

**TD 3 – Ajustements et comparaisons**

## I Modélisation de données expérimentales

On dispose de deux dipôles électriques qu'on veut étudier. Pour chaque dipôle, le protocole était le suivant :

- grâce à une alimentation stabilisée en intensité, on impose une certaine intensité du courant traversant le dipôle ;
- grâce à deux multimètres on mesure la tension aux bornes du dipôle et l'intensité du courant le traversant.

Les tableaux suivant donnent les relevés expérimentaux de valeurs de la tension  $U$  aux bornes des dipôles et de l'intensité de courant  $I$  les traversant.

		Dipôle 1									
$U$ (V)	0,937	1,875	2,809	3,745	4,682	5,618	6,679	7,633	8,582	9,536	
$10^3 \times I$ (A)	0,9098	1,8251	2,7346	3,6503	4,5544	5,4868	6,503	7,448	8,430	9,384	

		Dipôle 2									
$U$ (V)	1236,6	2469,3	3845,1	5123,7	6612,5	7712,3	9456,7	11128,8	12912,0	14684,7	
$10^3 \times I$ (A)	0,9098	1,8251	2,7346	3,6503	4,5544	5,4868	6,503	7,448	8,430	9,384	

Toutes les tensions ont été mesurées avec un multimètre dont la précision est 2 %.

On souhaite :

- déterminer si les comportements des dipôles peuvent raisonnablement être modélisés par celui d'un conducteur ohmique suivant la loi d'Ohm, c'est-à-dire suivant une loi de proportionnalité  $U = RI$  où  $R$  est appelé résistance du dipôle ;
- si oui, évaluer la résistance qu'on peut raisonnablement attribuer au dipôle, dans le cadre du modèle du conducteur ohmique.

### I.1 Comparaison graphique modèles-mesures

Pour chacun des deux dipôles, avec un tableur puis avec python :

1. Déterminer les incertitudes-types de type B sur chacune des valeurs  $U_i$ .
2. Tracer la courbe représentative de  $U = f(I)$  avec des barres d'incertitudes associées aux ordonnées de chacun des points.
3. — Avec un tableur : déterminer une première estimation du paramètre du modèle grâce à DROITEREG et ajouter sur le graphique une courbe de tendance de modèle linéaire (en forçant l'ordonnée à l'origine nulle et en n'oubliant pas d'afficher les résultats du modèle).
  - Comme python ne permet pas de détermination directe du paramètre d'un modèle linéaire, on pourra réutiliser la valeur issue de DROITEREG pour ajouter la courbe du modèle sur la courbe précédente.
4. On trace les courbes des résidus normalisés :
  - (a) Déterminer l'ensemble des valeurs des résidus normalisés relatifs au modèle.
  - (b) Tracer la courbe représentative des résidus normalisés en y ajoutant les barres d'incertitudes normalisées.
5. Conclure à la compatibilité entre le modèle et les mesures pour chacun des deux dipôles.

### I.2 Évaluations du paramètre du modèle

Si le dipôle est modélisable par un conducteur ohmique, on détermine ensuite une valeur mesurée de la résistance.

#### À la main

1. En supposant la loi d'Ohm vérifiée, proposer une estimation rapide « à la main » de la valeur de  $R$  en considérant qu'il s'agit du taux de variation de  $U = f(I)$  (ou de la pente de sa courbe représentative), en vous appuyant sur les deux valeurs extrêmes du tableau. « À la main » signifie sans calculatrice (conditions des écrits du concours).

**Méthode 1 du cours avec un tableur et python**

2. Déterminer l'incertitude-type  $u(\bar{R})$  sur la moyenne  $\bar{R}$  des valeurs  $R_i = \frac{U_i}{I_i}$ .
3. Déterminer la valeur moyenne  $\bar{R}$ .
4. Écrire le résultat du mesurage de la méthode 1.

**Méthode 2 du cours**

5. En réutilisant les résultats de DROITEREG, écrire le résultat du mesurage avec la méthode 2.

**Compatibilité des résultats**

On a mesuré deux valeurs de  $R$  par deux méthodes.

6. Ces deux valeurs sont-elles compatibles entre elles ?

## II Titrage acido-basique par dosage colorimétrique

On souhaite déterminer le degré d'acidité d'un vinaigre blanc commercial classique (solution  $S_0$ ) c'est-à-dire sa concentration en acide.

- On procède tout d'abord à une dilution au dixième du vinaigre blanc. On obtient la solution  $S_1$ .
    - Matériel : pipette jaugée de classe A de 10 mL, fiole jaugée de classe A de 100 mL.
  - Un prélèvement ( $S_2$ ) de 10 mL de la solution est ensuite dosé par une solution d'hydroxyde de sodium commerciale (solution  $B$ ) en présence de phénolphthaléine (indicateur coloré dont le virage de couleur indique l'équivalence).
    - Matériel : pipette jaugée de classe A de 10 mL, burette graduée de classe B de 25 mL.
    - Produit : solution commerciale d'hydroxyde de sodium dont l'emballage indique  $(0,10 \pm 0,01) \text{ mol L}^{-1}$ .
1. Quel est le mesurande ?
  2. Quelles sont les grandeurs d'influence (ou grandeurs d'entrée) ?
  3. Quelles sont les sources d'incertitudes de la mesure ?
  4. À votre avis quelle est la source d'incertitude la plus importante ?
  5. Réaliser une simulation de Monte-Carlo de l'incertitude-type de chaque grandeur d'influence.
  6. Réaliser une simulation de Monte-Carlo de l'incertitude-type composée sur le degré d'acidité du vinaigre.

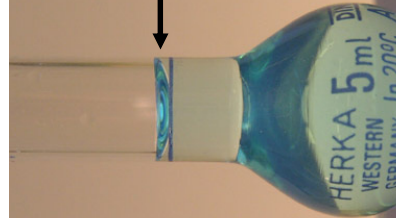
On donne aux pages suivantes des notices de verrerie de laboratoire.

## M 2

### AJUSTAGE ET PRECISION DE LA VERRERIE PRINCIPALE

#### ▶ AJUSTAGE DU VOLUME AU TRAIT DE JAUGE

La surface d'un liquide dans un récipient n'est pas plane, elle prend l'aspect d'un **ménisque concave** ainsi l'ajustage du volume dans les fioles et pipettes est fait comme le montre la figure.



#### CONSIGNES À RESPECTER POUR UN BON AJUSTAGE :

- Tenir la fiole ou la pipette bien verticalement
- placer les yeux face à la graduation pour éviter les erreurs de parallaxe
- faire coïncider le bas du ménisque avec le trait de jauge.

*Remarque : avec une solution fortement colorée ou opaque, le bas du ménisque n'est pas repérable. Effectuer alors l'ajustage sur le haut du ménisque.*

#### ▶ LA PRECISION

Le choix de la verrerie à utiliser dépend de la précision qu'impose la manipulation. Ainsi on distingue :

#### 1. La verrerie courante peu précise : **béchers, Erlenmeyers, éprouvettes.**

L'erreur sur le volume prélevé est de 1 à 5%.

Exemple : en mesurant 100 mL dans un bécher, l'erreur est donc de +/- 1 à 5 mL

#### 2. La verrerie de précision de classe A et classe B : **burettes et pipettes graduées.**

Avec ce type de verrerie, l'erreur sur le volume prélevé est inférieure à 1 %, la verrerie de classe A étant plus précise que la verrerie de classe B.

PIPETTES GRADUEES	Erreur sur le volume (mL)	
	Classe A	Classe B
Pipettes à un trait	+/- 0,006	+/- 0,010
	+/- 0,010	+/- 0,020
	+/- 0,030	+/- 0,050
	+/- 0,050	+/- 0,10
Pipettes à deux traits	+/- 0,006	+/- 0,010
	+/- 0,010	+/- 0,020
	+/- 0,030	+/- 0,050
	+/- 0,050	+/- 0,10

#### 3. La verrerie de haute précision des classes A et B : **pipettes et fioles jaugées.**

L'erreur sur le volume prélevé est inférieure à 0,5 %.

PIPETTES JAUGEES	Erreur sur le volume (mL)	
	Classe A	Classe B
1 mL	+/- 0,007	+/- 0,015
	+/- 0,010	+/- 0,020
	+/- 0,015	+/- 0,030
	+/- 0,020	+/- 0,040
	+/- 0,025	+/- 0,050
20 mL ou 25 mL	+/- 0,030	+/- 0,060
	+/- 0,050	+/- 0,10
	+/- 0,080	+/- 0,16

FIOLES JAUGEES	Erreur sur le volume (mL)	
	Classe A	Classe B
10 mL	+/- 0,025	+/- 0,050
	+/- 0,04	+/- 0,080
	+/- 0,06	+/- 0,120
20 ou 25 mL	+/- 0,10	+/- 0,20
	+/- 0,15	+/- 0,30
100 mL	+/- 0,25	+/- 0,50
	+/- 0,40	+/- 0,80

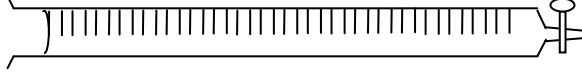
*Remarque : les pipettes graduées et jaugées de 1 et 2 mL ont quasiment la même précision.*

Utilisées pour effectuer des dosages volumétriques ou éventuellement pour la distribution d'un grand volume de réactif.

### ► Différentes burettes et précision

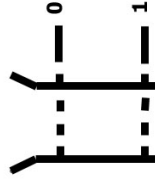
	Tolérances en mL pour le matériel de classe A
Macro-burettes	
50 mL	+/- 0,050
25 mL	+/- 0,030
Semi- microburettes	
10 mL	+/- 0,020
5 mL	+/- 0,015
2 mL	+/- 0,010
1 mL	+/- 0,007
Microburettes	Capillaires, seringues

La macroburette de 25 ml est la plus utilisée, elle délivre des gouttes de 0,05 ml.

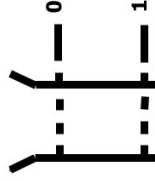


### ► Ajustage au zéro et lecture du volume versé

Si solution incolore :



Si solution très colorée :



De nombreuses burettes sont équipées d'une bande photophore (trait bleu vertical) facilitant l'ajustage et la lecture des volumes. Au niveau du ménisque la bande devient plus étroite et semble former deux flèches se touchant par leurs pointes; c'est au niveau de ce point de contact que s'effectuent l'ajustage et la lecture des volumes.

### ► Protocole d'utilisation

#### Consignes de sécurité :

- Porter toujours des lunettes de protection pour éviter les projections de liquide dans les yeux.
- Porter des gants uniquement lorsque la manipulation de la solution présente des risques chimiques ou biologiques.

#### 1- Remplissage de la burette avec la solution :

- Rejeter l'eau distillée qu'elle contient dans une poubelle.
- Rincer plusieurs fois à l'eau distillée en utilisant une pissette et une fois avec un peu de solution de remplissage (pour éviter le gaspillage, faire couler un mince filet de solution contre la paroi en tournant la burette sur son support).
- Remplir la burette jusqu'à environ 5 mm au-dessus de la graduation zéro. (Procéder de manière à éviter les bulles d'air).
- Essuyer la pointe de la burette avec du papier filtre et si nécessaire toute la hauteur du tube.
- Ajuster le volume au niveau de la graduation zéro et essuyer l'intérieur du col de la burette avec du papier filtre.

#### 2- Réalisation du dosage :

- Engager la pointe de la burette dans le vase à réaction et prendre en main le robinet. Pour un technicien droitier, le robinet est placé à droite et tenu avec la main gauche qui entoure le bas de la burette. La main droite tient et agite le récipient. Pour un technicien gaucher, c'est l'inverse.
- Ouvrir le robinet entièrement pour délivrer la solution et au voisinage du point final, fermer partiellement le robinet pour obtenir un débit au goutte-à-goutte.
- Tout au long du dosage, agiter le récipient par rotation.

#### 3- Remise en place :

- Vider complètement la solution restant dans la burette (dans une poubelle ou dans le flacon d'origine pour les réactifs onéreux).
- Rincer plusieurs fois à l'eau distillée.
- Ranger la burette toujours pleine d'eau distillée.