



SAF-Commission de COSMOLOGIE

Réunion du 19 Novembre 2016










LE CALENDRIER

L'Univers est-il né du hasard dans le cadre des <u>conférences du Palais de la Découverte</u>	Palais de la Découverte Av F Roosevelt Paris 8 	Aurélien Barrau prof. à l'université Joseph-Fourrier de Grenoble, chercheur au labo de physique subatomique et de cosmo du CNRS	Mercredi 30 Nov 19H00 salle des conférences entrée libre
<u>Au-delà de la théorie de la relativité générale...</u>	Centre Pompidou 1 rue Beaubourg Paris 4	Aurélien Barrau, Univ. J. Fourier de Grenoble, Elie During, philosophe, Institut universitaire de France	Lundi 5 Décembre 19H Bibliothèque du centre Pompidou. entrée libre animée par L. Sacco
Les Lumières et les ombres de la science — entre obscurantisme et aveuglement . dans le cadres des <u>confs publiques IAP</u>	IAP, 98 bis Boulevard Arago 75014 Paris - M° St Jacques ou Denfert-Rochereau	Jean-Marc Lévy-Leblond (Professeur émérite de l'université de Nice)	Mardi 6 Décembre. 19H30 entrée libre Exceptionnelt à Amphi Farabeuf 15 rue de l'école de médecine Paris 5 il faut réserver <u>par Internet</u>
Quel destin l'Univers réserve-t-il à l'Humanité?	Société Astronomique de Montgeron (SAM) 	Jacques Fric Président de la SAM	Salle polyvalente Le Nouzet 115 rue de Corbeil entrée libre





la détection des Ondes Gravitationnelles dans le cadre des conférences CIS	TELECOM PARIS TECH 46 rue Barrault -75013 PARIS,	Luc Blanchet IAP	Lundi 12 Dec. 19H30 participation 5€ pour les non adhérents Amphithéâtre RUBIS
Star Wars entre mythe et réalité dans le cadre des mardis de l'espace du CNES	Café du Pont-Neuf - 14, quai du Louvre, Paris 1er - M° Pont-Neuf	Roland Lehoucq CEA, Elisa Cliquet CNES ... Anim P de Brem	Mardi 13 Déc. de 19h30 à 21h30 entrée libre avec consommations
La grande épopée de l'étude des atmosphères stellaires en France de 1930 à nos jours... dans le cadre des séminaires de l'histoire de l'astronomie	Observatoire de Paris 77, Avenue Denfert Rochereau 75014 Paris	Colloque en l'honneur de Jean-Claude Pecker Avec la participation de plusieurs collègues et collaborateurs	Mercredi 14 Dec. 14H00 Exceptionnellement Amphi H Mineur (IAP) entrée libre sur inscription par Internet
Les exoplanètes sont-elles nombreuses dans la Voie Lactée ? Le point sur les dernières analyses statistiques. dans le cadre des conférences mensuelles de la SAF	AgroParisTech 16 rue C Bernard Paris 5 amphi Tisserant <i>réservation à partir du 10 Nov.</i>	Arnaud Cassan Astrophysicien, IAP, Maître de conférence UPMC	Mercredi 14 Dec. 19H00 entrée libre (attention contrôle d'identité) inscription obligatoire par Internet ou tel SAF : 01 42 24 13 74
Ernest Esclangon (1876-1954) : des débuts prometteurs à une carrière brillante . dans le cadre des séminaires de l'histoire de l'astronomie	Observatoire de Paris 77, Avenue Denfert Rochereau 75014 Paris	Jérôme de La Noë Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers	Mercredi 14 Dec. 14H00 salle de l'atelier (attention petite salle) entrée libre sur inscription par Internet



Le pays qu'habitait Albert Einstein.. dans le cadre des <u>conférences mensuelles de la SAF</u>	AgroParisTech 16 rue C Bernard Paris 5 amphi Tisserant rés. à partir du 15 Dec 09H00.	Etienne Klein Philosophe et Physicien CEA Directeur du LARSIM	Mercredi 11 Janv. 19H00 entrée libre (attention contrôle d'identité) inscription obligatoire par <u>Internet</u> ou tel SAF : 01 42 24 13 74
Commission de cosmologie de la SAF : sujet en cours d'élaboration	SAF 3 rue Beethoven Paris 16	à déterminer	Samedi 14 Janv. 15H00 entrée réservée aux membres de la commission et à leurs invités
Le rôle de l'eau dans le système solaire et dans l'Univers dans le cadre des conférences publiques de VEGA	Théâtre R Manuel Château de Plaisir rue de la Brétechelle 78370 Plaisir 	Thérèse Encrenaz astrophysicienne Obs de Paris (LESIA)	Samedi 28 Janvier 20H30 entrée libre <u>renseignements.</u>



LES CONFS DE LA SAF

<p>14 Décembre 19H00 à AgroParisTech</p>	<p>Arnaud Cassan Astrophysicien, IAP, Maître de conférence UPMC</p>	<p>Les exoplanètes sont-elles nombreuses dans la Voie Lactée ? Le point sur les dernières analyses statistiques. <i>réservation à partir du 10 Nov</i></p>	
<p>11 Janv 2017 19H00 à AgroParisTech</p>	<p>Etienne Klein Philosophe et Physicien CEA Directeur du LARSIM</p>	<p>Le pays qu'habitait Albert Einstein. (priorité de réserv à ceux qui n'avaient pas pu entrer en 2014) <i>réservation à partir du 15 Déc.</i></p>	
<p>8 Février 19H00 à AgroParisTech</p>	<p>Sylvain Bouley astrophysicien GEOPS—Géosciences Paris Sud, IMCCE</p>	<p>Accidents planétaires: des météores aux cratères <i>réservation à partir du 12 Janv</i></p>	
<p>8 Mars 19H00 à AgroParisTech</p>	<p>Marc Chaussidon cosmochimiste Directeur de l'IPGP (Institut de Physique du Globe de Paris).</p>	<p>Chronologie de la formation du système solaire <i>réservation à partir du 9 Février</i></p>	



- 📁 Les dernières conférences et news
- 📁 Elles sont disponibles sur le site de la commission :
<http://www-cosmosaf.iap.fr/>
- et sur www.planetastronomy.com
- 📁 Les conférences mensuelles sont maintenant filmées en vidéo et disponibles sur Internet.

📅 La SAF organise tous les ans :

📅 Des cours de cosmologie donnés par **Jacques Fric** vice

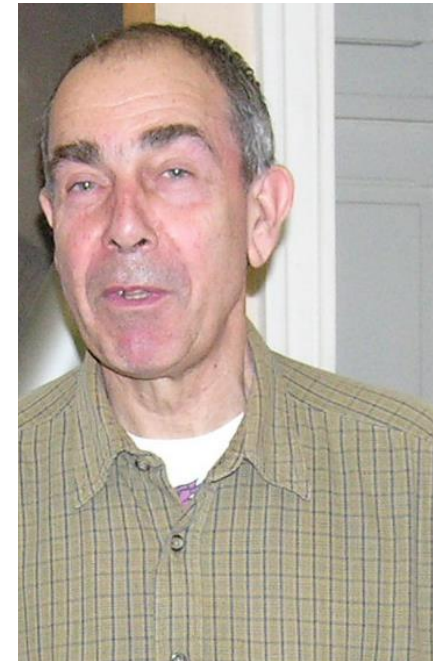
les **Mardis de 18H00 à 19H30** au siège rue Beethoven
voici le programme : les cours vont reprendre nouveau
programme 2016/2017

Le 10 janvier: **L'équation d'Einstein**. Sa nécessité, son
établissement laborieux, les difficultés conceptuelles auxquelles
Einstein s'est heurté, son interprétation. Cela sera précédé par
quelques rappels sur les outils mathématiques utilisés (tenseurs)

Le 17 janvier: **La cosmologie relativiste**, Einstein et la constante
cosmologique, les premières solutions, Friedmann, Lemaître. La
résolution mathématique moderne, métrique de Robertson-
Walker, l'équation de Friedmann-Lemaître. .

Le 24 janvier: **Les différents types d'univers selon les
paramètres**. Détermination de ces paramètres par les
observations. L'inflation, le modèle standard, diverses
interprétations.

Le 31 Janvier : **Solution cosmologique versus Trou noir (ou blanc)**.
Convergences et différences. La proposition de Lemaître.
Analogie thermodynamique du trou noir, rayonnement de
Hawking.





La dernière réunion



En résumé...

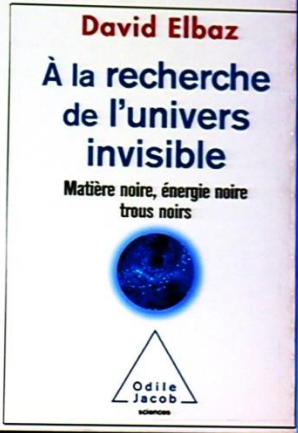
Une révolution est en marche et nous en sommes les témoins directs...

...matière noire, énergie noire
→ nouvelle physique ? cinquième élément ?
ou signes de notre ignorance...

Gravité ≠ « interaction fondamentale » ?
Propriété « émergente » ?
→ implications sur notre compréhension
de l'espace et du temps...

3^e dimension = illusion
~ mythe de la Caverne de Platon
= Illusion du 4^{ème} type ou maya cosmique

David Elbaz – Habitons-nous un trou noir ?



LES DERNIÈRES CONF SAF

📄 La vie de Johannes Kepler


📄 Par Edgar SOULIÉ







 Le compte rendu est disponible à :

 [http://www.planetastronomy.com/special/
2017-special/12oct/Soulie-SAF.htm](http://www.planetastronomy.com/special/2017-special/12oct/Soulie-SAF.htm)

 Ainsi que le texte du conférencier

La gnomonique arabo-islamique par Éric Mercier



Principe et But de la modélisation

Equ. D=0

36°


37°

The slide contains several diagrams: a perspective drawing of a gnomon on a rectangular base with lines indicating shadow paths; a circular sundial with a ring at the top and a grid of lines; a semi-circular diagram with numbered points (1-18) and colored arrows; and a smaller circular diagram with a 36-degree angle marked.





ACTUALITÉS COSMOLOGIQUES

 Quelques évènements importants ont marqué la période depuis notre dernière réunion, en voici quelques uns.



LES RCE 2016

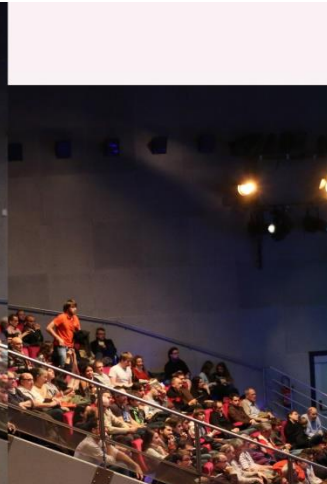






Votre serviteur a œuvré pour la cosmologie : vie et mort des étoiles.





COLLOQUE DE COSMOLOGIE



Astronomie et cosmologie : notre vision de l'Univers et de son destin

11 octobre 2016 à 14h30

Grande salle des séances de
l'Institut de France

23, quai de Conti, 75006 Paris

L'Univers a commencé il y a 13,8 milliards d'années dans une explosion initiale, le Big-Bang, selon le nom que lui a donné par dérision l'astrophysicien britannique Fred Hoyle, dans les années 1950. Le modèle du Big-Bang est aujourd'hui conforté et enrichi par un grand nombre d'observations, que ce soit celles du fonds cosmologique micro-onde, de la nucléosynthèse primordiale des éléments, ou celles de la formation des grandes structures à partir des galaxies primordiales, détectées alors que l'Univers n'avait que 3% de son âge actuel. Depuis 1998, on sait aussi que 70% du contenu de l'Univers est une mystérieuse énergie noire, qui est responsable de l'accélération de son expansion. De nombreuses questions restent en suspens, par exemple : l'Univers provient-il des fluctuations de l'énergie quantique du vide, amplifiées de plusieurs ordres de grandeur par l'inflation ? L'expansion va-t-elle continuer à s'accélérer jusqu'à un grand déchirement de toutes les structures de l'Univers, ou bien y-aura-t-il une autre contraction, et de futurs rebonds ?

- 14:30 Accueil
- 14:35 Le modèle du big bang, un siècle de développements
Jean-Philippe UZAN, Institut d'astrophysique de Paris, Institut Henri Poincaré, Paris
- 15:05 Observations des grandes structures : Laniakea
Hélène COURTOIS, Université Claude Bernard Lyon I, Lyon
- 15:35 Le fond cosmologique et contraintes sur les modèles d'Univers
Jean-Loup PUGET, Académie des sciences, Institut d'astrophysique spatiale, Orsay
- 16:05 Les traces de l'Énergie noire dans la structure à grande échelle de l'Univers
Pier-Stefano CORASANITI, Observatoire de Paris, Meudon
- 16:35 Modèles d'Univers, inflation, rebonds
Patrick PETER, Institut d'astrophysique de Paris, Paris
- 17:05 Discussion générale
- 17:45 Clôture du colloque



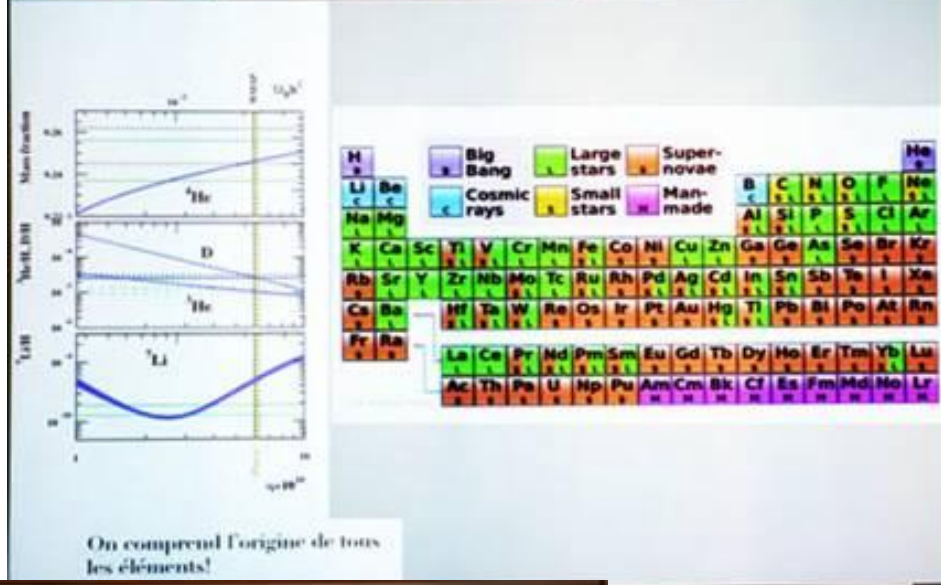
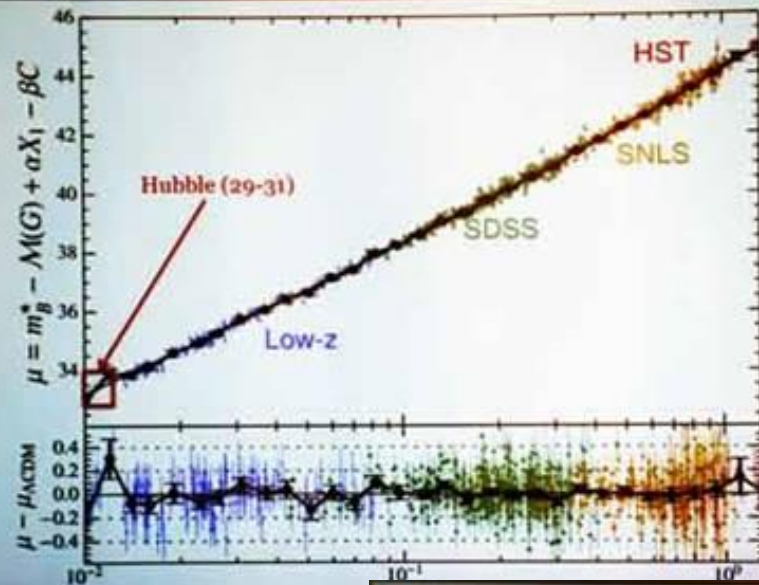
COLLOQUE ACADEMIE DES SCIENCES
COSMOLOGIE 11 OCTOBRE 2016 PARIS

1-LE MODÈLE DU BIG BANG, UN SIÈCLE DE DÉVELOPPEMENTS PAR JEAN PHILIPPE UZAN IAP ET IHP.

Particularités de la cosmologie :

- Nous n'avons qu'un seul univers observable
- Reconstruire l'histoire passée de l'Univers et trouver les conditions initiales
- En déduire l'histoire la plus probable





On comprend l'origine de tous les éléments!

Bilan

Modèle minimal avec 6 paramètres:

- densité de CDM, baryons, radiation : 2
- constante cosmologique 1 2
- courbure de l'espace 1

- spectre initial: amplitude et indice spectral 2
- ondes gravitationnelles primordiales primordiales 2

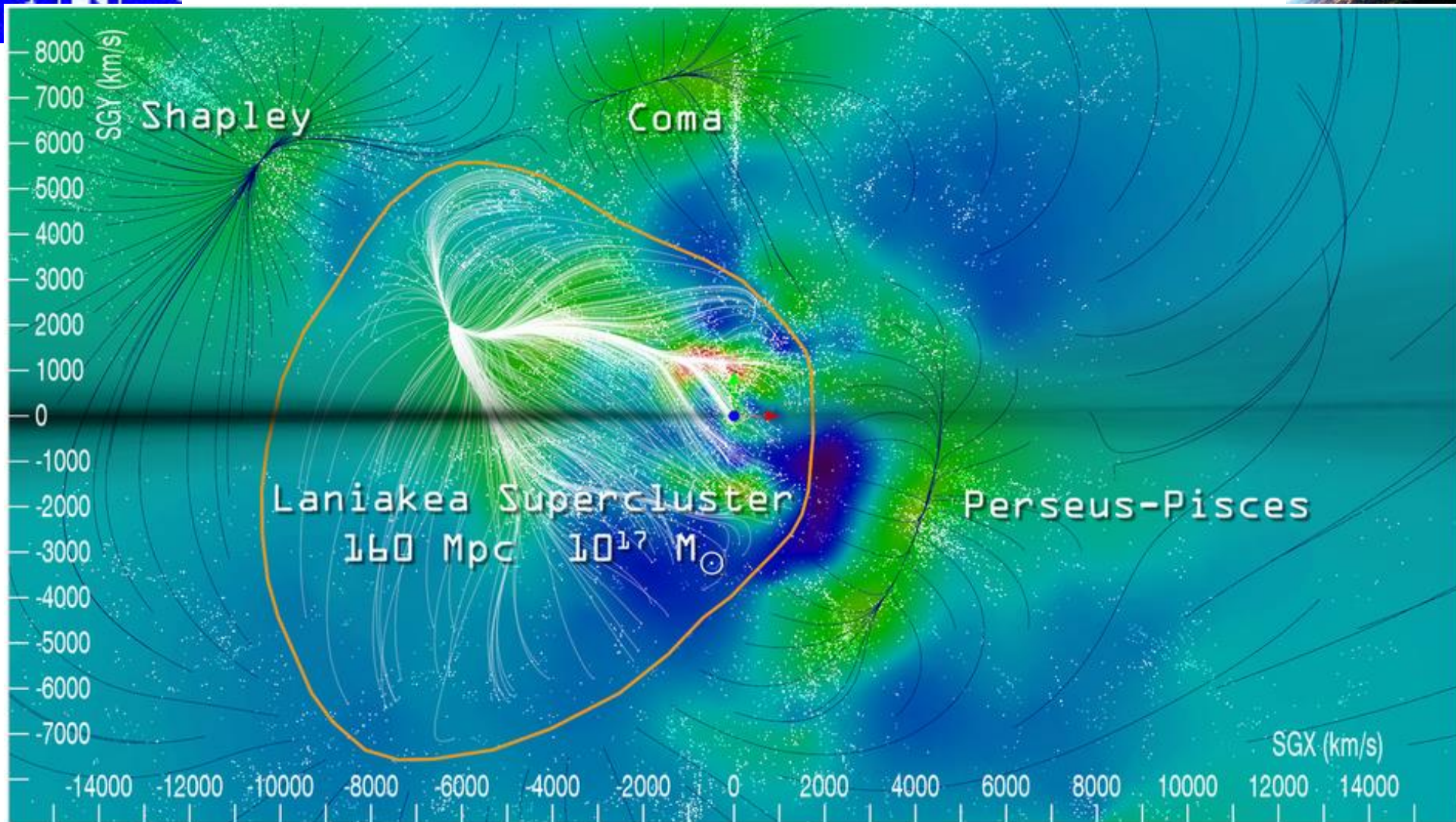
- paramètre de Hubble 1

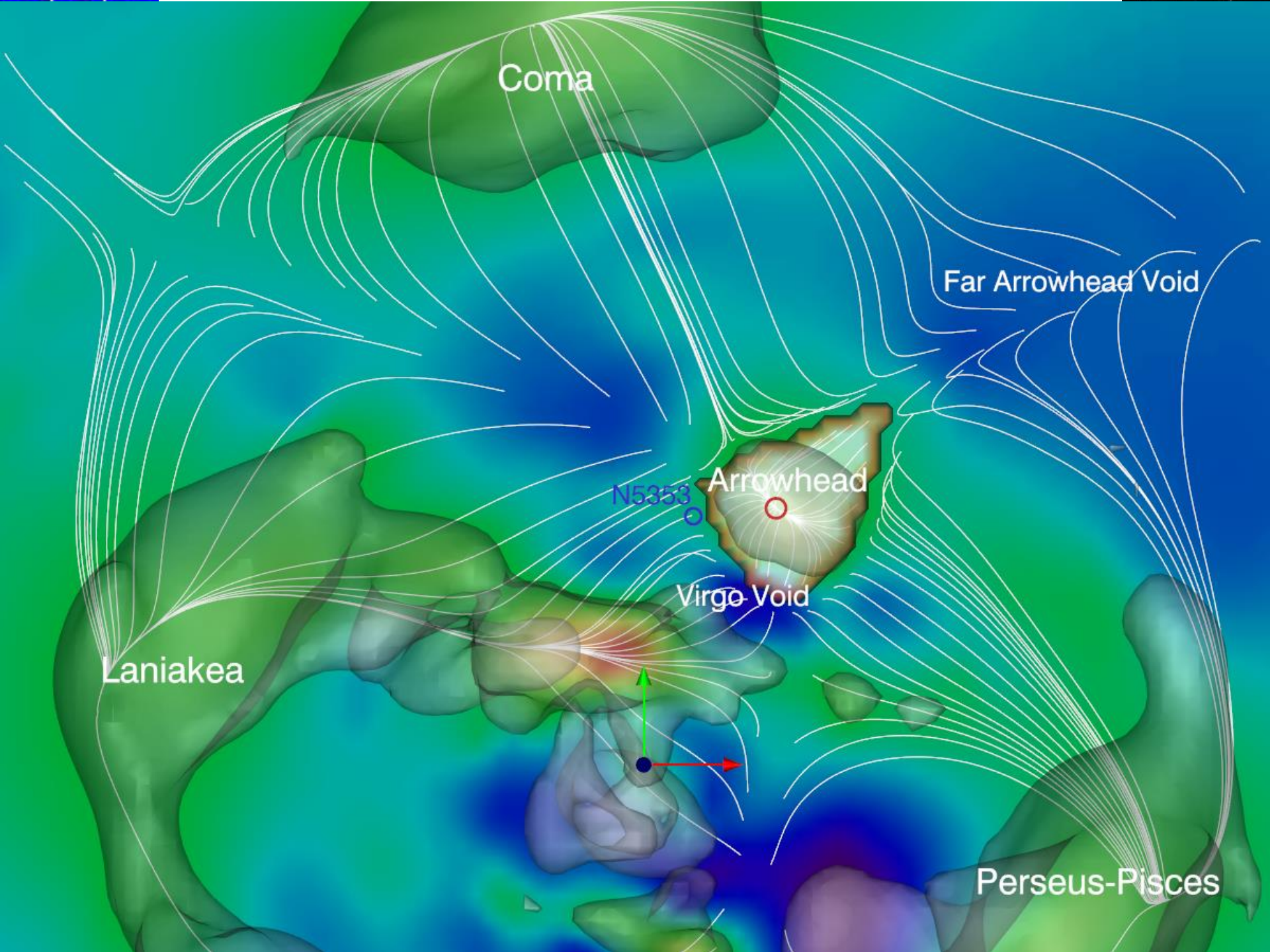
Parameter	[1] Planck TT+lowP	[2] Planck TE+lowP	[3] Planck EE+lowP	[4] Planck TT,TE,EE+lowP
$\Omega_b h^2$	0.02222 ± 0.00023	0.02228 ± 0.00025	0.0240 ± 0.0013	0.02225 ± 0.00016
$\Omega_c h^2$	0.1197 ± 0.0022	0.1187 ± 0.0021	$0.1150^{+0.0049}_{-0.0051}$	0.1198 ± 0.0015
$100\theta_{MC}$	1.04085 ± 0.00047	1.04094 ± 0.00051	1.03988 ± 0.00094	1.04077 ± 0.00032
τ	0.078 ± 0.019	0.053 ± 0.019	$0.059^{+0.022}_{-0.018}$	0.079 ± 0.017
$\ln(10^{10} A_s)$	3.089 ± 0.036	3.031 ± 0.041	$3.066^{+0.048}_{-0.051}$	3.094 ± 0.034
n_s	0.9655 ± 0.0062	0.965 ± 0.012	0.973 ± 0.016	0.9645 ± 0.0049
H_0	67.31 ± 0.96	67.73 ± 0.92	70.2 ± 3.0	67.27 ± 0.66
Ω_m	0.315 ± 0.013	0.300 ± 0.012	$0.286^{+0.027}_{-0.028}$	0.3156 ± 0.0091
σ_8	0.829 ± 0.014	0.802 ± 0.018	0.796 ± 0.024	0.831 ± 0.013
$10^9 A_s h^{-2}$	1.880 ± 0.014	1.865 ± 0.019	1.907 ± 0.027	1.882 ± 0.012

2-OBSERVATIONS DES GRANDES STRUCTURES : LANIAKEA PAR HÉLÈNE COURTOIS UNI CLAUDE BERNARD LYON I

- Il semble bien que notre adresse dans l'Univers ait changé, en effet, si nous appartenons au système solaire et plus largement à la Voie Lactée, notre Galaxie d'accueil, qui elle fait partie d'un amas de galaxies (cluster en anglais), l'amas de la Vierge ; tout cet ensemble appartiendrait à un super amas énorme baptisé Laniakea.
- Ils ont trouvé la taille de ce super amas : 500 millions d'années lumière (notre Galaxie ne fait « que » 100.000 années lumière de diamètre) ! Énorme surprise ! 100.000 galaxies comme la notre et un million de galaxies plus petites
- Il semble bien que toutes ces galaxies soient entraînées dans un vaste mouvement du style évacuation d'eau, (on vide la baignoire !) vers ce point d'attraction, alors que, pour reprendre l'analogie, la baignoire devient de plus en plus grande à cause de l'expansion de l'Univers. C'est un « fleuve » de galaxies qui est entraîné vers ce Grand attracteur. Notre Univers est vraiment dynamique.







3-LE FOND COSMOLOGIQUE ET CONTRAINTES SUR LES MODÈLES D'UNIVERS PAR JL PUGET AC. DES SC., IAS, ORSAY

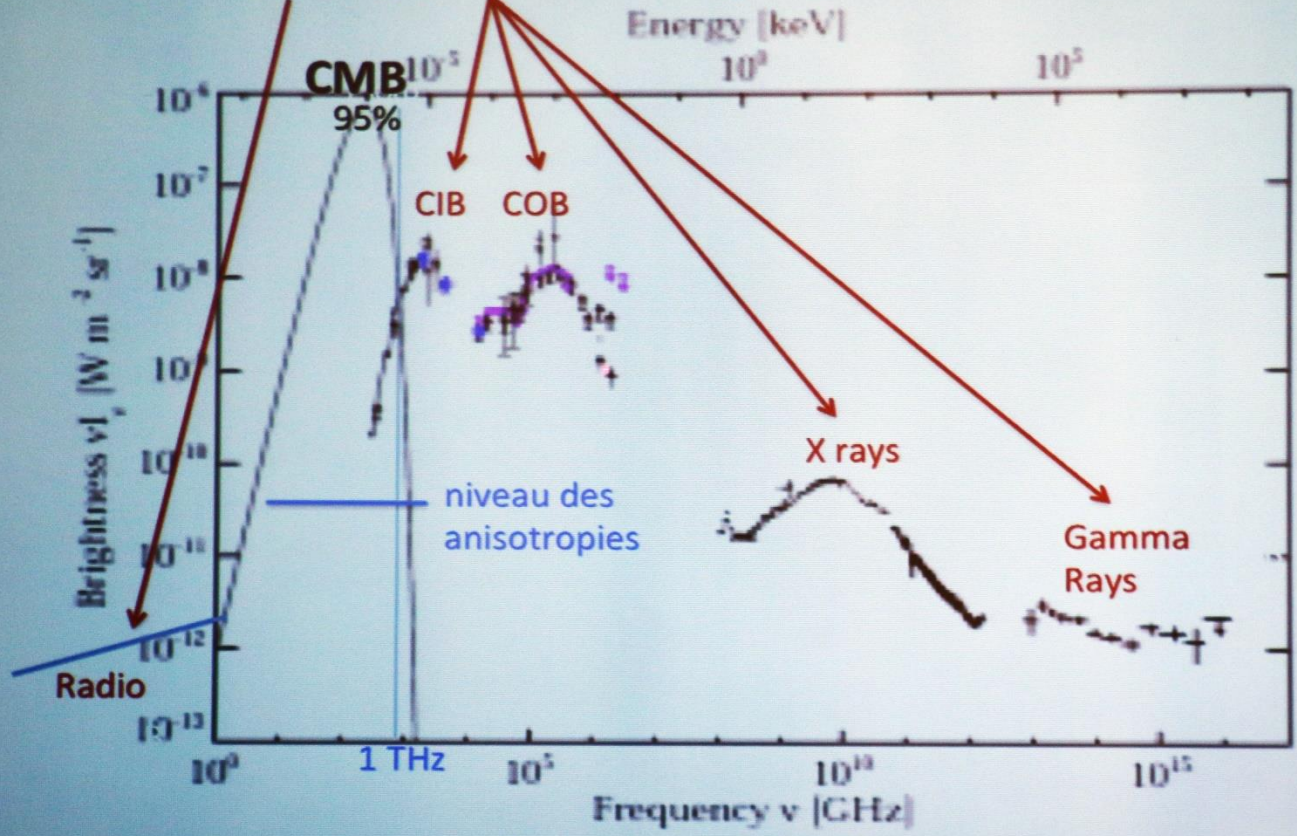
- Les observations du fonds cosmologique (CMB, prédit par Gamow comme déjà dit) de grande précision effectuées par la mission Planck ont permis de déterminer presque tous les paramètres du modèle cosmologique au niveau du pourcent.
- La température de l'Univers à cette époque a été très précisément déterminée : $2,7255\text{K} \pm 0,0006\text{K}$
- On a pu en déduire le contenu en radiation électromagnétique de l'Univers comme on le voit sur le graphique ci-contre.
- Ce sont toutes les fréquences qui nous viennent de l'extérieur de notre Voie Lactée.
- On remarque que le CMB contient 95% de toute l'énergie que l'on reçoit !





Le contenu en radiation électromagnétique de l'univers

Le fond cosmologique de toutes les galaxies et quasars (5%)



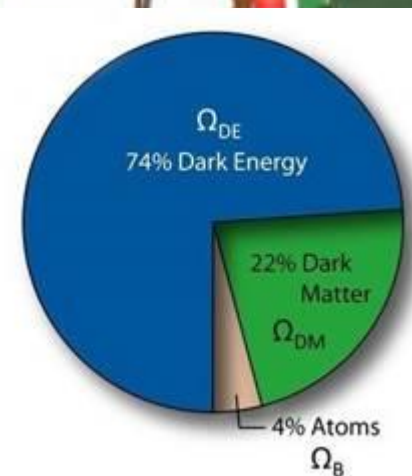
14/10/2016

Jean-Loup Puget Académie des Sciences
Observations du fond cosmologique

H. Dale

4-LES TRACES DE L'ÉNERGIE NOIRE DANS LA STRUCTURE À GRANDE ÉCHELLE DE L'UNIVERS PAR PS CORASANITI ObsP

- Ses activités de recherche portent sur les modèles d'énergie noire et la formation des structures cosmiques.
- La matière baryonique qui nous compose ne correspond en fait qu'à quelques % de l'Univers ; le reste est invisible à nos yeux et en grande partie inconnu.
- C'est la mesure des SN très lointaines (elles étaient plus loin que prévues) qui a permis de montrer que l'expansion de l'Univers accélérerait.



La cause de l'accélération?

Principe Cosmologique

L'univers est
homogène et isotrope

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

$$p_{\Lambda} = -\rho_{\Lambda}$$

Pousse l'expansion cosmique
dans un régime accéléré

Relativité Générale

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

Constante Cosmologique

Equivalent a un fluide exotique
avec pression négative

$$q = -\frac{\ddot{a}a}{\dot{a}^2} = \frac{1}{2}(1 - 3\Omega_{\Lambda})$$

P.S. Corasaniti - Colloque Astronomie et Cosmologie – Académie des sciences – 11 Octobre 2016

- 📖 Dans le modèle standard on a un candidat pour cette énergie noire, c'est la constante cosmologique introduite par Einstein pour des raisons presque philosophiques.
- 📖 Elle correspond à un fluide de pressionnégative.
- 📖 Le vide quantique peut aussi être considéré comme un autre candidat.
- 📖 Toutes les formes d'énergie contribuent à la courbure de l'espace-temps.

- 📁 Des programmes observationnels dans le futur, notamment la mission Euclid devrait améliorer nos connaissances à ce sujet.
- 📁 La mission Euclid doit donc mesurer des effets physiques infimes de l'énergie sombre et de la gravitation sur :
 - 📁. L'histoire de l'expansion,
 - 📁. L'histoire de la formation des structures,
 - 📁 À cet effet il faudra observer l'évolution de la distribution et la structuration tridimensionnelle à grande échelle de :
 - 📁. La matière noire
 - 📁. Des galaxies
- 📁 Depuis aujourd'hui, jusqu'à la période de transition où la matière noire dominait l'énergie sombre

5-MODÈLES D'UNIVERS, INFLATION, REBONDS PAR PATRICK PETER IAP

- Comme il dit, il doit expliquer simplement des choses incompréhensibles ce qui n'est pas évident.....
- Les nombreuses données qui se sont accumulées ces dernières décennies nous permettent de comprendre les premiers instants de l'Univers, ou du moins de classer les modèles les plus pertinents pour les décrire.
- On va s'intéresser à la Relativité Générale dans un cadre simplifié, et en particulier à la métrique (la distance entre deux événements de l'espace-temps). Elle ne va dépendre que du facteur d'échelle, vitesse à laquelle l'Univers est en expansion et d'un facteur K qui vaut 0 ± 1 comme déjà dit plus tôt.
- La matière elle, est décrite par un tenseur énergie-impulsion T .
- Tout ceci permet de raconter l'histoire de l'Univers sur 14 milliards d'années.

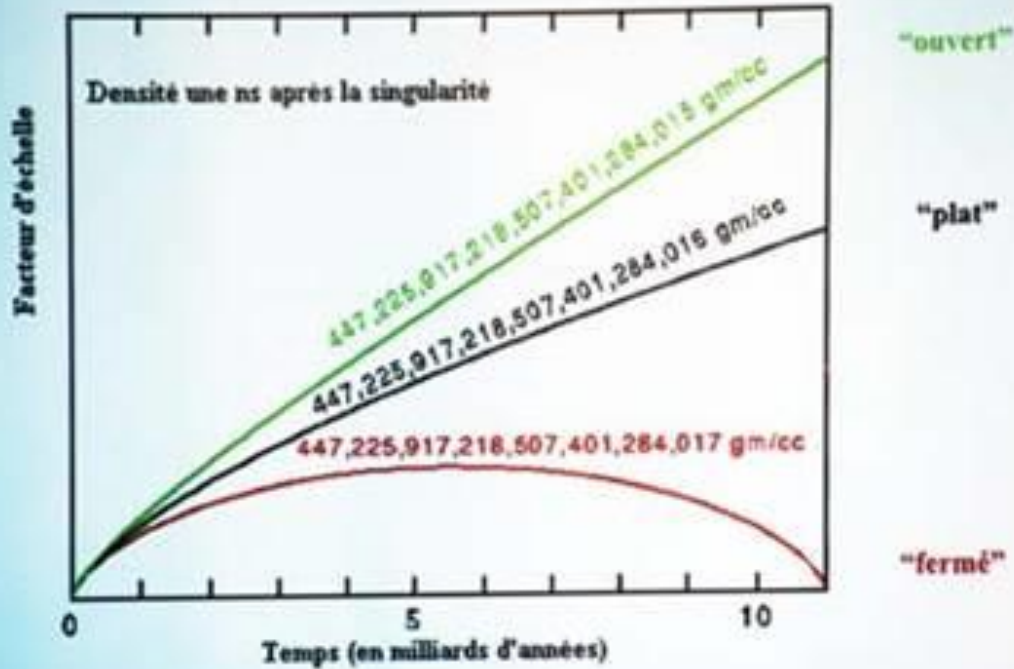




☞ Néanmoins on rencontre quelques problèmes (déjà évoqués) avec la cosmologie standard :

- ☞ · Singularité de l'instant « zéro »
 - ☞ · Horizon (les points du ciel ont tous la même température à 10^{-5} près)
 - ☞ · Platitude (l'Univers serait plat, $K=0$)
 - ☞ · Homogénéités
 - ☞ · Les monopôles
 - ☞ · Perturbations
 - ☞ · Matière noire
 - ☞ · Énergie noire
 - ☞ · Baryogénèse
 - ☞ ·
- ☞ Beaucoup de ces points ont déjà été abordés dans cette commission.

Platitude



Patrick Petit - Modèles d'Univers, inflation, rebonds - Académie des sciences - 11 octobre 2018

- 📖 Pour comprendre la platitude, posons la densité de l'Univers 1ns après le BB. Et on ne change QUE la dernière décimale d'un nombre énorme comme sur le graphique.
- 📖 On passe alors d'un espace plat à un espace ouvert ou fermé suivant cette dernière décimale !!!
- 📖 La précision des données est donc fondamentale.



- 📄 La plupart de ces problèmes sont réglés avec l'apport de l'inflation. Pendant un intervalle extrêmement court (typ 10^{-35} s) l'Univers augmente d'un facteur extraordinairement grand
- 📄 L'inflation permet notamment de régler le problème de l'horizon.
- 📄 La phase d'inflation fait passer l'Univers d'un espace infiniment petit (taille de Planck) à un espace relativement énorme (quelques cm).



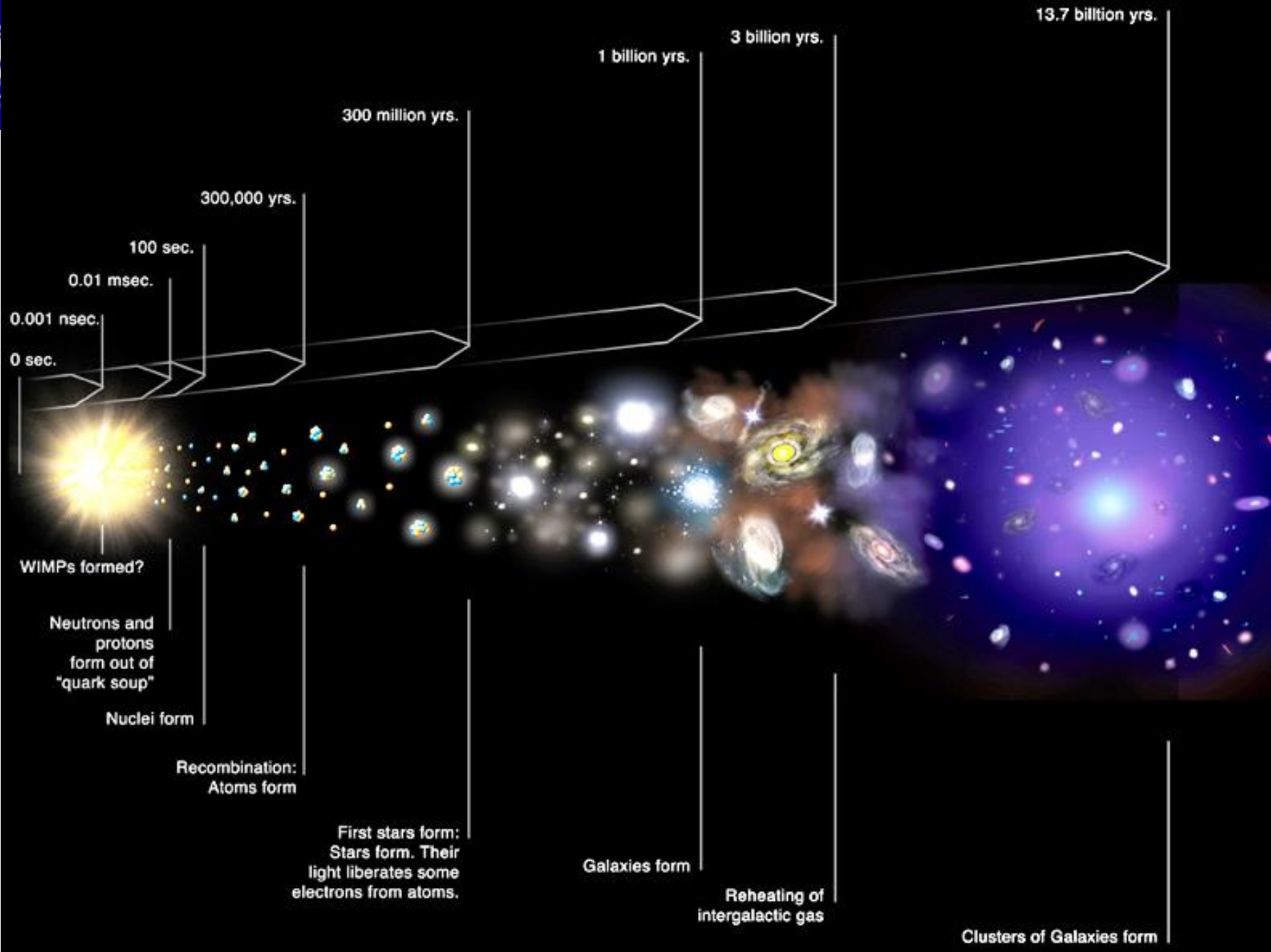
📖 En résumé, l'inflation :

- 📖 · Est compatible avec la Relativité Générale
 - 📖 · Résout les problèmes
 - 📖 · S'implémente correctement dans la théorie des particules.
 - 📖 · Fait des prédictions vérifiables et vérifiées
 - 📖 · Est compatible avec la théorie des cordes.
- 📖 Alors pourquoi proposer un modèle alternatif ?
- 📖 Notamment pour essayer de résoudre le problème de la singularité et de l'entropie.
- 📖 Un modèle alternatif est un modèle basé sur un rebond, il est possible qu'une phase de contraction, suivie d'un rebond, ait eu lieu.

HUBBLE : L'UNIVERS CONTIENDRAIT DIX FOIS PLUS DE GALAXIES QUE CE QUE L'ON PENSAIT

- 📖 Il semble bien que nos évaluations actuelles du nombre de galaxies dans l'Univers observable, ou horizon cosmologique (100 à 200 milliards chacune contenant quelques 100 milliards d'étoiles !) soient fausses d'un facteur au moins 10.
- 📖 C'est ce que vient de révéler une étude publiée dans Nature, d'une équipe internationale menée par le professeur Christopher Conselice, de l'Université de Nottingham basée sur les relevés d'Hubble (notamment le HDF) et d'autres télescopes terrestres.
- 📖 L'Univers compterait en fait plus de 2000 milliards de galaxies. Mais attention, elles peuvent ne plus toutes exister à notre époque, beaucoup ont peut être formé de plus gros amas.

- 📖 L'équipe a construit des images 3D puis extrapolé le nombre de galaxies par tranches d'époques et enfin fait tourner des modèles de mathématiques statistiques pour en arriver à ce résultat. Rappelons que plus les galaxies sont loin et plus leur lumière est faible, en fait avec nos instruments actuels on ne peut voir qu'un dixième des galaxies existantes.
- 📖 Les données indiquent aussi que dans le passé, par exemple il y a 10 milliards d'années, les galaxies étaient 10 fois plus nombreuses par unité de volume qu'aujourd'hui. La densité des galaxies varie comme l'inverse de l'Univers en première approximation.
- 📖 Les données montrent aussi que la majorité des galaxies sont de petite taille, puis qu'elles fusionnent pour devenir plus grosses.



13.7 billion yrs.

3 billion yrs.

1 billion yrs.

300 million yrs.

300,000 yrs.

100 sec.

0.01 msec.

0.001 nsec.

0 sec.

WIMPs formed?

Neutrons and protons form out of "quark soup"

Nuclei form

Recombination: Atoms form

First stars form: Stars form. Their light liberates some electrons from atoms.

Galaxies form

Reheating of intergalactic gas

Clusters of Galaxies form



- 📖 Nous avons le plaisir de vous signaler la parution du nouvel essai intitulé "De l'infini - Horizons cosmiques, multivers et vide quantique", de Jean Pierre Luminet et Marc Lachièze-Rey.
- 📖 Il s'agit en fait de la nouvelle édition d'un ouvrage paru en 2005, révisée et largement augmentée de nouveaux chapitres.
- 📖 Entièrement révisée à la lumière des derniers résultats de la recherche, cette nouvelle édition retrace quelques grandes étapes des « histoires parallèles » de l'infini en cosmologie, en mathématiques et en physique fondamentale.
- 📖 Les notions d'horizon cosmique et d'univers multiples sont abordées.



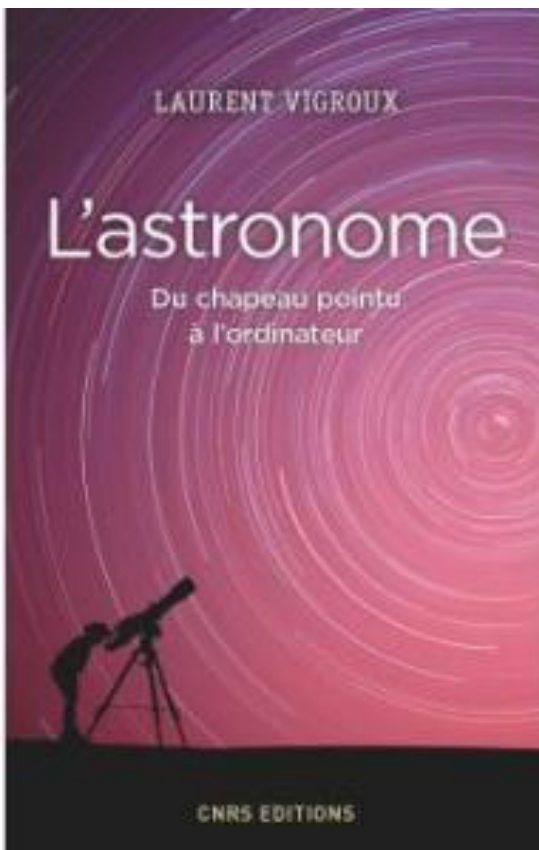
🏠 Hélène Courtois a couru les plus grands télescopes du monde afin de mesurer la lueur de milliers de galaxies et en déduire les distances qui les séparent ainsi que leurs effets gravitationnels.

🏠 Ces données ont ensuite été traitées et analysées, pour obtenir finalement une image en volume du superamas auquel appartient notre Voie lactée, continent extragalactique de 500 millions d'années-lumière de largeur baptisé "Laniakea".



📖 L'ASTRONOME.DU CHAPEAU POINTU À L'ORDINATEUR PAR L .VIGROUX

- 📖 Si l'astronome a pu, longtemps, travailler seul, il a dû apprendre à élargir son champ d'action, à suivre les progrès de la technique, à travailler au sein d'équipes nombreuses sur des projets de grande ampleur.
- 📖 Il a désormais l'œil rivé sur un écran d'ordinateur, et non plus dans un télescope. S'il existe de très nombreuses histoires de l'astronomie, aucune d'entre elle ne s'intéresse à cette discipline en tant que pratique.





📁 Encore une belle réussite de Pour la Science, tout un numéro consacré aux promesses du monde quantique.

📁 Tout ce que vous avez voulu savoir sur la MQ sans jamais avoir osé le demander!




PROCHAINES RÉUNIONS COSMOLOGIE :

 **Samedi 14 Janvier 2017** à 15H00 au siège avec Cédric Deffayet qui s'excuse pour aujourd'hui (problème familial important) le sujet :

"LE GRAVITON PEUT-IL AVOIR UNE MASSE?"

 Les suivantes :

 Samedi 18 Mars 2017

 Merci de proposer des thèmes et conférenciers



L'observatoire de Jaipur Inde



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Cosmic Spheres of Time

