

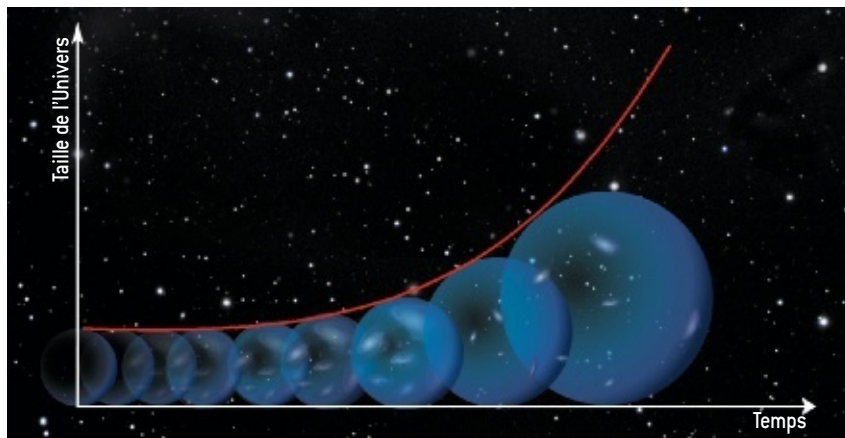
tions. » Et dans ses articles et ses cours après la Seconde Guerre mondiale, Lemaître cite la loi de Hubble sans jamais faire mention de sa propre contribution de 1927.

La controverse résolue par M. Livio a engendré une série d'effets intéressants. Nous en citerons deux. Le premier est d'avoir souligné de manière éclatante le fait que Georges Lemaître est bien le premier à avoir expliqué la « loi de Hubble ». Celle-ci mériterait donc, même si la modestie de Georges Lemaître en eût souffert, que nous la nommions désormais « loi de Hubble-Lemaître ». Et la récente proposition d'attribuer le nom de « Lemaître » à un grand instrument d'astronomie apparaît, dans ce contexte, on ne peut plus judicieuse.

Le Big Bang se dessine

Le deuxième est lié au contenu de la réponse de Lemaître à Smart. Lemaître avait la possibilité de supprimer tous les passages qu'il voulait dans sa traduction. Or, s'il enlève les données d'observations astronomiques effectives (qu'il eût été légitime de conserver malgré l'existence d'autres plus actuelles), il conserve ce qui est de l'ordre de la spéculation hardie : « Même la suggestion finale, qui n'est pas confirmée par un de mes travaux récents, n'a pas été modifiée », écrit-il à Smart. Cette suggestion est la suivante : « Il resterait à se (sic !) rendre compte de la cause de l'expansion de l'Univers. Nous avons vu que la pression de radiation travaille lors de l'expansion. Ceci semble suggérer que cette expansion a été produite par la radiation elle-même. »

Cette idée spéculative (et fausse !) est la trace d'une réflexion qui a pris corps lorsque Lemaître a réfléchi sur une autre idée spéculative (et fausse aussi), publiée en 1928 par Robert Millikan et Harvey Cameron, sur la nature des rayons cosmiques, des rayonnements très énergétiques détectés dans la haute atmosphère. Pour Millikan et Cameron, ces rayons sont produits dans l'espace, lors de la formation de noyaux atomiques à partir de protons et d'électrons, lesquels se seraient matérialisés à partir d'un rayonnement primitif. Dans un article de 1930, Lemaître reprend cette idée : « On pourrait



4. LE MODÈLE D'UNIVERS EN EXPANSION PROPOSÉ PAR LEMAÎTRE EN 1927. Son commencement est repoussé à l'infini vers le passé où il se raccorde au modèle statique d'Einstein, et une force répulsive accélère son expansion de façon exponentielle. En 1931, Lemaître affina son modèle en proposant un Univers où le monde a un commencement en feu d'artifice.

admettre que la lumière a été l'état originel de la matière et que toute la matière condensée en étoiles s'est formée par le processus proposé par Millikan. »

Elle est un des éléments qui le conduiront vers l'hypothèse de l'atome primitif. À l'origine de la théorie du Big Bang, cette hypothèse envisage, au commencement du Monde, un Univers ramassé dans un seul « atome » – un élément indivisible et homogène correspondant à un *quantum* d'énergie. Smart proposait à Lemaître d'ajouter une contribution nouvelle à sa traduction. Ce dernier préfère écrire un autre article où l'expansion sera non plus liée à une hypothétique pression de radiation originelle, mais à l'instabilité créée par la formation de condensations de matière dans un Univers quasi statique.

Loin d'être l'instrument d'une censure, la lettre de Smart m'apparaît comme une invitation faite à Lemaître à diffuser ses dernières idées. La lettre retrouvée par M. Livio montre que les préoccupations de Lemaître avaient changé depuis 1927. La question qui l'occupait en cette année 1931 était moins l'expansion de l'Univers que la cause profonde de son expansion et de son commencement, voire la formation des galaxies dans un Univers en expansion. Une controverse en histoire des sciences est toujours intéressante, car elle bouscule les idées et... les archives pour faire apparaître des vérités, y compris celles auxquelles on ne pensait pas !

✓ À ÉCOUTER

En février 2012, Dominique Lambert reviendra sur la controverse dans l'émission **La marche des sciences**, sur *France Culture* de 14h à 15h. www.franceculture.com

✓ BIBLIOGRAPHIE

M. Livio, *Mystery of the missing text solved*, *Nature*, vol. 479, pp. 171-173, 2011.

D. Lambert, *Un atome d'univers. La vie et l'œuvre de Georges Lemaître*, Lessius, 2011.

D. Lambert et J. Reisse, *Charles Darwin et Georges Lemaître. Une improbable mais passionnante rencontre*, Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences, 2008.

D. Lambert, *Lemaître. Le père du Big Bang*, *Les Génies de la Science*, n°30, pp. 26-120, 2007.

D. Lambert, *L'itinéraire spirituel de Georges Lemaître suivi de Univers et Atome* [inédit de G. Lemaître], Lessius, 2007.

J.-P. Luminet, *L'invention du Big Bang*, Seuil, 2004.

 LOGIQUE & CALCUL

La conjecture du carré inscrit

Placer sur une courbe fermée quatre points formant les coins d'un carré est presque toujours possible. C'est bien, mais comment se débarrasser du « presque » ?

Jean-Paul DELAHAYE

Là où on s'y attend le moins, des questions mathématiques difficiles surgissent, si difficiles parfois qu'elles restent non résolues. Le cas dont nous allons parler est particulièrement étrange puisque la question est « presque » résolue depuis longtemps. Malheureusement, les mathématiciens n'ont pu enlever le « presque », malgré des progrès récents et un siècle de tentatives diverses par des chercheurs chevronnés.

Voici le problème.

1) Dessinez une boucle avec une craie sur un tableau : cercle, ellipse, ovoïde, polygone régulier, etc.

2) Trouvez quatre points de la courbe qui soient les quatre sommets d'un carré.

Si vous êtes patient et méthodique, vous réussirez quel que soit votre tracé sur le tableau (voir la figure 1).

Le constat sur des cas particuliers est intéressant, mais peut-on démontrer qu'il existe un tel carré pour toute courbe fermée simple (qui revient à son point de départ sans se couper) dessinée sur un plan ?

La réponse n'est pas connue dans le cas général, bien que de nombreux cas particuliers aient été traités, lesquels recouvrent à peu près toutes les courbes fermées simples habituellement envisagées en mathématiques. Le problème a été formulé en 1911 par le mathématicien allemand Otto Toeplitz [1881-1940]. Depuis, une multitude d'articles mathématiques lui ont été consacrés. J'en ai compté plus de 30, qui,

tout en faisant avancer la résolution de l'énigme ou en traitant certaines variantes, n'en sont pas venus à bout. L'affirmation que « Toute courbe fermée simple contient les quatre coins d'au moins un carré » reste, aujourd'hui encore, une conjecture.

L'énigme est liée au problème concernant le positionnement d'une table sur un monticule. Considérons un terrain bombé, une petite colline, assez régulier pour qu'on puisse l'assimiler à une surface continue. Chaque ligne de niveau est une courbe fermée simple ou la juxtaposition de plusieurs courbes fermées simples. Si la conjecture est vraie ou si les courbes mises en jeu sont suffisamment régulières pour entrer dans la classe des courbes pour laquelle la conjecture est prouvée (voir plus loin), alors sur chacune d'elles, il existe quatre points formant les sommets d'un carré, où l'on peut placer les pieds d'une table carrée ayant des pieds de même hauteur et supposés très fins et assez longs.

Pique-nique sur une colline

À chaque niveau possible, on pourra ainsi poser une table carrée au moins dans une position stable et parfaitement horizontale. Notons toutefois que, pour un niveau donné, la table sera imposée et il faudra donc la fabriquer exprès pour que l'écartement entre les pieds soit le bon, c'est-à-dire égal au côté du carré inscrit sur la courbe de niveau choisie. Heureusement, si la surface du

monticule est assez régulière, le côté du carré inscrit variera de manière continue en parcourant les lignes de niveau, et on aura donc le résultat plus intéressant en pratique : toute table à base carrée donnée et assez haute, dont les pieds ne sont pas trop écartés, pourra être placée horizontalement et d'une façon stable sur le monticule où l'on souhaite pique-niquer.

Revenons au problème initial d'un carré ayant ses quatre coins sur une courbe. Précisons que nous dirons « inscrit sur la courbe » même si d'autres intersections du carré avec la courbe se produisent et que celui-ci sort donc de la zone intérieure délimitée par la courbe. Pour expliquer la situation et la multitude de résultats démontrés autour de la conjecture de Toeplitz, il faut faire un effort de rigueur et nous formulerons quelques définitions.

Une courbe fermée simple C du plan est l'ensemble des points $C(t)$ du plan quand t varie dans l'intervalle des nombres réels compris entre 0 et 1 tel que $C(t)$ soit une fonction continue qui ne prend pas deux fois la même valeur (la courbe ne se coupe pas) sauf en $t = 0$ et en $t = 1$ (la courbe revient à son point de départ).

La propriété d'être continue fait que la courbe C se dessine sans avoir à lever la craie. Cette condition de continuité ne garantit pas que la courbe C soit totalement lisse. Elle peut avoir des angles et, par exemple, un triangle équilatéral ou un polygone quelconque (non croisé) est une courbe fermée simple. Les points où la courbe fermée