



## LES « PREUVES » DU BIG-BANG

La version scientifique actuelle de la naissance de l'Univers fait l'objet d'après discussions entre les astronomes professionnels théoriciens et observateurs. En effet, des observations récentes peuvent remettre en difficulté la vision classique de l'évolution de l'Univers.

Le fait que l'Univers ait une histoire, avec une naissance, et au moins un développement, est accepté de tous : notre Univers est né il y a une quinzaine de milliards d'années à partir d'une « soupe primordiale » chaude et dense, et est depuis en expansion. Les observations de galaxies lointaines, évoquées plus haut, tendent à montrer que cette expansion n'est peut-être pas constante, que sa vitesse a pu varier.

L'objet de ce petit mémo est de donner des indications sur ce qui a incité les astronomes à croire au modèle standard d'Univers (modèle du Big-bang) et à l'adopter.

Le modèle est basé sur les deux grandes théories du XX<sup>ème</sup> siècle : la relativité générale et la mécanique quantique.

Il prévoit :

- 1 - Que l'Univers à sa naissance était chaud et dense, et qu'il est actuellement en expansion
- 2 - Sa composition chimique
- 3 - La présence d'un rayonnement fossile

### 1 – Expansion de l'Univers

Lorsque Einstein a appliqué ses équations de la relativité générale à l'Univers, il s'est heurté à un problème de taille. Il faut se remettre dans l'état des connaissances de l'époque (début de XX<sup>ème</sup> siècle). Malgré sa largesse d'esprit qui lui a permis de réaliser une révolution culturelle, Einstein croyait à un univers stationnaire, immuable, comme les hommes le croyaient depuis les grecs anciens, c'est-à-dire depuis plus de 2 000 ans...

Ses équations lui disaient que si l'univers était stationnaire, il était vide ! Dès qu'il additionnait un peu de matière son univers perdait sa stabilité.

Comme les mathématiques le lui permettaient, il a ajouté un facteur à ses équations pour le rendre stationnaire. Il appela ce facteur la constante cosmologique ( $\Lambda$ ).

Rapidement, il se rendit compte que c'était une erreur, que l'univers était bien en expansion. La constante cosmologique n'avait plus lieu d'être.

Plusieurs grands noms de l'astronomie ont contribué à montrer par l'observation que l'univers est en expansion. Henrietta Leavitt permit de mesurer la distance des galaxies, mais c'est Edwin Hubble qui mesura par cette méthode la distance de plusieurs dizaines de galaxies, ainsi que la vitesse à laquelle elles s'éloignent de nous. Il démontra en outre que les galaxies s'éloignent d'autant plus vite qu'elles sont éloignées.

L'observation rejoint la théorie. A noter que la théorie ne permet pas de quantifier l'expansion depuis le commencement de l'Univers.

### 2 – Composition chimique de l'Univers

Le modèle prévoit que seuls quelques éléments chimiques ont pu être synthétisés au moment du big-bang. L'univers chaud des débuts se refroidit tellement vite que les réactions nucléaires permettant la fabrication des éléments lourds n'ont pas eu le temps de se faire. Notre connaissance (expériences sur Terre) de ces réactions, leur température, pression, énergie, permettent de prévoir la nature des éléments qui ont eu le temps d'apparaître, et de calculer leur proportion.

D'autre part, la spectrométrie permet de mesurer les proportions d'éléments des galaxies. On peut ainsi, par l'observation, connaître la proportion des éléments légers de l'Univers :

$\frac{3}{4}$  d'hydrogène

$\frac{1}{4}$  d'hélium

des traces d'autres éléments comme le deutérium (isotope de l'hydrogène) le lithium ou le béryllium.

Ce sont les proportions prévues par le modèle, en particulier celui des éléments à l'état de traces.

### 3 – Le rayonnement fossile

Le modèle prévoit que l'univers primordial était opaque. Comme dans les étoiles, il était tellement chaud et dense que tout rayonnement, tout photon était immédiatement absorbé par interaction avec la matière (les électrons libres du milieu fortement ionisé).

300 000 ans après la naissance de l'univers, il s'est tellement refroidit que les noyaux et les électrons peuvent fusionner pour former les premiers atomes. La quantité d'électrons libres chute rapidement. Le rayonnement n'interagit pratiquement plus avec la matière. Les photons sont libérés, et l'univers devient transparent. Ces photons « courent » toujours dans toutes les directions !

Il doit donc y avoir trace de ce rayonnement primordial, dont on peut calculer les caractéristiques (énergie, longueur d'onde). Il s'agit en fait d'un rayonnement micro-ondes à 3 K. Tout ce travail théorique était réalisé dans les années 1930-1940, mais personne n'a eu le temps ou la possibilité de rechercher par l'observation ce rayonnement, en ces temps troublés.

Ce n'est qu'en 1965 que deux techniciens de la société Bell (Penzias et Wilson), non astronomes, découvrirent par hasard ce rayonnement. Travaillant sur des antennes sensibles afin de déterminer l'origine de parasites radio sur les liaisons transatlantiques, ils s'étonnèrent de trouver un bruit de fond régulier quelque soit la direction dans laquelle ils pointaient leur antenne : le fond de rayonnement cosmologique prévu plusieurs dizaines d'années auparavant.

Cette découverte leur valut le prix Nobel en 1978.

Ce rayonnement a depuis été étudié par des sondes spatiales qui ont confirmé l'excellente corrélation entre la théorie et l'observation.

Ces 3 principales caractéristiques de l'Univers ne sont pas remises en cause, mais des ajustements apparaissent, comme les fluctuations de la vitesse d'expansion qui influencent grandement notre estimation de l'âge de l'univers, de la distance et de la taille des galaxies...