

L'HYPOTHÈSE COSMOLOGIQUE DE GAMOW EST-ELLE CONFIRMÉE

Asaria Polikarov

En 1965 étaient publiés les résultats des mesures de A. Penzias et R. Wilson [1] à l'onde de 7 cm, qui établissent l'existence d'un rayonnement électromagnétique, isotropique et équilibre (cosmic microwave background radiation) avec une température absolue d'environ 3°.

Dans une publication parallèle R. Dicke, P. Peebles, P. Roll et D. Wilkinson [2] expliquent ce rayonnement comme la conséquence d'une variante des hypothèses cosmologiques de l'explosion initiale („big bang“) et notamment l'hypothèse de Gamow de l'Univers chaud, c'est-à-dire ce rayonnement de fond s'interprète comme un rayonnement reliquat de la première phase de l'évolution du monde.

L'hypothèse de Gamow [3] a été élaborée en 1948 afin d'expliquer l'abondance d'éléments chimiques, respectivement les noyaux atomiques dans l'Univers. Dans cette hypothèse on accepte comme un état initial du monde un noyau supercondensé de protons et de neutrons uniformément distribués (dans l'espace). Leur température est de l'ordre de plusieurs centaines de milliards de degrés. La plupart des neutrons se transforment en protons, entrent en interaction avec eux et ils se forment environ 70% d'hydrogène et 30% d'hélium.* Ce processus entraîne un rayonnement abondant qui en conséquence prédomine sur l'autre forme de la matière [4].

Les mesures sur le rayonnement de fond, exécutées en suite dans le diapason entre ondes de 8 mm à 60 cm, donnent le spectre d'un corps noir à la température d'environ 2,7° K et un maximum dans la longueur d'onde de 3 mm environ [5]. Pour le caractère de la courbe au delà de ce maximum il y a des indications indirectes.

C'est une des observations les plus précises et, selon Sciamia, une des plus grandes découvertes astronomiques.

En vertu de ceci, on explique le rayonnement X du fond. Il surgit dans la collision des photons de rayonnement du fond avec les électrons rapides, c'est-à-dire, c'est un effet inverse de celui de Compton [6], [7].

En vertu des données des mesures sur le rayonnement du fond, Ja. Zeldovitch considère l'hypothèse cosmologique de Gamow comme un fait sûr [8].

* Les éléments plus lourds se forment dans les étoiles.

Nous croyons que cette interprétation ne peut pas être acceptée sans appel à cause de considérations que nous allons exposer.

a. Tout d'abord rappelons l'assymétrie existant entre la confirmation et la réfutation. Déjà, Whewell traite la réfutation comme une procédure méthodologiquement plus sévère que la confirmation [9]. Actuellement cette conception a été élaborée principalement par Popper [10]. Ce point de vue est partagé par la plupart des savants et philosophes contemporains.

b. En outre, quand une conception théorique A est mise dans une situation difficile, cela ne signifie pas que nous sommes contraints d'accepter la conception contraire (ou concurrente) B, car la possibilité existe toujours de développer des conceptions variantes dans le cadre de la première direction (A), respectivement de la perfectionner [11], [12].

Ainsi, par exemple, au cours d'une discussion du problème de l'existence de quarks, Zeldovitch a attiré l'attention sur la circonstance qu'en cas où les expérimentateurs ne découvrent pas ces corpuscules, cela ne réfute pas l'hypothèse en question, car les théoriciens ont de larges possibilités de la modifier.

A ce propos, il importe de souligner que différentes variantes existent aussi bien de la cosmologie évolutionniste que de la cosmologie stationnaire.

Les modèles évolutionnistes peuvent être sans origine ou bien avec origine dans le temps. A l'origine le volume peut être fini ou zéro, la température — haute ou basse etc.

Déjà Friedmann établit la possibilité de deux sortes de modèles non stationnaires et notamment un monde monotone de premier genre, dans lequel l'état initial est représenté par un point et un monde monotone de deuxième genre, dans lequel l'expansion commence avec un volume fini [13].

Nous pouvons mentionner encore deux modèles: celui d'Eddington — Lemaitre avec une existence infinie dans le temps, un rayon fini et un moment particulier, à partir duquel commence l'expansion avec une vitesse croissante, et aussi un modèle dans lequel au début, pendant un temps infini, nous avons une contraction jusqu'à un certain rayon qui après (actuellement) se transforme dans une expansion jusqu'à l'infinité [14].

Par un modèle stationnaire on comprend l'hypothèse cosmologique de Bondi-Gold et de Hoyle, connue comme l'Univers stable (steady-state).

En effet, il y a des différentes conceptions de la stationnarité du monde. Parallèlement à l'Univers stable qui est stationnaire en macro-échelle [15], [16], la stationnarité peut se réaliser en mega-échelle [17], [18].* A cette catégorie appartient également la nouvelle variante du modèle cosmologique stable de Hoyle et Narlikar [19], [20], qui englobe organiquement des fluctuations vers l'état stationnaire.

Signalons aussi la variante de McCrea [21], [22] d'un Univers autocréatif (en autopropagation) avec une création continue de matière non homogène dans l'espace et le temps.

D'autre part, des différentes variantes de l'Univers symétrique ont été proposées (Klein-Alfvén [23], [24], G. Naan [25], D. Sakharov [26]). Dans la mesure où la symétrie (par exemple de la matière et de l'antimatière) n'est pas statique mais se maintient dans les diverses transformations, c'est-à-dire, qu'elle est le résultat d'un équilibre dynamique, ces modèles appartiennent également à la cosmologie (mega-) stationnaire.

Enfin, aux modèles non-évolutionnistes et quasi-stationnaires appartiennent aussi les différents modèles oscillatoires de l'Univers. Il mérite d'être

* En effet, l'Univers stable est quasi-stationnaire parce que sa stabilité est maintenue en vertu du processus fondamental de création de matière qui va dans un sens unique [12].

mentionné que déjà Friedmann [13] a montré que le rayon du monde peut être une fonction périodique du temps (et la période peut tendre vers l'infini).

Importante est l'estimation, que si la masse de l'Univers est de l'ordre de 10^{55} g, la période de pulsation serait de l'ordre de 10 milliards d'années.

Parmi les nouveaux modèles de ce genre nous mentionnerons celui de Pachner [27] d'un Univers isotropique sans singularité.

Récemment Hoyle et Narlikar [19], [20] ont montré qu'avec certaines suppositions complémentaires, les équations de l'Univers stationnaire entraînent aussi bien la possibilité des modèles pulsant du monde que des modèles dans lesquels une région s'élargit et une autre se contracte.*

Intéressant à cet égard est l'hypothèse proposée par K. Mulis [28]. Notre monde existe parallèlement à un autre consistant en antimatière et existant dans le temps inverse.

Ils n'entrent pas en interaction directe. Quand la vitesse de galaxies en vol approche celle de la lumière („horizon des événements“) et par conséquent la masse et le temps (pour l'observateur pour lequel ils ont cette vitesse) deviennent infinis, commence le collaps gravitationnel. Il s'accompagne d'un reversement de la direction du temps et d'une transformation de la matière et de l'anti-matière (cette dernière existe dans un autre temps et n'entre pas en interaction avec le reste de la matière).

En même temps ceci signifie le début d'une expansion explosive (anticollapse) dans l'espace mondial conjugué. Cela nous amène à une période pré-galactique. Quand l'équilibre entre ce monde matériel et anti-matériel s'établit, un nouveau reversement dans la direction du temps commence aussi bien qu'un remplissage du monde matériel avec de la nouvelle matière (qui correspond au processus de création de la matière dans l'hypothèse de l'Univers stable).

Dans l'absence d'un changement en sens unique (dégradation) lié à la croissance de l'entropie, Mulis voit un des avantages de son hypothèse.

Il est essentiel que l'effet décrit est relatif, c'est-à-dire, différent pour divers observateurs (avec différents „horizons des événements“). Par conséquence, la frontière entre le monde et l'anti-monde, respectivement entre l'Univers observable et non-observable est relative également [29].

La possibilité d'une existence parallèle et indépendante (sans interaction) d'un monde avec une direction du temps inverse a été supposée par Stanard (1966) pour expliquer la violation de la parité des caons avec une longue existence. Mulis continue cette idée en combinaison avec des idées de l'hypothèse de l'Univers stable, aussi bien qu'avec des éléments de l'hypothèse contraire de l'Univers en évolution.

Maintenant nous pouvons poser la question: le rayonnement de fond refute-t-il (toutes les variantes de) la conception rivale de l'Univers stationnaire?

La réponse à cette question est négative, car dans le cadre de la dernière conception ce fait trouve aussi une explication qui — au moins actuellement — nous n'avons pas raison de refuser.

Notons tout d'abord que, comme Roeder et Chambers [30] l'ont montré, un rayonnement du fond peut exister aussi dans l'Univers du type d'Eddington — Lemaître, c'est-à-dire, un Univers qui se trouve en expansion partant d'un état statique avec un volume fini dans le passé infini à basse température (du même ordre qu'actuellement). Dans ce modèle (sans masses complémentaires) avec une densité de la matière d'environ $5 \cdot 10^{-31}$ g. cm⁻³ et néanmoins avec une courbure positive de l'espace, la question de l'origine de l'Univers est évitée.

* En particulier telle est l'hypothèse qu'il peut exister des mondes quasi-riemanniens en communication. Analogiquement à deux bulles de savon liées, l'une d'elle s'élargit et l'autre se contracte [12]. Mentionnons aussi l'hypothèse d'une cascade de particules élémentaires avec une masse croissante jusqu'à celle de l'ordre de l'Univers (fini) — l'universon (Goldhaber) qui anticollapse et se transforme en Univers et vice versa [27a].

D'autre part, le rayonnement de fond peut être dû au rayonnement intensif dans le domaine infrarouge d'un grand nombre de galaxies pendant un temps considérable de leur existence. Ce rayonnement est le résultat des processus explosifs dans les noyaux de ces galaxies (Low [31]).

Récemment Omnès [32] explique le rayonnement de fond par l'accumulation de rayonnement de l'annihilation par suite de la diffusion de la matière et de l'anti-matière.

En outre, Rees a souligné qu'au début de son évolution l'Univers devait être trop anisotrope et dans ce cas le rayonnement du fond n'aurait pas été un rayonnement du corps noir.

Il est possible aussi que la plus grande partie du rayonnement diffus gamma est due à sources discrètes dans les galaxies et non pas dans l'espace intergalactique [33]—[35].

Le rayonnement du fond peut être aussi le résultat d'une récente transformation de l'hydrogène en hélium avec une densité de l'énergie d'environ 10^{-12} erg. cm⁻³ qui correspond à une température de 3° K. C'est l'explication proposée par Hoyle, Wickramasinghe et Redish [36] du point de vue de l'hypothèse de l'Univers stable.

L'émission des étoiles peut prendre le caractère d'un rayonnement thermique à cause de son interaction avec la poussière interstellaire composée de graphite et d'hydrogène solide. L'estimation de la densité de ce rayonnement est juste de même ordre que celui observé [37].

A cette température (3° K) l'hydrogène solide s'évapore et se met en équilibre avec le gaz hydrogène. On admet que dans cet état a lieu le processus de formation des galaxies et des étoiles. L'Univers stable donne assez de temps pour que s'établisse ce processus autorégulateur (avec „feed back“) auquel Hoyle attache une grande importance indépendamment de la conception cosmologique.

En faisant la balance du développement de la cosmologie pendant un demi-siècle (McCrea) [38] trouve que la cosmologie de l'explosion initiale comme celle-ci de Gamow est naïve. A première vue tout semble être en faveur de cette conception. Indépendamment du rayonnement du fond, elle semble être confirmée par les données sur le nombre des radiogalaxies, sur l'abondance de l'hélium, sur l'isotropie et l'homogénéité de l'Univers etc. Cependant, après une analyse plus profonde toutes ces évidences deviennent problématiques.

Différemment aux résultats des mesures à Cambridge (aux fréquences 178 et 407 MHz) le nouveau compte des radio-sources, effectués par Shimmins, Bolton et Wall avec le Parkes-télescope (de 210 ft.) en Australie sur la fréquence de 2700 MHz ne montrent pas une concentration plus grande des sources éloignées que ne le prévoit l'hypothèse de l'Univers stable [39].

La question de décalage cosmique des raies spectroscopiques vers le rouge se complique aussi.

Il a été établi que dans les spectres d'absorption des quasars il y a plus qu'un décalage vers le rouge. Ainsi, afin d'expliquer les raies du spectre d'absorption du quasar PKS 0237—23 cinq décalages vers le rouge sont nécessaires. Si ceci est dû à un mouvement, alors les couches gazeuses rayonnantes dans les quasars doivent avoir des mouvements différents. Peebles admet que dans le monde existent grande quantité de galaxies éteintes. Quand la lumière les traverse, elle subit différents décalages gravitationels. Dans le cas du quasar PKS 0237—23 elle traverse cinq galaxies éteintes [40]. G. Burbidge et E. Burbidge au contraire, pensent que les raies d'absorption surgissent dans les quasars mêmes et non pas dans le milieu. [41]

Il n'est pas exclu que l'effet de décalage cosmique vers le rouge est dû à des causes différentes [42]. Cela va, peut être imposer une reconsidération totale de ce problème.

Les astronomes anglais W. Sargent et L. Searls [43] ont découvert de vieilles étoiles contenant très peu d'hélium qui met l'hypothèse de Gamow dans une situation difficile.

Les mesures sur le rayonnement X de fond, effectuées récemment (R. Henri et al. [44]) nous forcent à admettre que la masse de la matière diffuse intergalactique dépasse environ de cent fois la masse des galaxies mêmes. La densité de la masse nécessaire pour la liaison de notre amas galactique est beaucoup plus grande que celle observée [45].

Les investigations de J. Wilkinson et R. Patridge montrent des inhomogénéités considérables dans des domaines de l'ordre de 10^9 parsec [46].

Finalement on a récemment révélé encore une possibilité de comparaison des différentes cosmologies. En 1948 Feynman et Whiler ont élaboré une nouvelle électrodynamique corpusculaire dans laquelle, ce qui d'habitude se décrit comme auto-action, est considéré comme une influence des masses plus éloignées de l'Univers. Whiler et Feynman ont travaillé dans un monde statique avec un espace euclidien. Hoyle et Narlikar [47] ont montré que cette démarche aboutit à des résultats satisfaisants seulement sur la base du modèle de l'Univers stable.

Parallèlement aux problèmes ouverts, liés à la vérification par l'observation du modèle de l'Univers en évolution, McCrea [38] attire aussi l'attention sur les difficultés conceptionnelles, plus exactement sur les difficultés de nature théorique générale.

En premier lieu, il faut souligner que la théorie évolutionniste est difficilement compatible avec le caractère standard des formations matérielles [12].

Selon McCrea [38] si l'Univers changeait sur une grande échelle, il faudrait espérer que ses lois aussi puissent changer d'une manière imprévisible.

Il importe de rappeler la considération de Poincaré [48] à ce sujet notamment que même si les lois de la nature changeaient dans le temps, on pourrait trouver une formulation plus générale qui tienne compte de cette fonction et dans laquelle elles ne dépendent plus du temps.

Reste ouvert aussi le problème de la présence d'anti-matière dans l'Univers. Si le monde consistait seulement en matière, l'absence d'anti-matière dans l'Univers devrait trouver une explication quelconque. L'hypothèse de l'explosion initiale admet nécessairement l'assymétrie de la matière („coino-matière“) et de l'anti-matière dans l'Univers, car un mélange homogène de ces deux genres de matière en état de grande densité que cette hypothèse admet, aurait subi une annihilation immédiate [24].

Finalement une difficulté, fondamentale en ce qui concerne le transfert d'information, consiste dans l'homogénéité de l'Univers. La condition de la transmission d'information des régions éloignées du monde est que leur comportement après des millions et des milliards d'années respectivement demeure le même que dans notre propre région actuellement.

En conclusion, en commun accord avec certains auteurs, nous sommes de l'avis que la conception de l'Univers stationnaire (et plus particulièrement certains modèles de ce type) reste tout à fait compétitive dans la cosmologie.

Remarque supplémentaire. Récemment (1969, 1970) les résultats des mesures ont été publiés, concernant le rayonnement de fond dans le domaine infrarouge, conduisant non seulement à des résultats différents par rapport à sa température, mais aussi évoquant des doutes quant à son caractère même d'un rayonnement thermique [49].

BIBLIOGRAPHIE

1. Penzias, A. A., R. W. Wilson. *Ap. J.*, **142** (1965), 419.
2. Dicke, R. H., P. J. Peebles, P. G. Roll, D. T. Wilkinson. *Ap. J.*, **142** (1965), 414.
3. Gamow, G. *Phys. Rev.*, **74** (1948), 505; *Rev. Mod. Phys.*, **21** (1949), 367.
4. Peebles, P. J. E. *Phys. Rev. Lett.*, **16** (1966), 410.
5. Howell, T. F., J. R. Shakeshaft. *Nature*, **216** (1967), 753.
6. Felten, J. E. *Phys. Rev. Lett.*, **15** (1965), 1003.
7. Fazio, G. G., F. W. Stecker, J. P. Wright. *Ap. J.*, **144** (1966), 611.
8. Зельдович, Я. Б. Горячая Вселенная. *Вестник АН СССР*, **39** (1969), № 2, 36.
9. Whewell, W. *The Philosophy of the Inductive Sciences*, London, 1847.
10. Popper, K. *Conjectures and Refutations*. London, 1963.
11. Frank, Ph. *Philosophy of Science*. Englewood Cliffs, 1957.
12. Поликаров, А. *Относительность и кванты*. М., 1966.
13. Friedmann, A. *Zs. f. Phys.*, **X** (1922), 377.
14. Bondi, H. *Cosmology*. Cambridge, 1960.
15. Bondi, H., T. Gold. *M. N. Roy. Astr. Soc.*, **108** (1948), 252.
16. Hoyle, F. M. N. Roy. Astr. Soc., **108** (1948), 372; **109** (1949), 365.
17. Терлецкий, Я. П. Доклады АН СССР, **72** (1950), 1041.
18. Поликаров, А. *Диалектический материализм и современная физика*. С., 1950.
19. Hoyle, F., J. V. Narlikar. *Proc. Roy. Soc.*, **290** (1966), 162.
20. Hoyle, F., *Galaxies, Nuclei and Quasars*, New York, 1965.
21. McCrea, W. H. M. N. Roy. Astr. Soc., **128** (1964), 335.
22. McCrea, W. H. *Nature*, **202** (1964), 537.
23. Alfvén, H. *Worlds and Antiworlds*, San Francisco—London, 1966.
24. Alfvén, H., A. Elvius. *Science*, **164** (1969), 911.
25. Наан, Г. И. Симметричная Вселенная. *Записки Тартуской Астр. Обсерватории*, **34**, (1964), 423.
26. Сахаров, А. Д. Симметрия Вселенной, в сб.: *Будущее науки*. М., 1968.
27. Pachner, An Oscillating Isotropic Universe without Singularity, *M. N. Roy. Astr. Soc.*, **131** (1965), 173.
- 27а. Поликаров, А. Орбита, № 17, 1966.
28. Mulis, K. *Nature*, **218** (1968), 663.
29. Скурлатов, В. И. *Природа*, 1968, № 12, 96.
30. Roeder R. C., R. H. Chambers. *Nature*, **216** (1967), 774.
31. Low, Fr. *J. Science*, **164** (1969), 504.
32. Omnes, R. *Phys. Rev. Lett.*, **23** (1969), 38.
33. Gould, R. J., G. R. Burbidge. *Ap. J.*, **138** (1963), 969.
34. Friedman, H., E. T. Buram, T. A. Chubb, *Science*, **156** (1967), 374.
35. Felten, J. E., M. J. Rees, *Nature*, **221** (1969), 924.
36. Hoyle, F., N. C. Wickramasinghe, *Nature*, **214** (1967), 969.; Narlikar, J. V., N. C. Wickramasinghe. *Nature*, **216** (1967), 43.
37. Hoyle, F., N. C. Wickramasinghe. *Nature*, **223** (1969), 459.
38. McCrea, W. H. *Science*, **160** (1968), 1295.
39. Shimmins, A. J., J. G. Bolton, J. V. Wall. *Nature*, **217** (1968), 818.
40. Peebles, P. *Ap. J.*, **154** (1969), 1121.
41. Burbidge, G. R., E. M. Burbidge. *Nature*, **222** (1969), 750.
42. Burbidge, G. R., F. Hoyle. *Nature*, **216** (1967), 351.
43. Sargent, W. L. W. *Ap. J.*, **148**, (1967), L147.
44. Henry, R. C. G. Fritz, J. F. Meekins, H. Friedman, E. T. Byram. *Ap. J.*, **153** (1968), L11.
45. Heckmann, O., E. Schucking. dans: L. Witten (ed.). *Gravitation*. New York, 1963.
46. Wilkinson, D. T., R. B. Patridge. *Nature*, **215** (1967), 719.
47. Hoyle, F., J. V. Narlikar. *Nature*, **222** (1969), 1040.
48. Poincaré, H. *Dernières pensées*. Paris, 1913.
49. Muehlner and Weiss, *Phys. Rev. Lett.*, **24** (1970), 724.

Reçu le 30 mars 1970

ПОТВЪРЖДАВА ЛИ СЕ КОСМОЛОГИЧНАТА ХИПОТЕЗА НА ГАМОВ

А. Поликаров

(Резюме)

Схващането, че космическото фоново излъчване доказва космологичния модел на Гамов (Я. Б. Зельдович), е необосновано както във философско-логически, така и в емпиричен план. Всички релевантни факти подлежат на вариантна интерпретация в рамките на конкуриращи космологически модели, по-специално на определени версии на схващането за стационарността на Вселената.

ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ ЛИ КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА ГАМОВА

А. Поликаров

(Резюме)

Взгляд о том, что космологическая модель Гамова была доказана космическим фоновым излучением (Я. Б. Зельдович) является небоснованным как в философско-логическом, так и в эмпирическом плане. Все существенные факты подлежат вариантной интерпретации в рамках конкурирующих космологических моделей, в частности, исходя из определенных версий концепции о стационарности Вселенной.