

les protons et on les compte. En principe, le piégeage et la détection des protons sont presque parfaits, et on n'a que quelques légères corrections à apporter pour prendre en compte les éventuelles désintégrations que l'on aurait manquées.

Pour être utile, le résultat d'une mesure doit être accompagné d'une estimation fiable de son exactitude. Une mesure de la taille d'une personne avec une incertitude de un décimètre, par exemple, est bien moins significative qu'une mesure dont l'incertitude est de un millimètre. C'est pourquoi on indique toujours l'incertitude expérimentale quand on fait des mesures de précision. Une incertitude de une seconde, par exemple, signifie que notre mesure a une forte probabilité de ne pas être plus d'une seconde plus courte ou plus longue que la valeur réelle.

Erreurs statistiques et erreurs systématiques

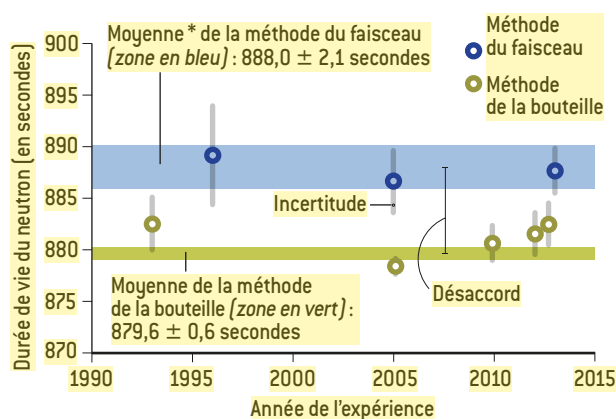
Toute mesure a, en général, deux sources d'incertitude. En premier lieu, des erreurs statistiques se produisent parce qu'une mesure expérimentale ne porte que sur un échantillon de taille finie – un nombre fini de désintégrations de neutrons dans notre cas. Plus l'échantillon est grand, plus la mesure est fiable et plus l'erreur statistique est faible.

La seconde source d'incertitude, l'« erreur systématique », est beaucoup plus difficile à estimer parce qu'elle découle d'imperfections dans le processus de mesure. Ces dernières peuvent être simples (comme une mauvaise calibration de la toise qui mesure la taille d'une personne). Elles peuvent aussi être plus subtiles, par exemple un biais d'échantillonnage : ainsi, dans un sondage téléphonique, le sondeur tend à composer des numéros sur ligne fixe plutôt que sur ligne mobile, ce qui risque de constituer un échantillon non représentatif de la population visée.

Les expérimentateurs se donnent beaucoup de mal pour réduire ces erreurs systématiques, mais elles sont impossibles à éliminer complètement. Le mieux que l'on puisse faire est de réaliser une étude détaillée de toutes les sources d'erreur imaginables, et ensuite estimer l'effet que chacune peut avoir sur le résultat final. On additionne ensuite cette erreur systématique avec l'erreur statistique afin de donner une meilleure estimation de la fiabilité globale de la mesure. En d'autres termes, on se donne beaucoup de mal afin d'estimer les « inconnues connues ».

TECHNIQUES DIFFÉRENTES, RÉSULTATS DIFFÉRENTS

Les chercheurs ont recouru à deux principales techniques pour mesurer la durée de vie moyenne des neutrons : la méthode de la « bouteille », et celle du « faisceau ». Les diverses mesures par la méthode de la bouteille sont en accord les unes avec les autres compte tenu de leurs marges d'erreur, comme le sont entre elles les mesures par la méthode du faisceau. L'ennui est que les résultats obtenus par les deux techniques divergent de plus de 8 secondes. L'écart peut sembler minime, mais il est d'amplitude bien plus grande que l'incertitude des mesures, ce qui signifie que cette divergence constitue un véritable problème. Soit les chercheurs ont sous-estimé les incertitudes de leurs résultats, soit, hypothèse plus passionnante, la différence résulte d'un phénomène physique inconnu.



* La moyenne de la méthode du faisceau ne tient pas compte de la mesure de 2005, supplantée par celle de 2013.

PLUSIEURS EXPÉRIENCES PORTANT SUR LA DURÉE DE VIE DU NEUTRON ont été réalisées au cours des vingt-cinq dernières années. La moyenne des résultats obtenus par une méthode diffère nettement de la moyenne des résultats donnés par l'autre méthode.

Bien sûr, la grande crainte est que l'on soit passé à côté d'une « inconnue inconnue » – un effet systématique, caché dans la procédure expérimentale, dont on ignore même l'existence. La seule façon de surmonter ce type d'erreur supplémentaire est d'effectuer une autre mesure complètement indépendante, par une méthode complètement différente qui ne partage pas les mêmes effets systématiques. Si ces deux mesures indépendantes sont en accord compte tenu de leurs incertitudes associées, on peut avoir confiance dans les résultats. Si, en revanche, elles sont en désaccord, c'est qu'il y a un problème.

Pour la durée moyenne de vie du neutron, nous disposons bien de deux mesures indépendantes, par le faisceau et par la bouteille. Le résultat le plus récent de l'expérience réalisée au NIST donne une valeur de 887,7 secondes pour la durée de vie du neutron. L'incertitude statistique est estimée à 1,2 seconde, et l'incertitude systématique

à 1,9 seconde. Leur combinaison (qui n'est pas une simple addition) donne une incertitude totale de 2,2 secondes. Cela signifie que la valeur réelle de la durée de vie moyenne du neutron a une probabilité de 68 % de différer de moins de 2,2 secondes de la valeur mesurée.

L'expérience de la bouteille à l'ILL, en revanche, a livré une durée de vie moyenne égale à 878,5 secondes avec une incertitude statistique de 0,7 seconde, une incertitude systématique de 0,3 seconde et une incertitude totale de 0,8 seconde.

Il s'agit là des deux expériences les plus précises du monde pour les deux méthodes de mesure, et leurs résultats diffèrent de plus de 8 secondes. Cet écart peut paraître faible, mais il est nettement supérieur aux incertitudes évaluées pour chacune des deux expériences : la probabilité d'obtenir une telle différence par le seul fait du hasard est inférieure à 1/10000. Nous devons donc sérieusement envisager la possibilité que ce