

**TP: métrologie:  
vérification de la verrerie**

**1. Vérification du volume délivré par une pipette:**

**1.1. Objectif:**

Déterminer un écart-type de répétabilité et de reproductibilité.  
Calculer les incertitudes types, composées et élargies associées à la pipette.

**1.2. Expérience:**

1.2.1. A l'aide d'une pipette de 10 mL de classe AS, prélever  $V=10$  mL d'eau déminéralisée en respectant scrupuleusement le protocole suivant :

- a) Rincer la pipette plusieurs fois avant son utilisation avec de l'eau déminéralisée. Il est absolument nécessaire d'utiliser une pipette bien propre afin qu'elle « mouille » parfaitement, c'est à dire que du liquide ne reste pas accroché à la paroi.
- b) Effectuer la tare de la balance avec une verrerie appropriée (erlen ou fiole jaugée) et le bouchon qui recueillera le liquide mesuré. Noter la masse  $m_i$ .  
*Si nécessaire, nettoyer la verrerie au préalable en la rinçant à l'acétone.*
- c) A l'aide de la propipette, remplir la pipette par aspiration à quelques millimètres au dessus du trait de jauge avec de l'eau déminéralisée.
- d) Essuyer l'excès de liquide qui se trouve sur les parois extérieures de la pipette.
- e) Ajuster le ménisque de liquide au trait de jauge supérieur en tenant la pipette verticalement au dessus d'un « béccher poubelle ». Eviter les erreurs de parallaxe en plaçant les yeux au niveau du trait de jauge.
- f) Délivrer dans la verrerie précédente (erlen ou fiole jaugée) les 10,00 mL d'eau déminéralisée. Afin d'éviter que le liquide reste accroché aux parois de la pipette, il est nécessaire de réguler le débit, de telle façon que le volume soit délivré en une trentaine de secondes. L'ajustage au trait de jauge inférieur s'effectuera de la même façon que l'ajustage au trait de jauge supérieur.
- g) Pour éviter des pertes par évaporation, placer le bouchon sur l'erlen ou la fiole jaugée et peser. Noter la masse  $m_p$ .
- h) Mesurer à l'aide du thermomètre la température de l'eau. Noter la température  $t$ .

Recommencer 5 fois l'ensemble de ces opérations (dans ce cas, les 5 opérations seront répétées par le même opérateur).

1.2.2. Reprendre le protocole du 1.2.1. mais cette fois-ci, réaliser 5 opérations effectuées par 5 opérateurs différents.

**1.3. Observations:**

**1.3.1. sur l'expérience 1.2.1.:**

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)

1.3.2. sur l'expérience 1.2.2.:

Compléter le tableau suivant:

$m_t$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)

1.4. Interprétation des mesures:

La masse volumique de l'eau (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) dépend de la température  $t$  (en °C) selon la relation suivante :  $\rho_{\text{eau}} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5$  avec:

$a_0$	999,839563900000000000
$a_1$	-0,067978299989000000
$a_2$	-0,009106025564000000
$a_3$	0,000100527299900000
$a_4$	-0,000001126713526000
$a_5$	0,000000006591795606

1.4.1. Sur l'expérience 1.2.1.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_t$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ ( $\text{g.L}^{-1}$ )	V (mL)

Préciser la formule permettant de calculer le volume  $V$  de la pipette.

$$V = \frac{m_p - m_t}{\rho_{\text{eau}}} \times 1000 \quad \text{où } V \text{ est exprimé en mL, } m_p \text{ et } m_t \text{ en g et } \rho_{\text{eau}} \text{ en } \text{g.L}^{-1}.$$

b) Calculer le volume moyen délivré par la pipette.

*On calcule la moyenne des 5 valeurs précédentes.*

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

*On calcule « s » sur le TEXAS et  $\sigma_{n-1}$  sur les CASIO ou on utilise la fonction ECARTYPE du tableur.*

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*On a calculé cet écart-type dans des conditions de répétabilité.*

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{5}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{5}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{5}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{5}} \text{ avec } t=2,776.$$

#### 1.4.2. Sur l'expérience 1.2.2.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ (g.L <sup>-1</sup> )	V (mL)

b) Calculer le volume moyen délivré par la pipette.

*On calcule la moyenne des 5 valeurs précédentes.*

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

*On calcule « s » sur le TEXAS et  $\sigma_{n-1}$  sur les CASIO ou on utilise la fonction ECARTYPE du tableur.*

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*On a calculé cet écart-type dans des conditions de reproductibilité.*

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{5}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{5}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{5}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{5}} \text{ avec } t=2,776.$$

#### 1.5. Conclusion:

1.5.1. A l'aide de toutes les valeurs de la classe, calculer le volume moyen délivré par une pipette de 10 mL de classe AS.

*On calcule la moyenne de toutes les valeurs des volumes relevés.*

1.5.2. En déduire l'écart-type estimé sur toutes les valeurs de la classe.

*Il faut prendre la fonction: ECARTYPE.*

1.5.3. Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*Il est calculé dans des conditions de reproductibilité.*

1.5.4. En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 % à partir de toutes les valeurs de la classe.

L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{n}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{n}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{n}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \text{ avec } t=2,776.$$

1.5.5. Compléter le tableau suivant et conclure.

Expérience	Volume moyen et intervalle de confiance	Condition de répétabilité ou de reproductibilité.
1.2.1.		
1.2.2.		
1.5.4.		

1.5.6. A l'aide de l'extrait suivant du tableau fourni dans le cours: « Quantification de l'incertitude – Annexe G – sources d'incertitude », indiquer si les composantes de l'incertitude sont de type A ou de type B.

Détermination	Composantes de l'incertitude	Cause	Méthode de détermination	Bornes de la distribution	Distribution	Incetitude-type de type A ou B
Volume V (liquide)	Incetitude de l'étalonnage	Exactitude limitée dans l'étalonnage	Indiquée sur la spécification du fabricant, convertie en écart-type.	$\pm$ tolérance de l'instrument de mesure	rectangulaire	B
	Température	La variation de la température par rapport à la température de l'étalonnage provoque une différence dans le volume à la température normalisée.	$\Delta T$ est la gamme des températures possibles (soit $\Delta T=6^{\circ}\text{C}$ si la température varie de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) et $\alpha$ est le coefficient de dilatation du volume liquide ( $\alpha=2.10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	$\pm \frac{\Delta T \cdot \alpha}{2} \times V$	rectangulaire	B
	Variation d'une mesure à l'autre	Du à l'opérateur....	Ecart-type des volumes délivrés successifs de contrôle (trouvés par pesée)	Non connues	normale	A

1.5.7. Calculer l'incertitude-type associé à chaque composante de l'incertitude en complétant le tableau suivant:

Détermination	Composantes de l'incertitude	Valeurs des bornes de la distribution (si connue)	Calcul de l'incertitude-type	Valeur de l'incertitude-type
Volume V (liquide)	Incertitude de l'étalonnage	0,02 mL	$u_B = \frac{0,02}{\sqrt{3}}$	$u_{\text{Bétalonnage}} = 0,01 \text{ mL}$
	Température	0,006 mL	$u_B = \frac{0,006}{\sqrt{3}}$	$u_{\text{Température}} = 0,003 \text{ mL}$
	Variation d'une mesure à l'autre	Non connue	$u_A = \dots\dots\dots$ valeur déterminé précédemment	$u_A = \dots\dots\dots$ mL

1.5.8. En déduire l'incertitude combinée sur le volume de la pipette.

On a:  $u_c = \sqrt{u_{\text{Bétalonnage}}^2 + u_{\text{Température}}^2 + u_A^2}$

1.5.9. Calculer l'incertitude élargie sur le volume de la pipette de 10 mL avec un niveau de confiance de 95%.

On a:  $U = k u_c$  avec  $k = 2$ .

## 2. Vérification du volume délivrée par une fiole:

### 2.1. Objectif:

Déterminer un écart-type de répétabilité et de reproductibilité.  
Calculer les incertitudes types, composé et élargie associées à la fiole.

### 2.2. Expérience:

2.2.1. A l'aide d'une fiole de 20 mL de classe A, prélever  $V = 20 \text{ mL}$  d'eau déminéralisée en respectant scrupuleusement le protocole suivant :

- a) Rincer la fiole jaugée avec de l'acétone plusieurs fois avant son utilisation. Il est absolument nécessaire d'utiliser une fiole jaugée bien propre et séchée grâce à l'acétone.
- b) Peser la fiole jaugée avec le bouchon. Noter la masse  $m_i$ .
- c) Remplir avec de l'eau déminéralisée la fiole jaugée. Ajuster le ménisque de liquide au trait de jauge supérieur en tenant la fiole jaugée verticalement. Eviter les erreurs de parallaxe en plaçant les yeux au niveau du trait de jauge.  
Essuyer avec du papier joseph, l'eau restant sur la paroi de la partie cylindrique au dessus du ménisque avant d'ajuster au trait de jauge.
- d) Pour éviter des pertes par évaporation, placer le bouchon sur la fiole jaugée et peser. Noter la masse  $m_f$ .
- e) Mesurer à l'aide du thermomètre la température de l'eau.  
Noter la température  $t$ .

Recommencer 5 fois l'ensemble de ces opérations (dans ce cas, les 5 opérations seront répétées par le même opérateur).

2.2.2. Reprendre le protocole du 2.2.1. mais cette fois-ci, réaliser 5 opérations effectuées par 5 opérateurs différents.

### 2.3.Observations:

#### 2.3.1.sur l'expérience 2.2.1.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)

#### 2.3.2.sur l'expérience 2.2.2.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)

### 2.4.Interprétation des mesures:

La masse volumique de l'eau (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) dépend de la température  $t$  (en °C) selon la relation suivante :  $\rho_{\text{eau}} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5$  avec:

$a_0$	999,83956390000000000000
$a_1$	-0,067978299989000000
$a_2$	-0,009106025564000000
$a_3$	0,000100527299900000
$a_4$	-0,000001126713526000
$a_5$	0,000000006591795606

#### 2.4.1.Sur l'expérience 2.2.1.:

a)A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ ( $\text{g.L}^{-1}$ )	$V$ (mL)

Préciser la formule permettant de calculer le volume  $V$  de la fiole.

$$V = \frac{m_F - m_i}{\rho_{\text{eau}}} \times 1000 \quad \text{où } V \text{ est exprimé en mL, } m_F \text{ et } m_i \text{ en g et } \rho_{\text{eau}} \text{ en } \text{g.L}^{-1}.$$

b)Calculer le volume moyen délivré par la fiole.

On calcule la moyenne des 5 valeurs précédentes.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

*On calcule « s » sur le TEXAS et  $\sigma_{n-1}$  sur les CASIO ou on utilise la fonction ECARTYPE du tableur.*

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*On a calculé cet écart-type dans des conditions de répétabilité.*

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

*L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{5}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:*

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{5}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{5}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{5}} \text{ avec } t=2,776.$$

#### 2.4.2. Sur l'expérience 2.2.2.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_t$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ (g.L <sup>-1</sup> )	V (mL)

b) Calculer le volume moyen délivré par la fiole.

*On calcule la moyenne des 5 valeurs précédentes.*

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

*On calcule « s » sur le TEXAS et  $\sigma_{n-1}$  sur les CASIO ou on utilise la fonction ECARTYPE du tableur.*

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*On a calculé cet écart-type dans des conditions de reproductibilité.*

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

*L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{5}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:*

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{5}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{5}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{5}} \text{ avec } t=2,776.$$

#### 2.5. Conclusion:

2.5.1. A l'aide de toutes les valeurs de la classe, calculer le volume moyen délivré par une fiole de 20 mL de classe A.

*On calcule la moyenne de toutes les valeurs des volumes relevés.*

2.5.2. En déduire l'écart-type estimé sur toutes les valeurs de la classe.

*Il faut prendre la fonction: ECARTYPE.*

2.5.3. Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*Il est calculé dans des conditions de reproductibilité.*

2.5.4. En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 % à partir de toutes les valeurs de la classe.

L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{n}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{n}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{n}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \text{ avec } t=2,776.$$

2.5.5. Compléter le tableau suivant et conclure.

Expérience	Volume moyen et intervalle de confiance	Condition de répétabilité ou de reproductibilité.
2.2.1.		
2.2.2.		
2.5.4.		

2.5.6. En vous inspirant de ce qui a été fait dans les points 1.5.6 à 1.5.9., compléter un tableau selon la trame suivante et vous permettant de calculer l'incertitude-type, combinée et élargie associées à une fiole jaugée de 20 mL de classe A.

Fiole de 20 mL de classe A				
composante de l'incertitude	Nature de la distribution	valeur des « bornes » de la distribution si connue	$u$	$u^2$
incertitude de l'étalonnage	rectangulaire	0,04 mL		
température	rectangulaire	0,048 mL		
variation d'une mesure (opérateur)	normale	inconnue		

  

$U_c$	$U$ à 95 % de niveau de confiance
-------	-----------------------------------

### 3. Vérification du volume délivrée par une burette:

#### 3.1. Objectif:

Déterminer un écart-type de répétabilité et de reproductibilité.

Calculer les incertitudes types, composé et élargie associées à la burette.

#### 3.2. Expérience:

3.2.1. A l'aide d'une burette de 25 mL de classe A, prélever  $V=5$  mL d'eau déminéralisée en respectant scrupuleusement le protocole suivant :

- a) Rincer la burette plusieurs fois avec de l'eau déminéralisée.
- b) Remplir la burette avec de l'eau déminéralisée.
- c) Délivrer un volume de 5 mL dans un bécher sec et propre (*vous prendrez les précautions énoncées précédemment*) que vous avez auparavant taré en ayant relevé la masse  $m_i$ .
- d) Peser la masse d'eau délivrée:  $m_B$ .
- e) Mesurer et noter la température  $t$  à l'aide d'un thermomètre.

Recommencer 5 fois l'ensemble de ces opérations (dans ce cas, les 5 opérations seront répétées par le même opérateur).

3.2.2. Reprendre le protocole du 2.2.1. mais cette fois-ci, réaliser 5 opérations effectuées par 5 opérateurs différents.



### 3.3.Observations:

#### 3.3.1.sur l'expérience 3.2.1.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)

#### 3.3.2.sur l'expérience 3.2.2.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)

### 3.4.Interprétation des mesures:

La masse volumique de l'eau (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) dépend de la température  $t$  (en °C) selon la relation suivante :  $\rho_{\text{eau}} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5$  avec:

$a_0$	999,8395639000000000000
$a_1$	-0,0679782999890000000
$a_2$	-0,0091060255640000000
$a_3$	0,0001005272999000000
$a_4$	-0,000001126713526000
$a_5$	0,000000006591795606

#### 3.4.1.Sur l'expérience 3.2.1.:

a)A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ ( $\text{g.L}^{-1}$ )	$V$ (mL)

Préciser la formule permettant de calculer le volume  $V$  de la burette.

$$V = \frac{m_B - m_t}{\rho_{\text{eau}}} \times 1000 \quad \text{où } V \text{ est exprimé en mL, } m_B \text{ et } m_t \text{ en g et } \rho_{\text{eau}} \text{ en } \text{g.L}^{-1}.$$

b)Calculer le volume moyen délivré par la burette.

On calcule la moyenne des 5 valeurs précédentes.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

*On calcule « s » sur le TEXAS et  $\sigma_{n-1}$  sur les CASIO ou on utilise la fonction ECARTYPE du tableur.*

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*On a calculé cet écart-type dans des conditions de répétabilité.*

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

*L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{5}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:*

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{5}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{5}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{5}} \text{ avec } t=2,776.$$

### 3.4.2. Sur l'expérience 2.2.2.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_t$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ (g.L <sup>-1</sup> )	V (mL)

b) Calculer le volume moyen délivré par la burette.

*On calcule la moyenne des 5 valeurs précédentes.*

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

*On calcule « s » sur le TEXAS et  $\sigma_{n-1}$  sur les CASIO ou on utilise la fonction ECARTYPE du tableur.*

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*On a calculé cet écart-type dans des conditions de reproductibilité.*

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

*L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{5}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:*

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{5}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{5}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{5}} \text{ avec } t=2,776.$$

### 3.5. Conclusion:

3.5.1. A l'aide de toutes les valeurs de la classe, calculer le volume moyen délivré par une burette de 25 mL de classe A.

*On calcule la moyenne de toutes les valeurs des volumes relevés.*

3.5.2. En déduire l'écart-type estimé sur toutes les valeurs de la classe.

*Il faut prendre la fonction: ECARTYPE.*

3.5.3. Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

*Il est calculé dans des conditions de reproductibilité.*

3.5.4. En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 % à partir de toutes les valeurs de la classe.

L'écart-type de la moyenne est égal à  $\frac{s}{\sqrt{n}}$  et l'intervalle de confiance est telle que:

$$\left[ V_{\text{moyen}} - \frac{ts}{\sqrt{n}}; V_{\text{moyen}} + \frac{ts}{\sqrt{n}} \right] \text{ ou } V = V_{\text{moyen}} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \text{ avec } t=2,776.$$

3.5.5. Compléter le tableau suivant et conclure.

Expérience	Volume moyen et intervalle de confiance	Condition de répétabilité ou de reproductibilité.
3.2.1.		
3.2.2.		
03/05/04		

3.5.6. En vous inspirant de ce qui a été fait dans les points 1.5.6 à 1.5.9., compléter un tableau selon la trame suivante et vous permettant de calculer l'incertitude-type, combinée et élargie associées à une burette de 25 mL de classe A.

burette de 25 mL de classe A				
composante de l'incertitude	Nature de la distribution	valeur des « bornes » de la distribution si connue	$u$	$u^2$
incertitude de l'étalonnage	rectangulaire			
température	rectangulaire			
variation d'une mesure (opérateur)	normale			
$u_c$		U à 95 % de niveau de confiance		

**TP: métrologie:  
vérification de la verrerie**

**1. Vérification du volume délivré par une pipette:**

1.1. Objectif:

Déterminer un écart-type de répétabilité et de reproductibilité.  
Calculer les incertitudes types, composées et élargies associées à la pipette.

1.2. Expérience:

1.2.1. A l'aide d'une pipette de 10 mL de classe AS, prélever  $V=10$  mL d'eau déminéralisée en respectant scrupuleusement le protocole suivant :

- a) Rincer la pipette plusieurs fois avant son utilisation avec de l'eau déminéralisée. Il est absolument nécessaire d'utiliser une pipette bien propre afin qu'elle « mouille » parfaitement, c'est à dire que du liquide ne reste pas accroché à la paroi.
- b) Effectuer la tare de la balance avec une verrerie appropriée (erlen ou fiole jaugée) et le bouchon qui recueillera le liquide mesuré. Noter la masse  $m_i$ .  
*Si nécessaire, nettoyer la verrerie au préalable en la rinçant à l'acétone.*
- c) A l'aide de la propipette, remplir la pipette par aspiration à quelques millimètres au dessus du trait de jauge avec de l'eau déminéralisée.
- d) Essuyer l'excès de liquide qui se trouve sur les parois extérieures de la pipette.
- e) Ajuster le ménisque de liquide au trait de jauge supérieur en tenant la pipette verticalement au dessus d'un « béccher poubelle ». Eviter les erreurs de parallaxe en plaçant les yeux au niveau du trait de jauge.
- f) Délivrer dans la verrerie précédente (erlen ou fiole jaugée) les 10,00 mL d'eau déminéralisée. Afin d'éviter que le liquide reste accroché aux parois de la pipette, il est nécessaire de réguler le débit, de telle façon que le volume soit délivré en une trentaine de secondes. L'ajustage au trait de jauge inférieur s'effectuera de la même façon que l'ajustage au trait de jauge supérieur.
- g) Pour éviter des pertes par évaporation, placer le bouchon sur l'erlen ou la fiole jaugée et peser. Noter la masse  $m_p$ .
- h) Mesurer à l'aide du thermomètre la température de l'eau. Noter la température  $t$ .

Recommencer 5 fois l'ensemble de ces opérations (dans ce cas, les 5 opérations seront répétées par le même opérateur).

1.2.2. Reprendre le protocole du 1.2.1. mais cette fois-ci, réaliser 5 opérations effectuées par 5 opérateurs différents.

1.3. Observations:

1.3.1. sur l'expérience 1.2.1.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)

1.3.2. sur l'expérience 1.2.2.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)

1.4. Interprétation des mesures:

La masse volumique de l'eau (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) dépend de la température  $t$  (en °C) selon la relation suivante :  $\rho_{\text{eau}} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5$  avec:

$a_0$	999,839563900000000000
$a_1$	-0,067978299989000000
$a_2$	-0,009106025564000000
$a_3$	0,000100527299900000
$a_4$	-0,000001126713526000
$a_5$	0,000000006591795606

1.4.1. Sur l'expérience 1.2.1.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ ( $\text{g.L}^{-1}$ )	V (mL)

Préciser la formule permettant de calculer le volume  $V$  de la pipette.

b) Calculer le volume moyen délivré par la pipette.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

1.4.2. Sur l'expérience 1.2.2.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_p$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{eau}$ ( $g.L^{-1}$ )	V (mL)

b) Calculer le volume moyen délivré par la pipette.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

1.5. Conclusion:

1.5.1. A l'aide de toutes les valeurs de la classe, calculer le volume moyen délivré par une pipette de 10 mL de classe AS.

1.5.2. En déduire l'écart-type estimé sur toutes les valeurs de la classe.

1.5.3. Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

1.5.4. En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 % à partir de toutes les valeurs de la classe.

1.5.5. Compléter le tableau suivant et conclure.

Expérience	Volume moyen et intervalle de confiance	Condition de répétabilité ou de reproductibilité.
1.2.1.		
1.2.2.		
1.5.4.		

1.5.6. A l'aide de l'extrait suivant du tableau fourni dans le cours: « Quantification de l'incertitude – Annexe G – sources d'incertitude », indiquer si les composantes de l'incertitude sont de type A ou de type B.

Détermination	Composantes de l'incertitude	Cause	Méthode de détermination	Bornes de la distribution	Distribution	Incertitude-type de type A ou B
Volume V (liquide)	Incertitude de l'étalonnage	Exactitude limitée dans l'étalonnage	Indiquée sur la spécification du fabricant, convertie en écart-type.	$\pm$ tolérance de l'instrument de mesure	rectangulaire	
	Température	La variation de la température par rapport à la température de l'étalonnage provoque une différence dans le volume à la température normalisée.	$\Delta T$ est la gamme des températures possibles (soit $\Delta T=6^\circ\text{C}$ si la température varie de $\pm 3^\circ\text{C}$ ) et $\alpha$ est le coefficient de dilatation du volume liquide ( $\alpha=2.10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ )	$\pm \frac{\Delta T \cdot \alpha}{2} \times V$	rectangulaire	
	Variation d'une mesure à l'autre	Du à l'opérateur....	Ecart-type des volumes délivrés successifs de contrôle (trouvés par pesée)	Non connues	normale	

1.5.7. Calculer l'incertitude-type associé à chaque composante de l'incertitude en complétant le tableau suivant:

Détermination	Composantes de l'incertitude	Valeurs des bornes de la distribution (si connue)	Calcul de l'incertitude-type	Valeur de l'incertitude-type
Volume V (liquide)	Incertitude de l'étalonnage	0,02 mL		
	Température	0,006 mL		
	Variation d'une mesure à l'autre	Non connue		

1.5.8. En déduire l'incertitude combinée sur le volume de la pipette.

1.5.9. Calculer l'incertitude élargie sur le volume de la pipette de 10 mL avec un niveau de confiance de 95%.

## **2. Vérification du volume délivrée par une fiole:**

### 2.1. Objectif:

Déterminer un écart-type de répétabilité et de reproductibilité.

Calculer les incertitudes types, composée et élargie associées à la fiole.

### 2.2. Expérience:

2.2.1. A l'aide d'une fiole de 20 mL de classe A, prélever  $V=20$  mL d'eau déminéralisée en respectant scrupuleusement le protocole suivant :

a) Rincer la fiole jaugée avec de l'acétone plusieurs fois avant son utilisation. Il est absolument nécessaire d'utiliser une fiole jaugée bien propre et séchée grâce à l'acétone.

b) Peser la fiole jaugée avec le bouchon. Noter la masse  $m_i$ .

c) Remplir avec de l'eau déminéralisée la fiole jaugée. Ajuster le ménisque de liquide au trait de jauge supérieur en tenant la fiole jaugée verticalement. Eviter les erreurs de parallaxe en plaçant les yeux au niveau du trait de jauge.

Essuyer avec du papier joseph, l'eau restant sur la paroi de la partie cylindrique au dessus du ménisque avant d'ajuster au trait de jauge.

d) Pour éviter des pertes par évaporation, placer le bouchon sur la fiole jaugée et peser. Noter la masse  $m_f$ .

e) Mesurer à l'aide du thermomètre la température de l'eau.

Noter la température  $t$ .

Recommencer 5 fois l'ensemble de ces opérations (dans ce cas, les 5 opérations seront répétées par le même opérateur).

2.2.2. Reprendre le protocole du 2.2.1. mais cette fois-ci, réaliser 5 opérations effectuées par 5 opérateurs différents.



### 2.3.Observations:

#### 2.3.1.sur l'expérience 2.2.1.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)

#### 2.3.2.sur l'expérience 2.2.2.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)

### 2.4.Interprétation des mesures:

La masse volumique de l'eau (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) dépend de la température  $t$  (en °C) selon la relation suivante :  $\rho_{\text{eau}} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5$  avec:

$a_0$	999,83956390000000000000
$a_1$	-0,067978299989000000
$a_2$	-0,009106025564000000
$a_3$	0,000100527299900000
$a_4$	-0,000001126713526000
$a_5$	0,000000006591795606

#### 2.4.1.Sur l'expérience 2.2.1.:

a)A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ ( $\text{g.L}^{-1}$ )	$V$ (mL)

Préciser la formule permettant de calculer le volume  $V$  de la fiole.

b) Calculer le volume moyen délivré par la fiole.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

2.4.2. Sur l'expérience 2.2.2.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_F$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{eau}$ (g.L <sup>-1</sup> )	V (mL)

b) Calculer le volume moyen délivré par la fiole.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

2.5. Conclusion:

2.5.1. A l'aide de toutes les valeurs de la classe, calculer le volume moyen délivré par une fiole de 20 mL de classe A.

2.5.2. En déduire l'écart-type estimé sur toutes les valeurs de la classe.

2.5.3. Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

2.5.4. En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 % à partir de toutes les valeurs de la classe.

2.5.5. Compléter le tableau suivant et conclure.

Expérience	Volume moyen et intervalle de confiance	Condition de répétabilité ou de reproductibilité.
2.2.1.		
2.2.2.		
2.5.4.		

2.5.6. En vous inspirant de ce qui a été fait dans les points 1.5.6 à 1.5.9., compléter un tableau selon la trame suivante et vous permettant de calculer l'incertitude-type, combinée et élargie associées à une fiole jaugée de 20 mL de classe A.

fiole de 20 mL de classe A				
composante de l'incertitude	Nature de la distribution	valeur des « bornes » de la distribution si connue	$u$	$u^2$
incertitude de l'étalonnage	rectangulaire	0,04 mL		
température	rectangulaire	0,048 mL		
variation d'une mesure (opérateur)	normale	inconnue		

  

$u_c$	$U$ à 95 % de niveau de confiance
-------	-----------------------------------

### **3. Vérification du volume délivrée par une burette:**

#### **3.1. Objectif:**

Déterminer un écart-type de répétabilité et de reproductibilité.

Calculer les incertitudes types, composé et élargie associées à la burette.

#### **3.2. Expérience:**

3.2.1. A l'aide d'une burette de 25 mL de classe A, prélever  $V=5$  mL d'eau déminéralisée en respectant scrupuleusement le protocole suivant :

- a) Rincer la burette plusieurs fois avec de l'eau déminéralisée.
- b) Remplir la burette avec de l'eau déminéralisée.
- c) Délivrer un volume de 5 mL dans un bécher sec et propre (*vous prendrez les précautions énoncées précédemment*) que vous avez auparavant taré en ayant relevé la masse  $m_i$ .
- d) Peser la masse d'eau délivrée:  $m_B$ .
- e) Mesurer et noter la température  $t$  à l'aide d'un thermomètre.

Recommencer 5 fois l'ensemble de ces opérations (dans ce cas, les 5 opérations seront répétées par le même opérateur).

3.2.2.Reprendre le protocole du 2.2.1. mais cette fois-ci, réaliser 5 opérations effectuées par 5 opérateurs différents.

3.3.Observations:

3.3.1.sur l'expérience 3.2.1.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)

3.3.2.sur l'expérience 3.2.2.:

Compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)

3.4.Interprétation des mesures:

La masse volumique de l'eau (en g.L<sup>-1</sup>) dépend de la température  $t$  (en °C) selon la relation suivante :  $\rho_{eau} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5$  avec:

$a_0$	999,83956390000000000000
$a_1$	-0,067978299989000000
$a_2$	-0,009106025564000000
$a_3$	0,000100527299900000
$a_4$	-0,000001126713526000
$a_5$	0,000000006591795606

3.4.1.Sur l'expérience 3.2.1.:

a)A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{eau}$ (g.L <sup>-1</sup> )	V (mL)

Préciser la formule permettant de calculer le volume  $V$  de la burette.

b) Calculer le volume moyen délivré par la burette.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

3.4.2. Sur l'expérience 2.2.2.:

a) A l'aide d'un tableur, compléter le tableau suivant:

$m_i$ (g)	$m_B$ (g)	$t$ (°C)	$\rho_{eau}$ ( $g.L^{-1}$ )	$V$ (mL)

b) Calculer le volume moyen délivré par la burette.

c) Calculer l'écart-type estimé sur les 5 mesures précédentes.

d) Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

e) En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 %.

3.5.Conclusion:

3.5.1.A l'aide de toutes les valeurs de la classe, calculer le volume moyen délivré par une burette de 25 mL de classe A.

3.5.2.En déduire l'écart-type estimé sur toutes les valeurs de la classe.

3.5.3.Nommer les conditions dans lesquelles cet écart-type a été calculé.

3.5.4.En déduire l'écart-type de la moyenne et l'intervalle de confiance associé à la moyenne du volume pour un niveau de confiance de 95 % à partir de toutes les valeurs de la classe.

3.5.5.Compléter le tableau suivant et conclure.

Expérience	Volume moyen et intervalle de confiance	Condition de répétabilité ou de reproductibilité.
3.2.1.		
3.2.2.		
3.5.4.		

3.5.6.En vous inspirant de ce qui a été fait dans les points 1.5.6 à 1.5.9., compléter un tableau selon la trame suivante et vous permettant de calculer l'incertitude-type, combinée et élargie associées à une burette de 25 mL de classe A.

burette de 25 mL de classe A				
composante de l'incertitude	Nature de la distribution	valeur des « bornes » de la distribution si connue	$u$	$u^2$
incertitude de l'étalonnage	rectangulaire			
température	rectangulaire			
variation d'une mesure (opérateur)	normale			
$u_c$		J à 95 % de niveau de confiance		

## Résultats obtenus par les élèves

$m_t$ (g)	$m_p$ (g)	t (°C)	$\rho_{\text{eau}}$ (g.L <sup>-1</sup> )	V (mL)
17,29	27,25	22	994,78	10,01
27,25	37,19	22	994,78	9,99
37,19	47,14	22	994,78	10
47,14	57,07	22	994,78	9,98
57,07	67,03	22	994,78	10,01
17,3	27,28	22	994,78	10,04
27,28	37,26	22	994,78	10,03
37,26	47,24	22	994,78	10,03
47,24	57,15	22	994,78	9,96
57,15	67,12	22	994,78	10,03
9,3944	19,3632	21	995,14	10,0175
19,3632	29,3222	21	995,14	10,0077
29,3222	39,2971	21	995,14	10,0237
39,2971	49,2584	21	995,14	10,0100
15,16	25,14	21	995,14	10,03
25,14	35,11	21	995,14	10,01
35,11	45,08	21	995,14	10,02
45,08	55,05	21	995,14	10,02
55,05	65,03	21	995,14	10,03

nombre de mesure	19
t	2,101
moyenne de V (mL)	10,01
Écart-t	0,02
Écart-t	0,005
intervalle de confiance (mL)	0,01

$$V=10,01\pm 0,01 \text{ mL}$$

### pour mesurer 5 mL

composante de l'incertitude	Nature de la distribution	valeur des « bornes » de la distribution si connue	$u$	$u^2$
incertitude de l'étalonnage	rectangulaire	0,03 mL	1,7E-02	3,0E-04
température	rectangulaire	0,003 mL	1,7E-03	3,0E-06
variation d'une mesure (opérateur)	normale	inconnue	9,9E+02	9,9E+05

$u_c$	% de niveau de confiance
	1989,6

5,0±0,1 mL

### pour mesurer 10 mL

composante de l'incertitude	Nature de la distribution	valeur des « bornes » de la distribution si connue	$u$	$u^2$
incertitude de l'étalonnage	rectangulaire	0,05 mL	2,9E-02	8,3E-04
température	rectangulaire	0,003 mL	1,7E-03	3,0E-06
variation d'une mesure (opérateur)	normale	inconnue	9,9E+02	9,9E+05

$u_c$	% de niveau de confiance
	1989,6

5,0±0,1 mL