



Le Big Bang : l'éclat qui aveugle

Elias Sorel

 ORCID 0009-0003-7980-9944

les limites d'observation et l'inférence de l'origine cosmologique

COSMOLOGIE · LIMITES D'OBSERVATION · DOCUMENT DE TRAVAIL

◆ une facette du triptyque *Le Diamant* · doi.org/10.5281/zenodo.22730665

TEXTE V2 · 30/09/2026 · PREMIÈRE VERSION DÉPOSÉE LE 24/09/2026
[DOI.ORG/10.5281/ZENODO.22938295](https://doi.org/10.5281/ZENODO.22938295)

1 seconde

là où le mur pourrait un jour reculer, contre 380 000 ans aujourd'hui

ÉTABLI

DÉBATTU

LECTURE

les limites d'observation et l'inférence de l'origine cosmologique

- ◆ *On raconte le Big Bang comme le commencement de tout. Et si c'était seulement le bord de ce que nous pouvons voir ?*

Seuil

avertissement de méthode

Ce document ne revendique aucune donnée nouvelle. Il part de faits établis, les crédite au DOI, et propose un angle. Et si « rien avant le Big Bang » n'était pas un fait, mais une conclusion tirée d'un angle mort ?

Une précision, d'emblée, sur la cible. Ce texte ne discute pas le modèle des cosmologistes, qui n'affirment pas qu'il n'y a rien avant le premier instant. Il discute le récit répandu, l'image du Big Bang comme point de départ absolu, l'instant zéro où tout aurait commencé. C'est cette lecture-là que le texte confronte à ce que nos limites d'observation permettent réellement de dire.

Trois marques traversent le texte, tenues séparées. Établi, ce que dit la science, avec sa source. Débattu, ce qui est publié mais contesté, les deux camps nommés. Lecture, mon interprétation, assumée comme interprétation. Ce texte pose aussi, séparément, les zones que le modèle laisse ouvertes, comme des faits, sans en conclure que le modèle tombe.

Angle mort ne veut pas dire « on ne sait rien, donc tout est possible ». Il veut dire une chose précise, notre position dans le temps et nos instruments bornent ce que nous pouvons observer, et cette borne n'est pas une donnée sur ce qui existe. Le texte montre où s'arrête le regard. Il n'affirme rien sur ce qui est au-delà. Il ne conteste ni le Big Bang, ni l'expansion, ni le mouvement du cosmos. Il les tient pour acquis.

1. LE PREMIER MUR, LA LUMIÈRE

Établi

La plus ancienne lumière captable est le fond diffus cosmologique. Elle s'est libérée à un décalage vers le rouge d'environ 1090, soit quelque 380 000 ans après le Big Bang, quand l'univers en refroidissant est devenu transparent. Avant cet instant, la matière formait un plasma opaque, la lumière ne circulait pas. On ne peut donc pas voir plus tôt en lumière. Ce fond nous parvient aujourd'hui à 2,7255 kelvins.

380 000 ans

*l'âge de la plus vieille lumière
captable*

$z \approx 1090$

son décalage vers le rouge

2,7255 K

sa température aujourd'hui

Planck 2018, doi.org/10.1051/0004-6361/201833910. Étalonnage en température, Fixsen 2009, doi.org/10.1088/0004-637X/707/2/916.

Lecture

Ce mur porte un nom, la surface de dernière diffusion. C'est une limite d'observation. Aucun télescope de lumière ne verra plus tôt. On prend souvent ce mur pour le fond.

2. LE SECOND MUR, LA THÉORIE

Établi

Une autre limite existe, de nature différente. En remontant vers le premier instant, la relativité générale cesse de fonctionner. Avant le temps de Planck, 5,39 fois 10 puissance moins 44 seconde, les effets quantiques de la gravité deviennent dominants, et nos équations, faute d'une théorie qui unisse la gravité et le quantique, ne décrivent plus rien. L'instant zéro n'y est pas un événement mesuré, c'est le point où l'équation renvoie un infini.

$5,39 \times 10^{-44} \text{ s}$

le temps de Planck, où nos équations cessent de décrire

Lecture

Deux limites, de natures distinctes. Une limite d'observation, le fond diffus, au-delà de laquelle on ne voit pas. Une limite de théorie, le temps de Planck, au-delà de laquelle on ne calcule pas.

3. NOTRE POSITION

Établi

L'univers est en expansion. L'espace lui-même s'étend, partout, sans centre ni bord. Nous observons de l'intérieur, à un instant tardif, et nous ne voyons qu'une région finie, bornée par un horizon au-delà duquel la lumière n'a pas encore eu le temps de nous parvenir.

Lecture

De cette place, la plus ancienne lumière que nous recevons est celle d'un état déjà passé, qui nous rejoint en retard. Nous recevons la trace différée d'un état que nous ne pouvons plus atteindre.

4. LE TROISIÈME MUR, LE FUTUR

Établi

Nous ne sommes pas seulement bornés vers le passé. À cause de l'expansion accélérée, des régions lointaines franchissent notre horizon des événements et en sortent définitivement. Les galaxies dont le décalage vers le rouge actuel dépasse 1,8 pour une densité de matière de 0,3, et 1,87 avec les paramètres de Planck 2018, sont sorties de notre portée causale future : un signal que nous émettrions aujourd'hui ne les atteindra jamais, tandis que la lumière qu'elles ont déjà émise continue de nous parvenir. À densité comobile de galaxies uniforme, cela représente environ 95 pour cent des galaxies aujourd'hui observables.

$$z > 1,8$$

au-delà, un signal émis aujourd'hui ne les atteindra jamais

95 %

des galaxies observables déjà hors d'atteinte à jamais, une lumière en sursis

Starobinsky, *Grav. Cosmol.* 6, 157 (2000), [arXiv astro-ph/9912054](https://arxiv.org/abs/astro-ph/9912054). Voir aussi Gudmundsson et Bjornsson, doi.org/10.1086/324496, et Loeb, doi.org/10.1103/PhysRevD.65.047301. Fraction du volume affectable, *Ord*, [arXiv 2104.01191](https://arxiv.org/abs/2104.01191).

Lecture

Nous lisons le réel depuis une fente, entre deux bords du temps. Le fond diffus ferme le passé. L'horizon cosmologique ferme le futur. Une grande part de ce que nous voyons encore est déjà hors d'atteinte, une lumière en sursis.

5. LES FENÊTRES FERMÉES

Établi

Deux messagers pourraient, en principe, porter une information d'avant le mur de lumière, car ils traversent le plasma opaque. Les neutrinos cosmologiques, et les ondes gravitationnelles primordiales.

Établi

Le fond de neutrinos est le plus frappant. Ces neutrinos se sont découplés de la matière environ une seconde après le Big Bang, quand l'univers était à dix milliards de kelvins. Ils forment le deuxième plus vieux signal de l'univers, antérieur d'environ 380 000 ans au fond diffus de lumière. Ils n'ont jamais été détectés directement, et leur température, prédite à 1,95 kelvin, n'est pas une grandeur mesurée. Ce qui a été mesuré en 2015, c'est leur empreinte sur le fond diffus : le décalage de phase des oscillations acoustiques qu'impose leur libre propagation, détecté à 4,5 sigma. Un démonstrateur est en construction aux Laboratori Nazionali del Gran Sasso, collaboration PTOLEMY.

Follin, Knox, Millea et Pan, doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.091301.

Lecture

Ce point est le cœur de l'affaire. Le fond diffus de lumière arrête notre regard à 380 000 ans. Le fond de neutrinos, lui, porte une information de l'univers à une seconde. Si un instrument parvenait à le capter, le mur reculerait de 380 000 ans à une seconde. Le mur actuel n'est donc pas une frontière du réel, c'est une frontière de nos moyens.

1 seconde

le fond de neutrinos porte une information de l'univers à cet âge, contre 380 000 ans pour la lumière. Le mur pourrait un jour reculer jusque-là.

Établi

Les ondes gravitationnelles primordiales, elles, ne sont pas détectées, la contrainte sur leur amplitude reste inférieure à 0,036 à l'échelle de 0,05 par mégaparsec, et descend à 0,032 en combinant Planck, BICEP Keck et les oscillations acoustiques baryoniques. Plusieurs instruments en cours d'assemblage viseront une sensibilité de l'ordre de 0,001 dans la prochaine décennie, au sol et depuis l'espace. Un de ces instruments, CMB-S4, visait 5 fois 10 puissance moins 4 : le Department of Energy et la National Science Foundation ont annoncé conjointement en juillet 2025 qu'ils ne pouvaient plus le soutenir, et le projet est en cours d'arrêt.

10^{10} K

la température au découplage des neutrinos

1,95 K

leur température prédite aujourd'hui, jamais mesurée

21 cm

la raie de l'hydrogène neutre, pour sonder plus tôt

BICEP Keck, doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.151301. Borne combinée, Tristram et al., doi.org/10.1103/PhysRevD.105.083524.

$$r < 0,032$$

la contrainte actuelle sur les ondes gravitationnelles
primordiales

$$0,001$$

la sensibilité visée par les instruments en cours
d'assemblage

Établi

Un désert d'observation plus proche existe aussi, les âges sombres, entre la libération du fond diffus et l'allumage des premières étoiles. On n'y voit rien en lumière visible, non par opacité, mais parce qu'aucune étoile ne brillait encore. On cherche à le sonder par la raie à 21 centimètres de l'hydrogène neutre. L'observatoire SKA, en construction en Afrique du Sud et en Australie, couvrira de 50 à 350 mégahertz, soit un décalage vers le rouge de 3 à 27 : l'aube cosmique et la réionisation. Les âges sombres au sens strict restent, selon le découpage usuel, sous le bas de sa bande.

Lecture

Mais il faut distinguer. Ces fenêtres reculent des murs d'opacité, faits de matière qui arrête la lumière, ou de messagers qu'on ne sait pas encore capter. Un meilleur instrument les perce. Le neutrino ramènerait le regard à une seconde, les ondes primordiales plus loin encore, jusqu'à l'empreinte de l'inflation. Le second mur, celui du temps de Planck, n'est pas de cette nature. Il n'est pas fait d'opacité, mais d'absence de théorie, là où nos équations cessent de décrire. Aucun détecteur ne le franchira, car il n'y a rien à y capter tant qu'une théorie manque. Seule une physique nouvelle le repousserait, pas un meilleur télescope. Les deux murs ne sont donc pas de même espèce, l'un cède à la technique, l'autre attend un savoir qui n'existe pas encore.

6. CE QUE LE MODÈLE LAISSE OUVERT

Établi

Le modèle qui décrit l'univers à partir du fond diffus contraint cinq de ses six paramètres à mieux que 1 pour cent, et le mieux déterminé d'entre eux à 0,03 pour cent, à partir de dix-huit pics dans les spectres de température et de polarisation. L'âge est donné à 0,17 pour cent, la vitesse d'expansion à 0,8 pour cent, la densité de matière à 2,3 pour cent, et la courbure comme une borne autour de zéro, $0,001 \pm 0,002$ en combinant le fond diffus aux oscillations acoustiques baryoniques. Cette précision est réelle.

Précision des six paramètres et compte des pics, Planck 2018 I, doi.org/10.1051/0004-6361/201833880. Courbure, Planck 2018 VI, doi.org/10.1051/0004-6361/201833910.

Débatu

Ce même modèle porte des tensions non résolues. La vitesse d'expansion mesurée localement, 73,04 plus ou moins 1,04, ne recouvre pas celle déduite du fond diffus, 67,4 plus ou moins 0,5. La matière se répartit plus lissement que prédit, 0,776 mesuré par les relevés de structure à bas décalage vers le rouge contre 0,832 déduit du fond diffus, tension nommée S8. Son état a changé : le relevé KiDS-Legacy est désormais compatible avec le fond diffus à moins de 1 sigma, tandis que DES Y6 reste à 1,8 sigma dans l'espace complet des paramètres. Et depuis 2025, les mesures DESI DR2 combinées au fond diffus font préférer une énergie noire non constante, à 3,1 sigma, et de 2,8 à 4,2 sigma selon l'échantillon de supernovae ajouté. Ce résultat est contesté au motif de tensions entre les jeux de données, et une analyse DESI de 2026 ramène l'écart au modèle constant à 1,4 sigma pour les oscillations seules.

73,04 contre **67,4**

la tension de Hubble, deux mesures dont les barres ne se recouvrent pas

0,776 contre **0,832**

la tension S8, une matière qui se répartit plus lissement que prédit

Riess 2022, doi.org/10.3847/2041-8213/ac5c5b. Planck, doi.org/10.1051/0004-6361/201833910. DES, doi.org/10.1103/PhysRevD.105.023520. KiDS-Legacy, doi.org/10.1051/0004-6361/202554908. DESI DR2, doi.org/10.1103/tr6y-kpc6. DESI 2026, doi.org/10.1088/1475-7516/2026/06/043. Analyse critique, doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-15076-y.

Débatu

Au plus tôt, le télescope JWST observe des galaxies plus nombreuses et plus structurées que ne le prévoyaient les modèles antérieurs. L'interprétation évolue, une partie de ces sources compactes s'avère être des noyaux actifs obscurcis dont la masse stellaire est revue à la baisse, tandis qu'un excès de densité subsiste. La tension existe, son ampleur et sa lecture restent discutées.

Établi

Enfin, du contenu de l'univers, nous ne connaissons directement qu'une fraction. La matière ordinaire en représente aujourd'hui 4,9 pour cent, le reste se partageant entre matière noire, 26,5 pour cent, et énergie noire, 68,5 pour cent, connues par leur seul effet gravitationnel. La somme fait 99,9 pour cent, le reste étant porté par les neutrinos massifs, environ 0,14 pour cent, et les photons. La matière noire n'a jamais été captée, quarante ans après les premières recherches directes. La contrainte la plus serrée est de 2,2 fois 10 puissance moins 48 centimètre carré à 40 gigaélectronvolts.

68,5 / 26,5 / 4,9 %

énergie noire, matière noire, matière ordinaire

40 ans

sans capter directement une seule particule de matière
noire

LZ, doi.org/10.1103/4dyc-z8zf. Premières limites, Ahlen et al., [doi.org/10.1016/0370-2693\(87\)91581-4](https://doi.org/10.1016/0370-2693(87)91581-4).

Lecture

Une carte peut être extraordinairement précise sans être complète. La précision d'un modèle sur ce qu'il mesure ne prouve pas qu'il atteint le fond du réel.

Références

Chaque affirmation du texte est créditée à sa source.

1. Planck Collaboration: N. Aghanim, Y. Akrami, M. Ashdown, et al. (2020). Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters. A&A 641, A6. doi.org/10.1051/0004-6361/201833910
2. Planck Collaboration (2021). Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters (Corrigendum). A&A 652, C4. doi.org/10.1051/0004-6361/201833910e
3. Planck Collaboration: Y. Akrami, F. Arroja, M. Ashdown, et al. (2020). Planck 2018 results. I. Overview and the cosmological legacy of Planck. A&A 641, A1. doi.org/10.1051/0004-6361/201833880
4. D. J. Fixsen (2009). The Temperature of the Cosmic Microwave Background. ApJ 707, 916. doi.org/10.1088/0004-637X/707/2/916
5. A. A. Starobinsky (2000). Future and Origin of our Universe: Modern View. Gravitation and Cosmology 6, 157. doi.org/10.48550/arXiv.astro-ph/9912054
6. E. H. Gudmundsson, G. Bjornsson (2002). Dark Energy and the Observable Universe. ApJ 565, 1. doi.org/10.1086/324496
7. A. Loeb (2002). Long-term future of extragalactic astronomy. Phys. Rev. D 65, 047301. doi.org/10.1103/PhysRevD.65.047301
8. T. Ord (2021). The Edges of Our Universe. arXiv preprint. doi.org/10.48550/arXiv.2104.01191
9. B. Follin, L. Knox, M. Millea, Z. Pan (2015). First Detection of the Acoustic Oscillation Phase Shift Expected from the Cosmic Neutrino Background. Phys. Rev. Lett. 115, 091301. doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.091301
10. P. A. R. Ade, Z. Ahmed, M. Amiri, et al. (BICEP/Keck Collaboration) (2021). Improved Constraints on Primordial Gravitational Waves using Planck, WMAP, and BICEP/Keck Observations through the 2018 Observing Season. Phys. Rev. Lett. 127, 151301. doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.151301
11. M. Tristram, A. J. Banday, K. M. Gorski, et al. (2022). Improved limits on the tensor-to-scalar ratio using BICEP and Planck data. Phys. Rev. D 105, 083524. doi.org/10.1103/PhysRevD.105.083524
12. A. G. Riess, et al. (2022). A Comprehensive Measurement of the Local Value of the Hubble Constant with $1 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ Uncertainty from the Hubble Space Telescope and the SH0ES Team. ApJL 934, L7. doi.org/10.3847/2041-8213/ac5c5b
13. T. M. C. Abbott, M. Aguena, A. Alarcon, et al. (DES Collaboration) (2022). Dark Energy Survey Year 3 results: Cosmological constraints from galaxy clustering and weak lensing. Phys. Rev. D 105, 023520. doi.org/10.1103/PhysRevD.105.023520
14. A. H. Wright, B. Stolzner, M. Asgari, et al. (2025). KiDS-Legacy: Cosmological constraints from cosmic shear with the complete Kilo-Degree Survey. A&A 703, A158. doi.org/10.1051/0004-6361/202554908
15. DES Collaboration: T. M. C. Abbott, M. Adamow, M. Aguena, et al. (2026). Dark Energy Survey Year 6 Results: Cosmological Constraints from Galaxy Clustering and Weak Lensing. arXiv preprint. doi.org/10.48550/arXiv.2601.14559
16. I. Pantos, L. Perivolaropoulos (2026). Status of the S8 tension: A 2026 review of probe discrepancies. Physics of the Dark Universe 52, 102286. doi.org/10.1016/j.dark.2026.102286
17. M. Abdul Karim, et al. (DESI Collaboration) (2025). DESI DR2 results. II. Measurements of baryon acoustic oscillations and cosmological constraints. Phys. Rev. D 112, 083515. doi.org/10.1103/tr6y-kpc6
18. D. Forero-Sanchez, H. Gil-Marin, L. Verde, et al. (DESI Collaboration) (2026). Cosmological constraints from a joint DESI DR1 Full-Shape and DR2 BAO. JCAP 2026(06), 043. doi.org/10.1088/1475-7516/2026/06/043
19. D. Wang, D. Mota (2025). Did DESI DR2 truly reveal dynamical dark energy? Eur. Phys. J. C 85, 1356. doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-15076-y
20. S. P. Ahlen, F. T. Avignone III, R. L. Brodzinski, A. K. Drukier, G. Gelmini, D. N. Spergel (1987). Limits on cold dark matter candidates from an ultralow background germanium spectrometer. Phys. Lett. B 195, 603. [doi.org/10.1016/0370-2693\(87\)91581-4](https://doi.org/10.1016/0370-2693(87)91581-4)
21. J. Aalbers, et al. (LZ Collaboration) (2025). Dark Matter Search Results from 4.2 Tonne-Years of Exposure of the LUX-ZEPLIN (LZ) Experiment. Phys. Rev. Lett. 135, 011802. doi.org/10.1103/4dyc-z8zf



LE BORD

Je ne fermerai pas ce document sur une conclusion, mais sur ce qu'il aura donné à voir. Nous captons une lumière libérée il y a plus de treize milliards d'années, arrêtée à un mur au-delà duquel elle ne circulait pas. D'autres régions nous quittent pour toujours par le futur. Ces murs-là, la technique les recule déjà, le fond de neutrinos ramènerait notre regard à une seconde du commencement. Mais un autre mur demeure, celui du temps de Planck, où nos équations renvoient un infini, et celui-là, nul instrument ne le franchit, car il n'est pas fait d'opacité mais d'absence de savoir. Nous butons donc sur deux limites de natures inégales, l'une que le progrès repousse, l'autre que seule une théorie nouvelle ouvrirait. L'observation directe s'arrête, et le calcul aussi. Rien, dans ce que nous mesurons, n'autorise à prendre ces limites pour le début de ce qui est.