

Conférence sur la cosmologie donnée par David Polarski en
mai 2009 au lycée Joliot Curie de Sète
Diaporama annoté

COSMOLOGIE ?

ETUDE DE L'UNIVERS

TAILLE : MILLIARDS D'ANNÉES-LUMIÈRE!

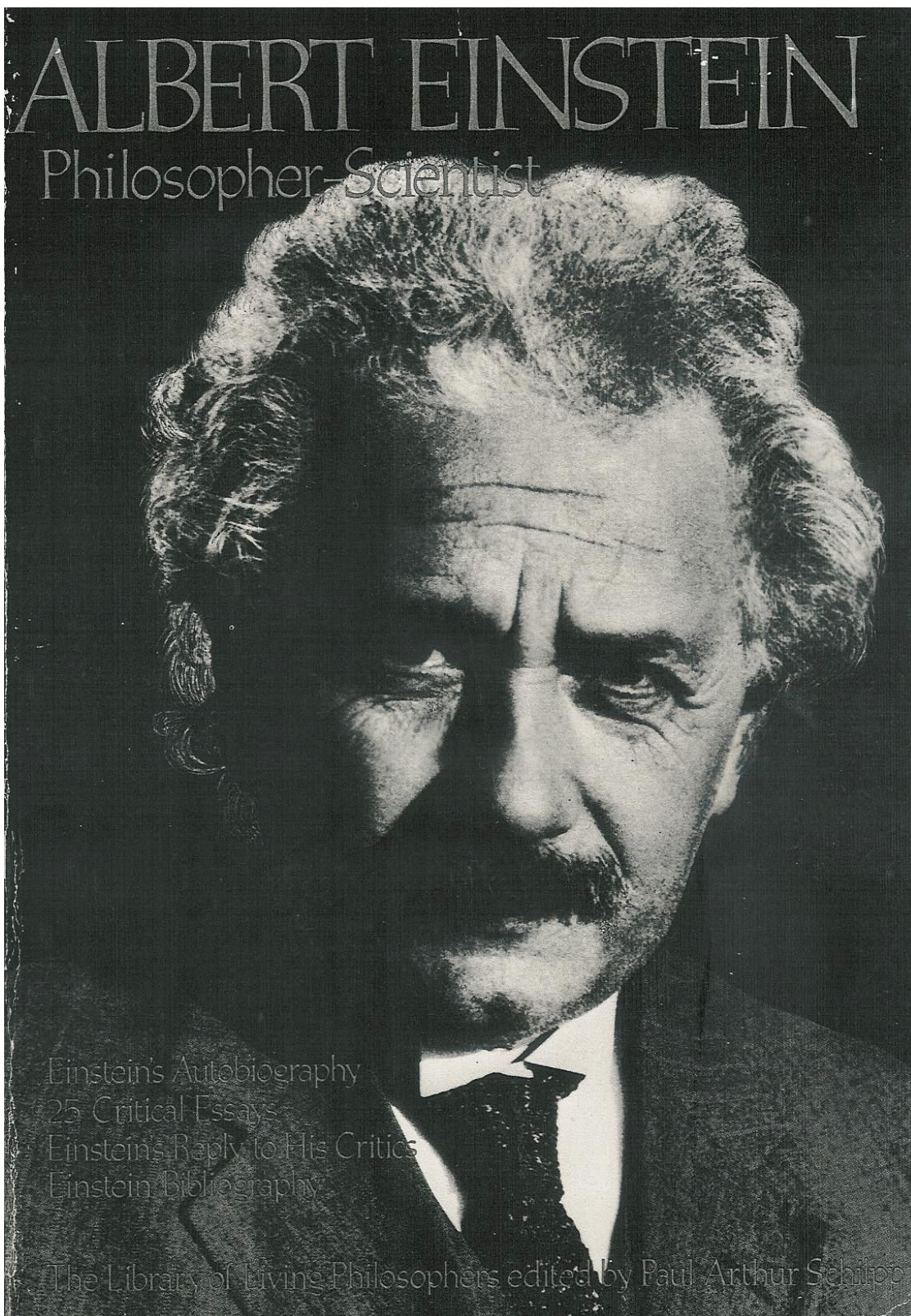
AGE : 14 MILLIARDS D'ANNÉES !

OUTIL THÉORIQUE : RELATIVITÉ GÉNÉRALE

EINSTEIN (1915)

Les échelles en question parlent d'elles-mêmes...

A de telles échelles, c'est la force gravitationnelle qui domine!



Albert
Einstein
a

certainement révolutionné la physique. C'est sa théorie de la gravitation, la Relativité Générale, qui permet de décrire l'univers, en particulier l'expansion de l'univers. Dans le domaine de la cosmologie Einstein n'a pas été un révolutionnaire. Au contraire, il n'aimait pas l'idée d'un univers en expansion, ni même celle d'un univers infini. Pour la petite histoire, il a construit un univers statique fini en introduisant une constante cosmologique. Cette dernière est revenue sur le devant 90 ans plus tard mais dans un tout autre contexte!

COSMOLOGIE "BIG BANG"

UNIVERS EN EXPANSION

AVEC UNE "EXPLOSION" INITIALE

EINSTEIN (1915)

FRIEDMANN (1922)

HUBBLE (1929)

LEMAITRE (1931)

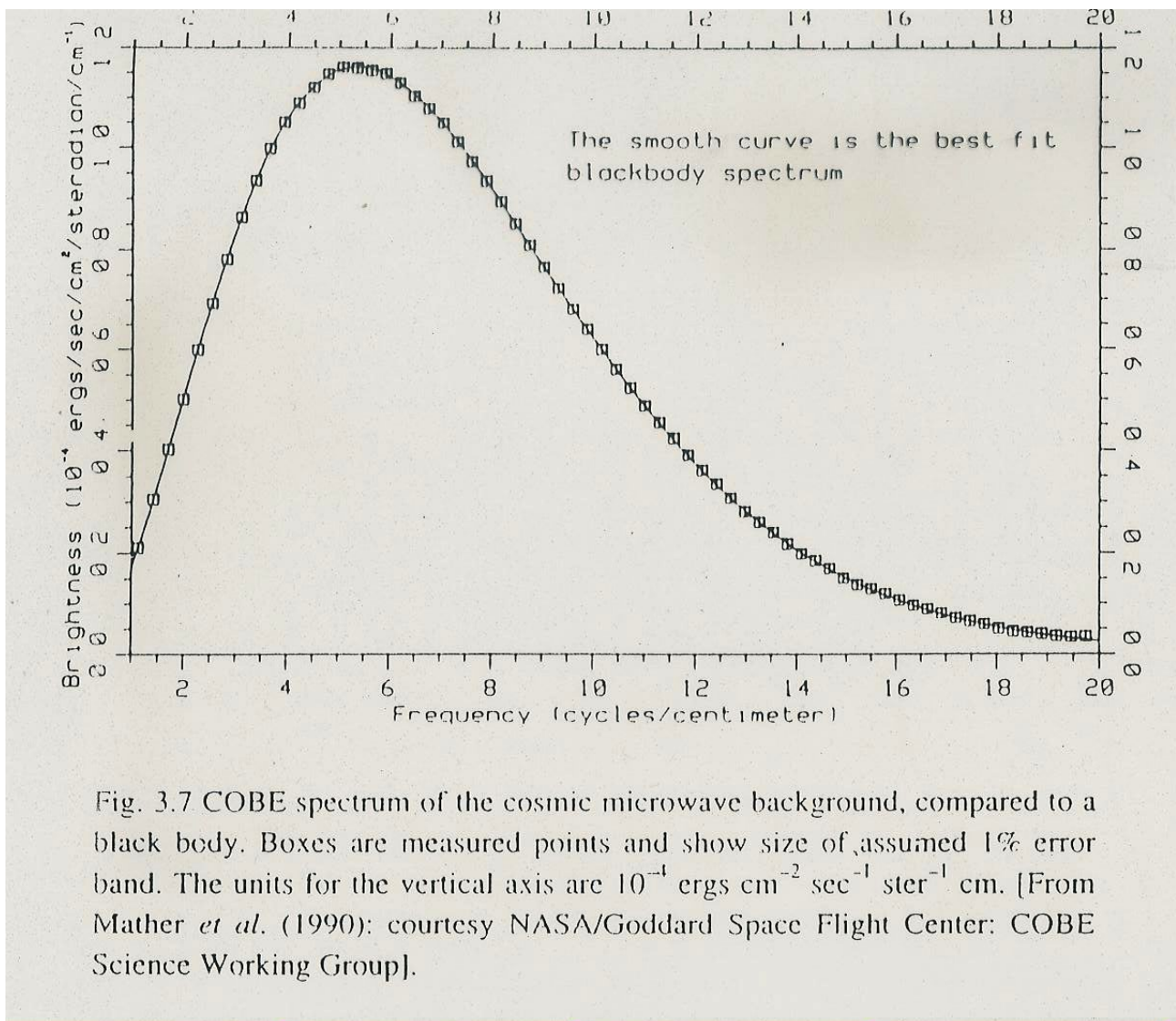
DE SITTER

GAMOW (1949)

PENZIAS - WILSON (1965)

COBE (1989, 1992)

WMAP (2003)



Quelques noms et dates importantes dans l'émergence du paradigme « cosmologie Big-Bang ». Ce concept ne s'est pas du tout imposé d'un coup mais graduellement. A noter que le premier peut-être à comprendre que l'univers partait d'une singularité initiale (densité et température infinies), qu'il a appelé « atome primitif », est un homme d'église, l'abbé Lemaitre!

Une des prédictions du modèle big-bang est l'existence d'une radiation (thermalisée) avec un spectre de corps noir. Il a été découvert en 65 par deux ingénieurs de Bell Labs, Penzias et Wilson. Ils ont vite pris contact avec les cosmologistes de l'université de Princeton qui ont immédiatement compris l'importance et expliqué leur découverte. A ce propos on voit l'importance d'avoir une institution de référence en matière de recherche et d'enseignement supérieur pour valoriser et expliquer une découverte.

Le spectre de corps noir **parfait** a été mesuré en 89.

CHRONOLOGIE

B. B.

- EPOQUE DE PLANCK 10^{-44} s 10^{19} GeV

INFLATION \rightarrow GUT, ... 10^{14} GeV

- CONFINEMENT DES QUARKS 10^{-4} s 100 MeV

- DECOUPLAGE DES ν 'S 10^{-2} s

- $\frac{n}{p} = \exp(-\Delta mc^2/kT^*)$ 1 s 1 MeV
 CHARGED CURRENT REACTIONS DECOUPLE

ANNIHILATION e^+e^- 10 s

$$n_{\nu} = \frac{3}{11} n_{\gamma}$$

$n + p \rightarrow D \dots \rightarrow {}^4\text{He}$ 100 s 0.1 MeV

NUCLEOSYNTHESE PRIMORDIALE

400 s

⋮
 TODAY

$\sim 10^{-17} - 10^{-18}$ s

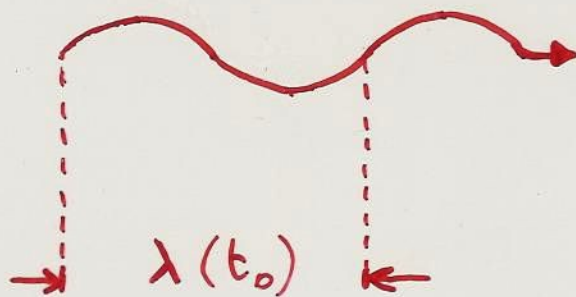
$T_{\gamma} \approx 2 \times 10^{-4}$ eV

Avec l'expansion, la température chute très brutalement et on peut reconstituer les principaux événements ayant lieu aux différentes températures.

$$d(t_0) = \frac{R(t_0)}{R(t_e)} d(t_e)$$



t_e

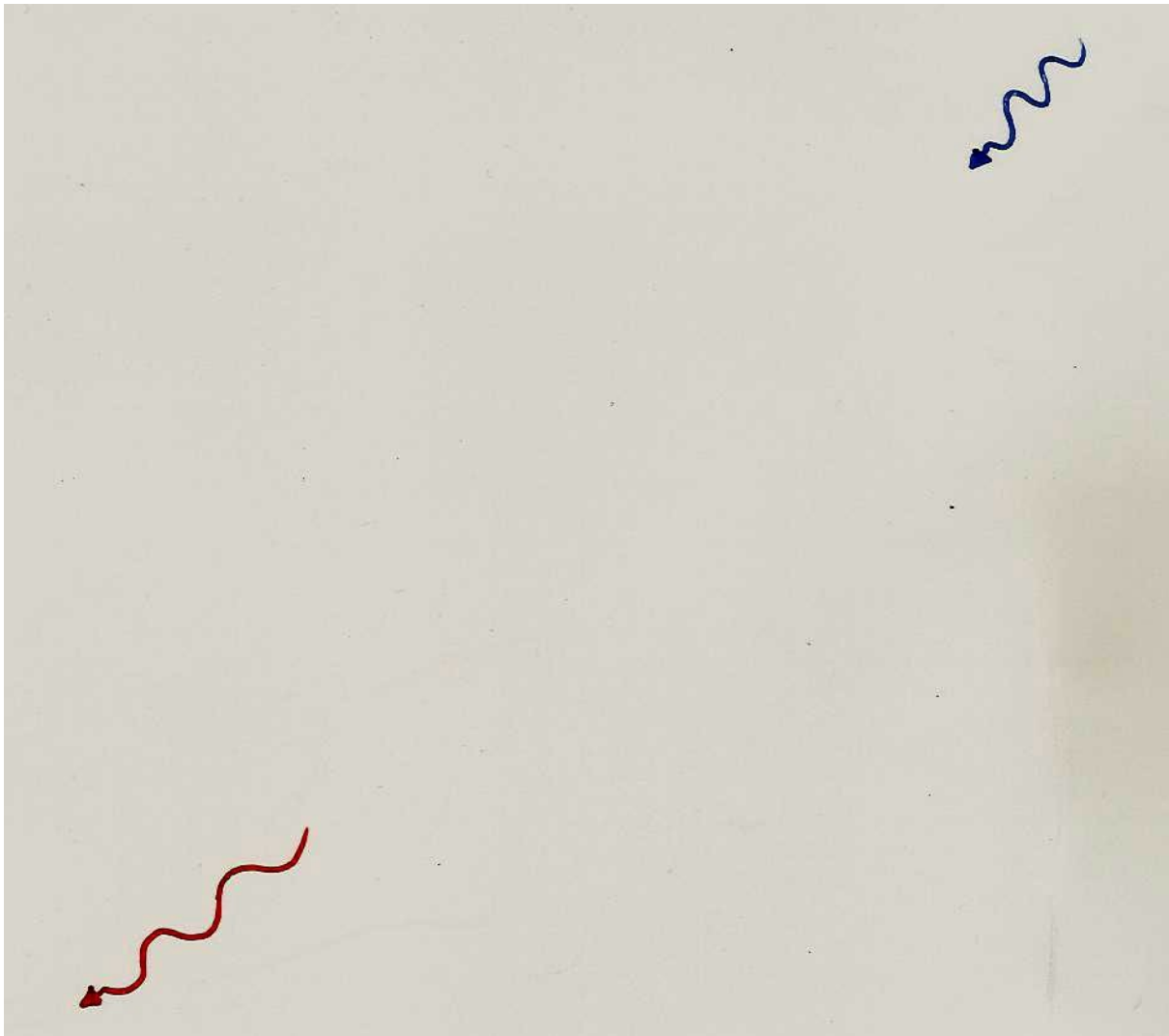


t_0

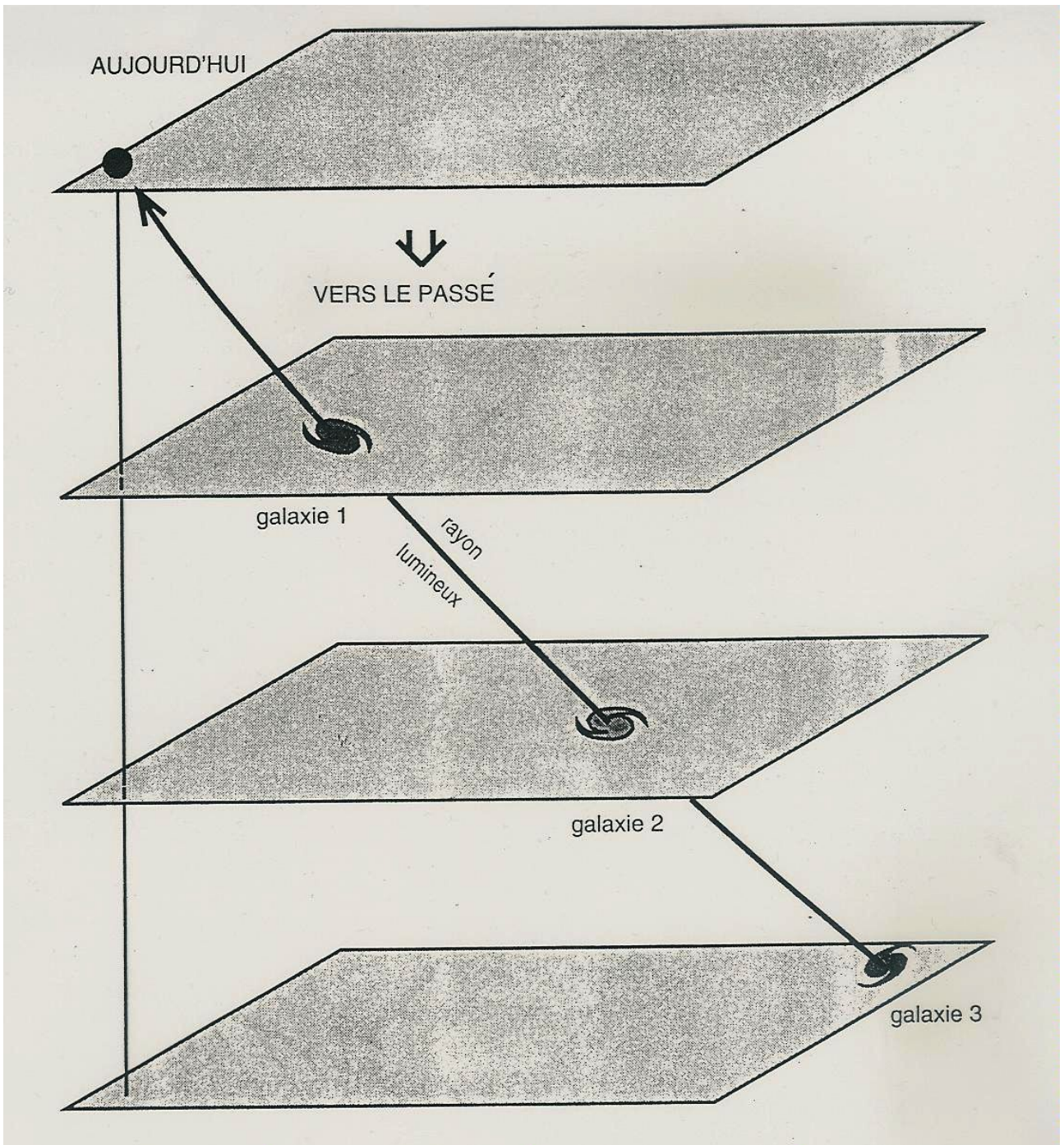
$$\frac{\lambda(t_0)}{\lambda(t_e)} = \frac{R(t_0)}{R(t_e)} = 1 + Z_e$$

Z : DECALAGE VERS LE ROUGE

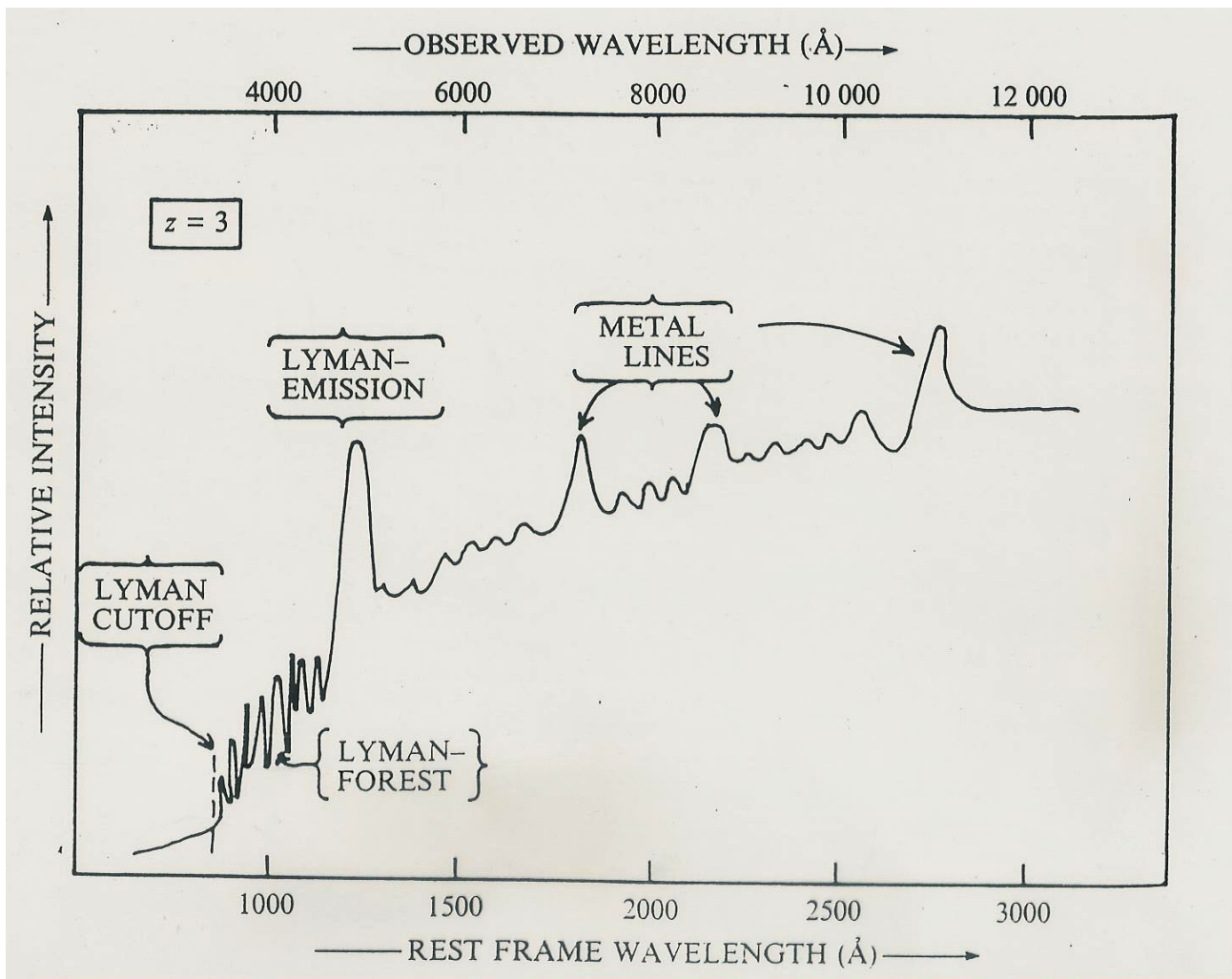
REDSHIFT



Dans un univers en expansion, les rayons émis (par des étoiles, par exemple) sont « décalés » vers le rouge, leur longueur d'onde augmente. Ce décalage vers le rouge ou « redshift » permet de dater les événements, comme une montre. Au plus loin dans le temps, au plus grand le redshift.



Le transparent précédent doit être en fait superposé sur celui-ci....



Voilà un exemple de redshift. On voit que l'objet qui a émis ces spectres (que l'on connaît en laboratoire) est à un redshift $z=3$.

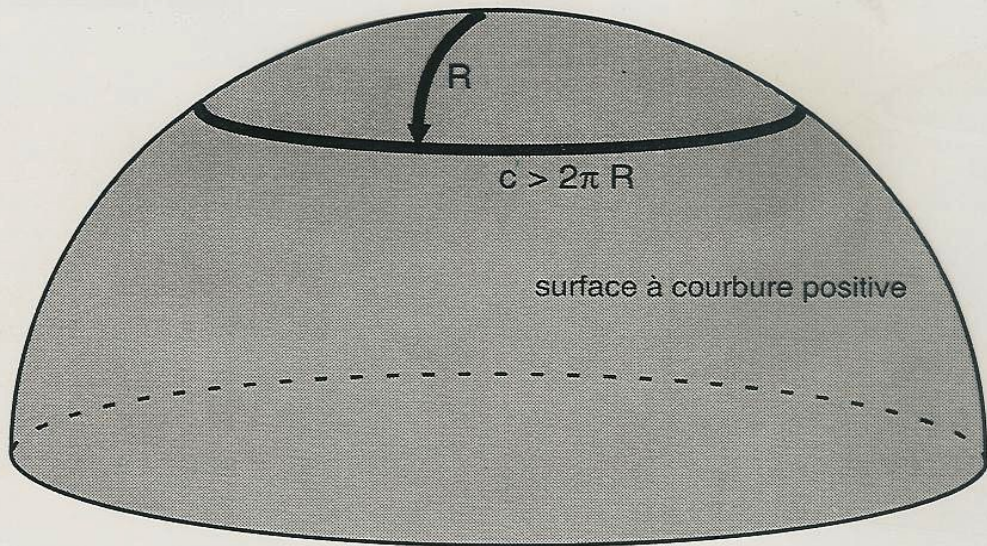
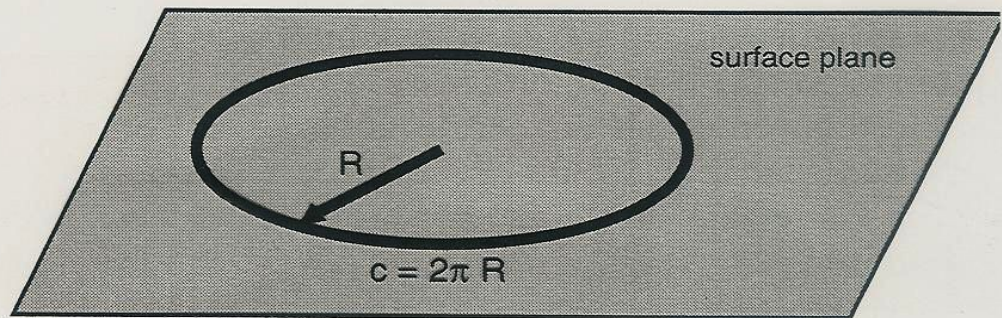
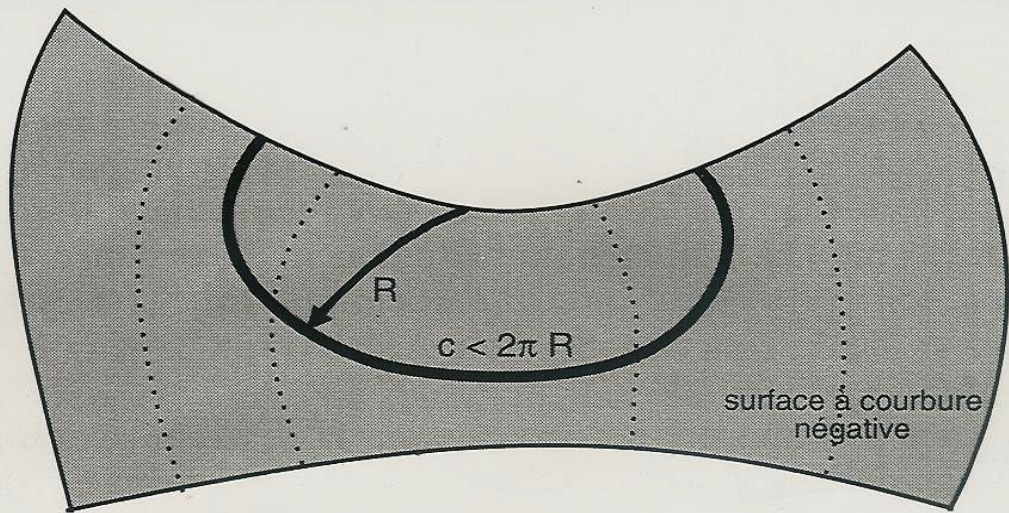
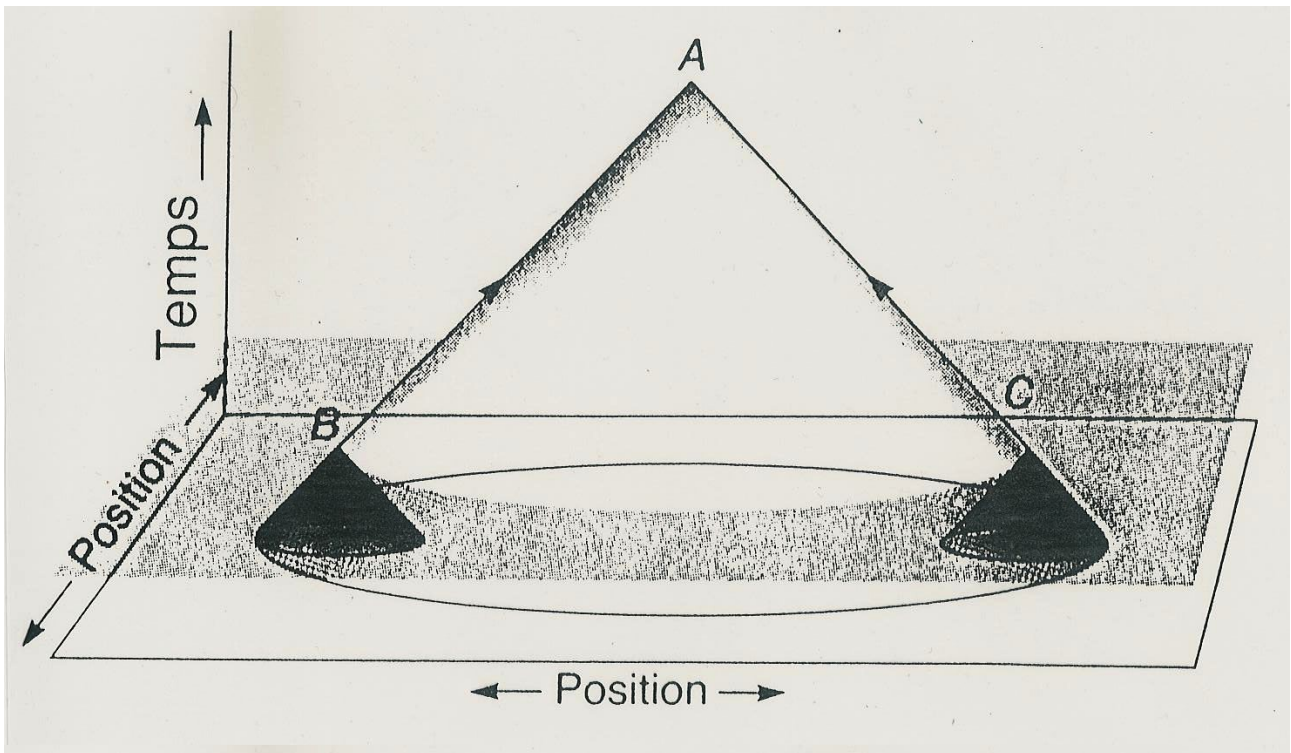


FIGURE 9 — La circonférence d'un cercle de rayon R est supérieure, égale, inférieure à $2\pi R$ selon que la courbure de l'espace est négative, nulle ou positive.

Plusieurs géométries spatiales sont possibles, même si on a de fortes préférences pour un espace plat.

En tous cas, les observations indiquent qu'on en est très proche



Une des conséquences capitales d'un univers big-bang est l'existence d'une distance maximale au-delà de laquelle on ne peut, ici et maintenant, rien voir (le cône de lumière en A). Par ailleurs, les deux points A et B que nous pouvons voir, n'ont pas eu le temps d'être en contact. S'ils ont les mêmes propriétés, par exemple deux points suffisamment distincts du CMB (Cosmic Microwave Background) ou Fond Diffus (le corps noir ci-dessus) ayant la même température, il faut l'expliquer (problème de causalité). C'est possible avec les modèles inflationnaires, qui prédisent aussi facilement un univers plat!