Partie : Incertitudes.
 TP C1 : Masse volumique du Coca-Cola® et du Coca Cola light®
 Précision des instruments de mesure
 (version professeur)

B.O. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Incertitude-type.

I. Mesure de masse (avec balance à 0,01 g) ; étude de la précision de la balance.

Masse du bécher (bien repérer ce bécher : c'est le même bécher pour toute cette partie du TP et pour tous les groupes)

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8
Masse M (g)	52,10	52,41	52,40	52,42	52,40	52,41	52,41	52,41

Afin d'écrire la mesure de M sous la forme $X = X_e \pm \Delta X$ (en g), calculer :

- La valeur moyenne de M : $\bar{M} = 52,4088 \text{ g}$
- L'écart-type des valeurs de M : $s_x = 0,0064087 \text{ g}$
- L'incertitude-type $\hat{u}_M = \frac{s_x}{\sqrt{N}}$: $\hat{u}_M = \frac{0,0064087}{\sqrt{8}} = 0,0022658 \text{ g}$
- Ecrire sous la forme $M = \bar{M} \pm \hat{u}_M$ (en g), $M = (52,41 \pm 0,01) \text{ g}$
- Calculer la valeur de l'incertitude relative (%) : $\frac{\Delta M}{M} = 0,019 \%$

II. Exploitation :

Questions :

1. Des mesures faites ci-dessus, quel est l'instrument de verrerie le plus précis pour prélever un volume de 20 mL ?
2. Quel instrument de verrerie ne peut être considéré comme un instrument de mesure de volume ?
3. Que peut-on dire des masses volumiques du Coca normal et du Coca light ? Les deux valeurs sont-elles égales ?
 Aide : Les intervalles définis par les incertitudes-type autour de la valeur moyenne ne doivent pas se chevaucher afin d'affirmer que les deux grandeurs sont distinctes.

Réponses :

1. Afin de déterminer quel est l'instrument le plus précis, il faut s'appuyer sur les incertitudes relatives. Comparons donc **les incertitudes relatives** sur la masse volumique sur le Coca Cola[®] (par exemple) :

Exemple de calcul : Pipette jaugée et Coca Cola Light

$$\hat{u}_\rho = \frac{s_x}{\sqrt{N}}$$

$$\hat{u}_\rho = \frac{0,0061237}{\sqrt{5}}$$

$$\hat{u}_\rho = 0,002738 \text{ g.mL}^{-1}$$

$$\text{Incertitude relative} = \frac{\hat{u}_\rho}{\bar{\rho}} \times 100$$

$$\text{Incertitude relative} = \frac{0,003}{1,000} \times 100$$

$$\text{Incertitude relative} = 0,30 \%$$

Avec la fiole jaugée de 20 mL : 0,20 %

Avec l'éprouvette graduée de 100 mL : 1,1 %

Avec la burette graduée de 25 mL : 0,29 %

On peut alors considérer que l'instrument le plus précis est **la pipette jaugée**.

On remarquera que **la burette graduée** peut être également considérée comme un très bon instrument de mesure.

2. Avec une incertitude relative élevée de 1,1 %, on peut dire que **l'éprouvette graduée** n'est pas un instrument de mesure précis.

3. A partir des mesures réalisées avec la burette graduée de 25 mL, on obtient comme résultat :

Masse volumique du Coca Cola[®] normal : $\rho = (1,036 \pm 0,002) \text{ g.mL}^{-1}$ $1,034 \text{ g.mL}^{-1} \leq \rho \leq 1,038 \text{ g.mL}^{-1}$

Masse volumique du Coca Cola light : $\rho = 0,9966 \pm 0,002 \text{ g.mL}^{-1}$ $0,9964 \text{ g.mL}^{-1} \leq \rho \leq 0,9968 \text{ g.mL}^{-1}$

Les deux valeurs ne sont pas égales, les **encadrements des mesures ne se chevauchent pas**.

Le Coca Cola[®] normal a une masse volumique supérieure à celle du Coca Cola light[®]

Ceci est dû au fait que la masse de sucre dans le Coca Cola[®] normal est beaucoup plus élevée que la masse d'édulcorant.

Évaluation par compétences	Compétences évaluées	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
	Réaliser 2	Donner un exemple de calcul d'incertitude type et d'incertitude relative				
	Communiquer 6	Savoir écrire les résultats des masses et des masses volumiques correctement avec les règles adaptées. Rédiger avec rigueur et clarté le compte-rendu. Présenter les tableaux de valeurs avec clarté et propreté. Les résultats sont présentés avec leurs unités.				
	Valider 6	Savoir utiliser l'incertitude relative afin de déterminer quel est l'instrument de mesure le plus précis et le moins précis. Vérifier que les deux encadrements des valeurs de masses volumiques ne se chevauchent pas afin d'affirmer si oui ou non, les masses volumiques des deux boissons sont différentes.				
	Analyser 6	Donner des arguments au niveau microscopique et macroscopique, rigoureux, pour expliquer la différence de masse volumique entre les deux Coca Cola. (Nature des produits présents-masses respectives de ces produits- masse molaire...)				
			Note (en point entier)	/ 20 points		

III. Etude comparée des différents instruments de verrerie.

Mesure avec la pipette jaugée de 20 mL

Coca Cola[®] normal :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
M (g)	20,72	20,81	20,47	20,76	20,72	20,81	20,75	20,73
$\rho = \frac{M}{V}$ (g.mL ⁻¹)	1,036	1,041	1,024	1,038	1,036	1,041	1,038	1,037

A partir des valeurs de tous les groupes, compléter le tableau suivant :

	ρ
Moyenne $\bar{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	1,0364 avec 5 chiffres significatifs
Incertitude-type $\hat{u}_{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	0,0018987 avec 5 chiffres significatifs
Mesure sous la forme $\rho = \bar{\rho} \pm \hat{u}_{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	(1,036 $\pm$ 0,002) avec 4 chiffres significatifs sur la moyenne
Incertitude relative $\frac{\hat{u}_{\rho}}{\rho} \times 100$ (%)	0,19 % avec 2 chiffres significatifs

Coca Cola light[®] :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
M (g)	19,95	20,02	19,98	20,05	19,87	19,94	19,90	19,73
$\rho = \frac{M}{V}$ (g.mL ⁻¹)	0,9975	1,001	0,999	1,003	0,9935	0,9970	0,9950	0,9865

A partir des valeurs de tous les groupes, compléter le tableau suivant :

	ρ
Moyenne $\bar{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	0,99656 avec 5 chiffres significatifs
Incertitude-type $\hat{u}_{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	0,0014688 avec 5 chiffres significatifs
Mesure sous la forme $\rho = \bar{\rho} \pm \hat{u}_{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	0,9966 $\pm$ 0,002 avec 4 chiffres significatifs sur la moyenne
Incertitude relative $\frac{\hat{u}_{\rho}}{\rho} \times 100$ (%) (%)	0,20 % 2 chiffres significatifs

Mesure avec une éprouvette graduée de 100 mL.

Coca Cola[®] normal :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
M (g)	19,84	19,71	20,37	19,79	19,17	18,72	19,96	20,05
$\rho = \frac{M}{V}$ (g.mL ⁻¹)	0,9920	0,9855	1,019	0,9895	0,9585	0,9360	0,9980	1,003

A partir des valeurs de tous les groupes, compléter le tableau suivant :

	ρ
Moyenne $\bar{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	0,98850 avec 5 chiffres significatifs
Incertitude-type $\hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	0,0084742 avec 5 chiffres significatifs
Mesure sous la forme $\rho = \bar{\rho} \pm \hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	0,9890 $\pm$ 0,009 avec 4 chiffres significatifs sur la moyenne
Incertitude relative $\frac{\hat{u}_\rho}{\rho} \times 100$ (%) (%)	0,91 % 2 chiffres significatifs

Coca Cola light[®] :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
M (g)	18,94	18,79	18,67	19,46	18,93	18,42	19,42	17,82
$\rho = \frac{M}{V}$ (g.mL ⁻¹)	0,9470	0,9395	0,9335	0,9730	0,9465	0,9210	0,9710	0,8910

A partir des valeurs de tous les groupes, compléter le tableau suivant :

	ρ
Moyenne $\bar{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	0,94031 avec 5 chiffres significatifs
Incertitude-type $\hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	0,0093970 avec 5 chiffres significatifs
Mesure sous la forme $\rho = \bar{\rho} \pm \hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	0,9403 $\pm$ 0,010 avec 4 chiffres significatifs sur la moyenne
Incertitude relative $\frac{\hat{u}_\rho}{\rho} \times 100$ (%) (%)	1,1 % 2 chiffres significatifs

Mesure avec une burette graduée de 25 mL.

Coca Cola[®] normal :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
M (g)	20,79	20,66	20,62	20,65	20,76	20,47	20,64	20,30
$\rho = \frac{M}{V}$ (g.mL ⁻¹)	1,040	1,033	1,031	1,033	1,038	1,024	1,030	1,015

A partir des valeurs de tous les groupes, compléter le tableau suivant :

	ρ
Moyenne $\bar{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	1,0305 avec 5 chiffres significatifs
Incertitude-type $\hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	0,0028094 avec 5 chiffres significatifs
Mesure sous la forme $\rho = \bar{\rho} \pm \hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	1,031 $\pm$ 0,003 avec 4 chiffres significatifs sur la moyenne
Incertitude relative $\frac{\hat{u}_\rho}{\rho} \times 100$ (%) (%)	0,29 % 2 chiffres significatifs

Coca Cola light[®] :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
M (g)	19,92	19,90	19,89	19,97	19,78	19,77	19,71	19,81
$\rho = \frac{M}{V}$ (g.mL ⁻¹)	0,9960	0,9950	0,9945	0,9985	0,9890	0,9885	0,9855	0,9905

A partir des valeurs de tous les groupes, compléter le tableau suivant :

	ρ
Moyenne $\bar{\rho}$ (g.mL ⁻¹)	0,992188 avec 5 chiffres significatifs
Incertitude-type $\hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	0,0015753 avec 5 chiffres significatifs
Mesure sous la forme $\rho = \bar{\rho} \pm \hat{u}_\rho$ (g.mL ⁻¹)	0,9922 $\pm$ 0,002 avec 4 chiffres significatifs sur la moyenne
Incertitude relative $\frac{\hat{u}_\rho}{\rho} \times 100$ (%) (%)	0,20 % 2 chiffres significatifs