

LC.6 Erreurs et incertitudes

Marie

| **Élément imposé** – Facteur d'élargissement

Niveau : L1

Pré-requis :

- Première approche des incertitudes (Term spé)
- Outils mathématiques statistiques
- Python (secondaire) pour le TD

Difficultés :

- Sources d'incertitudes multiples
- Méthode très calculatoire
- Faire le choix entre A et B

Activité :

- TP titrage de l'acide ascorbique
- TD Mesure d'un taux de sucre dans le sang
- Approche doc + TP info Monte Carlo

Biblio :

- Cours de Martin Vérot
- Skoog
- Bernard

Plan proposé

1	Erreur aléatoire	2
1.1	Incertitude de type B	2
1.2	Incertitudes de type A	2
2	Présentation de résultat	2
2.1	Incertitude finale	2
2.2	Incertitude élargie	3
2.3	Ecriture	3

Intro pédagogique

Objectifs : Savoir reconnaître les sources d'incertitudes et présenter un résultat

Leçon

Intro

Mesurer de l'eau à l'éprouvette, pas besoin d'être précis. Au contraire mesure de taux de sucre diabétique besoin d'être précis

Mesurande : ensemble des opérateurs de mesure d'une grandeur physique : **le mesurande**

[Cible pour comparer erreur aléatoires/systematiques]

- Aléatoire (diff de fidèle)
- Systématique (diff de juste)
- Accidentelles

Juste + fidèle = exacte

On va regarder uniquement les erreurs aléatoires (car les erreurs systématiques viennent par exemple d'un mauvais étalonnage de pH-mètre)

1 Erreur aléatoire

1.1 Incertitude de type B

Titrage de l'EDTA [Poly Martin Vérot Incertitude]. Nombreuses sources d'incertitudes

- Précision indiquée sous la forme $\pm p$: $u = \frac{p}{\sqrt{3}}$
- Instrument analogique : $u = \frac{\frac{1}{2} graduation}{\sqrt{3}}$

Exemple burette : $p = 0.25$ mL

1.2 Incertitudes de type A

Moyenne et écart type

$V_{eq,moy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{eq,i} = 20.7$ mL (alors que jamais de 20.7 mL dans les valeurs effectivement mesurées [exemples de valeurs])

Ecart-type : $\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (V_{eq,i} - V_{eq,moy})^2}$

Comparaison A/B avec burette :

- $u_A = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = 0.17$ mL (mais diminue avec le nombre de valeurs mesurées)
- $u_B = 0.028$ mL

2 Présentation de résultat

2.1 Incertitude finale

$A = (a \pm \Delta A)$ unité de A

L. Titre

Propagation des incertitudes : [Tableau propagation (Bernard) pour somme, produit et quotient]

$$u_{Veq} = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0.17 \text{ mL}$$

Retour sur l'EDTA : Détermination du taux de duresté avec la formule [Martin Vérot]

$$\frac{u_{TH}}{TH} = \sqrt{\left(\frac{u_{[EDTA]}}{[EDTA]}\right)^2 + \left(\frac{u_{Veq,2}}{Veq,2}\right)^2 + \left(\frac{u_{V, eau}}{V eau}\right)^2}$$

Incertitude sur le degré hydrométrique : différents choix selon les gens [Martin Vérot] : l'opérateur a une importance sur la valeur et sur les incertitudes

2.2 Incertitude élargie

$U = k u$, avec U incertitude élargie, facteur d'élargissement, u incertitude type

Degré de liberté ν

— type A : degré de liberté : $n-1$

— type B : $\nu \rightarrow \infty$

— Sinon : Welch-Satterwaite : $\nu_{eff} = \frac{U_z^4}{\sum_i \frac{c_i^4 u_i^4}{\nu_i}}$ avec $c_i = \frac{\partial z}{\partial x_i}$

Dans le cadre de l'exemple : $c_i = \frac{\partial z}{\partial x_i} = \frac{z}{x_i}$ donc $\nu_{eff} = \frac{\left(\frac{U_z}{z}\right)^4}{\sum_i \left(\frac{u_i}{x_i}\right)^4 \times \frac{1}{\nu_i}}$

Pour l'EDTA, $\nu_{eff} = 19$

Tables de Student, donne le facteur d'élargissement pour un nombre de degré de liberté pour le choix de l'intervalle de confiance. Pour 19, $k = 2.09$

2.3 Ecriture

$$TH = (15.22 \pm 0.12) 10^{-4} \text{ mol/L}$$

2 chiffres à l'incertitude élargie : normalement un seul, sauf si le premier est 1

Conclusion

Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>Pourquoi écriture finale si tard</i>	Ne
<i>Script python</i>	Donner les fonctions
<i>Valeur vraie ?</i>	Inconnue
<i>On tend toujours vers une estimation précise de la valeur vraie ?</i>	Si cohérent oui

L. Titre

<i>Mesure en chimie, équilibre entre ?</i>	Précision et temps. Temps de calcul doit être proportionnel à la précision
<i>Obtenir type B</i>	Type A par le constructeur
<i>Pk une 50 aine d'estimation pour une incertitude</i>	Pour être sûr
<i>Comment diriger les élèves vers la bonne formule ?</i>	organigramme Oui/Non
<i>Moyenne, interet ?</i>	
<i>Point aberrant ?</i>	Reprendre la mesure plusieurs fois, et voir si le problème ne vient pas de la chaîne de mesure
<i>Répétabilité ?</i>	même opérateur (Différent de reproductivité, autre opérateur, lieu, température...)
<i>incertitude relative pour les étudiants</i>	Fiabilité de la mesure
<i>Incertitude finale</i>	Plutôt dire incertitude composée
<i>Welch-Satterwaite ??</i>	Trop compliquée, se concentrer simplement sur Student
<i>Gaussienne ?</i>	Aléatoire et indépendant, contribution de chaque partie faible
<i>sigma n-1 au lieu de sigma n</i>	Pas d'écart type sur une seule valeur

Debrief

Pas "notre" grandeur !!

Planche de Galton

En tant que scientifique, on n' a pas la prétention d'avoir la valeur vraie (faire mesurer un trait au tableau par un élève et le prof : qui a raison ? Personne)

Intervalle de confiance, bonnes chances de trouver dans l'intervalle : difficulté et objectif

Taylor bien aussi en source

Montrer sur la calculatrice : tableur

Difficulté pour les élèves : arrondir les incertitudes à chaque calcul

Difficulté supplémentaire : Vocabulaire

Montrer du matériel

Regarder des BUP 935

Facteur d'élargissement pas au programme CPGE

<https://www.ensciences.fr/animations.php>