

# La théorie du Tout

<https://astronomes.com/big-bang/theorie-tout/>

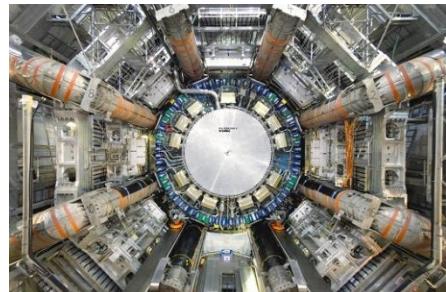
Après l'élaboration d'une théorie de grande unification, la dernière étape dans la quête d'une vision unifiée des forces fondamentales serait une « théorie du Tout » unifiant la gravité avec les trois autres interactions.

Cette dernière étape est la plus difficile car elle bute sur un obstacle majeur : l'incompatibilité de la relativité générale et de la mécanique quantique. La relativité générale d'Einstein traite de l'espace-temps et de la gravitation et suppose en particulier que l'espace et le temps sont continus. La mécanique quantique décrit quant à elle le comportement des particules et a introduit le concept de quantification qui impose par exemple que la gamme d'énergie disponible pour une particule n'est pas continue, mais limitée à des valeurs discrètes. C'est là que se trouve le cœur du problème : comment réconcilier continuité et quantification ? A partir des années 1970 apparaissent des théories qui tentaient de surmonter ces difficultés. Comme dans le cas de la grande unification, ces théories sont difficiles voire impossibles à départager ou à confirmer du fait la limitation de nos moyens expérimentaux.

**La théorie des supercordes.** L'une des approches les plus prometteuses est la théorie des supercordes. Dans cette dernière, les particules élémentaires ne sont plus des entités ponctuelles de taille zéro, mais de minuscules cordes en forme de boucle fermée qui vibrent à certaines fréquences. La taille de ces cordes est infinitésimale, de l'ordre de  $10^{-35}$  mètre. Nos meilleurs moyens d'observation sont évidemment incapables de confirmer cette hypothèse, mais, sur le plan mathématique, l'hypothèse des cordes permet de réconcilier les principes de la relativité générale et de la mécanique quantique.

**La supersymétrie.** Le préfixe « super » dans la théorie des supercordes vient du fait que cette dernière s'appuie sur l'existence hypothétique de la supersymétrie entre fermions et bosons. Rappelons que dans le modèle standard les particules peuvent être classées en deux catégories : les fermions (quarks et leptons) qui constituent la matière et les bosons (photons ou gluons par exemple) qui sont responsables des différentes forces. Selon la supersymétrie, chaque particule de l'un de ces groupes doit avoir un partenaire dans l'autre. Par exemple, le photon et le gluon sont associés à des fermions appelés le photino et le gluino, alors que les quarks et les électrons ont pour partenaires des bosons appelés les squarks et les sélectrons.

La théorie des supercordes prévoit que toutes ces nouvelles particules sont extrêmement massives, mais elle ne permet pas de déterminer des masses précises. Il est possible que la prochaine génération d'accélérateurs puisse mettre en évidence certains partenaires supersymétriques, mais il se peut aussi que ces particules soient trop massives pour être un jour détectées dans une expérience. Notons que ces particules sont d'excellentes candidates pour expliquer en partie la matière noire exotique de l'Univers.



*Le détecteur ATLAS du LHC (Grand collisionneur de hadrons) est suffisamment sensible pour découvrir certains types de particules supersymétriques, si elles existent, mais toutes les particules observées jusqu'à présent sont compatibles avec le modèle standard. Crédit : CERN*

**Un Univers avec dix dimensions.** Un autre aspect intéressant de la théorie des supercordes est la remise en cause du nombre de dimensions de l'Univers. Nous sommes habitués à vivre dans un monde à quatre dimensions : trois pour l'espace et une pour le temps. Mais la théorie des supercordes prédit que l'Univers possède en fait dix dimensions, une pour le temps et neuf pour l'espace. Le monde qui nous entoure ne nous révèle donc que quatre de ces dimensions, les six autres étant indétectables. Considérons une analogie avec un tuyau d'arrosage. Vu de loin, un tuyau ressemble à une ligne. Pour définir la position d'un point sur cette ligne, il suffit d'un seul nombre, par exemple la distance à l'une des extrémités. De loin, le tuyau ne possède donc qu'une seule dimension. Par contre, lorsque l'on se rapproche, la section circulaire apparaît clairement. Pour définir la position d'un point sur la surface, il faut maintenant deux nombres, par exemple une distance et un angle. Vu de près, le tuyau possède deux dimensions. Cette différence vient du fait que l'une des dimensions du tuyau est beaucoup plus petite que l'autre. De la même façon, la présence de dix dimensions dans notre Univers est possible à condition que six d'entre elles soit repliées sur elles-mêmes et possèdent une étendue microscopique. L'étendue de ces dimensions supplémentaires pourrait être aussi minuscule que  $10^{-36}$  mètre, bien au-delà de la portée de nos expériences les plus précises.