

TP 1 : Le langage Python au service du calcul des incertitudes



▪ L'objectif de cette activité est d'utiliser un programme rédigé en langage Python permettant de déterminer les incertitudes liées à des grandeurs expérimentales.

▪ Le programme utilise une méthode nommée « **Méthode de Monte Carlo** »

est de déterminer la concentration d'une solution (*obtenue après une dissolution ou une dilution*), en utilisant un programme rédigé en langage Python.

Le programme calcule également l'incertitude de la concentration en utilisant la méthode de Monte Carlo

DOC1: La méthode Monte Carlo

• On appelle méthode de Monte-Carlo toute méthode visant à calculer une valeur numérique en utilisant des procédés aléatoires, c'est à dire des techniques probabilistes. Le nom de ces méthodes fait allusion aux jeux de hasard pratiqués à Monte Carlo.

• Supposons que l'on désire déterminer la valeur d'une grandeur Y en utilisant un calcul faisant intervenir 2 grandeurs X_1 et X_2 ayant pour valeurs $X_1 = x_1 \pm u(X_1)$ et $X_2 = x_2 \pm u(X_2)$.

↳ Le programme :

- choisi aléatoirement une valeur de X_1 dans l'intervalle $x_1 - u(X_1) \leq X_1 \leq x_1 + u(X_1)$ et une valeur de X_2 dans l'intervalle $x_2 - u(X_2) \leq X_2 \leq x_2 + u(X_2)$

- calcule la valeur de Y à partir des valeurs de X_1 et de X_2 choisies aléatoirement

- recommence le même calcul de très nombreuses fois (*100 000 fois dans le cas du programme utilisé*) avec à chaque fois des valeurs de X_1 et de X_2 choisies aléatoirement

- traite tous les résultats obtenus de façon statistique en donnant l'histogramme de la distribution des valeurs de Y obtenues et en déterminant la moyenne et l'écart-type de la série de données.

DOC2: Incertitude composée

Si une grandeur Y se calcule à partir d'une » formule du type :	on a alors :
$Y = \frac{X_1}{X_2}$	$u(Y) = Y \times \sqrt{\left(\frac{u(X_1)}{X_1}\right)^2 + \left(\frac{u(X_2)}{X_2}\right)^2}$

Détermination de la concentration d'une solution obtenue par une dissolution ou une dilution

- On prépare une solution de bleu patenté selon le protocole suivant :
 - On dissout 297 g de soluté dans une fiole jaugée de 1 L
 - On prélève 10 mL de la solution préparée précédemment que l'on dilue dans une fiole jaugée de 250 mL

Valeurs et incertitudes des grandeurs

Masse du soluté pesé	Masse molaire du soluté
$m_{\text{soluté}} = (297,0 \pm 0,1) \text{ g}$	$M_{\text{soluté}} = (582,66 \pm 0,01) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Volume final après la dissolution	Volume prélevé lors de la dilution	Volume final après la dissolution
$V_{f0} = (1000,0 \pm 0,8) \text{ mL}$	$V_p = (10,00 \pm 0,02) \text{ mL}$	$V_{f1} = (250,0 \pm 0,3) \text{ mL}$

1) Détermination de la concentration de la solution mère

→ Donner la formule qui permet de calculer C_0 la concentration en quantité de matière de la solution préparée par dissolution en fonction de m , M et V_{f0}

→ Calculer la valeur de C_0 ainsi que de son incertitude $u(C_0)$ à l'aide de la formule des incertitudes composées

► Ouvrir le fichier « [programme dissolution.py](#) »



→ Rentrer les valeurs demandées (attention aux unités !) puis lancer le programme

Remarques

- Pour chacune des grandeurs rentrées, indiquer entre [] la valeur de la grandeur et de son incertitude, séparées par une virgule

- Utiliser un point pour la virgule d'un nombre décimal

→ Noter les valeurs déterminées par le programme pour C_0 et $u(C_0)$.

→ Ecrire le résultat sous la forme $C_0 = (.. \pm ..) \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ en arrondissant l'incertitude à un seul chiffre significatif

2) Détermination de la concentration de la solution fille

→ Donner la formule qui permet de calculer C_1 la concentration en quantité de matière de la solution préparée par dilution en fonction de C_0 , V_p et V_{f1}

→ Calculer la valeur de C_1 ainsi que de son incertitude $u(C_1)$ à l'aide de la formule des incertitudes composées donnée précédemment

► Ouvrir le fichier « [programme dilution.py](#) »



→ Rentrer les valeurs demandées puis lancer le programme

→ Noter les valeurs déterminées par le programme pour C_1 et $u(C_1)$.

→ Ecrire le résultat sous la forme $C_1 = (.. \pm ..) \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ en arrondissant l'incertitude à un seul chiffre significatif

Détermination de la concentration en hydroxyde de sodium dans une solution de Destop

▪ On réalise le protocole suivant :

- On verse 4,12 g de Destop dans une fiole jaugée de 100 mL que l'on complète avec de l'eau distillée
- On prélève 10 mL de la solution diluée de Destop que l'on dose avec de l'acide chlorhydrique de concentration 0,1 mol.L⁻¹, en réalisant un suivi pH-métrique
- A l'équivalence le volume versé de l'acide chlorhydrique est de 10,7 mL

Valeurs et incertitudes des grandeurs

Masse du Destop pesé	Volume final après la dilution	Masse molaire NaOH
$m_{Destop} = (4,12 \pm 0,01) \text{ g}$	$V_f = (100,00 \pm 0,05) \text{ mL}$	$M_{NaOH} = (39,9971 \pm 0,0004) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Volume prélevé pour le dosage	Concentration de la solution titrante	Volume équivalent
$V_p = (10,00 \pm 0,02) \text{ mL}$	$C_1 = (0,1000 \pm 0,0003) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$V_E = (10,7 \pm 0,2) \text{ mL}$

• On peut montrer que l'on peut calculer la concentration en masse en hydroxyde de sodium dans la solution dosée par la formule

$$c_m = \frac{C_1 \times V_E \times M}{V_p}$$

→ Calculer la valeur de C_m .

→ En déduire la masse d'hydroxyde de sodium dissoute dans la fiole initiale de 100 mL.

→ Montrer que le pourcentage en masse en hydroxyde de sodium dans le Destop (noté W_{NaOH}) est d'environ de 10,4 %

• On peut montrer que l'incertitude sur W_{NaOH} peut se calculer à partir de la formule

$$u(W_{NaOH}) = W_{NaOH} \times \sqrt{\left(\frac{u(M_{NaOH})}{M_{NaOH}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_1)}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(V_f)}{V_f}\right)^2 + \left(\frac{u(m_{Destop})}{m_{Destop}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_p)}{V_p}\right)^2}$$

→ Calculer $u(W_{NaOH})$! et oui ...

► Ouvrir le fichier « [programme dosage.py](#) »



→ Rentrer les valeurs demandées (attention aux unités) puis lancer le programme

→ Noter les valeurs déterminées par le programme pour W_{NaOH} et $u(W_{NaOH})$

→ Ecrire le résultat sous la forme $W_{NaOH} = (\dots \pm \dots)\%$ en arrondissant l'incertitude à un seul chiffre significatif

• La valeur de référence indiquée sur la bouteille est $W_{NaOH}(ref) = 10\%$

→ Calculer le Z-score permettant de valider ou non la valeur trouvée expérimentalement