



Renard

NOTICE SUR
Monseigneur Georges LEMAÎTRE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE

*Né à Charleroi le 17 juillet 1894,
décédé à Louvain le 20 juin 1966.*

Il reçoit son instruction secondaire au Collège des Jésuites de sa ville natale et entre comme étudiant ingénieur à l'Université de Louvain en 1911. En 1914 il s'engage dans l'armée belge et reçoit la Croix de Guerre avec palmes à la fin des hostilités. Rentré à l'Université, il abandonne les études techniques pour les sciences physiques et mathématiques et en obtient le Doctorat en 1920, avec sa thèse sur l'Approximation des fonctions de plusieurs variables réelles, faite chez de la Vallée Poussin. Puis il embrasse l'état ecclésiastique, entre au séminaire de Malines, où il est ordonné prêtre en 1923. En même temps, il prépare tout seul, sans direction, une thèse sur la relativité et la gravitation, d'après les récents mémoires originaux d'Einstein, peu

Annuaire de l'Académie

connu dans son entourage. En juillet 1923 il obtient la bourse de voyage du Gouvernement, à laquelle s'ajoute la bourse de la Commission for Relief in Belgium Educational Foundation. Il peut ainsi se rendre d'abord à Cambridge, Angleterre, chez le grand astronome et relativiste Eddington, alors au sommet de la gloire, qui l'initie à l'astronomie stellaire moderne et aux méthodes numériques. L'année suivante, 1924/25, il la passe à Cambridge, E.U., au Harvard College Observatory chez Shapley, qui venait de s'illustrer par ses travaux sur les nébuleuses et au Massachusetts Institute of Technology, qui lui confèrera le doctorat en 1927, avec une thèse « The gravitational field in a fluid ». Rentré à Louvain en 1925 et nommé professeur ordinaire dès 1927, il restera toute sa vie attaché sans interruption à son enseignement. Celui-ci comporte un cours nouveau de Relativité, la méthodologie et l'histoire des mathématiques, puis l'astronomie et les probabilités et la mécanique rationnelle. En 1932 il fait une nouvelle visite brève aux États-Unis et en 1935 il y enseigne plus longuement à l'Université Notre-Dame.

C'est par la théorie ardue de la Relativité générale que Lemaître inaugure ses travaux. On sait depuis Einstein en 1917 que cette théorie fait prévoir l'existence d'un univers homogène

Notice sur Monseigneur Georges Lemaitre

où non seulement la répartition de la matière est uniforme, mais où toutes les positions de l'espace sont équivalentes.

Il n'y a pas de centre de gravité de l'espace ; celui-ci n'est pas illimité, mais a un volume total fini, sans cependant être limité par une frontière. On dit que l'espace est « courbe » et l'on a affaire à l'espace dit sphérique ou elliptique, découvert en géométrie pure au milieu du siècle dernier par Riemann. Deux solutions ont été proposées simultanément en 1917. Celle de de Sitter ignore la présence de la matière et suppose sa densité nulle. Elle conduisait à de sérieuses difficultés d'interprétation, mais elle avait l'avantage d'expliquer le fait que les nébuleuses extragalactiques semblent nous fuir avec une vitesse énorme. L'autre solution était la solution d'Einstein. Tenant compte du fait évident que la densité moyenne de matière n'est pas nulle dans l'espace, elle donne une relation entre cette densité et ce qu'on appelle le rayon de courbure de l'univers. Cette relation faisait prévoir l'existence nécessaire de masses énormément supérieures à tout ce qui était connu à l'époque, mais qui ont été établies depuis par les progrès de nos connaissances sur les nébuleuses extragalactiques. Le « rayon » de l'univers ainsi calculé se révèle plusieurs centaines de fois la distance des objets les plus lointains observés jusqu'ici.

Annuaire de l'Académie

Ces deux solutions avaient leurs avantages, tout en étant logiquement inconciliables. Une solution théorique intermédiaire, déduite de la théorie de la relativité, s'imposait, mais à première vue paraissait exclue.

Lemaître commence par lever le paradoxe de la solution de de Sitter, dont il montre en 1925 (Journ. Math.-Phys. M.I.T., vol. 4, May 1925, pp. 37-41) un défaut théorique inhérent.

Il montre de plus que, contrairement à l'univers d'Einstein, l'univers de de Sitter n'est pas en repos, comme on le croyait, mais qu'il est « instable » et en expansion accélérée. Ceci est le premier pas de Lemaître et il est d'importance. En avril 1927, il publie dans les « Annales de la Société Scientifique de Bruxelles » son fameux mémoire intitulé « Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques ». Titre particulièrement clair, rendant bien compte de la pensée nouvelle de l'auteur. L'idée était de modifier la géométrie statique de Riemann-Einstein et de lui substituer une géométrie dont le rayon de courbure de l'espace croissait avec le temps. Lemaître montra que cette idée était implicitement contenue dans les équations fondamentales de la relativité d'Einstein, sans avoir été aperçue jusqu'ici. Ce mémoire avait une double portée : géométrique,

Notice sur Monseigneur Georges Lemaître

d'abord, comme il vient d'être dit. Sur ce point, il avait été précédé, en 1922/24 par un jeune savant russe Friedman, ce qu'il ignora jusqu'à ce que Einstein l'en avertit en 1929. Lemaître avait cependant en plus introduit la pression dans le mécanisme. Mais il y avait aussi la portée astronomique capitale : l'observation révélait de façon croissante la fuite des nébuleuses extragalactiques, sans en donner encore à cette date la loi. Lemaître précisa la loi exigée par la théorie de la relativité : vitesse de « récession » croissant proportionnellement à la distance. C'était la loi fameuse que Hubble devait annoncer en 1929, résultant de ses mesures.

Fait curieux, ce mémoire fondamental resta pratiquement inconnu jusqu'à ce que le grand astronome Eddington le signala au monde savant dans une lettre adressée à « Nature », Londres, publiée le 7 juin 1930. C'était en une fois la notoriété. Eddington s'était lui-même attaqué au même problème, comme il l'a dit. Il fit l'importante remarque que la solution d'Einstein était « instable », c'est-à-dire, qu'une condensation ou une raréfaction locales de la matière dans l'univers « en équilibre » d'Einstein devait provoquer son expansion ou sa contradiction. En d'autres termes, la solution d'Einstein apparaissait comme le cas limite ou « asymptotique » de la solution plus générale de Lemaître.

Annuaire de l'Académie

Immédiatement, Lemaître précise cette idée dans un mémoire important et ardu publié aux « Monthly Notices of the Royal Astronomical Society » en mars 1931, sous le titre « The expanding Universe ». L'ensemble de la question est encore une fois repris et approfondi aux « Annales de la Société Scientifique de Bruxelles » en 1933 sous le titre « L'Univers en expansion ».

Mais entretemps la pensée de Lemaître avait fait un nouveau bond. Dépasant le point de vue purement mécanique de l'instabilité de l'univers d'Einstein causée par condensations locales, il fit une nouvelle incursion dans le domaine astronomique en assimilant les domaines de condensation et la matière à de petits univers d'Einstein en contraction, créant ainsi des régions connues sous le nom d'amas de nébuleuses. Il obtenait ainsi, par sa théorie, un moyen nouveau d'attaquer le problème astronomique des amas en y calculant la densité de la matière, en relation avec les dimensions, assez uniformes, des amas. En même temps, le problème de la cosmogonie des nébuleuses et de l'évolution physique de l'univers apparaissait sous un jour nouveau. Ces considérations se retrouvent déjà dans les derniers mémoires cités.

Mais la théorie développée par Lemaître ne se limitait pas au « modèle » de 1927, lequel se développait à partir de l'instabilité d'un univers

Notice sur Monseigneur Georges Lemaître

d'Einstein considéré comme point de départ. D'autres solutions mathématiques étaient possibles pour les équations relativistes. Cette multiplicité des solutions pour un univers en expansion contraste avec l'unicité de la solution d'Einstein pour un univers statique. Le problème se ramène à déduire des équations de la relativité du problème à symétrie sphérique, (équations de l'énergie et de la quantité de mouvement radiale), l'équation non linéaire du second ordre qui régit la variation du coefficient R d'expansion ou rayon variable de l'univers en fonction du temps. Dans cette équation figurent deux paramètres ou constantes mathématiques à déterminer ultérieurement par comparaison de la théorie avec les observations. Il s'agit de la « constante de courbure spatiale » reliant la masse de l'univers et la constante de la gravitation universelle de Newton d'une part, et d'autre part de la fameuse « constante cosmologique λ », objet aujourd'hui encore de controverses. Ces deux constantes ou paramètres interviennent déjà chez Einstein, où la seconde se révèle nécessaire pour assurer l'équilibre statique d'un univers de masse finie. Mais dans les solutions d'expansion, il est mathématiquement possible de fixer arbitrairement la constante cosmologique égale à zéro. C'est ce que fait Einstein depuis les travaux de Lemaître. Celui-ci, par contre, avec

Annuaire de l'Académie

Eddington en est un défenseur convaincu. Seule, plus tard, l'expérience décidera, car en ce moment la précision des observations est encore insuffisante.

La solution qui a les préférences de Lemaître est celle qui part « initialement » d'un rayon d'espace mathématiquement nul, ce qui veut dire qu'il conçoit l'univers dans un état initial de haute concentration fantastique, échappant à toutes nos connaissances physiques actuelles. Toute la matière de l'univers actuel se serait trouvée concentrée dans une sorte de super-noyau monstrueux, composé de neutrons sans doute. Ce serait comme un isotope géant du neutron, mais essentiellement instable, comme un noyau radioactif. La désagrégation par explosion de ce noyau est ce que Lemaître a appelé son *hypothèse de l'atome primitif*. Il l'a énoncée avec simplicité et hardiesse dans une lettre (vol. 127, p. 106) en 1931 adressée à « Nature », sous le titre « Beginning of the World from the point of view of Quantum Theory » et a été invité à la défendre devant une assemblée particulièrement qualifiée, le Meeting du Centenaire de l'Association Britannique pour l'Avancement des Sciences, à Londres en septembre 1931. Les dirigeants de l'Association avaient mis à l'ordre du jour la discussion sur l'Évolution de l'univers, où divers savants confrontèrent leurs opinions.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaître

Le compte rendu en a paru dans « Nature », le 24 octobre 1931 ; il existe traduit en français chez Gauthier-Villars à Paris.

Il ne s'agit pas dans l'hypothèse de l'atome primitif d'une simple alternative mathématique ou d'une préférence intellectuelle pour un début brusque des choses plutôt qu'une évolution à partir d'un univers instable d'Einstein, pris comme donnée de départ. Nous nous trouvons en présence d'un nouveau rebondissement de la pensée de Lemaître : de l'hypothèse de l'atome primitif, à laquelle s'ajoute le mécanisme de condensation des amas de nébuleuses, jaillit directement une cosmologie astronomique et physique nouvelle, dont le développement occupera Lemaître jusqu'à la fin de sa carrière. Pour mieux le voir, résumons d'abord les données de base : Initialement a lieu une explosion du type radioactif de « l'atome primitif », violente et brève. Le « rayon de l'univers » passe ainsi de quasi zéro à une valeur voisine de celle d'un univers d'Einstein de même masse totale. Après cette première expansion intervient un second stade, une période de profond ralentissement dans les environs du « rayon d'univers d'Einstein », et dont la durée dépend essentiellement de la valeur (encore inconnue exactement) de la constante cosmologie λ . Enfin apparaît dans un troisième stade une nouvelle période d'ex-

Annuaire de l'Académie

pansion, extrêmement lente comparée à la première, qui s'accélère et est précisément celle où nous nous trouvons. Toutes les « théories d'expansion » s'accordent sur ce dernier stade. A l'époque du premier travail de Lemaître, avec les données imparfaites du moment, il avait trouvé un ordre de deux milliards d'années pour la durée de cette expansion, comptée depuis son « début ». Cette durée est trop courte pour rendre compte de l'âge connu des plus anciennes roches terrestres ; elle était infiniment trop courte (un millième peut-être pour satisfaire aux exigences des théoriciens de l'évolution stellaire, dont Jeans est l'un des meilleurs représentants). Il y avait donc là une opposition formelle des théories. Avec une audace intellectuelle qui étonne même chez le jeune savant qu'il était encore, Lemaître passe outre. Il sacrifie l'ancienne théorie de l'évolution stellaire lente, à l'échelle de milliers de milliards d'années. La formation des étoiles (concomitante ou non, les vues de Lemaître ont varié sur ce point) et des nébuleuses se fait par « condensation » durant le second stade de l'évolution, où la théorie relativiste, grâce à la constante cosmologique, trouve tout le temps nécessaire.

On le voit, Lemaître a remplacé le quasi fixisme des théories cosmogoniques anciennes par la notion *d'évolution de l'univers* et il est

Notice sur Monseigneur Georges Lemaître

remarquable que ce mouvement d'idées ait suivi de si loin celui qui avait déjà révolutionné la biologie. En même temps, Lemaître a introduit la physique à côté de la mécanique comme élément essentiel dans sa théorie. Il dit très bien « la cosmogonie est de la physique à grande échelle ». Mais on ne doit pas perdre de vue que, malgré les progrès immenses de la physique des hautes énergies, nous ne sommes encore nulle part dans la connaissance de ce que peut réellement signifier un « atome primitif ». Ceci explique la nature des travaux ultérieurs de Lemaître sur le sujet. Après une brillante et vigoureuse période d'inductions successives élargissant la Relativité d'Einstein jusqu'à l'aboutissement à l'atome primitif, Lemaître entreprend une série déductive de travaux mathématiques dans le but d'affermir sa théorie des zones de condensation en nébuleuses et galaxies. Cette théorie difficile de l'agrégation de la matière cosmique remonte à Laplace et n'a pas encore abouti de façon satisfaisante. Elle a été publiée dans les Bulletins de la Classe des Sciences de l'Académie Royale et dans les Annales de la Société Scientifique. Il y manque sans doute la contribution des forces cosmiques de viscosité, liées à la présence des champs magnétiques intergalactiques. Mais, en plus de la déduction mathématique, Lemaître poursuit inlassablement son travail d'induction et d'imagi-

nation sur la formation des galaxies et des étoiles à partir de nébuleuses de gaz dilués. Il expose ses idées dans une série brillante de conférences (Revue des Questions Scientifiques, p. 189, 1929 ; p. 391, 1931 ; p. 357, 1935 ; p. 321, 1948 ; etc.), reprises dans un petit ouvrage « L'Hypothèse de l'Atome primitif — Essai de cosmogonie », traduit « The Primaeval Atom ». Son bref et beau testament intellectuel, pourrait-on dire, est repris dans une interview donnée à Radio Canada le 15 avril 1966, dont le texte paraît dans la Revue des Questions Scientifiques, avril 1967.

Une des idées chères à Lemaître, mais qui n'a pas recueilli grande audience, est que le rayonnement cosmique actuel représente, pourrait-on dire, un reste fossile, fort amenuisé par l'expansion, des rayonnements radioactifs puissants qui ont dû accompagner la désintégration de l'atome primitif. Par contre, la découverte récente d'un rayonnement spatial infra rouge, correspondant à une température d'environ trois degrés absolus, est considérée généralement comme le reste fossile du puissant rayonnement thermique qui a dû être engendré par l'explosion primitive, le « fire ball » des auteurs de langue anglaise. C'est peut-être aujourd'hui l'argument le plus convaincant en faveur des idées de Lemaître sur l'atome primitif.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaître

La puissante activité de Lemaître sur laquelle nous venons de nous étendre à cause de son importance singulière ne doit pas nous faire perdre de vue ses travaux dans d'autres domaines.

En 1933, paraît dans *Physical Review* (vol. 43, p. 87), puis dans les *Annales de la Société Scientifique*, en collaboration avec M.S. Vallarta et L.P. Bouckaert, le premier d'une série d'une quinzaine de travaux, jusqu'en 1955, consacrés à l'étude des trajectoires des rayons cosmiques (particules de signe positif, en majorité protons) en provenance de l'espace galactique et captés par le champ magnétique dipolaire terrestre. Il s'agit de calculs du type de la mécanique céleste, théoriques et numériques, représentant un grand labeur, fondés sur une application du théorème de Liouville en mécanique.

Lemaître a consacré plusieurs travaux au calcul analytique numérique et à l'intégration numérique des équations différentielles, contribuant entr'autres à l'obtention d'une nouvelle formule puissante d'interpolation qu'il a dénommée l'itération rationnelle, étendant un résultat de Gauss.

En mécanique rationnelle il a, dans les *Bulletins de l'Académie Royale*, en 1952 et 1953, consacré quelques travaux puissants au problème fameux des trois corps, en se servant de coordonnées symétriques rapportées aux axes d'inertie princi-

Annuaire de l'Académie

paux instantanés du système. Il a ainsi réalisé ce que l'on appelle la « régularisation » des chocs doubles.

Il faut encore ajouter quelques notes brèves de physique théorique quantique et une note sur les quaternions d'une grande élégance parue dans les Acta de l'Académie Pontificale des Sciences, vol. XII, n° 8, en 1948.

Pour terminer, mentionnons quelques notes biographiques intéressantes, dont deux sur Einstein (Rev. Quest. Scient. 20 oct. 1955 et 20 janv. 1958). Lemaître a aussi repris, d'un point de vue technique, l'ensemble de son œuvre en cosmologie dans plusieurs publications scientifiques spécialisées.

Enfin, il s'est intéressé au calcul arithmétique élémentaire et a proposé un nouveau système de chiffres (Bull. Acad. Roy. Sc. août 1954 et Rev. Quest. Sc., juillet 1955).

Au total, pas moins de 75 publications dont 40 % environ consacrées à la cosmologie et 20 % aux rayons cosmiques dans le champ terrestre. Ses œuvres ont été réunies en deux volumes reliés, déposés sous le n° 55252 à la bibliothèque de l'Académie Royale, incluant une bibliographie complète.

Les distinctions scientifiques n'ont évidemment pas manqué à Georges Lemaître. Nommé membre,

Notice sur Monseigneur Georges Lemaître

lors de la création de l'Académie Pontificale des Sciences en décembre 1940, il en devint le président en mars 1960 et le resta jusqu'à sa mort. En même temps lui fut conférée la prélatrice. Il a été élu membre associé de la Royal Astronomical Society en 1939 et a été le premier récipiendaire de la « Eddington Medal » de la Société en 1953. En 1935 il est reçu Docteur Honoris Causa par l'Université MacGill à Montréal et en 1954 par l'Université Nationale d'Irlande. L'Accademia Nazionale dei XL se l'adjoint comme membre en 1960 ainsi que l'Académie Internationale Neocastrum en 1966. Il est aussi membre en 1945 de l'American Philosophical Society of Philadelphia et de l'Académie de Coïmbre en 1948.

En Belgique il fut élu correspondant en 1933 et membre en 1941 de l'Académie Royale des Sciences, Lettres et Beaux-Arts. Le 17 mars 1934 l'abbé Lemaître fut honoré avec éclat dans son pays par la remise solennelle du Prix Francqui que lui fit le Roi Léopold III dans les locaux de la Fondation Universitaire. Ses parrains étaient Einstein lui-même et feu les académiciens de la Vallée Poussin et A. de Hemptinne. Les membres du jury international étaient Eddington, Langevin, de Donder et Dehalu. Le rapport disait : « Le Conseil... considérant que, par l'originalité de son esprit créateur, par la valeur propre de ses recherches sur les systèmes des galaxies

Annuaire de l'Académie

dans l'univers et des théories cosmologiques, ainsi que par l'influence profonde que ses découvertes ont exercée sur les recherches d'astrophysique et de physique poursuivies dans divers pays au cours de ces dernières années, M. le professeur Georges Lemaître a apporté récemment à la science une contribution importante, dont la valeur a augmenté le prestige international de la Belgique, décide de conférer le Prix Francqui à M. le professeur Georges Lemaître ».

La plus haute distinction que le Gouvernement belge réserve à ses savants lui fut accordée en 1950 par l'octroi du Prix décennal des Sciences appliquées pour la 5^e période 1933-42. Le rapport détaillé sur ses travaux a paru au Moniteur belge en 1950, pp. 6027 à 6029 et est reproduit intégralement dans le volume spécial publié par l'Académie en 1968 sous le titre « Florilège des Sciences en Belgique pendant le XIX^e et le début du XX^e siècle », édité par P. Brien.

Mgr Lemaître était grand officier de l'Ordre de Léopold. Son buste en bronze a été exécuté par le sculpteur Charles Leplae et appartient à l'Académie.

On peut juger du savant par ce qui précède. Mais l'homme aussi mérite bien qu'on s'y arrête. Lemaître jouissait d'une constitution physique aussi robuste que l'était son intelligence. Sa santé fut excellente jusque vers les toutes dernières

Notice sur Monseigneur Georges Lemaître

années. Il avait une grande capacité de travail, mais n'aimait pas figoler exagérément les choses. Il était un calculateur algébriste et arithméticien remarquable et utilisa dès le début de 1930 les plus grandes machines à calculer de l'époque, comme la Mercedes. Étant étudiant, il manifestait une souplesse d'esprit remarquable, en géométrie classique entr'autres. Avant d'entrer à l'Université, il avait été formé aux problèmes de mathématiques classiques et à Euclide en particulier par le R. P. Henri Bosmans, l'historien des sciences. Son caractère, malgré ses grands succès ne se départit jamais d'une naturelle et profonde simplicité. Il avait le caractère ouvert, franc, gai, optimiste, jovial. Il aimait la société et adorait produire un paradoxe inattendu devant un auditoire sympathique et attentif. Il y ajoutait une bonne dose d'humour et son gros rire, si cordial et ses boutades étaient célèbres. Quand il était lancé sur une question, il y consacrait une concentration peu commune, accompagnée d'une rare capacité et rapidité d'assimilation, qui compensait un peu de nonchalance et son dédain de l'érudition inutile. On l'a vu ainsi littéralement s'attaquer aux travaux ardu de Jacobi sur les fonctions elliptiques, domaine où ses contributions ne sont pas négligeables.

Très sociable, fort dévoué à ses étudiants et collaborateurs, son grand effort en cosmologie

Annuaire de l'Académie

il l'accomplit cependant toujours seul. Il n'avait guère de correspondance ni d'échanges scientifiques avec ses pairs à l'étranger.

On peut dire que Georges Lemaître est né sous une bonne étoile. Il y a un demi siècle, Einstein venait d'achever sa grande synthèse théorique de la gravitation et de l'univers, conception essentiellement statique et encore mal comprise. Puis, subitement des découvertes expérimentales fulgurantes en astronomie stellaire de quelques astronomes américains viennent bouleverser nos conceptions du monde des nébuleuses. A ce moment précis, un homme jeune et isolé, qui a au début orienté lui-même sa carrière, fait la synthèse entre des théories abstraites mais fondamentales et des découvertes concrètes capitales encore inexplicées. Ce fut dans l'épopée de la science un moment, bref peut-être, mais assurément non sans grandeur. Un des acteurs fut des nôtres et honora ainsi la Belgique.

15 mars 1973

Ch. MANNEBACK

**Sources, outre les références
données dans le texte**

- C. MANNEBACK, *Hommage à la mémoire de Monseigneur Georges Lemaître*, Bull. Acad. Roy. Sciences, 30 juillet 1966 ; Rev. Quest. Scient.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaitre

octobre 1966, voir aussi Bull. Acad. Roy. Sciences, 5 février 1955. — *Florilège des Sciences en Belgique pendant le XIX^e et le début du XX^e siècle*, édité par P. Brien, Académie Royale de Belgique, 1968. Contient rapports Prix Francqui et prix Décennal. — O. GÖDART, *Monseigneur Lemaitre et son œuvre*. Ciel et Terre, mars-avril 1967. — Mc VITTIE, *Georges Lemaitre*, Monthly Notices Royal Astronomical Society (1967). — Mc CREA, *Cosmology today*, Rev. Quest. Scient., avril 1970. — Il existe trois exposés d'ensemble fort techniques, où Lemaitre a résumé ses idées sur la cosmologie :

Cosmological application of Relativity, Review of modern Physics, vol. 21, pp. 357-366, 1949.

The cosmological constant, dans Albert Einstein *Philosopher scientist*, édité par P. A. Schilpp, 1949, Evanston, Illinois.

The primaeval atom hypothesis and the problem of the clusters of Galaxies, Institut International de Physique Solvay. Extrait des rapports et discussions, Bruxelles, 1958.

Une ancienne mais excellente et claire mise au point par :

A. EDDINGTON, *The expanding universe*-Cambridge, University Press, 1933.

Enfin une savante étude moderne.

J. E. PEEBLER, *Physical Cosmology*. Princeton University Press, 1971.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Sur une propriété des hamiltoniens d'un multiplicateur*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale de Belgique, 1923, pp. 380-388.
2. *The motion of a rigid solid according to the relativity principle*, Philosophical Magazine, 48, 1924, pp. 164-176.
3. *Note on De Sitter's universe*, Journal of Mathematics and Physics, 4, 1925, pp. 37-41.
4. *Note on the theory of pulsating stars*, Harvard College Observatory, Circular, 282, 1925, pp. 1-6.
- 4bis *La théorie de la Relativité et l'Expérience*, Rev. Quest. Scient., avril 1926.
5. *A propos d'une note du P. Schaffers sur la relativité*, Ann. Soc. Scient. Brux., 47, 1927, pp. 15-21.
6. *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques*, Ann. Soc. Scient. Brux., 47A, 1927, pp. 49-59.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaitre

- reproduit dans *Mathesis* 1927. Trad. anglaise
Monthly Notices Roy. Astron. Soc. London,
91, p. 483 (1931).
7. *Le mouvement varié d'un solide, d'après la théorie de la relativité*, Ann. Soc. Scient. Brux., 47A, 1927, pp. 103-109.
 8. *La grandeur de l'espace*, Revue des Questions Scientifiques, 1929, pp. 189-216.
 9. *On the random motion of a material particle in the expanding universe, Explanation of a paradox*, Bull. of the Astronomical Institutes of Netherlands, 5, 1930, pp. 273-274.
 10. *L'hypothèse de Millikan-Cameron dans un univers de rayon variable*, Congrès national des Sciences, 1930, pp. 1-3.
 11. *L'indétermination de la loi de Coulomb*, Ann. Soc. Scient. Brux., 51B, 1931, pp. 12-16.
 - 11bis *Brit. Assoc. Discussion sept. 1931. Nature* 24 oct. 1931, p. 704.
 12. *Sur l'interprétation d'Eddington de l'équation de Dirac*, Ann. Soc. Scient. Brux., 51B, 1931, pp. 88-99.
 13. *The expanding Universe*, Monthly Notices, 91, 1931, pp. 490-501.
 - 13bis *Nature London*, 127, p. 106 (1931). Beginning of the World from the point of view of Quantum.
 14. *L'expansion de l'espace*, Revue des Questions Scientifiques, 1931, pp. 391-410.

Annuaire de l'Académie

15. *On Compton's latitude effect of cosmic radiation*, Physical Review, 43, 1933, p. 87.
16. *L'univers en expansion*, Ann. Soc. Scient. Brux., 53A, 1933, pp. 51-85.
- 16bis C.R. Acad. Sc. Paris, 24 mars 1933. Condensations sphériques des univers en expansion.
- 16ter *Formation des Nébuleuses dans l'univers en expansion*, C.R. Acad. Sc. Paris, 10 avril 1933.
17. *The uncertainty of the electromagnetic field of a particle*, Physical Review, 43, 1933, pp. 87-91.
18. *L'univers en expansion*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 1934, pp. 1-19; Revue des Questions Scientifiques, 1935, pp. 357-375.
19. *Évolution of the expanding universe*, Proc. National Acad. of Sciences, 20, 1934, pp. 12-17.
20. *L'expansion de l'univers*, Société Astronomique de France, 1935, pp. 153-168.
21. *Contributions à la théorie des effets de latitude et d'asymétrie des rayons cosmiques* : I. *Trajectoires infiniment voisines de l'équateur*. II. *Trajectoires voisines de l'équateur*. III. *Trajectoires périodiques* (avec L. Bouckaert), Ann. Soc. Sc. Brux., 54A, pp. 162-207.
22. *On the North-South asymmetry of cosmic radiation* (avec M. S. Vallarta et L. Bouckaert), Physical Review, 47, 1935, pp. 434-436.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaitre

23. *On the geomagnetic analysis of cosmic radiation* (avec M. S. Vallarta), *Physical Review*, 49, 1936, pp. 719-726.
24. *On the allowed cone of cosmic radiation* (avec M. S. Vallarta), *Physical Review*, 50, 1936, pp. 493-504.
25. *Contributions à la théorie des effets de latitude et d'asymétrie des rayons cosmiques : IV. Calcul d'une famille d'orbites asymptotiques* (avec M. S. Vallarta), *Ann. Soc. Sc. Brux.*, 56A, 1936, pp. 102-130.
26. *Les rayons cosmiques et le champ magnétique terrestre*, *Actualités scientifiques et industrielles*, 1937, pp. 165-172.
27. *Longitude effect and asymmetry of cosmic radiation*, *Nature*, 140, 1937, pp. 23-24.
28. *Sur l'interprétation d'Eddington de l'équation de Dirac*, *Ann. Soc. Sc. Brux.*, 57, 1937, pp. 165-172.
29. *Généralisation de la méthode de Hill* (avec O. Godart). *Bull. Cl. Sc. Acad. Royale de Belgique*, 1938, pp. 19-23.
30. *Contributions à la théorie des effets de latitude et d'asymétrie des rayons cosmiques : V. Détermination des exposants caractéristiques des trajectoires périodiques* (avec O. Godart). *Ann. Soc. Sc. Brux.*, 58, 1938, pp. 27-41.
31. *Contributions à la théorie des effets de latitude et d'asymétrie des rayons cosmiques : VI. Cônes*

Annuaire de l'Académie

- des rayons cosmiques infiniment voisins de l'équateur. VII. Trajectoires voisines de l'équateur* (avec Tchang Yong-Li). Ann. Soc. Sc. Brux., 59, 1939, pp. 285-345.
- 31bis *Die Kosmologische Konstante*, voir 52bis.
- 31ter *Calcul des fréquences et modes de vibration de la molécule Monodeutéroéthylène* (en collaboration), Ann. Soc. Scient. Brux.; 57, sér. I, p. 120, 1937.
32. *L'itération rationnelle*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale de Belgique, 28, 1942, Vol. II, pp. 347-354.
33. *Intégration d'une équation différentielle par itération rationnelle*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 28, 1942, pp. 815-825.
34. *Champ magnétique et rayons cosmiques*, Ciel et Terre, 59, 1943, pp. 1-16.
35. *Hypothèses cosmogoniques*, Ciel et Terre, 61, 1945, pp. 1-11.
- 35bis *Sir A. S. Eddington, 1882-1944*, Ciel et Terre, 41, mars 1945.
36. *A propos de la théorie de Milne-Haldane*, Ciel et Terre, 61, 1945, pp. 1-5.
37. *Les variables canoniques dans le mouvement képlérien*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 31, 1945, pp. 365-371.
38. *Sur un cas limite du problème de Störmer* (avec L. Bossy). Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 31, 1945, pp. 357-364.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaitre

39. *L'hypothèse de l'atome primitif*, Actes de la Soc. Helvétique des Sc. Naturelles, 1945, pp. 77-96.
40. *Un modèle de nébuleuse*, Ann. Soc. Sc. Brux., 60, 1946, pp. 103-114.
41. *Calcul des intégrales elliptiques*, Ann. Soc. Sc. Brux., 33, 1947, pp. 200-211.
42. *Interpolation dans la méthode de Runge-Kutta*, Ann. Soc. Sc. Brux., 61, 1947, pp. 106-111.
43. *L'hypothèse de l'atome primitif*, Université de Paris-Conf. du Palais de la Découverte, 1945, pp. 5-15.
44. *Quaternions et espace elliptique*, Pont. Acad. Scient., 12, 1948, pp. 57-78.
45. *L'hypothèse de l'atome primitif*, Revue des Questions Scientifiques, 1948, pp. 321-339.
46. *Modèles mécaniques d'amas de nébuleuses*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 34, 1948, pp. 551-565.
47. *Modèles de nébuleuses à vitesse radiales (avec R. Vander Borgh)*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 34, 1948, pp. 955-965.
48. *L'hypothèse de l'atome primitif*, Pont. Acad. Scient., 12, 1948, pp. 25-40.
49. *Rayonnement cosmique et cosmologie*, Lab. d'Astronomie et de Géodésie de l'U.C.L., 113, 1949, pp. 1-14.
50. *Cosmological application of relativity*, Reviews of modern Physics, 21, 1949, pp. 357-366.

Annuaire de l'Académie

51. *L'énigme de l'hydrogène*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 35, 1949, pp. 1158-1163.
52. *Application des méthodes de la mécanique céleste au problème de Störmer*, Ann. Soc. Sc. Brux., 63, 1949, pp. 83-97.
- 52bis *The cosmological constant*, Albert Einstein : philosopher-scientist, ed. by Paul Arthur Schilpp, 1949, pp. 439-456.
53. *Laplace et la mécanique céleste*, Société Astronomique de France, 1950, pp. 1-6.
54. *Application des méthodes de la mécanique céleste au problème de Störmer*, Ann. Soc. Sc. Brux., 64, 1950, pp. 76-82.
55. *Contributions à la théorie des effets de latitude et d'asymétrie des rayons cosmiques* (avec R. De Vogelaere). Ann. Soc. Sc. Brux., 64, 1950, pp. 83-92.
56. *Modèles mécaniques d'amas de nébuleuses*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 37, 1951, pp. 291-306.
57. *L'univers*, Nauwelaerts, 1951, pp. 5-72.
58. *Coordonnées symétriques dans le problème des trois corps*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 38, 1952, pp. 582-592.
59. *Cordonnées symétriques dans le problème des trois corps* (suite). Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 38, 1952, pp. 1218-1234.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaitre

60. *The clusters of nebulae in the expanding universe*, South-African Journal of Science, 449, 1952, pp. 80-86. Jubilee Number.
61. *Régularisation dans le problème des trois corps*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 40, 1954, pp. 759-767.
62. *Calculons sans fatigue*, Nauwelaerts, 1954, pp. 3-40.
63. *Comment calculer ?*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 40, 1954, pp. 683-691.
64. *Pourquoi de nouveaux chiffres ?*, Revue des Questions Scientifiques, 1955, pp. 379-398.
65. *L'œuvre scientifique d'Albert Einstein*, Revue des Questions Scientifiques, 1955, pp. 475-487.
66. *Regularization of the three body problem*, Vistas in Astronomy, 1, 1955, pp. 207-215.
67. *Intégration par analyse harmonique*, Ann. Soc. Sc. Brux., 70, 1955, pp. 117-123.
68. *Le calcul élémentaire*, Bull. Cl. Sc. Acad. Royale Belgique, 1956, pp. 1140-1145.
69. *The primaeval atom hypothesis and the problem of the clusters of galaxies*, Institut International de Physique Solvay-Extrait des rapports et discussions, 1958, pp. 1-31. Bruxelles.
70. *Rencontres avec Albert Einstein*, Revue des Questions Scientifiques, 1958, pp. 129-132.
71. *Contributions au problème des amas de galaxies* (avec A. Bartholomé). Ann. Soc. Sc. Brux., 72, 1958, pp. 97-102.

Annuaire de l'Académie

72. *Instability in the expanding universe and its astronomical implications*, Pont. Acad. Scient., 1958, pp. 475-486.
73. *L'étrangeté de l'Univers*, Extrait de la Revue Générale Belge, juin 1960, pp. 1-14. La Scuola in Azione-Estratto dal Notiziario n. 15, 1960, pp. 3-22.
74. *Remarques sur certaines méthodes d'intégration des systèmes d'équations différentielles*, pp. 9-23. Colloque sur l'Analyse Numérique, mars 1961. Centre Belge de Recherches Mathématiques.
75. *Un nouveau système de chiffres et autres essais*, 59 p. Quaderno n. 10 della Scuola di Studi Superiori sugli Idrocarburi dell'E.N.I., 1961.
76. *L'expansion de l'Univers*, Conférence Radio Canada — 15 avril 1966. Revue Quest. Scient., avril 1967.
77. *The three body problem*, Tech. Report on Ns-G 243-62 and Ns G 122-61. Series 4 — Issue 49. Space Sciences Laboratory — Univ. of California-Berkeley.
78. *Le principe de continuité d'après Jean-Victor Poncelet*, Rev. Quest. Scient. — juillet 1967.

Notice sur Monseigneur Georges Lemaitre

OUVRAGES PUBLIÉS SÉPARÉMENT :

L'Hypothèse de l'Atome primitif, Essai de Cosmogonie, Neuchâtel, Griffon, 1946. Contient : Préface par F. Gonseth. ex liste nos 8, 14, 18, 35, 39. Appendice pp. 179-201 « éclaircissements mathématiques » couvrant n° 6.

Primeval Atom. Van Nostrand, New York, 1950.