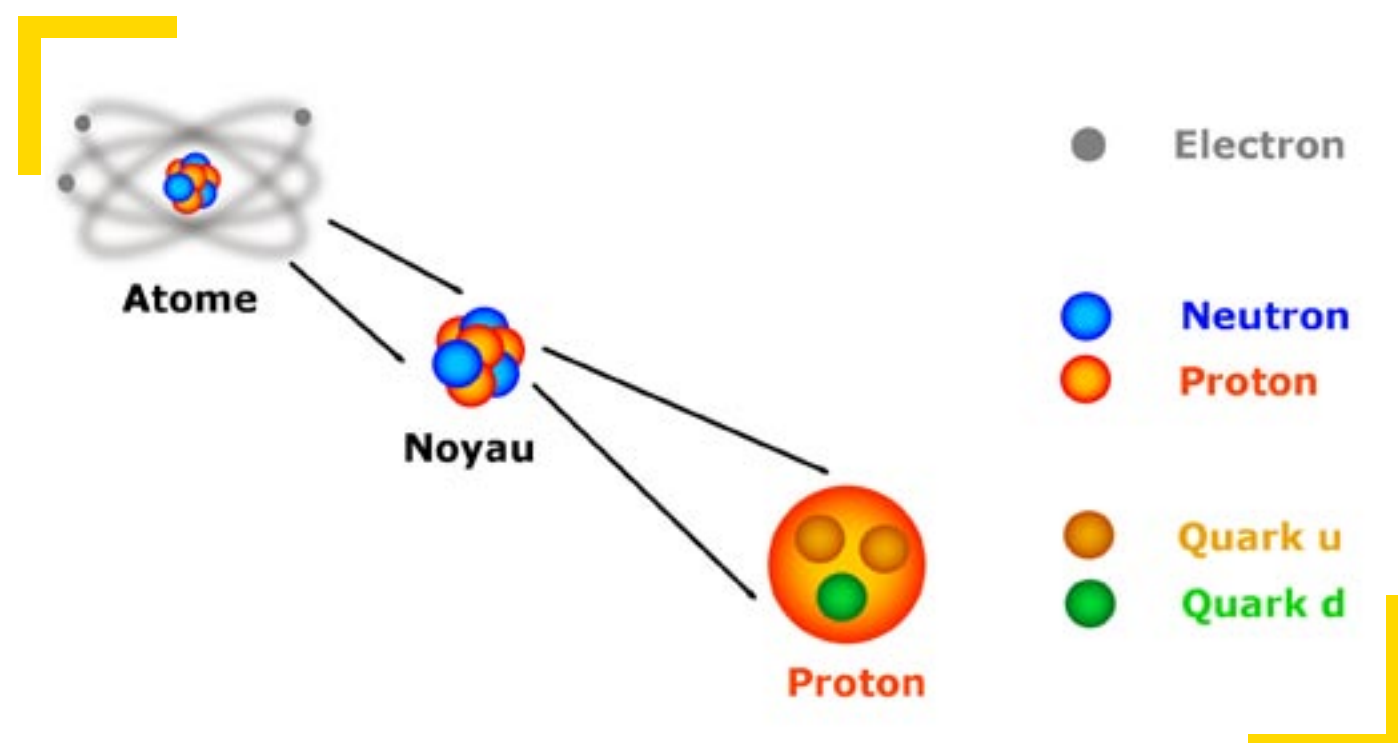




# LA PHYSIQUE DES PARTICULES

La **physique des particules** s'intéresse à la structure la plus fine de la matière. Quels sont ses constituants élémentaires ? Peut-on expliquer leurs propriétés, comme leur masse ou leur charge électrique ? Comment s'agencent-ils pour former les objets de notre quotidien ? Reste-t-il encore des particules ou des forces inconnues à découvrir ?

Pour résoudre ces questions, les physiciens effectuent des expériences nécessitant des quantités très importantes d'énergie pour sonder la matière à des échelles très petites, mais ils doivent aussi analyser ces résultats à l'aide d'un arsenal complexe, qui combine mécanique quantique et relativité restreinte.



Les constituants de la matière, depuis l'atome jusqu'au quark.

## AU LPT



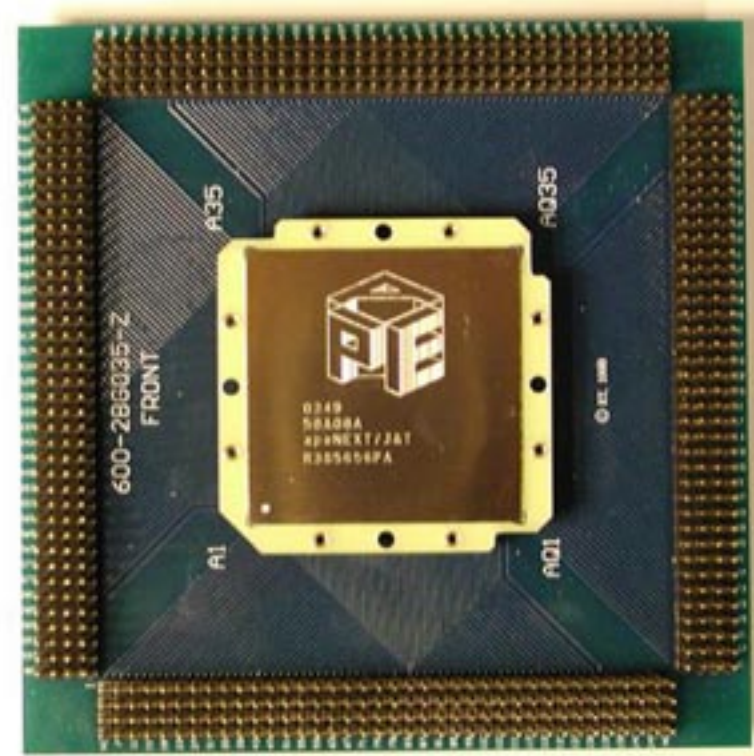
Une vue aérienne de la région de Genève. En rouge, le tracé du tunnel souterrain du LHC, le nouvel accélérateur de particules du CERN, qui testera les limites du Modèle Standard à partir de 2008.

Nous disposons actuellement d'une description des particules élémentaires cohérente et en accord avec l'expérience, mais encore incomplète, le **Modèle Standard**. Nous connaissons ainsi le comportement des douze constituants fondamentaux de la matière, dont les quarks et les électrons, quand ils sont soumis à trois interactions fondamentales : les forces électromagnétique, faible et forte.

Certains chercheurs du **Laboratoire de Physique Théorique** d'Orsay étudient le Modèle Standard pour mettre en évidence toutes ses conséquences expérimentales. Avec quelle probabilité les diverses particules se désintègrent-elles ? Pourquoi certaines désintégrations sont-elles favorisées ? Quelles sont les différences entre matière et antimatière ?

D'autres chercheurs veulent modifier ou étendre le Modèle Standard pour répondre à certaines questions laissées en suspens. D'où vient la masse des quarks et des électrons ? Peut-on voir les interactions électromagnétique, forte et faible comme trois visages d'une interaction fondamentale unique ? Y a-t-il des particules encore inobservées à découvrir ?

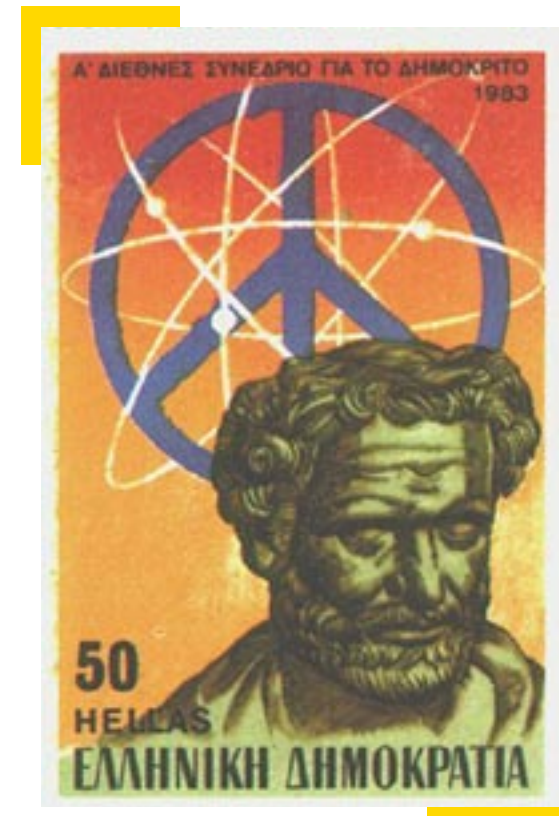
Dans les deux cas, les chercheurs du LPT s'appuient sur des résultats expérimentaux obtenus dans des accélérateurs de particules (comme le CERN) ou des observations astrophysiques effectuées sur terre ou par satellite. Pour résoudre ces problèmes, ils utilisent à la fois des méthodes analytiques (crayon et papier, mais aussi logiciels de calcul symbolique) ainsi que des simulations numériques sur ordinateur (calculs sur réseau).



Une puce de l'ordinateur apeNEXT, conçu en partie au LPT. Cette machine a été spécialement créée pour effectuer des simulations sur ordinateur de l'interaction nucléaire forte qui lie les quarks entre eux dans les protons et les neutrons.

## L'HISTOIRE

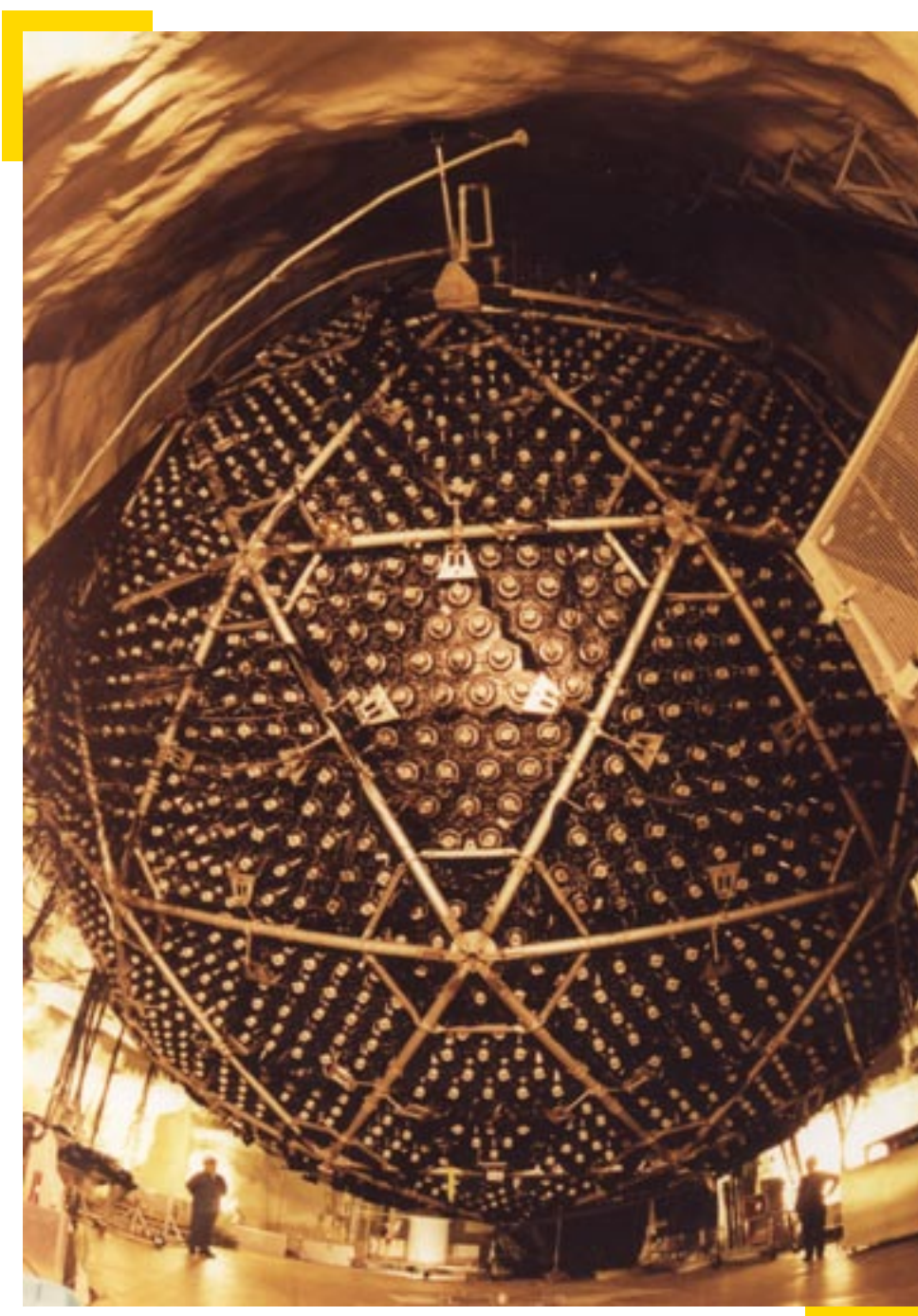
L'idée selon laquelle l'Univers serait constitué des briques élémentaires très simples ne date pas d'hier. Dès l'Antiquité, les philosophes grecs cherchent à isoler un principe ultime d'où découlerait toute la complexité de notre monde. En particulier, **Démocrite** postule l'existence de constituants élémentaires qu'il nomme « atome » (« qu'on ne peut couper »).



Après une longue période d'oubli, cette idée reviendra au devant de la scène au XVIII<sup>e</sup> siècle, lorsque les chimistes montrent que les réactions entre composés s'expliquent qualitativement et quantitativement si on les décrit en termes de molécules formées d'atomes. **Mendeleev** complète cette description en classant les atomes selon leurs poids et leurs propriétés chimiques dans une table périodique.

Pendant le XX<sup>e</sup> siècle, les physiciens percent un à un les mystères de l'atome. On découvre qu'il est constitué d'un nuage d'électrons qui circulent autour d'un noyau. Ce dernier rassemble en nombre presque égal des protons et des neutrons. Et chacun d'entre eux est lui-même constitué de trois quarks ! Ce jeu de poupées russes s'arrêtera-t-il un jour ? Pour l'instant, en tout cas, personne n'a pu décomposer de quark en éléments plus simples...

## ZOOM SUR...



Le détecteur SNO, situé à plus de 2000 mètres de profondeur dans une mine canadienne, est un réservoir de 1000 tonnes d'eau lourde, capable de détecter et d'identifier les neutrinos.

Mis en évidence à partir des années 1950, **les neutrinos** apparaissent lors de certaines désintégrations de noyaux atomiques radioactifs causées par l'interaction faible.

Ces neutrinos interagissent très peu avec la matière. Par exemple, des neutrinos de basse énergie peuvent traverser une épaisseur de plomb d'une année-lumière sans que la moitié d'entre eux n'ait interagi ! Heureusement d'ailleurs, puisque nous baignons dans un océan de neutrinos provenant de diverses sources (étoiles lointaines, Soleil, radioactivité des roches terrestres) : ces neutrinos nous traversent sans nous voir ni nous causer le moindre mal...

Puisqu'ils voyagent sur de grandes distances sans être affectés par leur environnement, les neutrinos peuvent témoigner de phénomènes éloignés ou inaccessibles, comme un réacteur nucléaire, le cœur du Soleil ou les explosions de supernovae.

Par ailleurs, les propriétés de ces particules, uniquement liées à l'interaction faible, fournissent des renseignements précieux sur les limites du Modèle Standard. Ainsi, on a montré expérimentalement que ces particules sont massives, alors que le Modèle Standard affirmait au contraire qu'elles avaient une masse nulle ! Les neutrinos seront-ils la clé d'une nouvelle vision de la matière ?