

TP 2



Sept. 2025 /
Leila & Aimée

TP 2 : Titrage de la vitamine C

Objectif : déterminer la quantité de vitamine C dans un comprimé & comparer à la valeur annoncée.

1.1 Composition d'un composé de vitascorbol® 500 mg (données issues du Vidal)

• Principes actifs :

	Quantité par comprimé
Acide ascorbique (vitamine C)	200,0 mg
Ascorbate de sodium	337,5 mg

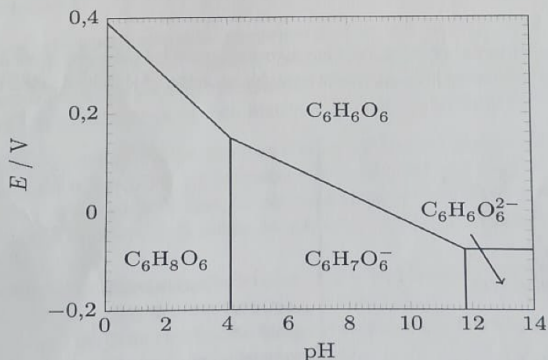
vitamine C $\rightarrow$ acide ascorbique, noté **A**
ions ascorbates, noté **B**

2.2 Données physico-chimiques

- Acide ascorbique : pK_A 4,1 et 11,8 ; $M(C_6H_8O_6) = 176,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Ascorbate de sodium : $M(C_6H_7O_6Na) = 198,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Potentiels standard à 298 K et à pH=0 :

Couples	$E^\circ \text{ (V)}$
$I_3^-(aq)/I^-(aq)$	0,54
$S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq)$	0,08
$C_6H_6O_6(aq)/C_6H_8O_6(aq)$	0,39

- Diagramme E-pH de la vitamine C (concentration de trace $c_t = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) :



Élaboration d'une stratégie

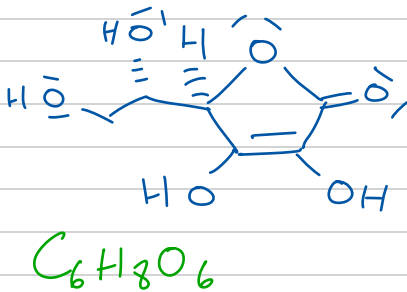
Protocole : On pile le comprimé et on le place dans 80 mL d'eau permutée (distillée), puis on transvase dans une fiole de 100 mL après avoir filtré avec du coton, ~~on~~ **placé sur un entonnoir**

Comment doser la vitamine C ?

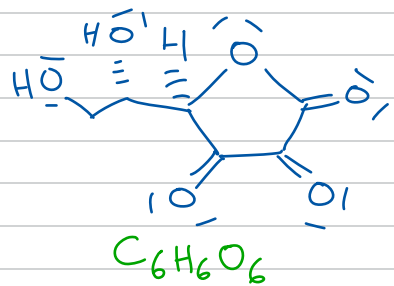
info ①

→ L'acide ascorbique et sa base conjuguée, l'ion ascorbate peuvent être oxydés en acide L-déshydroascorbique :

acide ascorbique



acide L-déshydroascorbique



info ②

$$\begin{aligned} n_{A,i} &= \frac{m}{M} = \underline{1,14 \text{ mmol}} \\ n_{B,i} &= \frac{m}{M} = \underline{1,70 \text{ mmol}} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} n_{A,i} &= \frac{m}{M} \\ n_{B,i} &= \frac{m}{M} \end{aligned}} \right\} \begin{array}{l} \text{les 2} \\ \text{donnent} \\ \text{vitamine} \\ \text{C.} \end{array}$$

Le cachet est tamponné : mélange équimolaire d'un acide & sa base conjuguée.

Stratégie ? Dosage : Redox ? Acide base ?
↳ du à doser
pb car tampon

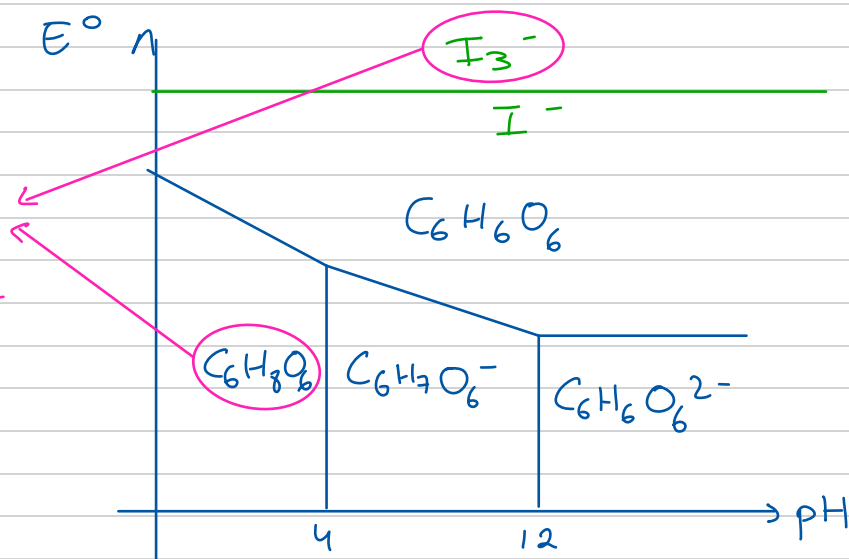
Strat
1

Exploitation des propriétés redox, titrage

Titration indirect au diiode

Q. 1)

domaines
disjoints
réaction
favorable



Rem : I_2 $|\bar{I} - \bar{I}| \rightarrow$ apolaire, aprotique
 $\hookrightarrow$ pas soluble dans l'eau, on ajoute I^-
 $I_2 + I^- = I_3^-$ ion, super polaire.
 soluble dans l'eau $\beta = 100$.



$$E = E_1^\circ + \frac{0,06}{2} \log \left(\frac{[I_3^-](c^{0,2})}{[I^-]^3} \right)$$

conven^o moléculaire

$$[I_3^-]_{\text{frontière}} = [I^-]_{\text{frontière}}$$

$$C_T = \underbrace{[I^-]}_{\frac{CI}{2}} + \underbrace{[I_3^-]}_{\frac{CI}{2}}$$

À la
frontière
Nernst

$$E = E_1^0 + 0,03 \log \left(\frac{4(C^0)^2}{C_T^2} \right)$$

$$= \underline{0,68 V}$$

souvent
le cas
en redox

• Réaction lente → pas dosage direct
↳ dosage en retour

On dose l'excès de I_3^- .

Q.2. Principe du dosage indirect : la réaction de titrage ne consomme pas directement l'espèce X d'intérêt. Ici, la réaction : $A_{(excès)} + X = B$ est lente, on ne peut pas faire un dosage direct.
Dosage indirect : 2 options :

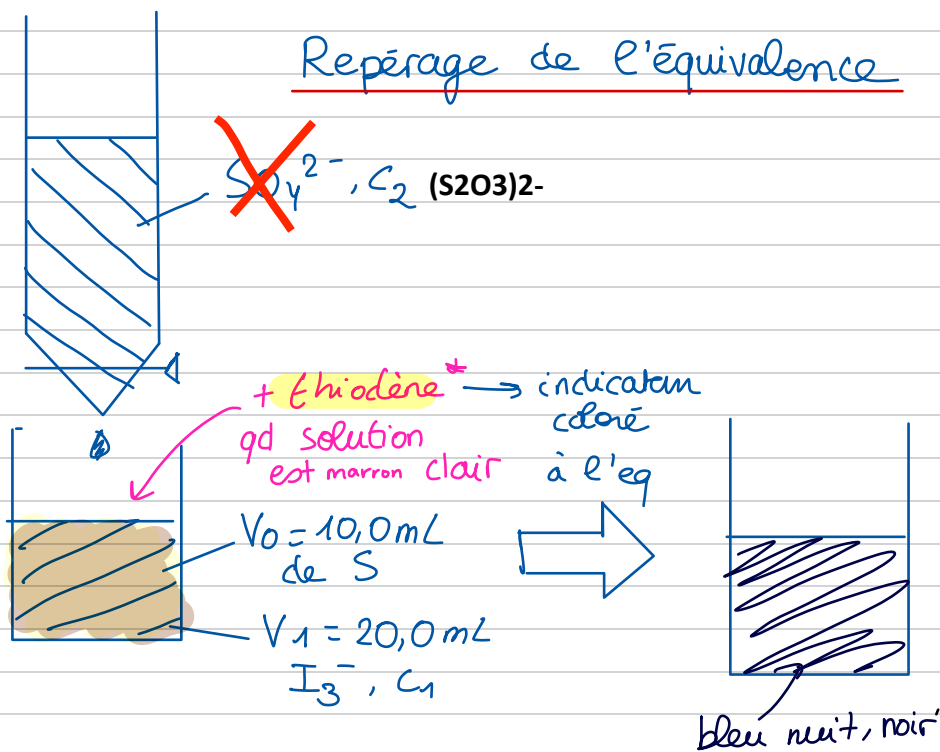
- On titre l'espèce B formée
- On titre l'excès de A n'ayant pas réagi avec X (titrage en retour)

Protocole du titrage

Dans un erlenmeyer de 250 mL, on titre une prise d'essai de volume $V_0 = 10,0$ mL de la solution de vitamine C obtenue à laquelle on rajoute une quantité connue de diiode en excès ($V_1 = 20,0$ mL de solution d'ions triiodure de concentration $c_1 = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$) par une solution de thiosulfate de sodium de concentration $c_2 = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Le thiodène est utilisé comme indicateur de fin de réaction. L'indicateur n'est introduit que peu avant l'équivalence lorsque la solution devient jaune clair.

ions thiosulfate : ~~SO_4^{2-}~~ $(\text{S}_2\text{O}_3)^{2-}$
↳ soufre

Repérage de l'équivalence



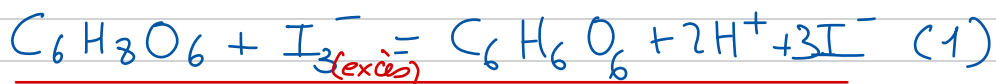
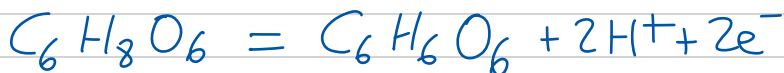
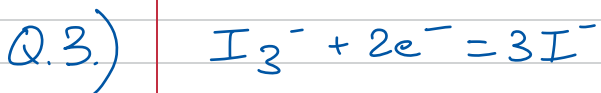
* thiodène, emploi d'amidon

↳ ne pas le mettre dès le départ.
c'est une macromolécule sous forme d'hélice

↳ colloïde

Si on le met dès le début, comme il est très gros
il précipite irréversiblement et forme un
solide noir

Avant le dosage, demi-equations :

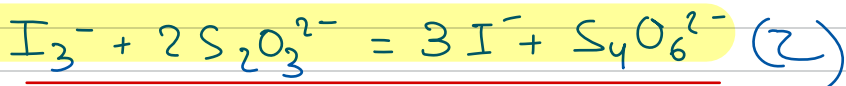


$$K^0 = 10^{\frac{2}{0,06} (E^0(I_3^-/I^-) - E^0(C_6H_6O_6/C_6H_8O_6))}$$

Ox - Red.

$$= 10^9 > 10^4 \text{ quantitatif.}$$

Pendant le dosage de l'excès d' I_3^- :



réaction de titrage

$$K^0 = 10^{\frac{2}{0,06} (E^0(I_3^-/I^-) - E^0(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}))}$$
$$= 2,2 \cdot 10^{15} > 10^4 \text{ quantitatif.}$$

Q.4). À l'eq: $n_{I_3^-, \text{excès}} = \frac{n_{S_2O_3^{2-}, \text{versé}}}{2}$

d'où $n_{I_3^-, \text{excès}} = \frac{C_2 V_E}{2}$

$$\text{or, } n_A = n_{I_3^-} - n_{I_3^- \text{ excès}}$$

$$n_A = C_1 V_1 - \frac{C_2 V_{eq}}{2}$$

$$= 1 \cdot 10^{-3} - 0,765 \cdot 10^{-3}$$

$$= \underline{0,235 \text{ mmol. dans } 10 \text{ mL.}} \cdot 10^{-3}$$

⚠
comprimé
dans
 $V = 100 \text{ mL}$
d'eau,
on dose $V_0 = 10 \text{ mL}$
dilution

$$m_{A, \text{TOT}} = \frac{V_f}{V_0} n_A \times M(A)$$

$$= 0,414 \text{ g} = \boxed{414 \text{ mg.}}$$

5). Jupyter: Récap des incertitudes :

- Demi étendue sur verrerie. D_e
- incertitude type. $\frac{D_e}{\sqrt{3}}$
- concentra^o. $\Delta c = 0,02 c$
- $V_e \pm \underline{0,1 \text{ mL}}$
- Masse molaire : 2-3 chiffres

5) 6) Voir programme associé au compte rendu.
 ↳ incertitudes composées ①
 ↳ Monte-Carlo ②

$$7). m_{vitC, th} = 200 + 337,5 = 537,5 \text{ mg.}$$

$$z = \frac{|m_{vitC, th} - m_{vitC, exp}|}{m_{vitC, th}} = \underline{0,23} < 2 \text{ satisfaisant}$$

Strat 2 Exploitation des propriétés acido-basiques

Q.8)

Récap sur pH-métrie / conductimétrie

er
Q.9)

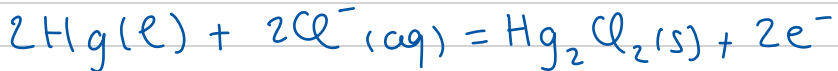
pH mètre = millivoltmètre, tensions

mesure
diff
de potentiel
entre

{ electrode indicatrice → verre
 $E_0 = a + b \text{ pH}$
electrode de référence.

potentiel fixe
↗

ECS, $\text{Hg}(\ell) | \text{Hg}_2\text{Cl}_2(s), \text{K}^+, \text{Cl}^-$ saturée ||



$$K_s = \frac{[\text{K}^+]_e [\text{Cl}^-]_e}{c_0^2}$$

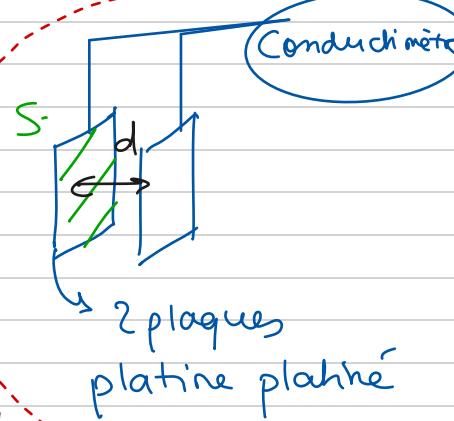
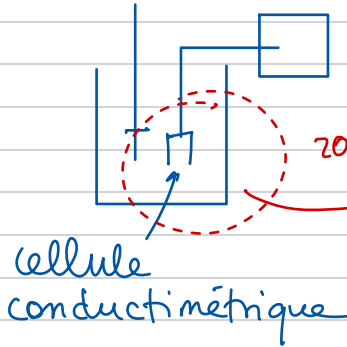
← dep de $[\text{Cl}^-]$
"sat-
con saturée

$$\boxed{E_{ECS} = 0,25 \text{ V}}$$

Nécessaire d'étalonner le pH-mètre
↳ trouver a et b

Conductimètre

↳ mesure G conductance



résistivité ρ

$$R = \rho \times \frac{d}{S} \quad \rho = \frac{1}{\sigma}$$

(ou σ)

$$\frac{1}{R} = G = \sigma \times \frac{S}{d}$$

conductivité σ

nota° chimie

nota° physique

$$\sigma = \frac{G}{\frac{d}{S}} = G \times \left(\frac{d}{S} \right)$$

σ S/m

G S

$\frac{d}{S}$ m⁻¹

Kohlrausch:

$$\sigma = \sum_i \lambda_i^\circ c_i$$

Pas nécessaire d'étalonner le conductimètre

Si on ne souhaite pas se servir
directement de la valeur de la conductivité.

Rem : Retour du DS 1

ex : $\sigma = \lambda_{I^-}^{\circ} C_{I^-} + \lambda_{K^+}^{\circ} C_{K^+} + \lambda_{Pb^{2+}}^{\circ} C_{Pb^{2+}}$

$$\sigma = \frac{(n_{Pb} - \frac{CV}{2})}{V_0 + V} \lambda_{Pb^{2+}}^{\circ} + \frac{CV}{V_0 + V} \lambda_{K^+}^{\circ} + \sigma_0$$

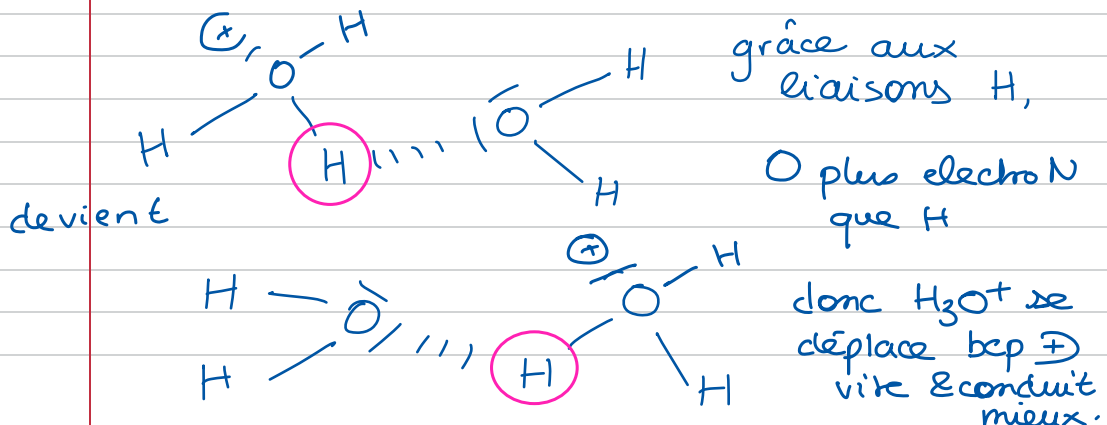
On trace $\sigma = f(V)$:

On a des demi-droites $\rightarrow$ d'où $V_0 + V \approx V_0$

pende $p = \frac{CV}{2} (2\lambda_{K^+}^{\circ} - \lambda_{Pb^{2+}}^{\circ})$

	$2I^- + Pb^{2+} \rightarrow PbI_2$		
	CV	n_{Pb}	
$V < V_e$	0	$n_{Pb} - \frac{CV}{2}$	$\frac{CV}{2}$

Rem : Pourquoi H^+ est il très conducteur ?

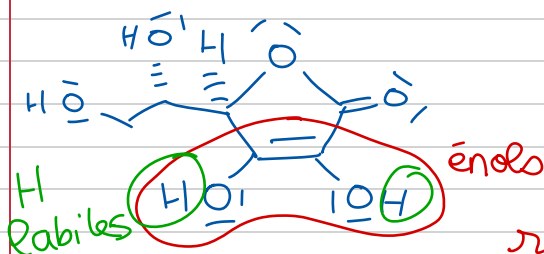


Protocole 2

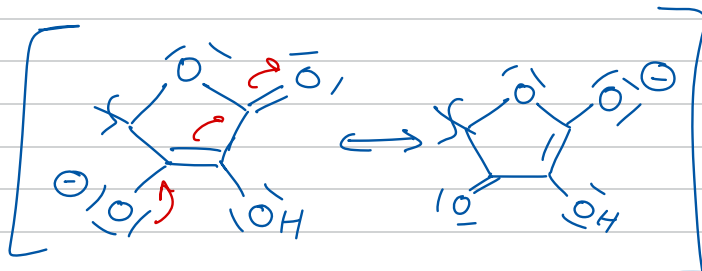
10. Dosage pH-métrique : ajout d'eau rend moins grands les sauts de pH

Conductimétrie $\rightarrow$ permet de négliger la dilution lors de l'ajout de la solution titrante : donne de belles demi-droites.

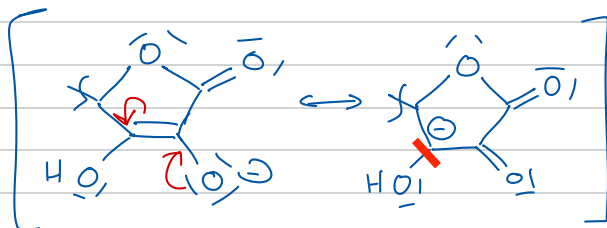
11) . H acides de l'acide ascorbique :

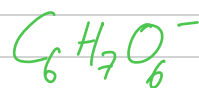
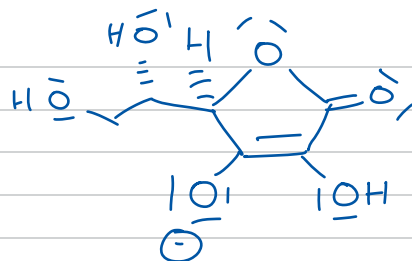
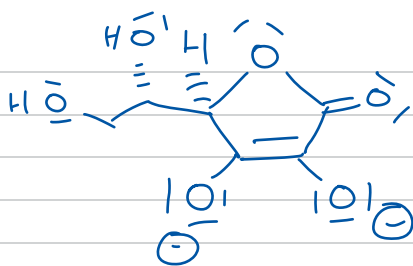


regarder la stabilité de la base conjuguée



ici, stabilisée par mésomérie





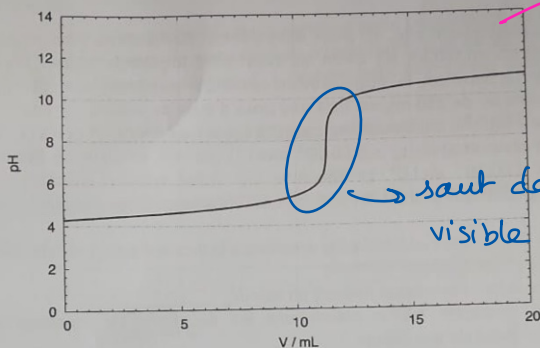
12)

- Courbes simulées du titrage de 20,00 mL d'un mélange acide ascorbique / ascorbate de sodium par un acide fort ou une base forte à la concentration $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

i. Titrage par la soude :

base forte

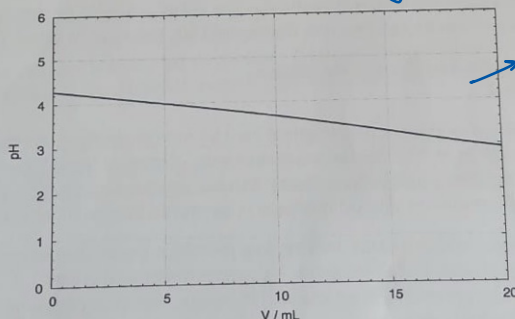
on choisit
de titrer
à la soude



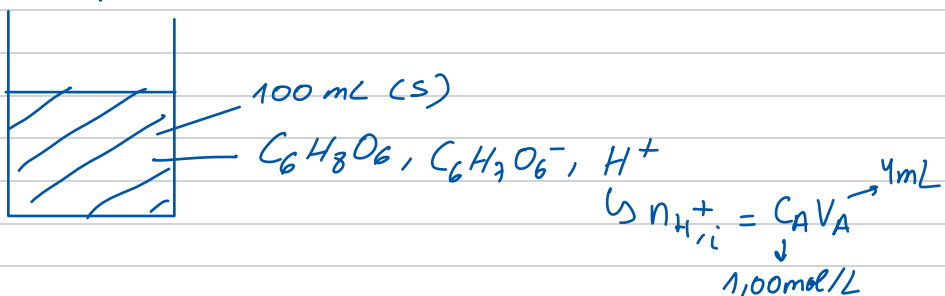
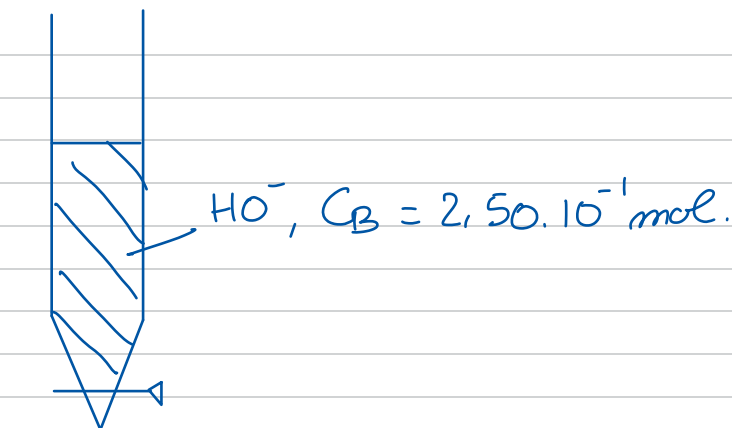
ii. Titrage par l'acide chlorhydrique :

acide fort

aucun
saut de
pH, réaction
peu quantitative



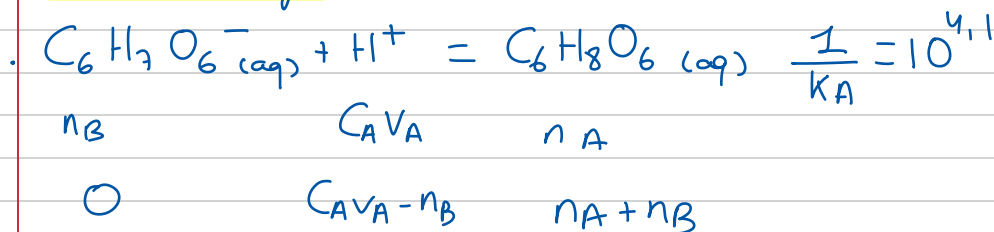
acide ascorbique est une mauvaise base



Après avoir pilé grossièrement un comprimé dans un mortier, le dissoudre dans un bécher contenant environ 96 mL d'eau et 4 mL mesurés précisément d'acide chlorhydrique 1,00 mol.L⁻¹. Filtrer éventuellement les impuretés solides (excipients). Titrer la totalité avec de la soude de concentration $c_B = 2,50 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ en effectuant un suivi pH-métrique et conductimétrique simultanément.

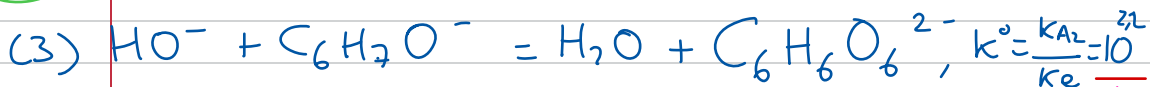
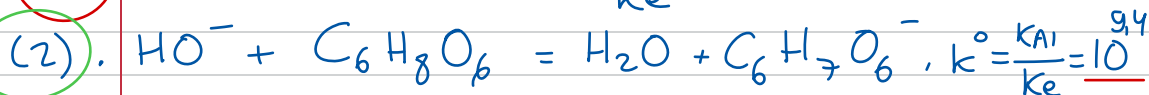
$\hookrightarrow$ on veut déterminer n_A et n_B : l'ajout d'acide chlorhydrique permet de titrer indirectement B.
en titrant H^+ excès

Pré-titrage



$$\begin{cases} n_{H^+} = C_A V_A - n_B \rightarrow \text{donne } n_B \\ n_{AH} = n_A + n_B \rightarrow n_A \end{cases}$$

Réactions de titrage:



pas quantitatif

On a donc 2 réactions de titrage, successives : $\Delta pK_A = 4,6 > 4$.

• 1^{re} eq. $n_{H^+} = C_B V_1$

ce $C_A V_A - n_B = C_B V_1 \Rightarrow n_B = C_A V_A - C_B V_1$

2^e eq. $n_{AH} = C_B (V_2 - V_1) = n_A + n_B$

d'où $n_A = C_B (V_2 - V_1) - C_A V_A + C_B V_1$

Q.14)

$n_A = C_B V_2 - C_A V_A$

A.N: $n_B = 1,00 \times 4 \cdot 10^{-3} - 2,50 \cdot 10^{-1} \times 9,9 \cdot 10^{-3} = \underline{1,53 \text{ mmol}}$

$n_A = 2,50 \cdot 10^{-1} \times 20,6 \cdot 10^{-3} - 1,00 \times 4 \cdot 10^{-3} = \underline{1,15 \text{ mmol}}$

de particules

l'ordre de $D = 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
 n parfum à être décelé à une
 rée à 1m de la source? Com

de diffusion ★

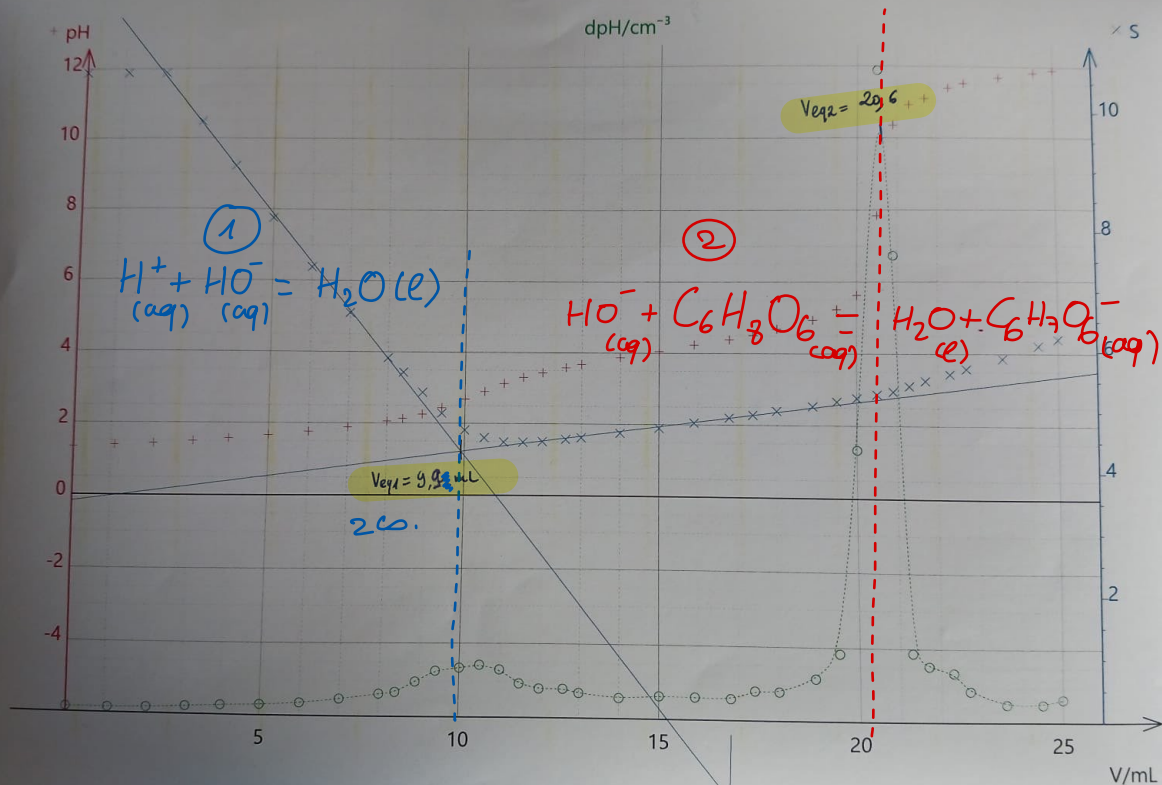
e dioxygène dans l'air à 25°
 s l'air est de l'ordre de 100 r

ans un tuyau cylindrique d'
 écules sont maintenues co
 coefficient de diffusion de
 appent vers l'extérieur à t
 actérisée par un coefficient
 éculaire est linéaire dans

dx) et en déduire une relat
 icules $\vec{f}(x)$.
 lle vérifiée par $n(x)$ et la r
 tion physique? Étudier le

pour la fabrication des tr
 substrat de silicium.
 Ox uniquement. On app
 n x ($n(x, t)$ est un nomb
 ant particulière. Le mi

le partout sauf dans u
 ntés à la surface du mi
 sion, la quantité de par
 e matériau et aucun a



(uti
 Q.
 Q3.
 trans
 Q4.
 étudié. E
 Q5. Co
 Q6. Cor
 Q7. Com
 3.2 Ex

Q.15)

$$D'o\grave{u} \quad m_A = n_A M(A) = 1,15 \cdot 10^{-3} \times 176,12 \\ = \underline{203 \text{ mg.}}$$

$$\text{et } m_B = n_B \underset{\substack{M(C_6H_7O_6Na) - M(Na) \\ M(B)}}{M(B)} = 1,53 \cdot 10^{-3} \times (198,12 - \underbrace{22,99}_{M(Na)}) \\ = \underline{268 \text{ mg}}$$

Q.16) 17) Voir Python

$$Q.18) \quad Z_A = \left| \frac{m_{A,th} - m_A}{m_{A,th}} \right| = \underline{0,02} < 2$$

$$Z_B = \left| \frac{m_{B,th} - m_B}{m_{B,th}} \right| = \underline{0,21} < 2$$

résultats très satisfaisants

