

Echos de la physique

L'expérience NUSEX du groupe CERN/Frascati/Milan/Turin installée dans l'une des galeries du tunnel routier du Mont-Blanc: une source inexpliquée de particules en provenance d'une étoile double.

Signal du cygne

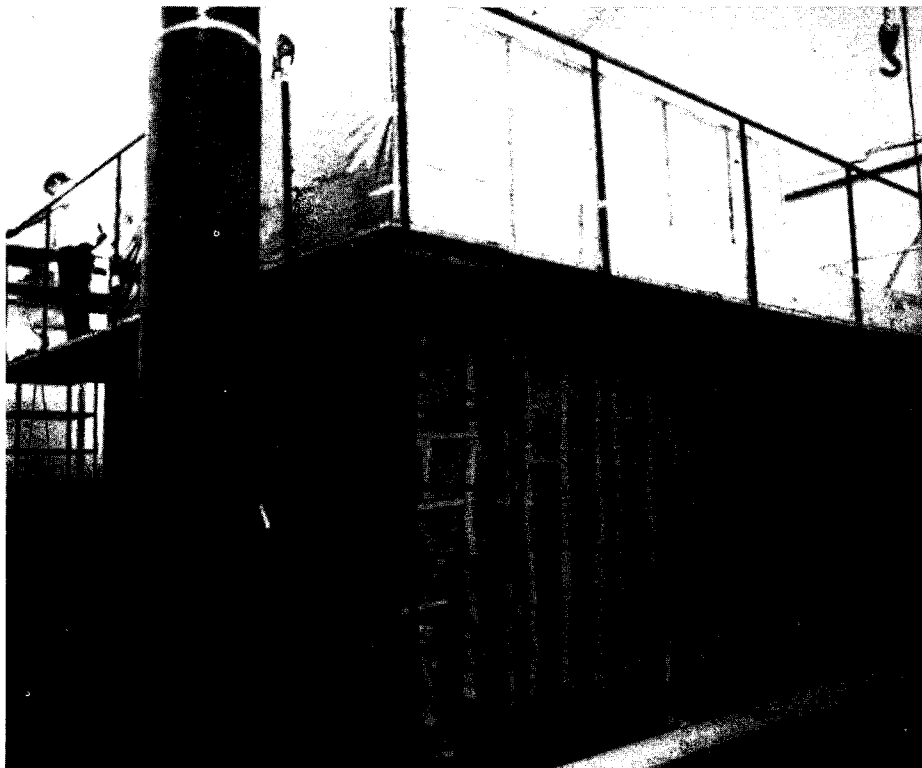
L'arrivée des grands détecteurs souterrains semble entraîner dans son sillage la création d'une nouvelle branche de la physique: l'astronomie des particules élémentaires. L'un de ses premiers résultats est la confirmation de l'existence d'une source intense de particules dans l'étoile double Cygnus X-3.

Il y a une dizaine d'années, les premières formulations des théories de grande unification tentaient ambitieusement de rapprocher la nouvelle force unifiée électrofaible et la force forte qui lie les quarks pour former des nucléons (et ceux-ci, à leur tour, pour former des noyaux). Ces hypothèses laissaient prévoir un important corollaire: l'instabilité du proton, en principe aisément observable en particulier dans le mode de désintégration en un positon et un pion neutre.

Pour vérifier cette hypothèse, diverses grandes expériences souterraines ont été rapidement montées, abritées du rayonnement cosmique sous plusieurs centaines de mètres de roc. Avec des échantillons de matière de centaines, voire de milliers, de tonnes, ces expériences disposaient de nombreux protons à surveiller.

Parmi ces grandes expériences, la première à être devenue entièrement opérationnelle a été celle du groupe Irvine/Michigan/Brookhaven dans la mine de sel de Morton (Ohio). Avec un champ d'observation contenant plusieurs milliers de tonnes d'eau, cette expérience aurait dû relever assez rapidement des signes de la désintégration du proton si elle se produisait au taux prévu. Ce ne fut pas le cas.

Ce résultat négatif a été confirmé par d'autres expériences souterraines: NUSEX par le groupe CERN/Frascati/Milan/Turin



dans le tunnel routier du Mont-Blanc, l'étude japonaise Kamioka et d'autres programmes (voir numéro d'avril 1983, page 79). La désintégration du proton n'est tout simplement pas assez rapide pour que la plus simple des théories de grande unification soit juste.

La durée de vie prévue pour le proton (10^{32} ans) correspond à la désintégration d'un seul proton "humain" par heure dans la population d'une ville de taille moyenne.

Si la désintégration du proton est plus lente, les détecteurs doivent chercher mieux. Le problème principal consiste maintenant à distinguer le signal éventuel du bruit de fond des neutrinos cosmiques. Entre-temps, les détecteurs souterrains pourraient bien trouver d'autres choses.

La source Cygnus X-3 a été découverte en 1961. Cinq fois plus brillante que le soleil, elle émet un rayonnement d'une période de 4,8

heures, trop longue pour un pulsar. Cygnus X-3 a été rapidement identifiée comme une étoile double émettant des photons d'énergie extrêmement élevée ainsi que des rayons X.

Faisant suite aux premières observations des astronomes, des expériences de rayons cosmiques à la surface de la terre ont décelé des gerbes de l'air, relativement riches en muons, provenant de la direction de Cygnus X-3 et présentant une variation synchrone de son émission en rayons X. La richesse en muons constituait une surprise car, même à très haute énergie, des photons percutant l'atmosphère terrestre devraient produire des gerbes pauvres en muons. L'observation correspond davantage au résultat à prévoir si l'étoile double émettait également des particules primaires plus lourdes.

Les muons de très haute énergie sont extrêmement pénétrants, ca-

pables de s'enfoncer profondément dans la croûte terrestre avant de s'arrêter; ils sont donc aisément observables dans les grands détecteurs souterrains.

L'expérience NUSEX ainsi que celle, plus petite, de la mine de Soudan au Minnesota (Argonne/Minnesota/Oxford) ont maintenant identifié des muons de haute énergie atteignant leurs détecteurs et dont les directions engendrent un cône étroit axé sur Cygnus X-3; le signal apparaît puis s'évanouit avec une périodicité de 4,8 heures.

Toutefois, l'origine de ces muons reste mystérieuse. Chargés, ils ne peuvent provenir directement de Cygnus X-3 (ils seraient déviés par les champs magnétiques galactiques). Des particules provenant de la direction de l'étoile doivent être produites par un rayonnement neutre frappant l'atmosphère terrestre.

Les neutrons sont exclus car,

instables, ils se désintègreraient bien avant d'atteindre la terre. Des photons de quelques centaines de TeV (plusieurs fois 10^{14} eV) pourraient produire des muons capables de pénétrer plusieurs centaines de mètres de roc. Toutefois, le flux de ces photons atteignant l'atmosphère terrestre est largement inférieur au niveau nécessaire pour produire le signal de muons observé sous terre.

Une autre explication possible est celle de la production de muons par des neutrinos. Mais les deux expériences éliminent cette possibilité car elles observent une variation du flux de muons avec l'orientation du détecteur relativement à Cygnus X-3, flux modulé par l'épaisseur variable de la roche à traverser pour atteindre l'appareil. Cet effet n'existerait pas pour des neutrinos cosmiques.

La dispersion angulaire des muons par rapport à la direction

de l'étoile constitue un autre mystère. Bien que de quelques degrés seulement, elle implique, à ces énergies, des impulsions transversales atteignant 0,5 TeV, plusieurs fois plus élevées que les valeurs extrapolées à partir des observations de laboratoire.

Tout cela place un point d'interrogation sur la nature des particules de haute énergie en provenance de l'étoile double. Les résultats d'autres expériences souterraines (en particulier Kamioka au Japon et celle du groupe Orsay/Saclay/Ecole polytechnique/Wuppertal dans le tunnel du Fréjus reliant la France à l'Italie) sont attendus avec impatience.

SYMPOSIUM Dynamique des événements à plusieurs particules

Les symposiums internationaux annuels sur la dynamique des événements à plusieurs particules, qui constituent une tradition remontant à la réunion de Paris de 1970, restent de précieux lieux de rencontre pour la recherche actuelle en physique des particules. Le symposium de cette année s'est tenu en Israël, à la Maison des hôtes du kibboutz Kiryat Anavim, du 9 au 14 juin. Ce cadre de choix, situé à 15 km au nord-ouest de Jérusalem, a permis aux 110 participants de 18 pays de découvrir cette forme incomparable de vie communautaire et a servi de base de départ pour un certain nombre de passionnantes excursions d'intérêt historique dans la région.

L'impression durable que l'on a

Participants au Symposium international sur la dynamique des événements à plusieurs particules, tenu à Kiryat Anavim (Israël).

(Photo Université de Tel-Aviv)

