

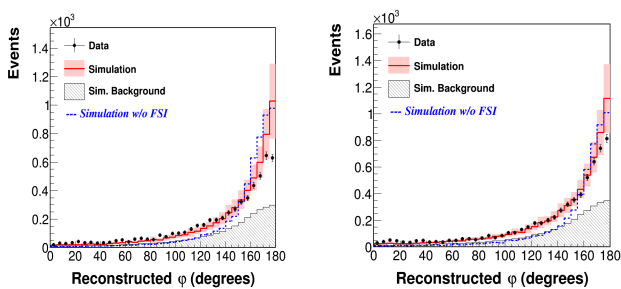
Etudier le comportement des foules avec MINERvA

Les neutrinos sont les particules élémentaires les plus abondantes dans l'univers qui ont un poids. Ils n'ont aucune charge électrique et passent à travers presque tout, car ils n'interagissent que faiblement avec la matière. Il y a trois sortes de neutrinos et ils se transforment d'un type à un autre lorsqu'ils se déplacent, un comportement que l'on appelle oscillation. Les physiciens s'efforcent depuis des années de mesurer à quel point et à quelle fréquence les neutrinos oscillent entre les différentes sortes.

Notre compréhension du phénomène dépend essentiellement de la mesure de l'énergie du neutrino. Nous ne pouvons pas mesurer l'énergie des neutrinos eux-mêmes ; nous pouvons seulement mesurer l'énergie des particules qui sont produites par l'interaction d'un neutrino avec le détecteur. Le détecteur est typiquement composé de noyaux lourds, favorisant un grand nombre d'interactions, qui offre ainsi l'opportunité d'observer le comportement du neutrino. Le milieu nucléaire est compliqué, ce qui rend les mesures difficiles.

Nous avons besoin de comprendre en détail l'interaction du neutrino à l'intérieur du noyau, afin de précisément mesurer l'énergie du neutrino. Dans la gamme d'énergie de la plupart des expériences d'oscillation, le processus d'interaction dominant est celui par lequel un neutrino diffuse sur un neutron à l'intérieur du noyau, produisant un muon et un proton. Le proton ainsi produit peut ensuite interagir avec d'autres particules à l'intérieur du noyau. En présence d'autres protons et neutrons, la distribution de particules produites peut différer de celle de l'interaction primaire.

Une façon de voir comment le noyau influence l'interaction est d'observer l'angle entre les deux plans qui définissent l'interaction. Imaginons le plan défini par la direction du neutrino et par celle du proton et le plan défini par la direction du neutrino et par celle du muon. Ces deux plans devraient être « dos à dos », soit différer de 180 degrés. MINERvA peut mesurer précisément mesurer l'angle entre ces plans. Il se trouve que cet angle n'est pas du tout 180 degrés, des près ou de loin.



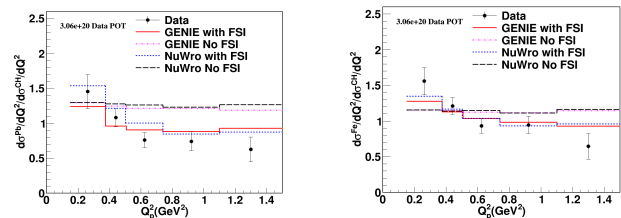
Ces figures montrent l'angle entre le plan d'interaction neutrino-proton et celui de l'interaction neutrino-muon pour le fer (à gauche) et le plomb (à droite).]

Si vous êtes un enseignant, vous avez affaire à ce genre de situation chaque jour. Supposons que vous supervisez un grand nombre d'enfants et que vous connaissez le comportement individuel de chaque enfant. En revanche, lorsque les enfants sont en groupe, le comportement de chaque enfant est affecté

par celui des autres, donc vous devez revoir votre prédiction. Le comportement d'un enfant au sein d'un groupe sera différent de celui de l'enfant seul.

Imaginez que les protons et les neutrons sont des enfants à l'intérieur d'un noyau lié. Votre estimation de l'énergie que possèdent les enfants sera différente lorsque vous tenez compte de l'énergie perdue par les enfants qui interagissent entre eux, par rapport à l'énergie qu'ils possèderaient assis seuls dans des chambres séparées.

MINERvA a récemment effectué une nouvelle mesure de ce processus en incluant tous les événements avec un muon et au moins un proton mais dénués d'autres particules plus légères. La probabilité d'interaction d'un neutrino est mesurée en fonction de l'impulsion transférée au noyau (appelée « Q^2 »), calculée à partir de la mesure de l'énergie du proton.



Ces figures montrent le rapport entre la section efficace sur plomb (à gauche) et sur fer (à droite) et la section efficace sur hydrocarbure (plastique).

MINERvA a simultanément effectué la mesure avec du carbone, du fer et du plomb. Dans une [étude précédente](#), MINERvA avait mesuré ce processus sur du plastique (hydrocarbure) uniquement.

Si tous les enfants à l'intérieur du noyau se comportaient comme s'ils étaient seuls, alors le rapport des sections efficaces se rapprocherait d'une constante reliée à la fraction de neutrons dans chaque noyau cible. Mais ces rapports n'ont pas une valeur constante, comme vous pouvez le constater sur les graphiques.

Cette mesure montre aussi que la relation avec l'élément cible (plomb ou fer) n'est pas bien expliquée par les modèles actuels du noyau. En effet, les théoriciens ont encore du travail pour que les prédictions pour les expériences mesurant les oscillations soient précises. C'est la première fois qu'une mesure directe de ce phénomène a été faite. Ce [résultat](#) a été soumis pour publication la semaine passée.

Ecrit par: Anushree Ghosh (UTFSM)

Traduit par: Alessandro Bravar (Université de Genève)



Figure [Les physiciennes qui ont mené cette analyse : Minerba Betancourt (à gauche) et Tammy Walton (au milieu) de Fermilab et Anushree Ghosh (à droite) de l'Université technique de Federico Santa Maria.]