugnant to me<sup>5</sup>

Cela montre que cette critique était principalement fondée sur des désaccords entre leurs cosmovisions différentes et non sur des arguments scientifiques, même s'il en existait aussi.<sup>6</sup>

Lemaître publie une réponse où il explique qu'il lui semble au contraire que la physique quantique suggère un commencement.<sup>7</sup> Il décrit ensuite l'idée de *l'atome primitif* : l'état de commencement de l'univers sous la forme d'un atome radioactif gigantesque. « [Cet article] contient moins de 457 mots et il s'agit d'une des communications les plus remarquables de l'histoire de la science moderne.<sup>8</sup> ». Étonnamment, Lemaître avait signé cet article sans mentionner son titre de professeur de l'université de Louvain, mais en donnant son adresse privée comme expéditeur.

Le fait que Lemaître était prêtre discréditait d'autant plus son autorité scientifique. Sa position dans le clergé faisait croire à des scientifiques comme Einstein qu'il avait inventé cette théorie pour justifier ou au moins donner une base scientifique à sa foi.<sup>9</sup> Lors d'une conférence en 1933 pendant laquelle Lemaître a présenté ses idées, Einstein se serait levé et aurait dit : « This is the most beautiful and satisfactory explanation of creation to which I have ever listened.<sup>10</sup> » Cette exclamation ironique montre d'une part l'admiration d'Einstein pour le raisonnement de Lemaître mais aussi le fait qu'il soupçonne que ce dernier veut prouver la création avec les moyens de la science.<sup>11</sup>

3. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 26.

4. *ibid.*

5. Arthur S. Eddington, « The End of the World : from the Standpoint of Mathematical Physics. », *Nature* 127, n° 3203 (mars 1931) : 450.

6. Thomas Cowling, « The beginning of the Universe », *Nature* 168, n° 4268 (2003) : 259–260.

7. Georges Lemaître, « The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory », *Nature* 127, n° 3210 (mai 1931) : 706–706.

8. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 28.

9. *ibid.*, 16.

10. Duncan Aikman, « Lemaitre follows two path to truth », *The New York Times*, février 1933, 1, 18.

11. Dominique Lambert et Jacques Reisse, *Charles Darwin et Georges Lemaître* (Louvain-la-Neuve : Académie royale de Belgique, 2006), 227.



Après cette conférence, Lemaître est devenu célèbre, au moins dans la presse populaire. En 1933, le *New York Times* publie un article sur lui sur la page de garde. Le fait qu'il était prêtre était clairement une des raisons pour lesquelles le public était fasciné par Lemaître. Sa renommée dans la presse populaire contrastait avec la réticence et l'hostilité avec lesquelles ses idées étaient parfois reçues par la communauté scientifique.<sup>12</sup> Par exemple, Lemaître n'a jamais utilisé le terme de *big bang*, dont l'invention est attribuée à Fred Hoyle,<sup>13</sup> un des défenseurs du modèle stationnaire de l'univers. Il a utilisé ce terme pour se moquer de Lemaître. Hoyle a cru toute sa vie que l'expansion de l'univers pouvait être expliquée par une *création continue* sans point initial. La création continue de la matière évidemment viole tout les lois de la conservation de la masse.

En 1946, Lemaître a développé ses idées dans *L'hypothèse de l'atome primitif*,<sup>14</sup> son œuvre majeure. Il ajoute à ses arguments sur l'éloignement des galaxies celui des rayonnements ultra-pénétrants<sup>15</sup> qui, selon lui, sont des restes de l'explosion initiale, ainsi que l'argument de l'arrangement des étoiles en galaxies. Le titre qu'il choisit montre qu'il s'agit uniquement d'une hypothèse pour lui. Il précise dans sa conclusion :

Je ne prétendrai certes pas que cette hypothèse de l'atome primitif soit dès à présent prouvée et je serais déjà fort heureux si elle ne vous apparaissait ni absurde ni invraisemblable.<sup>16</sup>

---

12. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 34.

13. Luminet, Friedmann et Lemaître, *Essais de Cosmologie, précédé de L'Invention du Big Bang*, 74.

14. Georges Lemaître, *L'hypothèse de l'atome primitif* (Neuchâtel : Éditions du Griffon, 1946).

15. Aujourd'hui, ces particules qui pénètrent notre atmosphère sont connues sous le terme de « rayons cosmiques »

16. Lemaître, *L'hypothèse de l'atome primitif*, 176.

## IMPLICATIONS PHILOSOPHIQUES

---

La question de l'origine de l'univers implique forcément une réponse au croisement entre la science, la métaphysique, la philosophie et la religion. C'est peut-être cette raison qu'elle attire autant l'intérêt. Pour essayer de comprendre pourquoi l'idée du big bang avait des difficultés à être acceptée, nous allons nous intéresser ici aux implications philosophiques de l'univers, qu'il ait ou non un commencement.

L'argument de la *cause première* est certainement une des implications philosophiques qui joue un rôle, de manière plus ou moins consciente, si on traite de la question du début de l'univers. Voilà l'argument sous forme de syllogisme <sup>1</sup> :

**A Tout ce qui commence a une cause**

**B Si l'univers avais commencé**

*par conséquence:*

**C L'univers devrait avoir une cause**

Cet argument était déjà utilisé indirectement par Aristote quand il affirme qu'il doit y avoir un moteur immobile.<sup>2</sup> Thomas d'Aquin s'est basé sur la pensée d'Aristote et a argumenté qu'il doit y avoir une cause ultime qui permette à la pensée humaine de comprendre. Thomas d'Aquin refuse l'idée que l'univers soit le produit d'une succession infinie de causes, car elle impliquerait que l'univers soit incompréhensible.<sup>3</sup>

Thomas d'Aquin identifie Dieu avec le moteur immobile d'Aristote. Les physiciens chrétiens, comme Newton par exemple, ont continué à considérer Dieu en tant que créateur, même si Newton a postulé que l'univers et les lois physiques sont de toute évidence invariables et éternels.<sup>4</sup> Il a augmenté l'écart entre le moment présent et le moment de la création à l'infini.

**A Tout ce qui commence a une cause**

**B Les lois physiques existent depuis toujours**

*par conséquence:*

**C Il ne faut pas de cause pour expliquer l'existence des lois physiques**

1. Cet argument est connu sous le nom de Kālam cosmological argument citée de Sylvain Bréchet, *Et la lumière fut* (Romanel-sur-Lausanne : Ourania, 2012), 182

2. Aristote, *Metaphysics*, 1072.

3. C'est la première de ses cinq preuves pour Dieu (Quinquae viae) Thomas D'Aquin, « Somme théologique », 1984, visité le 11 mai 2015, <http://docteurangelique.free.fr/livresformatweb/sommes/1sommetheologique1apars.htm>

4. Copan et Craig, *Creation out of Nothing*, 220.

Ce même syllogisme peut aussi être appliqué à Dieu ou au moteur immobile, c'est pourquoi la question de savoir qui a créé Dieu ? n'a pas de sens.

### 3.1 Science et religion au 20<sup>ème</sup> siècle

A l'époque de Georges Lemaître, les scientifiques étaient en général très réfractaires à la religion. Voici ce qu'a dit Paul Dirac, pendant une conférence à laquelle Lemaître a aussi assisté :

If we are honest — and scientists have to be — we must admit that religion is a jumble of false assertions, with no basis in reality. The very idea of God is a product of the human imagination<sup>5</sup>

L'athéisme accueille l'idée d'un univers éternel ou de lois éternelles. Logiquement, elle devient même essentielle, sinon, selon le syllogisme ci-dessus, il faudrait justifier la cause de l'existence des ces lois. Je ne pense pas qu'il s'agisse d'une coïncidence que ce débat de l'univers statique ou éternel ait eu autant de partisans au 20<sup>ème</sup> siècle.

---

5. Werner Heisenberg, *Physics and Beyond : Encounters and Conversations*, Translated, sous la dir. de Ruth Nanda Ansehen (New york, evaston, et london : Harper & Row, 1971), 85-86.

# DISCUSSION

---

La conclusion semblait tout à fait raisonnable : un prêtre qui croit en la vérité des Écritures saintes postule un modèle cosmologique basé sur l'hypothèse décrite dans la bible, qui donne des indications sur le commencement de l'univers. Mais est-ce vrai, comme Einstein et d'autres cosmologues le soupçonnaient, que Lemaître a voulu justifier la foi chrétienne au travers de la science ? Est-ce qu'il s'est laissé inspirer par sa théologie ou directement par le récit de la bible ? Comment Lemaître aurait-il géré la cohabitation entre ses croyances et sa recherche scientifique ?

## 4.1 Inspiration divine ?

Dans l'introduction de son livre *L'atome primitif*, Lemaître décrit que l'idée lui est venue après avoir lu le commentaire d'Eddington de 1931. Lemaître a étudié les modèles cosmologiques d'Einstein pendant sa thèse, sous la direction d'Eddington. Les deux savaient que les équations de la théorie relativiste pouvaient amener à la conclusion que l'univers était en expansion. Lemaître a montré que l'observation de l'éloignement galaxies peut être bien expliquée par un univers en expansion. Eddington a conclu qu'il devait y avoir un moment dans le passé à partir duquel on ne peut plus revenir en arrière, un début. Comme on a vu, l'idée d'un commencement allait à l'encontre de sa philosophie. Apparemment, Lemaître et Eddington ne partageaient pas les mêmes présupposés philosophiques, même si les deux étaient chrétiens.<sup>1</sup>

Dans un document non-publié datant d'environ 1922, Lemaître a écrit qu'il pensait que l'univers a commencé avec de la lumière, comme c'est suggéré dans la bible, mais il était trop prudent pour baser ses théories scientifiques là-dessus.<sup>2</sup> On peut constater chez Lemaître un refus de l'infini réel (même si la théorie mathématique comprend la notion d'infini). La même refus se trouve déjà chez Thomas d'Aquin, quand il postule une cause première (voir section 3).

Comme on va le voir dans la prochaine partie, Lemaître faisait très attention à ne pas mélanger le domaine de la science et celui de la religion.

---

1. John O'Connor et Edmund Robertson, « The MacTutor History of Mathematics archive - Eddington », 2008, visité le 13 mars 2015, <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Eddington.html>.

2. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 49.

## 4.2 Two paths to the truth

Pour Lemaître c'était d'une extrême importance de suivre strictement les règles du jeu de la méthode scientifique. Dans la conclusion de son livre, il écrit :

Je pense avoir montré que l'hypothèse de l'atome primitif satisfait aux règles du jeu. Elle ne fait appel à aucune force qui ne soit connue par ailleurs, et elle rend compte de toute la complexité du monde actuel, expliquée par une seule hypothèse [l'arrangement des étoiles en galaxies, l'expansion des amas des galaxies et les rayons ultra-pénétrants].<sup>3</sup>

Il développait une position stricte de ce qu'on appelle aussi le principe de *NOMA* (de l'anglais : Non-Overlapping Magisteria, non-recouvrement des magistères. Il a exprimé cela ainsi :

There were two ways of arriving at the truth. I decided to follow them both. Nothing in my working life, nothing that I have ever learned in my studies of either science or religion, has ever caused me to change that opinion..<sup>4</sup>

Par exemple il faisait une distinction entre *commencement* scientifique et l'acte de la *création*. Il essaye de garder ces deux concepts séparés.<sup>5</sup> Il a adopté la théorie d'un Dieu caché qui est ancré dans la pensée de Blaise Pascal.<sup>6</sup> Il a affirmé lui-même par rapport aux arrière-plans de sa théorie :

This is the philosophical background of the Primeval Atom hypothesis. As far as I can see, such a theory remains entirely outside any metaphysical or religious question. It leaves the materialist free to deny any transcendental Being. He may keep, for the bottom of space-time, the same attitude of mind he has been able to adopt for events occurring in non-singular places in space-time.<sup>7</sup> For a believer, it removes any attempt to familiarity with God [...]. It is consonant with the wording of Isaiah speaking of the Hidden God, hidden even in the beginning of the universe.<sup>8</sup>

A cause de cela, il va à contre-courant de l'Église catholique.<sup>9</sup> Il s'est énervé lorsque le pape Pie XII a donné un discours interne sur comment les avancements de la cosmologie –sans citer Lemaître directement– témoignent du *fiat lux* initial et représentent donc un argument scientifique pour la foi chrétienne.<sup>10</sup> Il a même demandé au pape de ne plus utiliser la cosmologie pour affirmer le créationnisme et de ne plus se prononcer sur la cosmologie.<sup>11</sup>

3. Lemaître, *L'hypothèse de l'atome primitif*, 176.

4. Aikman, « Lemaître follows two path to truth ».

5. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 16.

6. Lambert et Reisse, *Charles Darwin et Georges Lemaître*, 232.

7. Le big bang est vu comme un point de singularité

8. Georges Lemaître 1958, *The primeval atom hypothesis and the problem of the clusters of galaxies*. Cité de : Helge Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », (Berlin, Heidelberg), Astrophysics and Space Science Library, 395 (2012) : 16

9. Lambert et Reisse, *Charles Darwin et Georges Lemaître*, 233.

10. *ibid.*, 263.

11. *ibid.*, 258-272.

Il y a deux raisons potentielles pour une telle action : (a) Lemaître, en tant que prêtre, était souvent soupçonné de chercher des arguments pour fonder la foi chrétienne et un tel discours discréditait encore plus son autorité scientifique. (b) Il savait bien que sa théorie était de nature très hypothétique et qu'il lui manquait des observations pour la confirmer. Il ne voulait donc pas qu'on utilise sa théorie pour affirmer la foi. Les deux raisons sont probables, mais les documents à disposition ne sont pas suffisants pour en conclure quelle était la raison dominante.<sup>12</sup>

Lemaître mérite des éloges pour le chemin étroit qu'il a parcouru en défendant sa théorie auprès des scientifiques et en même temps auprès des chrétiens. On pourrait se demander s'il adhère aux «two ways to the truth» principalement à cause des raisons *méthodiques*. En effet, le naturalisme méthodique, qui implique qu'il faut laisser de côté tous les présupposés et les explications non-naturelles, consiste en une partie importante de la méthodologie scientifique. La position de non-recouvrement des magistères (NOMA) était probablement une nécessité pour Lemaître qui était à la fois prêtre et scientifique. S'il avait tiré des conclusions comme celles du pape, il aurait perdu sa crédibilité.

La position de NOMA est très proche de celle du concept de *Dieu caché* : il s'agit d'éviter de rechercher des arguments en faveur de l'existence de Dieu en observant la nature. Ce serait un chevauchement des magistères. Par contre, nous pouvons nous demander si ce concept est aussi principalement pragmatique. Bien sûr, la bible parle de Dieu caché<sup>13</sup>, mais elle affirme aussi que ses oeuvres sont visibles :

En effet, les perfections invisibles de Dieu, sa puissance éternelle et sa divinité, se voient depuis la création du monde, elles se comprennent par ce qu'il a fait.<sup>14</sup>

---

12. Lambert et Reisse, *Charles Darwin et Georges Lemaître*, 272.

13. Ésaïe 45 :15

14. Romains 1 :20 (Traduction Segond 21)

# POURQUOI LA THÉORIE DU BIG BANG ÉTAIT-ELLE REJETÉE ?

---

Quand on voit le succès que la théorie du big bang va avoir par la suite, on pourrait trouver choquant et embarrassant que les cosmologues aient regardé le travail de pionnier de Lemaître avec une telle indifférence. Quelles en étaient les raisons ?

## 5.1 Raisons scientifiques pour rejeter la théorie de Lemaître

Dans la préface de *L'atome primitif*, Ferdinand Gonseth a écrit qu'une « vision nouvelle de l'espace et des astres qui le peuplent ne peut s'imposer sans que la connaissance objective des phénomènes se soit essentiellement approfondie ou transformée.<sup>1</sup> » Apparemment, ces conditions n'étaient pas remplies par Lemaître, même si Gonseth affirmait, que personne n'en doutait. Il y avait très peu de *phénomènes* pour affirmer ses hypothèses. L'argument principal de Lemaître était l'expansion de l'univers, qu'on peut aussi expliquer grâce aux modèles d'un univers stationnaire. Cette théorie alternative explique l'éloignement en postulant une création spontanée de très peu de matière partout dans l'univers. Même si dans une perspective actuelle ses arguments apparaissent ridicules, à l'époque de Lemaître, ils étaient plus convaincants que son modèle. Comme il décrivait While Plaskett, un astronome canadien, qui respectait Lemaître pour son explication de l'expansion de l'univers mais qui critiquait fortement par rapport à l'idée de l'atome primitif qu'il décrivait comme « The wildest speculation of all, even 'an example of speculation run mad without a shred of evidence to support it.<sup>2</sup> »

Le deuxième argument de Lemaître, le rayonnement cosmique qu'il interprète comme des restes de l'explosion initiale, ne donnait pas de prédictions observables. En plus, l'argument est faux :<sup>3</sup> Les rayons (particules) cosmiques, ne viennent pas du big bang, par contre cet argument est vrai pour le rayonnement des micro-ondes.

Même si Lemaître faisait bien attention à suivre les règles de la méthode scientifique, il ne communiquait pas correctement ses résultats. La publication en français de 1927 dans

1. Lemaître, *L'hypothèse de l'atome primitif*, 7.

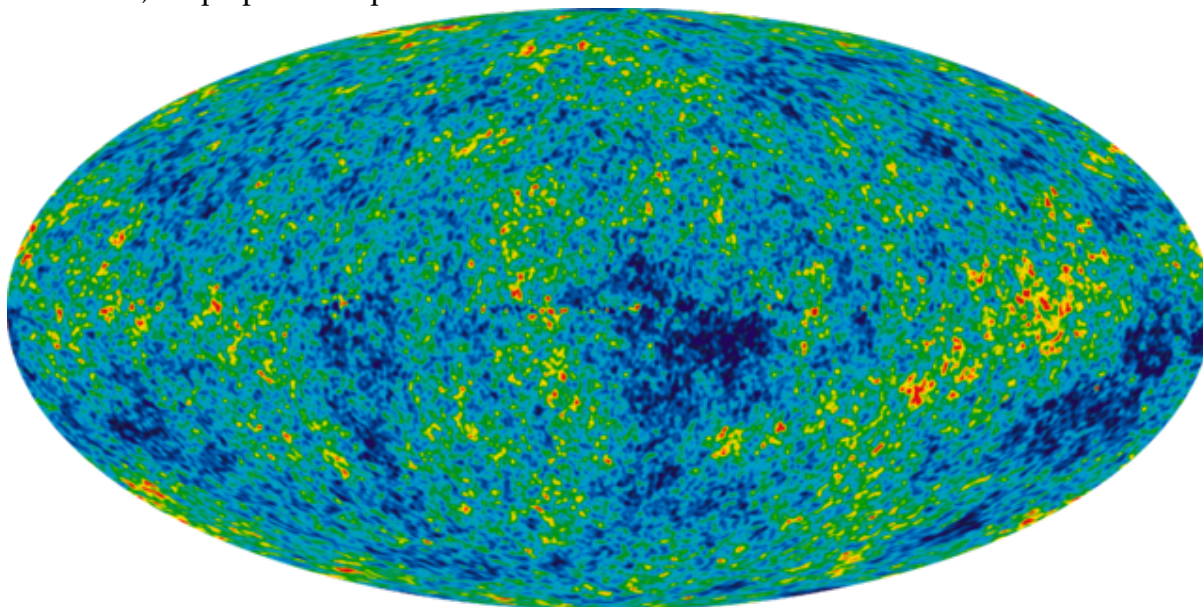
2. Plaskett, J. S. (1933). *The expansion of the universe. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*. Cité de Helge Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », (Berlin, Heidelberg), Astrophysics and Space Science Library, 395 (2012) : 36

3. *ibid.*, 32.

un journal peu connu, puis sa réponse à Eddington, qu'il signe en tant que personne privée, en sont deux exemples.<sup>4</sup>

La théorie du big bang a gagné plus de crédibilité pendant la deuxième guerre mondiale grâce à la compréhension approfondie des réactions nucléaires du début de l'univers, un champ que Lemaître refusait d'investiguer.<sup>5</sup> La théorie du big bang telle qu'on la connaît actuellement a été principalement développée par Robert Dicke, James Peebles and Yakov Zel'dovich aux alentours de 1965.<sup>6</sup> Il n'y a pas de lien direct entre ces derniers et le père du big bang.

Georges Lemaître a appris juste avant sa mort que le *fond diffus des micro-ondes* avait été découvert, ce qui prouvait que l'univers avait un commencement.



**Figure : Fond diffus cosmologique** Cet image représente les mesures des micro-ondes. Les fluctuations minimales de  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  à travers tout l'univers sont une preuve que les rayons viennent d'une seule source, le big bang. Source : NASA / WMAP Science Team

## 5.2 Raisons philosophiques pour rejeter la théorie de Lemaître

Est-ce que les cosmologues du 20<sup>ème</sup> siècle ont rejeté l'idée de Lemaître seulement à cause de faiblesses dans sa démarche scientifique ? On a pourtant vu que Lemaître prenait très au sérieux sa démarche scientifique.

Les implications philosophiques ainsi que l'hostilité face à la religion au 20<sup>ème</sup> siècle décrites au chapitre 3.1 suggèrent une composante philosophique dans la motivation de refuser la théorie du big bang.

Ceci se manifeste dans la postulation de la constante cosmologique  $\Lambda$  d'Einstein et dans

4. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 36-37.

5. *ibid.*, 37.

6. *ibid.*



l'ardeur avec laquelle il défend l'idée d'un univers quasi-stable.<sup>7</sup> Le fait qu'Einstein critique les équations de Friedmann un peu trop rapidement est aussi influencé par sa philosophie.

Eddington a dit ouvertement que se sont des présupposées philosophiques qui font qu'il repousse l'idée d'un commencement de l'univers.

Cela n'a pas changé depuis que Stephen W. Hawking a écrit : « Many people do not like the idea that time has a beginning, probably because it smacks of divine intervention.<sup>8</sup> »

Nous pouvons aussi remarquer qu'il y a arguments scientifiques en faveur de l'existence d'un univers fini, comme par exemple le fait qu'il n'y a pas beaucoup d'étoiles très vieilles dans l'univers ou tout simplement qu'il n'y a apparemment pas une infinité de matière : en effet, comment remplir un univers qui est en expansion depuis toujours avec une quantité finie de matière ?<sup>9</sup>

Nous avons vu que pour les athées depuis Fred Hoyle jusqu'à Stephen W. Hawking, il est important de ne pas avoir de commencement dans le temps ou il faudrait expliquer la cause d'un commencement à l'univers. De plus, selon l'interprétation standard, le big bang est une *singularité*, un point dont certaines propriétés physiques ne sont pas bien définies. Cela signifie que le big bang ne peut pas être compris par le moyen de la physique et des mathématiques actuelles, ce qui est un cauchemar pour chaque scientifique naturaliste.

Sylvain Bréchet, physicien théorique, l'exprime comme suit :

Comme nous venons de le constater, les présuppositions philosophiques influencent fortement la cosmologie. Plusieurs modèles ont été créés dans le seul but de remplacer la théorie du Big Bang par un modèle éternel qui n'a pas de singularité initiale.<sup>10</sup>

Lemaître lui-même n'a jamais considéré le big bang comme une singularité. Pour lui, l'atome primitif est un objet qui peut être compris entièrement au sein de la physique. Ironiquement, c'est Hawking qui a montré que le big bang était vraiment une singularité :<sup>11</sup> il a développé plusieurs modèles de l'univers sans singularité initiale de crédibilité variable.

7. Eddington, « The End of the World : from the Standpoint of Mathematical Physics. », 450.

8. Stephen W. Hawking, *A Brief History of Time - From the big bang to black holes* (USA : Bantam Books, 1988), 46-47.

9. Kragh, « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy », 58.

10. Sylvain Bréchet, « La cosmologie est-elle neutre ? », chap. 3 in *La science peut-elle être neutre*, Janvier 20, sous la dir. de Lydia Jaeger (Marne-la-vallée, France : Éditions Farel, 2009), 36.

11. Stephen W. Hawking, « The Occurrence of Singularities in Cosmology. III. Causality and Singularities », *Proceedings of the Royal Society A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 300, n° 1461 (1967) : 187-201.

# IMPLICATIONS DU BIG BANG

---

Il est ironique de voir que pendant la révolution copernicienne, on s'opposait à l'avancement de la science parce qu'elle semblait menacer la foi en Dieu, alors qu'au 20<sup>ème</sup> siècle, l'opposition se formait contre l'hypothèse scientifique d'un commencement parce qu'elle semblait rendre la foi en un Créateur plus plausible.<sup>1</sup>

## 6.1 Implications philosophiques du big bang

A cause de la théorie du big bang, la question de la cause de l'univers se pose de nouveau. Comme le craignait Eddington, la théorie du big bang ramène l'idée de dessein dans les discussions. C'est pourquoi, même les cosmologues athées parlent de Dieu dans leurs publications de vulgarisation. Cela n'aurait pas été nécessaire avant l'époque de Lemaître.<sup>2</sup>

Comme le dit Jean Staune, essayiste et chercheur indépendant :

Mais elle [La science] peut amener à considérer la question de son existence sans qu'il soit nécessaire de recourir à quoi que ce soit de théologique ou de métaphysique, mais uniquement à des réflexions fondées sur nos connaissances scientifiques. C'est déjà un résultat d'une extrême importance.<sup>3</sup>

Les cosmologues du siècle des Lumières avaient complètement mis à l'écart la question de la cause première car ils considéraient que l'origine remontait à  $t = -\infty$ . La question ne se pose plus. En suivant la méthode scientifique, les cosmologues du 20<sup>ème</sup> siècle ont remis en question l'hypothèse de l'éternité de l'univers, qui vient des idées de l'Antiquité. Les découvertes scientifiques ont mis en évidence que l'univers est fini et qu'il a commencé il y a 13.8 milliards d'années.

On ne sait jamais si de futures observations vont changer cette affirmation, mais de toute façon, la théorie du big bang nous affirme la prémisse du syllogisme de la cause première (Voir section 3) et nous amène à réfléchir sur la cause première.

1. John Lennox, *Hat die Wissenschaft Gott begraben?*, 10. Gesamt, sous la dir. d'Ursel Schmidt (Witten : SCM R.Brokhhaus, 2011), 95.

2. Lambert et Reisse, *Charles Darwin et Georges Lemaître*, 263.

3. Jean Staune, *Notre existence a-t-elle un sens?* (Paris : Presses de la renaissance, 2007), 167.

Sir Arthur Eddington le pose comme cela :

The picture of the world, as drawn in existing physical theories, shows arrangement of the individual elements for which the odds are multillions to 1 against an origin by chance. Some people would like to call this non-random feature of the world purpose of design ; [...] By sweeping it far enough away from our current physical problems, we fancy we have got rid of it. It is only when some of us years into the past what we find the sweepings all piled up like a high wall and forming a boundary – a beginning of time – which we cannot climb over.<sup>4</sup>

Il utilisait le mot *multillions* comme terme général pour décrire des nombres de l'ordre de  $10^{10^{10}}$  ou plus. Roger Penrose a estimé la probabilité que l'univers soit comme il est à 1 sur  $10^{10^{123}}$ . Pour donner un ordre de grandeur, le nombre estimé d'atomes dans l'univers est de  $10^{80} \approx 10^{10^2}$ . Cela met en évidence ce qu'Eddington a écrit dans un autre commentaire : qu'il est en effet possible que des coïncidences *extrêmement improbables* arrivent à chacun de nous, mais l'improbabilité dont il est question ici est d'un tout autre ordre de grandeur.<sup>5</sup> Cela amène aussi la question de *l'ajustement fin de l'univers*, qu'on ne peut pas traiter ici.

## 6.2 Nouvelles réflexions sur la cause première

La théorie du big bang permet de faire de nouvelles réflexions sur la nature de la cause première en se basant sur les découvertes scientifiques. Voilà un syllogisme adapté d'une argumentation de Paul Copan et William Lane Craig.<sup>6</sup>

**A Avant le Big Bang il n'y a pas de temps**

**B Une cause doit temporellement précéder son effet ou au moins être simultanée par conséquence:**

**C La cause première est intemporelle**

Le syllogisme prend comme prémisse que l'univers et donc le temps et l'espace ont commencé au moment du big bang. A l'époque de Lemaître cette idée était difficile à accepter. Cependant aujourd'hui, ce fait est accepté par une grande variété des cosmologues. Voici ce que dit Stephen W. Hawking : « As far as we are concerned, events before the big bang can have no consequences, so they should not form part of a scientific model of the universe. We should therefore cut them out of the model and say that time had a beginning at the big bang.<sup>7</sup> » Le même raisonnement peut être fait par rapport à l'espace qui montre que la cause première doit être en dehors de l'espace, ou autrement dit, qu'elle est omniprésente.

Une autre conclusion que Copan et Craig en tirent est que la cause première est une entité personnelle.

4. Eddington, « The End of the World : from the Standpoint of Mathematical Physics. », 450.

5. *ibid.*, 451.

6. Copan et Craig, *Creation out of Nothing*, 253.

7. Hawking, *A Brief History of Time - From the big bang to black holes*, 46-47.

The only way for the cause to be timeless and changeless but for its effect to originate *de nouveau* a finite time ago is for the cause to be a personal agent who freely chooses to bring about an effect without antecedent determining conditions.<sup>8</sup>

On peut montrer cela par une apagogie (raisonnement par l'absurde) : Si la cause première, cette entité, ne peut pas librement choisir de créer ou de ne pas créer l'univers, elle y serait contrainte par une autre cause et ne serait donc plus la cause première.

---

8. Copan et Craig, *Creation out of Nothing*, 253.

## CONCLUSION

---

Apparemment, depuis l'origine de l'humanité, les gens ont cru que les planètes et les étoiles et par conséquent tout l'univers étaient éternels. Même si les philosophes étaient conscients qu'il fallait une cause première, ils ne la voyaient pas comme une nécessité pour le big bang. Malgré le fait que le modèle du cosmos a beaucoup changé, cette idée d'un univers éternel restait.

Albert Einstein aurait pu le premier découvrir un modèle de l'univers en expansion, mais il a ajouté une constante à ses formules pour qu'elles puissent décrire un univers *quasi-stable*. Alexandre Friedmann a formulé les premiers modèles d'un univers en expansion ; il a même deviné l'âge de l'univers avec une étonnante précision, mais il s'est gardé d'affirmer ses modèles. Arthur Eddington aurait pu postuler le big bang et il aurait ainsi porté lui-même le titre de père du big bang. Mais comme cela a été expliqué, l'idée d'un commencement allait à l'encontre de sa philosophie.

Georges Lemaître, le prêtre qui est appelé père de big bang, a postulé le premier modèle relativiste d'un univers en expansion. L'article dans lequel Eddington décrit ses doutes et ses motifs contre une origine de l'univers a été un facteur stimulant pour Lemaître. L'adaptation de la théorie de Lemaître ressemble à une révolution copernicienne inverse : le prêtre doit se défendre contre l'ancienne idée d'un univers statique. Les raisons pour lesquelles la théorie de Lemaître avait des difficultés à être acceptée sont des présupposés philosophiques, mais elles sont aussi liées au fait que la théorie de Lemaître ne pouvait pas être vérifiée par des prédictions. En effet, les prédictions que Lemaître donnait étaient partiellement fausses. La théorie actuelle n'est pas en lien direct avec le père de big bang.

Même si la motivation de Lemaître pouvait découler de sa théologie, il gardait néanmoins le domaine de la foi et celui de la science strictement séparés. Il adhéraient avec ardeur à son principe de «Two ways to the truth», correspondant à un NOMA Avec cette attitude, il allait contre le courant de l'église catholique qui ne voulait plus s'ouvrir à la science.

La théorie d'un commencement de l'univers a des implications philosophiques : La question de «quelle est la cause du commencement ?» se pose de nouveau. Le big bang est devenu un argument fort dans la défense de la foi en un dieu. En même temps, des athées essaient de trouver des modèles de la cosmologie qui n'ont pas de début. Ceci n'était pas le cas avant Lemaître. L'existence d'un commencement concret et observable dans le passé permet aussi de nouvelles réflexions.

## **Remerciements**

Je remercie Milena Creutz pour sa relecture et ses corrections orthographiques, Sylvain Bréchet pour les discussions sur le sujet et ses explications des formules relativistes et je remercie Yann Dahhaoui pour son accompagnement pendant le travail. Je remercie aussi Jean-René Moret pour ces conseil de littérature.

# BIBLIOGRAPHIE

---

- Aikman, Duncan. « Lemaitre follows two path to truth ». *The New York Times*, février 1933, 1, 18.
- Aristotle. *Metaphysics*. Éd. d'Hugh Tredennick. Cambridge : Harvard University Press, 1989.
- Bréchet, Sylvain. *Et la lumière fut*. Romanel-sur-Lausanne : Ourania, 2012.
- . « La cosmologie est-elle neutre ? » Chap. 3 in *La science peut-elle être neutre*, Janvier 20, éd. de Lydia Jaeger. Marne-la-vallée, France : Éditions Farel, 2009.
- Copan, Paul et Craig, William Lane. *Creation out of Nothing*. Grand Rapids : Baker Academic / Apollos, 2004.
- Cowling, Thomas. « The beginning of the Universe ». *Nature* 168, n° 4268 (2003) : 259–260.
- D'Aquin, Thomas. « Somme théologique ». 1984. Visité le 11 mai 2015. <http://docteurangelique.free.fr/livresformatweb/sommes/1sommetheologique1apars.htm>.
- Eddington, Arthur S. « The End of the World : from the Standpoint of Mathematical Physics. » *Nature* 127, n° 3203 (mars 1931) : 447–453.
- Einstein, Albert. « Bemerkung zu der Arbeit von A. Friedmann „Über die Krümmung des Raumes“ ». *Zeitschrift für Physik* 11, n° 1 (1922) : 326.
- . « Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitaetstheorie ». In *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften Berlin*, pages. 1997.
- Hawking, Stephen W. *A Brief History of Time - From the big bang to black holes*. USA : Bantam Books, 1988.
- . « The Occurrence of Singularities in Cosmology. III. Causality and Singularities ». *Proceedings of the Royal Society A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 300, n° 1461 (1967) : 187–201.
- Heisenberg, Werner. *Physics and Beyond : Encounters and Conversations*. Translated. Éd. de Ruth Nanda Ansehen. New york, evaston, et london : Harper & Row, 1971.
- Jean Staune. *Notre existence a-t-elle un sens ?* Paris : Presses de la renaissance, 2007.
- Kragh, Helge. « Georges Lemaître : Life, Science and Legacy ». (Berlin, Heidelberg), *Astrophysics and Space Science Library*, 395 (2012) : 23–39.

- Lambert, Dominique et Reisse, Jacques. *Charles Darwin et Georges Lemaître*. Louvain-la-Neuve : Académie royale de Belgique, 2006.
- Lemaître, Georges. *L'hypothèse de l'atome primitif*. Neuchatel : Éditions du Griffon, 1946.
- . « The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory ». *Nature* 127, n° 3210 (mai 1931) : 706–706.
- . « Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques ». *Annales de la Societe Scietifique de Bruxelles* 47 (1927) : 49–59.
- Lennox, John. *Hat die Wissenschaft Gott begraben ?* 10. Gesamt. Éd. d'Ursel Schmidt. Witten : SCM R.Brokhaus, 2011.
- Luminet, Jean-Pierre, Friedmann, Alexandre et Lemaître, Georges. *Essais de Cosmologie, précédé de L'Invention du Big Bang*. Seuil, éd. de Jean-Pierre Luminet et Andrey Gripp. Paris, 1997.
- O'Connor, John et Robertson, Edmund. « The MacTutor History of Mathematics archive - Eddington ». 2008. Visité le 13 mars 2015. <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Eddington.html>.
- . « The MacTutor History of Mathematics archive - Le ». 2008. Visité le 13 mars 2015. <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Lemaitre.html>.