

appropriées. Et comme cette particule a aussi une charge électrique, la combinaison du spin et de la charge lui confère un moment magnétique, ce qui revient à dire que l'électron constitue un minuscule aimant. La valeur du moment magnétique dépend de la nature ponctuelle ou non de la particule. En comparant la valeur théorique du moment magnétique d'un électron ou muon ponctuels à la valeur expérimentale, on pourrait obtenir un indice sur la présence de préons.

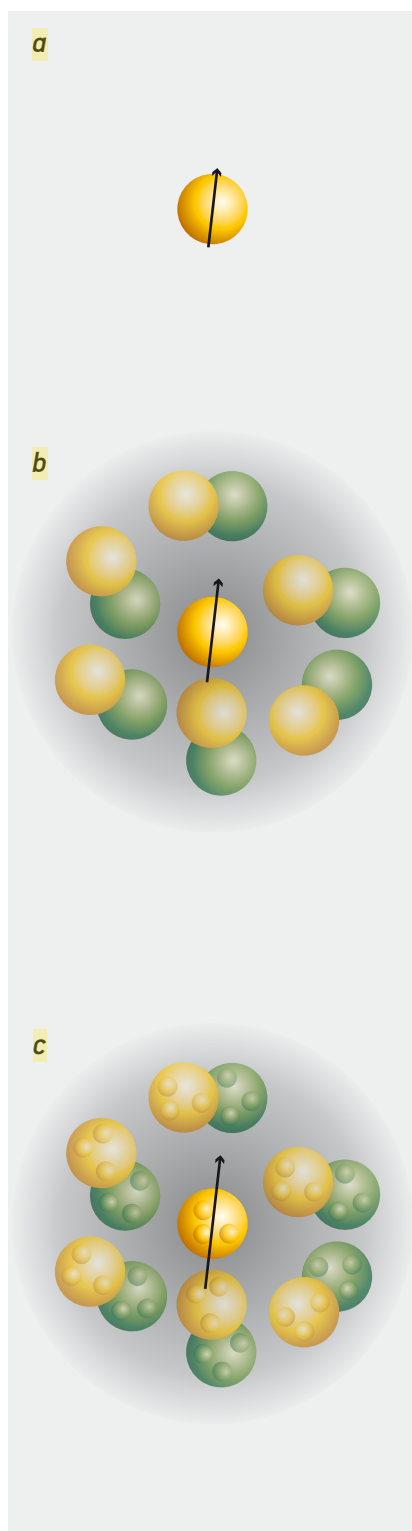
Un effet de taille ?

On sait depuis longtemps que le moment magnétique de l'électron, comme celui du muon, diffère légèrement de celui d'une particule ponctuelle. Cet écart n'est pas dû aux préons et s'explique parfaitement dans le cadre du modèle standard. Chaque lepton est entouré d'un nuage évanescant de paires de particule-antiparticule dites virtuelles, qui naissent aussi vite qu'elles disparaissent (voir la figure ci-contre).

Ce nuage de particules virtuelles modifie la valeur du moment magnétique de l'ordre de un pour mille, et le calcul théorique de cette contribution est en très bon accord avec les mesures expérimentales. Les effets des préons seraient encore plus faibles, mais ils pourraient être détectables. Des résultats intéressants viendront peut-être de la future expérience « Muon $g-2$ » au *Fermilab*, qui devrait mesurer le moment magnétique du muon quatre fois plus précisément qu'auparavant.

Les physiciens ont aussi fouillé dans les données des collisionneurs à la recherche de désintégrations de particules que l'on attendrait si les préons existent et si les particules des deuxième et troisième générations sont des états excités de celles de la première génération. L'un de ces processus est la désintégration d'un muon en un électron et un photon. Cette désintégration n'a pas encore été observée et, si elle a lieu, elle se produit moins d'une fois sur 100 milliards de désintégrations de muons (voir l'encadré page ci-contre).

Toutes les mesures directes effectuées jusqu'à présent sont compatibles avec l'hypothèse de quarks et leptons ponctuels. Pour ceux d'entre nous qui pensent que les générations observées des particules subatomiques sont le signe d'une sous-structure à découvrir, les dernières décennies ont été frustrantes. Mais de réelles



UN LEPTON PONCTUEL, l'électron par exemple (a), a un moment magnétique (flèche noire) que l'on sait calculer. En réalité, il est toujours entouré d'un nuage de paires particule-antiparticule virtuelles qui apparaissent et disparaissent sans cesse (b). Ce nuage crée un volume effectif pour la particule et modifie la valeur du moment magnétique. Si les leptons sont constitués de préons (c), cette sous-structure modifiera légèrement cette valeur.

possibilités s'ouvrent maintenant pour explorer de nouveaux territoires.

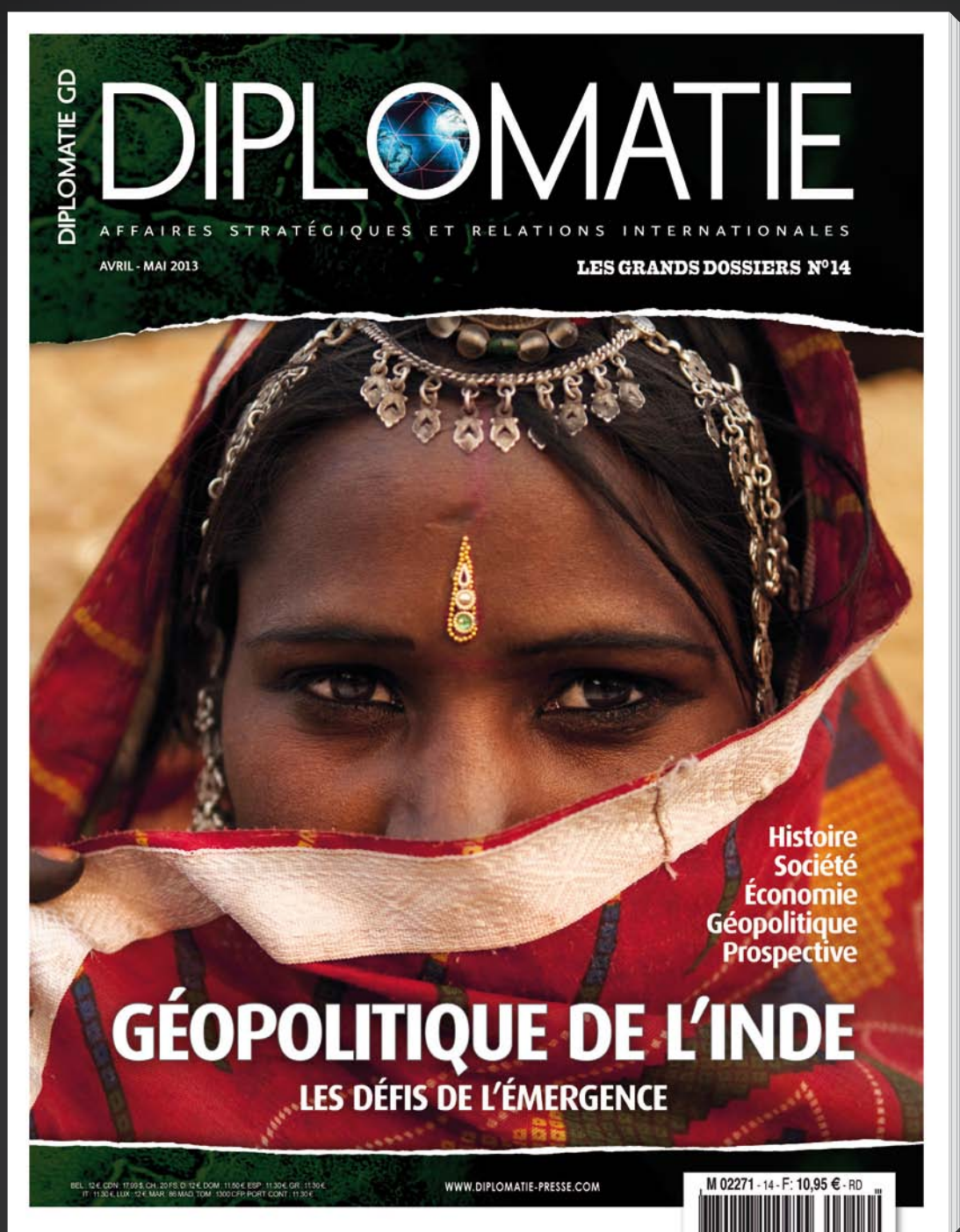
Depuis l'arrêt du *Tevatron* en 2011, les accélérateurs du *Fermilab* ont subi un remplacement complet de leur équipement. Ils vont alimenter les expériences de mesure du moment magnétique du muon et de désintégration du muon en un électron et un photon. Le LHC pourrait aussi fournir des résultats intéressants. En 2011, cet accélérateur a produit des collisions de protons à une énergie de sept téraélectronvolts. En une seule année, le LHC a fourni autant de données que le *Tevatron* pendant ses 28 ans de fonctionnement. En 2012, l'énergie de ses collisions a été portée à huit téraélectronvolts, avec la perspective de quadrupler les données recueillies avant de mettre le collisionneur à l'arrêt pendant un an et demi, pour réparations et améliorations. Le LHC devrait ensuite reprendre son service au début de 2015, avec des collisions de protons à 13 ou 14 téraélectronvolts et à un rythme beaucoup plus soutenu.

L'augmentation limitée de l'énergie de collision en 2012 pourrait donner l'impression d'un ajustement mineur, mais elle aura une grande importance pour la recherche des préons. Le nombre de collisions enregistrées aux énergies les plus élevées, qui sondent les échelles les plus petites et donc qui sont les plus pertinentes pour la recherche des préons, va quintupler. Et la montée en puissance de 2014 et 2015 augmentera ces capacités de façon époustouflante.

Pour la recherche d'une structure interne aux quarks et leptons, les prochaines années pourraient se révéler riches d'enseignement. Mes collègues et moi sommes déjà en train de passer au peigne fin les énormes quantités de données accumulées par le LHC. Nous y recherchons des preuves que les quarks et les leptons sont de taille non nulle. D'autres signes de l'existence des préons pourraient être la découverte d'une quatrième génération de quarks et de leptons, ou des indications que les particules médiatrices des forces ont elles aussi des générations différentes, avec des particules similaires plus massives.

La quête de la structure la plus fondamentale de la matière, aux portes des quarks et des leptons, laisse entrevoir une nouvelle frontière à conquérir, celle des préons. D'ici quelques années, on peut espérer que les physiciens pourront s'aventurer dans ce territoire inconnu. ■

En vente chez votre marchand de journaux



100 pages • Format 23x30 cm • 10,95 € (codification Presstalis : 02271)

Commandez DIPLOMATIE sur Internet

WWW.GEOSTRATEGIQUE.COM

ATLAS GÉOPOLITIQUE MONDIAL 2013

270 cartes et graphiques pour décrypter toute l'actualité internationale
(Éditions ARGOS/AREION - Diffusion PUF - 23x30 cm - 212 pages - 22,50 €)

