

ABDELHAK DJOUADI

LE HIGGS, REVU ET CORRIGÉ

Chaleureux et enthousiaste, Abdelhak Djouadi, 47 ans, directeur de recherche au CNRS, n'a rien d'un ermite.

Pourtant, en 2004, il s'est isolé un an et demi pour écrire plus de six cents pages consacrées au Graal de la physique des particules, le boson de Higgs. Appelé à devenir le livre de chevet de nombre de physiciens de cette discipline, cet ouvrage conclut pour son auteur plus de quinze années passées à préparer sa découverte, par des calculs théoriques sophistiqués.

En 1985, après des études en Algérie et un DEA à Montpellier, il poursuit avec une thèse portant sur le calcul de la masse du dernier des six quarks qui reste à découvrir à l'époque, le *top* – les quarks sont les constituants élémentaires de la matière. Souvent, ce type de calcul se fait en plusieurs étapes : la première donne un résultat approché, et les suivantes, qu'on appelle les « corrections quantiques », servent à préciser ce résultat. Ainsi, ces corrections peuvent amener à rectifier le résultat d'une façon importante ou au contraire négligeable, mais on ne le sait qu'à la fin d'un long processus. Coup de chance, dans le cas du *top*, celles qu'Abdelhak Djouadi a calculées sont importantes : lors de sa découverte en 1995, sa masse sera exactement celle prédite grâce à ces travaux. « C'est le résultat qui m'a lancé. »

MAIS POUR VRAIMENT PROUVER QUE LA PARTICULE QU'ON AURA TROUVÉE EST LE HIGGS, IL FAUT MONTRER QU'ELLE EST BIEN RESPONSABLE DES MASSES DE SES CONGÉNÈRES. »

En 1990, il effectue un post-doc avec Peter Zerwas, à Aix-la-Chapelle puis à Hambourg, et commence à s'intéresser de près au boson de Higgs. Cette particule est la clé de voûte du modèle standard¹ : sans le Higgs, aucune des autres particules ne pourrait avoir de masse. Mais celui-ci, s'il existe, est lourd : 100 à 200 fois la masse du proton. Jusqu'ici, les accélérateurs actuels n'avaient pas assez d'énergie pour le produire.

À cette époque a été décidée la construction près de Genève d'un grand accélérateur, le Large Hardon Collider (LHC) – qui devrait entrer en service en 2008-2009 –, avec suffisamment d'énergie pour le découvrir. « Au LHC, le Higgs sera produit en quantité. Seulement, dans près de 90 % des cas, il se désintègrera en un quark appelé *bottom*. Or, on ne pourra pas le détecter sous cette forme, car il sera noyé dans un bruit de fond gigantesque. » Il faut donc se tourner vers d'autres

désintégrations, comme par exemple celle où le Higgs donne lieu à deux photons. Mais elles sont beaucoup plus rares – seulement 0,1 % des Higgs produits – et ont aussi du bruit de fond. « L'aiguille sera vraiment difficile à trouver dans la botte de foin ! »

Pendant ces années-là, il travaille sur les corrections quantiques à la désintégration du Higgs au LHC, et à sa production : « Techniquement, c'était vraiment un défi. Il m'a fallu près de quatre ans pour achever le calcul, en 1995. Mais c'est un des travaux dont je suis le plus fier. » Cerise sur le gâteau, les corrections augmentent de plus de 70 % la quantité de Higgs produits. Autant dire qu'au LHC, on est plutôt content. En 1996, il entre au CNRS, à Montpellier.

**UN AUTRE VOLET DE SON ACTIVITÉ,
LA SUPERSYMMÉTRIE...**

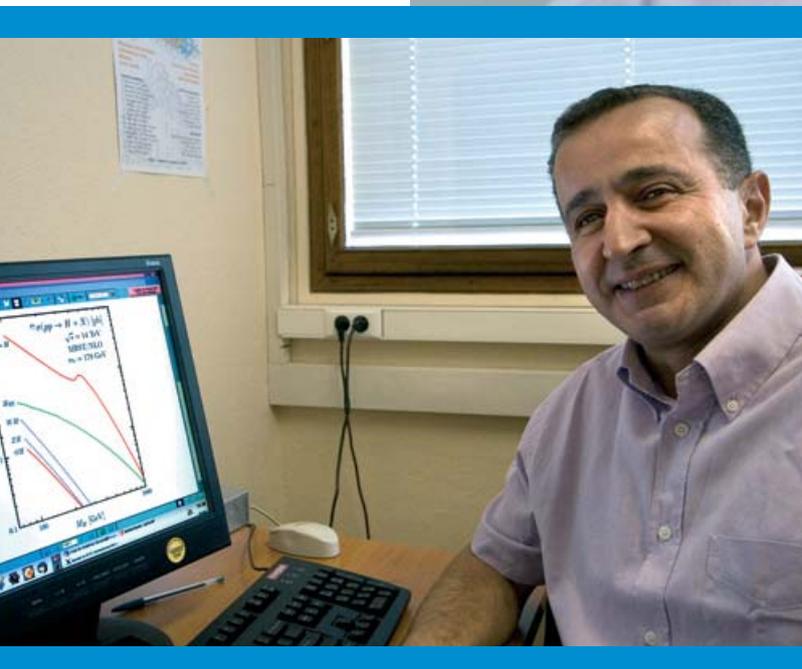
« Mais pour vraiment prouver que la particule qu'on aura trouvée est le Higgs, il faut montrer qu'elle est bien responsable des masses de ses congénères », ce qui implique notamment de mesurer pour chaque particule une quantité appelée « constante de couplage au Higgs ». « Pour cela, il faudra probablement attendre le successeur du LHC, qui sera beaucoup moins sensible au bruit de fond : l'*International Linear Collider (ILC)* », pour lequel il a beaucoup œuvré. En 2003, « parce que j'ai toujours eu la bougeotte », il quitte Montpellier pour Orsay après un séjour d'un an au CERN.

Autre volet de son activité, les éventuelles « nouvelles physiques », c'est-à-dire les théories qui vont au-delà du modèle standard. En particulier, la supersymétrie, sur laquelle il a beaucoup travaillé. Celle-ci prévoit une symétrie entre les deux grandes familles de particules, les bosons – photon, Higgs, etc. – et les fermions – électrons, quarks, etc. Cette théorie, qui n'a pas été mise en évidence expérimentalement, semble plausible à beaucoup de physiciens, entre autres parce qu'elle permet l'unification des interactions fondamentales. En supersymétrie, il n'y a pas un mais cinq bosons de Higgs, et Abdelhak Djouadi a étudié de quelle manière ceux-ci pourraient être découverts. D'autres particules pourraient, quant à elles, expliquer le problème de la matière manquante dans l'Univers, une direction dans laquelle « je me suis engagé récemment ».

¹ Théorie, extrêmement bien vérifiée expérimentalement, qui décrit les particules et comment elles interagissent entre elles.



© CNRS Photothèque - Jean-François Dares.



© CNRS Photothèque - Jean-François Dares.

MATHÉMATIQUES, PHYSIQUE, PLANÈTE ET UNIVERS (MPPU)
 LABORATOIRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE (LPT)
 CNRS / UNIVERSITÉ PARIS-SUD 11
 ORSAY
<http://www.th.u-psud.fr/>