La cosmologie est-elle neutre?

Réseau des scientifiques évangéliques Église Évangélique Baptiste — Paris-centre

Sylvain Bréchet

Doctorant en cosmologie théorique Université de Cambridge

sdb41@mrao.cam.ac.uk

17 Janvier 2009

Outline

- Neutralité de la cosmologie?
 - Astrophysique & Cosmologie
 - Approches déductive et inductive
 - Neutralité: Origine et "Ajustement précis"
- Origine de l'univers physique
 - Relativité générale & Cosmologie
 - Modèles cosmologiques
 - Singularité et Big Bounce
- Ajustement précis des lois physiques
 - "Fine-tuning"
 - Principe Anthropique
 - Hypothèse du multivers

Outline

- 1 Neutralité de la cosmologie?
 - Astrophysique & Cosmologie
 - Approches déductive et inductive
 - Neutralité: Origine et "Ajustement précis"
- 2 Origine de l'univers physique
- 3 Ajustement précis des lois physiques

Astrophysique & Cosmologie

- 1. Astrophysique: Etude des constituants de l'univers (description physique)
 - Formation (stellaire, galactique, etc...)
 - Dynamique (matière sombre, trous noirs, etc..)

- 2. Cosmologie: Etude de l'univers dans sa globalité (description physique)
 - Origine (Big Bang ou pas!)
 - Composition (matière, matière sombre, énergie sombre)
 - Histoire (nucléosynthèse, formation des gdes structures, etc...)

Astrophysique & Cosmologie

- L'astrophysique et la cosmologie (disciplines physiques) étudient des objets physiques en termes de lois physiques (méthodologie naturaliste). Elles resposent sur la dialectique entre la théorie (approche déductive) et l'expérience (approche inductive).
- La philosophie et la théologie (disciplines métaphysiques) transcendent les lois physiques puisqu'elles expliquent:
 - L'origine extraphysique de l'univers physique
 - 2 Le dessein ou le but de l'univers physique
- Pour répondre à la question de la neutralité de la cosmologie, nous allons d'abord comparer les approches déductive et inductive.
- Si les approches inductive et déductive concordent, alors le postulat de la neutralité de la cosmologie est vérifié!

Approches déductive et inductive

Approche déductive

- Postulat: La cosmologie est neutre.
- Axiome: Une science physique neutre n'est pas influencée par des présupposés métaphysiques.
- Conclusion: Les présupposés philosophiques ou théologiques (métaphysiques) n'influencent pas la cosmologie (physique)

Approche inductive

- Constatation empirique: Les présupposés (n') influencent (pas) la cosmologie
- 2 Axiome: Une science physique neutre n'est pas influencée par des présupposés métaphysiques.
- Onclusion: La cosmologie est neutre (ou pas!)

Neutralité: Origine et "Ajustement précis"

- Nous allons examiner si les présupposés métaphysiques influencent ou non la cosmologie.
- La question de la neutralité de la cosmologie peut se diviser en deux parties:
 - L'existence (ou non) d'un commencement en cosmologie est-elle influencée par des présupposés métaphysiques?
 - 2 L'"explication" de l'ajustement précis des lois et paramètres physiques permettant l'existence de la vie, est-elle influencée par des présupposés métaphysiques?





Outline

- Neutralité de la cosmologie?
- ② Origine de l'univers physique
 - Relativité générale & Cosmologie
 - Modèles cosmologiques
 - Singularité et Big Bounce
- 3 Ajustement précis des lois physiques

Relativité générale

- La cosmologie décrit la dynamique de l'univers dans son ensemble. A une échelle cosmique, la force physique dominante est la force de la gravité.
- La gravité est l'interaction entre la structure spatio-temporelle du cosmos (l'espace-temps à 4D) et son contenu (la matière).
- La gravité est décrite (enfin pour l'instant!) par la théorie de la relativité générale (découverte en 1915 par A. Einstein).

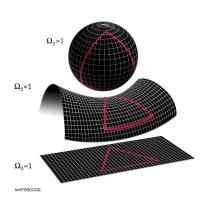
 - "La matière dit à l'espace-temps comment se courber et l'espace-temps dit à la matière comment se mouvoir" (J. A. Wheeler)





Cosmologie

- La cosmologie moderne décrit la dynamique de l'univers en appliquant la relativité générale à l'échelle du cosmos. La gravité affecte la géométrie de l'espace-temps.
- La matière courbe l'espace-temps de manière régulière: il existe 3 géométries possibles
 - Sphérique
 - 4 Hyperbolique
 - Euclidienne
- Mathématiquement, il existe 3 scénarios possibles:
 - 1 L'espace est en expansion
 - 2 L'espace est statique
 - L'espace est en contraction



Modèle d'Einstein

- Einstein a créé le premier modèle cosmologique basé sur la relativité générale (1917). Ce modèle est une extension naturelle de la cosmologie newtonienne, puisque l'espace est statique et euclidien ⇒ II est donc infini et éternel.
- Ce modèle a deux defauts majeurs:
 - L'univers doit avoir une densité extrêmement précise (densité critique) ⇒ L'univers est instable : Si on retire un atome, l'univers s'étire. Si on ajoute un atome, il se contracte.
 - ② Hubble a démontré que l'univers est en expansion en montrant que les galaxies s'éloignent de nous avec une vitesse $v \propto d$ (Loi de Hubble). Cela réfute le modèle statique d'Einstein!





Modèle d'Einstein

- Pour obtenir un modèle statique, Einstein a du introduire la constante cosmologique (Λ) dans ses équations. Pourquoi, n'a-t-il pas d'abord étudié de solution plus simple sans constante cosmologique ($\Lambda=0$)?
 - Einstein savait qu'un univers en expansion pointe nécessairement vers un commencement, ou plus exactement vers une singularité mathématique initiale.
 - ② Les implications philosophiques et théologiques de l'existence d'un commencement de l'univers physique étaient en contradiction avec les convictions d'Einstein ⇒ II a étudié d'autres solutions en accord avec sa propre vision du monde.

Sir A. Eddington résume bien cette tension philosophique

D'un point de vue philosophique, l'idée d'un commencement abrupt à l'ordre actuel de la Nature me répugne. J'aimerais trouver une véritable lacune!

Modèle de Friedmann-Lemaître

- A. Friedmann (1922) et G. Lemaître (1927) ont développé indépendemment des solutions décrivant un univers en expansion issu d'une singularité initiale (Big Bang) ⇒ Modèle standard de la cosmologie (encore aujourd'hui)!
- Les deux modèles ont des implications philosophiques et théologiques évidentes puisque la singularité initiale est souvent interprétée comme la description mathématique de la création ex-nihilo de l'univers physique.
- Le Pape Pie XII a sontenu ce modèle avec enthousiasme: "Il semble en vérité que la science d'aujourd'hui, remontant d'un trait des millions de siècles, ait réussi à se faire le témoin de ce Fiat Lux!"



Appyman



Modèle d'un univers oscillant

- Pour éviter l'implication philosophique d'un commencement, R. Tolman (1934) a créé un modèle d'univers oscillant. Le modele subit une infinité d'oscillations (Big Bang → Big Crunch → etc...) ⇒ II est éternel!
- Ce modèle a deux défauts majeurs qui ont signé son arrêt de mort:
 - La seconde loi de la thermodynamique, implique que l'entropie augemente à chaque cycle, ce qui allonge la durée de chaque cycle. Ainsi, il existe un cycle de durée minimale qui correspond au commencement absolu!
 - ② Ce modèle est incompatible avec une accélération du taux d'expansion de l'univers (Λ > 0) observée en 1998. Si l'univers s'étire de plus en plus, il ne pourra pas se contracter pas pour atteindre un Big Crunch!





Modèle d'un univers stationaire

- Pour éviter l'implication philosophique d'un commencement, F. Hoyle, T. Gold et H. Bondi (1948) ont créé le modèle d'un univers stationaire.
- Ce modèle postule que l'univers est en constante expansion et ne change pas d'aspect au cours du temps. ⇒ Il est éternel comme le modèle d'un univers oscillant!
- Ironiquement, ce modèle requiert ce qu'il est censé remplacer: une création continue (ex-nihilo) de matière pour compenser la décroissance de la densité de matière due à l'expansion de l'univers.
- La découverte du rayonnement micro-onde de fond cosmique (CMB: 1964) prédit par la théorie du Big Bang a sonné le glas du modèle stationaire.





Modèle d'un univers cyclique

- Toujours pour éviter l'implication philosophique d'un commencement, N. Turok et P. Steinhardt ont créé le modèle d'un univers cyclique (2002).
- Ce modèle est basé sur la théorie des cordes. Notre univers est décrit par une membrane dans un espace avec une dimension spatiale supplémentaire (5D).
 Cette membrane s'éloigne et se rapproche de manière cyclique d'une membrane parallèle.
- Ce modèle n'est pour l'instant pas contredit expérimentalement. Il paraît inutilement compliqué et hautement spéculatif:
 - La théorie des cordes est très loin d'être vérifiée expérimentalement.
 - L'existence de dimensions supplémentaires n'a jamais été observée.



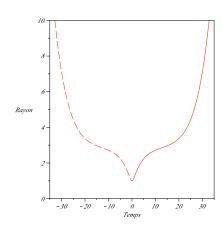


Commencement et singularité mathématique

- 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 qui n'a pas de singularité initiale.
- Les singularités sont l'expresion d'une déficience mathématique. Est-il possible qu'un modèle n'ait pas de singularité initiale sans pour autant être éternel?
- OUI! Il est possible de généraliser la relativité générale de manière naturelle en introdiusant le spin des particules (théorie d'Einstein-Cartan).
 - "La masse courbe l'espace-temps et le spin le tord!"
 - Les spins agissent comme une force centrifugue opposant la gravité à très petite échelle, et empêchent la singularité initiale de se produire. Le modèle du Big Bang devient le modèle du Big Bounce!!!

Modèle du Big Bounce Classique (2007)

- Ce modèle est symmétrique par rapport à t = 0 qui marque le commencement. Le temps négatif n'est qu'une image miroir du temps positif et n'a pas de signification physique.
- L'état initial ("Bounce") est un état fini ⇒ Aucune grandeur physique n'est infiniment petite ou grande!
- Quelques fractions de secondes après l'état initial, ce modèle est indistinguable du modèle standard de la cosmologie!



Outline

- 1 Neutralité de la cosmologie?
- 2 Origine de l'univers physique
- 3 Ajustement précis des lois physiques
 - "Fine-tuning"
 - Principe Anthropique
 - Hypothèse du multivers

"Ajustement précis" des lois et paramètres physiques

- L'existence de toute forme de vie biologique dépend de l'ajustement précis des lois et paramètres physiques (Fine-tunning).
 - Si le rapport des constantes de couplage de la force électromagnétique et de la force forte différait d'un facteur 10⁻⁴⁰, des atomes stables n'auraient jamais pu se former.
 - Si la valeur de la constante cosmologique différait d'un facteur 10⁻¹²⁰, les galaxies n'auraient jamais pu se former: "La constante cosmologique doit être suffisemment petite [...] autrement aucun scientifique n'aurait jamais pu s'en préoccuper!" (S. Weinberg)
 - La probabilité pour que les conditions initiales de l'univers occupent la fraction de l'espace de phase correspondant aux observations est de 10¹⁰⁻¹²³ (R. Penrose)
 - Comment expliquer ce "Fine-tuning" empirique?

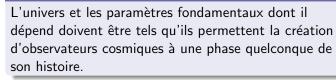




Principe Anthropique

 Pour expliquer le "Fine-Tuning", B. Carter a formulé le Principe Anthropique (1974):

Principe Anthropique



 Ce Principe n'a rien de scientifique, il est purement philosophique. C'est un argument circulaire, puisqu'il affirme ce qu'il est censé prouver. On peut le reformuler ainsi: "Si l'univers est tel qu'il est, c'est parce qu'il n'aurait simplement pas pu être différent!" Le pouvoir explicatif est un peu faible...!



Hypothèse du multivers

- Pour expliquer le "Fine-Tuning", l'hypothèse du multivers été notamment proposée par A. Linde.
 Elle postule que notre univers est un des éléments d'une collection infinie d'univers.
- L'argument est le suivant: "S'il existe une infinité d'univers avec des lois et paramètres différents, il en existera forcément au moins un qui aura les bons paramètres: le notre!"
- Cet argument n'a rien de scientifique, il est purement philosophique (G. Ellis):
 - L'existence d'un multivers ne peut être ni prouvée ni réfutée puisque les différents univers n'ont aucun contact causal.
 - Par définition, le multivers réalise toutes les prédictions scientifiques, cela signifie qu'il n'a aucun pouvoir explicatif.





Conclusion



- Finalement, les présuppositions philosophiques influencent fortement la cosmologie, en particulier en ce qui concerne la question des origines (Big Bang) et celle de l'ajustement précis des lois et paramètres physiques (Fine-tuning).
- Par conséquent, la cosmologie n'est pas une science neutre... loin de là!

C.S. Lewis (1967) "Christianity and Culture"

Il n'existe aucun territoire neutre dans l'univers tout entier: car Dieu revendique chaque mètre carré et chaque dixième de seconde, et Satan lui répond en faisant de même.