

# De l'origine de l'univers

Autor(en): **Dubois, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **39 (1981)**

Heft 187

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899388>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# De l'origine de l'univers

J. DUBOIS

## Introduction

Bien que les modèles cosmologiques uniformes, donc homogènes et isotropes, issus de la relativité générale bénéficient toujours de la faveur de la majorité des cosmologistes, on assiste depuis quelques années à une éclosion de travaux utilisant des idées nouvelles. Ces recherches se justifient car jusqu'à présent, parmi la grande variété des modèles relativistes uniformes, non seulement l'observation, c'est-à-dire les tests cosmologiques, n'a pas permis d'en discerner un qui soit susceptible de représenter au mieux l'univers, mais encore elle tend à établir des faits parfois difficilement conciliables avec ces modèles. Citons de façon désordonnée :

1. l'homogénéité toute relative de la répartition de la matière dans l'espace;
2. des difficultés avec la loi de Hubble relative au redshift des galaxies;
3. l'impossibilité d'y décrire de façon satisfaisante la formation des galaxies; (voir ORION no. 156, p. 129–130 pour les points 1, 2 et 3).
4. la variation éventuelle de certaines « constantes », par exemple celle de  $G$ , constante de la gravitation.

Il semble bien que  $G$  ne soit pas une constante universelle mais qu'elle varie lentement au cours du temps atomique, c'est-à-dire du temps défini et mesuré à l'aide d'une horloge atomique. Cela signifie alors que le temps défini et mesuré par l'observation des mouvements de la terre, temps dit sidéral ou gravitationnel, est distinct du temps atomique, ou encore si l'on préfère, qu'il n'est pas possible de faire coïncider *continuellement* une horloge atomique et une horloge sidérale. Ce résultat n'est pas aussi surprenant qu'il y paraît à première vue puisque ces deux temps sont définis à l'aide de phénomènes totalement étrangers l'un à l'autre. Etant donné que  $G$  est constant en relativité générale, et qu'il en est de même dans la définition du temps sidéral, il en résulte que c'est ce temps qui figure dans toutes les relations des modèles relativistes. Un système d'unités défini par des étalons utilisant des phénomènes atomiques est tout naturellement dit atomique.

La fonction paramètre d'échelle  $R(t)$  que l'on rencontre dans tous les modèles uniformes, relativistes ou non, et qui décrit l'expansion ou la contraction de l'univers, présente dans la plupart des modèles relativistes uniformes une singularité dans le passé, en ce sens que, à un instant passé,  $R(t) = 0$ . Et à cette singularité les notions d'espace, de temps, de densité de la matière perdent toute signification, et il en est de même du modèle. Aux yeux de certains cela est très gênant. Et ici nous rejoignons les implications philosophiques presque inévitables de tout modèle cosmologique. En effet la présence d'une origine ou non, d'une fin ou non de l'univers vue au travers d'un modèle présente un indéniable parfum philosophique, voire théologique, et l'on peut comprendre que cela puisse influencer tel cosmologiste qui souhaite obtenir un modèle qui non seulement s'accorde le mieux possible avec l'observation, mais encore satisfasse ses préoccupations philosophiques. Bien entendu ces raisons ne sont jamais formulées explicitement dans une théorie, mais elles y apparaissent parfois à l'arrière-plan. Pour en revenir à la singularité de  $R(t)$ , je dirai que la nommer « origine de l'univers »

n'est ni plus ni moins que recouvrir un fait mathématique par des mots dont la signification profonde m'échappe.

On peut diviser les nouvelles théories cosmologiques en deux catégories principales, soit :

1. celles qui conservent le cadre de la relativité générale, mais qui, à certaines hypothèses à l'origine des modèles uniformes, en substituent d'autres;
2. celles qui proposent une autre théorie de la gravitation.

Il semble bien d'ailleurs que les quelques cosmologistes qui se hasardent sur de nouvelles voies, le font en créant des théories originales. Mais il vaut la peine de remarquer que la plupart d'entre elles s'écartent de peu de celle d'Einstein. Cela se constate, par exemple, à leurs équations fondamentales lesquelles, sous certaines conditions, se ramènent à celles des modèles relativistes uniformes.

Mais quel que soit finalement le choix effectué, les modèles obtenus doivent être confrontés avec l'observation. Il est d'ailleurs assez satisfaisant de penser que c'est à elle qu'il appartient de décider de la structure géométrique et de l'évolution de l'univers dans lequel nous vivons. La cosmologie, en dépit de tout l'appareil mathématique que l'on y rencontre, n'en demeure pas moins une science de la nature. Et puis il ne faut pas perdre de vue qu'un modèle, quelque perfectionné qu'il soit, n'est jamais qu'une image approximative et simplifiée de la réalité.

Nous allons présenter brièvement trois théories cosmologiques qui résolvent le problème de l'origine de l'univers de façon bien différente. Mais rappelons tout d'abord, qu'un espace-temps est défini par une métrique, c'est-à-dire une relation qui permet de calculer la distance et l'intervalle de temps séparant deux événements voisins dans l'espace comme dans le temps (voir ORION no. 155, p. 85). Dans le cas des modèles relativistes uniformes, la forme de la métrique est telle que la distance entre deux points est nulle à l'instant où  $R(t) = 0$ .

## Théorie de BECKENSTEIN et MEISELS

Dans cette théorie de la gravitation il est admis que la masse au repos d'une particule élémentaire n'est pas une constante universelle au même titre que la vitesse de la lumière (J.D. BECKENSTEIN et A. MEISELS, *Astrophysical Journal*, 1980, vol. 237, p. 342). C'est-à-dire que, si elle est évidemment constante par rapport au temps atomique puisque sa variation entraînerait celle de l'étalon de mesure dans le même rapport, elle est variable par rapport au temps gravitationnel.

Pour établir les équations fondamentales de leur théorie, les auteurs préfèrent utiliser le temps atomique et l'une des conséquences en est que  $G$  est décroissant au cours du temps alors que la masse des particules demeure naturellement constante. C'est une situation déjà rencontrée dans la théorie cosmologique de DIRAC (voir ORION no. 160, p. 96).

Cette théorie permet d'établir des modèles cosmologiques sans singularité tout en vérifiant les tests qui ont tant contribué au succès de la relativité générale. Elle prévoit aussi l'existence des étoiles à neutrons et des trous noirs. On peut y élaborer des modèles cosmologiques homogènes et isotropes satisfaisant ainsi au principe cosmologique (voir ORION no. 182, p. 9), dont l'évolution au cours du temps est décrite par

la fonction paramètre d'échelle  $R(t)$ . Mais les équations fondamentales y sont plus compliquées, comparées à celles des modèles relativistes. Elles contiennent en particulier des paramètres supplémentaires qu'il est possible de choisir, en tenant compte des données de l'observation, de sorte que la fonction  $R(t)$  passe par un minimum non nul. Ainsi ces modèles sont dépourvus de singularité. De plus ce choix ne limite pas la nature géométrique des modèles dont l'espace peut tout aussi bien être sphérique qu'eulidien ou hyperbolique, c'est-à-dire de volume fini ou infini. Encore que, si l'on considère, compté dès le minimum, un intervalle de temps de l'ordre de grandeur de l'âge des amas globulaires (14 à  $16 \cdot 10^9$  années), cela revient à faire jouer à ce minimum le rôle d'une sorte «d'origine» de l'univers, on trouve que les modèles sphériques, donc fermés ne conviennent pas. De plus, BECKENSTEIN et MEISELS nous montrent qu'actuellement, c'est-à-dire plusieurs milliards d'années après le minimum, leurs modèles se comportent exactement comme les modèles relativistes de même structure géométrique. Ou, si l'on préfère, cela signifie que les tests cosmologiques ne sont actuellement pas en mesure de faire la distinction entre ces deux catégories de modèles. Par contre si l'on examine les choses à une époque proche du minimum le comportement des modèles est différent. Et peut-être que des considérations relatives à l'abondance de l'hélium et du deutérium permettront d'effectuer un choix. Un élément favorable à ces modèles est la décroissance de  $G$  au cours du temps atomique de sorte que l'interaction gravitationnelle était beaucoup plus intense dans le passé qu'aujourd'hui et de ce fait ils offrent un cadre beaucoup plus propice à la formation des galaxies que les modèles relativistes.

#### Modèles de J.W. MOFFAT, G. KUNSTATTER et P. SAVARIA

Ces modèles reposent sur une théorie de la gravitation formulée par J.W. MOFFAT qui fait usage d'espaces-temps plus généraux que ceux utilisés en cosmologie relativiste uniforme tout en conservant l'invariance des lois de la physique lors d'une transformation du système de coordonnées. Cette théorie est appliquée à un modèle d'univers dont la matière est représentée par un fluide parfait tandis que le rayonnement y est négligé, puis à un deuxième modèle présentant la situation opposée. L'espace-temps utilisé est défini par une métrique symétrique par rapport à un plan, mais dont les coefficients eux ne sont pas symétriques ( $g_{ij} \neq g_{ji}$ ). Cela implique que la répartition de la matière comme celle du rayonnement y est homogène mais anisotrope. Ce sont donc des modèles non uniformes et le principe cosmologique n'y est pas vérifié. Il n'est pas possible d'y introduire une fonction paramètre d'échelle. Néanmoins ces modèles sont en expansion mais celle-ci est anisotrope. La valeur de la constante de HUBBLE dépend de la direction dans laquelle on observe. Le modèle de matière fait d'ailleurs suite au modèle de radiation (le raccord s'effectue parfaitement bien à l'époque dite de découplage à partir de laquelle matière et rayonnement ont évolué indépendamment l'un de l'autre). Si l'on remonte dans le temps, on trouve que la forme de la métrique du

modèle radiatif subit à un instant donné une modification fondamentale si bien que les auteurs le considère comme origine. Mais à cet instant particulier la métrique n'est pas nulle, contrairement à ce qui se produit pour les modèles relativistes uniformes. En fait, dans ces nouveaux modèles, elle n'est jamais nulle. De plus, à cet instant, la densité de l'énergie n'est pas infinie. Ainsi dans ce modèle l'origine n'est pas une singularité physique.

Ajoutons encore que le caractère anisotropique de ces modèles devient négligeable peu de temps après l'instant origine et qu'ils ont alors un comportement sensiblement analogue aux modèles relativistes uniformes, soit de matière, soit de radiation, à espace euclidien et constante cosmologique nulle. Il en résulte que, du point de vue de l'observation, ils présentent les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.

#### Modèles de HOYLE et NARLIKAR

Il vaut la peine de rappeler que la théorie de la gravitation de HOYLE et NARLIKAR (voir ORION nos. 157 et 158) considère le problème de la singularité de façon très originale en ce sens qu'elle n'est que la conséquence du choix d'un espace-temps plutôt que d'un autre, ces divers espaces-temps étant reliés entre eux par une transformation dite conforme. Les lois de la physique sont supposées demeurer invariantes lors d'une transformation de cette nature. C'est l'hypothèse fondamentale de cette théorie. Elle implique que les descriptions de l'univers effectuées dans ces espaces-temps sont physiquement équivalentes. On peut aussi dire que l'observation ne permettra jamais de déterminer la nature de l'espace-temps de façon unique, mais seulement à une transformation conforme près. Enfin on est conduit à discerner deux catégories de faits. Ceux qui subsistent indépendamment de la transformation effectuée, par exemple la relation entre le redshift des galaxies et leur magnitude apparente, et les autres, c'est-à-dire ceux qui apparaissent ou disparaissent au gré d'une transformation ou d'une autre, et c'est le cas de la singularité des modèles relativistes, qui de ce fait est dépourvue de toute signification physique.

Plusieurs modèles étant ainsi physiquement équivalents, lequel faut-il choisir pour comparer théorie et observations? Etant donné que les mesures s'effectuent dans le système d'unités atomiques, le choix se porte tout naturellement sur un modèle où la masse des particules élémentaires est constante. Ce modèle existe et V. CANUTO et J.V. NARLIKAR (Astrophysical Journal, 1980, vol. 236, p. 6 et Astronomy et Astrophysics, 1980, vol. 92, p. 26) montrent qu'il présente avec les tests cosmologiques habituels un accord au moins aussi satisfaisant que les modèles relativistes uniformes. Naturellement ce résultat est encore vrai pour tous les modèles qui se déduisent du précédent par une transformation conforme. Et parmi eux, il s'en trouve un qui n'a pas de singularité.

*Adresse de l'auteur:*

J. Dubois, Pierrefleur 42, 1004 Lausanne.