

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**

2022 Centres étrangers 1 Jour 2

<https://labolycee.org>

**EXERCICE 1 L'ACIDE FORMIQUE (10 points)**

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.

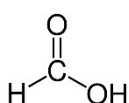
**Partie C :** Synthèse d'un dérivé de l'acide formique utilisé dans l'industrie alimentaire.

**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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 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<sup>-</sup>  
H<sub>2</sub>O / HO<sup>-</sup>



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<sup>ième</sup> 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.

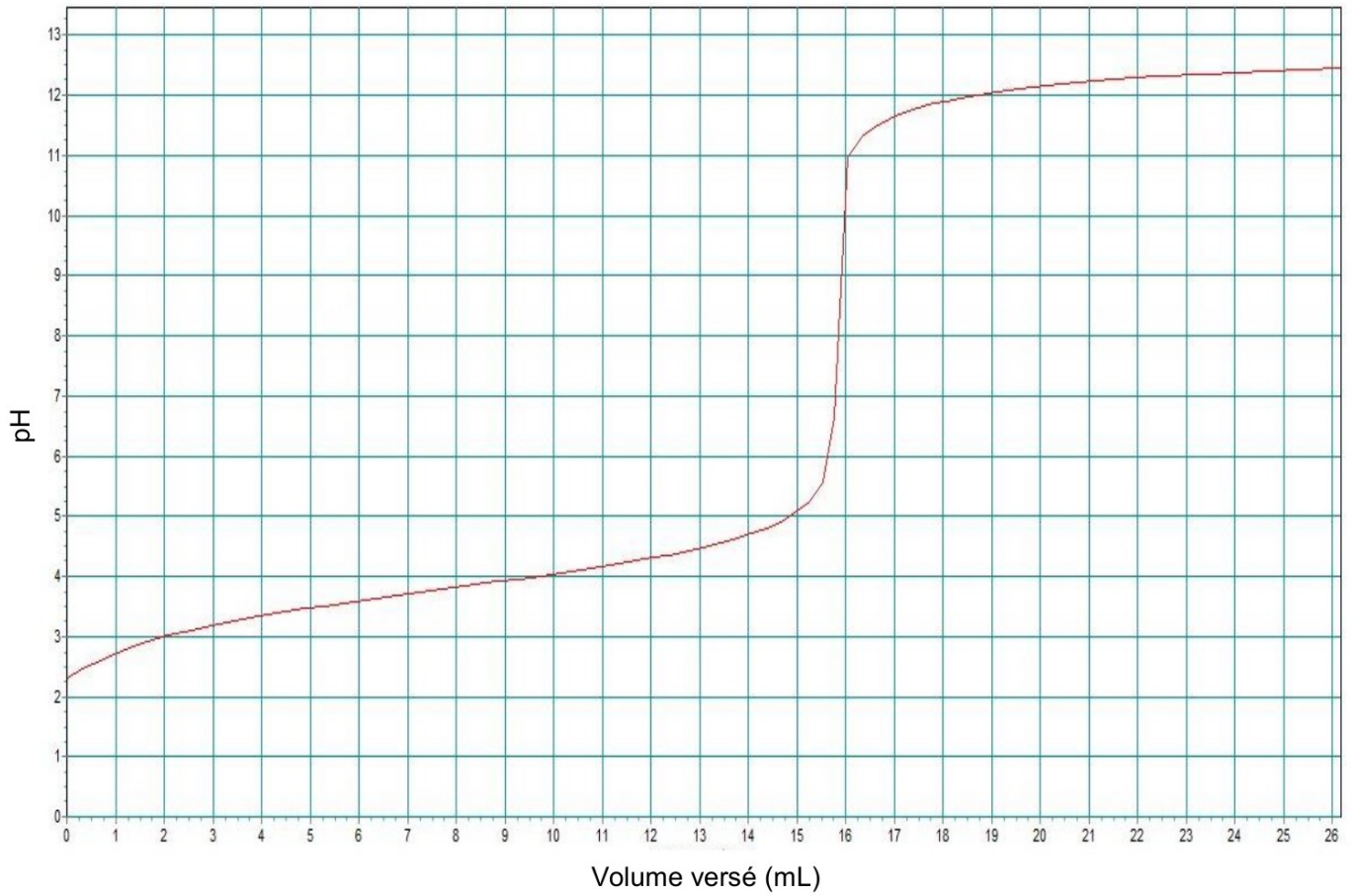
On obtient une courbe  $\text{pH} = f(V_B)$  en **annexe à rendre avec la copie**, où  $V_B$  est le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versée.

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.

# ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

## Exercice 1

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

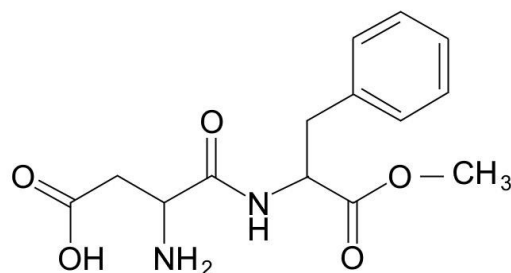


## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (10 points)

## La vitamine C sans sucre

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

**C.1.** Choisir, parmi les trois propositions suivantes, la valeur de la concentration  $c$  en quantité de matière apportée d'acide ascorbique en justifiant la réponse :

- a.  $1,4 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  b.  $1,4 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  c.  $2,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

**C.2.** Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation prenant place entre l'acide ascorbique et l'eau.

La valeur du  $pH$  à l'équilibre de la solution obtenue en dissolvant le comprimé est de 2,9.

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 :

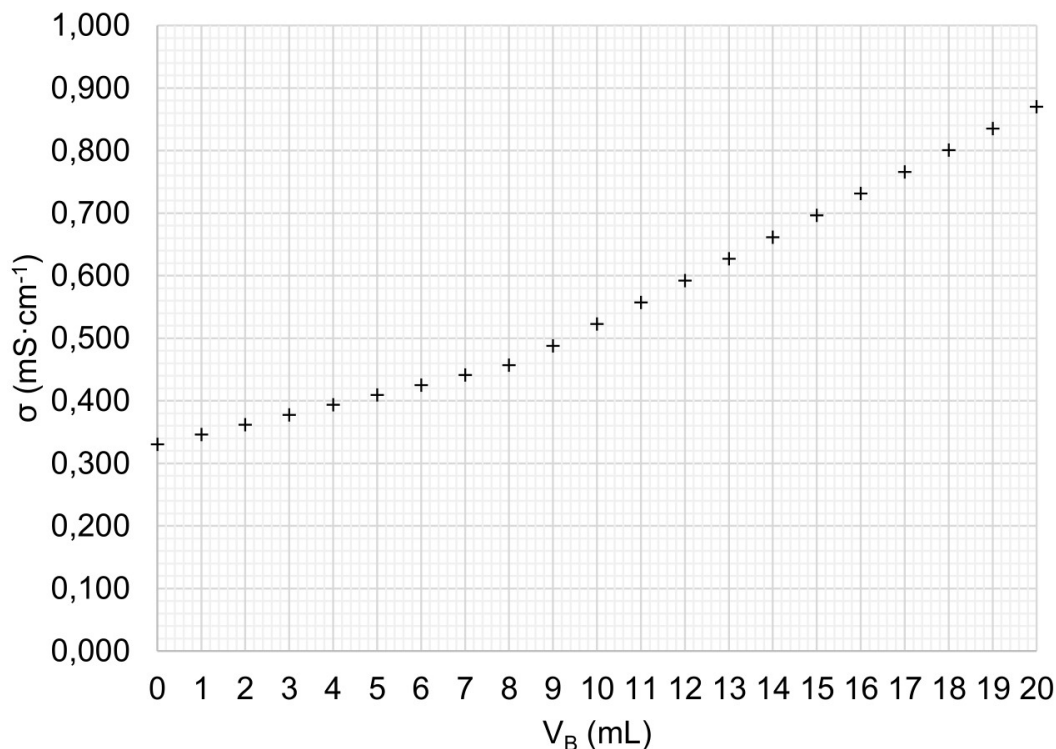
Vitamine C .....	500,00 mg
Sous forme d'acide ascorbique .....	200,00 mg
Sous forme d'ascorbate de sodium .....	337,40 mg

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  $\sigma$  du milieu réactionnel en fonction du volume d'hydroxyde de sodium  $V_B$  versé :  $\sigma$  en  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ .



**C.8.** Interpréter qualitativement l'évolution de la pente de la courbe de titrage.

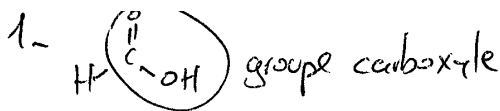
**C.9.** Déterminer la concentration en quantité de matière d'acide ascorbique de la solution titrée.

**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.

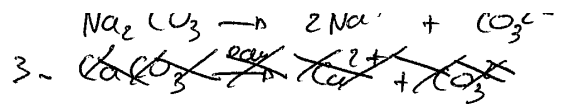
**C.11.** Écrire la masse trouvée à la question précédente avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

**C.12.** Comparer la valeur mesurée à la valeur de référence en calculant le rapport  $\frac{|m - m_{\text{réf}}|}{u(m)}$  et commenter.



2. 1 carbone: méth

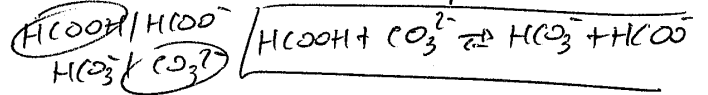
Fonction acide carboxylique: "Acide...oïque"



4.  $\text{CO}_3^{2-}$  est une base du couple

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

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



5. pour 1,0 L de solution

masse:  $m_0 = \rho \cdot V = 1,15 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} \times 1,0 \text{ L} = 1,15 \text{ kg}$

masse d'acide:  $m_0 = 0,65 \times m_0 = 0,65 \times 1,15 = 0,748 \text{ kg}$

quantité de matière:  $n_0 = \frac{m}{M} = \frac{0,65 \times 1,15 \cdot 10^3 \text{ g}}{46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1625 \text{ mol}$

concentration:  $c_0 = \frac{n}{V} = \frac{1625}{1,0 \text{ L}} = 1,63 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

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

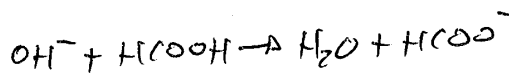
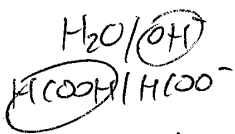
$c_0 = \frac{0,65 \cdot \rho}{M}$

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

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

6. Lunettes, blouse

7. on dose  $\text{HCOOH}$  à l'aide de  $\text{OH}^-$



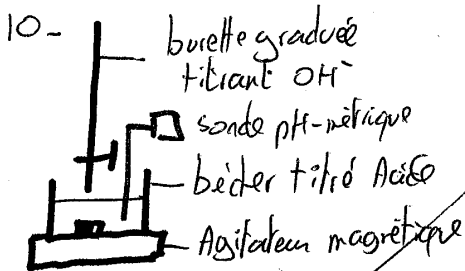
8. A l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stoechiométriques

$\frac{n(\text{OH}^-)}{1} = \frac{n(\text{HCOOH})}{1}$  soit  $C_B \times V_{B\text{eq}} = C_0 \times V_A$

$V_{B\text{eq}} = \frac{C_0 V_A}{C_B} = \frac{1,625 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 100 \text{ mL}}{1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 1,63 \cdot 10^3 \text{ mL} = 1,63 \text{ L}$  ! 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)

$C_0' = \frac{C_B \cdot V_{B\text{eq}}}{V_A} = \frac{1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 15,75 \text{ mL}}{10,0 \text{ mL}}$

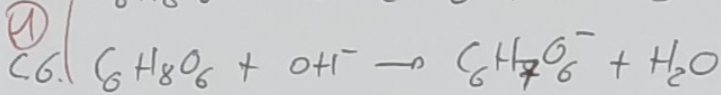
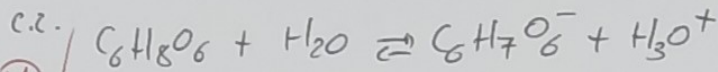
$C_0' = 1,58 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

soit  $C_0 = 100 \times C_0' = 1,58 \cdot 10^1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$\% = \frac{C_0 \times M}{d} = \frac{15,75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1,15 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = 63\%$  soit  $\left| \frac{65-63}{65} \right| = 3\%$  d'écart

vitamine C sans sucre 15 pts

c.1.  $c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{0,50g}{176g \cdot mol^{-1} \times 0,2000} = \underline{1,4 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}}$  réponse b



c.8. Avant Equivalence ( $V < 8,4 ml$ )  $\sigma$  croît. En effet des ions  $Na^+$  (titrant) sont ajoutés, d'autres sont produit ( $C_6H_7O_6^-$ )

Après Equivalence ( $V > 8,4 ml$ )  $\sigma$  croît fortement. En effet, les ions  $Na^+$  sont ajoutés, ~~la quantité d'ions  $C_6H_7O_6^-$  est constante.~~ La quantité d'ions  $C_6H_7O_6^-$  est constante. Les ions  $OH^-$  sont introduits en excès, et ne réagissent pas. Ce sont ces derniers qui expliquent la forte croissance de  $\sigma$ .

Rappel: la conductivité est proportionnelle à la concentration en ions présents (loi de Kohlrausch)

c.9. A l'équivalence, les réactifs sont dans les proportions stoechiométriques.

$\frac{n(C_6H_8O_6)}{1} = \frac{n(OH^-)}{1} \quad C_A = \frac{C_B \times V_B}{V_A} = \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 8,4 ml}{42,0 ml} = \underline{4,2 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1}}$

c.10.  $m = n \times M$

$m = C \times V \times M = 4,2 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1} \times \underbrace{250,0 \cdot 10^{-3} L}_{\text{totale comprise}} \times 176 g \cdot mol^{-1} = \underline{1,8 \cdot 10^{-1} g}$

c.11.  $u(m) = 0,01 g$   
 $m = 0,1848 g$  soit  $\underline{m = 0,19 \pm 0,01 g}$

$0,184 \leq m \leq 0,185$

$0,18 \leq m \leq 0,19$

c.12.  $\frac{|m - m_{ref}|}{u(m)} = \frac{|0,2000 - 0,19|}{0,01} = 1 \quad |m - m_{ref}| = 0,01 \times u(m)$