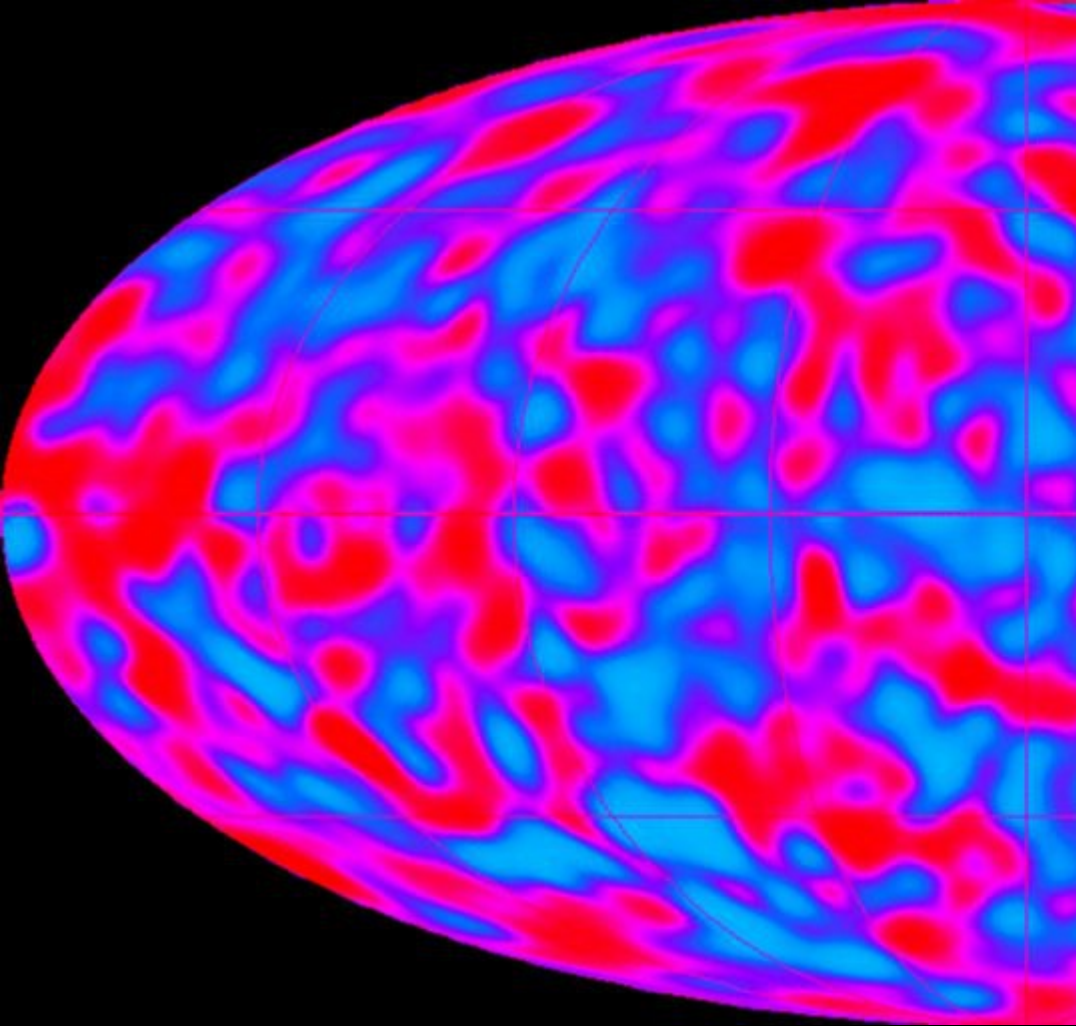




Georges LEMAITRE
(1894 - 1966)





BIO-EXPRESS

BIO - EXPRESS

- Fils de Joseph LEMAITRE, verrier près de Charleroi (inventeur d'un nouveau procédé d'étirage), puis avocat-conseil (1910) à la Société Générale à Bruxelles après l'incendie sa verrerie

Et de Marguerite LANNOY, femme à « fort caractère »

« si j'avais été un homme, j'aurais été au sommet de l'Himalaya »

- Aîné d'une fratrie de 4 garçons, né le 17/07/1894 à Charleroi (Belgique)
- 1904-1910 : humanités au collège Jésuite du Sacré-Coeur à Charleroi
- 1911 : admis à l'école d'ingénieurs de Louvain

Etudes préparatoires au grade d'Ingénieur des Mines et au Baccalauréat en philosophie Thomiste
Suit les cours de Charles de la Vallée-Poussin (élève de Jordan, Poincaré, démonstration d'une conjoncture de Gauss sur la distribution des nombres premiers), Ernest Pasquier (mécanique analytique), Gustave Verriest (algèbre, partisan de l'algèbre moderne), de Myunck (physique mathématique), Pierre Jean Edouard Goedseels (géodésie, probabilités)

- 1914 : engagé volontaire, participe à la bataille de l'Yser
- 1919 : démobilisé (adjudant)

Renonce à devenir ingénieur, rejoint la filière mathématique et physique, Baccalauréat en philosophie thomiste

BIO - EXPRESS

- 1920 : Docteur en sciences physiques et mathématiques

Thèse sous la direction de La Vallée-Pousin : démonstration de la conjecture de Riemann sur la fonction Zêta ($\sum 1/n^s$) – échec – , nouvelle thèse sur l'extension aux fonctions de plusieurs variables des théorèmes établis pour la représentation des fonctions d'une seule variable réelle par des polynômes ou des expressions trigonométriques.

Entrée au séminaire Saint-Rambaud de Malines, autorisé à continuer l'étude de la physique

- 1922 : mémoire « La physique d'Einstein » (concours bourse de voyage)

- 1923 : ordonné prêtre

Etudiant-chercheur à Cambridge

Suis les cours d'Eddington (loi reliant masse et luminosité des étoiles en 1926) et Rutherford (radioactivité), tente d'élargir le concept de simultanéité à la relativité générale.

- 1924 : rencontre de Silberstein au Canada (relation décalage vers le rouge et rayon de l'Univers)

et de Hubble au USA (nature extragalactique des nébuleuses spirales)

Entreprend l'étude de l'Univers de De Sitter et s'intéresse aux céphéides (« Note sur l'Univers de De Sitter - 1925 »)

- 1926 : Thèse « Champ gravitationnel d'une sphère fluide de densité uniforme et invariante »

BIO - EXPRESS

- 1927 « Un Univers homogène de masse constante et de rayon constant »
Rend compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques.
- 1931 « L'expansion de l'espace »
Théorie de l'atome primitif.
- 1933 « L'Univers en expansion »
Tentative pour donner une base expérimentale à l'atome primitif.
Acquisition de machines électroniques
- 1935 : professeur-invité de l'Institute for advanced studies de Princeton
- 1936 : Chaire de mécanique de l'Université catholique de Louvain
- 1948 : doyen de la Faculté des sciences de Louvain
« L'hypothèse de l'atome primitif »
- 1951 : discours de Pie XII « Les preuves de l'existence de Dieu à la lumière de la science actuelle de la nature », Lemaitre réproouve
- 1960 : président de l'Académie pontificale des sciences
- 20/06/1966 : décès (leucémie)

Apprend le 16 ou le 17 la découverte du rayonnement cosmologique de fond par Wilson et Penzias



LA COSMOLOGIE DE LEMAITRE

LA COSMOLOGIE

DEFINITIONS :

Cosmologie : Etude des lois de l'Univers

Cosmogonie : Théorie sur la formation de l'Univers

3 révolutions scientifiques (remplacement d'une théorie consacrée par le temps et l'expérience par une autre) :

- Copernico-Galiléenne
- Newtonienne
- relativiste

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

La révolution relativiste a connu 5 phases :

- initiale (1917-1927) : modèles cosmologiques relativistes quantitatifs dont la signification n'est pas comprise

EINSTEIN, DE SITTER, FRIEDMANN

- développement (1927-1945) : aspects géométriques et mécaniques explorés (interprétation des décalages spectraux en terme d'Univers en expansion)

LEMAITRE

- consolidation (1945-1965) : développements mathématiques, amélioration des techniques d'observation (découverte et interprétation du fond diffus cosmologique)

GAMOW, PENZIAS et WILSON

- acceptation (1965-1980) : consensus sur le modèle du Big-Bang

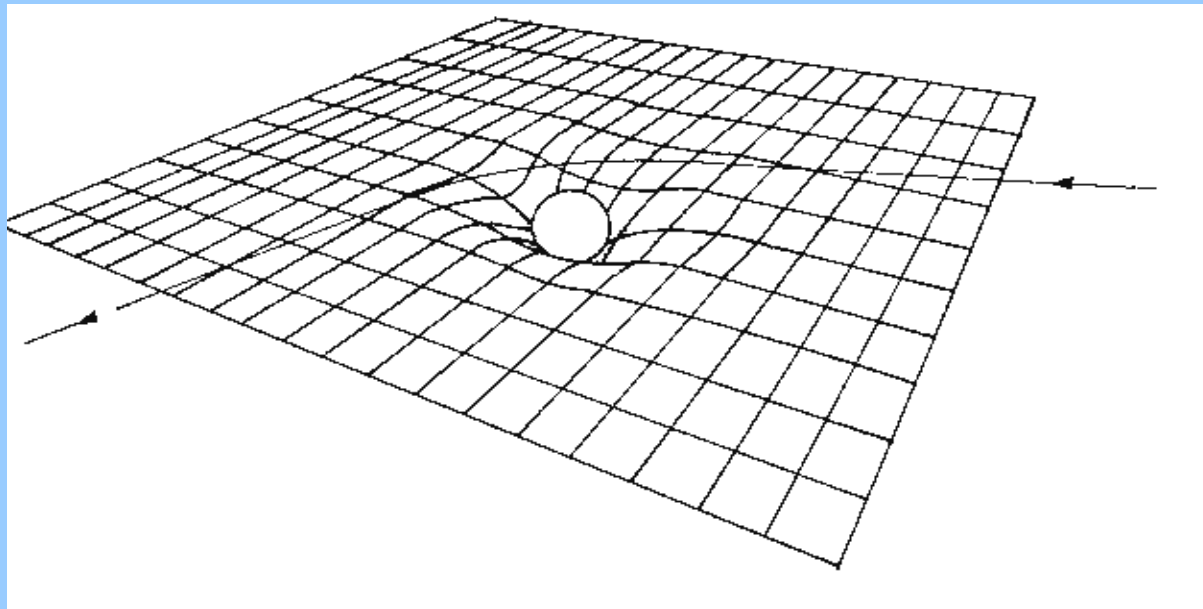
- élargissement (1980-....) : modification du modèle du Big-Bang (développement de la physique des hautes énergies)

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LA PHASE INITIALE

Einstein bâtit sa « théorie de la relativité générale » sur 3 principes :

- Le principe de covariance : les lois ne doivent pas dépendre du choix du référentiel ;
- Le principe d'équivalence : entre champ d'accélération et champ de gravitation
- Les champs de gravité déterminent la géométrie de l'espace-temps.



Il en détermine des équations, dans lesquelles le changement de référentiel intervient sous forme de paramètres, et qui mettent en jeu des tenseurs pour tenir compte du principe d'équivalence.

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LA PHASE INITIALE

En 1917 Einstein publie :

« Considérations cosmologiques sur le théorie de la relativité générale »

Ses équations originales sont incompatibles avec un Univers statique, l'ajout de la constante cosmologique est nécessaire « pour rendre possible une répartition quasi-statique de la matière, laquelle correspond au fait que les vitesses des étoiles sont petites » (JP Luminet – « L'invention du Big-Bang »)

$$R_{\mu\nu} - (1/2)Rg_{\mu\nu} = -\kappa T_{\mu\nu} - \lambda g_{\mu\nu}$$

Où :

- le tenseur $R_{\mu\nu}$ et le scalaire R caractérisent la courbure de la géométrie spatio-temporelle
- $T_{\mu\nu}$ le tenseur énergie-impulsion qui représente l'énergie-matière source du champ gravitationnel
- $\kappa = 8\pi G/c^4$ une constante
- l'inconnue est $g_{\mu\nu}$, tenseur métrique qui caractérise la géométrie de l'espace-temps en présence d'un champ de gravitation

Pour l'obtention d'un Univers statique, homogène et isotrope, les solutions de ces équations sont :

- **l'espace-temps de Minkovsky** : Univers de courbure nulle (vide – Univers de la relativité restreinte)
- **l' Univers d'Einstein** : Univers de courbure uniforme et positive
- **l'Univers de De-Sitter** : Univers vide de matière engendrant un mouvement de particules-test en fonction du signe de λ

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LA PHASE INITIALE

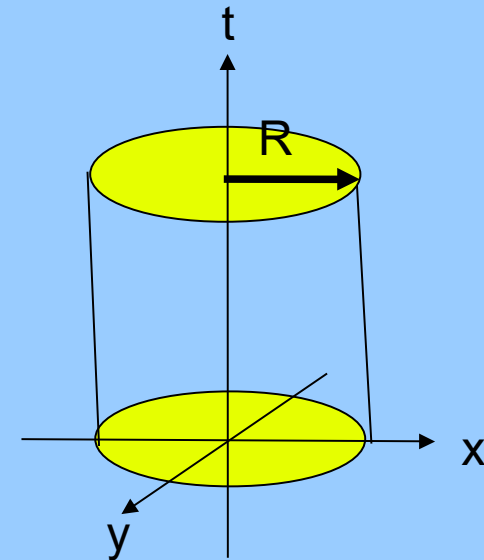
SOLUTION D'EINSTEIN (1917) :

Espace rempli de matière sans pression, de densité constante dans l'espace et dans le temps. La solution des équations de champ donnent deux conditions :

$$\lambda = 4\pi G\rho/c^2 = 1/R^2$$

Avec ρ densité de matière, R rayon de courbure de l'espace.

Espace fini sans limite (hypersphère de rayon R) où la matière reste sans mouvement.



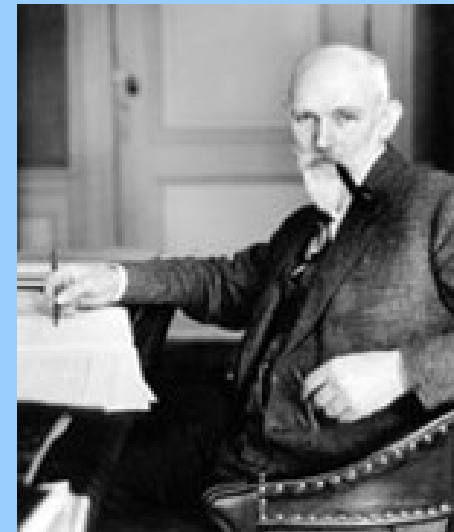
SOLUTION DE DE-SITTER (1917) :

$$\rho=0 \quad \lambda=3/R^2$$

« les étoiles sont considérées comme des particules-test n'engendrant pas de gravitation. Elles sont en mouvement dans une métrique de fond fixée d'avance » (JP Luminet – Op. Cité)

Modèle considéré comme non plausible par Einstein.

Eddington envisageait deux mouvements dans l'Univers de De-Sitter : celui des sources dans l'Univers ou celui de l'Univers lui-même emportant les sources avec lui et proposait de relier cette expansion aux observations de Vesto Slipher (décalage spectral quasi-systématique vers le rouge du rayonnement des nébuleuses spirales extra-galactiques)



LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LA PHASE INITIALE

LES SOLUTIONS DE FRIEDMANN

Alexander Alexandrovitch FREIDMANN (o 1868 + 1925) publie
« Sur la courbure de l'espace » en 1922 :

Démontre l'existence possible d'univers dont la courbure est constante par rapport aux 3 coordonnées spatiales, mais dépend du temps

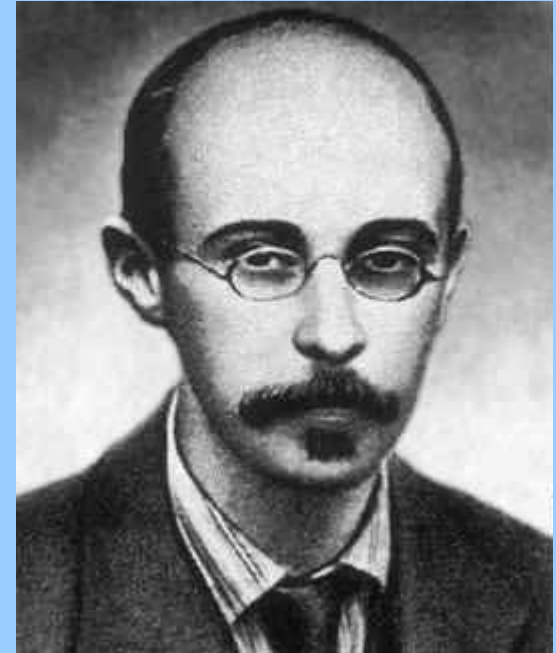
$$R=f(t)$$

Admet une infinité de solutions en fonction de la valeur de λ

- $\lambda=0$ modèle oscillant (univers Phénix)
- $\lambda>0$ R croît depuis une valeur non nulle
- $\lambda>\lambda_{\text{critique}}$ R croît depuis 0

« L'Univers comme espace et temps » en 1923 :

Exposé axiomatique de la théorie de la relativité générale, comporte un court paragraphe « création de l'Univers » où il expose les solutions développées dans son ouvrage précédent et montre aussi l'insuffisance des équations d'Einstein pour définir la topologie globale de l'Univers



LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LE DEVELOPPEMENT

1925 : **Hubble** avait démontré que les nébuleuses spirales sont d'autres systèmes d'étoiles analogues à notre galaxie ;

Slipher avait mis en évidence un décalage quasi-systématique vers le rouge des raies spectrales du rayonnement de ces galaxies ;

Sans aucune interprétation théorique malgré les travaux d'**Eddington**, **Wirtz** et **Silberstein**.

LEMAITRE dans sa « **Note sur l'Univers de De Sitter** » 1925 introduit de nouvelles coordonnées pour l'Univers de De Sitter qui rendent la métrique non statique et conduisent à une relation linéaire entre vitesse et distance. La constante cosmologique se voit attribuer le rôle d'une force « de répulsion cosmique » (lorsqu'elle est positive)

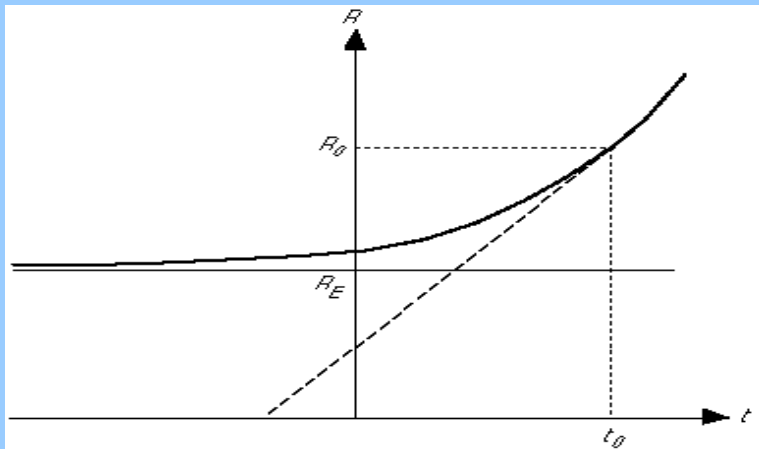


LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LE DEVELOPPEMENT

1927 : « **Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques** » (traduit en anglais en 1931)

LEMAITRE suppose $R=f(t)$, la conservation de l'énergie, inclus la pression de radiation et la densité de matière. Il aboutit à un modèle d'expansion monotone tendant vers le rayon d'Univers d'Einstein lorsque le temps tend vers $-\infty$: **Univers de Lemaitre-Eddington** sans singularité initiale



Les vitesses de récession des nébuleuses extragalactiques sont la conséquence cosmique de l'expansion de l'Univers
« utilisant les 42 nébuleuses ...[des] listes de Hubble et de Strömberg, et tenant compte de la vitesse propre du Soleil, on trouve une distance moyenne de 0,95 millions de parsecs et une vitesse radiale de 600 km/s soit 625 km/s à 106 parsecs »

La **loi de Hubble** sera publiée en **1929**

Cette solution s'apparente à celle de Friedmann, qu'il ne connaissait pas (les travaux de Friedmann lui ont été signalés par Einstein)

Pour Einstein « du point de vue de la physique cela lui paraissait tout à fait abominable »

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LE DEVELOPPEMENT

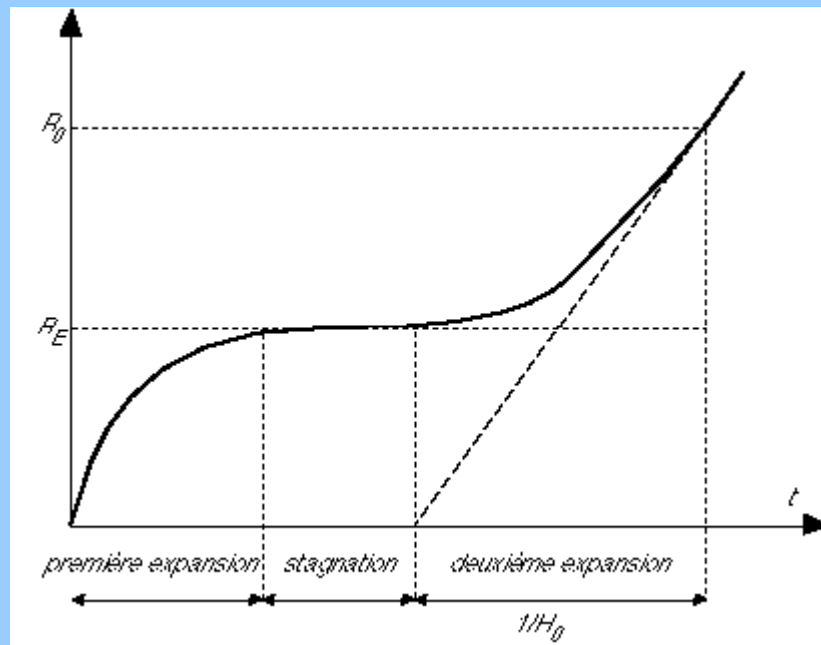
1931 : « **L'expansion de l'espace** »

LEMAITRE part des données expérimentales :

- expansion de l'Univers (décalage vers le rouge) ;
- contraction gravitationnelle (naissance des nébuleuses)

Il lui faut aussi trouver un moyen de « rendre l'âge de l'Univers compatible avec celui de la terre » (JP. Luminet – Op. Cit.), La constante de Hubble conduit à un âge de 2 milliards d'années alors que l'étude des éléments radio-actifs donne à la terre un âge de 4 milliards d'année.

Il aboutit à un nouveau modèle : « **L'Univers hésitant** » où $\lambda > \lambda_E$ (λ_E solution d'Einstein)



« L'espace a commencé avec l'**atome primitif** et le commencement de l'espace a marqué le commencement du temps »

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LE DEVELOPPEMENT

1931 : Reconnaissance par **Einstein** des travaux de Friedmann qui publie « **Sur le problème cosmologique en théorie de la relativité générale** » puis en 1932 avec De Sitter « **Sur la relation entre l'expansion et la densité moyenne de l'Univers** » :

« Singulier appauvrissement des calculs effectués précédemment par Friedmann, Lemaître et Robertson » (JP. Luminet – Op. Cit.), mais ils signalent cependant qu'en deçà des limites de Planck, les notions de temps et d'espace ne sont pas définies.

Pour **LEMAITRE**, comme **Eddington**, le temps et sa flèche sont liés à la croissance de l'entropie.

De « **relativiste** », la cosmologie devient « **quantique** »

1933 : « **L'Univers en expansion** »

LEMAITRE montre que la surface du trou noir n'est pas une vraie singularité, en raison d'un mauvais choix du système de coordonnées (ouvrira la porte à de nouvelles avancées dans les années 1960).

Il conclut aussi que le zéro de l'espace doit être traité comme un réel commencement, toute structure atomique d'une existence antérieure y aurait été complètement détruite d'où l'abandon de l'Univers cycloïdal « qui avait un charme poétique incontestable et faisait penser au Phénix de la légende »

Einstein adopte enfin les idées de **Lemaître**

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LE DEVELOPPEMENT

LEMAITRE veut donner une base expérimentale à l'atome primitif :

Les rayons cosmiques seraient la manifestation de la fragmentation initiale

Si ses recherches n'aboutissent pas dans cette voie, il publiera avec ses élèves plusieurs « Contributions à la théorie des effets de latitude et d'asymétrie des rayons cosmiques » qui permettront de déterminer 40 ans plus tard des orbites des particules chargées au voisinage de la terre.

Puis il cessera toutes études en cosmologie.

La nouvelle théorie en vigueur devient celle de « **L'état stationnaire** »(1948), défendue par **Thomas Fold, Hermann Bondi et Fred Hoyle**, ce dernier qui avait accueilli Lemaître en 1960, lors d'un congrès, par la célèbre phrase :

« This is the Big Bang Man »

LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

LA CONSOLIDATION

En 1948, **Georges Gamow** publie avec **Ralph Alpher** un article décrivant l'Univers d'origine comme « une soupe dense de neutrons et protons » (les quantités actuelles d'hydrogène et hélium peuvent être expliquées par les réactions nucléaires qui ont eu lieu durant le Big-Bang).

Alpher et Robert Hermann en prédisent la rémanence sous forme d'un rayonnement persistant vers 5°K.



1965 : découverte du fond diffus cosmologique à 3°K par **Arno Penzias et Robert Wilson**, qui recevront le prix Nobel en 1978.

1990 : les observations du satellite **COBE (COsmic Background Explorer)** publiées en 1992 confirment la nature thermique du rayonnement cosmologique selon la loi du corps noir de Planck avec une température de 2,728°K, **Smooth et Mather** (membres de l'équipe COBE) recevront le prix Nobel en 2006.

La manifestation du Big Bang n'était pas dans les rayons cosmiques, mais dans les rayonnements thermiques.

«Je suis content maintenant, au moins on a la preuve »





LEMAITRE ENSEIGNANT

GEORGES LEMAÎTRE

L'ENSEIGNANT

(source : Dominique LAMBERT in « Les Génies de la science n°30 : LEMAÎTRE – Le père du Big-bang)

Dès 1925, Georges LEMAÎTRE est chargé de cours à l'Université Catholique de Louvain (UCL), il enseigne la méthodologie et l'histoire en première année de Doctorat (licence actuelle), succédant à Charles de la Vallée Poussin, son maître.

Son style pédagogique est assez perturbant pour ses étudiants, il procédait rarement de manière linéaire et systématique, la matière n'était pas toujours adaptée à son auditoire, il préfère la résolution des problèmes à la systématisation ou la synthèse.

En 1932, il héritera du cours de probabilités d'Alliaume.

Ses cours de mécanique et mécanique céleste reflètent ses préoccupations en recherche (problème de Störmer – détermination des trajectoires des particules chargées subissant le champ d'un dipôle magnétique – , fonctions elliptiques – mouvement du pendule - , théorie du mouvement de la lune de Delaunay ...).

GEORGES LEMAÎTRE

L'ENSEIGNANT

(source : Dominique LAMBERT in « Les Génies de la science n°30 : LEMAÎTRE – Le père du Big-bang)

S'il n'apprécie pas les chahuts, il se complait dans le brouhaha.

Les examens sont à l'image de son enseignement : originaux.

Il propose à l'étudiant de s'évaluer lui-même, fixant ainsi la borne supérieure des points qu'il peut obtenir, et lui donnant une question plus ou moins facile. Il lui arrive aussi de distribuer des notes sans faire passer l'examen pour se faire pardonner d'être arrivé en retard.

« Tout là-bas un espoir vient de renaître :
Un type sort de chez Lemaître
Réussissant sans rien connaître .»
(Chanson de l'étudiant de Louvain)

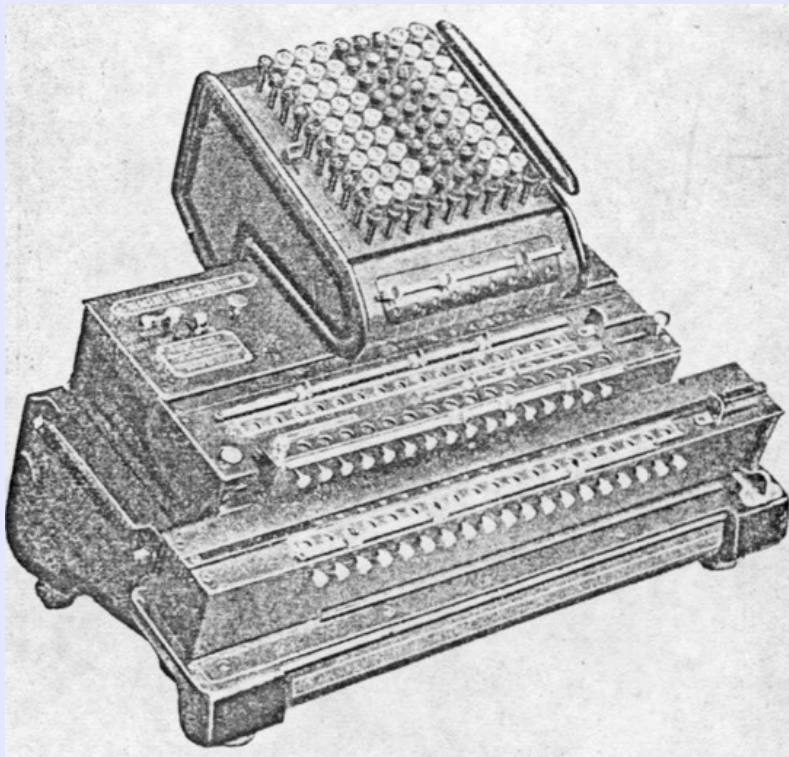
Selon son collaborateur Jacques Masset :
Lemaître « n'enseignait pas une matière mais un comportement de recherche »

GEORGES LEMAÎTRE

L'ENSEIGNANT

Très tôt, il manifesta un grand intérêt pour les machines à calculer, en particulier pour calculer le comportement des nébuleuses dans l'Univers, les orbites des rayons cosmiques, s'attaquer au problème des trois corps.

Dès 1933, il introduit à l'UCL, trois calculatrices Mercédès



Puis en 1958, un calculateur Burroughs 901



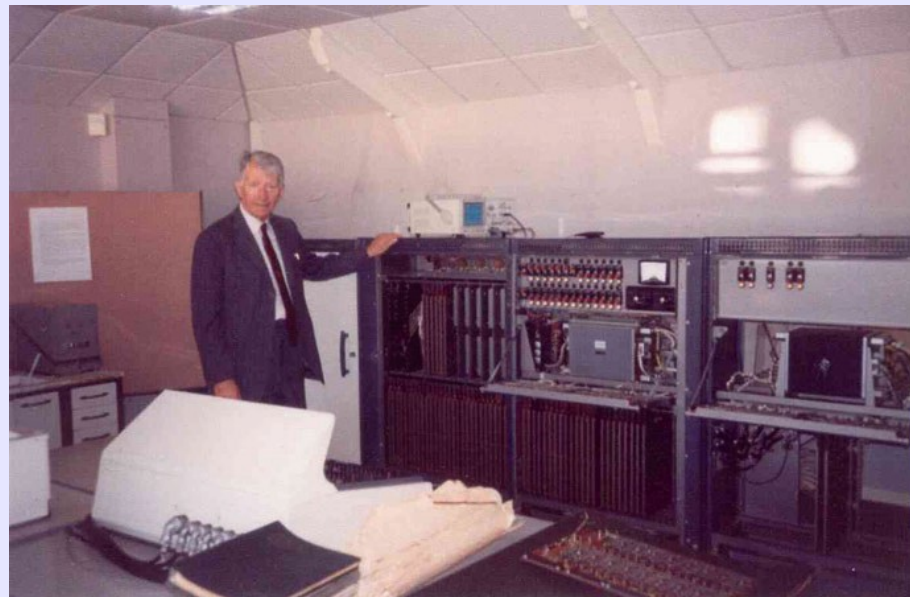
GEORGES LEMAÎTRE

L'ENSEIGNANT

Il enseigna la programmation en ALGOL et développa avec son neveu, un nouveau langage l'AUTOCODE.

Grâce à ces machines, il put mettre en œuvre les méthodes qu'il a développées dans le domaine de l'analyse harmonique des fonctions périodiques pour déterminer les orbites des particules infiniment voisines de l'équateur dans le problème de Strömer (trajectoire des particules cosmiques)p.

En 1962, son laboratoire s'enrichit d'un ordinateur NCR-Elliott 802.





LEMAITRE HOMME D'EGLISE

LES DEUX CHEMINS

« Georges LEMAITRE concilia Science et Foi en les concevant comme deux chemins vers la vérité. La voie scientifique dévoile les vérités physiques, la voie spirituelle conduit au salut, leur seul lien est le savant, lorsqu'il choisit de les parcourir en même temps »

(« Les Génies de la science » Op cit.)

« Pour sortir de l'impasse d'une « action surnaturelle » ; il utilise le Principe d'incertitude et l'augmentation de l'entropie « Puisque le point d'origine est, du fait de son extrême simplicité hors du déterminisme et de la ligne du temps, il est aussi hors de la physique. Ce qui veut dire finalement hors d'atteinte de la description scientifique »

(JF Robredo « Les métamorphoses du ciel » PUF 2011)

« Personnellement j'estime qu'une telle théorie existe en dehors de toute question métaphysique ou religieuse. Elle laisse le matérialiste libre de nier tout être transcendant ... Pour le croyant elle exclut toute tentative de familiarité avec Dieu, telle la chiquenaude de Laplace ou le « doigt » de Jeans »

(« Hypothèse de l'atome primitif » 1948)

« Il n'y a aucune raison d'abandonner la bible parce que nous pensons maintenant que cela prit peut-être dix milliards d'années pour créer ce que nous croyons être l'Univers. La Génèse essaye simplement de nous enseigner qu'un jour sur sept devrait être dédié au repos, au culte et à la vénération-tous nécessaires au salut »

(Entretien au New York Times Magazine - 1933)

L'AFFAIRE UN'ORA

Membre de l'Académie pontificale des sciences, Lemaître est présent lors de sa séance du 22 novembre 1951, pour écouter le discours du Pape Pie XII intitulé « Les preuves de l'existence de Dieu à la lumière de la science actuelle de la nature » et qui insinue que l'astrophysique contemporaine pourrait déboucher sur le terrain de la Révélation :

« [les estimations de l'âge de l'Univers] n'apportent pas toutefois, même au plus simple des croyants, un concept nouveau et différent de celui que lui ont appris les premiers mots de la Génèse [...] à savoir le concept de commencement des choses dans le temps. Ils donnent à ces mots une expression concrète et presque mathématique... »

(In Les Génies de la science » Op. Cit.)

Lemaître n'apprécia pas, mais son profond respect pour le Pape l'empêcha de toute réaction. Plus tard il dira :

« Au sujet de l'attitude du souverain pontife, il est clair qu'elle se situe sur le terrain qui lui est propre et qu'elle n'a aucune relation avec les théories d'Eddington ou les miennes »

(ibid)

Lemaître intervint auprès de l'entourage du Pape pour que le discours qu'il doit prononcer pour l'ouverture de l'assemblée de l'Union Astronomique Internationale le 07/09/1952 à Rome ne fasse pas allusion à la notion d'état primitif de l'Univers.

LES DERNIERES ANNEES

1960 : Nommé « Prêlat domestique de Sa Sainteté » par Jean XXIII
Président de l'Académie pontificale des sciences

- Ouverture oecuménique et géographique de l'Académie pontificale ;
- Réception de 7 prix Nobel en deux ans (Dirac, Raman, Eccles...)
- Semaines d'études en biologie moléculaire (1961), analyse économétrique (1963), neurophysiologie (1964)

1963 : Membre de la commission pontificale chargée d'étudier, entre autres, les problèmes de la régulation des naissances, à laquelle il se contenta d'envoyer une note

Début des années 1960 : mouvement séparatiste flamand, pour défendre l'unité de l'Université de Louvain, il devient président de l'A.C.A.P.S.U.L.(Association du Corps Académique et du Personnel Scientifique de l'Université de Louvain). Il est évincé du Collège des Prémontés et se réfugie à l'Institut de Physique Nucléaire à Héberlé.

1964 : Infarctus

16 ou 17 juin 1966 : apprend la découverte du rayonnement cosmologique par Wilson et Penzias

20 juin 1966 : décède d'une leucémie



« Je doute que quiconque d'autre que vous ait étudié avec autant de soins les implications cosmologiques de la théorie de la relativité ».

(Einstein – Lettre de 1947)

« [Pour Georges Lemaître], la question du sens ou du pourquoi ne peut donc pas être résolue par la science qui se limite au comment »

(« Les métamorphoses du ciel » Op. Cit.)

« [Georges Lemaître] avait la tranquillité de l'homme qui a trouvé la vérité dans les deux domaines qui lui tenaient le plus à cœur »

(A. Berger, ancien élève de Lemaître in « les métamorphoses du ciel » Op. Cit.)

Pour en savoir plus :

- Les Genies de la Science n° 30 : LEMAÎTRE Le père du Big Bang par Dominique LAMBERT (Pour la Science sarl) ;
- Jean-Pierre LUMINET : « L'invention du Big Bang » Editions du seuil 1997
Introduction à A. Friedmann, G. Lemaître, Essais de cosmologie, extraits de morceaux choisis, traduits et annotés par JP Luminet
- JF. ROBREDO : « Les métamorphoses de ciel. De Giordano Bruno à l'abbé Lemaître »
PUF 2011

MERCI DE VOTRE ATTENTION

