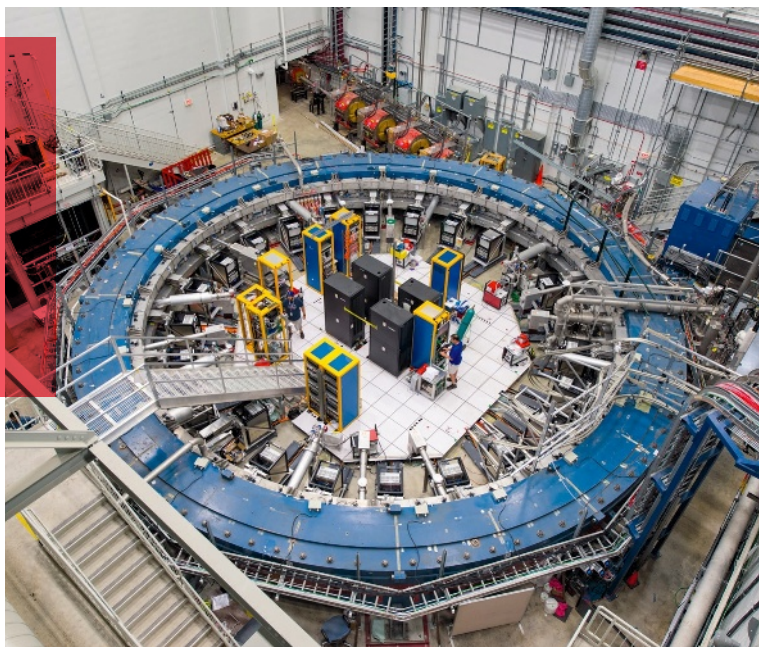


→ Injectés par le tube rouge (en haut à gauche), les antimuons alimentent l'anneau circulaire (en bleu). Les désintégrations d'antimuons émettent des positrons, qui sont détectés par les 24 calorimètres (en noir, collés à l'anneau).



En quoi consiste exactement cette mesure ? Les leptons (la famille qui inclut l'électron, le muon et le tau, une particule encore plus lourde et plus instable que le muon, ainsi que trois neutrinos) ont un spin égal à $1/2$. Ils sont ainsi dotés d'un moment cinétique propre, qui correspond à une version quantique, plus abstraite, du mouvement classique de rotation propre (comme celui de la Terre autour de l'axe des pôles). Et puisque l'électron et le muon sont des particules portant une charge électrique, cette «rotation» engendre un champ magnétique. En conséquence, l'électron et le muon se comportent comme des petits aimants, caractérisés par un «moment magnétique».

DE PETITS AIMANTS

L'expression théorique du moment magnétique de spin contient un facteur sans dimension noté g et nommé facteur de Landé. En 1928, le physicien britannique Paul Dirac a proposé une équation qui porte aujourd'hui son nom et qui généralise au cas de particules relativistes (c'est-à-dire de vitesse non négligeable par rapport à celle de la lumière) et de spin $1/2$ la célèbre équation de Schrödinger de la mécanique quantique. Il a alors montré qu'il pouvait calculer le facteur g de l'électron, ce qu'il qualifiait de «bonus inattendu» de son équation. D'après celle-ci, ce facteur vaut exactement 2.

Or, en 1947, grâce à des mesures spectroscopiques, Polykarp Kusch et Henry Foley, de l'université Columbia, à New York, ont montré que le facteur g de l'électron est légèrement supérieur à 2, de l'ordre de 0,1 %. L'anomalie correspondant à la différence entre le facteur

de Landé de la particule et la valeur donnée par l'équation de Dirac, soit $g-2$, est nommée, par abus de langage, «moment magnétique anomal» (le terme «anomal» est plus approprié que l'adjectif «anormal» parfois utilisé). Sa mise en évidence a été le point de départ d'un développement parallèle : les expérimentateurs cherchaient à en affiner la mesure, tandis que les théoriciens s'évertuaient à calculer l'anomalie avec la plus grande précision possible.

Pour les théoriciens, l'équation de Dirac était clairement insuffisante pour calculer le moment magnétique de l'électron, car elle ne prenait pas en compte les effets des particules virtuelles qui remplissent le vide et qui interagissent avec l'électron. En 1948, dans le cadre de la toute jeune théorie quantique des champs décrivant l'interaction électromagnétique, l'électrodynamique quantique (QED), le physicien américain Julian Schwinger a réalisé les premiers calculs des termes correctifs les plus simples. L'anomalie magnétique de l'électron ainsi obtenue était compatible avec les données expérimentales. Dans les décennies qui ont suivi, mesurer le moment anomal de l'électron a servi de test pour la QED et permis de vérifier que les chercheurs calculaient correctement des processus virtuels toujours plus complexes.