Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 36 (1978)
Heft: 166

Artikel: Le problème cosmologique et ses hypothèses VI
Autor: Dubois, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899488

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: 07.01.2026

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

sprechende Bahnform, unterscheiden sich im Ausdruck nur unwesentlich vom hier beschriebenen ELLIPT-EPHEM.

Fig. 4b zeigt das Resultat einer Berechnung der mittleren Bahnelemente von Erde und Mars für den 22. Jan. 1978 (Opposition), berechnet nach g) wie unter 2.1 erwähnt. E bedeutet hier die Schiefe der Ekliptik ε.

Fig. 4C zeigt eine mit diesen Elementen gerechnete 5 Tages-Ephemeride von Mars. Es sind LE, LP die orbitalen Längen von Erde und Planet, R die Radiusvektoren, Δ die Distanz Erde—Planet, M seine Helligkeit, DM sein Durchmesser in Bogensekunden und D bzw. AR die wiederum «sexagesimal» zu interpretierenden Äquatorkoordinaten bezogen auf das Datum.

Ausser den erwähnten Programmen gehört zu diesem «Ephemeridenpaket» noch ein Programm das die Berechnung der Präzession der Bahnelemente gestattet.

Literatur:
a) BAUSCHINGER J. Die Bahnbestimmung der Himmelskörper, Leipzig 1928.
b) STRACKE G. Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, Berlin 1929.
c) STUMPFF K. Himmelsmechanik, Band I, Berlin 1959.
d) HARTMANN J. Zur Auflösung der Keplerschen Gleichung, Astronomische Nachrichten 248, 277 (1918).
e) SCHNEIDER R. Die Vorausberechnung eines Planeten Ortes, ORION 144, 190—195 (1974).
f) SMART W. M. Textbook on Spherical Astronomy, sixth edition, Cambridge University Press, London 1977
g) «Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac» (1974) und
h) «The Astronomical Ephemeris», Her Majesty's Stationery Office, London.
i) IAU Circular, IAU Central Bureau for Astronomical Telegrams, Smithsonian Observatory, Cambridge, MA 02138 USA.

Für seine Liebenswürdigkeit, das Manuskript einer eingehenden Prüfung zu unterziehen, möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. H. MÜLLER herzlich bedanken.

Adresse des Autors:
ROMAN A. GUBSER, in Bruggen 20, CH-8907 Wettswil.

Le problème cosmologique et ses hypothèses VI

J. DUBOIS

Introduction

Dans cette dernière partie nous examinons brièvement quelques théories cosmologiques, puis nous tentons de formuler une conclusion toute provisoire à ce travail.

Théorie de S. MALIN

C'est une théorie relativiste développée par MALIN[1]) et MALIN et MANSFIELD[2]), mais elle est amputée en quelque sorte du principe de la conservation de l'énergie. Ce qui revient à faire l'hypothèse suivante:

A l'échelle cosmologique l'énergie, donc en particulier la masse des particules au repos, n'est pas conservée.

Cela a pour conséquence une simplification des équations d'Einstein. En particulier le terme contenant la constante cosmologique Λ disparaît (voir ORION no. 155).

Pour le reste on retrouve implicitement les hypothèses nos. 1 à 6 introduites pour les modèles relativistes classiques. Ainsi S. MALIN utilise la relation (7) pour exprimer l'intervalle ds de l'espace-temps. Cela introduit dans les modèles la fonction R(t) ou paramètre d'échelle. Enfin la pression du fluide est supposée nulle. S. MALIN obtient ainsi deux équations analogues aux équations (5) et (6) des modèles relativistes classiques (voir ORION no. 155).

Il en déduit trois modèles cosmologiques peu différents de ceux de Friedmann. A savoir un modèle à espace sphérique oscillant entre deux singularités de la fonction R(t) [R(t) = 0] et deux modèles en expansion illimitée après avoir passé par une singularité de R(t). L'un est à espace euclidien, l'autre à espace hyperbolique.

La conséquence la plus originale de cette théorie est la variation au cours du temps de la masse des particules à laquelle elle conduit et cela selon la relation:

$$m(t) = m_0[R(t)]^{-3} \qquad (128)$$

où m_0 est une constante de proportionnalité. Cette relation montre que la masse décroît si R(t) augmente. Tout se passe donc comme si la masse des particules décroît au fur et à mesure que la distance moyenne entre particules augmente. On retrouve là un aspect du principe de Mach qui veut que la masse d'une particule dépende de la répartition de la matière dans l'univers.

Il y a lieu de préciser que dans cette théorie la charge de l'électron, la vitesse de la lumière, la constante de PLANCK et la constante de la gravitation sont considérées comme de vraies constantes.

Lorsque l'on cherche à décrire dans l'un ou l'autre des modèles de S. MALIN le décalage spectral vers le rouge, on obtient un résultat inhabituel à savoir que ce décalage est la conséquence d'une contraction de l'univers. Il faut bien comprendre que deux effets se superposent pour produire ce décalage. D'une part la variation de la fonction R(t) comme dans tous les modèles relativistes et de l'autre la variation de la masse des particules (voir appendice).

Il y a apparemment une contradiction avec ce qui est devenu une habitude et qui consiste à affirmer que tout décalage vers le rouge observé dans le spectre d'un objet céleste présumé lointain ne peut être qu'un effet de l'expansion de l'univers*. Néanmoins dans ce cas, cette contradiction disparaît en faisant la distinction, comme dans la théorie de Dirac (voir ORION no. 160) entre le temps cosmique t_E de la relativité générale et le temps atomique t_A. En fait le temps t utilisé est le temps cosmique T_E, le fait que l'énergie soit conservée ou pas ne jouant aucun rôle dans sa définition. Dans la théorie de MALIN et MANSFIELD la relation entre le temps t_A et le temps t_E dépend de la forme de la fonction R(t) donc du modèle considéré (voir appendice). Alors en utilisant t_A on obtient la formule:

$$z = \frac{R_0(t_A)}{R(t_A)} - 1 \qquad (129)$$

et conformément à l'idée traditionnelle le décalage vers le rouge correspond à une expansion de l'univers.

Il y a lieu d'examiner aussi le comportement de la masse d'une particule en fonction du temps t_A. On trouve:

$$\frac{m'}{m} = \frac{3}{2} H_A \qquad (130)$$

m' : dérivée par rapport au temps t_A de la masse m.
H_A : constante de HUBBLE évaluée en temps t_A.

*) A ce sujet, il est intéressant de noter que HUBBLE lui-même dans son livre «The Realm of the Nebulae» p. 123, se montre très réservé quant à l'interprétation du décalage spectral par l'expansion de l'univers et parle de vitesse *apparente* de récession.

La valeur actuelle de la constante de HUBBLE est identifiée à H_A ce qui entraîne qu'actuellement la masse d'une particule augmente au cours du temps atomique. On trouve là un résultat analogue à ceux des théories de HOYLE et NARLIKAR et DIRAC (voir ORION nos. 157, 158 et 160). Les auteurs de cette théorie affirment qu'il n'existe pas de fait d'observation qui la contredise, encore que les mesures de l'accélération de la longitude moyenne de la lune par VAN FLANDERN[3]) donnent un résultat en net désaccord avec cette théorie. Mais ils estiment que ce résultat n'est pas définitif. Par ailleurs ils proposent plusieurs sujets d'observation pour tester leur théorie.

Par rapport aux hypothèses générales présentées au début du premier article (voir ORION no. 155) on constate:

a) que cette théorie nous propose une nouvelle loi de la physique, difficilement décelable en laboratoire et en contradiction avec les idées habituelles.
b) qu'elle ne conduit pas à un modèle unique mais qu'elle en propose trois.
c) qu'elle satisfait au principe de Mach.
d) qu'elle satisfait au principe cosmologique puisqu'elle repose sur les mêmes hypothèses que les modèles relativistes classiques à l'exception de la conservation de l'énergie.
e) qu'elle suppose que l'univers observable est fait de matière (par opposition au concept d'anti-matière).

Matière et antimatière.

La physique nous enseigne qu'à chaque particule dite élémentaire (électron, proton, neutron, neutrino, etc.) correspond une antiparticule ayant la même masse. Si la particule est chargée électriquement, l'antiparticule possède une charge de signe opposé. Il existe encore d'autres caractéristiques propres à la physique corpusculaire et exprimées par des nombres dits quantiques, par exemple l'étrangeté, ect., et certains de ces nombres changent de signe lorsqu'on passe de la particule à l'antiparticule. L'existence des antiparticules a été totalement confirmée par l'expérience.

Avec des antiparticules on peut construire des antiatomes et avec eux de l'antimatière. Ainsi nous nous trouvons en présence, théoriquement tout au moins, de deux espèces de matière: la matière proprement dite laquelle constitue d'ailleurs cette petite parcelle de l'univers avec laquelle nous sommes en contact direct, c'est-à-dire le système solaire et évidemment l'homme lui-même, et l'antimatière dont il est difficile de dire a priori s'il s'en trouve ou pas dans l'univers. Nous avons déjà remarqué (voit ORION no. 155 p. 85) que rien ne permet d'affirmer que telle étoile ou galaxie est faite de matière plutôt que d'antimatière. Ainsi il est tout à fait admissible qu'une étoile sur deux ou une galaxie sur deux soit faite d'antimatière plutôt que de matière. Ou encore que, dans une même galaxie, une partie soit de la matière et l'autre de l'antimatière. On voit donc que les possibilités d'imaginer la présence de l'antimatière dans l'univers sont multiples[4, 8]).

Ainsi l'antimatière est inobservable, par contre les produits de l'annihilation éventuelle des particules et des antiparticules dans les régions frontières séparant les domaines de matière de ceux d'antimatière eux le sont. Ces produits sont diverses particules et du rayonnement, en particulier du rayonnement γ. Sur la base d'observations faites dans ce domaine, il semblerait que la quantité d'antimatière présente dans notre galaxie soit très faible, à supposé même qu'il y en ait[5]). Ce dernier point est contesté par ALFVÈN qui précise qu'il y a lieu de ne pas considérer uniquement le rayonnement γ mais aussi les ondes radioélectriques et il montre qu'un mélange gazeux de matière et d'antimatière qu'il appelle ambiplasma est un émetteur de telles ondes[4]). Mais cela n'exclut pas a priori l'existence de grandes régions de matière séparées de régions d'antimatière, et à ce sujet on trouve une étude de PUGET qui trouve que le flux observé du rayonnement est compatible avec l'existence de régions de matière ou d'antimatière d'un ordre de grandeur d'une galaxie ou même d'un amas de galaxies[6]). Mais une autre étude de J. JONES et B. JONES montre que de telles régions ne peuvent pas exister dans un modèle cosmologique de FRIEDMANN; elles auraient une masse supérieure à celle de la partie observable de l'univers[7]). Ainsi, il apparaît difficile de se prononcer sur la présence ou non de l'antimatière dans l'univers.

Les particules et antiparticules sont réparties en classes. Par exemple le proton, le neutron et d'autres particules plus lourdes avec les antiparticules correspondantes constituent la classe des baryons. De même l'électron, le neutrino et d'autres particules légères constituent celle des leptons. Et pour chacune de ces classes il existe un principe de conservation du nombre des particules qui implique que chaque fois qu'une particule est créée, l'antiparticule correspondante est créée simultanément. De même l'annihilation d'une particule ne peut se produire que lors de sa rencontre avec l'antiparticule correspondante et s'accompagne de la disparition de cette dernière. En d'autres termes et en comptant négativement les antiparticules, on peut dire que le nombre de particules et d'antiparticules demeure constant dans l'univers. On parle alors de la conservation du nombre des baryons ou des leptons. Ce principe est important car il nous assure de la stabilité de la matière dans la région où nous vivons soit le système solaire, lequel ne peut pas disparaître brusquement à moins d'une collision hautement improbable avec de l'antimatière en quantité équivalente. Remarquons encore que pour les particules telles que les mésons pi, K, etc., il n'existe pas de principe de conservation analogue et certains, pour cette raison, hésitent à les considérer comme des particules au sens strict.

L'important du point de vue de la cosmologie est que les lois de la physique établies sur la base d'expériences faites essentiellement avec de la matière sont applicables sans aucune modification à l'antimatière. On dit que les lois de la physique sont symétriques par rapport à la matière et l'antimatière, et cette symétrie est fondamentale sur le plan de la théorie. Alors dans le mesure où l'on admet l'hypothèse (voir ORION no. 155, p. 84) que les *lois de la physique dégagées des expériences de laboratoire sont vraies en tout temps et tout lieu,* il en découle nécessairement que la symétrie matière-antimatière devient un aspect fondamental de l'univers et qu'il doit exister dans diverses régions de l'antimatière en quantité égale à celle de la matière, et que tout modèle cosmologique doit en tenir compte.

Il est intéressant de noter que les partisans des modèles cosmologiques relativistes supposent, en général implicitement, que l'univers ne contient que de la matière. C'est là une supposition en contradiction avec la symétrie matière — antimatière et avec l'hypothèse rappelée plus haut. Or il se trouve que ces mêmes cosmologistes admettent justement cette hypothèse en ajoutant qu'il n'y a pas lieu d'introduire d'autres lois pour décrire les phénomènes astrophysiques et l'utilisent, entre autres choses, pour écarter d'autres théories comme celle de la création continue. Il y a là une attitude nettement contradictoire.

D'autres, pour ne pas exclure a priori l'antimatière, imaginent qu'à l'instant «initial» dans un modèle de Friedmann, il y a un mélange matière — antimatière mais avec une prépondérance de matière de sorte qu'après annihilation il ne subsiste que de la matière. Mais cette hypothèse ne rétablit pas la symétrie matière — antimatière, au contraire elle propose une disymétrie dont la raison nous échappe totalement.

Il existe une étude de Steigman[5]) sur l'éventuelle possibilité d'inclure l'antimatière de façon symétrique dans les modèles de Friedmann et dans celui de la création continue de HOYLE (c'est l'ancienne théorie de HOYLE dite stationnaire que nous n'avons pas abordée) et il montre que dans les deux cas on est conduit à des difficultés. Par exemple un univers de Friedmann symétrique serait envahi par un rayonnement 10^8 à 10^{10} fois plus intense que celui qui est actuellement observé (rayonnement thermique à 3° K.). Cet article contient aussi une critique de la cosmologie de KLEIN et ALFVÈN, que nous abordons maintenant. C'est une théorie intéressante et originale en ce sens qu'elle postule a priori l'existence de l'antimatière comme de la matière[4, 8]).

Hypothèses de la cosmologie de KLEIN et ALFVEN.

Hypothèse no. 1
Dans un état «initial» l'univers est composé d'un mélange homogène de matière et d'antimatière, de densité beaucoup plus faible que la densité actuelle de la matière dans la partie observable de l'univers de sorte que l'annihilation particule-antiparticule soit négligeable.

Hypothèse no. 2
La partie actuellement observable de l'univers résulte d'une instabilité gravitationnelle dans le fluide matériel initial.

Cette partie est désignée parfois métagalaxie de Klein.

L'évolution de la métagalaxie est étudiée en utilisant les lois connues de la physique, y compris celles de la relativité générale.

L'hypothèse no. 2 entraîne donc qu'une partie du mélange matière et antimatière se condense sous l'action des forces de gravitation jusqu'à atteindre une densité telle que la pression de la radiation émise lors de l'annihilation toujours plus fréquente des protons et des antiprotons bloque le processus de condensation de la métagalaxie puis provoque son expansion. Au moment de la condensation maximum le diamètre de la métagalaxie serait de l'ordre de 10^9 années-lumière[8]). A ce sujet, il est intéressant de remarquer qu'un modèle d'univers (ou de métagalaxie) en expansion selon la loi de HUBBLE n'implique pas nécessairement que l'univers réel (ou la métagalaxie réelle), par opposition à l'idée de modèle, ait connu dans le passé un état d'extrême condensation. En effet, on peut imaginer que les trajectoires des galaxies ne se coupent pas en un point mais passent simplement au voisinage les unes des autres et comme les vitesses de récession des galaxies ne sont pas rigoureusement proportionnelles à leur distance, elles ne se trouveraient pas toutes rassemblées au même moment dans cette région[9]). Dans le même ordre d'idées A.D. ALLEN montre que toute distribution au hasard de galaxies conduit après un temps suffisamment long à un modèle d'univers en expansion selon la loi de HUBBLE et que, par conséquent, il n'est pas nécessaire de faire appel aux modèles de FRIEDMANN ou à des modèles présentant comme eux une singularité à un instant donné de leur histoire pour décrire le mouvement de récession des galaxies[10]). Mais revenons à la théorie de ALFVÈN.

Ainsi dans cette théorie il est fait une très nette distinction entre le concept d'univers et celui de métagalaxie. ALFVÈN s'attache essentiellement à décrire l'évolution de la métagalaxie et c'est à elle uniquement que les lois de la physique sont appliquées. En ce qui concerne l'univers, il admet l'idée que celui-ci est infini dans le temps et dans l'espace et qu'il pourrait parfaitement contenir d'autres métagalaxies. En dehors d'elles l'espace serait tout simplement euclidien. Malheureusement il semble qu'il soit assez difficile d'observer d'autres métagalaxies.

Un problème majour de cette théorie est de donner un mécanisme susceptible de provoquer la séparation de la matière et de l'antimatière. Alfvén montre que la chose est possible comme conséquence d'effets électromagnétiques et gravifiques tout en soulignant que l'on ne doit pas sous-estimer les difficultés de ce problème, d'autant plus que le processus de séparation doit s'accompagner de la formation des galaxies et des étoiles.

L'une des critiques essentielles qui est faite à cette théorie est qu'elle n'offre pas un cadre dans lequel il est possible de décrire de façon satisfaisante l'existence du rayonnement thermique à 3° K [11]).

Il est difficile de situer la position de cette théorie par rapport aux hypothèses générales de la cosmologie (voir ORION no. 155) étant donné qu'elle concerne la métagalaxie plutôt que l'univers. Bien que la chose ne soit pas explicitement mentionnée, il semble que, au cours de son expansion, la métagalxie se comporte comme un modèle d'univers relativiste classique. On peut donc penser que cette théorie vérifie l'hypothèse d'isotropie et d'homogénéité. On remarque encore, et ALFVÈN insiste beaucoup sur ce point, qu'elle n'introduit pas de nouvelles lois physiques, mais au contraire qu'elle constitue

une tentative de faire le meilleur usage possible de celles qui sont connues.

Pour terminer il y a lieu de mentionner le travail de R. OMNÈS pour concilier les modèles de FRIEDMANN et la symétrie matière-antimatière. Les difficultés de ce problème non totalement résolu, dans le mesure où je suis bien informé, sont très simplement et très clairement exposées dans un livre où les problèmes de la cosmologie sont rendus accessibles à tout lecteur curieux [12]).

Conclusion

Parvenu au terme, d'ailleurs fixé arbitrairement, de cet exposé, il est possible de se livrer à quelques réflexions.

Tout d'abord il faut mentionner que le sujet n'est pas épuisé et il s'en faut même de beaucoup. Il existe d'autres théories ou variantes de théories existantes. Mais il m'est apparu qu'il fallait se limiter dans un exposé de cette nature aux théories qui paraissent les plus importantes à l'heure actuelle en ce sens qu'elles peuvent être éventuellement testées par des observations telles que la variation de G. J'admets d'ailleurs volontiers que mon choix peut être discuté.

Cela étant on voit bien, me semble-t-il, combien toutes les affirmations qui sont énoncées au sujet de l'univers doivent être accueillies avec prudence. Par exemple lorsqu'on entend dire que l'univers est en expansion, il y a lieu de considérer d'une part un fait d'observation, le décalage spectral vers le rouge, et de l'autre l'interprétation que l'on peut en donner dans un modèle d'univers particulier. Modèle qui est issu d'une théorie et repose par conséquent sur toutes les hypothèses qui sont à la base de la théorie en question. D'autres affirmations du genre «l'univers est fermé (ou ouvert)» ne sont qu'une manière d'exprimer une propriété mathématique d'un modèle bien déterminé. Et des expressions telles que «l'âge de l'univers» ou «le rayon de l'univers» ne doivent pas être interprétées trop littéralement, mais considérées elles aussi dans le cadre d'un modèle et par rapport à des définitions précises. Cela pour ne rien dire de l'idée de l'origine de l'univers qui, à mon humble avis, est du domaine de la philosophie plutôt que de la cosmologie.

Finalement, et quel que soit le modèle envisagé, on peut se demander dans quelle mesure ses propriétés (en supposant qu'il n'y ait pas une contradiction flagrante entre les résultats de l'observation et le modèle) sont exactement celles de l'univers. Car, nous l'avons vu, tous ces modèles résultent en particulier d'hypothèses simplificatrices, et peut-être d'une connaissance incomplète des lois physiques qui régissent l'univers. Et c'est là toute la différence entre le modèle et la réalité.

Remerciements

Je remercie le Prof. Y. P. VARSHNI auquel je suis redevable de plusieurs communications très intéressantes. Je remercie aussi MM. P. GUIGNARD et E. PILLARD pour avoir encouragé et commenté ce travail avec intérêt.

Appendice

Décalage spectral et temps atomique dans la théorie de S. MALIN

L'effet de l'expansion sur la longueur d'onde d'une radiation est donné comme dans tous les modèles relativistes par la relation:

$$\frac{\lambda(t_o)}{\lambda(t)} = \frac{R(t_o)}{R(t)} \tag{131}$$

$\lambda(t_o)$: longueur de l'onde telle qu'elle est observée actuellement.

$\lambda(t)$: longueur de l'onde émise à l'instant t antérieur à l'instant t_o. Elle ne peut pas être observée en laboratoire puisque la masse des particules a varié durant la période t_o—t.

La formule de Balmer entraîne que la longueur d'onde est inversément proportionnelle à la masse de l'électron, alors en utilisant la relation (128) on obtient:

$$\frac{\lambda^*(t_o)}{\lambda(t)} = \frac{R^3(t_o)}{R^3(t)} \tag{132}$$

$\lambda^*(t_o)$: longueur de l'onde observée en laboratoire à instant t_o.

Eliminons λ (t) entre (131) et (132). On trouve:

$$\frac{\lambda^*(t_o)}{\lambda(t_o)} = \frac{R^2(t_o)}{R^2(t)} \tag{133}$$

posons:

$$z = \frac{\lambda(t_o)}{\lambda^*(t)} - 1 \tag{134}$$

et par la relation (133) on obtient:

$$z = \frac{R^2(t)}{R^2(t_o)} - 1 \tag{135}$$

L'observation donnant un $z > o$, la relation (135) entraîne que $R(t) > R(t_o)$ et comme $t < t_o$, cela signifie que l'univers se contracte.

Nous avons déjà mentionné que toute grandeur physique est mesurée par comparaison avec un étalon et que les mesures se font dans l'espace-temps «A» (voir ORION no. 157 p. 28 et no. 160 p. 98).

Ainsi on introduit la fonction paramètre d'échelle $R(t_A)$ en fonction du temps atomique en posant:

$$R(t_A) \sim \frac{R(t)}{a(t)} \tag{136}$$

a(t): diamètre de Bohr de l'atome d'hydrogène lequel est, dans cette théorie, fonction du temps cosmique puisque la masse de l'électron l'est.

$\sim$ signifie: proportionnel à.

Comme a(t) est inversément proportionnel à la masse de l'électron, il en résulte par la relation (128) que:

$$R(t_A) \sim [R(t)]^{-2} \tag{137}$$

Et en introduisant ce résultat dans la formule (129) on obtient:

$$z = \frac{R(t_{Ao})}{R(t_A)} - 1 \tag{138}$$

et z étant positif, cela entraîne que $R(t_{Ao}) > R(t_A)$ et comme t_{Ao} désigne le temps atomique actuel, $t_{Ao} > t_A$'

cette théorie conduit bien à une dilatation de l'univers s'accordant ainsi avec les modèles relativistes classiques.

Références:
1) MALIN S., Phys. Rev. D, (1975), vol. 11, p. 707.
2) MALIN S. et MANSFIELS V. N., Ap. J., (1976), vol. 209, p. 335.
3) VAN FLANDERN T. C., M. N. R. A. S., (1975), vol. 170, p. 333.
4) ALFVÈN H., Rev. Mod. Phys., (1965), vol. 37, p. 652.
5) STEIGMAN G., Nature, (1969), vol. 244, p. 477.
6) PUGET J. L. L., Nature Phys. Sc., (1971), vol. 230, p. 173.
7) JONES J. et Jones B., Nature, (1970), vol. 227, p. 475.
8) ALFVÈN H., Physics Today, (1971), février, p. 28.
9) KILMISTER C., The Nature of the Universe, Thames and Hudson, London, 1971.
10) ALLEN A. D., Foundations of Physics, (1976), vol. 6, p. 59.
11) HUNTER J. H., M. N. R. A. S., (1976), vol. 137, p. 271.
12) OMNÈS R., L'univers et ses métamorphoses, Hermann, Paris, (1973).

Adresse de l'auteur:
JEAN DUBOIS, professeur à l'Ecole Technique Supérieure de l'Etat de Vaud (Ecole d'ingénieurs) à Yverdon, Pierrefleur 42, CH-1004 Lausanne.

Als «Astro-Tourist» durch den Goldenen Westen Amerikas

von A. TARNUTZER

Bei der Vorbereitung eines Besuches von Verwandten in Kalifornien tauchte die Idee auf, diese Gelegenheit zu einer Autoreise durch Südkalifornien und Arizona zu benutzen und dabei verschiedene Sternwarten zu besuchen. Für die Planung dieser Rundreise leistete ein Buch von KIRBY-SMITH, ein wahrer Reiseführer zu den amerikanischen Sternwarten [1]), wertvolle Hilfe.

Mittwoch, 7. Dezember 1977
Morgens 8 Uhr, eine Stunde nach der Landung in Los Angeles, fahren meine Frau, zwei Töchter und ich mit «unserm» Mietwagen los. Es dauert auf den Stadtautobahnen einige Zeit, bis wir aus dem grössten Stossverkehr heraus sind. Immerhin ist dieser Verkehr bei der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 88 km/h nicht so nervös wie bei uns.

Endlich verlassen wir die Agglomeration Los Angeles, dafür kommt etwas Nebel auf. Erst als wir in das Coachella-Valley fahren, hellt das Wetter auf. Es wird wärmer, wie wir in die Wüste kommen und bald haben wir den schönsten Sonnenschein. Dann eine grosse Oase: Palm Springs, der mondäne Winterkurort, wo sich die Prominenz Amerikas und Canadas trifft, um dem nasskalten Norden zu entfliehen. Palm Springs liegt teilweise im Reservat der Agua Caliente Indianer, die so nach einer dortigen Heisswasserquelle genannt wurden. Man steht hier übrigens auf recht unsicherem Boden, denn die San Andreas-Verwerfung mit ihren gefürchteten Erdbeben führt nur wenige Kilometer entfernt vorbei.

Weiter geht die Reise talabwärts. Bald erscheinen die ersten Dattelpalmen-Wälder. Wir fahren bei Shields vorbei, in dessen Verkaufsladen ununterbrochen der lehrreiche Film «Die Romanze und das Liebesleben der Dattelpalmen» läuft. Wir sind in Indio angelangt, dem Ziel unserer heutigen Reise und befinden uns wieder auf Meereshöhe, allerdings weit von diesem entfernt.

Donnerstag, 8. Dezember 1977
Eigentlich gehörte hieher ein Besuch von Mount Palomar mit seinem jetzt zweitgrössten Teleskop der Welt. Wir haben ihn aber bereits vor einem Jahr besichtigt, und es war vor allem dieser Besuch, der uns zur jetzigen Reise angespornt hat.

Fig. 3: Arizona-Krater bei Winslow. Zusammengesetztes Panoramabild von über 180°.