

Mesures et incertitudes : fiche pour le professeur

Évaluer une incertitude de mesure

Et au fait, évaluer une incertitude ça sert à quoi ?

Pourquoi mesurer ?

Avant de discuter de l'intérêt d'estimer une incertitude de mesure, il est nécessaire de rappeler l'intérêt de mesurer une grandeur physique.

La métrologie est la science de la mesure. Elle s'articule autour de 3 grands axes.

■ Métrologie légale

Le premier axe concerne la loyauté des échanges commerciaux. Ce que l'on paie à la boucherie ou à la station-service repose respectivement sur des mesures de masse et de volume.

Des organismes encadrés légalement (on parle de métrologie légale), vérifient la conformité des instruments de mesure pour garantir que le client ou le commerçant ne sont pas lésés dans les transactions commerciales pour des erreurs de mesure.

■ Métrologie industrielle

L'objectif est de garantir les fonctionnalités des produits. Dit autrement, cela signifie que le produit fabriqué « marche » dans les conditions spécifiées par le fabricant. Cela impose donc de vérifier la conformité des produits à l'aide de mesures.

■ Métrologie scientifique

Le dernier axe est celui du champ scientifique, en lien avec les activités menées avec les élèves.

Les objectifs sont très différents pour ce dernier cas. En effet, la mesure permet de quantifier des phénomènes physiques, de proposer des modèles et des lois. Par ailleurs, c'est cette branche de la métrologie qui définit le système international d'unité.

Pourquoi estimer les incertitudes de mesure ?

Pour les métrologies légale et industrielle, la déclaration de conformité est associée à des erreurs maximales tolérées. Comparer ces erreurs maximales tolérées aux écarts mesurés n'a de sens qu'à la condition de connaître les incertitudes associées aux mesures réalisées qui ont permis de calculer ces écarts.

Dans le champ scientifique, les incertitudes de mesure sont incontournables pour affiner des modèles. Plus les incertitudes de mesure sont grossières, moins il est possible de trancher entre deux modèles différents.

Exemple : des élèves font des mesures d'angles pour valider ou invalider les deux modèles de la réfraction suivants :

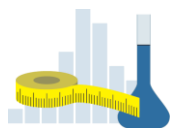
- modèle 1 : $n_1 \times i_1 = n_2 \times i_2$;
- modèle 2 : $n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$

Si les incertitudes des angles mesurés sont trop élevées, les deux modèles seront validés. Il faut que l'incertitude soit suffisamment faible pour que le modèle 2 soit reconnu comme « meilleur » que le modèle 1.

Que dire aux élèves ?

Évoquer les métrologies légale et industrielle sans les nommer permet de convaincre les élèves de la nécessité de réaliser des mesures mais aussi de déterminer les incertitudes associées.

Dans le cas des activités expérimentales les enjeux sont multiples et se rapprochent de ceux de la métrologie scientifique.



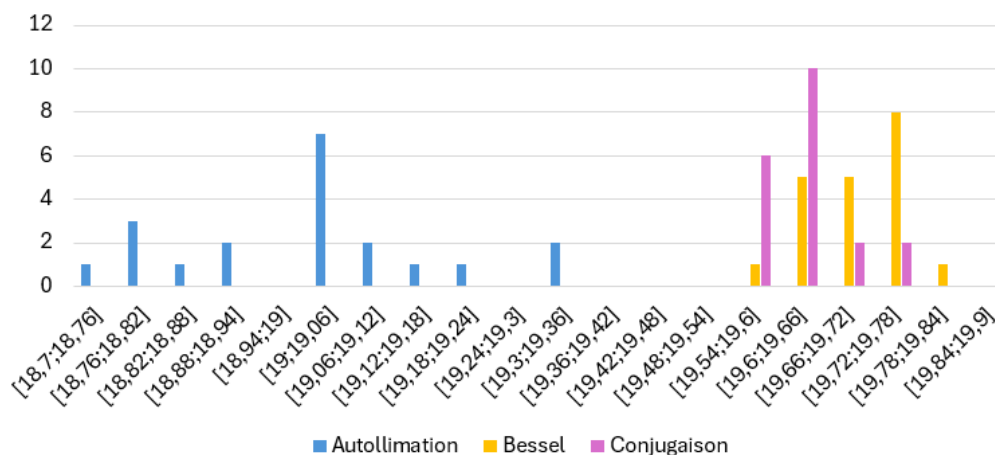
■ Tester une loi

En aucun cas on ne *vérifie* une loi dans le cadre d'une activité expérimentale. Il s'agit la plupart du temps de vérifier que les mesures réalisées sont compatibles avec une loi : les programmes officiels appellent cela « tester une loi ». Cela suppose d'avoir défini un critère de compatibilité, lequel, même si ce n'est pas explicitement dit aux élèves, repose sur l'évaluation des incertitudes de mesure. En effet, la dispersion observée est très souvent due à la méthode de mesure utilisée.

■ Comparer plusieurs méthodes de mesure

Les programmes invitent à évaluer des incertitudes afin de comparer plusieurs méthodes de mesure. Mais il faut être prudent, **les paramètres moyenne et écart-type ne sont que des estimateurs**. La simulation numérique permet d'observer que ces paramètres changent d'une série de mesure à une autre (d'autant plus que le nombre de mesures est faible). Ainsi il faut être prudent lorsque l'on compare algébriquement deux écart-type associés à deux méthodes de mesure. À moins que les dispersions observées soient très différentes l'une de l'autre, il n'est pas possible, rigoureusement, de comparer algébriquement deux écart-types.

Exemple : la distance focale d'une même lentille a été mesurée à plusieurs reprises et selon trois méthodes. Voici les résultats obtenus par une élève :



L'histogramme (ou le calcul de l'écart-type) permet d'affirmer que l'autocollimation conduit à une dispersion beaucoup plus élevée que les deux autres méthodes testées. L'incertitude-type associée à l'autocollimation est donc la plus élevée.

En revanche la différence n'est pas assez nette pour discriminer les deux autres méthodes employées.

■ Tester la validité d'un résultat de mesure

Retour en arrière : à propos des « contrôles qualité »

Les anciens programmes étaient riches en items commençant par « contrôler la qualité de... ». Il s'agissait de confier aux élèves un objet ou un produit du commerce pour qu'ils vérifient grâce à une mesure l'une de ses propriétés. Par exemple : vérifier la masse d'aspirine dans un cachet à l'aide d'un titrage. Cette démarche n'est plus préconisée car elle n'est pas jugée authentique. Elle est en effet insincère de la part de l'enseignant : des élèves qui manipulent une burette graduée pour la première fois ne saurait remettre en question le titre garanti par un laboratoire pharmaceutique ! En vérité l'enseignant a confiance dans le titre affiché sur le médicament et vérifie grâce à lui que ses élèves savent faire un titrage. Dit autrement le contrôle qualité porte sur les élèves et non sur le cachet.

NB : avec la disparition des contrôles qualité, l'on a assisté à la disparition de l'écart relatif. Revenons à l'exemple du cachet d'aspirine : une telle séance se concluait inmanquablement par un calcul d'écart relatif. Et que concluait-on si l'écart relatif était trop élevé ? Que le résultat de mesure était mauvais... ce qui prouve bien que ce n'est pas la qualité du cachet qui était contrôlée !

Comment valider un résultat de mesure ?

La validité d'un résultat de mesure passe par la comparaison entre l'incertitude-type de mesure et l'écart entre une valeur de référence et la valeur mesurée. C'est à l'enseignant de choisir une situation pour laquelle une valeur qui soit véritablement une référence existe. Ce point fait l'objet de la fiche suivante.