

WMaP livre les mesures les plus précises du rayonnement fossile

Par Laurent Sacco, [Futura-Sciences](#)

Les résultats sont tombés sans bruit il y a quelques jours sur le site de l'équipe scientifique du *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMaP) lancé le 30 Juin 2001. Les analyses des cinq premières années d'observations cumulées du rayonnement de fond diffus (d'où le 5 de WMaP 5) sont désormais à la disposition de toute la communauté des cosmologistes et des physiciens des hautes énergies. Pas de révolution en vue mais de quoi préciser de nombreux paramètres.

C'est le 28 février 2008 que la mise en ligne des résultats de WMaP 5 a été effectuée. Comme les précédentes en 2003 et 2006, à partir de l'enregistrement de plus en plus fin de la lumière fossile composant le célèbre [CMB](#), les chercheurs peuvent remonter à l'âge, la composition et l'évolution du cosmos observable.

En effet, dans les premiers instants de l'Univers, celui-ci est composé d'un fluide dense et chaud de particules, en particulier des photons, parcouru par des ondes de densité. De même qu'un instrument de musique produit un son caractéristique de sa forme et de sa composition, les ondes parcourant ce fluide portent codés en elles des renseignements sur la forme de l'Univers et son contenu en particule. Ces ondes vont laisser leurs empreintes sous la forme de fluctuations de températures à des échelles angulaires et des amplitudes différentes sur l'image que l'on enregistre du [rayonnement fossile](#) dans toutes les directions de l'espace.

Comme regarder loin c'est regarder tôt (puisque la vitesse de la lumière est finie), ce que l'on observe correspond à la période où la densité de l'Univers est devenue suffisamment faible et la température suffisamment basse pour que des atomes se forment et que la lumière puisse se déplacer sans être absorbée, un peu comme lorsqu'une brume se dissipe : il s'agit de la [recombinaison](#). L'image la plus précise à ce jour de ces fluctuations se trouve sur le schéma de la figure 1.

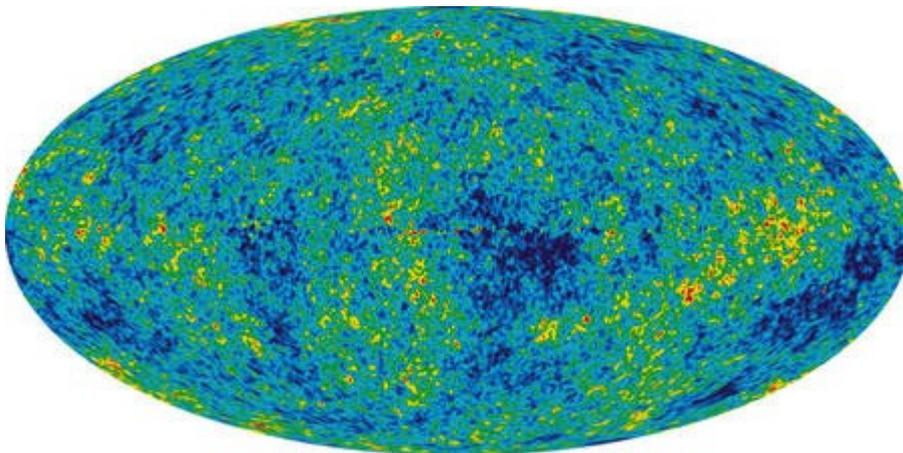


Figure 1. WMaP 5. Cliquez pour agrandir. Crédit : [Nasa/WMaP Science Team](#)

Précisions sur les paramètres fondamentaux de l'Univers

Les principaux résultats de WMap 5 peuvent être résumés de la façon suivante :

- la [constante de Hubble](#) vaut 70,1 km /s par Mpc (mégaparsecs) +/- 1,3 ;
- la part de la densité de l'Univers ramenée à la [densité critique](#) pour l'[énergie noire](#) est 72,1 % +/- 1,5 ;
- la part de la densité de l'Univers ramenée à la densité critique pour la [matière sombre](#) est 23,3 % +/- 1,3 ;
- la part de la densité de l'Univers ramenée à la densité critique pour la matière baryonique est de 4,6 % +/- 0,2 ;
- l'âge de l'Univers est de 13,73 milliards d'années +/- 0,12 ;
- la température moyenne du cosmos est de 2,725 K ;
- la recombinaison s'est produite 375.900 ans +/- 3.100 après la « naissance » de l'Univers observable.

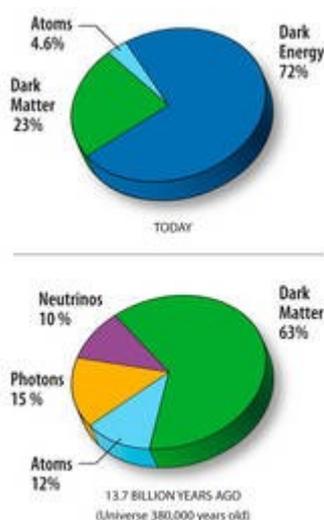


Figure 2. En haut, la composition actuelle de l'Univers et en bas celle 380.000 ans après sa "naissance" (l'énergie noire est en bleu, et la matière noire en vert). Cliquez pour agrandir. Crédit : Nasa/WMap Science Team

Le spectre de puissance du rayonnement fossile (la variance cosmique) est devenu plus précisément connu et l'anomalie du quadripôle est toujours présente comme on peut le voir sur le schéma de la figure 3. On constate en effet que le premier point à l'extrémité gauche correspond à une mesure qui s'écarte de la courbe de la meilleure approximation (*fit*) des valeurs observées par le modèle LambdaCDM, avec énergie noire et matière noire.

Un fond diffus... de neutrinos

Ce résultat doit ravir Jean-Pierre Luminet car [un des arguments forts en faveur de son modèle cosmologique clos](#), à la topologie multiples fois connexe, se trouve à nouveau renforcé par les observations.

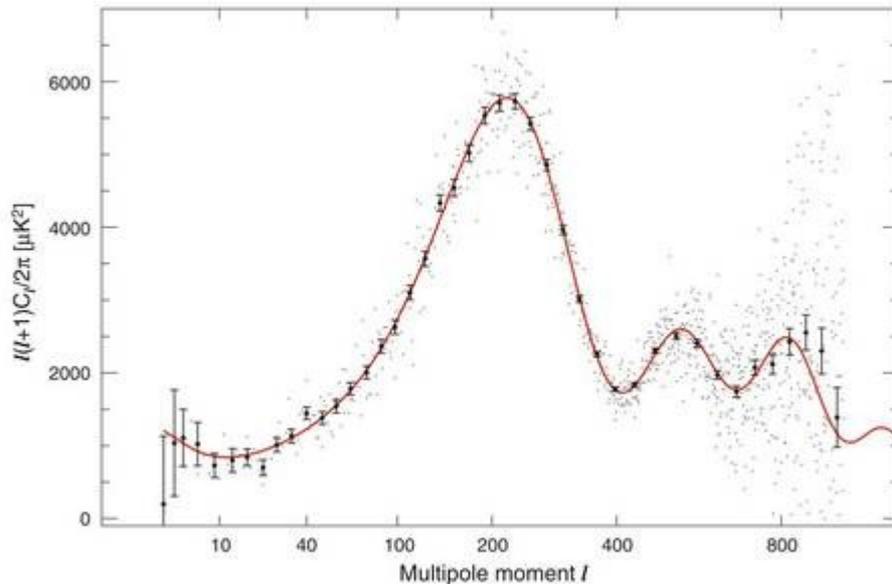


Figure 3. Cliquez pour agrandir. Crédit : Nasa/WMap Science Team

Avec sa meilleure précision, WMap 5 montre plus nettement un troisième pic d'oscillation dans la variance cosmique, correspondant à de petites échelles de résolution angulaire, comme le montre la courbe de la figure 3 à son extrémité droite.

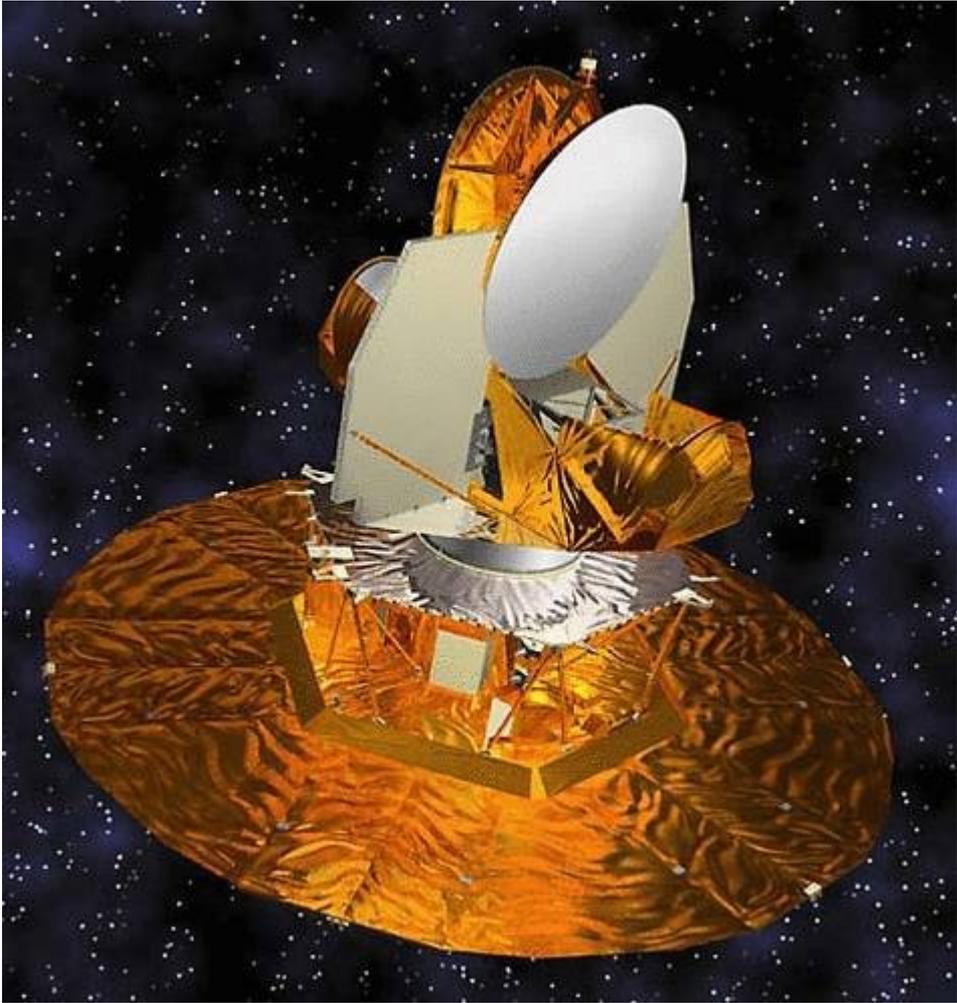
Celui-ci s'interprète, entre autre, comme une preuve de l'existence d'un fond diffus non plus de photons mais de neutrinos remontant à l'époque de la "création" de l'Univers observable. En particulier, comme le montre la figure 2, au moment de la recombinaison ces neutrinos représentaient 10 % de la densité de l'Univers. Mieux, mise en relation avec la nucléosynthèse de l'[hélium](#), cette valeur confirme à nouveau qu'il n'y a que trois espèces de neutrinos légers dans l'Univers. On obtient ainsi une borne sévère pour l'existence d'autres neutrinos qui seraient massifs, la somme des masses de tous les neutrinos ne pouvant guère être supérieure à 0,61 eV.

Pour les experts, la série complète des [paramètres cosmologiques](#) est disponible sur le site de WMap.

Pour terminer ce tour rapide des résultats de WMap 5, on mentionnera les nouvelles contraintes qu'ils apportent aux principaux modèles de théorie de l'inflation ont été obtenues. Ces nouvelles données défavorisent notamment les théories indiquant une valeur élevée de l'indice spectral (lequel est relié aux fluctuations de densité entre différentes échelles dans l'Univers primitif), supérieure à 1. Enfin, en particulier, ces résultats ont réduit les valeurs possibles des paramètres déterminant les [modèles d'inflation chaotique, exponentielle et hybride](#).



[Commenter cette news ou lire les commentaires](#) »»



La sonde WMap. Crédit : Nasa

Le 13 février 2008 à 11h35

Notre Univers est-il fini et chiffonné ?

Par Laurent Sacco, [Futura-Sciences](#)

Un Univers clos, de taille finie, et d'une topologie différente de celle d'une sphère : cet audacieux modèle de Jean-Pierre Luminet et de ses collègues prend aujourd'hui un peu plus de poids. Deux publications récentes comparant quelques-unes de ses prédictions et les observations du [rayonnement fossile](#) indiquent des résultats encourageants.

Déjà en 2003, les résultats fournis par [WMAP](#) sur le spectre de puissance des fluctuations dans le rayonnement fossile pouvaient être interprétés comme une indication d'une taille finie de notre Univers. Mieux, on pouvait aussi y trouver des indices en faveur d'une topologie particulière de l'espace, une possibilité étudiée depuis des années par [Jean-Pierre Luminet](#) et certains de ses collaborateurs, comme les astrophysiciens Marc Lachièze-Rey et [Roland Lehoucq](#).

Pour comprendre de quoi il s'agit, nous prendrons l'exemple d'un Univers fictif (voir la figure 1), en forme de cylindre sur lequel se balade un petit insecte. On peut construire un tel Univers en partant d'un carré et en identifiant deux de ses bords. L'opération revient à coller ceux-ci et l'on voit que tout se passe comme si l'insecte se déplaçant sur le carré et voulant sortir de celui-ci rentrait automatiquement dans ce même carré mais par le bord opposé.

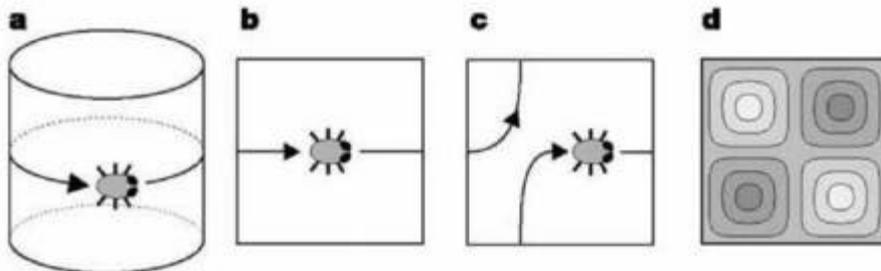


Figure 1. La longueur d'onde des fluctuations de densité est limitée par la taille d'un univers se refermant sur lui-même. Schéma a : une créature vivant à la surface d'un cylindre se déplace et revient à son point de départ après avoir fait un tour complet. Schéma b : un cylindre découpé se transforme en un carré et le trajet de la créature sort par le côté droit pour entrer par le côté gauche. Schéma c : un tore plat est aussi construit à partir d'un carré dont on identifie les côtés opposés ; un tel espace est dit multi-connexe. Schéma d : des ondes se propageant dans un univers torique ne peuvent pas avoir une longueur d'onde supérieure au côté du carré. Pour construire un espace multi-connexe à trois dimensions, on identifie deux à deux les faces d'un polyèdre, un cube par exemple. Dans une telle configuration, la forme des ondes autorisées à se propager dépend de la géométrie de l'espace et de la façon dont les faces sont associées. Crédit : OBPSM

Une des caractéristiques d'un tel Univers à deux dimensions où vivraient des être bidimensionnels est que des rayons lumineux émis par des objets pourraient faire le tour de cet Univers et donner lieu à des images fantômes, laissant croire à un observateur qu'il est

dans un monde infini peuplé d'un très grand nombre d'objets possédant des formes identiques.

Si l'on identifie les deux autres bords du carré, cela revient à coller les sommets du cylindre et on obtient un nouvel Univers en forme de pneu, possédant la même géométrie plate que le précédent et les mêmes images fantômes indiquant un Univers infini.

Notre propre Univers pourrait bien ressembler à un Univers en forme de tore, avec une géométrie plate (voir la figure 2).



Espace euclidien chiffonné

Figure 2

Notre Univers apparaît en effet comme remarquablement homogène et isotrope, avec des régions de l'espace occupées par un rayonnement fossile dont la température est identique à un degré de précision époustouflant. Sa géométrie spatiale est très proche de la géométrie euclidienne. On comprend mal comment un tel Univers a pu émerger du [Big Bang](#), alors que les régions qui le composaient n'avaient pas eu le temps d'échanger de la chaleur à la vitesse de la lumière pour atteindre ce remarquable degré d'homogénéité dont témoigne le rayonnement fossile.

Une solution est bien sûr la théorie de l'inflation, [très favorisée par les données de WMap](#), mais une autre est de dire que notre Univers est en réalité bien plus petit que l'on ne le croit et qu'en conséquence, les régions que nous observons avaient eu le temps de communiquer entre elles au moment du Big Bang ([voir toutefois la mise au point à ce sujet de Jean-Pierre Luminet](#)). Sa grande taille ne serait qu'une illusion d'optique similaire à celle que nous avons décrite avec les exemples précédents.

L'apparente infinité de notre Univers est-elle une illusion d'optique ?

Lorsque l'on veut étudier les formes possibles de l'espace, on utilise une théorie mathématique appelée la topologie. Ainsi une sphère et un ballon de rugby sont topologiquement équivalents, car l'on peut déformer l'une en l'autre sans faire de trou. Ce n'est pas le cas d'un tore et d'une sphère.

Jean-Pierre Luminet et ses collègues ont donc cherché des alternatives à l'inflation pour expliquer les caractéristiques étonnantes de l'Univers en utilisant des Univers topologiquement différents mais de taille finie plus petite que celle déduite des observations avec des modèles classiques d'Univers à la Friedmann-Lemaître (Robertson-Walker).

Le meilleur candidat pour coller aux observations de WMap semble être le dodécaèdre de Poincaré. Pour comprendre de quoi il retourne considérons une sphère avec un pavage en forme de ballon de football :



Figure 3. Crédit : OBSPM

Cela revient à considérer un dodécaèdre :

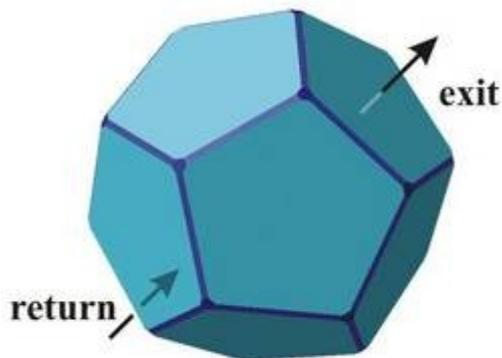


Figure 4. Crédit : OBSPM

On joue ici le même jeu qu'avec le carré initial en deux dimensions mais on a affaire à un polyèdre en trois dimensions dont on va identifier les côtés opposés. On obtient ainsi une sorte de multi-tore mais qui n'en est pas vraiment un. L'espace dodécaédrique de Poincaré (PDS), en gros, c'est cela...

Or, de même qu'une corde peut osciller selon différents modes stationnaires dépendant de la longueur de la corde, un instrument de musique, comme un tambour ou un violon, ne pourra produire que des sons caractéristiques de sa taille et de sa forme. Ainsi, lors de la « création » de l'Univers observable, le fluide de particule occupant l'Univers était animé de modes de

vibrations dépendant de la forme géométrique de notre Univers, de sa composition en particules et aussi de sa topologie.

Dans le cas d'un Univers fini possédant une topologie obtenue par identification des faces d'un polyèdre donné, on peut calculer, en théorie du moins, les modes possibles d'oscillations et faire des prédictions sur la forme précise du spectre du rayonnement fossile.

Remarquablement, certains des Univers finis avec une topologie dite *multiplement connexe* conduisent donc à des hypothèses testables et, si nous vivons dans un de ces Univers, nous pouvons le savoir !

La figure 5 montre quelques exemples d'Univers avec topologie multiplement connexe — Luminet parle d'Univers [chiffonnés](#) —, avec la structure du rayonnement fossile à laquelle ils conduisent.

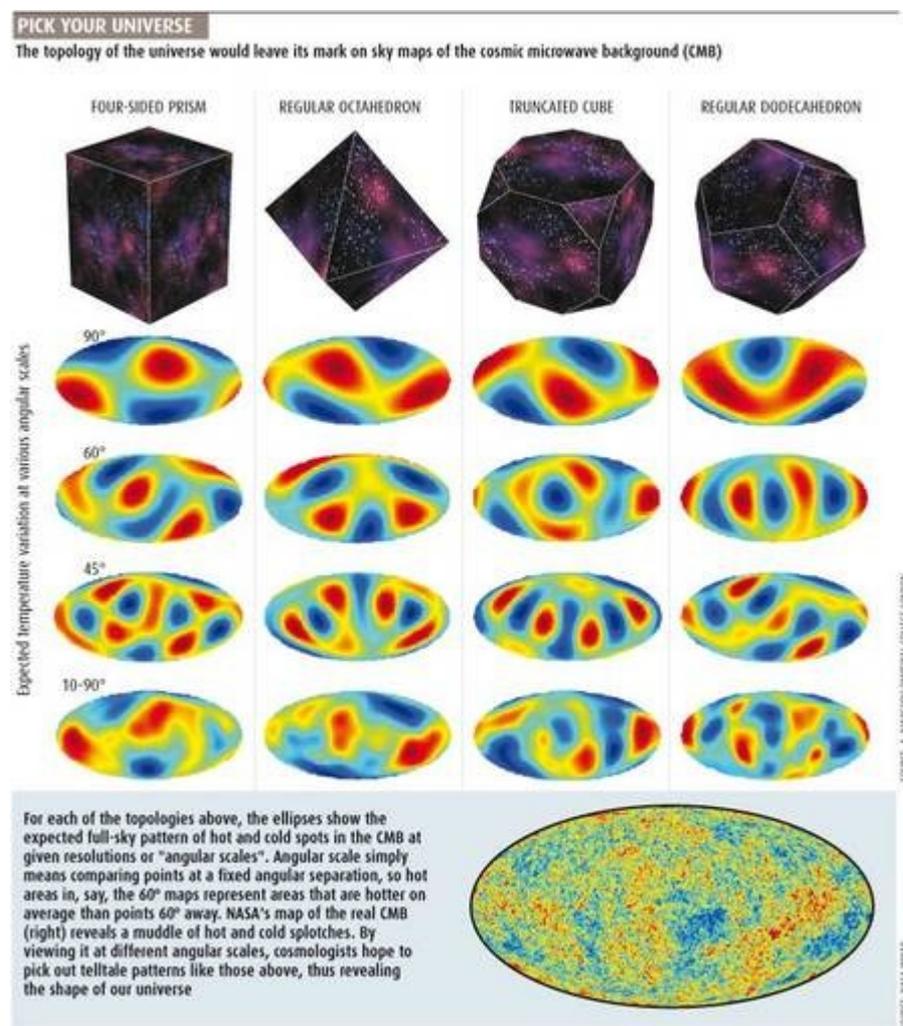


Figure 5. Crédit : *New Scientist*

Depuis, l'année 2003 et la publication dans *Nature* d'un article dans lequel Jean-Pierre Luminet et ses collègues proposaient le [Poincare Dodecahedral Space](#) (PDS), les chercheurs ont progressé dans le calcul du spectre de puissance que devait avoir le rayonnement fossile.

Ainsi, 1,7 milliard de modes vibrationnels sont maintenant connus et pris en compte dans la comparaison avec les données de WMap. Il en résulte que le modèle PDS fait aussi bien que

le modèle Lambda CDM ([constante cosmologique](#)-matière noire) avec un Univers plat, infini et à la topologie simplement connexe, alors que dans le premier on est en présence d'un Univers clos, donc fini, et à la topologie multiples connexes. Si l'on considère la densité totale de l'Univers ramenée à celle de la [densité critique](#), on trouve alors pour ce rapport 1,018 .

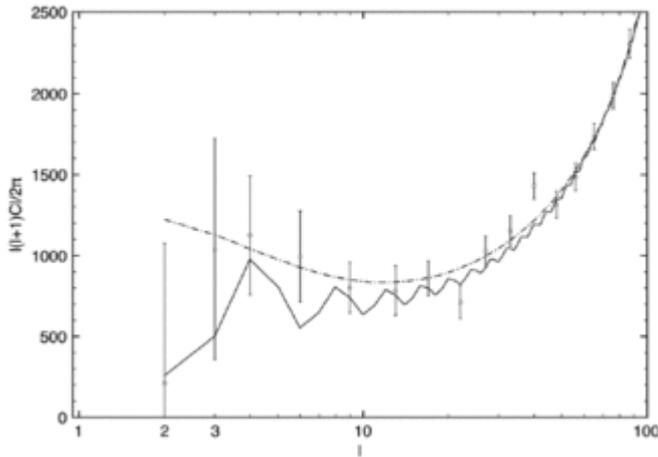


Figure 6. Cliquez sur l'image pour l'agrandir. Spectres de puissance comparés pour les données expérimentales de WMap (barres d'erreur verticales), pour le modèle théorique LambdaCDM (courbe en pointillés) et pour le modèle PDS (courbe pleine). Crédit : OBSPM

Comment départager les deux théories ?

Peut-être en suivant [la voie explorée depuis des années par Boudewijn Roukema](#), à la tête d'une équipe polonaise qui, elle aussi, annonce avoir obtenu des résultats encourageants en faveur du modèle PDS.

Examiné de près, le processus d'identification des faces du dodécaèdre conduit à des corrélations entre les images que l'on peut obtenir de la surface *de dernière diffusion* (voir la figure 7), correspondant pour chaque observateur dans l'Univers au moment où le rayonnement fossile a été émis. On montre que ces corrélations reviennent à considérer des intersections des images de ses surfaces sphériques et qu'elles conduisent à toute une série de cercles anti-podaux le long desquels les corrélations sont observables.

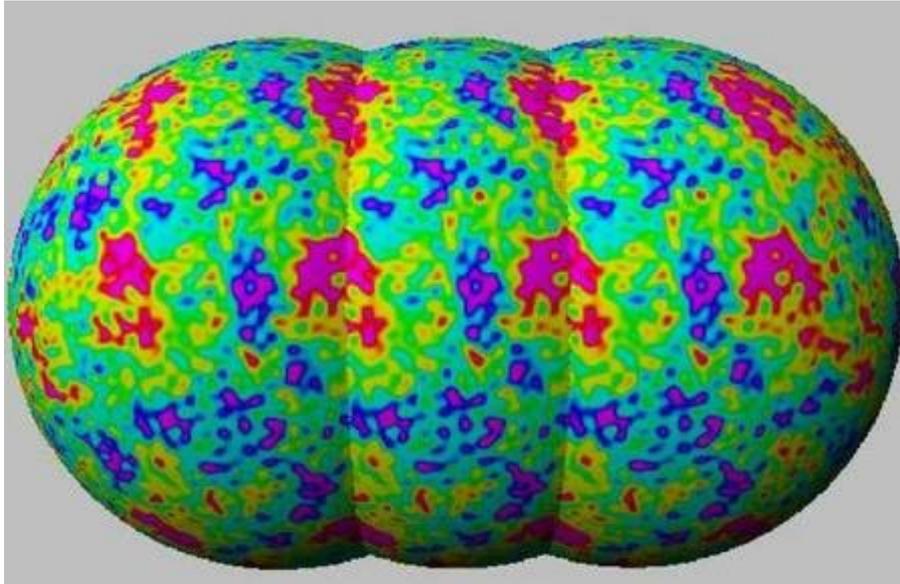


Figure 7. Une topologie multiconnexe se traduit par le fait que tout objet de l'espace peut se présenter en de multiples exemplaires au sein de l'univers observable. Pour un objet étendu comme la région d'émission du rayonnement fossile, appelée surface de dernière diffusion, celle-ci peut s'auto-intersecter le long de paires de cercles. En ce cas, cela revient à dire qu'un observateur (situé nécessairement au centre de cette surface de dernière diffusion) verra la même région de l'univers dans différentes directions. En conséquence, les fluctuations de température seront identiques le long des paires de cercles d'auto-intersection de la surface de dernière diffusion, comme le montre la figure.

Cette carte du rayonnement fossile a été calculée pour un espace plat multi-connexe, précisément un hypertore dont la taille est 3,17 fois inférieure au diamètre de l'horizon cosmologique. Crédit : OBSPM

Tout le problème, et il est de taille, est d'extraire de façon convaincante ces zones des mesures effectuées par WMap et de montrer qu'il existe bien des corrélations qui ne peuvent statistiquement se produire que de façon très improbable dans un Univers LambdaCDM. L'équipe de Boudewijn Roukema avait déjà obtenu il y a quelques années des résultats dans ce sens, et elle confirme à nouveau la possible présence de ces cercles.

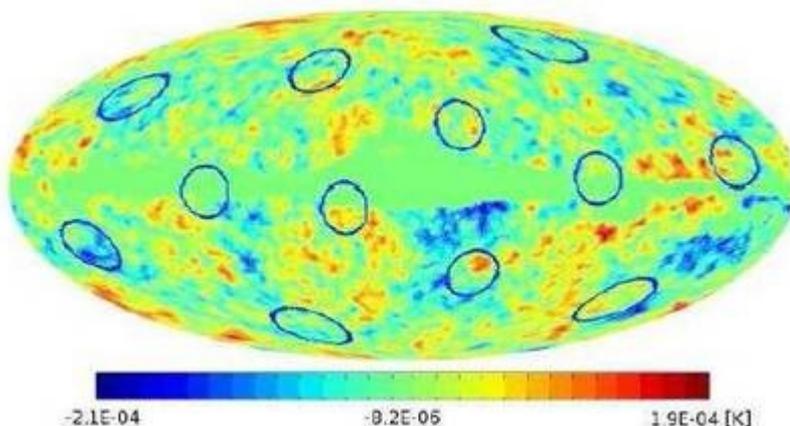
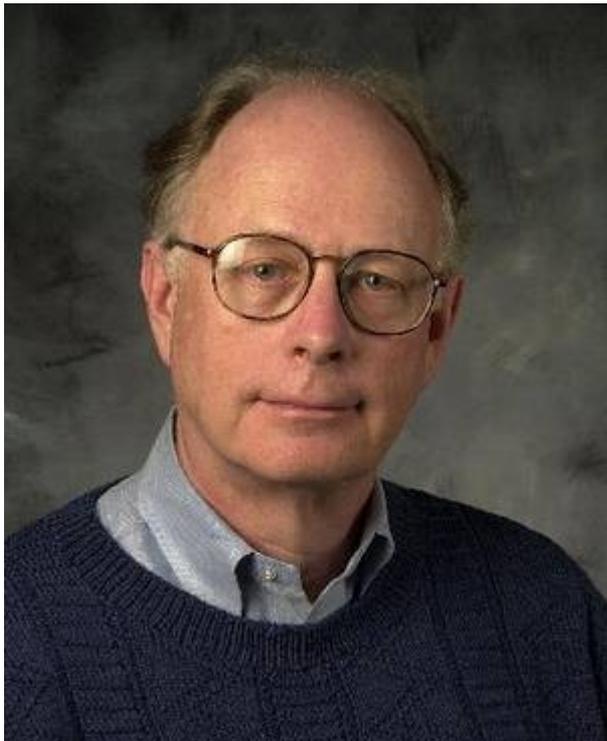


Figure 8. Position des 12 cercles corrélés trouvés récemment dans les données WMap par une équipe franco-polonaise, en parfait accord avec le modèle PDS. Les centres des cercles correspondent aux centres des faces du dodécaèdre fondamental, déterminés par leurs [coordonnées galactiques](#). La probabilité pour que le modèle LambdaCDM plat et infini reproduise par hasard une telle configuration n'est que 7 %. Crédit : OBSPM

Malheureusement, même si ces résultats sont plus précis, ils ne sont toujours pas probants. En revanche, on peut penser que les choses vont s'améliorer avec le lancement prochain du satellite Planck par l'[Esa](#).

Quelques considérations de cosmologie quantique

Pour finir, si l'on se place du point de vue de [la cosmologie quantique](#), on sait depuis longtemps que des Univers clos à courbure positive sont favorisés par l'approche reposant sur l'intégrale de chemin de Feynman. Comme l'ont montré Stephen Hawking et James Hartle avec leur modèle sans bord et utilisant le temps imaginaire, il est plus naturel, mais pas démontré, de considérer des Univers clos que des Univers infinis.

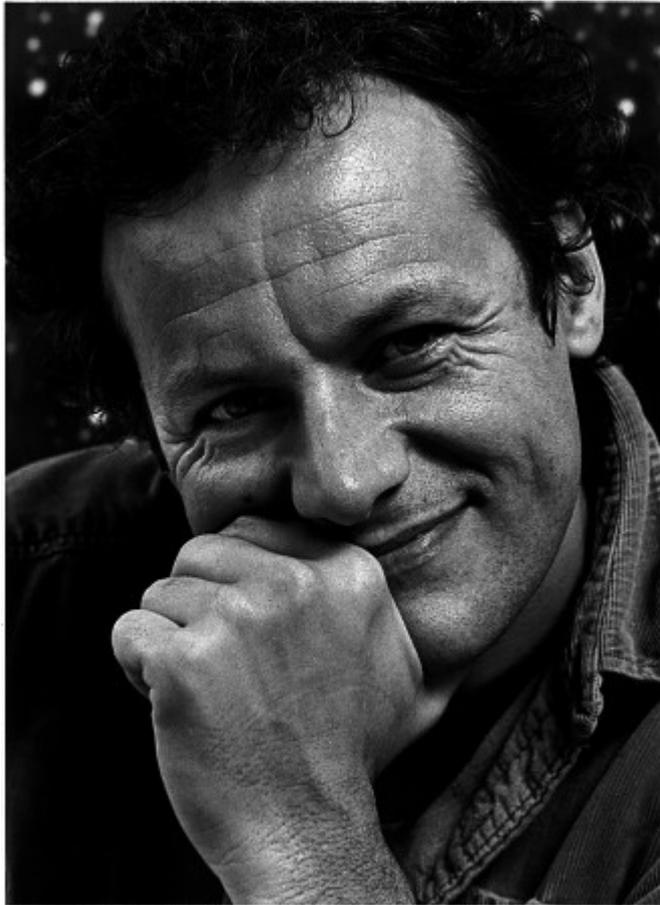


James Hartle. Crédit : *University of California, Santa Barbara*

En adoptant l'approche de la théorie des cordes, qui [introduit des objets géométriques topologiquement compliqués](#) comme les espaces de Calabi-Yau et les *orbifolds*, il est également plus naturel de considérer l'espace-temps macroscopique comme une partie d'un espace-temps multidimensionnel et topologiquement multiconnexe qui serait entré en expansion aux dépens d'autres dimensions qui, elles, seraient restées microscopiques.

Inutile de dire que dans le cadre des discussions actuelles, souvent chaudes, sur le principe anthropique, le *Landscape*, [les cerveaux de Boltzmann](#), la possibilité d'un Univers fini ne manquera pas d'être appréciée...

 [Commenter cette news ou lire les commentaires](#) »



Jean-Pierre Luminet. Crédit : OBSPM

Le 28 mai 2008 à 10h22

L'Univers pourrait être en forme de tore selon WMap

Par Laurent Sacco, [Futura-Sciences](#)

L'Univers est-il de taille finie et en forme de tore ? C'est en tout cas ce que semble autoriser les données concernant le rayonnement de fond diffus fournies par [WMap 3](#), d'après un groupe de chercheurs allemands. Une telle possibilité avait déjà été explorée par un groupe de chercheurs français autour de Jean-Pierre Luminet.

[Frank Steiner](#) est à la tête d'un groupe de recherche à Ulm en Allemagne, là où Albert Einstein, le père de la théorie de la relativité, était né il y a plus d'un siècle. Une nouvelle révolution dans notre vision du cosmos sera-t-elle à nouveau originaire de cette ville ?

Comme l'ont fait récemment [Jean-Pierre Luminet](#) et ses collègues, le groupe de chercheurs de Ulm a calculé la forme du spectre des fluctuations de température du [rayonnement fossile](#) dans un Univers de taille finie et à la topologie multiples connexes. À la différence des chercheurs français qui se sont basés sur un Univers à courbure positive, le dodécaèdre de Poincaré, Steiner et son équipe ont utilisé le modèle d'Univers chiffonné le plus simple à imaginer : un tore à trois dimensions. Bien que difficilement visualisable, l'objet n'est que la généralisation à 3 dimensions d'une forme simple, celle du pneu (voir la dernière image en bas de l'article).

Sa courbure est nulle, ce qui veut dire que les théorèmes de la géométrie euclidienne y sont toujours valables. En revanche, comme le modèle de Poincaré 3D, il autorise l'apparition de cercles de corrélations dans le rayonnement fossile ainsi que la [multiplication d'images fantômes des galaxies](#) faisant croire que le cosmos est infini.

Surprise ! Comme dans les travaux récents de Jean-Pierre Luminet, les calculs collent précisément avec les observations de [WMAP 3](#). L'absence de grandes longueurs d'onde dans la variance cosmique se retrouve à nouveau naturellement et s'explique comme une limite à la taille des fluctuations de température dans le rayonnement fossile, imposée par un univers clos, donc fini. Le modèle LambdaCDM avec un univers infini échoue toujours, rappelons-le, à retrouver ce déficit en longueurs d'onde (voir la courbe ci-dessous).

A l'appui de leur théorie, les cosmologistes allemands font remarquer que dans le cadre de la cosmologie quantique, et comme l'avait déjà souligné Andrei Linde, l'un des pères de la théorie de l'Inflation, la "naissance" d'un univers en forme de tore est bien plus probable que celle d'un Univers fini sphérique ou au contraire plat mais infini. Il est vrai que la [cosmologie quantique](#) introduite dans les années 1960 par [John Wheeler](#) doit encore faire ses preuves et n'est pour le moment qu'une spéculation séduisante de théoriciens mais cela donne à penser. Andrei Linde. Crédit : *Stanford University*

Dans le cadre de celle-ci, le *début de l'univers* peut être compris comme la transition quantique par effet tunnel entre un état physique dominé par la gravitation quantique, et où ni l'espace ni le temps n'ont leurs propriétés normales (voire cessent d'exister si ce n'est sous une forme virtuelle avec un temps imaginaire) et un état classique avec notre géométrie spatio-temporelle habituelle. L'apparition d'une géométrie compacte et plate semble alors plus probable, comme Linde l'a soutenu dans [ses travaux de cosmologie quantique](#).

Dans quelques années, les données du [satellite Planck](#) aideront peut-être à y voir plus clair. En attendant, les théoriciens continueront à jouer les démiurges en inventant sur ordinateurs et sur le papier de nouveaux univers.. .

Cosmologie

Mesure de la température du RFC par détection de l'excitation des modes rotationnels de la molécule CO en interaction avec le RFC (pompage) à un redshift élevé (2,4).

La température mesurée du RFC à ce redshift vaut 9.15 K +/- 0.72 en accord avec la température prédite (9.315) par le modèle standard (BB) mais contredit le modèle stationnaire.

Source: Ned Wright's Cosmology Tutorial, News of the universe:<http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm#News>

New High Redshift CMB Measurement

13 May 2008 - [Srianand et al.](#) have [announced](#) a measurement of T_{CMB} at a [redshift](#) of 2.418. [Absorption lines](#) from carbon monoxide (CO) molecules were seen in the spectrum of a distant quasar, and showed rotational excitation in the CO ground vibrational state. The temperature seen is 9.15 +/- 0.7 K, while the Big Bang model predicts 9.315 K. So this observation is consistent with the Big Bang, but contradicts the [Steady State](#) model.

Title: First detection of CO in a high-redshift DLA

Authors: [R. Srianand](#), [P. Noterdaeme](#), [C. Ledoux](#), [P. Petitjean](#)

(Submitted on 1 Apr 2008)

Abstract: We present the first detection of carbon monoxide (CO) in a damped Lyman-alpha system (DLA) at $z_{\text{abs}} = 2.41837$ toward SDSS J143912.04+111740.5. We also detected H₂ and HD molecules. The measured total column densities (in log units) of H I, H₂, and CO are 20.10 ± 0.10 , 19.38 ± 0.10 , and 13.89 ± 0.02 , respectively. The molecular fraction, $f = 2N(\text{H}_2)/(N(\text{HI}) + 2N(\text{H}_2)) = 0.27^{+0.10}_{-0.08}$, is the highest among all known DLAs. The abundances relative to solar of S, Zn, Si, and Fe are -0.03 ± 0.12 , $+0.16 \pm 0.11$, -0.86 ± 0.11 , and -1.32 ± 0.11 , respectively, indicating a high metal enrichment and a depletion pattern onto dust-grains similar to the cold ISM of our Galaxy. The measured $\{N(\text{CO})/N(\text{H}_2) = 3 \times 10^{-6}\}$ is much less than the conventional CO/H₂ ratio used to convert the CO emission into gaseous mass but is consistent with what is measured along translucent sightlines in the Galaxy. The CO rotational excitation temperatures are higher than those measured in our Galactic ISM for similar kinetic temperature and density. Using the C I fine structure absorption lines, we show that this is a consequence of the excitation being dominated by radiative pumping by the cosmic microwave background radiation (CMBR). From the CO excitation temperatures, we derive $T_{\text{CMBR}} = 9.15 \pm 0.72$ K, while 9.315 ± 0.007 K is expected from the hot big-bang theory. This is the most precise high-redshift measurement of T_{CMBR} and the first confirmation of the theory using molecular transitions at high redshift.

Comments: To appear in A&A letters

Subjects: Astrophysics (astro-ph)

Cite as: [arXiv:0804.0116v1](#) [astro-ph]

Version française (13 Mai 2008) par Gilbert Javaux – PGJ-Astronomie.

Un thermomètre moléculaire pour l'Univers lointain

Des astronomes ont fait usage du Very Large Telescope (VLT) pour détecter pour la première fois dans l'ultraviolet la molécule de monoxyde de carbone dans une galaxie située à près de 11 milliards d'années-lumière, un exploit qui est resté inaccessible en 25 ans. Cette détection leur permet d'obtenir la mesure la plus précise de la température cosmique à une telle époque reculée.

L'équipe d'astronomes a braqué le spectrographe UVES sur le VLT de l'ESO pendant plus de 8 heures vers une galaxie bien cachée dont la lumière a mis près de 11 milliards d'années pour nous atteindre, environ 80% de l'âge de l'Univers.

La seule manière dont cette galaxie peut être vue est par l'empreinte de gaz interstellaire laissée sur le spectre d'un quasar même plus éloigné. *"Les quasars sont ici seulement utilisés comme une balise dans un Univers lointain. Les nuages de gaz interstellaires dans les galaxies, situés entre les quasars et nous sur la même ligne de vue, absorbent des parties de la lumière émise par les quasars. Le spectre résultant présente donc des 'vallées' sombres que l'on peut attribuer à des éléments bien connus et peut-être des molécules"*, explique Srikanth Raghunathan (Pune, Inde), qui a dirigé l'équipe qui a fait les observations.

Grâce à la puissance du VLT et à une sélection très attentive de l'objectif - l'objectif a été sélectionné parmi une dizaine de milliers de quasars - l'équipe a pu découvrir la présence de la normale et deutérée molécule d'hydrogène (H_2 , HD) et du monoxyde de carbone (CO) dans le milieu interstellaire de cette galaxie lointaine. *"C'est la première fois que ces trois molécules ont été détectées en absorption devant un quasar, une détection qui est restée inaccessible pendant plus d'un quart de siècle"*, explique Cédric Ledoux (ESO), membre de l'équipe.

La même équipe avait déjà battu le record de la plus lointaine détection de l'hydrogène moléculaire dans une galaxie que nous voyons comme elle était lorsque l'Univers avait moins de 1,5 milliards d'années (voir [ESO 16/06](#)).

Le gaz interstellaire est le réservoir à partir duquel les étoiles se forment et, à ce titre, est un élément important des galaxies. De plus, parce que la formation et l'état de molécules sont très sensibles aux conditions physiques du gaz, qui, à son tour, dépendent de la vitesse à laquelle les étoiles se forment, l'étude détaillée de la chimie du milieu interstellaire est un outil important pour comprendre comment les galaxies se forment.

Sur la base de leurs observations, les astronomes ont montré que les conditions physiques régnant dans le gaz interstellaire dans cette lointaine galaxie sont similaires à ce qui est vu dans notre Galaxie, la Voie lactée.

Mais plus important encore, l'équipe a réussi à mesurer avec la meilleure précision à ce jour la température du rayonnement de fond cosmique dans l'Univers lointain. *"Contrairement à d'autres méthodes, la mesure de la température du fond cosmique en utilisant la molécule de CO comporte très peu de suppositions,"* déclare le co-auteur Pasquier Noterdaeme.

Si l'Univers a été formé dans un «Big Bang», comme la plupart des astrophysiciens le suggèrent, la lueur de cette boule de feu primitive aurait dû être plus chaude dans le passé.

C'est exactement ce qui est trouvé par les nouvelles mesures. *"Compte tenu de la température mesurée de 2,725 K, on s'attendait à ce que la température il ya 11 milliards d'années soit d'environ 9,3 K,"* dit le co-auteur Patrick Petitjean. *"Notre ensemble unique d'observations VLT nous permet de déduire une température de 9,15 K, à plus ou moins 0,7 K, en parfait accord avec la théorie."* *"Nous pensons que notre analyse innove des études de chimie interstellaire à de haut redshift et démontre qu'il est possible, avec la détection d'autres*

molécules telles que HD ou CH, d'utiliser la chimie interstellaire pour s'attaquer à d'importantes questions cosmologiques", ajoute Srikanand.

.Les résultats décrits ici ont été présentés dans une "*Letter to the Editor*" dans *Astronomy and Astrophysics* ("First detection of CO in a high-redshift damped Lyman-alpha system", by R. Srikanand et al.)

• <http://www.eso.org/public/outreach/press-rel/pr-2008/pr-13-08.html>

• <http://www.aanda.org/10.1051/0004-6361:200809727/pdf>

Cosmologie

L'accélération de l'expansion confirmée et affinée par l'étude d'un échantillon de 332 supernovae SNe Ia.

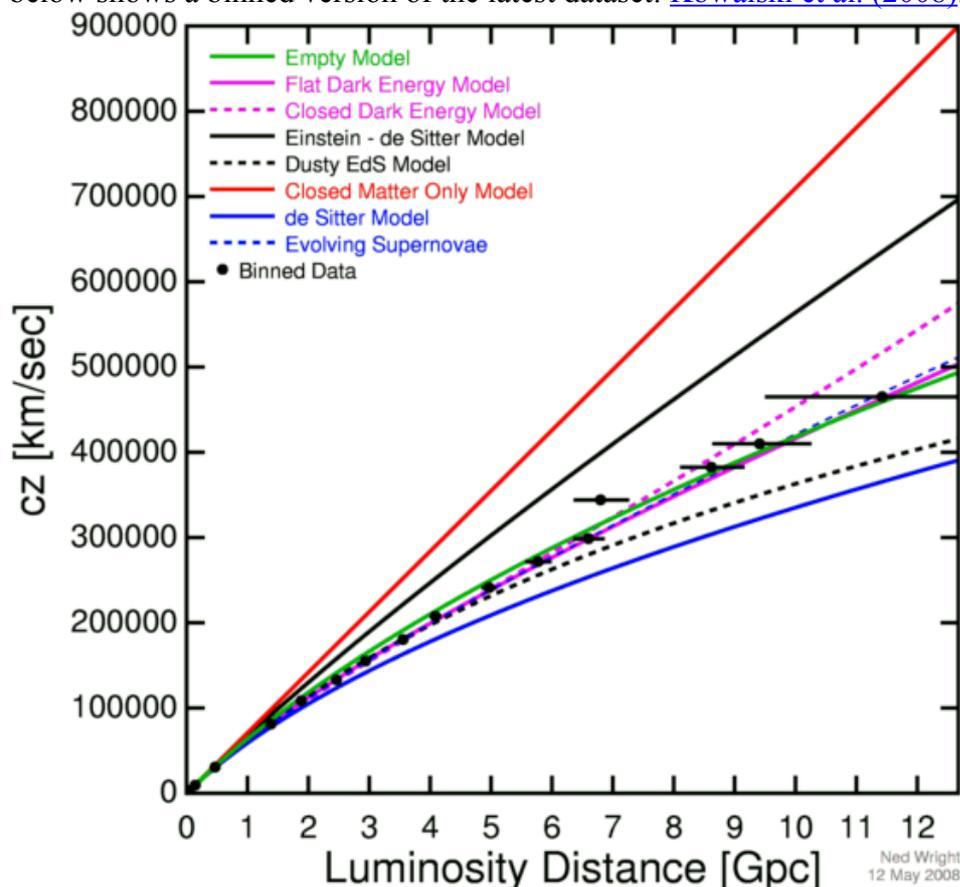
Source: Ned Wright's Cosmology Tutorial, News of the universe: <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm#News>

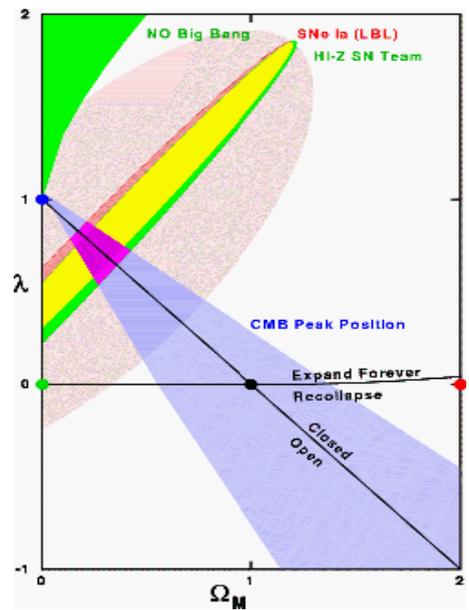
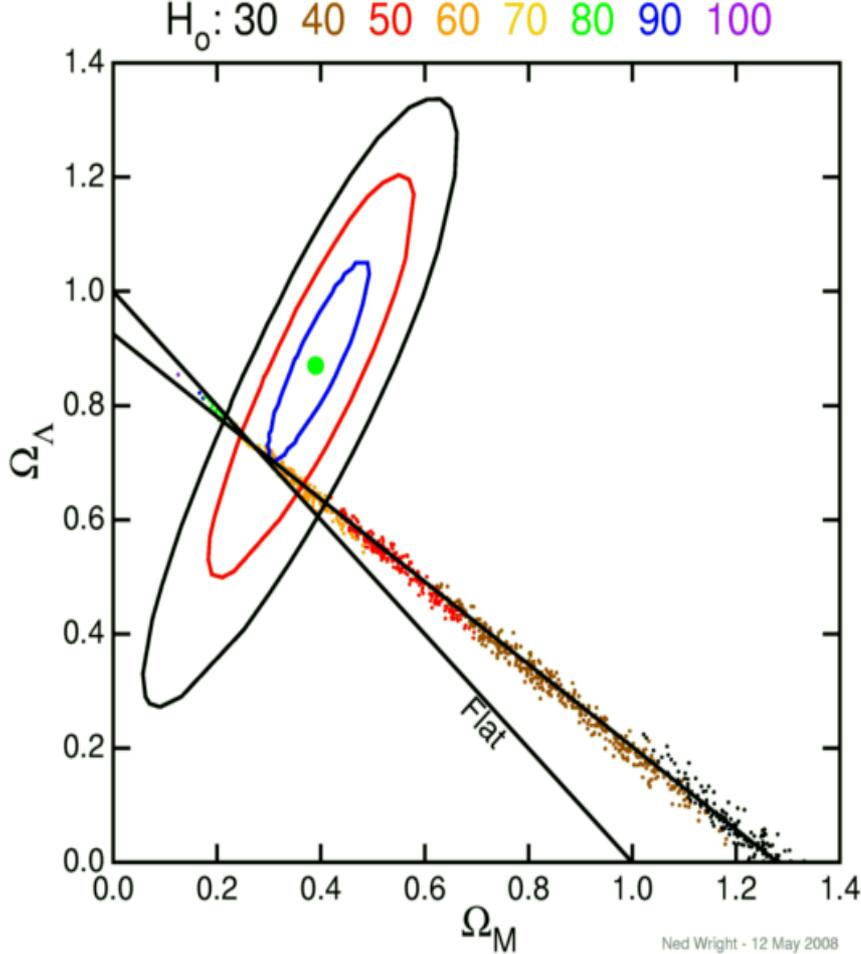
New Union Supernova Catalog

28 Apr 2008 - [Kowalski et al. \(2008\)](#) of the Supernova Cosmology Project present a union catalog of supernovae. The catalog contains 332 SNe that pass all cuts when the low redshift SNe are included. Click on the thumbnail at right for binned ΔDM vs. redshift [tables and plots](#). ΔDM is the difference in the [distance modulus](#) between the data or model and an empty Universe model. A higher distance modulus means the supernovae are fainter than expected in an empty Universe.

Measuring the Curvature of the Universe by Measuring the Curvature of the Hubble Diagram

Several groups are measuring distant supernovae with the goal of determining whether the Universe is open or closed by measuring the curvature in the Hubble diagram. The figure below shows a binned version of the latest dataset: [Kowalski et al. \(2008\)](#).





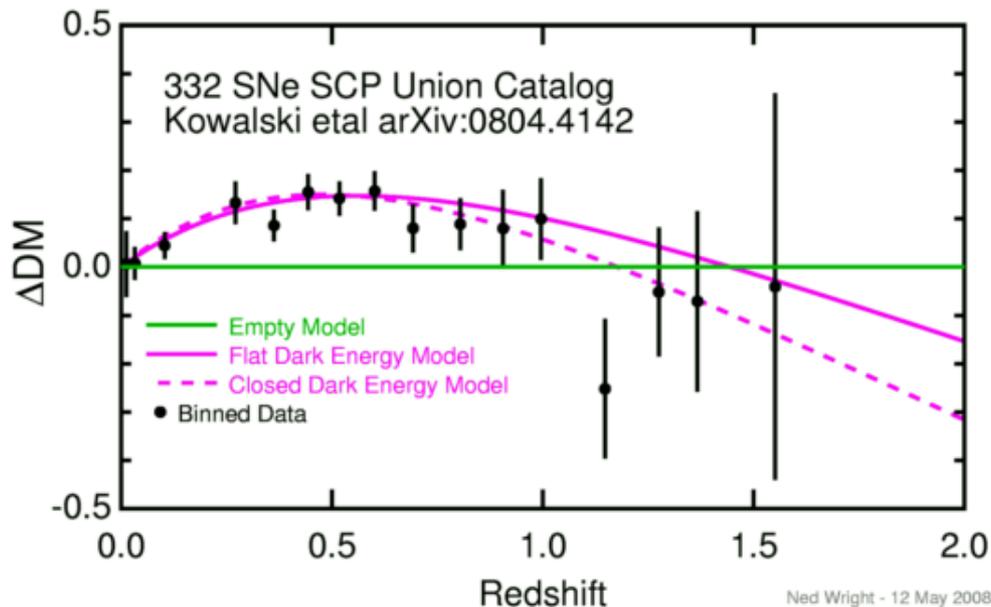
Curves show a closed Universe ($\Omega = 2$) in red, the critical density Universe ($\Omega = 1$) in black, the empty Universe ($\Omega = 0$) in green, the steady state model in blue, and the WMAP based concordance model with $\Omega_M = 0.27$ and $\Omega_V = 0.73$ in purple. This model gives $H_0 = 71$ km/sec/Mpc which has been

used to scale the luminosity distances in the plot. The data show an accelerating Universe at low to moderate redshifts but a decelerating Universe at higher redshifts, consistent with a model having both a cosmological constant and a significant amount of dark matter. The dashed black curve shows an Einstein-de Sitter model with a constant co-moving dust density which can be ruled out. The dashed purple curve shows a closed Λ CDM model which is a good fit to the data. The dashed blue curve shows an evolving supernova model which is also a good fit. Both the Supernova Cosmology Project and the High-z Supernova Team groups were the subject of news articles in Science, on 30 Jan 1998 and 27 Feb 1998. I have combined their two error ellipses along with another constraint from the circa 1998 knowledge of the location of the acoustic peak in the angular power spectrum of the CMB anisotropy. The two SNe groups gave very similar error ellipses, and the combined CMB-SNe fit indicates that a flat Universe with a [cosmological constant](#) is preferred. But the systematic errors on the SNe data, shown as the large grey (or pink) ellipse, could allow for a vanishing cosmological constant λ . The red, black, green and blue circles on the Figure to the right are keyed to the colors of the curves on the Figure shown above. [A larger GIF file](#) or a [Postscript version](#) of this figure are available. The supernova data as of April 2008 published by [Kowalski et al. \(2008\)](#) provide the best fit, 1, 2 and 3 standard deviation contours shown as the green, blue, red and black ellipses in the figure at left. The CMB data using WMAP five year results provide the cloud of dots from a Monte Carlo Markov chain sampling of the likelihood function. The CMB degeneracy track does not follow the flat Universe line, but crosses the flat line at a point reasonably consistent with the supernova fit. Each CMB model has an implied Hubble constant which provides the color code for the dots. A model that fits both the supernova data and the CMB data has a Hubble constant that agrees reasonably well with the Hubble Space Telescope Key Project value of the Hubble constant.

The addition of high redshift supernovae has had two effects on the supernova error ellipse. The long axis of the ellipse has gotten shorter, and the slope of the ellipse has gotten higher. The best fit model has gotten closer to the CMB degeneracy track in absolute terms, and it has

also gotten closer in terms of standard deviations in the [Kowalski et al. \(2008\)](#) dataset.

In the last few years distant supernovae with redshifts up to 1.755 have been observed by the Hubble Space Telescope. These objects show that the trend toward fainter supernovae seen at moderate redshifts has reversed. This reversal means that one possible alternative to the accelerating Universe as the explanation of the fainter supernovae at z near 0.5 can be rejected. This rejected alternative proposed that dust between galaxies made the distant supernovae fainter by absorbing some of their light. In the plot below, the brightness or faintness of distant supernovae relative to the empty Universe model is plotted vs redshift.



The green curve is the $\Omega=0$ Universe. The solid magenta curve shows the best fit flat accelerating vacuum-dominated model. The dashed magenta curve is the best closed dark energy dominated fit to the supernova data alone.

Title: Improved Cosmological Constraints from New, Old and Combined Supernova Datasets

Authors: [M.Kowalski](#), [D.Rubin](#), [G.Aldering](#), [R.J.Agostinho](#), [A.Amadon](#), [R.Amanullah](#), [C.Balland](#), [K.Barbary](#), [G.Blanc](#), [P.J.Challis](#), [A.Conley](#), [N.V.Connolly](#), [R.Covarrubias](#), [K.S.Dawson](#), [S.E.Deustua](#), [R.Ellis](#), [S.Fabbro](#), [V.Fadeyev](#), [X.Fan](#), [B.Farris](#), [G.Folatelli](#), [B.L.Frye](#), [G.Garavini](#), [E.L.Gates](#), [L.Germany](#), [G.Goldhaber](#), [B.Goldman](#), [A.Goobar](#), [D.E.Groom](#), [J.Haissinski](#), [D.Hardin](#), [I.Hook](#), [S.Kent](#), [A.G.Kim](#), [R.A.Knop](#), [C.Lidman](#), [E.V.Linder](#), [J.Mendez](#), [J.Meyers](#), [G.J.Miller](#), [M.Moniez](#), [A.M.Mourao](#), [H.Newberg](#), [S.Nobili](#), [P.E.Nugent](#), [R.Pain](#), [O.Perdereau](#), [S.Perlmutter](#), [M.M.Phillips](#), [V.Prasad](#), [R.Quimby](#), [N.Regnault](#), [J.Rich](#), [E.P.Rubenstein](#), [P.Ruiz-Lapuente](#), [F.D.Santos](#), [B.E.Schaefer](#), [R.A.Schommer](#), [R.C.Smith](#), [A.M.Soderberg](#), [A.L.Spadafora](#), [L.-G.Strolger](#), [M.Strovink](#), [N.B.Suntzeff](#), [N.Suzuki](#), [R.C.Thomas](#), [N.A.Walton](#), [L.Wang](#), [W.M.Wood-Vasey](#), et al. (1 additional author not shown)
(Submitted on 25 Apr 2008)

Abstract: We present a new compilation of Type Ia supernovae (SNe Ia), a new dataset of low-redshift nearby-Hubble-flow SNe and new analysis procedures to work with these heterogeneous compilations. This "Union" compilation of 414 SN Ia, which reduces to 307 SNe after selection cuts, includes the recent large samples of SNe Ia from the Supernova Legacy Survey and ESSENCE Survey, the older datasets, as well as the recently extended dataset of distant supernovae observed with HST. A single, consistent and blind analysis procedure is used for all the various SN Ia subsamples, and a new procedure is implemented that consistently weights the heterogeneous data sets and rejects outliers. We present the latest results from this Union compilation and discuss the cosmological constraints from this new compilation and its combination with other cosmological measurements (CMB and BAO). The constraint we obtain from supernovae on the dark energy density is $\Omega_{\Lambda} = 0.713^{+0.027}_{-0.029} \text{ (stat)}^{+0.036}_{-0.039} \text{ (sys)}$, for a flat, LCDM Universe. Assuming a constant equation of state parameter, w , the combined constraints from SNe, BAO and CMB give $w = -0.969^{+0.059}_{-0.063} \text{ (stat)}^{+0.063}_{-0.066} \text{ (sys)}$. While our results are consistent with a cosmological constant, we obtain only relatively weak constraints on a w that varies with redshift. In particular, the current SN data do not yet significantly constrain w at $z > 1$. With the addition of our new nearby Hubble-flow SNe Ia, these resulting cosmological constraints are currently the tightest available.

49 pages, 17 figures; accepted for publication in *Astrophysical Journal*. For data
Comments: tables, code for cosmological analysis and full-resolution figures, see [this http URL](#)

Subjects: Astrophysics (astro-ph)

Cite as: [arXiv:0804.4142v1](#) [astro-ph]

Cosmologie

Dilatation temporelle dans le spectre des supernova de type Ia à redshift élevé.

L'observation porte sur 13 supernova. Cette observation confirme l'hypothèse d'expansion de l'univers (compatible avec le facteur $1+z$) et exclut les théories ne prédisant pas de dilatation temporelle comme la théorie de la lumière fatiguée.

Source: Ned Wright's Cosmology Tutorial, News of the universe: <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm#News>

Tired Light is Still Dead

24 Apr 2008 - [Blondin et al. \(2008\)](#) studied [distant supernovae](#) using spectra to judge the age of the object during each observation. They found an aging rate that varied with [redshift \$z\$](#) like

$$1 / (1+z)^{(0.97 \pm 0.10)},$$

compatible with the expected $1/(1+z)$ for expanding Universes, but 9.7 standard deviations away from the constant aging rate expected in the [tired light model](#).

Title: Time Dilation in Type Ia Supernova Spectra at High Redshift

Authors: [S. Blondin](#), [T. M. Davis](#), [K. Krisciunas](#), [B. P. Schmidt](#), [J. Sollerman](#), [W. M. Wood-Vasey](#), [A. C. Becker](#), [P. Challis](#), [A. Clocchiatti](#), [G. Damke](#), [A. V. Filippenko](#), [R. J. Foley](#), [P. M. Garnavich](#), [S. W. Jha](#), [R. P. Kirshner](#), [B. Leibundgut](#), [W. Li](#), [T. Matheson](#), [G. Miknaitis](#), [G. Narayan](#), [G. Pignata](#), [A. Rest](#), [A. G. Riess](#), [J. M. Silverman](#), [R. C. Smith](#), [J. Spyromilio](#), [M. Stritzinger](#), [C. W. Stubbs](#), [N. B. Suntzeff](#), [J. L. Tonry](#), [B. E. Tucker](#), [A. Zenteno](#)

(Submitted on 22 Apr 2008)

Abstract: We present multiepoch spectra of 13 high-redshift Type Ia supernovae (SNe Ia) drawn from the literature, the ESSENCE and SNLS projects, and our own separate dedicated program on the ESO Very Large Telescope. We use the Supernova Identification (SNID) code of Blondin & Tonry to determine the spectral ages in the supernova rest frame.

Comparison with the observed elapsed time yields an apparent aging rate consistent with the $1/(1+z)$ factor (where z is the redshift) expected in a homogeneous, isotropic, expanding universe. These measurements thus confirm the expansion hypothesis, while unambiguously excluding models that predict no time dilation, such as Zwicky's "tired light" hypothesis. We also test for power-law dependencies of the aging rate on redshift. The best-fit exponent for these models is consistent with the expected $1/(1+z)$ factor.

Cosmologie

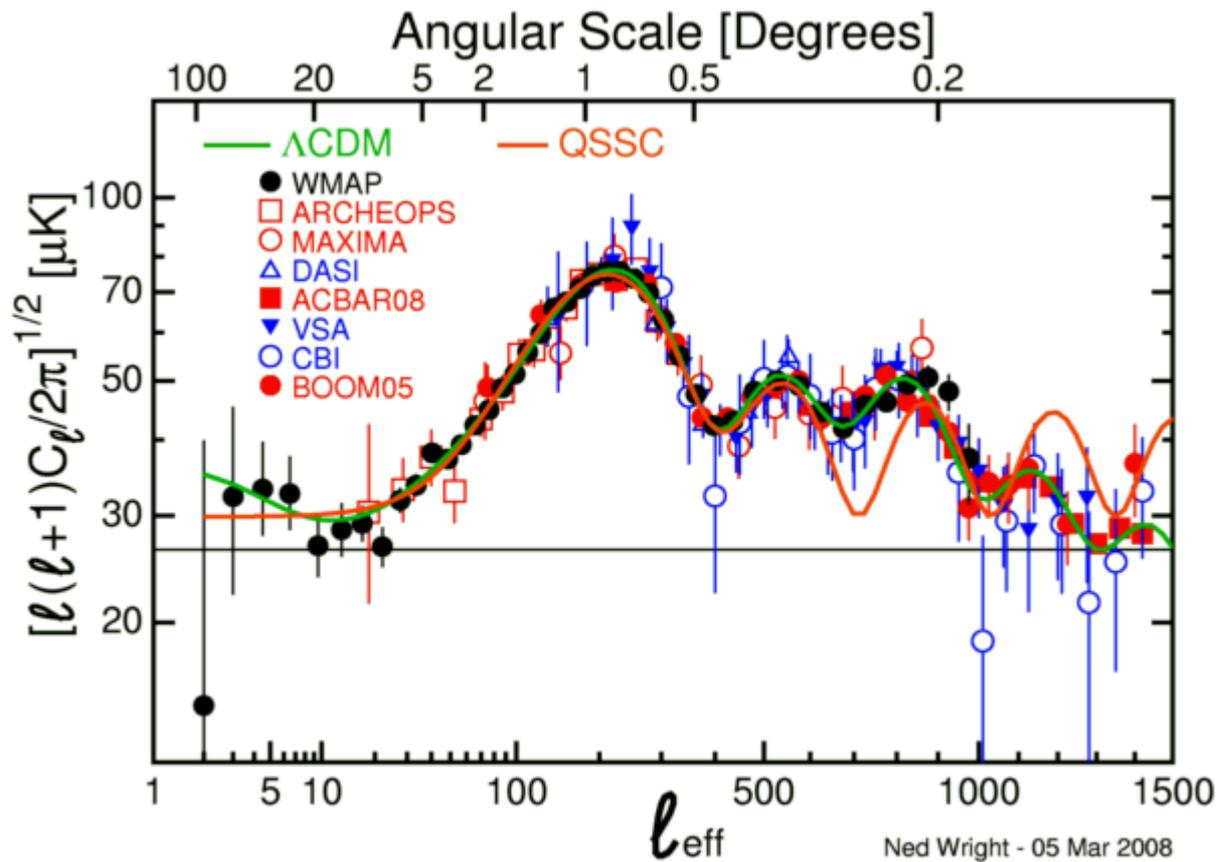
Malgré une modification par rapport à la version de 2003, la dernière version de la cosmologie quasi stationnaire (Narlikar, Burbidge Vishwakarma) n'est pas toujours compatible avec les observations du RFC.

Source: Ned Wright's Cosmology Tutorial, News of the universe:<http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm#News>

Quasi-Steady State Cosmology Fails Again

18 Jan 2008 - [Narlikar, Burbidge and Vishwakarma \(2007, J. Astr. & Ap., 28, 67\)](#) claim to fit the CMB anisotropy data with the QSSC model. Not surprisingly, this claim is [false](#).

The claim by [Narlikar, Burbidge and Vishwakarma \(2007, J. Astr. & Ap., 28, 67\)](#) to fit the CMB anisotropy data is also false. To make this claim Narlikar made a poorly justified change in his 2003 model to better fit the data. But since the motivation for the model was rather ad hoc to start, it is pointless to complain about an unjustified change. Narlikar *et al.* noted that their model did not fit the high l data very well, but noted that these points changed quite a bit between the first year WMAP data and the three year WMAP data. However, the failure of the model to fit the high l points in the three-year WMAP power spectrum is not because the high l data had not settled down, but is rather a failure of the model at high l , that can be seen better by fitting to a combined dataset with both WMAP data and data from the ground-based and balloon-borne experiments that have smaller beam sizes and work better at high l .



The plot above shows this fit: the ΛCDM model in green fits all the data very well, while the QSSC model in orange fits rather poorly. There is a difference in χ^2 of 516.3 between the two models, which both have 6 free parameters. Narlikar *et al.* chose the CMB angular power spectrum as the one and only plot in their paper, but their model does not fit the WMAP three year data nor does it fit the CBI and ACBAR data that were already published. It is very clear that the QSSC CMB angular power spectrum model proposed by Narlikar *et al.* does not fit the CMB data.

Cosmologie ekpyrotique contre inflation : le match continue !

Par Laurent Sacco, [Futura-Sciences](#)

C'est à nouveau l'affrontement entre les tenants de la théorie de l'inflation et les théoriciens ayant proposé, il y a six ans, un modèle cosmologique basé sur la [théorie M](#) : le modèle ekpyrotique. D'après les chercheurs, leur modèle permet enfin de reproduire les observations de WMap sur le rayonnement de fond de l'Univers. Mais Andrei Linde, l'un des pères de la théorie de l'inflation n'est pas d'accord...

Zoom sur un quasar à l'aube de l'Univers

Par Laurent Sacco, [Futura-Sciences](#)

Baptisé J1427+3312, il est le plus ancien [quasar](#) connu. Les astronomes l'observent aujourd'hui tel qu'il était lorsque l'Univers n'était âgé que de 900 millions d'années environ. Le puissant réseau de [radiotélescopes](#) européen, EVN, vient d'en délivrer une image détaillée.

Selon la théorie, et les observations l'appuient fortement, les quasars sont des [trous noirs](#) extrêmement massifs en rotation et accréant de la matière. Ils sont à l'origine des [noyaux actifs de galaxies](#) et leur nombre était bien plus élevé au début de l'histoire de l'Univers. Ce sont de puissantes sources d'ondes radio et ils émettent aussi très fortement dans le domaine optique, de sorte qu'ils sont de formidables phares pour sonder les confins de l'Univers.

Le quasar J1427+3312 est particulièrement intéressant car, avec son décalage spectral vers le rouge de 6,12, il est situé très loin de notre [Galaxie](#). Tel que nous le voyons, il appartient à notre Univers âgé d'environ 900 millions d'années seulement, c'est-à-dire 12,8 milliards d'années dans le passé. Ainsi, il se situe juste quelques centaines de millions après la fin des [âges sombres](#), quand les premières [étoiles](#), et peut-être aussi les premiers quasars, ont émis suffisamment de lumière pour réioniser une partie du cosmos.

Une observation possible depuis quelques années seulement

C'est donc une cible de choix pour utiliser le réseau de radiotélescopes du [Joint Institute for Very Long Baseline Interferometry](#) (Jive) fonctionnant par synthèse d'ouverture [interférométrique](#). Au total, ce sont 10 instruments qui ont été mis à contribution pour obtenir une image à haute résolution de J1427+3312 dans le domaine des ondes radio. Parmi eux, on trouve le *Westerbork Synthesis Radio Telescope* en Hollande, et même des radiotélescopes en Chine et en Afrique du Sud, tous travaillant à des longueurs d'onde d'environ 18 cm.

Des cordes cosmiques peut-être visibles dans le rayonnement fossile

Par Laurent Sacco, [Futura-Sciences](#)

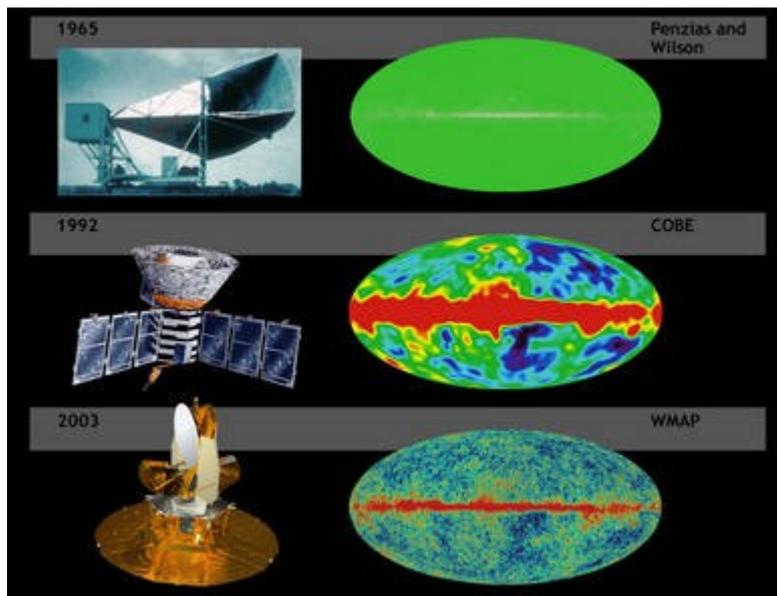
Une nouvelle analyse des observations de [WMAP](#), confrontée à une nouvelle simulation numérique, indique que l'Univers contient peut-être des cordes cosmiques. Celles-ci auraient en partie été à l'origine de la formation des [galaxies](#).

La théorie des cordes cosmiques est à la croisée des domaines de la physique des particules élémentaires et de la cosmologie. Dans le cadre des modèles de Grande Unification (GUT), Kibble a calculé à la fin des années 1970 que lors d'une phase très primitive du refroidissement de l'Univers, les champs de Higgs présents dans cette théorie auraient pu produire des structures filamenteuses particulières, mais transitoires, pouvant s'étendre sur des milliards d'années-lumière.

Ces cordes sont aussi fines qu'un proton mais extrêmement denses : un morceau de de 1,6 kilomètre de longueur pèserait autant que la [Terre](#). Ces structures avaient été proposées comme germes de surdensité capables de provoquer l'effondrement d'immenses nuages de matière, ce qui expliquerait la formation des galaxies et leur rassemblement sous forme de filaments d'[amas de galaxies](#).

Au début des années 1990, les mesures du [rayonnement cosmologique](#) fossile (le [CMB](#)) par le satellite Cobe, allaient mettre fortement à mal cette théorie qui, plus généralement, prédisait, à partir des champs de Higgs des GUT, des [défauts topologiques](#), non seulement sous forme de cordes, mais aussi de particules, des monopôles ou des parois de domaines, analogues à celles se produisant dans les matériaux ferromagnétiques sous la température de Curie. Il existe une autre classe d'objets du même genre, que l'on appelle [des textures](#).

En effet, la présence de cordes pour expliquer complètement la formation des galaxies et des grandes structures avec amas, impliquait une signature particulière dans le rayonnement fossile que ni Cobe ni plus tard WMAP ne confirmèrent, bien au contraire.



Les observations du rayonnement de fond de 1965 à 2003, le gain en détails est frappant.

Crédit : [Nasa](#)

La renaissance des cordes cosmiques

Toutefois, au cours des années qui suivirent, on comprit que la présence partielle de cordes cosmiques n'était pas incompatible avec les observations de Cobe et WMap, et qu'en plus, des calculs plus précis de la désintégration des cordes cosmiques, impliquant par exemple la production de photons et pas seulement d'ondes gravitationnelles, [ouvraient à nouveau de larges perspectives pour leur rôle dans l'Univers](#).

C'est pourquoi la question a été réexaminée récemment par Neil Bevis, et ses collègues de l'Université de Sussex, et [Martin Kunz](#) de l'Université de Genève.

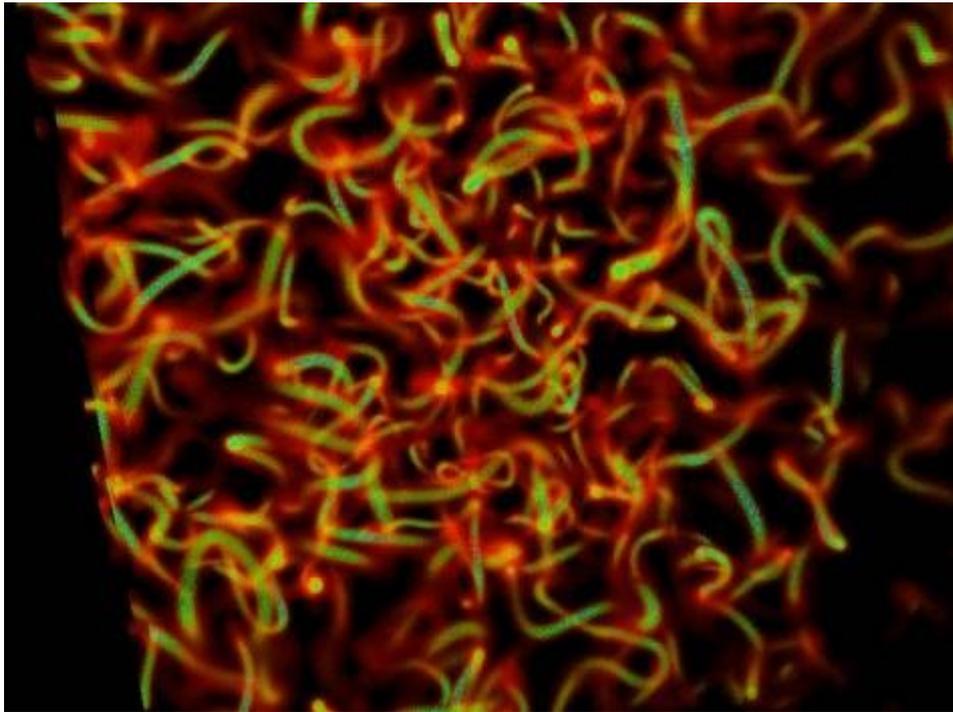
Actuellement, la théorie la plus communément admise pour expliquer les fluctuations de densité à l'origine des galaxies, et que l'on voit dans le rayonnement fossile, est celle de l'inflation. WMap II a particulièrement renforcé sa crédibilité, sans toutefois en apporter une démonstration. Le « *smoking gun* », comme le disent les anglo-saxons, serait la détection des modes B dans la polarisation des photons du CMB, une tâche dévolue au [satellite Planck](#) de l'[Esa](#).

Rappelons que lors de l'inflation, consistant en une période très brève d'expansion ultra-rapide de l'Univers, des fluctuations quantiques ayant conduit à des perturbations de la métrique de l'espace-temps auraient été rendues classiques et fortement amplifiées. Ce serait alors les fluctuations de densité de matière résultantes qui auraient été à l'origine des galaxies, via la présence de matière noire.

En combinant les deux mécanismes, inflation et présence partielle de cordes cosmiques, les chercheurs se sont aperçus qu'ils obtenaient un accord légèrement meilleur avec les observations de WMap. Environ 11 % des fluctuations du CMB observées proviendraient des cordes cosmiques.

Cela ne constitue pas encore une preuve de la présence de cordes cosmiques, mais cela donne à penser. Si ces résultats se confirmaient, cela pourrait être une révolution à plus d'un titre. En effet, si les cordes cosmiques issues des GUT ne sont pas des cordes de la [théorie des supercordes](#), il existe dans cette théorie [des modèles basés sur l'inflation](#) qui produisent aussi des structures en forme de cordes macroscopiques à partir des cordes quantiques microscopiques. La simulation effectuée à ce jour ne repose que sur des GUT, on ne peut donc pour le moment rien dire avec elle sur la théorie des cordes mais [cela pourrait changer dans un avenir proche](#).

 [Commenter cette news ou lire les commentaires](#) >>



Une simulation de cordes cosmiques. Crédit : Julian Borrill, NERSC

Au moins un demi-million de lentilles gravitationnelles dans l'Univers visible !

Thierry Botti / OAMP

Une équipe internationale d'astronomes, conduite par un chercheur du CNRS et une astronome de l'Université d'Heidelberg, a découvert à partir d'images du [téléscope Hubble](#) un large échantillon de lentilles fortes (arcs gravitationnels et images multiples) : pas moins de 67, repérées

La matière noire peut s'étendre sur 270 millions d'années-lumière !

Par Laurent Sacco, [Futura-Sciences](#)

Une équipe internationale d'astronomes d'instituts français et canadiens a analysé les images Megacam du grand relevé « *Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey* » (CFHTLS). Les résultats obtenus sont en plein accord avec le modèle cosmologique dit de concordance, avec [énergie noire](#) et matière noire. Cette dernière peut même constituer des structures deux mille fois plus grandes que la Voie Lactée !

Nouvel éclairage sur l'énergie sombre

Par Jean Etienne, [Futura-Sciences](#)

L'accélération de l'expansion de l'univers observable est l'une des découvertes les plus inattendues de ces dernières années. Aucun indice n'existe actuellement sur la nature de l'énergie qui en est la cause, baptisée par défaut *énergie sombre*. Une collaboration internationale formée de 51 chercheurs pourrait résoudre – au moins partiellement – cette énigme.

Les scientifiques ont ainsi mis à contribution l'instrument [Vimos](#) (*VI*sible *M*ulti-*O*bject *S*pectrograph) installé au foyer de Melipal, l'un des quatre télescopes de 8,40 mètres qui forment le VLT de l'[ESO](#) (Observatoire européen austral), afin de mesurer précisément la vitesse et la position de 13.000 galaxies situées à environ 7 milliards d'années-lumière sur une zone de notre voûte céleste de 4 degrés carrés, soit environ 20 fois la taille de la pleine Lune, ce qui représente aussi un volume de 25 millions d'années-lumière cubes.

« En mesurant les vitesses apparentes de nombreuses galaxies au cours des trente dernières années, les astronomes ont pu reconstruire une carte tridimensionnelle de leur distribution dans l'univers et faire ressortir certains excédents de population dans certaines zones, qui s'assemblent en longues structures filamenteuses, explique [Olivier Le Fèvre](#), membre de l'équipe. Mais les vitesses mesurées contiennent également des informations sur les mouvements relatifs des galaxies, car celles-ci introduisent de petites mais significatives

déformations dans les modèles théoriques. Nous avons réussi à prouver que la mesure de ces déformations à différentes époques de l'histoire de l'Univers offre la possibilité de déterminer certaines des caractéristiques de l'énergie sombre. »

Selon le chercheur, les observations en cours devraient permettre de dégager une théorie arrivant à expliquer l'accélération de l'expansion de l'Univers, qui ne peut se concevoir actuellement sans faire appel à de nouvelles hypothèses venant modifier les lois fondamentales de la physique. Parmi elles, on peut envisager :

- Une mystérieuse énergie sombre remplit la totalité de l'Univers, et fournit une force répulsive qui compense la force d'attraction et le freinage gravitationnel qui, sans elle, ramènerait à terme la totalité de la matière en un point, "bouclant la boucle" avec le Big bang.
- D'autres dimensions actuellement inconnues doivent être ajoutées à l'Univers connu, avec pour effet de modifier la théorie de la gravitation et de l'accorder avec l'observation.