

Exploitation des données et incertitudes

Dans le cadre des démarches expérimentales, les élèves sont amenés à prendre des mesures, exercer un regard critique sur leurs résultats pour en apprécier la validité, que ce soit en SVT comme en physique-chimie.

Les questions de mesure, fiabilité, incertitudes sont abordées depuis longtemps dans les programmes de physique-chimie. Aborder la fiabilité des mesures en SVT est donc une continuité pour les élèves.

Il ne s'agit pas d'entrer en SVT dans les « boîtes noires » mathématiques mais de développer un raisonnement critique avec des outils mathématiques simples dont les résultats peuvent être apportés par l'usage des calculatrices ou de tableurs.

La fiabilité d'une mesure

Les facteurs qui influencent sur la fiabilité d'une mesure

- Le matériel (sa précision est indiquée par le constructeur)
- Le protocole
- L'expérimentateur et son geste technique, l'étalonnage, le choix de son matériel adapté ou pas à la mesure à effectuer
- Les conditions extérieures (température ...).

On observe donc une dispersion de la mesure, un écart entre la valeur « vraie » (qui n'existe que pour les étalons de mesure, par convention) et la valeur mesurée.

Mathématiquement

La variabilité de la mesure = la dispersion de la mesure est évaluée par **l'incertitude-type**.

L'on demande maintenant préférentiellement aux élèves de l'exprimer sous forme de phrase, par exemple « T=17,2°C avec une incertitude-type de 0,5°C ».

Exploiter une série de mesures répétitives

Lorsqu'un opérateur ou un groupe d'élèves répète plusieurs fois, dans les mêmes conditions, le mesurage d'une même grandeur, les valeurs mesurées sont différentes, on a une « erreur aléatoire ». On peut alors mener **une analyse statistique** des résultats.

Vocabulaire : on parle alors d'erreur de mesure aléatoire. L'incertitude associée est une incertitude de répétabilité dite de type A.

Les résultats peuvent être représentés sous forme graphique.

Attention, en mathématiques, dans un histogramme la convention est de représenter la densité de fréquence et non l'effectif ou la fréquence.

Quelques valeurs statistiques à aborder pour n mesures de m :

- La moyenne : $\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$

La moyenne est un indicateur de position (pas de dispersion), mais l'on peut aussi évoquer la médiane, le mode (=la valeur la plus fréquente) ou encore le milieu de gamme, (= moyenne de la plus grande et de la plus petite des données) ...

- L'écart-type des observations, ou encore dit expérimental : $\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}$

Remarque : on utilise ici une division par n-1 car on raisonne sur des échantillonnages et non des populations finies avec l'ensemble des objets à étudier présents. On notera l'intérêt d'un grand échantillon et l'impossibilité de calculer un écart-type avec une seule mesure (impossible de diviser par 0).

L'écart-type est un indicateur de dispersion. L'écart moyen (=moyenne des distances des données à la moyenne), l'écart interquartile (=différence entre le troisième et le premier quartile) ou encore l'étendue (=différence entre la plus grande valeur et la plus petite) en sont d'autres.

- **L'incertitude-type liée à la moyenne** : elle permet un raisonnement sur la validité de la valeur de la moyenne, construite par une expérience collective. L'incertitude type est déterminée à l'aide de l'écart-type :

$$u_A = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

Pour information, dans les anciens programmes, il était question d'une incertitude élargie, qui prenait en compte le fait que le nombre de mesures était limité. L'incertitude élargie est l'incertitude-type associée à un coefficient :

$$U_A = k \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

L'incertitude-type s'exprime avec un seul chiffre après la virgule.

Cas particulier : si n = 1, l'incertitude-type est égale à l'écart-type.

Il s'agit du cas où l'on effectue une nouvelle mesure unique dans des conditions similaires à la première série de mesures et que l'on veut discuter de la validité du résultat obtenu (par exemple en se référant à une base de données avec laquelle on a accès à la moyenne et l'écart-type).

Exploiter une seule mesure

Exploiter une seule valeur combine les sources d'erreur :

- La précision inhérente à l'instrument (sa fabrication, sa résolution etc) ;
- et une erreur aléatoire liée aux conditions extérieures (température, façon de lire etc.).

Afin de raisonner sur la fiabilité d'une seule mesure, on mène une **approche différente d'une approche statistique**. Des lois de probabilité sont alors utilisées pour évaluer l'incertitude.

Vocabulaire : Lors d'une mesure unique, l'erreur correspondante est l'**erreur systématique** et l'incertitude associée est dite de type B. Elle n'est abordée qu'à partir du cycle terminal du lycée.

L'évaluation de l'incertitude fait appel aux notices des constructeurs, à des certificats d'étalonnage, ou encore à des outils mathématiques (fonctions de densité de probabilité fondées sur l'expérience).

Quand valide-t-on une mesure ?

On admet en SVT que la valeur mesurée ne doit pas s'écarter de plus de deux incertitudes-types pour être compatible avec le modèle de référence choisi.

Une progressivité des attendus

Au collège :

- réflexion sur les valeurs aberrantes, le protocole, les instruments adéquats pour réaliser les mesures
- les positionnements des résultats comme les moyennes, les médianes.

En seconde : travail sur les histogrammes, les écarts-types, les incertitudes-types calculées sur des exemples permettant un traitement statistique.

En première et en terminale : évaluer une incertitude .

Points de vigilance : il importe de toujours passer par le sens !

Ressources

- [Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure](#) : ressource très complète
- Ressource eduscol « [Mesures et incertitude au lycée](#) » : avec exemples, éléments de programme, de progressivité
- Vademecum ECE 2023