

Georges Lemaître : Le Big Bang à l'UCLouvain

LFILO 1220
séance 13

Le Big Bang

La théorie du Big Bang domine la cosmologie depuis plus d'un demi-siècle et a acquis depuis longtemps un statut paradigmatique. Elle est généralement considérée comme l'un des événements les plus importants de l'histoire de la cosmologie, **facilement comparable à la révolution copernicienne, par exemple.** (Kragh et Lambert 2007, 445)



L'espace d'Einstein, avant

- avant 1922 : l'espace comme décrit par Einstein *doit* être statique, et l'univers est donc éternel—bien que (avec Kant) on peut dire qu'à un moment donné des nébuleuses ont commencé à se condenser
- 1922 : Friedmann décrit des solutions cohérentes aux équations d'Einstein avec l'espace « fermé » (comme on vient de voir)—mais comme une curiosité mathématique



Georges Lemaître (1894-1966)



Georges Lemaître

- 1894 : né à Charleroi
- étudiant à l'UCLouvain en mathématique et physique
- 1924-25 : étudié à Harvard et MIT
- 1927 : premier article important sur la possibilité d'un univers en expansion
- 1931 : lettre à la revue *Nature* décrivant l'« atome primitif », un seul, instable packet d'énergie, l'explosion « radioactive » duquel a lancé l'expansion de l'univers
- 1966 : mort à Leuven



Lemaître à l'UCLouvain



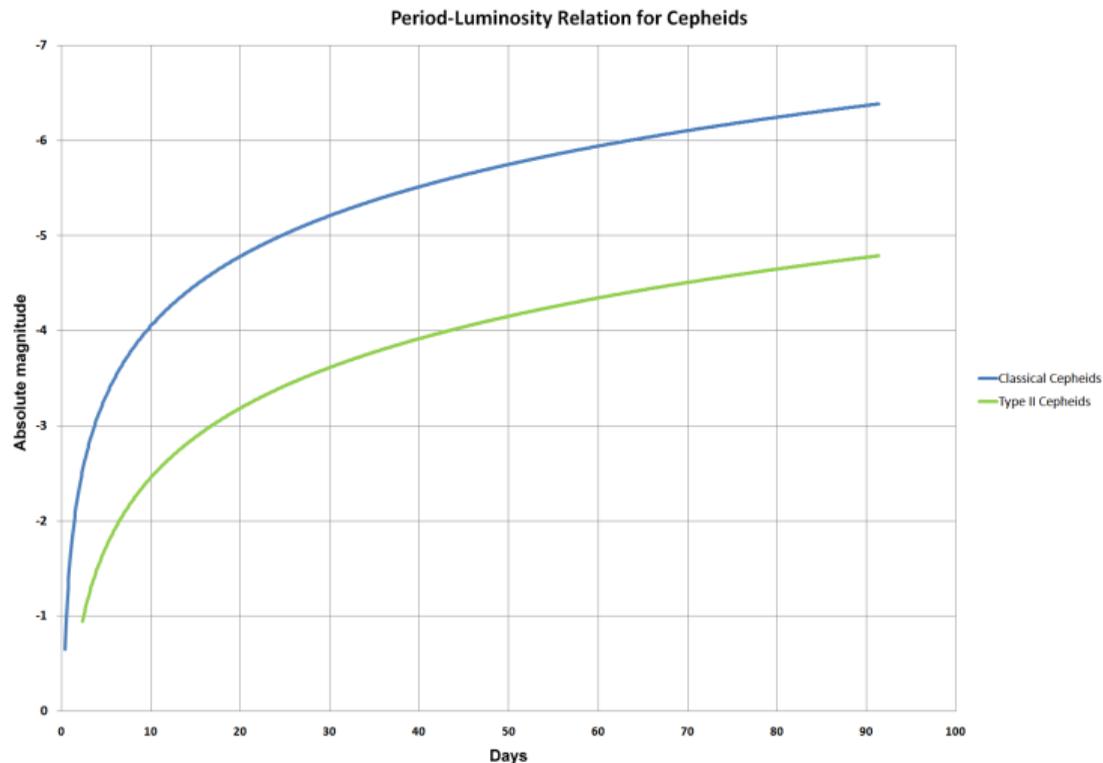
Lemaître et Einstein (1933)



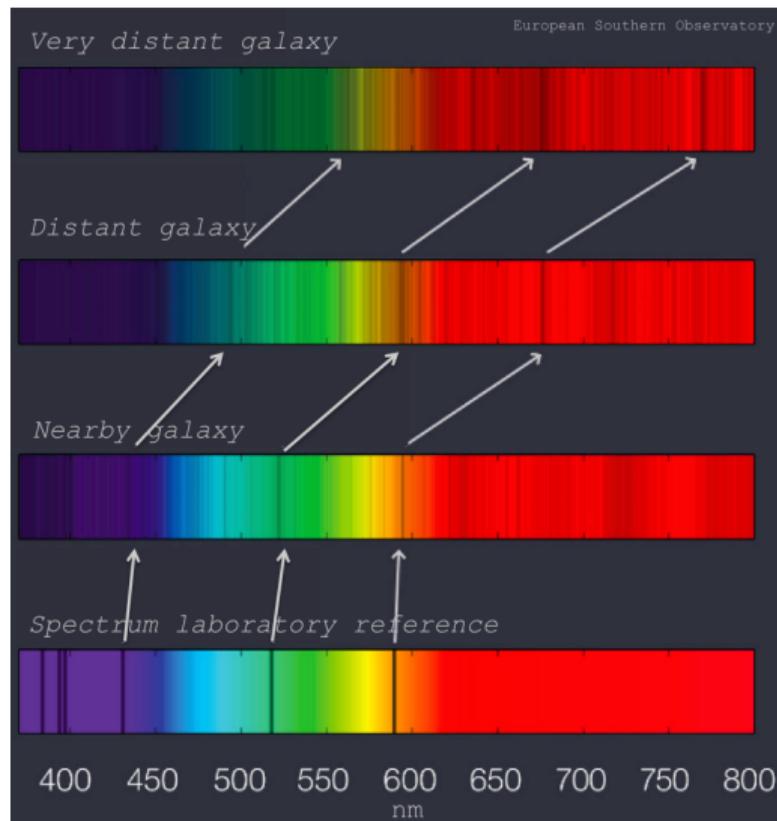
Les étoiles variables



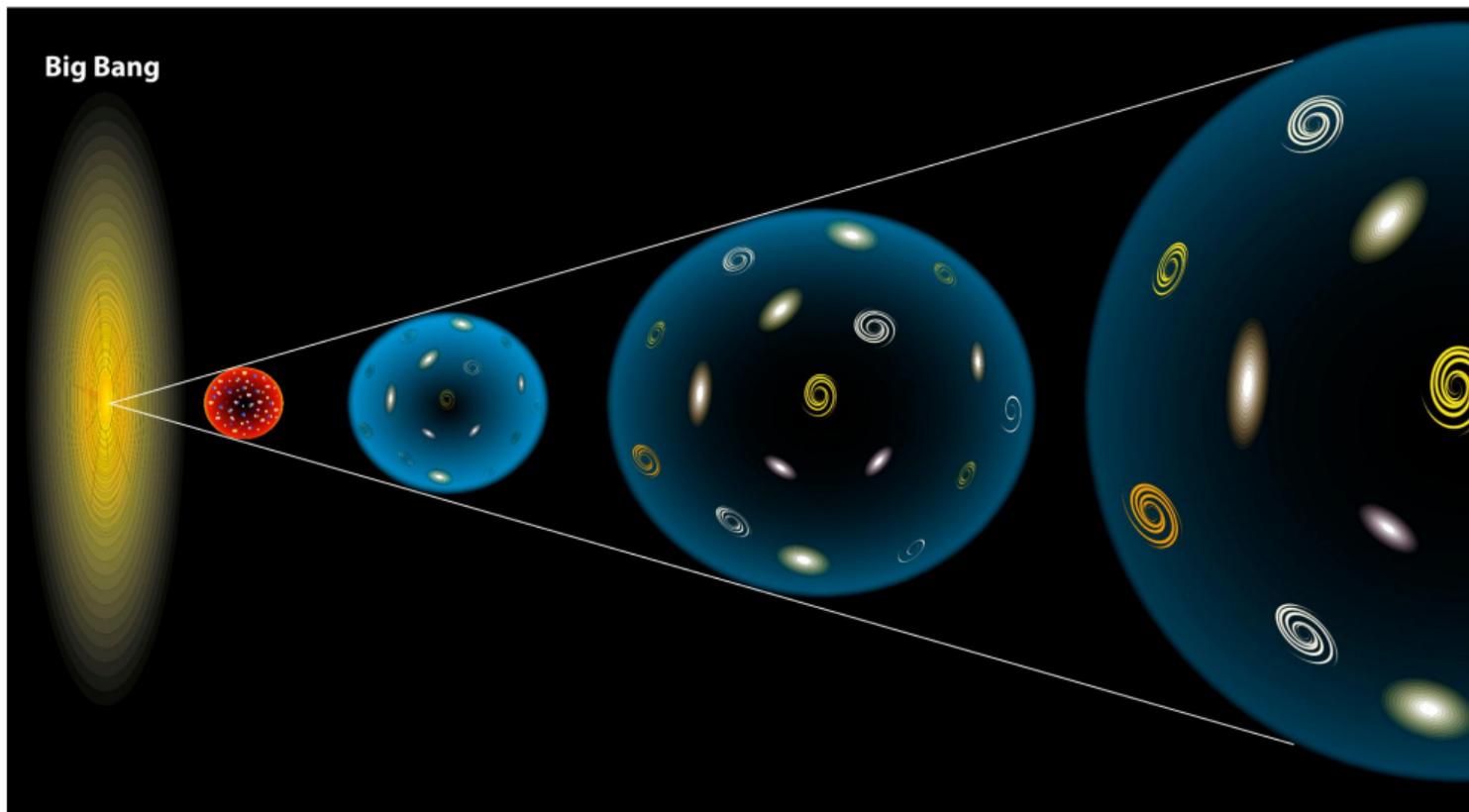
Les étoiles variables



La distance dans l'astronomie



La croissance de l'univers



L'espace « fermé »

D'après Riemann, **l'espace est fini et sans borne**. Il a un volume fini, mesurable; et donc, si d'un point comme centre on mène dans toutes directions des rayons d'une certaine longueur,—mettons dix milliards d'années lumière par exemple,—la sphère constituée de tous ces rayons comprend tout l'espace. [...] L'explication de Riemann est que les rayons que nous avons imaginés et qui ont été menés dans deux directions opposées, ces deux rayons, prolongés de dix milliards d'années...viennent finalement buter l'un contre l'autre en un point qui les soude en une seule droite, ligne fermée qu'on peut parcourir indéfiniment en revenant périodiquement à son point de départ. (Lemaître 1951, 23-24)

L'espace « fermé »

(ou, la métrique Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker)

$$\left(\frac{\dot{R}}{R}\right)^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} - \frac{1}{R^2} + \frac{\Lambda}{3}$$



L'espace « fermé »

La solution la plus intéressante comporte trois phases distinctes. Une première expansion rapide à partir d'une valeur théoriquement nulle du rayon. Cette première expansion est suivie d'une période de ralentissement où la force de la gravitation et la nouvelle force, qui se manifeste dans l'équation de Friedmann par le terme cosmologique, se font approximativement équilibre. Cette période de ralentissement et...d'instabilité, est alors suivie d'une reprise accélérée de l'expansion. Ce serait à cette troisième période que nous en serions actuellement. (Lemaître 1951, 32-33)



Et avant ?

La solution la plus intéressante comporte trois phases distinctes. Une première expansion rapide à partir d'une **valeur théorique-ment nulle du rayon.** (Lemaître 1951, 32)



Le Big Bang

Si nous remontons le cours du temps, nous devons trouver de moins en moins de quanta, jusqu'à ce que nous trouvions **toute l'énergie de l'univers concentrée** dans quelques quanta, voire **dans un quantum unique.** (Lemaître 1931)



Le Big Bang

L'hypothèse de l'atome primitif consiste à chercher l'origine du monde dans la **désintégration super-radioactive d'un atome unique dont la masse atomique était égale à la masse totale de l'univers.** [...] Il est clair que nous devons identifier cette valeur initiale du rayon de l'espace avec le début de la désintégration de l'atome primitif. (Lemaître 1951, 65-66)



Pourquoi ?

Comment Lemaître est-il arrivé à l'idée que l'univers avait commencé dans un état supercompact comparable à un énorme noyau atomique ? Quelles sont ses raisons ? Nous nous sommes depuis longtemps habitués à l'univers du Big Bang et pouvons donc penser qu'il s'agit d'une idée naturelle, qui n'a guère besoin d'être expliquée. Mais du point de vue de l'astronomie et de la physique de l'année 1930, c'était tout sauf naturel. **L'hypothèse était considérée comme très controversée, voire contre nature,** et c'est pourquoi il est pertinent d'en expliquer la genèse. (Kragh et Lambert 2007, 446)



Les autres physiciens

Lorsqu'il n'y a pas de faits à expliquer, aucune théorie n'est nécessaire. Comme **il n'y a pas de faits observés** sur ce qui existe au-delà des étoiles les plus lointaines, **l'esprit de l'astronome est complètement vide** à ce sujet. L'imagination populaire peut remplir ce vide à sa guise. (l'astronome Simon Newcomb, en 1907)

des origines absolues, la science ne sait rien, et nous ne pouvons nous faire aucune idée (le mathématicien Ernest Hobson, en 1921)



Découvrir quoi ?

En plus, **ce que Lemaître à cru découvrir n'existe pas** : il n'y avait pas d'atome massif au début de l'univers. On pense maintenant que c'est pas du tout la bonne manière de comprendre ce qu'il se passait au début de l'univers.

(Déjà un peu comme Priestley et l'oxygène : on dit que Lemaître a « découvert » le Big Bang malgré le fait que notre compréhension de ce qu'il a découvert n'a presque rien à voir avec la sienne...)



Et Dieu ?

Lemaître était prêtre, donc pourrait-on lui attribuer une motivation théologique ? Il semble, historiquement, que non.



Et Dieu ?

Nous pouvons parler de cet événement comme d'un commencement. Je ne parle pas de création. Physiquement, c'est un commencement dans le sens où si quelque chose s'est passé avant, cela n'a aucune influence observable sur le comportement de l'univers, puisque toute caractéristique de la matière avant ce commencement a été complètement perdue par la contraction extrême au zéro théorique... Physiquement, tout se passe comme si le zéro théorique était vraiment un commencement. La question de savoir s'il s'agit vraiment d'un commencement ou plutôt d'une création, quelque chose à partir de rien, est une question philosophique qui ne peut être réglée par des considérations physiques ou astronomiques. (Lemaître, années 1950, pas publié)

L'origine de l'univers

Kant : Comment avoir un univers avec un début ? Si c'est causé, il y avait quelque chose avant – sinon, c'est un événement sans cause. Alors, on devrait considérer que le « début » était plutôt le début de la condensation des nébuleuses, le début de changement.

Lemaître : Si l'explosion de l'atome primitif est analogue à la radioactivité, alors il ne faut pas de cause pour un événement quand même singulier. C'est seulement après que le déterminisme causal commence.



L'origine de l'univers

Alors : **une motivation philosophique** (en partie, du moins)



Les motivations de Lemaître

Contrairement à la plupart des autres cosmologistes de l'époque, Lemaître était un réaliste qui insistait non seulement sur le fait que l'expansion de l'univers était réelle, mais aussi sur le fait qu'elle nécessitait une cause pour être expliquée. Son optimisme épistémologique—et ici un lien avec sa religion—lui disait que « l'univers n'est pas au-delà des possibilités humaines », comme il l'a exprimé plus tard. (Kragh et Lambert 2007, 470)

