

MATÉRIALITÉ DU CONCEPT DE SECTION EFFICACE

Maurice LALOU
IN2P3-CNRS, Paris

Résumé

On vise à mettre l'accent sur diverses ambiguïtés conceptuelles qui pèsent sur la définition usuelle de la section efficace en mécanique quantique et en physique des particules, et qui, conformément, pourraient conduire à des divergences sensibles d'appréciation expérimentale aux très hautes énergies (selon l'allure des faisceaux et des cibles).

Il en découle un test naturel de la mécanique quantique¹

Réexaminons cette définition dans le cas de la cible fixe.

Pour une probabilité d'interaction petite (sinon il faudrait recourir à une écriture différentielle), la section efficace se définit communément comme le rapport du nombre d'interactions par unité de temps, au nombre de particules incidentes par unité de surface et par unité de temps multiplié par le nombre de cibles ainsi rencontrées,

$$\sigma = \frac{N_{\text{inter}}/t}{[N_{\text{inc}}/(S \times t)] \times N_{\text{cibles}}}$$

où S est une surface de section (macroscopique) formelle qu'on ne saurait préciser, mais qui s'élimine dans les calculs commodément, puisque

$$N_{\text{cibles}} = L S \rho N_{\text{Avog}}/A$$

(L étant le parcours moyen du faisceau ; ρ la masse volumique de la cible, A sa masse atomique).

¹ NDLR : cet article soulève quelques problèmes relatifs à la notion de section efficace. Cette grandeur, indispensable à la description des interactions entre particules, n'est actuellement pas remise en cause par la communauté des chercheurs. On connaît cependant la difficulté à la faire comprendre aux étudiants, au delà de sa définition mathématique. Cet article devrait intéresser les enseignants confrontés à ces difficultés.

Ce que je viens de dire semble limpide ; mais, en fait, je viens de me livrer à un gigantesque tour de passe-passe.

L'élimination du quotient S/S aurait bien un sens, si la quantité S n'était pas logiquement indéfinie, voire absurde : faute de savoir lui attacher une définition physique (donc logique) véritable, je n'avais pas même le droit de l'introduire au départ dans les calculs. (Elle conduit, par exemple, à une limite d'unitarité aberrante.)

Cet artefact logique (et il est facile de l'illustrer concrètement) est un peu comparable à celui qui ferait dire n'importe quoi à un quotient du type $0/0$. (Aller demander à un ordinateur de calculer le quotient de 2 quantités indéfinies !)

Il tient de l'illusion qu'on puisse réaliser expérimentalement un flux continu de particules (à l'échelle macroscopique, s'entend), sinon une onde plane, et s'épargner ainsi les problèmes de quantification spécifiques inhérents.

En pratique, les flux sont discrets (souvent même très peu nombreux), et n'offrent aucune constance quantique d'une prise de données à la suivante.

Mais, dira-t-on, tout ceci n'est qu'un procédé d'écriture tendant à éviter la forme un peu lourde d'une intégrale en paramètres d'impact : l'ennui, c'est qu'une telle présentation n'aurait aucune valeur physique, du moins au voisinage immédiat de la cible (où devrait se concentrer l'essentiel de l'interaction), en raison de l'indétermination quantique qui pèse sur les positions des deux particules (peut-être très supérieure, par exemple, à $\sqrt{\sigma} = 10^{-2}$ fermi pour $\sigma = 1 \mu\text{b}$).

Dans une autre optique, la section efficace pourrait devenir extrêmement grande aux plus hautes énergies, rendant signifiante la distance entre particules cibles voisines (voire entre particules incidentes, dans le cas de faisceaux en collision très denses).

On aurait alors affaire à un problème à N corps !

Une telle circonstance, aisément atteinte, rendrait les évaluations totalement fallacieuses.

Au demeurant, l'hypothèse est inutile : même si σ reste fini, il n'a jamais été prouvé, que je sache, en physique théorique, que l'interaction ne comporte pas, au moins aux hautes énergies, une composante d'effet "lointain" (sinon d'une portée infinie, comme le potentiel coulombien).

Aussi bien, la définition classique de σ suppose essentiellement un groupe dense de particules cibles, et n'aurait pas la moindre signification pour une cible unique isolée (qui est le véritable objet conceptuel de cette définition).

Le concept de section efficace individuelle paraît donc totalement mirifique.

CONCLUSION

Sur le plan expérimental, dans la nouvelle génération de mesures, il conviendrait de rechercher des désaccords en utilisant différents états (quantiques) des faisceaux, pour un test direct de la mécanique quantique classique.

Sur le plan théorique, l'entière quantification du faisceau incident (notamment pour la localisation géométrique), remplaçant l'hypothèse classique mais naïve de l'onde plane (infinie), permettrait de clarifier et de débrouiller la situation.

En effet, les cas limites sont incompatibles.

Ainsi, dans un matériau cible dense, l'onde incidente subit une diffusion multiple, aussi son **extension quantique transversale** doit-elle être grande par rapport à celle des particules cibles.

En revanche, dans le cas de faisceaux en collision refroidis de très haute énergie, l'extension transversale devrait être d'ordinaire faible et, par symétrie, très similaire pour les particules en interaction.

Une situation analogue est encore prévisible pour les nombres quantiques internes.

REM. L'extension **longitudinale** du paquet d'onde pose des problèmes encore plus délicats, pour l'oscillation des neutrinos ou des quarks lourds, étudiée en réf. [1] et [2].

REFERENCES

- [1] Maurice LALOUM, **How Far Studying $B^0 - \bar{B}^0$ Couplings with Quite Limited Samples**, *Nuovo Cimento A*, **106**, 1159 (1193).
- [2] Maurice LALOUM, **Amortissement de l'Oscillation des Neutrinos**, PREPRINT 10/2/98, Collège de France, IN2P3 - CNRS.