

De la loi de Hubble à la loi de Hubble-Lemaître

Danielle Briot, Observatoire de Paris

L'AG de l'UAI (Union astronomique internationale) qui regroupe plus de 3 000 participants s'est tenue au mois d'août à Vienne. Elle a décidé de renommer la loi de Hubble en y associant le nom de Georges Lemaître. Cet article vous explique pourquoi.

Introduction

Tous les trois ans, à chaque fois dans un pays différent, se tient l'Assemblée générale de l'Union Astronomique Internationale qui réunit environ trois mille astronomes professionnels. En août dernier, l'Assemblée générale a eu lieu à Vienne, en Autriche. Au cours de cette Assemblée générale, sont votées des résolutions, le plus souvent très techniques, qui ne concernent alors que les astronomes qui travaillent dans le secteur concerné. Notons cependant une exception notable : en 2006, au milieu d'un essaim vibrant de journalistes, cette Assemblée générale, en réunion à Prague a retiré à Pluton son rang de planète pour le classer dans une catégorie nouvellement définie, les planètes naines. Aujourd'hui, la 4^e résolution sur laquelle les astronomes ont eu à se prononcer à Vienne le 31 août dernier nous apparaît particulièrement intéressante.

Tous les astronomes connaissent la très célèbre loi de Hubble. Cette loi, nommée à partir de l'astronome Edwin Hubble (1889-1953), exprime que les galaxies dans l'Univers s'éloignent les unes des autres à une vitesse relative proportionnelle à leur distance. C'est la fameuse loi dite d'expansion de l'Univers qui est assurément l'une des plus importantes de l'astronomie. Or, il a été proposé que la loi de Hubble s'appelle désormais la loi de Hubble-Lemaître.

Qui était Hubble ?

Edwin Hubble (1889-1953) est un astronome américain. Il étudie les mathématiques et l'astronomie à Chicago puis le droit à Oxford, en Angleterre. Après la première guerre mondiale, il a travaillé à l'observatoire du mont Wilson en Californie, où il eut la possibilité d'observer avec le télescope Hooker de 2,54 m qui était alors le plus grand du monde. Par la suite, Hubble fut le premier astronome à observer au télescope de 5 m du Palomar, qui fut à son tour le plus grand du monde à sa mise en service en 1949 et le demeura jusqu'à 1975.



Comme cela est détaillé plus bas, il démontre que les *nébuleuses spirales* sont situées en dehors de la Voie lactée. En 1926, il définit une classification des galaxies, la classification dite en diapason. Les travaux de Hubble au sujet de l'expansion de l'Univers forment le sujet principal du présent article. Son nom a été donné au télescope spatial de la Nasa et de l'Esa, lancé en 1990.

Notons que certains historiens estiment que la vie et l'œuvre de Hubble ont été quelque peu embellies par ses soins et les soins de sa veuve.

Qui était Lemaître ?

Georges Lemaître (1894-1966) est un scientifique belge. Il commence des études d'ingénieur qu'il interrompt pour s'engager dans l'armée lors de la première guerre mondiale.



Après la guerre il entreprend des études de sciences physiques et mathématiques ainsi que des études de théologie, ceci afin de pouvoir être ordonné prêtre. En 1923, il obtient une bourse pour aller étudier à l'étranger. Il passe un an à Cambridge en Angleterre, sous la direction d'Arthur Eddington (1882-1944) qui travaillait sur la théorie de la relativité d'Einstein. L'année suivante il travaille à Cambridge (États-Unis) au Harvard College Observatory, avec Harlow Shapley (1885-1972), puis au Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Il revient en Europe en 1925 d'où il soumet sa thèse par écrit au MIT. Il est en 1927 nommé professeur à l'Université Catholique de Louvain, poste qu'il occupera jusqu'à sa retraite en 1964, et la même année il publie son article fondamental sur l'expansion de l'Univers, article qui le classe parmi les cosmologistes les plus importants.

Ce qui était connu et ce qui a été découvert

Le mot nébuleuse, qui vient du mot latin nébula qui signifie nuage, s'appliquait depuis longtemps aux astres qui ne sont pas ponctuels comme le sont les étoiles, mais qui ne doivent pas être confondus avec des comètes car ils sont fixes dans le ciel. Au fur et à mesure que les instruments d'observation devenaient de plus en plus puissants et précis, il devenait évident que les nébuleuses pouvaient être très différentes les

unes des autres et correspondre à des objets célestes très différents. Depuis 1912 Vesto Slipher (1875-1969) commence à mesurer les vitesses radiales de nébuleuses spirales, d'autres nébuleuses et d'amas globulaires. Les vitesses radiales, vitesses auxquelles les astres s'éloignent ou se rapprochent de nous sont déterminées à partir du décalage des raies sur les spectres de ces astres (effet Doppler). Avec les instruments de l'époque, ces observations étaient très délicates et nécessitaient de très longs temps de pose. Les premiers résultats présentés en 1914 montrent que les nébuleuses spirales ont de très grandes vitesses radiales et que la plupart d'entre elles ont des vitesses radiales de récession, c'est-à-dire qu'elles s'éloignent du Système solaire. Sur 41 nébuleuses spirales alors observées, 36 s'éloignent de nous.

Les questions sur la nature de certaines de ces nébuleuses, les nébuleuses spirales, se posaient depuis longtemps. Ces nébuleuses sont-elles hors de notre Voie lactée et analogues à celle-ci ou bien, situées dans notre galaxie, sont-elles des systèmes planétaires en formation comme le suggère leur forme de disque ? Cette question n'est pas nouvelle puisque dès 1755 Emmanuel Kant (1724-1804) parle d'univers-îles au sujet de ces astres et considère qu'ils sont très lointains, et bien extérieurs à la Voie lactée. Durant les premières décennies du vingtième siècle, les avis des astronomes sur ce sujet étaient très partagés, et tous avaient bien conscience que c'était un problème fondamental. En 1920 le « grand débat » est organisé entre deux astronomes américains, Harlow Shapley (1885-1972), partisan d'un Univers se limitant à la Voie lactée, et Herber Curtis (1872-1942), estimant que la nébuleuse d'Andromède est extérieure à la Voie lactée. Ce débat ne permet pas d'aboutir à une conclusion. La précision des observations que l'on pouvait alors obtenir était insuffisante. À partir de 1924 et grâce au nouveau télescope Hooker du Mont Wilson mis à sa disposition, Hubble observe des céphéides dans la nébuleuse irrégulière NGC 6822, dans Messier 33, (la nébuleuse du Triangle), et enfin dans Messier 31 (la nébuleuse d'Andromède). Les céphéides sont des étoiles variables périodiques nommées ainsi parce que les variations qu'elles montrent sont analogues à celles de l'étoile δ Céphée. Or l'observation de telles étoiles a impliqué de formidables conséquences pour notre connaissance de l'Univers. En effet, en étudiant des céphéides dans le Petit Nuage de Magellan, donc toutes situées approximativement à la même distance, Henrietta Leavitt (1868-1921) avait découvert en 1912 que la période de variation de ces étoiles

était proportionnelle à leur luminosité. Sachant que l'affaiblissement de la lumière d'un objet lointain est proportionnel au carré de sa distance, et que bien sûr la distance d'un astre ne modifie pas sa période, on obtenait ainsi des *chandelles cosmiques* qui pouvaient permettre d'étalonner l'Univers. À partir des céphéides qu'il observe dans des nébuleuses, Hubble estime leur distance et découvre que ces nébuleuses, en particulier les nébuleuses spirales, sont en dehors de notre Voie lactée. Les nébuleuses spirales sont donc des *nébuleuses extra-galactiques* (on a ensuite utilisé l'expression *galaxies extérieures* et maintenant on emploie simplement le mot *galaxie*, le mot *Galaxie* avec une majuscule étant réservé à notre Voie lactée). Le décalage vers le rouge observé dans les spectres de la plupart des *nébuleuses extragalactiques* devient donc un point important dont il faut tenir compte dans la description de l'Univers.

Travaux et articles de Lemaître et de Hubble sur l'expansion de l'Univers

En 1927, Georges Lemaître publie un article intitulé « *Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques* », en **français**, dans les *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, revue relativement peu diffusée, en particulier aux États-Unis d'Amérique. Dans cet article Lemaître revoit les deux solutions proposées alors, et dont aucune n'était satisfaisante. La première solution est celle proposée par le néerlandais Willem de Sitter (1872-1934) qui invente en 1917 le concept d'Univers en expansion, ce qui correspond au fait que les nébuleuses extragalactiques semblent nous fuir. Cette solution respecte les équations de la relativité générale alors toute récente d'Albert Einstein (1879-1955) mais ignore la présence de la matière. Or, comme nous le savons tous, l'Univers n'est pas vide. La deuxième solution est celle d'Einstein lui-même, proposée la même année, qui prévoit une densité de matière non nulle mais qui ne correspond pas aux récentes observations, en particulier parce qu'il s'agit d'un Univers statique. Dans son article, Lemaître explique ainsi ce qui est quelquefois appelé la fuite des galaxies, due au décalage vers le rouge (redshift) : « *L'éloignement des nébuleuses extra-galactiques est un effet cosmique dû à l'expansion de l'espace* ». Ce ne sont pas les galaxies qui s'éloignent les unes des autres avec une vitesse proportionnelle à leur distance, c'est l'espace qui est en expansion. On voit dans cet article que Lemaître avait une vision tout à fait novatrice et pertinente de l'explication

physique du décalage vers le rouge des spectres des galaxies.

En 1927, se tient à Bruxelles le cinquième congrès Solvay de physique, probablement le plus fameux de tous les congrès Solvay. Plus de la moitié des participants étaient des prix Nobel ou allaient le devenir. Lemaître eut l'occasion de discuter avec Einstein dont un ami lui avait fait lire son article. Lemaître parle ainsi de cette entrevue : « Après quelques remarques techniques favorables, il conclut en disant que du point de vue physique cela lui paraissait tout à fait abominable ». Même un physicien comme Einstein n'était alors pas prêt à accueillir l'idée de l'Univers en expansion !

En 1928, se tient à Leyde aux Pays-Bas, la troisième Assemblée générale de l'Union Astronomique Internationale (UAI). Hubble, depuis 1922, et Lemaître, depuis 1925, sont tous deux membres de l'UAI et on sait qu'ils se rencontrent à cette occasion. Ils discutent de ce qu'impliquent pour le récent modèle de l'Univers en expansion, les données d'observation du décalage vers le rouge des nébuleuses extragalactiques.

En 1929, Hubble publie un article intitulé « *A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae* », soit « *Une Relation entre la Distance et la Vitesse Radiale pour les Nébuleuses Extra-Galactiques* ». Cet article est publié dans l'*Astrophysical Journal* qui est l'un des plus connus, si ce n'est le plus connu, des journaux d'astrophysique. Depuis l'article de Lemaître publié deux ans auparavant, de nouvelles données d'observations sur les nébuleuses extragalactiques ont été obtenues qui figurent dans ce nouvel article. À partir de cet article, le principe de l'expansion cosmique est connu comme la loi de Hubble.

Lemaître avait envoyé son article à l'astrophysicien britannique Eddington qui avait été son professeur, mais Eddington avait négligé de le lire. En 1930, Eddington, considérant que ni l'Univers statique d'Einstein, ni l'Univers vide de de Sitter ne sont des modèles satisfaisants, publie une note dans laquelle il demande que l'on étudie des solutions intermédiaires. Lemaître lui écrit pour lui rappeler son article de 1927 qui justement donnait la solution recherchée. Eddington fera tout alors pour que cet article soit connu. Les *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)*, qui comptent parmi les plus importantes revues pour la publication des résultats d'astronomie, demandent une traduction à Lemaître de son article. Cette traduction paraît en 1931 sous le titre « *A homogeneous Universe of*

Constant Mass and Increasing Radius accounting for the Radial Velocity of Extra-galactic Nebulae ». Cependant, certains passages de l'article original en français ont disparu dans la traduction anglaise, à savoir, le paragraphe dans lequel Lemaître dérivait le taux d'expansion de l'Univers et une note sur les erreurs sur les estimations des distances des galaxies. Dans un des passages absents dans la traduction anglaise, Lemaître calcule deux valeurs possibles pour la quantité qui allait devenir la constante de Hubble. L'absence de ces passages est d'abord passée inaperçue. On s'est demandé ensuite qui avait traduit l'article et pourquoi ces passages avaient été supprimés. *Traduttore, traditore* ? Le traducteur est-il un traître ? Cependant, des recherches sur des documents originaux ont montré que Lemaître a traduit lui-même son article. Alors pourquoi a-t-il supprimé certains des passages importants ? On a parlé de sa modestie. En fait, les parties supprimées portaient sur un échantillon de galaxies qui était disponible lorsque Lemaître avait écrit son article original, mais qui était plus petit que celui qu'Hubble avait eu à sa disposition pour son article qui était postérieur de deux ans. Lemaître n'a pas voulu citer l'échantillon de galaxies utilisé quand il avait écrit son article en français qui était « dépassé » lors de la traduction de son article en anglais.

Le rôle très important joué par Lemaître dans l'établissement de la théorie sur la fuite des galaxies dans un Univers en expansion, théorie qui est à la base de la cosmologie moderne est maintenant évident.

Dans ses publications suivantes, et toujours dans le cadre de l'hypothèse d'un Univers en expansion, Lemaître s'est attaché à étudier l'instant origine de l'Univers. Il développera pour cela la théorie de l'atome primitif.

Cependant, pendant plusieurs décennies, il a existé plusieurs théories cosmologiques totalement différentes. Certains astronomes, et en particulier l'astronome anglais Fred Hoyle (1915-2001) étaient partisans de la théorie d'un Univers stationnaire, sans commencement ni fin, avec une création continue de matière pour compenser la décroissance de la densité entraînée par l'expansion de l'espace. Ainsi Hoyle a par dérision, en 1949, qualifié de *Big Bang* autrement dit *Grand Boum*, l'origine de l'Univers, afin de ridiculiser la théorie à laquelle il ne croyait pas. Le rayonnement du fond de l'Univers, plus précisément le rayonnement du fond diffus cosmologique à 2,7 K a définitivement établi l'existence d'un moment origine. Le mot Big Bang qui voulait être ironique et

moqueur est devenu un terme scientifique qualifiant l'une des théories scientifiques les plus importantes.

La loi de Hubble-Lemaître

Le rôle de Georges Lemaître dans l'établissement de la loi sur l'expansion de l'Univers étant maintenant parfaitement établi, l'Union Astronomique Internationale, comme nous l'avons vu plus haut, propose au cours de l'Assemblée générale de 2018 une résolution pour que la loi de Hubble soit désormais appelée la loi de Hubble-Lemaître.

Quelques remarques ont suggéré que c'était ouvrir la porte à de nombreuses modifications analogues, et d'autres que la formulation loi de Lemaître-Hubble serait plus logique. À cette dernière suggestion, il a été répondu, sans convaincre l'auditoire, que la formulation loi de Hubble-Lemaître était plus harmonieuse d'un point de vue phonétique. Un pré-vote a eu lieu à mains levées au cours duquel la résolution a été approuvée à la majorité de 74 %. Afin qu'un plus grand nombre de membres de l'UAI puissent s'exprimer, un vote électronique a été organisé dans les semaines qui ont suivi. La recommandation de l'Union Astronomique Internationale d'appeler loi de Hubble-Lemaître la loi d'expansion de l'Univers a été votée par 3 169 astronomes, ce qui correspond à une majorité de 78 % des votants.

On peut maintenant se demander en quelles autres circonstances a pu être oublié le rôle que certains scientifiques ont joué dans des découvertes fondamentales ou dans l'obtention de résultats importants. Rappelons par exemple qu'il a parfois été demandé que le diagramme des céphéides qui montre le rapport entre la luminosité des céphéides et leur période, que l'on appelle généralement le diagramme période-luminosité des céphéides soit appelé diagramme de Leavitt pour rendre hommage à Henrietta Leavitt dont la découverte a eu tant de conséquences importantes pour notre connaissance de l'Univers.



Brève bibliographie :

« L'invention du Big Bang », Jean-Pierre Luminet éditions du Seuil, collection Science, nouvelle édition de 2014.

« L'affaire Hubble-Lemaître résolue », Dominique Lambert, Pour la Science, n° 412, Février 2012.