

détesté pour son caractère épouvantable. On raconte que Sandage changeait de couloir lorsqu'il lapercevait à Pasadena où ils travaillaient tous les deux.

C'est la naissance du paradigme de la « matière noire »

Elle constituerait 80 % de la matière de l'Univers, 20 %

seulement étant de la matière atomique ordinaire, le tout n'atteignant qu'environ 30 % de la densité critique !

Avec ces nouveaux chiffres, l'âge de l'Univers calculé à partir du modèle d'Einstein-de Sitter reste trop petit.

Dans les années 1980

NAISSANCE DU PARADIGME DE « L'INFLATION » ET DE « L'UNIVERS PLAT »

L'inflation cosmologique est une expansion fulgurante qui se serait produite juste après le Big Bang, « lissant » l'Univers et permettant d'expliquer pourquoi des régions qui étaient trop éloignées pour avoir interagi au moment du Big Bang ont été homogénéisées par la suite (problème de l'horizon). Elle prédit en outre qu'après cette phase, la densité de l'Univers aurait atteint la densité critique, et que l'espace serait donc « plat » (un malheureux terme anglo-saxon pour désigner une géométrie euclidienne tridimensionnelle).

L'inflation reste une belle idée théorique, compatible avec la plupart des observations, mais aucun modèle précis n'explique sa véritable nature (problème de « l'inflaton » – cf. le zoom de ce mois p. 22).

Années 1990

LA CONSTANTE COSMOLOGIQUE Λ RENAÎT DE SES CENDRES !

Des astronomes de plus en plus nombreux abandonnent le modèle d'Einstein-de Sitter, décidément incompatible avec les observations, et réexaminent les modèles plus généraux de Big Bang proposés initialement par Friedmann et Lemaître. Entre autres, Jeremy Ostriker et Paul Steinhardt font en 1995 une proposition :

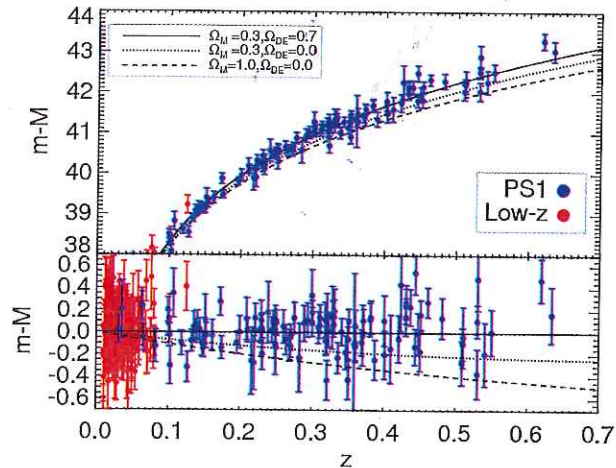
Et si les 70 % « manquants » de l'Univers pour qu'il soit « plat » étaient dus à la constante cosmologique Λ ?

Coup de théâtre : en 1998

C'est la découverte de l'accélération de l'expansion de l'Univers par Saul Perlmutter et Adam Riess (Prix Nobel 2011).

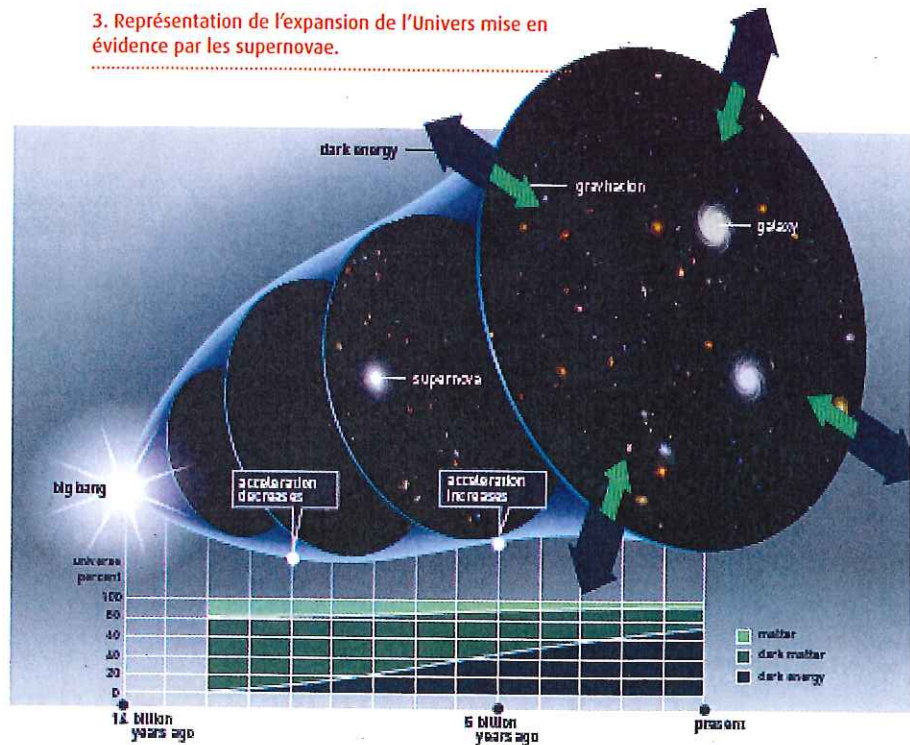
Une certaine classe de supernovae (SN 1a) présente des courbes de lumière très caractéristiques qui permettent de déterminer leur luminosité intrinsèque, et par suite leur distance à partir de leur éclat apparent. Et on découvre que leurs distances sont surestimées quand on

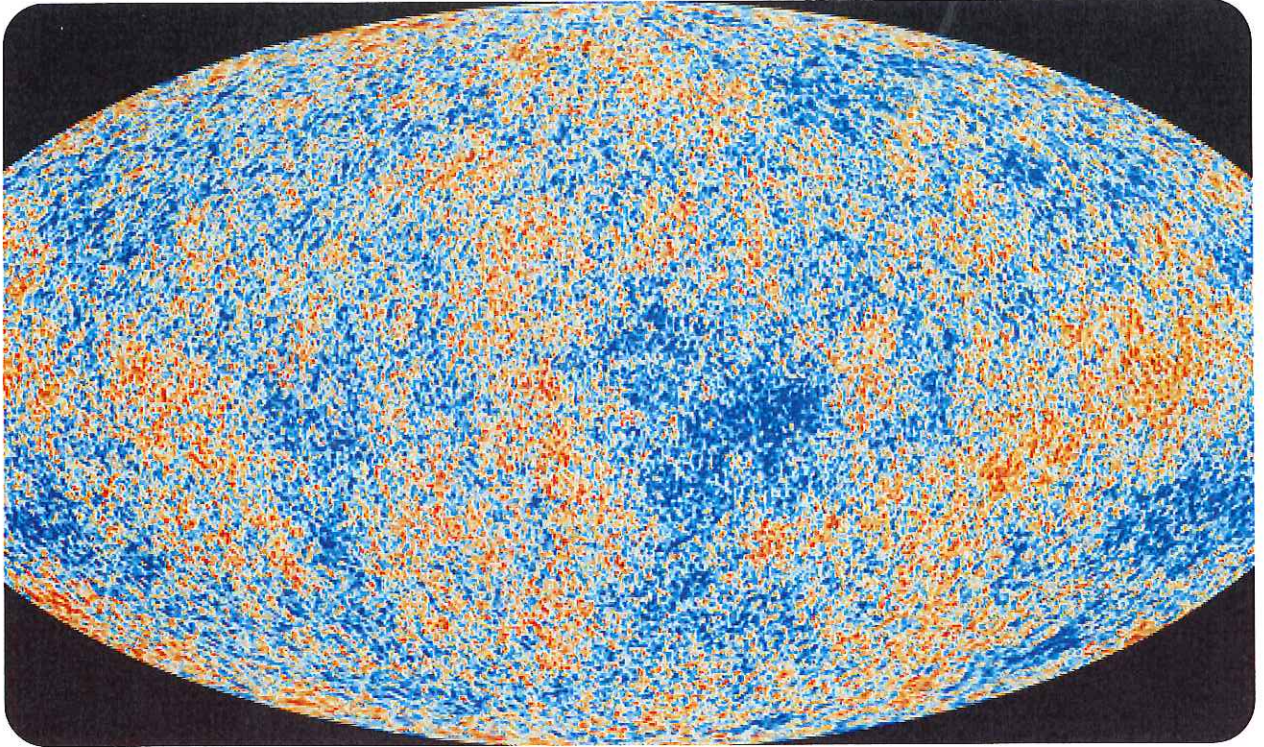
suppose que l'Univers est en expansion décélérée par la gravité. L'expansion est donc accélérée. Pour rendre compte de cette accélération, il faut donc rajouter dans les équations un terme « répulsif » s'opposant à la gravité. Il est baptisé « énergie sombre » (dark energy), sorte de fluide à pression négative emplissant tout l'Univers et gouvernant son évolution !



2. En haut, le module de distance des supernovae en fonction du redshift. Les courbes correspondent à trois modèles d'Univers présentant des proportions différentes de matière Ω_M et d'énergie sombre Ω_{DE} . Celui qui se rapproche le plus des observations (en trait plein) possède 70 % d'énergie sombre. En bas : la dispersion par rapport au modèle.

3. Représentation de l'expansion de l'Univers mise en évidence par les supernovae.





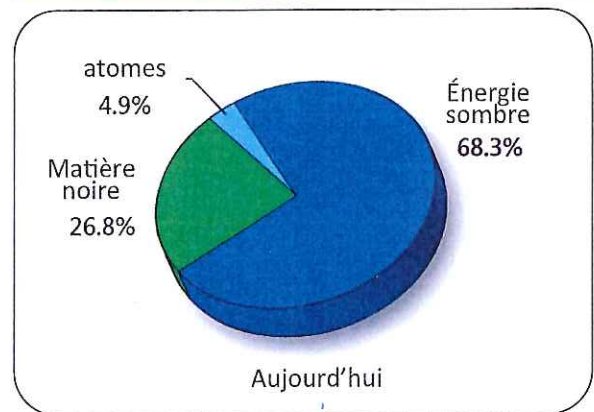
Et en effet, dans les années 2000, les télescopes spatiaux *WMAP* puis *Planck* montrent que la densité d'énergie correspondant à ce terme représente 68 % de la masse de l'Univers !

Muni de cette composition en matière et énergie, le « modèle standard » de l'Univers a un âge parfaitement compatible avec celui des plus vieilles étoiles : 14 milliards d'années.

Question sans réponse pour le moment :

Le terme répulsif responsable de l'accélération cosmique est-il simplement une constante fondamentale de la nature (la constante cosmologique présente en effet toutes les propriétés requises pour l'expliquer), ou bien l'énergie noire est-elle engendrée par des champs de force inconnus ? L'évolution future de notre Univers en dépend !

4 : Les fluctuations du fond diffus cosmologique observées par le satellite *Planck*. Elles permettent de déterminer avec précision les paramètres de l'Univers.



5. Le « camembert cosmique », donnant les proportions de matière noire, visible et d'énergie sombre, telles qu'elles sont connues actuellement.

Comment faire la distinction entre les différents modèles d'énergie noire ?

Ce sera le sujet d'Uranie s'égare dans quelques années !