

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.18 Livres du mois

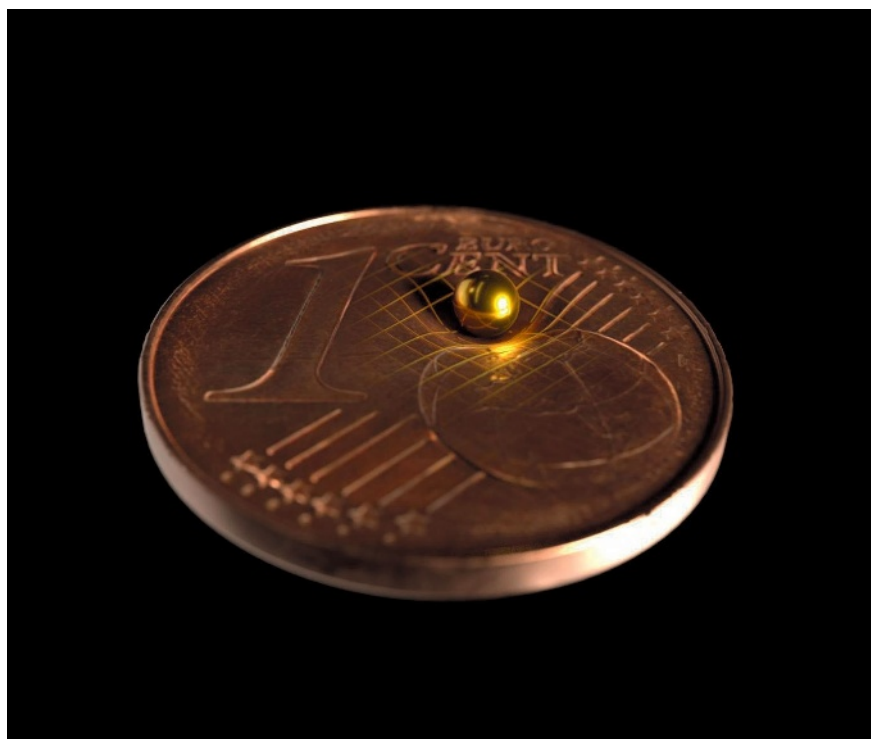
P.20 Homo sapiens informaticus

P.22 Les sciences à la loupe

P.24 Disputes environnementales

PHYSIQUE

LA FORCE GRAVITATIONNELLE LA PLUS FAIBLE JAMAIS MESURÉE



L'expérience viennoise a porté sur des billes d'or d'environ 1 millimètre de rayon. La photo d'une de ces billes, posée sur une pièce de 1 centime d'euro, visualise bien l'échelle.

Une équipe viennoise a testé la loi de la gravitation newtonienne en étudiant l'attraction entre billes d'or de seulement 92 milligrammes.

En 1687, Isaac Newton a énoncé la loi de la gravitation universelle: la force gravitationnelle entre deux corps est proportionnelle au produit de leurs masses divisé par le carré de la distance qui les sépare. Particularité de cette force: elle est de loin la moins intense des interactions fondamentales. Par exemple, un aimant maintenu sur la porte d'un réfrigérateur grâce à l'interaction électromagnétique ne tombe pas, bien que ce soit l'ensemble de la Terre qui exerce sur lui la force de pesanteur. Cette faiblesse de la gravitation newtonienne fait qu'il est très difficile d'en

mesurer l'effet entre de petites masses. Cependant, grâce à une nouvelle expérience, Markus Aspelmeyer, de l'Institut d'optique quantique et d'information quantique, à Vienne, en Autriche, et ses collègues viennent d'étudier la loi de Newton entre deux masses d'à peine 92 milligrammes chacune.

Depuis un peu plus d'un siècle, les physiciens interprètent plutôt la force gravitationnelle comme une conséquence de la courbure de l'espace-temps dont la dynamique est décrite par la théorie de la relativité générale d'Einstein. Mais dans la grande majorité des situations, la loi newtonienne en offre

une très bonne approximation. Elle a été testée avec une très grande précision, notamment grâce à des objets en chute libre dans des colonnes sous vide.

Cependant, les physiciens n'ont pas mis à l'épreuve cette loi à de petites échelles ou entre de faibles masses. Or certains modèles théoriques, motivés par des observations cosmologiques ou par une démarche d'unification de la relativité générale avec la mécanique quantique, suggèrent que l'on pourrait observer des déviations à la loi de Newton dans ces conditions.

Dans ce contexte, Markus Aspelmeyer et ses collègues ont reproduit la célèbre expérience du physicien anglais Henry Cavendish, en 1798, qui a servi notamment à mesurer G , la « constante de gravitation » qui apparaît dans la loi de Newton. Le dispositif

consiste en une balance de torsion – une barre horizontale suspendue par le milieu à un fil, aux extrémités de laquelle on fixe une «masse test» et un contre-poids. Le système étant dans un plan horizontal et l'expérience étant menée dans ce plan, on s'abstrait de l'influence de la pesanteur terrestre. Quand on pivote légèrement la barre, la torsion du fil exerce une force de rappel et le système se met à osciller. Si l'on approche une grosse «masse source» de la masse test, son attraction gravitationnelle modifie les oscillations.

En guise de masses test et source, l'équipe de Markus Aspelmeyer a utilisé des billes d'or d'environ 92 milligrammes (et d'environ un millimètre de rayon). La bille source était approchée et éloignée de la bille test à une fréquence de 12,7 millihertz. La difficulté avec un système aussi léger était de contrôler les «bruits». L'expérience a été réalisée sous vide pour limiter les vibrations acoustiques et le bruit thermique. Elle a été menée de nuit pour éviter les vibrations liées aux activités humaines (piétons, trafic routier, etc.). Et un mince film métallique placé entre les deux billes bloquait les éventuelles interactions électromagnétiques.

L'analyse du mouvement a montré qu'il avait deux composantes principales, l'une oscillant à 12,7 millihertz et l'autre à une fréquence double de 25,4 millihertz. Cette fréquence harmonique était attendue du fait que la loi de Newton, où intervient l'inverse du carré de la distance, n'est pas linéaire. En filmant le mouvement de la balance, les chercheurs ont confirmé que la force exercée est conforme à la loi newtonienne. Aucune expérience ne l'avait encore fait pour des masses aussi faibles.

Cette expérience n'est qu'une étape. Markus Aspelmeyer et ses collègues ont montré que l'on peut, en principe, continuer à réduire la masse des billes. Dans ce cas, il faudra encore mieux contrôler le bruit thermique, ce qui serait techniquement possible. L'objectif est de se rapprocher de la «masse de Planck», qui vaut 22 microgrammes et qui pourrait être l'échelle à laquelle des effets quantiques commenceraient à se manifester dans la force gravitationnelle. ■

SEAN BAILLY

T. Westphal et al., *Nature*, vol. 591, pp. 225-228, 2021

DÉMOGRAPHIE

Toujours plus de jumeaux

La proportion de naissances gémellaires dans le monde a atteint un record historique, selon une étude menée sur 165 pays couvrant 99 % de la population mondiale. Le point avec l'un de ses auteurs, Gilles Pison, professeur au Muséum national d'histoire naturelle et chercheur associé à l'Institut national d'études démographiques.



Propos recueillis par THÉO TORCQ

GILLES PISON
démographe au MNHN,
à Paris, et à l'Ined,
à Aubervilliers

Pourquoi vous intéressez au nombre de naissances gémellaires ?

Les jumeaux sont des enfants fragiles, qui demandent plus de soins et sont plus fréquemment prématurés. En cas de grossesse gémellaire, l'accouchement présente plus fréquemment des complications. En tant que démographe de l'Afrique, je me suis donc d'abord intéressé à la naissance des jumeaux sur ce continent, qui était l'un des facteurs expliquant la forte mortalité infantile. Puis j'ai étendu mes recherches aux naissances de jumeaux dans le monde.

Qu'avez-vous observé ?

Il n'y a jamais eu autant de naissances de jumeaux dans le monde. En trente ans, leur fréquence a augmenté d'un tiers : on est passé, à l'échelle mondiale, de 9,1 accouchements gémellaires pour 1 000 accouchements dans les années 1980-1985 à 12,0 pour 1 000 dans les années 2010-2015. Avec 1,6 million d'accouchements gémellaires chaque année dans la période 2010-2015, soit 3,2 millions d'enfants jumeaux par an, cela signifie que près de 1 bébé sur 40 est un jumeau. Par ailleurs, près de 80 % de ces naissances ont lieu en Afrique et en Asie, dans des proportions à peu près égales. Pour l'Asie, c'est simplement parce qu'elle héberge 60 % de l'humanité. Dans le cas de l'Afrique, c'est dû à la conjonction de deux facteurs : d'une part, le taux de natalité y est bien supérieur qu'ailleurs ; d'autre part, le taux de gémellité, c'est-à-dire la proportion de grossesses gémellaires, y est le plus élevé du monde. Il est presque le double de celui en Asie et en Amérique du Sud. En Europe et en Amérique du Nord, le taux de gémellité était moitié moindre qu'en Afrique il y a trente ans, mais il a pratiquement doublé depuis, au point de se rapprocher de celui de l'Afrique et d'être assez loin devant l'Asie et l'Amérique du Sud.

Comment expliquer cette augmentation du taux de gémellité en Europe et en Amérique du Nord ?

Deux facteurs interviennent. Le premier est le retard des maternités : dans toutes les populations, on observe que le taux de gémellité augmente avec l'âge des femmes. Il est en effet lié au taux d'hormone de croissance folliculaire, la FSH, qui augmente avec l'âge. Cette hormone est nécessaire à la maturation des ovules et joue un rôle lors du déclenchement de l'ovulation. Attention : cela ne concerne que la fréquence des grossesses dizygotes (où deux ovules différents sont émis et fécondés au cours du même cycle). Celle des jumeaux monozygotes (issus de la fécondation d'un même ovule) ne varie pas quels que soient l'âge des mères, la région du monde et la période : 4 grossesses sur 1 000 sont des jumeaux monozygotes. Le second facteur est le recours à l'assistance médicale à la procréation (AMP). La stimulation ovarienne à l'aide d'hormones s'accompagne d'un risque élevé de grossesse multiple, de même que la fécondation *in vitro* (FIV), surtout quand plusieurs embryons sont réimplantés dans l'utérus après le recueil des gamètes et leur fécondation en éprouvette.

Pensez-vous que cette croissance du taux de gémellité va continuer ?

Difficile de le prévoir dans les pays développés. D'un côté, le nombre de couples qui recourent à l'AMP augmente et les femmes ont leurs enfants de plus en plus tard. Mais de l'autre, les nouvelles pratiques de FIV, où l'on implante un seul embryon à la fois, poussent le taux de gémellité à la baisse. Dans le Sud, l'Afrique devrait contribuer à la hausse du taux de gémellité mondial du seul fait que sa part dans la population mondiale va augmenter. En 2050, un humain sur quatre vivra en Afrique, voire un sur trois à la fin du siècle. ■

C. Monden et al., *Twin peaks : more twinning in humans than ever before*, *Human Reproduction*, en ligne le 12 mars 2021