

DEVOIR SURVEILLE N°2
PHYSIQUE-CHIMIE
Terminale Générale Scientifique
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h30

L'usage d'une calculatrice EST autorisé
Le sujet doit être rendu avec la copie

EXERCICE 1 commun à tous les candidats (10 points)

EXERCICE 1 - L'ACIDE FORMIQUE

L'acide formique est l'une des rares espèces chimiques dont le nom d'usage dérive d'une espèce animale, cet acide étant sécrété par les fourmis pour se défendre des agresseurs. De nos jours, il est synthétisé industriellement et participe à de nombreux usages.



Cet exercice est composé de 3 parties indépendantes

Partie A : Un remède contre les piqûres de fourmi.

Partie B : Dosage d'un produit commercial à base d'acide formique.

Partie C : Synthèse d'un dérivé de l'acide formique utilisé dans l'industrie alimentaire.

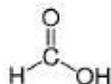
Partie A - Un remède contre les piqûres de fourmis

Certaines espèces de fourmis peuvent mordre ou piquer l'épiderme et injecter leur venin qui est une solution aqueuse contenant de l'acide formique. Les piqûres de fourmis entraînent des rougeurs et des démangeaisons et peuvent également provoquer des allergies plus graves.

Afin de calmer les démangeaisons, un remède traditionnel consiste à frotter la partie irritée avec du carbonate de sodium, solide ionique de formule Na_2CO_3 , pour neutraliser l'acide formique.

Données :

➤ Formule semi-développée de l'acide formique :



➤ Couples acide/base :

Ion hydrogénocarbonate / ion carbonate $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$

Acide formique / ion formiate $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$

Préfixes utilisés pour la nomenclature :

Nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5
Préfixe	méth-	éth-	prop-	but-	pent-

1. Recopier la formule semi-développée de l'acide formique et entourer le groupe caractéristique justifiant le terme acide dans le nom de cette espèce chimique.
2. Justifier que l'acide formique se nomme acide méthanoïque dans la nomenclature officielle.
3. Écrire l'équation de dissolution du carbonate de sodium dans l'eau.
4. Écrire une équation de réaction qui met en évidence le rôle de l'ion carbonate lors de l'utilisation de ce remède. Préciser ce rôle.

Partie B – Dosage d'un produit commercial contenant de l'acide formique

On se propose de vérifier la qualité d'une solution aqueuse commerciale S_0 , contenant de l'acide formique, préconisée dans la lutte contre le varroa qui est un parasite tenu pour responsable de l'affaiblissement des colonies d'abeilles.

L'étiquette du flacon de la solution commerciale porte l'indication « 65 % », qui est la valeur du pourcentage en masse d'acide formique contenu dans la solution commerciale.

On souhaite vérifier cette valeur en réalisant un titrage par suivi pH-métrique.

Données :

- Pictogramme visible sur le flacon d'acide formique :
- Densité de la solution S_0 d'acide formique : $d = 1,15$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$
- Masse molaire moléculaire de l'acide formique : $M = 46,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Couples acide / base :
HCOOH / HCOO⁻
H₂O / HO⁻



Corrosif

Concentration de la solution commerciale

5. Montrer que, si l'indication « 65 % » portée sur l'étiquette est exacte, la concentration en acide formique de la solution commerciale a pour valeur $C_0 = 16,3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
6. Citer deux règles de sécurité à respecter lors de l'utilisation de cette solution commerciale.

Préparation de la solution à doser

Pour effectuer le titrage, on dispose d'une solution aqueuse titrante d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $C_B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

7. Écrire la réaction support du dosage.
8. Définir l'équivalence et en déduire le volume V_{B0eq} de solution d'hydroxyde de sodium qu'il faudrait verser à l'équivalence pour doser un volume $V_A = 10 \text{ mL}$ de solution commerciale S_0 . Commenter la valeur de V_{B0eq} .
9. Montrer qu'une dilution au 100^{ème} de la solution S_0 permet de réaliser le dosage de $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de cette solution diluée notée S_1 , avec un volume à l'équivalence V_{B1eq} compris entre 15 mL et 20 mL.

Mise en œuvre du titrage pH-métrique d'une solution diluée S_1 de S_0 .

On dose $V_A = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution diluée S_1 de concentration $C_1 = C_0/100$, où C_0 est la concentration de la solution S_0 , à l'aide de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium précédente.

On obtient une courbe $\text{pH} = f(V_B)$ en **annexe page 15/15 à rendre avec la copie**, où V_B est le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versée.

10. Faire un schéma annoté du dispositif utilisé pour réaliser ce titrage.

11. À l'aide de la courbe $\text{pH} = f(V_B)$, déterminer si la solution d'acide formique S_0 est bien une solution à 65 %. Commenter l'écart éventuel avec cette valeur.

Partie C - Synthèse d'un dérivé de l'acide formique utilisé dans l'industrie alimentaire : le formiate d'éthyle

Le formiate d'éthyle est un ester éthylique dérivé de l'acide formique. Il est utilisé comme colorant alimentaire. Sa formule brute est $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.

Sa synthèse est mise en oeuvre selon le schéma suivant :



Dans cette **partie C**, on analyse un protocole expérimental afin de déterminer le rendement et la pureté du produit obtenu.

Données :

Espèce chimique	Masse molaire (g·mol ⁻¹)	Masse volumique (g·mL ⁻¹)	Température d'ébullition (°C)	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'éthanol
Acide formique	46	1,22	100,7	Grande	Faible
Éthanol	46	0,81	78,0	Grande	***
Formiate d'éthyle	74	0,92	54,5	Faible	Faible
Eau	18	1,00	100,0	***	Grande

Réalisation de la synthèse

Protocole :

- Placer dans un ballon, sous agitation, 20 mL d'acide formique et 20 mL d'éthanol.
- Ajouter goutte à goutte 2 mL d'acide sulfurique concentré qui joue le rôle de catalyseur.
- Réaliser le montage de la figure 1 ci-dessous puis chauffer le mélange à ébullition douce.

Observation :

Quand les premières gouttes de distillat tombent dans l'erlenmeyer, la température θ en tête de colonne a pour valeur : $\theta = 55 \text{ }^\circ\text{C}$.

Le spectre IR du distillat est donné ci-dessous (figure 2).

21. À partir de l'analyse du spectre, dire si l'hypothèse émise à la question 20 est confirmée ou infirmée et préciser si la valeur du rendement obtenue à la question 18 doit être revue.

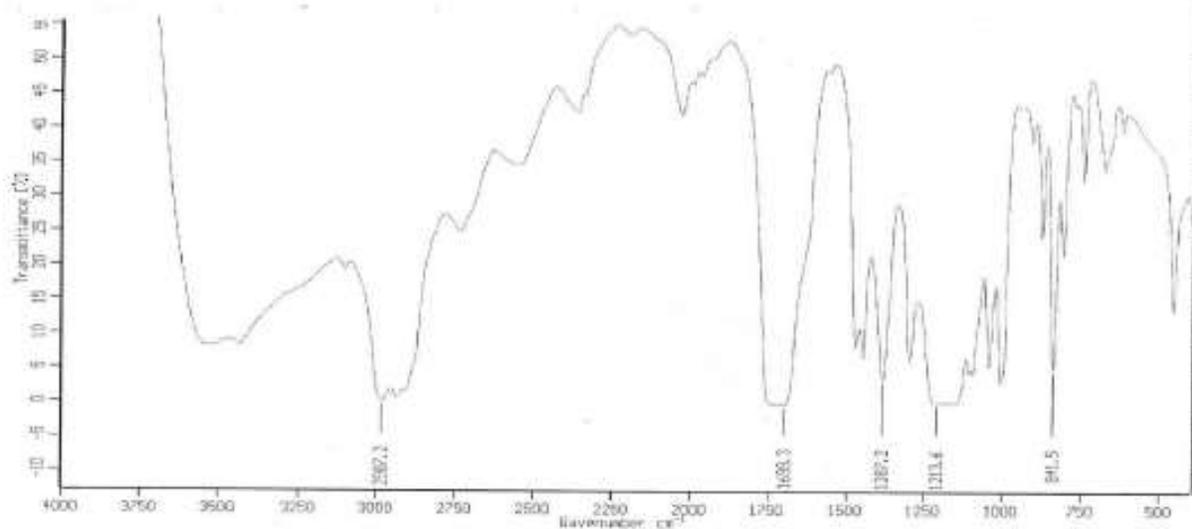


Figure 2. Spectre infrarouge du produit obtenu (distillat)

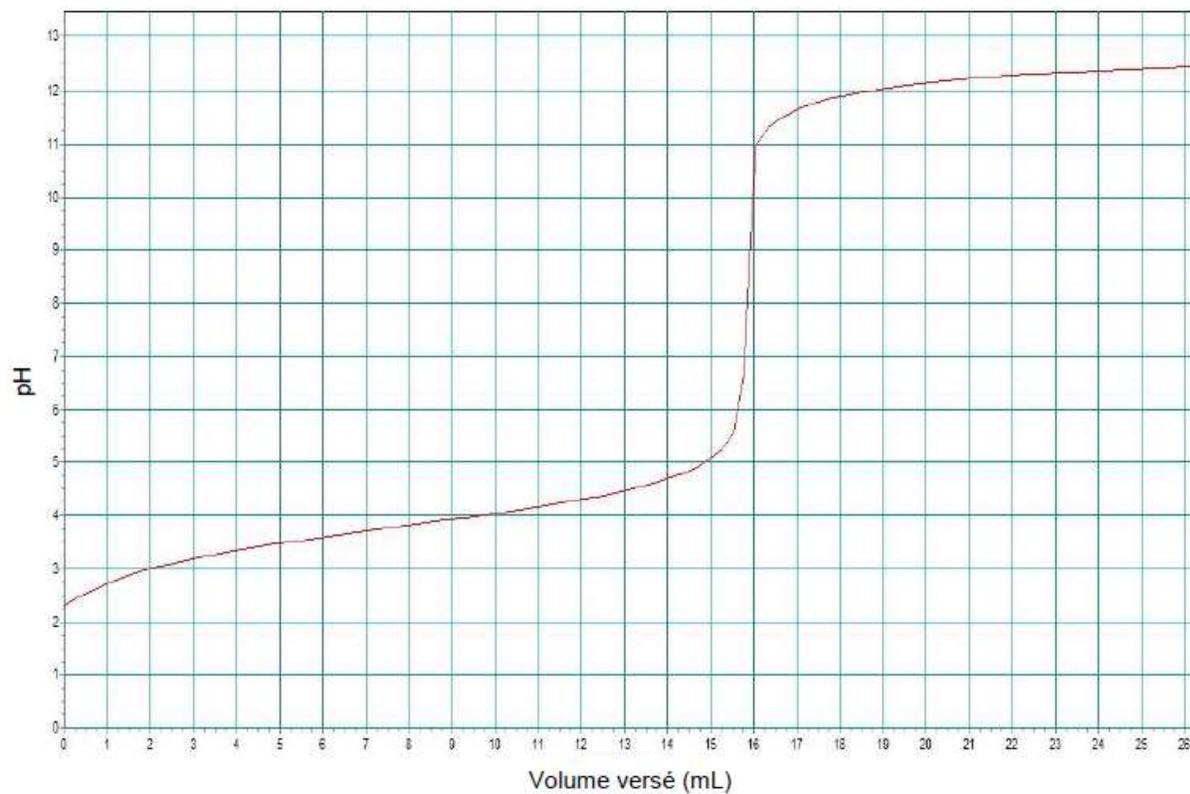
Données : bandes d'absorption en spectroscopie IR

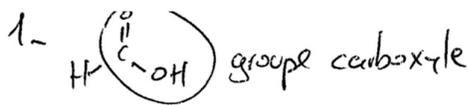
liaison	C=O	O-H (acide carboxylique)	C-H	O-H (alcool)
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	1700-1800	2500-3200	2800-3000	3200-3700
	Bande forte et fine	Bande forte et large		Bande forte et large

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1

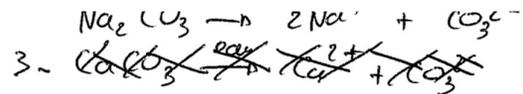
Évolution du pH en fonction du volume versé d'hydroxyde de sodium V_B





2. 1 carbone: méth

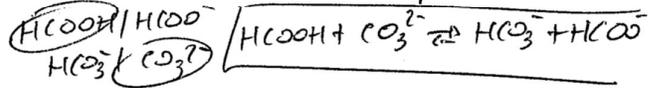
Fonction acide carboxylique: "Acide...oïque"



4. CO_3^{2-} est une base du couple

$\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ qui va réagir avec

l'acide HCOOH du couple $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$



5. pour 1,0 L de solution

masse: $m = \rho \cdot V = 1,15 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} \times 1,0 \text{ L} = 1,15 \text{ kg}$

masse d'acide: $m_a = 0,65 \times m = 0,65 \times 1,15 = 0,748 \text{ kg}$

quantité de matière: $n_a = \frac{m}{M} = \frac{0,65 \times 1,15 \cdot 10^3 \text{ g}}{46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 16,25 \text{ mol}$

concentration: $c_0 = \frac{n}{V} = \frac{16,25}{1,0 \text{ L}} = 16,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$c_0 = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{0,65 \cdot \rho \cdot V}{M \cdot V}$

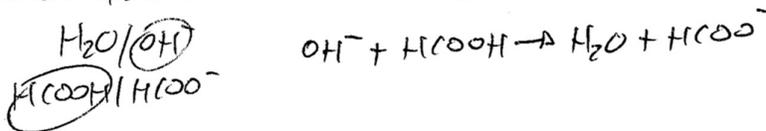
$c_0 = \frac{0,65 \cdot \rho}{M}$

$c_0 = \frac{0,65 \cdot d \cdot \rho_0}{M}$

$c_0 = \frac{\rho_0 \cdot d \cdot \rho}{M}$

6. Lunettes, blouse

7. on dose HCOOH à l'aide de OH^-



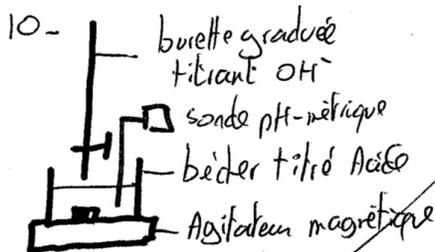
8. A l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stoechiométriques.

$\frac{n(\text{OH}^-)}{1} = \frac{n(\text{HCOOH})}{1}$ soit $c_B \times V_{B\text{eq}} = c_0 \times V_A$

$V_{B\text{eq}} = \frac{c_0 V_A}{c_B} = \frac{16,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 100 \text{ mL}}{1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 1,63 \cdot 10^3 \text{ mL} = 1,63 \text{ L}$? ce qui est impensable pour un dosage.

9. Si on dilue 100 fois c_0 , on divise par 100 $V_{B\text{eq}}$

soit $V_{B\text{eq}} = \frac{1,63 \cdot 10^3 \text{ mL}}{100} = 16,3 \text{ mL}$



11. Méthode des tangentes: voir graphique $V_{B\text{eq}} = 15,75 \text{ mL}$

d'après réponse 8) $c_0' = \frac{c_B \cdot V_{B\text{eq}}}{V_A} = \frac{1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 15,75 \text{ mL}}{10,0 \text{ mL}}$

$c_0' = 1,58 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

soit $c_0 = 100 \times c_0' = 1,58 \cdot 10^1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$\% = \frac{c_0 \times M}{d} = \frac{1,58 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1,15 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 63\%$ soit $\left| \frac{65-63}{65} \right| = 3\%$ d'écart

DEVOIR SURVEILLE N°2
PHYSIQUE-CHIMIE
Terminale Générale Scientifique
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h30

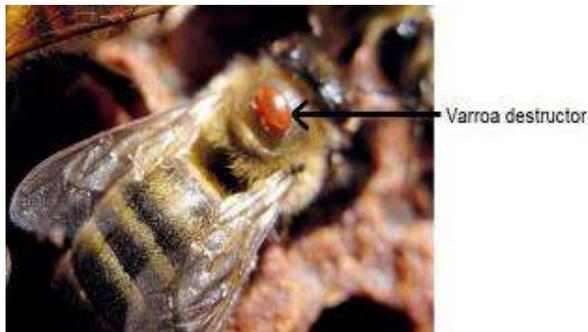
L'usage d'une calculatrice **EST** autorisé

EXERCICE A : TRAITEMENT ANTI-ACARIEN (5 points)

Le varroa (destructor) est un acarien qui parasite les abeilles et entraîne la destruction de très nombreuses colonies d'abeilles dans le monde.

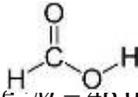
L'utilisation d'un diffuseur contenant une solution d'acide méthanoïque permet de l'éradiquer.

Cet exercice porte sur l'étude de quelques propriétés de l'acide méthanoïque, puis sur la détermination de la concentration en acide méthanoïque d'une solution commerciale pour la comparer à l'indication donnée par le fabricant : solution aqueuse contenant 65,0 g d'acide méthanoïque pour 100 mL de solution.



Source <https://www.inrae.fr>

Données :

- Formule développée de l'acide méthanoïque : 
- Masse molaire moléculaire de l'acide méthanoïque : $M = 46,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- pK_A , à 25 °C, du couple **acide méthanoïque / ion méthanoate** : 3,8.
- Extrait de table de spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 – 3700	forte, large
O – H acide carboxylique	2600 – 3200	forte à moyenne, large
C – H	2800 – 3100	forte ou moyenne
C = O	1650 – 1740	forte, fine

Propriétés de l'acide méthanoïque

1. Citer la définition d'un acide selon la théorie de Brønsted et donner les noms de deux acides usuels.
2. Donner la formule de l'ion méthanoate, base conjuguée de l'acide méthanoïque.

Titrage de l'acide méthanoïque contenu dans la solution commerciale de traitement anti-acarien

Un titrage de l'acide méthanoïque contenu dans une solution commerciale de traitement anti-acarien par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est réalisé en mettant en œuvre le protocole suivant.

Protocole du titrage :

- Diluer 1 000 fois la solution commerciale.
- Prélever un volume $V_a = 20,0 \text{ mL}$ de la solution diluée S_a de concentration C_0 .
- Titrer le prélèvement par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration $C_b = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Le suivi du titrage est effectué par pH-métrie.
- Utiliser un tableur-grapheur dans lequel sont entrées les différentes valeurs du pH mesurées en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée.

La courbe de titrage $pH = f(V)$, ainsi que la courbe $\frac{dpH}{dV_b} = g(V)$ obtenues à l'aide des données du tableau-grapheur sont présentées sur la **figure 1**

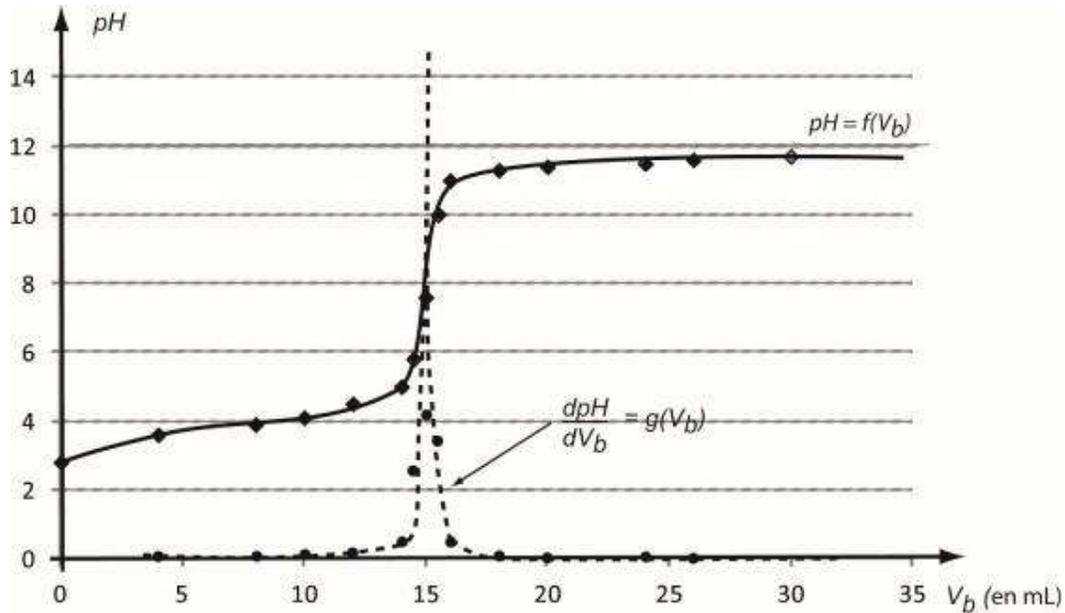


figure 1 – Courbes de suivi du titrage de l'acide méthanoïque par l'hydroxyde de sodium

3. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.
4. Écrire, en la justifiant, l'équation de la réaction support du titrage.
5. Montrer que la concentration d'acide méthanoïque de la solution diluée déterminée expérimentalement est égale à $C_0 = 15,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Dans les conditions de l'expérience, les incertitudes-type sur la concentration C_b et sur les volumes V_a , $V_{\text{éq}}$ (volume à l'équivalence) sont les suivantes :

$$u(C_b) = 0,02 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \quad u(V_a) = 0,2 \text{ mL} \quad u(V_{\text{éq}}) = 0,5 \text{ mL}$$

L'incertitude-type sur la concentration C_0 d'acide méthanoïque dans la solution diluée est déterminée à partir des valeurs et incertitudes-type sur C_a , V_a et $V_{\text{éq}}$ à partir de l'expression suivante :

$$u(C_0) = C_0 \cdot \sqrt{\left(\frac{u(C_b)}{C_b}\right)^2 + \left(\frac{u(V_a)}{V_a}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2}$$

6. Écrire le résultat de la mesure de la concentration expérimentale C de la solution commerciale assortie de son incertitude, sachant que dans les conditions expérimentales :

$$\frac{u(C)}{C} = \frac{u(C_0)}{C_0}$$

7. Confronter la concentration C obtenue expérimentalement à la concentration indiquée par le fabricant C_{fab} en calculant le quotient ci-dessous. Conclure.

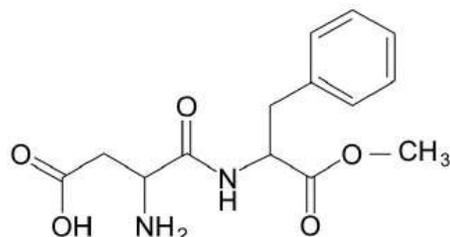
$$\frac{|C - C_{\text{fab}}|}{u(C)}$$

EXERCICE 1 COMMUN À TOUS LES CANDIDATS

LA VITAMINE C SANS SUCRE (10 POINTS)

La vitamine C, ou acide ascorbique, joue un rôle essentiel dans le métabolisme, dans la lutte contre les affections virales ou bactériennes, l'assimilation du fer... Elle ne peut pas être produite par l'organisme, mais on la trouve dans de nombreux aliments (fruits, légumes, œufs, beurre, etc.) dans des quantités variables. Dans le commerce, on trouve de l'acide ascorbique sous forme de comprimés contenant de l'aspartame. L'aspartame, édulcorant de synthèse, est choisi pour son haut pouvoir sucrant et sa faible teneur en calories.

Formule topologique de l'aspartame :



C. L'acide ascorbique

L'acide ascorbique est un acide faible de formule $C_6H_8O_6$.

On dissout un comprimé de 0,50 g d'acide ascorbique dans l'eau. Le volume de la solution obtenue est de 200,0 mL.

Données :

- masse molaire de l'acide ascorbique $M(C_6H_8O_6) = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- conductivités ioniques molaires :

Ion	$C_6H_7O_6^-$	Na^+	HO^-
λ° en $\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$	3,42	5,01	19,9

Le fabricant fournit les informations suivantes :

Ce que contient LAROSCORBINE 500 mg SANS SUCRE, comprimé à croquer édulcoré à l'aspartame

- Pour un comprimé à croquer, les substances actives sont :

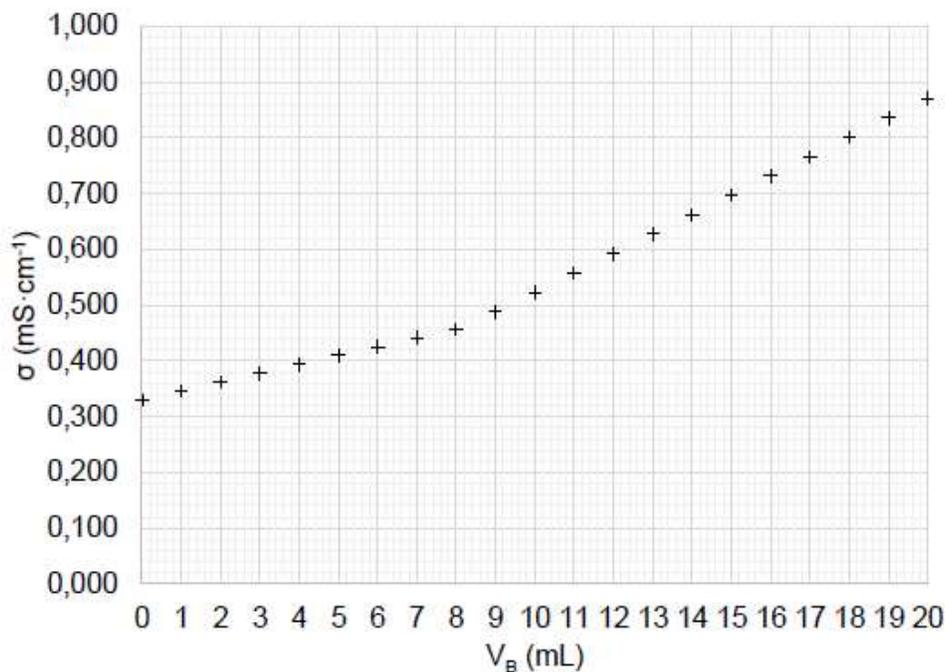
Vitamine C	500,00 mg
Sous forme d'acide ascorbique	200,00 mg
Sous forme d'ascorbate de sodium	337,40 mg

On souhaite vérifier l'information concernant la masse d'acide ascorbique présent dans un comprimé.

On dissout un comprimé de vitamine C dans l'eau distillée pour obtenir une solution S de volume V_0 égal à 250,0 mL. On prélève un volume $V = 40,0$ mL de cette solution S que l'on titre par un suivi conductimétrique avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière $c_B = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

- C.6. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

La courbe ci-dessous, obtenue lors du titrage, représente l'évolution de la conductivité σ du milieu réactionnel en fonction du volume d'hydroxyde de sodium V_B versé : σ en $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$.



- C.8. Interpréter qualitativement l'évolution de la pente de la courbe de titrage.
- C.9. Déterminer la concentration en quantité de matière d'acide ascorbique de la solution titrée.
- C.10. En déduire la valeur de la masse m d'acide ascorbique contenue dans un comprimé.

On estime l'incertitude-type associée à cette mesure à $u(m) = 0,01$ g.

- C.11. Écrire la masse trouvée à la question précédente avec un nombre adapté de chiffres significatifs.
- C.12. Comparer la valeur mesurée à la valeur de référence en calculant le rapport $\frac{|m - m_{\text{réf}}|}{u(m)}$ et commenter.

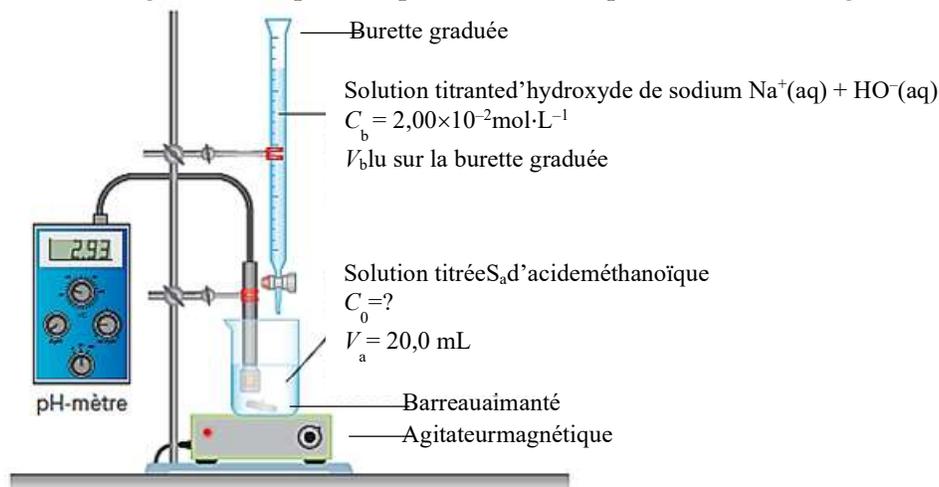
1.

Un acide est une espèce chimique capable de libérer un ion hydrogène H^+ .

Exemples : acide méthanoïque HCO_2H , acide éthanoïque CH_3CO_2H , chlorure d'hydrogène HCl .

2. Ion méthanoate : HCO_2^- .

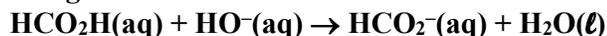
3. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.



4. Écrire, en la justifiant, l'équation de la réaction support du titrage.

Le réactif titré est l'acide méthanoïque $HCO_2H(aq)$ et le réactif titrant est la base $HO^-(aq)$.

La réaction support du titrage est totale donc :



5. À l'équivalence du titrage on réalise un mélange stœchiométrique entre les réactifs titrant et titré soit :

$$\frac{n_0(HCO_2H)}{1} = \frac{n_{eq}(HO^-)}{1} \Leftrightarrow \frac{C_0 \times V_a}{1} = \frac{C_b \times V_{eq}}{1}$$

Le volume V_{eq} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence du titrage est égal à l'abscisse du maximum de la courbe dérivée. Graphiquement on lit : $V_{eq} = 15,0$ mL.

$$C_0 = \frac{C_b \times V_{eq}}{V_a} \text{ soit } C_0 = \frac{2,00 \times 10^{-2} \times 15,0}{20,0} = 1,50 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 15,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

En laissant les volumes en mL.

6. La solution commerciale ayant été diluée 1000 fois, $C = 1000 \times C_0$ soit :

$$C = 1000 \times 15,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = 15,0 \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$\text{Et : } u(C) = \frac{C \times u(C_0)}{C_0} \text{ soit } u(C) = C \times \sqrt{\left(\frac{u(C_b)}{C_b}\right)^2 + \left(\frac{u(V_a)}{V_a}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2}$$

En laissant les volumes en mL :

$$u(C) = 15,0 \times \sqrt{\left(\frac{0,02}{2,00}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{20,0}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{15,0}\right)^2} = 0,6 \text{ mol.L}^{-1} \text{ en ne conservant qu'un seul chiffre significatif pour } u(C) \text{ et en majorant.}$$

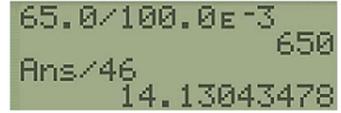
Finalement : $C = (15,0 \pm 0,6) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

7. Le fabricant annonce : solution aqueuse contenant 65,0 g d'acide méthanoïque pour 100 mL de solution.

Soit une concentration en masse : $t_{\text{fab}} = \frac{m}{V_{\text{sol}}} = \frac{65,0}{100,0 \times 10^{-3}} = 650 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Et une concentration en quantité de matière : $C_{\text{fab}} = \frac{t_{\text{fab}}}{M} = \frac{650}{46,0} = 14,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$\frac{|C - C_{\text{fab}}|}{u(C)} = \frac{|15,0 - 14,1|}{0,6} = 1,5.$$



```
65.0/100.0E-3
650
Ans/46
14.13043478
```

La différence entre la concentration mesurée C et celle C_{fab} donnée par le fabricant est inférieure à 2 fois l'incertitude $u(C)$. La mesure effectuée est donc cohérente avec l'annonce du fabricant.

Remarque : la concentration donnée par le fabricant $14,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ n'appartient pas à l'intervalle obtenu à la question 8. [$14,4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $15,6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$].