

devrait découvrir avant 2020 une seule particule, scalaire et électriquement neutre. Ce serait un désastre si la quête se limitait à cette particule, car les phy-

siciens n'auraient plus d'indications pour les guider vers la solution du «problème de la hiérarchie», relatif aux énergies caractéristiques rencontrées en physique.

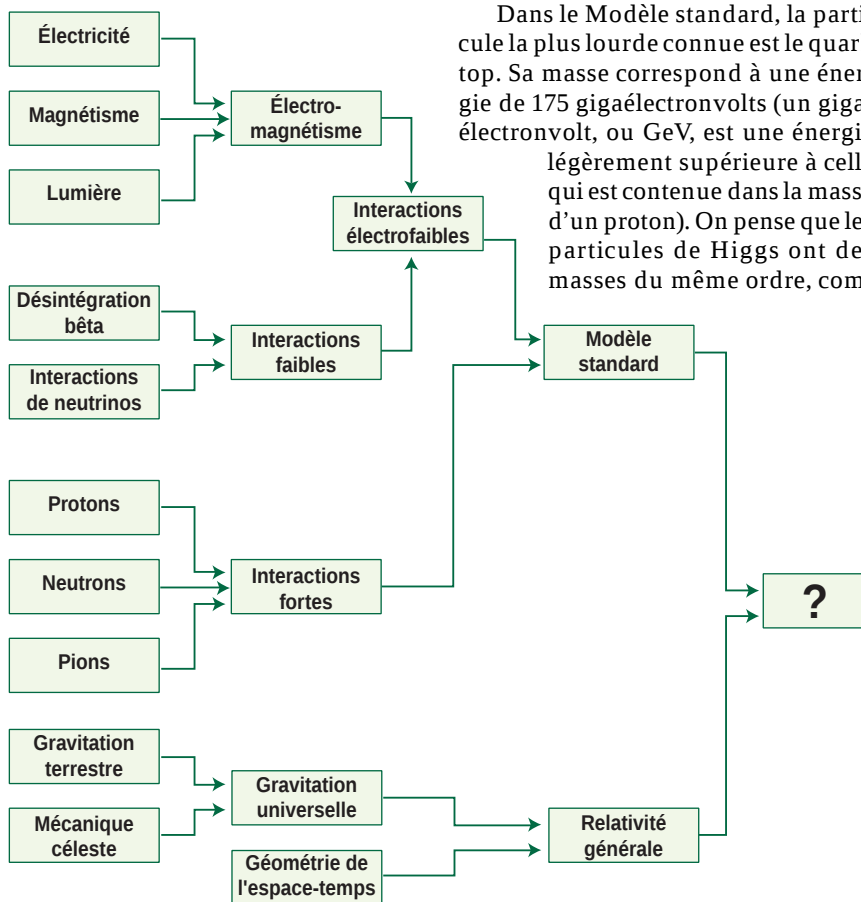
Dans le Modèle standard, la particule la plus lourde connue est le quark top. Sa masse correspond à une énergie de 175 gigaélectronvolts (un gigaélectronvolt, ou GeV, est une énergie légèrement supérieure à celle qui est contenue dans la masse d'un proton). On pense que les particules de Higgs ont des masses du même ordre, com-

prises entre 100 et plusieurs centaines de GeV. Diverses observations indiquent toutefois que les équations de la future théorie unifiée contiendront un éventail de masses bien plus large. Dans le Modèle standard, les champs des gluons, des bosons W et Z, et ceux des photons ont, avec les autres champs, des interactions d'intensités bien différentes ; c'est la raison pour laquelle, dans les conditions ordinaires, les interactions qui interviennent lors des échanges de gluons sont environ 100 fois plus intenses que les autres. La gravitation est considérablement plus faible : l'attraction gravitationnelle entre un électron et un proton, dans un atome d'hydrogène, est environ 10^{39} fois moins intense que leur attraction électrique.

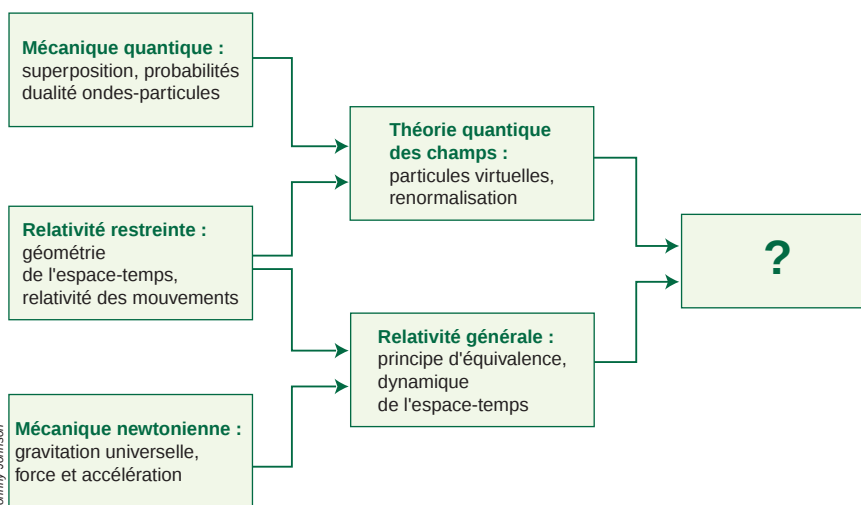
Au-delà du quark top

Cependant toutes ces intensités d'interaction dépendent de l'énergie à laquelle elles sont mesurées (voir la figure 5). N'est-il pas étonnant, alors, que les interactions des champs aient toutes la même intensité à une énergie légèrement supérieure à 10^{16} GeV? Et que la force de gravitation ait cette même intensité à une énergie à peine supérieure, voisine de 10^{18} GeV (avec certaines améliorations de la théorie de la gravitation, la gravitation deviendrait aussi intense que les autres interactions aux énergies où ces interactions deviennent de même intensité, vers 10^{16} GeV)? Si les physiciens sont habitués à des rapports de masse élevés (par exemple, le rapport est égal à 350 000 pour le quark top et l'électron), ils restent étonnés par le rapport considérable entre l'énergie de l'unification fondamentale et les énergies de 100 GeV que considère le Modèle standard (voir la figure 6). Pourquoi ce rapport gigantesque, pourquoi ce saut immense dans les énergies de la physique? C'est le problème de la hiérarchie. On ne le résoudra pas en ajustant simplement les constantes de la théorie, mais en cherchant de nouveaux principes fondamentaux.

Des théoriciens ont ainsi proposé diverses idées intéressantes : certains ont introduit un nouveau principe de symétrie, la supersymétrie (grâce auquel, de surcroît, les intensités des interactions convergent mieux vers 10^{16} GeV); d'autres ont proposé de nouvelles interactions fortes, nommées technicolor (voir la figure 7). Toutes



2. L'UNIFICATION des diverses descriptions théoriques en une seule théorie est une recherche en cours depuis longtemps. Le Modèle standard de la physique des particules décrit correctement trois des quatre interactions fondamentales de la nature : les interactions électromagnétiques, les interactions fortes et les interactions faibles. Cependant on n'a pas encore unifié cette théorie avec la théorie de la relativité générale, qui décrit les forces de gravitation et la nature de l'espace-temps.



3. LES PROGRÈS les plus fondamentaux surviennent en physique quand les principes de diverses théories sont regroupés dans un cadre unique. Nous ne savons pas encore quels principes directeurs sous-tendent l'unification de la théorie quantique des champs, décrite par le Modèle standard, et la relativité générale.