

Zeitschrift:	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber:	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band:	35 (1977)
Heft:	160
Artikel:	Le problème cosmologique et ses hypothèses IV
Autor:	Dubois, J.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-899409

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

vier. Das Ringsystem liegt in der Aequatorebene des Planeten. Es ist noch nicht bekannt, ob die Ringe aus Eisstücken, beispielsweise aus Wassereis, oder aus Gesteinskörpern bestehen. Sie wurden bisher noch nie beobachtet, weil sie sehr schmal sind und sich so nahe beim Planeten befinden. Somit ist Saturn nicht der einzige Planet mit einem Ringsystem. Diese astronomische Entdeckung könnte die von der NASA während des nächsten Jahrzehnts angestrebte Erforschung des Uranus mit unbemannten Raumsonden fördern.

Adresse des Verfassers:

Lic. oec. OTTO WALTHERT, Landesgruppenleiter Schweiz der Hermann-Oberth-Gesellschaft e. V., Adlingenstrasse 1, CH-6020 Emmenbrücke.

Literatur:

IAU Circ. Nr. 3048, 14. März 1977

Uranus believed to be ringed by five belts, *Aviation Week & Space Technology*, 4. April 1977

Evidence of Uranus rings grows, *Aviation Week & Space Technology*, 25. April 1977

The rings of Uranus, *Sky and Telescope*, Mai 1977

Le problème cosmologique et ses hypothèses IV

par J. DUBOIS

Hypothèses de la théorie de DIRAC

Introduction

J'examine ici une théorie qui a en commun avec celle de HOYLE et NARLIKAR^{1,2)} d'aboutir à une variation de la masse des particules et de la constante de la gravitation universelle. Cette théorie est, à mon avis, encore plus subtile que la précédente et je puis faire au sujet du travail qui suit une réserve analogue à celle que j'avais alors formulée, à savoir que ce que je présente doit être compris comme une tentative de dégager des hypothèses.

Les grands nombres

Bien que cela ait déjà été mentionné dans un appendice au deuxième article consacré à la théorie de HOYLE et NARLIKAR²⁾, il y a lieu de rappeler que l'on peut former de très grands nombres, dont le rôle est fondamental dans la théorie de DIRAC. Ces nombres sont de l'ordre de $(10^{39})^n$ à $(10^{40})^n$, sans dimension au sens de la physique et s'obtiennent en calculant des rapports où interviennent des constantes de la physique atomique et des constantes d'origine astronomique.

Nous introduisons donc:

- e: charge de l'électron ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.)
- m_e : masse de l'électron ($9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.)
- m_p : masse du proton ($1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.)
- c: vitesse de la lumière ($3 \cdot 10^8$ m/s.)
- G: constante de la gravitation universelle ($6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm 2 /kg. 2)
- R(t): paramètre d'échelle qui s'introduit dans les modèles relativistes (voir ORION no. 155, p. 86 et 87).
- H_0^{-1} : inverse de la valeur actuelle de la «constante» de HUBBLE (10^{17} s.) et dans un modèle de FRIEDMANN (voir ORION no. 155, p. 87) c'est de l'ordre de grandeur de la durée qui nous sépare actuellement de l'instant où $R(t) = 0$, c'est-à-dire de la singularité du mo-

dèle (voir figure dans ORION no. 158, p. 15). Il est évident que H_0^{-1} est fonction du temps.

Alors nous pouvons calculer les grandeurs suivantes:

cH_0^{-1} : distance parcourue par la lumière en 10^{17} s. en supposant l'espace euclidien.

e^2/mec^2 : rayon classique de l'électron, c'est-à-dire rayon d'une sphère conductrice portant une charge e et ayant une masse me.

e^2/mec^3 : temps que met la lumière pour parcourir le rayon classique de l'électron.

On peut calculer un premier nombre χ_1 en mesurant la durée H_0^{-1} , que certains appellent l'âge de l'univers, en prenant comme unité e^2/mec^3 . On trouve alors un nombre χ_1 de l'ordre de 10^{40} .

Si l'on évalue le nombre de particules actuellement observables (en supposant l'espace euclidien et ne contenant que des atomes d'hydrogène), c'est-à-dire disposées dans une sphère de rayon cH_0^{-1} , on trouve un nombre χ_2 de l'ordre de 10^{78} ou $(10^{39})^2$. On utilise pour ce calcul l'estimation de la densité actuelle de la matière dans l'univers. $3 \cdot 10^{-31}$ g/cm 3 .

Dans le système M.K.S.A. l'intensité de la force électrostatique F_e entre un électron et un proton est donnée par la loi de COULOMB:

$$F_e = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r^2} \quad (54)$$

r: distance entre l'électron et le proton.

ϵ_0 : constante diélectrique du vide ($8,86 \cdot 10^{-12}$ Cb/Vm.)

L'intensité de la force gravifique F_g est donnée par:

$$F_g = G \frac{m_e m_p}{r^2} \quad (55)$$

Si maintenant nous formons le rapport de l'intensité de la force électrostatique à l'intensité de la force gra-

vifique entre l'électron et le proton, nous obtenons un nombre χ_3 de l'ordre de 10^{39} .

$$\chi_3 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 G m_e m_p} \quad (56)$$

On peut encore obtenir un grand nombre en considérant la distance $D = cH_0^{-1}$ et en faisant le rapport $\chi_4 = D/10^{-15}$ (10^{-15} m. étant l'ordre de grandeur du noyau atomique), on trouve $\chi_4 = 10^{40}$.

Hypothèse dite des grands nombres

Avec les nombres χ_1 , χ_2 , χ_3 et χ_4 nous pouvons écrire les égalités suivantes, par exemple:

$$\chi_1 = \chi_3 = \chi_4 \quad (57)$$

$$\chi_1^2 = \chi_3^2 = \chi_4^2 = \chi_2 \quad (58)$$

Or dans le calcul de χ_1 , χ_2 et de χ_4 figure la valeur actuelle H_0 de la «constante» de HUBBLE et dans les modèles relativistes usuels cette constante varie au cours du temps. Il est vrai que dans le cas du modèle relativiste stationnaire H est constant. Mais actuellement ce modèle est écarté car il est en désaccord avec l'observation. Par ailleurs, dans le modèle statique d'EINSTEIN* H est nul et il faut trouver une explication différente de l'expansion pour décrire le décalage spectral vers le rouge (pour la constante de HUBBLE: voir ORION no. 156. p. 130 et 131). Ainsi, en ne tenant pas compte provisoirement de ces deux modèles, nous voyons que les grands nombres χ_1 , χ_2 et χ_4 dépendent du temps. Par contre χ_3 est une vraie constante selon les conceptions habituelles de la physique. Alors que certains cosmologistes pensent que des relations telles que (57) ou (58) ne sont que de simples coïncidences qui disparaîtront avec le temps, DIRAC estime au contraire qu'elles n'en sont point et que toutes les relations similaires à (57) ou (58) que l'on peut établir entre ces grands nombres sont *toujours vraies*. Cela implique que χ_2 doit aussi varier avec le temps.

C'est cette idée qui constitue *l'hypothèse dite des grands nombres* que l'on peut tenter d'énoncer de la façon suivante³:

Tous les grands nombres sans dimension de l'ordre de $(10^{39})^n$ à $(10^{40})^n$ que l'on peut obtenir à l'aide de données fondamentales de la physique atomique ou de l'astronomie sont fonctions du temps.

DIRAC pense que sans cette hypothèse on ne peut pas comprendre l'existence de ces grands nombres. Cette hypothèse impose le choix d'un modèle cosmologique, et à ce propos, il faut bien noter que DIRAC s'en tient strictement aux modèles relativistes qu'il considère comme les mieux adaptés à l'observation. Mais le ou les modèles retenus ne peuvent être qu'indépendants du temps.

* Le modèle d'EINSTEIN, caractérisé par une constante cosmologique $\Lambda > 0$, est fermé et la fonction $R(t)$ y est constante (voir ORION no. 155 p. 88).

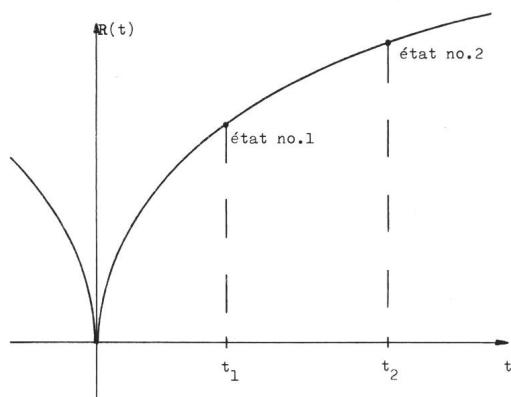


Fig. 1: $t_2 - t_1$ = durée déterminée par le modèle.

En effet dans un modèle évolutif on peut calculer des durées qui sont caractéristiques du modèle. Par exemple, dans un modèle oscillant, la durée d'une oscillation. Plus généralement le passage d'un état no. 1 à un état no. 2 s'effectue en une durée déterminée par le modèle. Cela est illustré sur le dessin suivant (Fig. 1) pour un modèle de FRIEDMANN lequel est déterminé par la forme de la courbe $R(t)$ (voir ORION no. 155, figure p. 87). Changer de modèle revient à changer la forme de la courbe et alors la durée de l'évolution de l'état no. 1 à l'état no. 2 sera différente de la précédente.

Or on peut toujours choisir deux états tels que la durée qui les sépare, mesurée en une unité convenablement choisie (par exemple e^2/m_ec^3) soit un nombre de l'ordre de 10^{39} . Alors selon l'hypothèse des grands nombres cette durée devrait être fonction du temps ce qui est en contradiction avec le modèle lui-même. Donc les seuls modèles relativistes acceptables doivent être statiques. Il y a celui d'EINSTEIN, déjà mentionné, et celui de MINKOWSKI lequel est euclidien et vide de matière.

Revenons à l'égalité (54), χ_3 variant au cours du temps, l'une au moins des constantes contenues dans χ_3 doit aussi varier au cours du temps et cela contrairement aux enseignements de la physique. Pour fixer cette variation, DIRAC fait l'hypothèse suivante:

Hypothèse no. 2

Tout nombre $\chi = (10^{39})^n$ varie proportionnellement à t^n .

Ainsi le nombre χ_2 varie proportionnellement à t^2 , et les nombres χ_1 , χ_3 et χ_4 varient proportionnellement à t .

Pour χ_2 cela implique que le nombre de particules observables augmente au cours du temps. On retrouve là le phénomène de création continue de la matière. Pour cela DIRAC propose deux modes soit:

Hypothèse no. 3a

Les nouveaux atomes sont créés là où il y a déjà de la matière et proportionnellement à celle-ci.

Cette création est dite *multiplicative*.

Hypothèse no. 3b

Les nouveaux atomes sont créés uniformément dans tout l'espace donc essentiellement dans l'espace intergalactique.

Cette création est dite additive.

DIRAC montre alors que l'hypothèse de création multiplicative est compatible avec un modèle d'univers à constante cosmologique non nulle, ce qui n'est pas le cas de la création additive. Alors DIRAC associe le modèle d'EINSTEIN et la création multiplicative d'une part, et l'espace-temps de MINKOWSKI et la création additive de l'autre.

Pour χ_3 il faut choisir la ou les constantes de la physique ou de l'astronomie susceptibles de varier au cours du temps. Dans ce choix DIRAC est guidé par le désir de demeurer en accord avec la théorie de la relativité générale. Cela exclut alors une variation de la constante G de la gravitation universelle. Par ailleurs les phénomènes de la physique atomique, bien décrits par la mécanique quantique, excluent une variation des constantes de la physique.

Les deux espaces-temps

Il est certainement très banal de dire qu'une théorie mécanique, par exemple celle de la gravitation universelle de NEWTON, fait intervenir les concepts d'espace et de temps. Élaborés dans un espace-temps théorique, les calculs conduisent à certains résultats que l'on souhaite naturellement confronter avec l'observation. Or cette observation s'effectue avec des instruments qui directement ou indirectement utilisent les propriétés atomiques de la matière. Rappelons que les définitions actuelles du mètre étalon et de la seconde étalon reposent sur des transitions atomiques. Il existe maintenant des horloges dites atomiques.

Alors rien ne permet d'affirmer que le temps théorique de la mécanique soit identique au temps de l'horloge atomique. En fait cette identification est admise implicitement, car sans cela, comment confronter théorie et observations? Il en est de même pour, par exemple, la distance terre-lune. Elle peut être mesurée au radar et on obtient une distance dite «atomique» et à son sujet on peut poser la même question que pour le temps. Cette distance est-elle identique ou non à la distance calculée théoriquement?

L'idée de DIRAC est qu'il y a lieu de maintenir la distinction entre l'espace-temps dans lequel on effectue des développements théoriques et celui dans lequel on effectue les mesures. D'où l'hypothèse suivante:

Hypothèse no. 4

On distingue l'espace-temps utilisé en relativité générale, caractérisé par un «intervalle» ds_E , de celui qui intervient en physique atomique et est caractérisé par un «intervalle» ds_A .

Le premier espace-temps, noté E, est utilisé pour l'étude du mouvement des planètes et plus généralement des phénomènes gravifiques. Le temps relatif à cet espace est noté t_E . Le deuxième espace-temps,

noté A, apparaît en particulier lors des mesures de distances ou de temps effectuées par des appareils utilisant des longueurs d'onde ou des fréquences de radiations dues à des transitions atomiques. Le temps relatif à cet espace est noté t_A .

On peut dire de façon un peu sommaire que la théorie peut être développée aussi bien dans l'espace-temps A que dans l'espace-temps E, mais que la mesure des grandeurs se fait toujours dans l'espace-temps A. Il en résulte que l'on peut utiliser indifféremment le temps t_A ou t_E pour décrire théoriquement le mouvement des planètes, mais que l'observation de la variation d'une grandeur physique ne peut se faire que par rapport au temps t_A puisqu'elle nécessite des mesures. Ces temps t_A et t_E ne sont pas indépendants car il existe une relation entre ds_A et ds_E (voir appendice).

Le temps t introduit dans l'hypothèse no. 2 est en fait le temps t_A car le nombre χ_1 a été calculé en utilisant $e^2/m_e c^3$ comme unité de temps, et e et m_e sont des constantes atomiques.

Hypothèse no. 5

Dans l'espace-temps «E» seules les constantes atomiques peuvent varier au cours du temps. Dans l'espace-temps «A» seules la constante G et des grandeurs macroscopiques peuvent varier au cours du temps.

G: constante de la gravitation universelle.

Si le problème est traité du point de vue de la physique atomique, donc dans l'espace-temps A, dans le grand nombre χ_3 seule la constante G peut varier. Comme χ_3 varie proportionnellement à t_A , G doit varier proportionnellement à t_A^{-1} (voir formule 56).

Notons encore que le fait de retenir des modèles cosmologiques relativistes implique que les hypothèses qui sont à la base de ces modèles sont implicitement admises (voir ORION no. 155).

Finalement il est essentiel de bien comprendre que les grandeurs physiques susceptibles de varier au cours du temps se répartissent en deux catégories. Celles qui sont variables dans les deux espaces-temps et celles qui demeurent constantes dans l'un des deux espaces-temps. Dans la première catégorie on trouve les grands nombres. Par exemple l'augmentation du nombre de particules χ_2 se produit aussi bien dans l'espace-temps A que dans l'espace-temps E. Ce qui distingue les deux cas, c'est la forme mathématique de cette dépendance. Dans le premier χ_2 varie proportionnellement à t_A^2 , dans le deuxième χ_2 est une fonction différente de t_E , laquelle dépend de plus du mode de création envisagé (voir appendice formules (82) et (84)). Dans la deuxième catégorie on trouve des «constantes» telles G (variable dans l'espace-temps A) ou m_e (variable dans l'espace-temps E). Ce qu'il faut noter à leur sujet est que, considérées dans l'espace-temps où elles sont variables, leur variation peut s'exprimer indifféremment en fonction du temps t_A ou t_E . Encore que, si l'on désire confronter théorie et observation, il faut utiliser le temps t_A .

Modèle basé sur la création multiplicative

Nous avons vu plus haut que l'hypothèse no. 2 entraîne une augmentation du nombre de particules observables dans l'univers proportionnellement à t_A^2 . Et selon l'hypothèse de création multiplicative cette augmentation se produit là où de la matière existe déjà, dans les étoiles par exemple. Autrement dit, le nombre d'atomes dont une étoile est faite augmente proportionnellement à t_A^2 (on néglige ici complètement les transformations nucléaires qui sont à l'origine de l'énergie rayonnée par l'étoile ainsi que son évolution). Nous avons aussi vu que DIRAC associe le modèle d'univers d'EINSTEIN et la création multiplicative. Or dans ce modèle, comme dans tous les modèles relativistes où l'on néglige la présence de l'énergie rayonnée, la masse totale de l'univers est conservée. A cela s'ajoute que, par l'hypothèse no. 5, dans l'espace-temps E la masse d'une étoile demeure constante. Alors la seule possibilité est d'admettre que la masse de chaque atome ou plus précisément celle des particules élémentaires (électron, proton, neutron, etc.) diminue proportionnellement à t_A^{-2} ce qui est d'ailleurs possible, toujours selon l'hypothèse no. 5, puisque nous examinons les choses dans l'espace-temps E. Nous pouvons encore déterminer la variation d'autres « constantes » fondamentales de la physique atomique. A l'aide du grand nombre χ_3 on trouve que la charge de l'électron e varie proportion-

nellement à $t_A^{-1,5}$, puis avec la constante de la structure fine e^2/hc , que la constante de PLANCK h varie comme t_A^{-3} . La formule de BALMER montre alors que la fréquence d'une radiation émise varie proportionnellement à t_A . Ce qui, comme dans la théorie de HOYLE et NARLIKAR, permet d'expliquer le décalage spectral vers le rouge dans le spectre des galaxies bien que le modèle d'univers soit statique.

Il est aussi intéressant d'examiner la description du même univers dans le cadre de l'espace-temps A. Entre les temps t_A et t_E nous avons la relation suivante (voir appendice):

$$t_E = \log t_A$$

et lorsque t_A varie de 0 à $+\infty$, t_E varie de $-\infty$ à $+\infty$. Ainsi au modèle d'EINSTEIN, infini dans le temps, correspond un modèle, non relativiste, qui a une « origine » en $t_A = 0$.

Pour avoir une idée de ce que peut être ce modèle, on considère le grand nombre $\chi_4 = 10^{40}$ et, selon l'hypothèse des grands nombres, χ_4 donc la distance $D = cH_0^{-1}$ varie proportionnellement à t_A . Nous avons ainsi un modèle à expansion illimitée dans le temps t_A . Remarquons que D ne doit pas être confondu avec le paramètre d'échelle R des modèles relativistes. Précisons encore que ce modèle n'est que suggéré dans le texte original de DIRAC. Par contre, il est mentionné explicitement dans une publication de ROXBURGH⁴).

Modèle basé sur la création additive

Selon le mode de création additive la masse totale du fluide auquel on assimile la matière dans les modèles cosmologiques relativistes, augmente au cours du temps. Pour que cela soit conciliable avec l'espace-temps de MINKOWSKI (lequel est vide de matière), DIRAC fait l'hypothèse supplémentaire suivante:

Hypothèse no. 6:

Il existe une répartition uniforme de matière à masse négative de sorte que la densité moyenne de la matière dans l'univers reste nulle. Cette matière n'est soumise qu'à l'interaction gravifique.

Cette matière n'est donc pas directement observable. Par contre, elle peut l'être indirectement par des effets de nature purement gravifiques. Il ne faut pas la confondre avec l'anti-matière de la physique nucléaire.

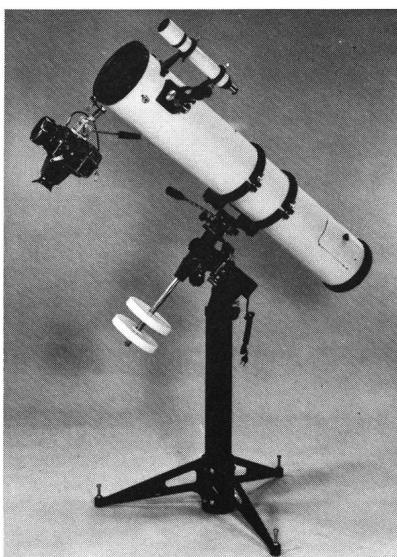
DIRAC montre qu'il est encore possible de rendre compte, dans ce modèle, du décalage spectral vers le rouge.

Conclusion

Pour conclure, examinons la position de cette théorie par rapport aux hypothèses générales présentées au début du premier article (voir ORION No. 155): On constate alors que:

- Cette théorie nous propose de nouvelles lois de la physique (par rapport à celles qui sont observables en laboratoire, voire en contradiction avec elles).

ROYAL PRÄZISIONS-TELESKOPE



Sehr gepflegte japanische Fabrikation
Refraktoren mit Objekten von 60—112 mm Öffnung
Reflektoren mit Spiegeln von 84—250 mm Öffnung
Große Auswahl von Einzel- und Zubehörteilen
VERKAUF BEI ALLEN OPTIKERN
Generalvertretung, **GERN**, OPTIC, Bevaix NE

- b) Elle ne conduit pas à un modèle unique, aussi longtemps que l'observation ne permet pas de décider entre les deux modes de création.
- c) Il est plus difficile de préciser sa position par rapport au principe de MACH, bien que l'hypothèse dite des grands nombres puisse être considérée, dans une certaine mesure, comme exprimant une relation entre l'univers pris dans son ensemble et la matière locale.
- d) Elle satisfait implicitement au principe cosmologique puisqu'elle fait usage de modèles relativistes.
- e) Elle suppose que l'univers observable est fait de matière.

Il y a encore lieu de signaler que l'idée de considérer deux espaces-temps repose aussi sur des considérations strictement théoriques à savoir une tentative d'unifier la théorie de la relativité générale et celle de l'électromagnétisme en les plaçant dans un cadre plus général⁵.

Finalement le lecteur aura remarqué quelque analogie entre la théorie de DIRAC et celle de HOYLE et NARLIKAR. Dans les deux on peut obtenir des images différentes de l'univers selon que l'on se place dans un espace-temps ou dans un autre mais dont les intervalles ds ne sont pas indépendants (voir appendice). Mais l'analogie s'arrête là car il me semble que la théorie de DIRAC n'est pas invariante lors d'une transformation conforme (voir ORION No 157, p. 145-146). En effet, en se plaçant dans le cas de la création multiplicative, et si l'on assimile la relation entre ds_E et ds_A (voir appendice: formule [81]) à une transformation conforme, on trouve que la masse d'une particule élémentaire, le proton par exemple, augmente proportionnellement au temps t_A , ce qui est en contradiction avec le résultat obtenu plus haut.

Appendice

Relation entre ds_E et ds_A et t_E et t_A .

Je rappelle que l'intervalle ds d'un espace-temps est une formule qui permet d'exprimer en une même relation la distance, au sens commun du terme, et la durée séparant deux événements se produisant en deux points distincts et à des instants différents. Par exemple dans un espace-temps euclidien, celui de la physique classique et aussi celui dans lequel nous situons toutes nos activités habituelles, nous pouvons écrire:

$$ds^2 = dt^2 - \frac{1}{c^2} (dx^2 + dy^2 + dz^2) \quad (59)$$

formule dans laquelle dx , dy et dz sont les différences de coordonnées entre les deux points supposés voisins et dt est l'intervalle de temps séparant les deux événements supposé, lui aussi, petit.

Dirac a établi deux relations entre ds_E et ds_A (une par mode de création). Pour cela il considère le mouvement de la terre autour du soleil. En mécanique classique le mouvement des planètes est décrit dans un espace-temps euclidien dont l'intervalle ds est donné par (59) ou si l'on utilise les coordonnées sphériques, par:

$$ds^2 = dt^2 - \frac{1}{c^2} (dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\varphi^2) \quad (60)$$

où r , θ et φ sont les coordonnées de la terre par rapport au soleil. Dans (60) Dirac pose $c = 1$ et sans dimension. Alors toutes les vitesses seront des nombres sans dimension et plus petits que un.

Si l'on néglige l'influence des autres planètes le mouvement de la terre est plan, donc $\theta = \text{constante}$ ce qui implique $d\theta = 0$ (on peut choisir $\theta = \frac{\pi}{2}$). Et si l'on considère la situation à un instant donné alors $dt = 0$. Et (60) se récrit:

$$ds^2 = -dr^2 - r^2 d\varphi^2 \quad (61)$$

Enfin, en admettant que la trajectoire soit circulaire (ce qui est une très bonne approximation si l'on examine ce qui se passe pendant une courte durée), nous avons $r = \text{constante}$, donc $dr = 0$, d'où:

$$ds^2 = -r^2 d\varphi^2 \quad (62)$$

ou encore: $ds \sim r d\varphi$ (63)

Le symbole \sim signifie proportionnel à.

D'autre part les équations de la mécanique donnent:

$$ma = F_g \quad (64)$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \quad (65)$$

ou $v^2 r = GM$ (66)

v : vitesse de la terre.

a : accélération de la terre.

m : masse de la terre.

M : masse du soleil.

F_g : intensité de la force d'attraction newtonienne.

et en éliminant r entre (63) et (66), on obtient:

$$ds \sim \frac{GMd\varphi}{v^2} \quad (67)$$

Dans les deux espace-temps v est une constante comme fraction de la vitesse de la lumière. $d\varphi$ est aussi le même dans les deux systèmes comme mesure d'angle ou rapport de deux longueurs.

Dans l'espace-temps A , G_A , M_A et r_A peuvent varier au cours du temps, et (67) se récrit:

$$ds_A \sim \frac{G_A M_A d\varphi}{v^2} \quad (68)$$

Dans l'espace-temps E , G_E , M_E et r_E sont constants, et (67) se récrit:

$$ds_E \sim \frac{G_E M_E d\varphi}{v^2} \quad (69)$$

Alors, en éliminant v^2 et $d\varphi$ entre (68) et (69)

$$ds_A \sim \frac{G_A M_A ds_E}{G_E M_E} \quad (70)$$

Par l'hypothèse des grands nombres $G_A \sim t_A^{-1}$. La variation de M_A dépend du mode de création adopté. Dans le cas de la création multiplicative $M_A \sim t^2$ car le nombre de particules χ_2 augmente comme $t^2 A$. Alors $G_A M_A \sim t_A$ et par (70):

$$ds_A \sim t_A ds_E \quad (71)$$

Dans le cas de la création additive, M_A est constant puisque la création a lieu essentiellement dans l'espace intergalactique et:

$$ds_A \sim t_A^{-1} ds_E \quad (72)$$

Ce sont les deux relations cherchées entre ds_A et ds_E .

Si l'on examine ce qui se passe en un lieu donné (c'est-à-dire un point de l'espace mais à des instants différents) alors $dr = d\theta = d\varphi = 0$ et:

$$ds = dt \quad (73)$$

que nous introduisons dans (71) d'où:

$$dt_A \sim t_A dt_E \quad (74)$$

ou, en introduisant une constante de proportionnalité K ,

$$dt_E = K \frac{dt_A}{t_A} \quad (75)$$

et, en intégrant cette équation différentielle on trouve:

$$t_E = K \log |t_A| + \log |C| \quad (76)$$

C étant une constante d'intégration.

En reliant les deux échelles de temps par la condition:

$$t_E = 0 \text{ si } t_A = 1$$

nous obtenons $\log C = 0$, et il reste:

$$t_E = K \log |t_A| \quad (77)$$

Cette relation n'est pas définie pour $t_A = 0$, et si t_A varie de 0 à $+\infty$ ou de 0 à $-\infty$, t_E varie de $-\infty$ à $+\infty$. Il suffit donc de retenir les valeurs positives de t_A .

Examinons maintenant le cas de la création additive avec la relation (72) dans la quelle on pose $ds = dt$, d'où:

$$dt_A = K' t_A^{-1} dt_E \quad (78)$$

où K' est une constante de proportionnalité.

En intégrant cette équation différentielle, on trouve:

$$t_E = K' t_A^2/2 + C' \quad (79)$$

Avec la condition $t_E = 0$ si $t_A = 0$, la constante d'intégration C' s'annule et nous obtenons:

$$t_E = K' t_A^2/2 \quad (80)$$

(77) et (80) sont les deux relations cherchées entre t_E et t_A .

En fait, dans son article, Dirac attribue la valeur un aux constantes K et K' . Alors, en résumé, nous avons:

Dans le cas de la création multiplicative,

$$ds_A \sim t_A ds_E \quad (81)$$

et: $t_E = \log t_A \quad (82)$

Dans le cas de la création additive,

$$ds_A \sim t_A^{-1} ds_E \quad (83)$$

$$t_E = \frac{1}{2} t_A^2 \quad (84)$$

Références:

- 1) DUBOIS J., ORION no. 157, décembre 1976.
- 2) DUBOIS J., ORION no. 158, février 1977.
- 3) DIRAC P. A. M., Proc. Roy. Soc. London (1974), Vol. A 338, p. 439.
- 4) ROXBURGH I. W., Nature (1976), Vol. 261, p. 301.
- 5) DIRAC P. A. M., Proc. Roy. Soc. London (1973), Vol. A 333, p. 403.

Adresse de l'auteur:

JEAN DUBOIS, Pierrefleur 42, 1018 Lausanne.

Bibliographie

Panoptikum der Sterne – 15 Porträts berühmter Sterne. Prof. Dr. MAX WALDMAYER, 152 Seiten, 33 Strichzeichnungen und Diagramme, Fr. 22.–, Hallwag Verlag Bern und Stuttgart, 1976. Dr. MAX WALDMAYER ist Professor für Astronomie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich und Direktor des dortigen Astronomischen Instituts.

Panoptikum der Sterne ist eine Sammlung von 15 Aufsätzen über berühmt gewordene Sterne. Es handelt sich dabei um die Objekte: 61 Cygni, Barnards Pfeilstern, Sirius AB, Mira Ceti, Delta Cephei, die Sonne, Cor Caroli, Algol, Beta Lyrae, W Ursae majoris, U Cephei, Cygnus X 3, Herkules X 1, CP 1919, Cygnus X 1. Jeder Aufsatz ist in sich abgeschlossen. Es kommt deshalb etwa vor, dass sich gewisse Tatsachen und Erscheinungen in verschiedenen Kapiteln wiederholen, was aber nicht als nachteilig empfunden wird. Im Prolog fasst der Autor das Gemeinsame der 15 Sterne zusammen. Für den Anfänger stellt dies zugleich eine Einführung in das interessante Gebiet der Sternforschung dar. Die übrigen Kapitel sind so gegliedert, dass zuerst die heute bereits als klassisch zu bezeichnenden Objekte behandelt werden. Ihnen folgen diejenigen der modernen Sternforschung, und zum Schluss werden die aktuellen Fälle, wie Pulsare und schwarze Löcher besprochen.

Zu jedem behandelten Stern gehört zu Beginn des Kapitels ein kleines Sternkärtchen, das die Lage des jeweiligen Objekts am Himmel zeigt. Strichzeichnungen ergänzen zudem den Text sehr gut. Das Buch kann jedem interessierten Leser bestens empfohlen werden.

WERNER LÜTHI

* * *

Mars – Der rote Planet, Hallwag-Karte. Ca. Fr. 9.–, Hallwag Verlag Bern und Stuttgart, 1976.

Im Jahr der ersten weichen Marslandungen durch die Viking-Sonden erschien im Hallwag-Verlag eine Karte, die den Planeten Mars im Maßstab 1:20000000 zeigt. Sie wurde anhand der

Mariner 9-Aufnahmen angefertigt. Sehr interessant ist, dass nicht nur die Reliefstruktur der Oberfläche, sondern auch die von der Erde aus sichtbaren Dunkelgebiete eingezeichnet sind.

Auf der Rückseite der Karte findet der Betrachter ein Namensverzeichnis der Marsformationen.

Ein kurzer Text gibt zudem Auskunft über alles Wissenswerte des Planeten. Die Marsgeschichte wird mit einigen früheren Marskarten dargestellt. Daneben findet der Interessierte auch Angaben über alle Marssonden bis zu Viking und vieles mehr. Alle Texte sind in deutscher, französischer, italienischer und englischer Sprache. Die Karte kann jedem Leser, der sich mit der Planetenforschung beschäftigt, empfohlen werden.

WERNER LÜTHI

* * *

Neuland Mars – Erkundung eines Planeten. BRUNO STANEK und LUDEK PESEK, 64 Seiten, durchgehend farbig und schwarzweiss illustriert, Fr. 19.80, Hallwag Verlag Bern und Stuttgart, 1976.

Dr. BRUNO STANEK, Mathematiker und bekannter Experte für Weltraumfahrt, hat mit dem vorliegenden Buch eine interessante Zusammenfassung des heutigen Wissens über unseren Nachbarplaneten Mars geschaffen. Er hat vollständig auf die Geschichte der Marsforschung verzichtet und sich nur der Erforschung des Planeten durch die Raumsonden in den letzten Jahren gewidmet.

Der erste Teil des Buches befasst sich mit einer Gesamtübersicht der Erkenntnisse aus den Mariner-Flügen. Anhand von Fotos werden die verschiedenen Einflüsse bei der Gestaltung der Marsoberfläche behandelt. Zwei kleine Karten zeigen grob die geologischen Oberflächenverhältnisse.

Der zweite Teil steht ganz dem Viking-Programm zu. BRUNO STANEK beschreibt ausführlich und wie immer in leicht verständlicher Sprache die technischen Vorgänge bei der Landung und die nachfolgenden Arbeiten der Sonden auf der Oberfläche,