

Dosage de l'acide citrique dans une limonade

Une limonade est toujours légèrement acidulée. Cela est dû en particulier à la présence d'acide citrique. On souhaite vérifier la teneur en acide citrique d'une limonade. Celle affichée par le fabricant est de $1,82 \text{ g.L}^{-1}$ à $\pm 5\%$ près.

On impose, pour le dosage, une prise de 50,00 mL de limonade dé-gazéifiée.

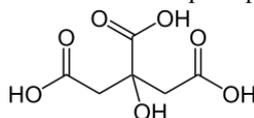
Après avoir lu les documents joints, élaborer un protocole afin de répondre au problème.

Après validation de votre protocole par le professeur, réaliser le titrage de la limonade.

Il est demandé de rédiger un compte-rendu par binôme qui doit être complet pour se suffire à lui-même : objectifs, description et rôle des différentes étapes, résultats, précisions, traitement des données, conclusion et toute autre information que vous jugerez utile. On précisera notamment la verrerie utilisée et l'équation de la réaction de titrage. On indiquera également la nécessité de dégazéifier la limonade (cela a été fait à l'avance par le laboratoire).

Document 1 : l'acide citrique

L'acide citrique est un acidifiant désigné dans le code alimentaire européen par E330. C'est un triacide de formule



Les pK_A associés à ce triacide qu'on pourra noter AH_3 sont les suivants : $pK_{A1} = 3,1$; $pK_{A2} = 4,8$ et $pK_{A3} = 6,4$
La masse molaire de ce triacide vaut $M = 192 \text{ g.mol}^{-1}$.

Document 2 : matériel à disposition

- pHmètre et son matériel complet (sonde, solutions tampon pour l'étalonnage etc.)
- verrerie pour prélever des volumes et faire une dilution. Les précisions et tolérances sont indiquées sur la verrerie. La pipette jaugée de 50 mL a une tolérance de 0,05 mL (pipettes jaugées de 10 et 50 mL, fiole jaugée de 100 mL, 2 béchers de 100 mL, un bécher poubelle, un bécher de 250 mL)
- limonade dé-gazéifiée (150 mL par binôme)
- solution aqueuse de soude de concentration $c = 1,00 \pm 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Indicateurs colorés
- Ordinateur avec régressi

Document 3 : zones de virage des indicateurs colorés à disposition

Indicateurs	pK_A	Zone de virage	Couleur
Bleu de thymol	2,0	1,2 à 2,8 8,0 à 9,6	Rouge → jaune Jaune → bleu
<i>Hélianthine</i>	3,75	3,2 à 4,4	Rouge → jaune
Vert de bromocrésol		3,8 à 5,4	Jaune → bleu
Rouge d'alizarine		4,6 à 6,0	Jaune → rouge
Rouge de méthyle	5,2	4,8 à 6,0	Rouge → jaune
<i>Bleu de bromothymol</i>	6,8	6,0 à 7,6	Jaune → bleu
Rouge neutre		6,8 à 8,0	Rouge → jaune-brun
Rouge de crésol	8,0	7,2 à 8,8	Jaune → rouge
Bleu de thymol	2,0	1,2 à 2,8 8,0 à 9,6	Rouge → jaune Jaune → bleu
Thymolphtaléine	9,85	9,4 à 10,6	Incolore → bleu
Jaune d'alizarine	11,0	10,1 à 12,0	Jaune → rouge (violet)
2,4,6-trinitrotoluène		11,5 à 13	Incolore → orange
Jaune de thiazole		12,2 à 13,2	Jaune → ambre

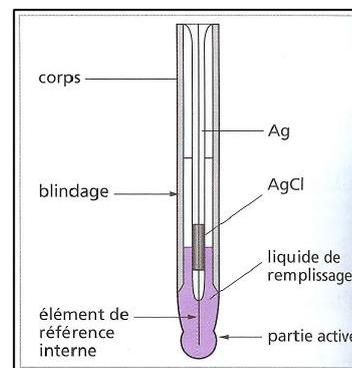
Document 4 : sonde pHmétrique

Le pHmètre est l'appareil qui donne la valeur du pH d'une solution. Pour cela il mesure la différence de potentiel entre deux électrodes : **une électrode de verre et une électrode de référence**. Le principe de fonctionnement de l'électrode de verre est qu'elle possède une membrane de verre très fine (et donc **fragile** !) qui, lorsqu'elle sépare deux solutions de pH différents développe une différence de potentiel entre ses parois proportionnelle à la différence de pH. On la remplit avec une solution de pH donné (pH=7). Il faut veiller à ce que l'électrode soit toujours hydratée (**ne pas la laisser à l'air libre** !). (Pour le principe de l'électrode de référence, voir le chapitre sur l'oxydo-réduction.).

Il existe des **électrodes combinées** où les deux (verre et référence) sont dans le même manchon. Il n'y a alors qu'un seul branchement à faire.

Dans tous les cas, il faut **étalonner le pHmètre** : Il existe une fonction $\text{pH} = a \cdot \Delta V + b$. Le pHmètre mesure ΔV ; pour afficher le pH on doit lui indiquer les valeurs de a et b (2 inconnues). Pour cela on doit donc utiliser deux solutions de pH connu (tampons). Voir la notice apposée sur les appareils

La sonde doit être rincée et essuyée délicatement au papier joseph lorsqu'on change de solution.



Document 5 : rappels sur les formules d'incertitudes

On utilisera en permanence un degré de confiance de 95% (celui également fourni dans les données précédentes)

Matériel gradué

On détermine dans un premier temps la résolution δ de l'appareil (plus petite graduation).

Le meilleur estimateur de l'incertitude type est alors (l'écart-type correspondant à la loi de probabilité rectangulaire de largeur δ) : $u(X) = \frac{\delta}{\sqrt{12}} = \frac{\delta}{2\sqrt{3}}$

L'incertitude élargie vaut alors : $U_{95\%}(X) = 2 \times u(X) = \frac{\delta}{\sqrt{3}}$

Le résultat se met sous la forme $X = x \pm U_{95\%}(X) = x \pm \frac{\delta}{\sqrt{3}}$

Affichage sans notice de l'appareil

On a les mêmes résultats que précédemment en prenant pour résolution la puissance de 10 du dernier chiffre (à droite) affichée.

Verrerie jaugée

Sur ce matériel, la **classe** ou **tolérance a** est toujours indiquée (notée sur les instruments de mesure sous la forme $\pm a$).

Le meilleur estimateur de l'incertitude type est alors (l'écart-type correspondant à la loi de probabilité rectangulaire de largeur $2a$) : $u(X) = \frac{2a}{\sqrt{12}} = \frac{a}{\sqrt{3}}$

L'incertitude élargie vaut alors : $U_{95\%}(X) = 2 \times u(X) = 2 \frac{a}{\sqrt{3}}$

Le résultat se met sous la forme $X = x \pm U_{95\%}(X) = x \pm 2 \frac{a}{\sqrt{3}}$

Lecture d'une burette (à savoir !)

Il faut tenir compte de la tolérance de la burette et des deux lectures (le 0 et le volume V lu)

$$u(V) = \sqrt{2u_{\text{mesure}}^2(V) + u_{\text{tolérance}}^2(V)}$$

Formules de propagation des incertitudes

Lorsqu'une grandeur est déterminée par un calcul faisant intervenir plusieurs grandeurs mesurées dont les erreurs sont indépendantes alors on peut déterminer l'incertitude-type sur cette grandeur par une formule de propagation des incertitudes. Le meilleur estimateur de l'incertitude type est alors fourni par les équations suivantes :

Relation entre Y et les X_i	Formule de propagation
$Y = \alpha X$ où α est une constante	$u(Y) = \alpha u(X)$
$Y = \alpha X_1 \pm \beta X_2$	$u(Y) = \sqrt{\alpha^2 u^2(X_1) + \beta^2 u^2(X_2)}$ On obtiendra une formule similaire avec n termes
Si $Y = X_1 X_2$ ou $Y = \frac{X_1}{X_2}$	$\frac{u(Y)}{Y} = \sqrt{\left(\frac{u(X_1)}{X_1}\right)^2 + \left(\frac{u(X_2)}{X_2}\right)^2}$ Incertitude relative = racine de la somme des carrés des incertitudes relatives On obtient une formule similaire avec n termes

L'incertitude élargie vaut alors $U_{95\%}(Y) = 2 \times u(Y)$

Le résultat se met sous la forme $Y = Y_{\text{calc}} \pm U_{95\%}(Y)$