

CORRIGÉ DU DEVOIR COMMUN N°3

EXERCICE 1 : RELATIVITÉ ET CHIMIE ... (7,5 points)

PARTIE 1 : Étude de la transformation chimique

1 L'atome le plus électronégatif attire davantage les électrons partagés de la liaison, il est porteur d'une charge partielle négative ; l'autre atome est porteur d'une charge partielle positive. **(0,25 pt)**

Ainsi on a $\overset{\delta^+}{\text{C}}-\overset{\delta^-}{\text{Cl}}$ et $\overset{\delta^-}{\text{O}}-\overset{\delta^+}{\text{H}}$ **(0,25 pt)**

2. On peut envisager que l'atome de carbone central du 2-chloro-2-méthylpropane soit un site accepteur de doublet d'électrons, et que l'atome d'oxygène de l'eau soit un donneur de doublet d'électrons. **(0,5 pt)**

3. Le produit P1 résulte d'une réaction de substitution, en effet l'atome de chlore du 2-chloro-2-méthylpropane a été substitué par un groupe hydroxyle OH. Le produit P2 résulte d'une réaction d'élimination. **(0,5 pt)**

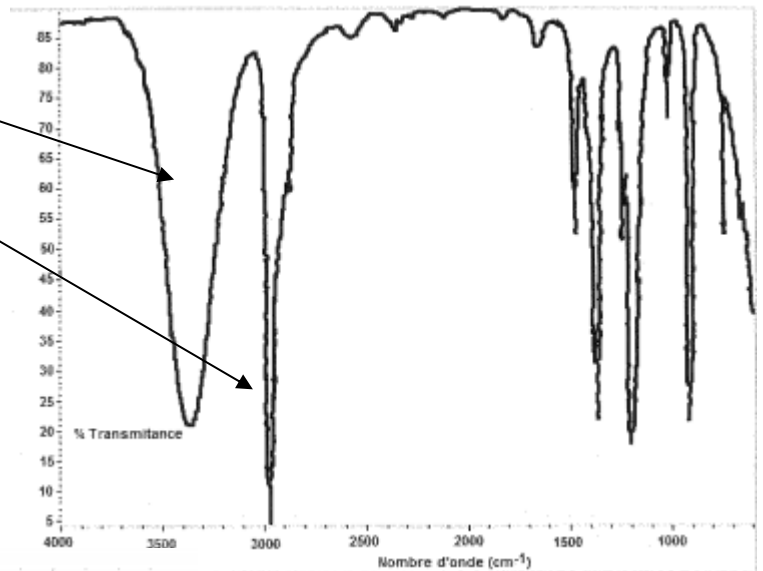
4. Groupe O - H : **présent**

Groupe C - H, C lié à une double liaison : **absent**

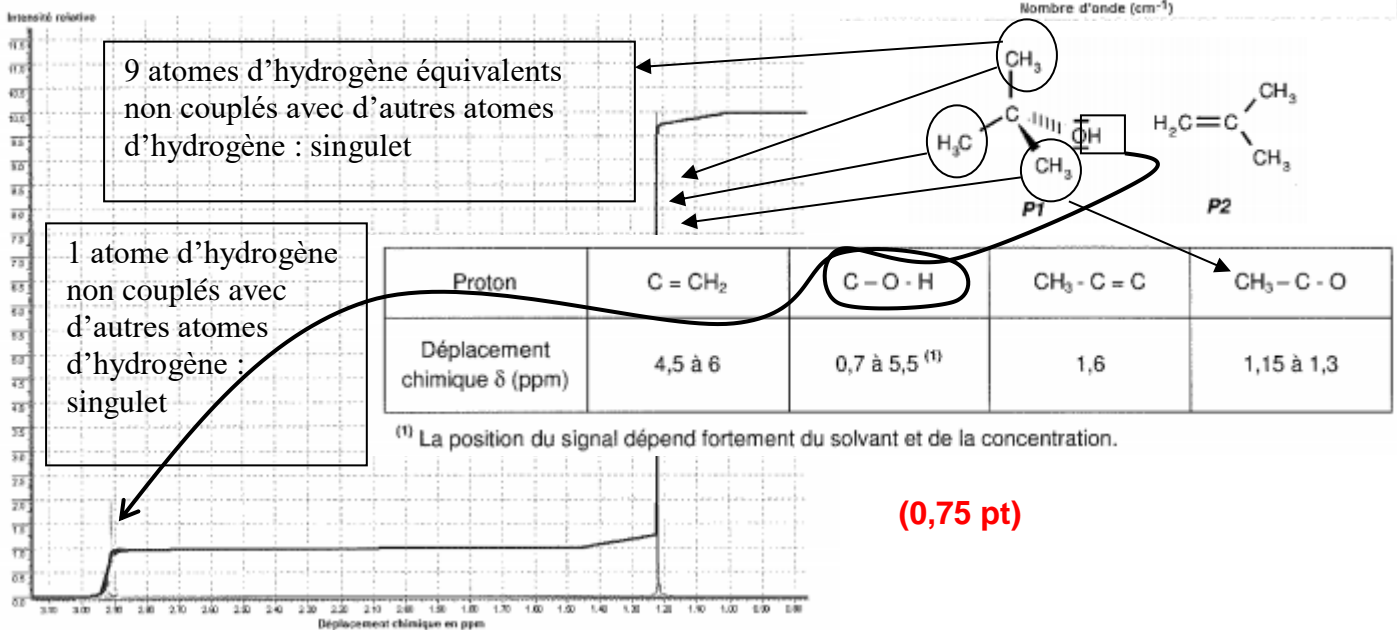
Groupe C - H, C ayant 4 liaisons covalentes **présent**

Groupe C = C : **absent**

La spectroscopie IR permet d'identifier P1. **(0,75 pt)**



5. Le spectre de RMN permet d'identifier P1.



6. Comme le produit de la réaction est P1, la réaction étudiée est une **substitution**. **(0,25 pt)**

7. Écrivons l'équation de la réaction : $(\text{CH}_3)_3\text{CCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{COH} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$

Au cours de la réaction des ions apparaissent dans le milieu réactionnel, ainsi l'augmentation de la conductivité permet de suivre l'avancement de la réaction. **(0,25 pt)**

PARTIE 2 : Étude de la cinétique de la réaction.

2.1. Pour l'expérience A₃, à la date t = 1200 s, on constate que la conductivité σ est devenue presque constante : la réaction est terminée. Or à cette même date, pour les expériences A₂ et A₃ la conductivité augmente encore. La durée de réaction est plus courte pour l'expérience A₃, ainsi la vitesse de réaction est plus élevée lorsque la température est plus forte. **(0,25 pt)**

Remarque : Le raisonnement ci-après a été donné par de nombreux candidats et accepté comme étant juste, mais il n'est pas rigoureusement correct car l'énoncé indique que K est une constante qui dépend de la température.

Pour une durée de 1200 s, $\sigma_{A3} > \sigma_{A2} > \sigma_{A1}$ comme $\sigma = K \cdot x$ on en déduit que $x_{A3} > x_{A2} > x_{A1}$.

Pour une même durée, plus l'avancement est élevé et plus la vitesse de réaction est grande.

On constate que la vitesse de réaction est plus grande lorsque la température est plus élevée.

2.2. Pour l'expérience A₃, à la date t = 1200 s, on constate que la conductivité σ est devenue presque constante : la réaction est terminée. Or à cette même date, pour l'expérience B la conductivité augmente encore. La durée de réaction est plus courte pour l'expérience A₃, ainsi la vitesse de réaction est plus élevée lorsque la proportion eau / acétone est plus élevée. **(0,5 pt)**

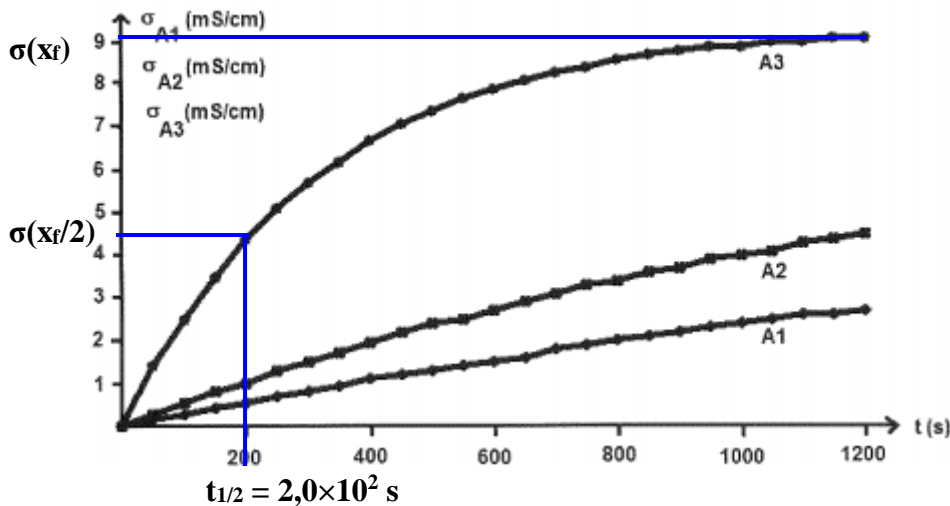
Remarque : Le raisonnement ci-après a été donné par de nombreux candidats et accepté comme étant juste, mais il n'est pas rigoureusement correct car l'énoncé indique que K est une constante qui dépend du mélange considéré.

$\sigma_B(t = 1200 \text{ s}) < \sigma_{A3}(t = 1200 \text{ s})$

La diminution de la proportion eau / acétone (Exp. B) a pour conséquence une diminution de la vitesse de réaction.

2.3. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale. **(0,25 pt)**

2.4.



PARTIE 3 : Cinétique relativiste.

1. Le temps propre est la durée mesurée dans le référentiel propre, c'est-à-dire dans le référentiel de l'engin spatial où les événements émission 1 et émission 2 du signal lumineux ont lieu au même endroit. **(0,5 pt)**

2. Les deux référentiels étudiés sont le référentiel propre qu'est l'engin spatial et le référentiel lié à la Terre (et aux balises). **(0,25 pt)**

3. Δt_P durée propre et Δt_m durée mesurée. **(0,25 pt)**

4. Δt_P mesurée dans l'engin spatial et Δt_m mesurée dans le référentiel lié à la Terre. **(0,25 pt)**

5. Pour mesurer Δt_P une seule horloge suffit, les événements début de la réaction et $x(t = t_{1/2})$ ont lieu au même endroit. **(0,25 pt)**

6.
$$\frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{(0,80 \cdot c)^2}{c^2} = 1 - 0,80^2 \text{ donc } \gamma^2 = \frac{1}{1 - 0,80^2} \text{ soit } \gamma = \sqrt{\frac{1}{1 - 0,80^2}} \text{ donc } \gamma = 1,7 \text{ (0,25 pt)}$$

or $\Delta t_m = \gamma \cdot \Delta t_p$

$$\text{A.N. : } \Delta t_m = \left(\sqrt{\frac{1}{1 - 0,80^2}} \right) \times 1000 \text{ soit } \Delta t_m = 1,7 \times 10^3 \text{ s (0,25 pt)}$$

7. $\Delta t_m > \Delta t_p$.

La vitesse du vaisseau spatial est très élevée et proche de celle de la lumière, elle entraîne une dilatation des durées pour un observateur situé dans le référentiel lié à la Terre. (0,25 pt)

8. La dilatation des durées est constatée expérimentalement avec des particules cosmiques que sont les muons. Leur durée de vie est plus grande mesurée sur Terre que dans leur référentiel propre. (0,25 pt)

EXERCICE 2 : TOUT SUR L'ACIDE ASCORBIQUE... (7,5 points)

PARTIE 1 : Dosage par titrage de l'acide ascorbique par suivi pH-métrique.

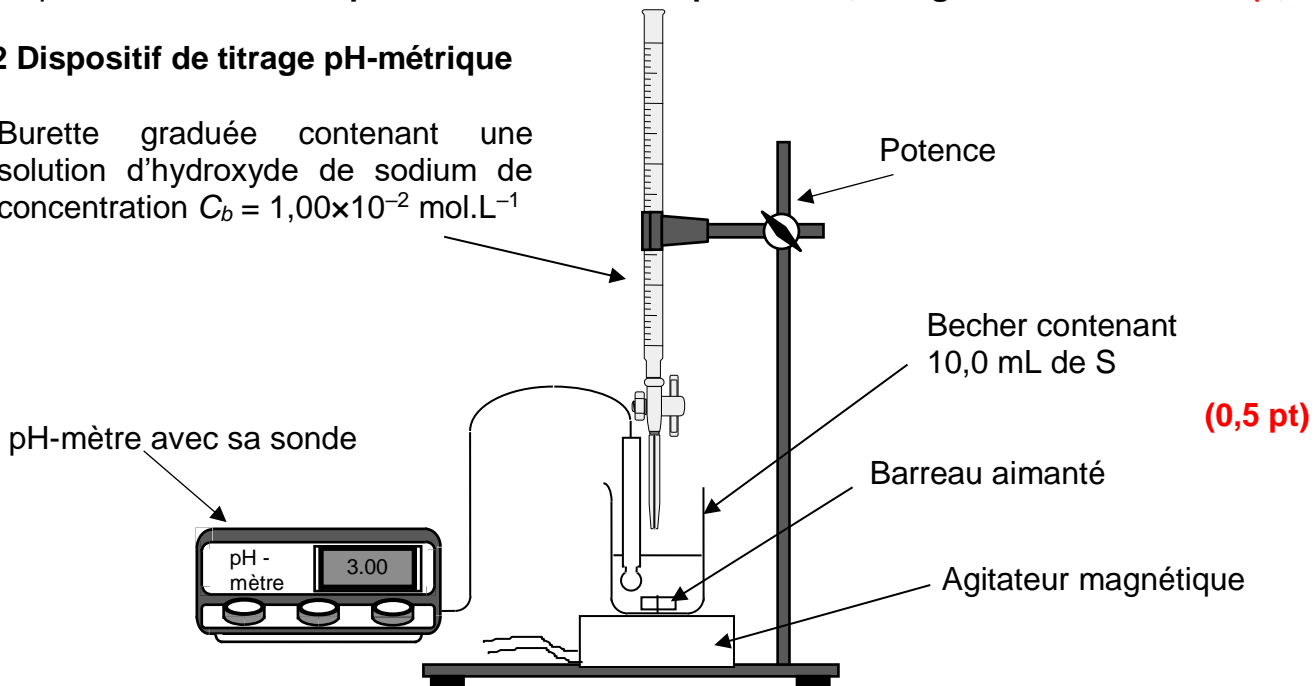
1. La soude étant une base forte, alors $pH = pK_e + \log C_b$ où C_b est la concentration molaire de la solution d'hydroxyde de sodium.

A.N. : $pH = 14,0 + \log (1,00 \times 10^{-2}) = 12,0$ Cette solution est très basique. (0,25 pt)

Ce pH étant élevé, il faut **porter des lunettes de protection, des gants et une blouse.** (0,25 pt)

2 Dispositif de titrage pH-métrique

Burette graduée contenant une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$



3. Le réactif titré est l'acide ascorbique AH (acide), le réactif titrant est HO^- (base présente dans la solution d'hydroxyde de sodium). (0,25 pt)

L'équation de la réaction support de titrage est : $AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ (0,25 pt)

4. Pour déterminer la masse d'acide ascorbique contenue dans le comprimé, il faut exploiter le protocole complet et ses résultats :

À l'équivalence, le réactif titré AH et le réactif titrant HO^- ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation de titrage : il n'en reste donc plus.

$$\text{À l'équivalence : } \frac{n(AH)_{\text{titré}}}{1} = \frac{n(HO^-)_{\text{versé}}}{1} \text{ (0,25 pt)}$$

$$n(AH)_{\text{titré}} = C_b \cdot V_E$$

On détermine le volume à l'équivalence par la méthode des tangentes parallèles sur l'ANNEXE :

$V_E = 13,6 \text{ mL}$ (voir ci-après) (pts sur annexe)

Masse d'acide ascorbique dans la prise d'essai de $V_A = 10,0 \text{ mL}$:

$$m(AH)_{\text{titré}} = n(AH)_{\text{titré}} \cdot M(AH) = C_b \times V_E \times M(C_6H_8O_6) \text{ (0,25 pt)}$$

Le comprimé a été dissous dans $V_S = 200,0$ mL d'eau distillée, la fiole jaugée contient donc

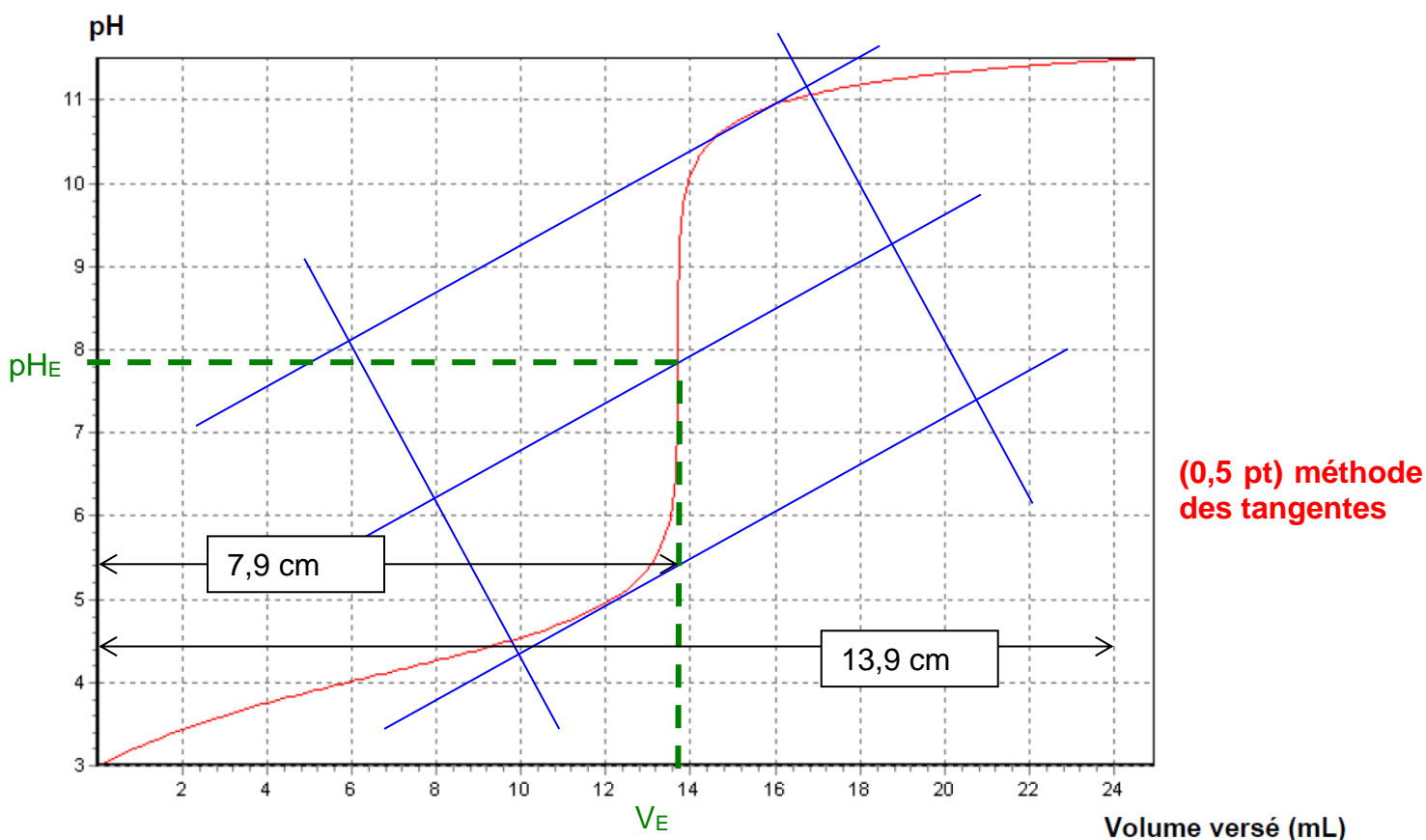
$$\frac{V_S}{V_A} = \frac{200,0}{10,0} = 20,0 \text{ fois plus d'acide que la prise d'essai.}$$

$$m(AH)_{\text{comprimé}} = m(AH)_{\text{titré}} \cdot \frac{V_S}{V_A} \quad (0,25 \text{ pt})$$

$$m(AH)_{\text{comprimé}} = C_b \cdot V_E \cdot M(C_6H_8O_6) \cdot \frac{V_S}{V_A}$$

$$\text{A.N. : } m(AH)_{\text{comprimé}} = 1,00 \times 10^{-2} \times 13,6 \times 10^{-3} \times (6 \times 12,0 + 8 \times 1,0 + 6 \times 16,0) \times \frac{200,0}{10,0}$$

$$\text{soit } m(AH)_{\text{comprimé}} = 0,479 \text{ g} = 479 \text{ mg} \quad (0,25 \text{ pt})$$



En faisant un rapport d'échelle :

13,9 cm	24,0 mL
7,9 cm	V_E

$$\text{donc } V_E = \frac{7,9 \times 24,0}{13,9} = 13,6 \text{ mL} \quad (0,25 \text{ pt})$$

5. La masse obtenue est proche de la valeur indiquée par le fabricant (500 mg).

$$\text{Calculons l'écart relatif : } e\% = \frac{|m(AH)_{\text{titré}} - m(AH)_{\text{théorique}}|}{m(AH)_{\text{théorique}}} \times 100$$

$$\text{A.N. : } e\% = \frac{|479 - 500|}{500} \times 100 \text{ soit } e\% = 4,2\% \quad (0,25 \text{ pt})$$

Étant inférieur à 5 %, cet écart relatif est acceptable.

Cependant, plusieurs sources d'erreurs sont possibles :

- Perte de solide lors du broyage dans le mortier et du transvasement dans la fiole jaugée,
- Trait de jauge des fioles jaugées (200,0 mL et 10,0 mL) mal repérés,
- Erreur sur la concentration C_b de la solution titrante,
- Imprécision lors de la détermination du volume à l'équivalence par une méthode graphique. (0,5 pt)

6. Si l'acide ascorbique est un acide fort, sa réaction avec l'eau est totale : $AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_3O^+$
 Dans ce cas, $[H_3O^+] = C_A$ et donc $pH = -\log C_A$ (0,25 pt) où C_A est la concentration apportée en acide ascorbique.

$$\text{Or la concentration apportée en acide ascorbique est : } C_A = \frac{n(AH)_{\text{comprimé}}}{V_S} = \frac{n(AH)_{\text{titré}}}{V_A} = \frac{C_b \cdot V_E}{V_A} \quad (0,25 \text{ pt})$$

Ainsi, si l'acide ascorbique est un acide fort, $pH = -\log\left(\frac{C_B \cdot V_E}{V_A}\right)$

A.N. : $pH = -\log\left(\frac{1,00 \times 10^{-2} \times 13,6}{10,0}\right)$ soit $pH = 1,87$ (0,25 pt)

À l'aide de la courbe du titrage, on lit pour $V = 0$, donc avant l'ajout de solution titrante, $pH = 3,0$.
Le pH expérimental (3,0) étant supérieur à la valeur théorique, l'acide ascorbique est un acide faible.
La solution contient moins d'ions H_3O^+ que prévu. (0,25 pt)

PARTIE 2 : Autres méthodes de dosage par titrage.

1. Utilisation d'un indicateur coloré :

Un indicateur coloré est adapté à un titrage pH-métrique si le pH à l'équivalence est inclus dans sa zone de virage.

Ici, $pH_E = 7,8$; on pourra utiliser le rouge de crésol qui virera du jaune (teinte acide au début du titrage car $pH < 7,2$) au rouge (teinte basique quand $pH > 8,8$). (0,25 pt)

2. Titrage conductimétrique :

2.1. D'après l'équation support du titrage, on a vu qu'à l'équivalence : $\frac{n(AH)_{\text{titré}}}{1} = \frac{n(HO^-)_{\text{versé}}}{1}$

$C'_A \cdot V'_A = C'_B \cdot V_E$ où C'_A est la concentration molaire de la solution titrée d'acide ascorbique,
 V'_A est le volume de solution S' titré,
 C'_B est la concentration molaire de la solution titrante d'hydroxyde de sodium,
 V_E le volume versé à l'équivalence.

$V_E = \frac{C'_A \times V'_A}{C'_B}$ donc $V_E = \frac{6 \times 10^{-3} \times V'_A}{1,00 \times 10^{-1}}$ soit $V_E = 6 \times 10^{-2} \times V'_A$ (0,25 pt)

D'après la verrerie disponible, V'_A vaut au maximum 25,0 mL, alors on aurait $V_E = 6 \times 10^{-2} \times 25,0$ soit $V_E = 1,5$ mL.

Ce volume équivalent n'est pas assez élevé, il conduirait à une erreur relative trop grande.

(Exemple : une erreur de 0,1 mL relativement à $V_E = 15$ mL est faible, mais une même erreur de 0,1 mL relativement à $V_E = 1,5$ mL serait élevée). (0,5 pt)

Remarque : Il n'est pas correct d'utiliser la fiole jaugée de 250,0 mL pour délivrer précisément un volume. En effet, si on transvase son contenu dans un bécher pour le titrage, tout le liquide ne tombe pas dedans.

La fiole jaugée porte la mention « In » pour volume intérieur.

La verrerie qui délivre un volume précis porte la mention « Ex » pour Expurger, comme par exemple une burette ou une pipette.

2.2. Afin d'obtenir un volume équivalent V_E plus élevé, il est nécessaire d'utiliser une solution d'hydroxyde de sodium moins concentrée. Par exemple dix fois moins concentrée ainsi $V_E = 15$ mL. (0,25 pt)

Protocole du titrage conductimétrique :

On prélève, à l'aide d'une pipette jaugée, 25,0 mL de la solution d'acide ascorbique.

On verse ces 25,0 mL dans un grand bécher puis on ajoute un important volume d'eau distillée. L'ensemble est placé sous agitation magnétique.

On place la cellule du conductimètre dans la solution d'acide ascorbique.

On remplit la burette avec la solution d'hydroxyde de sodium diluée 10 fois ($C''_B = 1,00 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹).

On verse mL par mL la solution titrante et on relève la valeur de la conductivité σ du mélange réactionnel.

On trace la courbe $\sigma = f(V)$, avec V volume de la solution d'hydroxyde de sodium.

On modélise les deux parties de la courbe par des fonctions affines.

Le volume équivalent correspond à l'abscisse du point d'intersection des deux droites modélisées. (0,5 pt)

2.3. L'équation de la réaction support de titrage est : $AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ (0,25 pt)

On rappelle que seuls les ions participent à la conductivité d'une solution.
En négligeant les effets de la dilution lors des ajouts de solution titrante :

Avant l'équivalence : À chaque fois qu'une molécule AH est consommée par un ion HO⁻, un ion spectateur Na⁺ est ajouté au milieu réactionnel et un ion A⁻ se forme.
La solution devient de plus en plus concentrée en ions, sa conductivité augmente.
On obtient une droite de pente positive. **(0,25 pt)**

Seule la courbe 1, présente une droite positive pour $V < V_E$.
La courbe 1 correspond à ce titrage. (0,25 pt)

Facultatif :

Au-delà de l'équivalence: Il n'y a plus de molécules AH. La concentration en ion HO⁻ et Na⁺ augmente après chaque ajout (et celle de A⁻ ne varie pas) donc la conductivité augmente.

On obtient une droite de pente positive.

Cependant, avant l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due à Na⁺ et A⁻ tandis qu'après l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due à Na⁺ et HO⁻.

Comme les ions OH⁻ conduisent mieux le courant que les ions A⁻ ($\lambda(\text{HO}^-) > \lambda(\text{A}^-)$), la pente de la droite est encore plus élevée. Ceci confirme le choix de la courbe 1

EXERCICE 3 : AH ! LE CAMPING... (5 points)

1. Questions préalables

1.1. Le Soleil transmet de la chaleur à la plaque noire et au vitrage du capteur thermique par **rayonnement**.

Le serpentin en cuivre transmet sa chaleur à l'eau du ballon par **conduction**. Il y a contact entre ces deux corps.

Enfin, au sein du ballon, l'eau chaude se met en mouvement vers le haut du ballon. La chaleur se répartit dans le ballon par **convection**. **(0,75 pt)**

1.2. Consommation d'eau chaude : $V_{\text{eau}} = 75 \times 50$ soit $V_{\text{eau}} = 3750$ L et donc $V_{\text{eau}} = 3,75$ m³
D'après la fiche technique du ballon, celui-ci contient $V_{\text{ballon}} = 750$ L donc le nombre de ballons d'eau chaude est $N = \frac{75 \times 50}{750}$ soit $N = 5$ ballons. **(0,25 pt)**

L'énergie interne de l'eau doit varier de $\Delta U = m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times \Delta \theta$.

$$\Delta U = \rho \times V_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times \Delta \theta.$$

$$\text{A.N. : } \Delta U = 1000 \times 3,75 \times 4180 \times (65 - 17) \text{ soit } \Delta U = 7,5 \times 10^8 \text{ J}$$

Comme 1 Wh = 3600 J, alors 1 kWh = 3600×10^3 J = $3,600 \times 10^6$ J, on a $\Delta U (\text{kWh}) = \frac{\Delta U (\text{J})}{3,600 \cdot 10^6}$

soit $\Delta U (\text{kWh}) = E = 2,09 \times 10^2$ kWh = $2,1 \times 10^2$ kWh avec 2 CS pour M panneaux. (0,5 pt)

Rg: inutile de convertir la température en Kelvin, lorsqu'il s'agit d'une variation de température car $(65 - 17) = ((65+273,15) - (17+273,15))$.

2. Synthèse (3,5 pts)

En s'appuyant sur les documents et les connaissances acquises, rédiger, en une quinzaine de lignes maximum, un projet détaillant les conditions optimales d'implantation des panneaux solaires nécessaires au chauffage sanitaire moyen journalier ; on précisera le nombre de panneaux nécessaires.

Pistes pour préparer la synthèse :

Analyser tous les documents et extraire les informations pertinentes.

- on connaît les besoins énergétiques journaliers du camping : $2,1 \times 10^2$ kWh (question 1.2.).

- la fiche technique nous indique la surface d'un capteur solaire : $2,7$ m².

- la carte de France nous indique l'énergie surfacique reçue par jour (dans les conditions optimales) : entre $4,2$ kWh/m² et $4,4$ kWh/m² au niveau du camping à Valence (cf. justification page 8).

- le cercle « rendement » nous permet de déduire l'énergie solaire utile reçue par jour en fonction de l'orientation et de l'inclinaison des capteurs et donc de choisir le meilleur emplacement possible entre les 2 proposés sur les plans d'implantation (cf. page 8).

Synthèse :

Afin de pouvoir assurer les besoins énergétiques en eau chaude sanitaire d'un camping situé à Valence dont la capacité d'accueil est de 50 campeurs, nous commencerons par déterminer où placer les capteurs solaires de façon optimale, puis combien de panneaux seront dans ce cas suffisants afin de contenter le propriétaire du camping.

Pour l'emplacement des panneaux, nous avons deux choix sont possibles :

- le bâtiment A orienté OUEST dont le toit est incliné à 60° (cf. doc.5) de rendement moyen 70 % (cf.doc.4).
- le bâtiment B orienté SUD OUEST 15° SUD (* calculs en page 8 : non fournis avec la synthèse) dont le toit est incliné à 30° (cf. doc.5) de rendement moyen 100 % (cf.doc.4).

Sans contrainte sur la superficie disponible sur chaque toit, **nous choisirons donc le bâtiment B** avec un rendement moyen de 100 %.

De plus, le rendement dû au positionnement des panneaux solaires étant optimal (100 %), chaque m^2 de panneau reçoit 4,2 kWh d'énergie solaire en moyenne par jour (cf. doc.3).

Or un panneau a une surface $S = 2,7 m^2$, donc reçoit $E = 2,7 \times 4,2 = 11,34$ kWh.

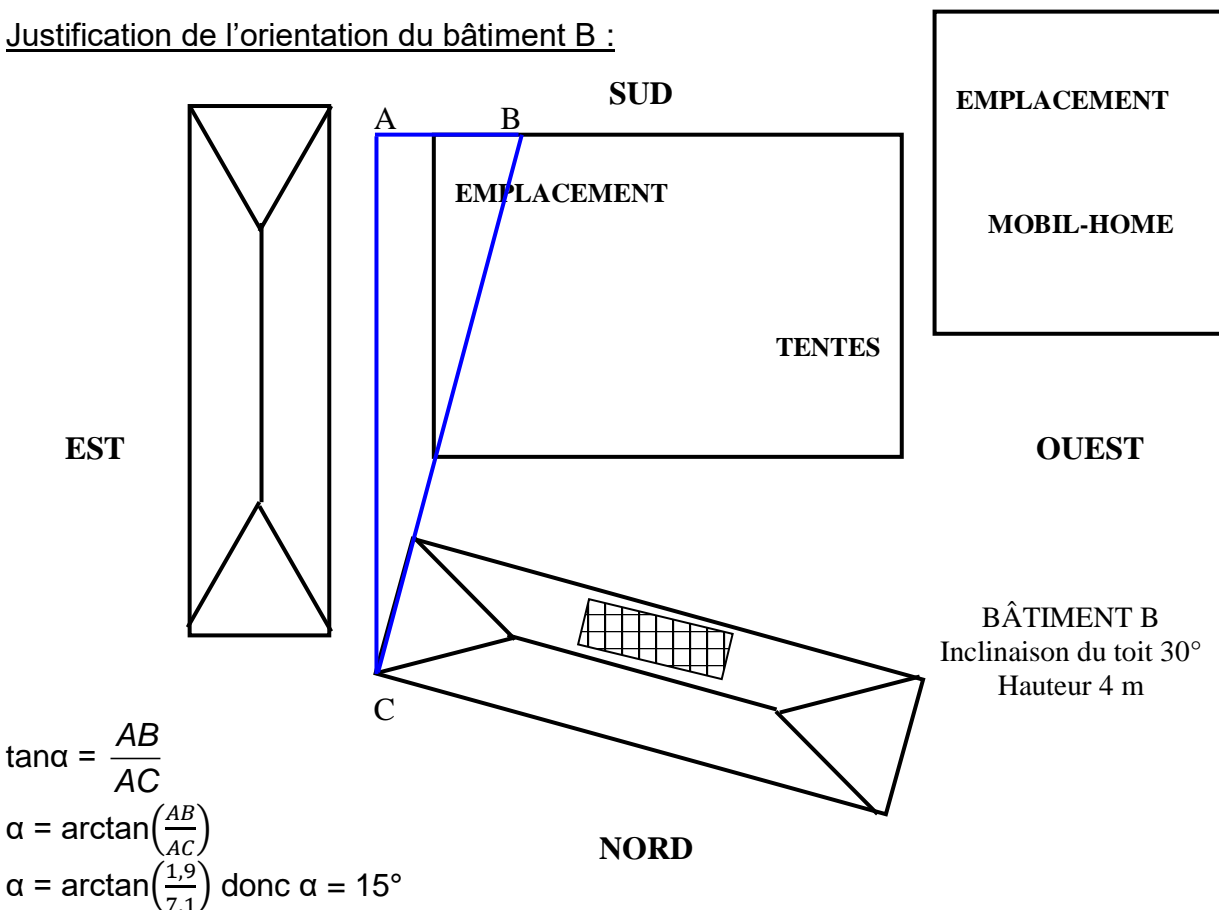
Pour finir et par proportionnalité, nous déterminons le nombre de panneaux N, requis pour fournir l'énergie au chauffage des 5 ballons, sachant que pour M panneaux nous avons $E = 2,1 \times 10^2$ kWh (cf.

1.2). Donc $M = \frac{1 \times 2,1 \cdot 10^2}{11,34}$ doit $M = 18,4$ panneaux que l'on arrondit à l'entier supérieur donc on devra utiliser **19 panneaux solaires**. (Calcul effectué avec les valeurs non arrondies)

Pour conclure, Il faudra donc s'assurer que la surface correctement exposée du bâtiment B soit capable d'accueillir les 19 panneaux.

Rq : Les justifications fournies à la page suivante ne sont pas à donner dans la synthèse.

Justification de l'orientation du bâtiment B :



Justification des valeurs des rendements :

