

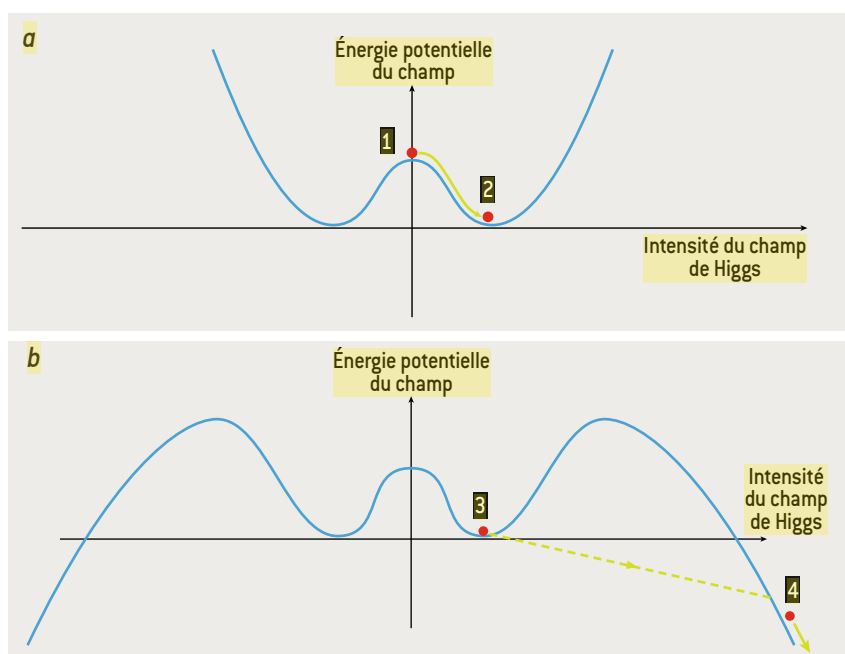
de calculer les couplages du boson de Higgs aux autres particules. Comme ces couplages diffèrent de ceux du modèle standard, les données du LHC devraient mettre à l'épreuve ces scénarios et en exclure certains.

Si, au contraire, le boson de Higgs est bien une particule élémentaire, de nombreux théoriciens pensent qu'il devra être intégré à un cadre plus vaste que le modèle standard, telle la supersymétrie. Dans cette théorie, chaque particule du modèle standard aurait un partenaire ayant des propriétés semblables, à l'exception du spin. Les corrections sur la masse du boson de Higgs dues aux particules supersymétriques compenseraient alors celles des particules du modèle standard. La masse du boson de Higgs ne deviendrait pas infinie. Qui plus est, dans l'hypothèse de la supersymétrie, l'état actuel de l'Univers serait stable et la masse du boson de Higgs serait inférieure à 130 GeV, comme observé.

## Un ou plusieurs bosons de Higgs ?

En fait, la théorie de la supersymétrie prévoit non pas un, mais cinq bosons de Higgs, dont le moins lourd aurait un comportement légèrement différent de celui du boson de Higgs du modèle standard. La chasse est donc ouverte pour trouver ces autres bosons de Higgs et mesurer des signes caractéristiques de la supersymétrie dans la production et la désintégration du boson qui a été découvert.

En plus d'étudier de près la nouvelle particule et chercher d'autres bosons de Higgs, les physiciens du LHC traquent des signes directs de la production de particules supersymétriques. Dans de nombreux modèles, la particule supersymétrique la plus légère est électriquement neutre, interagit faiblement avec les autres particules et est stable. Elle aurait été produite dans les premiers instants de l'Univers et serait présente en grandes quantités aujourd'hui sous la forme de matière noire. L'existence de cette dernière a été postulée par les astrophysiciens et les cosmologistes pour expliquer de nombreuses observations. Au LHC, les particules supersymétriques seraient détectées sous la forme d'événements dans lesquels une partie de l'énergie et de la quantité de mouvement de la collision serait manquante, car emportée par les



**3. LE MÉCANISME DE BRISURE DE SYMÉTRIE** proposé par F. Englert, R. Brout et P. Higgs suppose que les équations de la théorie vérifient une certaine symétrie, mais pas les solutions des équations. On peut représenter de façon simplifiée le potentiel supposé du champ de Higgs en fonction de l'intensité du champ [a, courbe bleue]. Une intensité nulle du champ [1] correspond à une solution symétrique, mais pas à l'état de plus basse énergie : cette solution est donc instable. On a alors une transition spontanée vers une position stable [2 par exemple], mais qui n'est plus symétrique. Le champ a alors une intensité non nulle, ce qui est à l'origine de la masse des particules. Pour un boson de Higgs de masse inférieure à 127 GeV, si on inclut des corrections quantiques, l'équation du potentiel est modifiée (b). La position [3] n'est plus celle de plus basse énergie. Par effet tunnel, le champ pourrait passer en position [4] et son intensité continuer à croître sans limite, ce qui modifierait profondément la physique de l'Univers.

particules de matière noire. De tels signaux n'ont pas encore été observés assez fréquemment pour être attribués à des processus en dehors du modèle standard. Les chances d'observer de tels événements augmenteront à partir de 2015, quand le LHC fonctionnera avec une énergie de collision plus importante (14 téraélectronvolts au lieu de 8 actuellement).

Le boson de Higgs pourrait nous éclairer sur d'autres questions encore en physique des particules et en cosmologie. Dans le modèle du Big Bang, matière et antimatière auraient été produites dans des proportions égales, mais se seraient annihilées en produisant des photons. Si ce scénario est correct, toute la matière et l'antimatière devraient avoir disparu. Dans ce cas, pourquoi l'Univers contient-il de la matière et pas du tout d'antimatière ? Cela pourrait s'expliquer par une asymétrie de comportement entre la matière et l'antimatière, qui serait responsable d'un léger excès de matière et qui aurait donc survécu à l'annihilation. Le modèle standard présente une telle asymétrie, mais elle

est insuffisante. La supersymétrie et divers modèles contiennent d'autres sources d'asymétrie susceptibles d'expliquer la disparition de l'antimatière. Ces asymétries supplémentaires pourraient apparaître directement ou indirectement dans les propriétés du boson de Higgs.

Si la nouvelle particule découverte au LHC est bien le boson de Higgs, elle complètera notre description de la matière visible de l'Univers et des processus qui ont régi le Big Bang après le premier milliardième de seconde. Comme nous l'avons vu, le boson de Higgs pourrait être lié à la matière noire et avoir joué un rôle dans la production de la matière dans l'Univers. C'est cependant une particule très différente de toutes celles que nous connaissons, et elle pose presque autant de questions qu'elle n'apporte de réponses. Son existence même et la valeur de sa masse suggèrent que le modèle standard ne peut être le fin mot de l'histoire, et que le LHC pourrait nous révéler des pans d'une nouvelle physique. La quête se poursuit. ■