AE : DOSAGE pH METRIQUE : DESTOP – LE BON TUYAU

Destop® est sans doute le déboucheur de canalisations le plus connu du marché. Le petit bidon au packaging très évocateur est plein de promesses : il peut effectivement venir à bout des cochonneries les plus coriaces venues se loger dans les canalisations. Rapide et efficace certes, mais à quel prix ? Irritant, toxique et pouvant provoquer des brûlures, Destop®, comme tous les déboucheurs chimiques, représente un danger pour la santé et constitue une véritable plaie pour l'environnement, comme en atteste la fiche de données de sécurité éditée par son fabriquant.

L'étiquette d'un flacon de 1L de Destop®indique :

- 10% en masse d'hydroxyde de sodium
- densité : 1,112

Problème posé : La valeur de la teneur en soude (hydroxyde de sodium) du Destop® à disposition est-elle en accord avec les indications de l'étiquette ?

La solution commerciale de Destop (de concentration notée C_0) étant trop concentrée, elle a été diluée 20 fois en utilisant une pipette de 50,0 mL et une fiole de 1,0 L. La solution fille obtenue a une concentration notée C_B. On se propose de doser un volume V_B=10,0mL de cette solution diluée par deux méthodes. La solution titrante est une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration C_A= 0,100mol.L^{-1}. On note V_A le volume d'acide chlorhydrique versé à la burette.

***Document 1* : Les couples mis en jeu.**

Le Destop est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de formule (Na^+ + HO^-). L'ion hydroxyde HO^- appartient au couple acide/base H_2O / HO^-

L'acide chlorhydrique est une solution aqueuse de formule (H_3O^+ + Cl^-). L'ion oxonium H_3O^+ appartient au couple acide/base H_3O^+ / H_2O

***Document 2* : Détermination de l'équivalence d'un titrage**

- A l'équivalence, les réactifs titré et titrant sont introduits dans les proportions stœchiométriques.
- Pour déterminer précisément le volume versé à l'équivalence de solution titrante (volume noté V_E), il existe différents types de titrage :

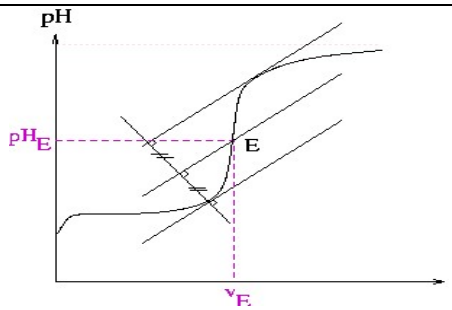
Un titrage colorimétrique, réalisé avec un indicateur coloré éventuellement, qui permet de repérer le volume de solution titrante versé à l'équivalence V_E par un changement de couleur du milieu réactionnel. Choix de l'indicateur coloré : **sa zone de virage doit contenir le pH à l'équivalence (pH_E)**.

Un titrage pH-métrique où l'on mesure le *pH* du milieu réactionnel pour différents volumes $V_{titrant}$ de solution titrante versée. On trace alors la courbe $pH=f(V_{titrant})$. La méthode des tangentes ou la méthode de la dérivée permet ensuite de déterminer précisément le volume versé à l'équivalence (voir docs 3 et 4).

Remarque : L'allure de la courbe de pH diffère d'un titrage à l'autre mais présente toujours un saut de pH, c'est-à-dire une brusque variation de pH.

***Document 3* : méthode des tangentes.**

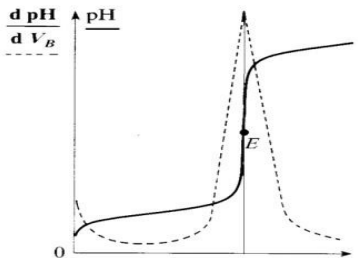
- Tracer deux tangentes à la courbe de titrage **parallèles** et situées de part et d'autre du saut de pH.
- Tracer une droite parallèle à ces deux tangentes et située à égale distance.
- Le point d'équivalence est le point d'intersection de la courbe de titrage avec cette droite.



***Document 4* : méthode de la dérivée.**

- Tracer la courbe dérivée $\frac{d\,pH}{d\,V_{titrant}} = f(V_{titrant})$

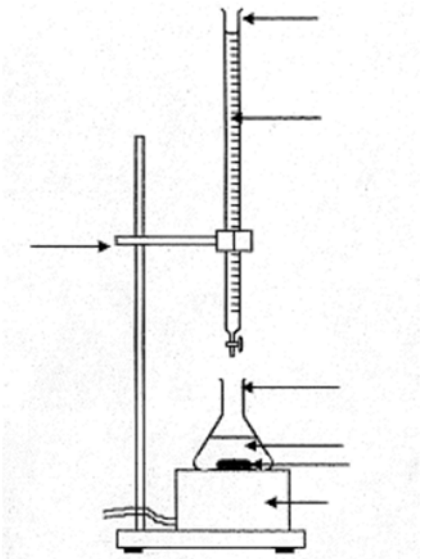
- L'abscisse de l'extrémum (« pic ») de cette courbe donne V_E.



I. Dosage colorimétrique

L'indicateur coloré utilisé dans ce dosage est le bleu de bromothymol (BBT).

- Légender et réaliser le montage du dosage représenté ci-dessous. Pour cela :
  - rincer à l'eau puis avec la solution titrante la burette avant de la remplir ;
  - vérifier l'ajustement à la graduation zéro et l'absence de bulle d'air au niveau du robinet pour la burette ;
  - prélever la solution à titrer avec une pipette jaugée puis la verser dans l'erlenmeyer ;
  - ajouter 2 gouttes de BBT ;
  - mettre sous agitation le milieu réactionnel.



Appeler le professeur pour vérification.

- Réaliser un dosage rapide afin de déterminer le volume approximatif versé à l'équivalence. Pour cela verser la solution d'acide chlorhydrique mL par mL et noter le volume versé à l'équivalence.

- En fonction du temps, réaliser un deuxième dosage colorimétrique plus précis. Pour cela à l'approche du volume trouvé pour V_E, verser la solution titrante goutte à goutte et repérer le changement de couleur à la goutte près. Noter le volume V_E trouvé .

II. Dosage pH-métrique

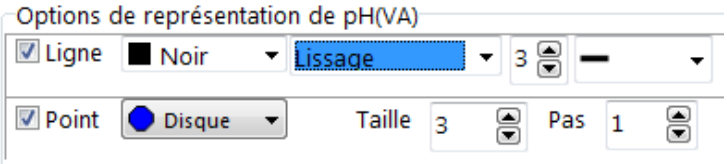
- Que faut-il modifier sur le montage précédent pour réaliser un titrage pH-métrique ?

Après vérification par le professeur, mettre en place le montage puis le faire valider.

Remarque :si la sonde de pH ne trempe pas entièrement dans la solution il faut rajouter un peu d'eau distillée.

- Réaliser le titrage. Pour cela, bien lire l'intégralité des consignes qui suivent avant de commencer.
  - Créer dans REGRESSI deux grandeurs : V_A (en mL) et *pH* en précisant les valeurs minimales et maximales (de 0 à 25 mL pour V_A et de 0 à 14 pour *pH*)
  - Pour visualiser la courbe se tracer en même temps que la saisie des valeurs de volume, cliquer sur fenêtre / mosaïque verticale.
  - Cliquer sur coordonnées dans la fenêtre graphe

  - Et cocher ligne avec lissage 3 et choisir des points en disque taille 3



  - Relever les valeurs de *pH* pour chaque volume de solution titrante versée et compléter en parallèle le tableau REGRESSi

- Verser mL par mL la solution titrante au début MAIS autour de l'équivalence (se servir de la valeur approximative trouvée dans la partie I), comme le *pH* varie de façon importante, verser 0,5 mL par 0,5 mL, voire 0,2 mL par 0,2 mL.
- Continuer à verser tous les mL la solution titrante jusqu'à 25 mL.

- La courbe *pH = f(V_A) est tracée*.
- Déterminer le volume V_E de solution titrante versée à l'équivalence. Utiliser les deux méthodes suivantes.

1ère méthode : méthode des tangentes (document 3).
Voir fiche utilisation Regressi

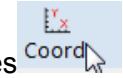
- Utiliser l'outils « tangente» et « méthode des tangentes déplaçables »
- relever puis noter
  le volume de solution titrante versée à l'équivalence :
  V_E = …….
  le pH à l'équivalence : pH_E = ……..

Appeler le professeur pour lui monter votre construction et vos résultats.

- Justifier le choix du BBT comme indicateur coloré lors du titrage colorimétrique.

indicateur	teinteacide	pHde la zonedevirage	teintebasique
hélianthine	rouge	3,1-4,4	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	6,0-7,6	bleu
phénolphtaléine	incolore	8,2-10,0	rosefoncé

2ème méthode : méthode de la courbe dérivée (document 4)
Voir fiche utilisation Regressi

- La grandeur dérivée « derpH » est créée, pour l'afficher sur le graphe aller dans coordonnées 

et cliquer sur ajouter courbe (1).
- Dans l'onglet derpH,(2) régler les options de représentation en lissage pour plus de visibilité.
- A l'aide de l'outil réticule, déterminer le volume de solution titrante versée à l'équivalence : V_E = .

III. Exploitation du titrage (travail préliminaire 1) 2) et 3))

1) Rappeler l'équation de la réaction de titrage. Préciser le réactif titré et le réactif titrant.
2) Déterminer :
   - L'expression de C_B (concentration en soude du Destop dilué) en fonction de C_A (concentration de la solution titrante), V_B (volume de solution titrée) et V_E (volume de solution titrante versée à l'équivalence).
   - L'expression de C_0 (concentration en soude du Destop commercial en mol/L) en fonction de C_A, V_B et V_E.
   - L'expression de *t* (concentration en soude du Destop en g/L) en fonction de C_A, V_B, V_E et *M* (la masse molaire de la soude).
3) A partir des indications fournies sur l'étiquette, déterminer la valeur attendue pour la concentration en masse de soude pour le Destop. Cette concentration sera notée $t_{attendue}$.
4) Comparer les deux valeurs trouvées pour *t* : la valeur expérimentale (question 2) et la valeur attendue (question 3).

IV. Analyse des résultats

1) Lors du titrage pH-métrique, identifier les sources d'erreurs associées à la mesure de chaque grandeur physique mesurée.
   a- pour la préparation de la solution diluée 20 fois ;
   b- pour la préparation et la réalisation du dosage ;
   c- pour le repérage du volume équivalent.

Pour évaluer l'incertitude associée à la détermination expérimentale de la concentration en masse en soude du Destop commercial, il faut procéder en 2 étapes :
- connaître l'incertitude-type sur chacune des grandeurs physiques mise en jeu ;

- utiliser la loi de composition des incertitudes sous forme d'une relation à l'aide du logiciel GUM_MC_2020.

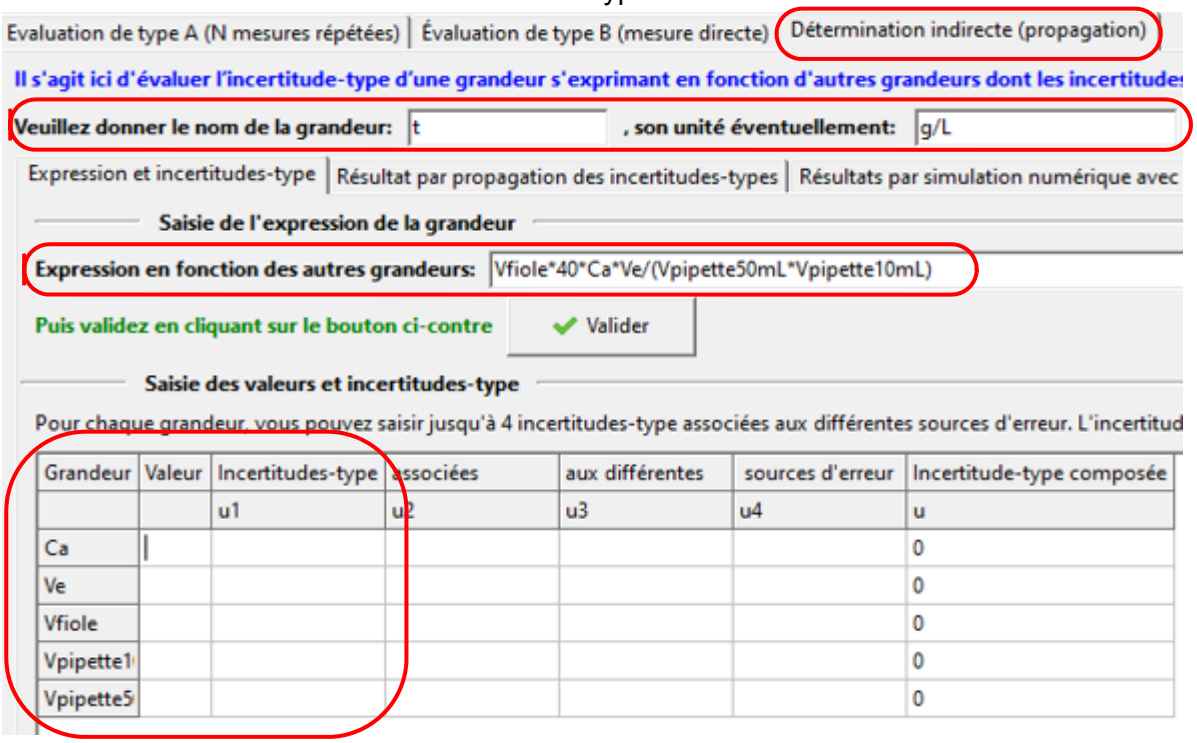
Evaluation de l'incertitude-type (type B)

A chacune des sources d'erreurs évoquées au-dessus, il faut calculer l'incertitude-type associée. Calculer la valeur de chaque incertitude type (valeur arrondie à l'excès avec 1 CS) à partir des tolérances des verreries.

- tolérance (±0,05 mL) de la pipette jaugée de 50, 0 mL : u_1 = tolérance/√3 = ……..….
- tolérance (±0,6 mL) de la fiole jaugée de 1,0 L : u_2 = tolérance/√3 = ……..….
- tolérance (±0,05 mL) de la pipette jaugée de 10,0 mL : u_3 = tolérance/√3 = ……..….
- concentration de la solution d'acide utilisée (estimation) : u_5 = 0,001 mol.L^{-1}
- lecture du volume équivalent $u(V_E)$, sur la courbe $pH=f(V_A)$: l'incertitude type correspond à la demi-largeur à mi-hauteur du pic de la courbe dérivée : u_6 = ……..……

Utilisation du logiciel GUM pour évaluer l'incertitude sur la concentration en masse t (ou Cm)

- Ouvrir le logiciel GUM_MC_2020 et sélectionner « terminale ».
- Cliquer sur « détermination indirecte (propagation) ».
- Saisir la notation et l'unité de la grandeur étudiée.
- Saisir l'expression de la grandeur étudiée en fonction des autres grandeurs puis valider.
  On admettra l'expression suivante : $t = \frac{V_{fiole} \times M_{soude} \times C_A \times V_E}{V_{pipette50mL} \times V_{pipette10mL}}$
  Attention : dans l'expression, noter directement la valeur de la masse molaire (M_{soude} = 40,0 g/mol).
- Saisir les valeurs et les incertitudes types des différentes grandeurs intervenant dans l'expression de *t*. Noter les valeurs des volumes et des incertitudes types en mL.



- Valider en cliquant sur le bouton associé.

2) Recopier la phrase « la valeur expérimentale … » et écrire le résultat de la mesure sous la forme $t = t_{exp} \pm u(t)$.
3) A partir du diagramme donnant le poids relatif de chaque source d'incertitude, déterminer la source d'erreur prépondérante lors de ce titrage.
4) Evaluer la validité de votre résultat avec le logiciel Gum, avec l'onglet "comparaison à une valeur de référence". Expliquer.