

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI  
**RENDICONTI**

---

VICTOR VÂLCOVICI

**Une nouvelle direction de recherche cosmologique**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 44 (1968), n.2, p. 209–217.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1968\\_8\\_44\\_2\\_209\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1968_8_44_2_209_0)>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

---

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma  
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)*

*SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>



**Fisica matematica.** — *Une nouvelle direction de recherche cosmologique.* Nota di VICTOR VÁLCOVICI, presentata (\*) dal Socio B. FINZI.

RIASSUNTO. — Il Cosmo è, in essenza, tutto ciò che ci circonda, non soltanto nel momento presente, ma nel tempo; cioè, per definirlo si deve considerare tutto il *cronotopo* esistente ed il movimento materiale nel *cronotopo*. La Cosmologia ha ammesso qualche principio di natura assiomatica. Ma tali principi, avendo un'estensione cronotopica infinita, possono condurre ad una costruzione erronea dell'Universo. Rinunciando a tali principi ed accettando una forma più generale della legge di Hubble si giunge alla conclusione di un'origine singolare (atomica) dell'Universo, con esplosioni « big-bang ».

1. — *Introduction.* Le problème grandiose de la structure et du mouvement du Cosmos ainsi que de sa naissance et de son évolution dans le temps sont presque inabordables dans l'état actuel du pouvoir des instruments de recherches scientifiques. Et pourtant ces magnifiques problèmes ont été attaqués dans les derniers temps par un nombre imposant d'hommes de science, avec beaucoup d'énergie, avec une grande insistance, commendée, je pense, par le mystère scientifique qui est caché dedans. Le résultat de cet assaut n'est pas fameux, n'est ni même satisfaisant. La cause en est surtout la soumission forcée des raisonnements concernant la grande construction, à un nombre de « principes » qui ont la prétention de commander dans toute l'étendue du Cosmos et dans tout le temps. Ces principes ayant une telle étendue dans l'espace et dans le temps — dans le « topochrome » comme on dit en employant un terme d'origine grecque — ont été imaginés par les hommes de science afin de simplifier les opérations du travail qui mènerait à la solution.

Il serait peut-être nécessaire de nous poser la question:

Quelle est la science à laquelle il faut nous adresser pour arriver à la solution juste? Comme réponse il faut admettre dès le commencement qu'il ne s'agit pas d'une seule science qui puisse livrer la solution du problème fondamental cosmologique. Il y en a plusieurs qui devraient s'entraider mutuellement pour acheminer le chercheur vers la solution du problème.

Il faut commencer tout de même par les mathématiques qui devraient livrer une partie importante du travail, mais il ne faut pas négliger l'aide de la physique et de la chimie.

Quant aux mathématiques il faut faire l'observation très importante que c'est surtout la forme approximative des expressions mathématiques qu'il faut considérer comme réelles dans les formules cosmologiques: on devrait faire appel souvent à des considérations statistiques ou probabilistes pour venir plus près des valeurs cosmologiques concrètes.

(\*) Nella seduta del 10 febbraio 1968.

On admet en général que le matériel constructif de l'Univers présente la diversité qu'on lui connaît ici sur la terre, quoique cela ne soit aucunement démontré. Mais comme on est d'avis qu'un démenti de cette idée n'entraînerait pas des modifications essentielles dans nos raisonnements, on s'est peu occupé de cette question.

Et l'origine de cette matière?

R. J. Tayler fait l'observation ([1] p. 490) que les 92 éléments qui existent possèdent une constitution qui devait être expliquée. Mais on n'y arrive point. Cela ne signifie pas que cette explication est inexistente. On est enclin plutôt à supposer qu'il y a un processus grâce auquel tous les éléments se sont formés en partant d'un seul, existant en très grand nombre d'exemplaires et que c'est un processus qui continue cette fabrication même de nos jours. Mais la science n'est pas encore arrivée à la connaissance détaillée de ce processus.

Les procédés qui entourent ce phénomène inconnu appartiennent à une hyperchimie supérieure que nous espérons de découvrir dans l'avenir.

Dans cette atmosphère de recherche il faut nous demander continuellement quelle est la limite d'extrapolation dans l'Univers que nous pourrions permettre pour les lois physiques admises, car il est clair que l'on ne peut pas accepter l'ubiquité de ces lois – comme l'on a fait quelques fois, surtout dans les recherches cosmologiques.

2. – *La loi de Hubble.* Malgré ses défauts cette loi, la loi de Hubble, a gardé son grand prestige: c'est la seule loi générale du mouvement des corps célestes. Elle a la prétention d'imposer à tout l'Univers une dilatation générale et permanente. Formulée en 1929 par Edwin Hubble cette loi prétend que l'Univers est animé d'un mouvement d'*expansion*, de *dilatation* générale, qui se manifeste par le déplacement rayonal d'éloignement de toute galaxie considérée comme unité.

La vitesse  $v$  d'éloignement de la galaxie a l'expression

$$(1) \quad v = H r,$$

$r$  étant la distance à laquelle se trouve la galaxie considérée et  $H$  une constante,

$$(2) \quad H = 75 \frac{km}{sec (10 pc)}.$$

A propos de cette constante, il faut faire la mention qu'étant calculée à plusieurs reprises, par plusieurs hommes de science, on lui a trouvé diverses valeurs variant jusqu'à dix fois la valeur (2). On pourrait attribuer cette variation insolite, d'une part, au caractère approximatif des valeurs cosmologiques, que nous avons déjà mentionné ci-dessus; d'autre part, il faut tenir compte aussi du fait qu'il est très peu probable que la variation de la vitesse  $v$  de l'éloignement garde la même forme (1) dans tout l'Univers avec un  $H$  constant, et qu'il est bien plus probable qu'au moins  $H$  varie avec l'espace et le temps.

Il faut observer ici que l'on n'a pas indiqué l'origine d'où l'on commence à mesurer la distance  $r$ . Cela est dû au « principe cosmologique » que l'on admet dès le commencement pour la loi de Hubble. Avec ce principe on peut prendre la position de l'observateur, comme origine pour mesurer la distance  $r$ .

On verra dans les lignes qui suivent que nous n'admettons pas le principe cosmologique parfait comme valable dans la cosmologie, mais nous l'admettons tout-de même comme grandeur approximative, rien que pour définir la distance  $r$ .

3. *Contradictions.* Il faut remarquer dès à présent que si l'on prétend que cette loi est valable telle quelle dans l'Univers tout entier, elle mène à certaines *contradictions*.

D'abord il faut observer que la vitesse  $v$  fournie par cette formule pourrait prendre des valeurs dépassant la valeur de  $c$  (vitesse de la lumière dans le vide), ce qui serait en contradiction avec la théorie de la relativité.

C'est un manque de la loi de Hubble que l'on pourrait éviter en adoptant la cinématique relativiste. C'est ce que j'ai fait d'ailleurs dans un article publié dans les « Rendiconti dell'Accademia dei Lincei » [2].

En adhérant – pour le moment – aux conditions imposées par « le principe cosmologique » – c'est le principe en vertu duquel l'aspect de l'univers serait le même pour deux observateurs A et A' qui seraient liés à deux galaxies quelconques – prenons pour la loi de Hubble la forme

$$(3) \quad du = H dr,$$

en désignant par  $du$  la vitesse linéaire d'éloignement de la galaxie P' située à la distance  $r + dr$ , vitesse par rapport à la galaxie P. La vitesse  $v + dv$  du point matériel P' sera donnée par la formule relativiste de composition des vitesses

$$v + dv = \frac{v + du}{1 - \frac{v}{c} du}.$$

On en tire

$$\frac{dv}{1 - \frac{v}{c}} = du$$

si l'on néglige les quantités infinitésimales du second ordre, ou bien, avec (3),

$$\frac{dv}{1 - \frac{v}{c}} = H dr.$$

On obtiendra donc par suite d'une intégration

$$(4) \quad r = \frac{1}{2} r_0 \log \frac{1 + \beta}{1 - \beta}, \quad \beta = v/c, r_0 = c/H.$$

Il s'ensuit pour  $\beta$ , donc pour  $v$ , la formule relativiste

$$(5) \quad \beta = \operatorname{th} \frac{r}{r_0}, \quad r_0 = \frac{c}{H}.$$

Par conséquent, la formule (1) de Hubble sera remplacée par une autre, par la formule (5), qui, évidemment, n'admet la valeur  $v = c$  que pour  $r = \infty$ .

Cette nouvelle forme (5) de la loi de Hubble pourrait être mise aussi sous la forme

$$r = r_0 \beta + O(\beta^3),$$

d'où l'on peut conclure que les valeurs de  $r$  fournies par les deux formules (1) et (5) ne diffèrent pas trop l'une de l'autre, si la vitesse  $v$  reste bien inférieure à la vitesse  $c$  de la lumière. Mais la différence peut devenir importante si  $v$  tend vers  $c$ . Ainsi pour  $v = 0,2 c$ , ce qui correspond à une très grande vitesse radiale (= 60.000 km/s) on obtient par la formule (1) la valeur numérique  $r = 2,6 \cdot 10^9$  a.l., et par la formule (5), une valeur peu supérieure à celle-ci. Pour  $v = 0,9 c$  (270.000 km/s) on aura avec la formule (1)  $r = 1,17 \times 10^{10}$  a.l. et avec la formule relativiste (5),  $r = 1,9 \times 10^{10}$  a.l.

Pour avoir une vue plus complète du phénomène nous avons calculé le tableau suivant de valeurs.

*Tableau des valeurs de  $r$  d'après les formules (1) et (5) exprimées en années-lumières.*

(= $v/c$ ) . . . . .	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	0,95	0,99
formule (1) . .	$1,3 \times 10^9$	$2,6 \times 10^9$	$5,2 \times 10^9$	$7,8 \times 10^9$	$1,17 \times 10^{10}$	$1,235 \times 10^{10}$	$1,287 \times 10^{10}$
formule (5) . .	$1,3 \times 10^9$	$2,6 \times 10^9$	$5,5 \times 10^9$	$9,0 \times 10^9$	$1,9 \times 10^{10}$	$2,34 \times 10^{10}$	$3,24 \times 10^{10}$

Il faut faire la remarque qui nous sera utile dans la suite que les différences entre les deux catégories de valeurs, formule (1) et formule (5) - c'est-à-dire, newtoniennes et relativistes - ne sont pas excessives. Il faut aller jusqu'à des vitesses  $v$  très proches de la vitesse  $c$  de la lumière pour que les valeurs relativistes des distances  $r$  soient bien différentes des distances newtoniennes, c'est-à-dire plus près de l'infini.

On pourrait faire encore une autre correction à la formule de Hubble en tenant compte du déplacement de la nébuleuse pendant l'intervalle de temps mis par l'émission optique du phénomène pour atteindre l'observateur terrestre. Avec cette seconde correction de la distance  $r$  devra être remplacée par un autre  $r^*$ , supérieur à  $r$ , représentant la distance à laquelle se trouve la nébuleuse au moment où l'on reçoit sur la Terre la radiation émise. La répartition spatiale des nébuleuses à un moment donné sera donc définie par les

distances  $r^*$ ; on aura de cette manière, la vraie « carte du monde » (« world map »), tandis que les distances  $r$  ne peuvent donner qu'une apparente « image du monde » (« world picture »). En faisant les calculs on trouve

$$(6) \quad r^* - r = r_0 \log [(x + \sqrt{x^2 + 1})/\sigma],$$

avec les notations

$$x = \frac{1}{2}(\sigma^2 - 1) \quad , \quad \sigma = \exp(r/r_0)$$

et la formule de Hubble deviendra

$$(7) \quad v(r^*) = c \operatorname{th} r^*(r_0).$$

On en déduit que la différence  $r^* - r$  est une fonction de  $\sigma$ , positive et monotone croissante pour  $\sigma \geq 1$ .

Ainsi la répartition des nébuleuses dans la « carte du monde » présente une densité inférieure à celle de « l'image du monde », déterminée par les distances  $r$ .

4. - *Forme du cosmos.* Nous avons admis l'hypothèse d'un espace-temps (topochrome) de Minkowski comme modèle d'Univers. Ce modèle n'est pas en contradiction avec le mouvement préconisé par la loi de Hubble. Quant à la courbure de l'espace elle serait négligeable en supposant les galaxies comme des points de masses négligeables.

L'équation d'Einstein,

$$R_{ij} - \frac{1}{2} R g_{ij} = \chi T_{ij},$$

sera au niveau de cette approximation identiquement satisfaite, étant donné que le tenseur  $T_{ij}$  d'impulsion-énergie est nul (densité nulle) ainsi que le tenseur de Ricci,  $R_{ij}$ , (courbure nulle), donc le scalaire  $R (= R_i)$  aussi.

Mais en dehors de cette hypothèse de calcul, qui nous permet une satisfaction approximative, donc acceptable, de l'équation de la Relativité générale, on fait en outre d'autres hypothèses dont il faut passer en revue quelques-unes.

L'Univers est soumis au *principe cosmologique* c'est-à-dire il a la propriété de présenter une identité parfaite des environs de deux galaxies différentes. En dehors de cette propriété que l'on admet dans les travaux récents de cosmologie, il y en a encore deux qui jouissent du même honneur, à savoir:

a) *l'Univers en grand est homogène et isotrope*

b) La « Récession » (loi de Hubble) est gouvernée par la loi (1).

Ce mouvement des galaxies produit un éloignement réciproque entre les galaxies, donc un vide de matière que l'on a pensé remplir par une *création de matière*. Cela rappelle le célèbre corps C de Fred Hoyle - auquel il a renoncé depuis - qui avait la propriété de créer de la masse partout où il s'en fallût.

On admet en général deux formes différentes ([4], p. 9) pour le phénomène de la naissance du cosmos, à savoir:

I. *L'origine singulière* (atomique) qui doit être complétée par des explosions (*big-bang*);

II. *Permanence du courant cosmologique* (sans naissance). Exemple le modèle de *Bondi-Gold* connu sous le nom de « steady state theory » (« théorie de l'état stable ») ([4], p. 140).

Pour le moment nous n'avons pas de motifs qui nous fassent incliner pour l'une ou pour l'autre des deux possibilités.

Dans le cas où la première était la vraie, on pourrait accepter la forme simple (1), respectivement (5), pour la loi de Hubble. Ce serait le cas naturel d'un « *big-bang* ». Mais dans le cas II (Permanence perpétuelle du courant cosmologique) il est plus probable que la forme (1) de la loi de Hubble ne représente qu'une première approximation d'une autre forme de la loi, à savoir

$$(8) \quad \bar{v} = \bar{f}(\bar{r}, t),$$

qui puisse englober le Cosmos tout entier ( $\bar{v}$ ,  $\bar{r}$ ,  $\bar{f}$ , vecteurs).

5. - *Importance des principes-axiomes*. Commençons par le *principe cosmologique* que nous venons d'énoncer. Pourrait-on lui garder toute son intégrité quand on sait, on vient de le constater, qu'à des distances de quelques milliards d'a.l. il y a dans le cosmos des géants de lumière du genre des « quasars » ou bien des « galaxies bleues »? Un de ces géants situé à la distance d'un milliard et demi d'a.l. de nous a le diamètre égal à une a.l., a la luminescence de 200 milliards de soleils, a la vitesse de 40.000 km/s et possède la matière de mille galaxies ensembles.

Depuis, Fred Hoyle a découvert plus de 120 quasars et il a constaté que leur luminescence croît avec la distance à laquelle ils se trouvent. Ces colosses ainsi que d'autres similaires, dont on suppose l'existence sont difficilement conciliables avec la propriété d'homogénéité et d'isotropie du cosmos; et cela va sans dire que la présence des mêmes corps dans le cosmos avec une distribution très irrégulière, annule aussi le principe cosmologique.

Il faut renoncer en général aux principes axiomatiques qui auraient la prétention d'étendre leur valabilité sur le cosmos tout entier, pour le simple motif, qu'on ne peut pas les vérifier sur cette étendue. On les admet au fond afin de simplifier les problèmes cosmologiques; mais très souvent ces simplifications conduisent sur des voies de recherches qui ne sont pas celles de la réalité.

Je pense que c'est la première fois que l'on propose un renoncement aux principes généraux, en motivant scientifiquement cette annulation des principes.

6. - *Création de la nouvelle masse*. On s'est habitué maintenant de concevoir de la nouvelle masse pour remplir le vide de l'Univers créé par la Récession de la loi de Hubble. H. Bondi dit textuellement dans son traité de Cosmologie ([4], p. 140):

« Puisque l'univers doit (pour des motifs thermodynamiques) s'élargir il faut que de la masse nouvelle soit créée continuellement afin que la densité reste constante ».

Rien que dans cette phrase on admet un nouveau principe-axiome: la densité doit rester constante.

Dans d'autres travaux cosmologiques on trouve d'autres causes de principe pour motiver la création de la nouvelle masse. Je tiens à citer surtout la suivante: *il faut reconstruire l'équilibre des masses après le déséquilibre causé par la récession.*

Dans une note récente j'avais proposé une autre forme « d'équilibrer » les masses, pour éviter la forme tout-à-fait antiphysique de la création. Voilà comment. Si la formule simple de Hubble est remplacée par la formule plus générale (8) on peut compter alors sur des oscillations des valeurs absolues de la vitesse dans le topochrome, de sorte que le vide causé dans la matière par le récession de Hubble pourrait être rempli par le mouvement contraire, en sens inverse, de la contraction de la masse. On pourrait imaginer une fonction (8) généralisant la fonction linéaire de Hubble et présentant des oscillations pour les valeurs de  $v$  de manière à pourvoir à l'Univers les masses déficitaires. Considérons, en effet, l'intervalle ascendant du temps  $t$ ,  $(t_0, t_1)$ , le moment  $t_1 (> t_0)$  correspondant au maximum  $v_1 (\leq c)$  du vecteur  $v$ , et supposons que dans l'intervalle suivant  $(t_1, t_2)$  de  $t$ , avec  $t_2 > t_1$ , la vitesse  $\bar{v}$  prenne des valeurs décroissantes jusqu'à  $v_2$ , minimum de  $|v|$  dans cette intervalle.

De cette façon nous aurons défini une première oscillation de la variation des valeurs absolues  $|v|$  prises dans l'intervalle  $(t_0, t_1)$  de récession et par celles prises dans son succédant  $(t_1, t_2)$  de contraction.

Nous supposerons que la somme des masses de récession, portant le signe — (moins), somme étendue sur un certain domaine assez grand du courant du cosmos, sera en équilibre avec la somme correspondante des masses de contraction portant le signe + (plus) et étendues sur un domaine qui contienne un nombre de masses apparaît très probable vu la longueur du Cosmos.

Toujours en rapport avec la question de la création de masse je dois citer ici le récent travail de T. Y. Thomas [6] où il arrive à la conclusion que *la masse dans une région mobile de l'espace est une fonction toujours croissante du temps  $t$ .*

Son point de départ, en opérant dans la relativité générale, est le système différentiel

$$(9) \quad ds^2 = V^2(x, t) dt^2 - g_{ij}(x, t) dx^i dx^j,$$

$V(x, t)$  étant une fonction positive et  $g_{ij}(x, t)$  les coefficients d'une forme quadratique positive définie,

$$(10) \quad d\sigma^2 = g_{ij}(x, t) dx^i dx^j, \quad (i, j = 1, 2, 3),$$

les coordonnées  $x^i$  représentant l'espace de Riemann correspondant.

L'auteur suppose que partout dans l'univers il y a une densité de masse  $\rho(x, t)$ , soit-elle infiniment petite, et que toute région participe à l'expansion universelle. Ainsi il arrive, par des calculs pas trop compliqués, à la relation

$$(11) \quad \frac{d}{dt} \int_{R(t)} \rho \, d\lambda > 0,$$

où  $R(t)$  signifie une partie quelconque de l'Univers et  $d\lambda$  un élément de volume, lié à l'élément  $d\tau$  de volume ordinaire par la relation

$$d\lambda = \frac{d\tau}{\sqrt{1-v^2/V^2}}.$$

L'inégalité (11) démontre, en effet, que la masse est une fonction toujours croissante du temps  $t$ , mais il faut observer que la densité  $\rho(x, t)$  est en effet, infiniment petite et une sommation de telles masses ne pourrait en général atteindre la quantité de masse perdue par la récession - des corps entiers. On voit d'ailleurs même du tableau numérique inscrit au nr. 3 que les valeurs relativistes de  $v$  arrivent très difficilement à surpasser de beaucoup des valeurs newtoniennes et qu'elles restent en général comparables les unes aux autres.

Avant de se prononcer pour une conclusion je pense qu'il est nécessaire de signaler un phénomène qui suscite de beaux espoirs.

Je fais allusion au corpuscule « neutrino » et à ses qualités extraordinaires, découvertes par « Wolfgang Pauli ». Il s'agit d'un corpuscule dont la marche libre mesure la longueur de  $10^{30}$  d'a.l., de sorte que l'on pourrait disposer de phénomènes qui ont eu lieu dans l'univers il y a  $10^{30}$  années.

#### CONCLUSION.

Nous avons essayé, dans les lignes qui précèdent, de présenter un des plus difficiles problèmes de la nature, le problème de l'Univers: est-ce qu'on peut arriver à lui connaître au moins très approximativement, l'origine et la vie? Je me suis permis de simplifier ce difficile problème, autant que possible, en renonçant à un nombre d'importantes questions, que je n'ai pas considérées indispensables pour arriver dans nos recherches à une idée presque satisfaisante de l'existence de l'Univers. D'autre part j'ai exclu de nos raisonnements un tas de principes-axiome que l'on emploie très souvent dans les recherches scientifiques de cosmologie; on les emploie pour simplifier le chemin qui mène à la solution, en le débarassant de bien des conditions qui empêchent la marche libre du raisonnement, c'est vrai, mais le chemin tellement simplifié pourrait très bien s'abattre grossièrement du chemin de la réalité. Aussi ai-je renoncé à toutes ces simplifications du raisonnement.

Je pars donc dans nos recherches de la seule loi qui trouve l'approbation de tout le monde cosmologique, la loi de Hubble. Je trouve qu'il est naturel de l'attacher à une *origine singulière* (atomique) suivie par des explosions de

big-bang. Le mouvement qui s'ensuivrait pourrait très bien être caractérisé comme mouvement Hubble, sauf la loi qui n'est exprimée par (1), que d'une manière très approximative.

C'est la forme que je considère comme la plus probable pour le cosmos dans les conditions du présent.

#### BIBLIOGRAPHIE.

- [1] R. J. TAYLER, *The origin of the elements, The Instit. of physics and the physical society*, « Reports on progress in Physics », vol. XXIX, Part. II, p. 489 (1966).
- [2] V. VÁLCOVICI, « Rendiconti dei Lincei (Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali) », bid. serie VIII, vol. XXV, fasc. 6, décembre 1958.
- [3] V. VÁLCOVICI, « Rendiconti dei Lincei (Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali) », bid. serie VIII, vol. XXV, fasc. 6, décembre 1958.
- [4] V. VÁLCOVICI, « C. R. Acad. Sc. Paris », t. 265, pp. 392-400 (2 oct. 1967).
- [5] H. BONDI, « Cosmology », 2<sup>e</sup> ed., Cambridge 1960.
- [6] T. Y. THOMAS, *On the creation of Mass in an expanding Universe*, « Proceedings of the Nat. Acad. of Science of U.S.A. », vol. 56, nov. 1966, nr. 5, p. 1349.