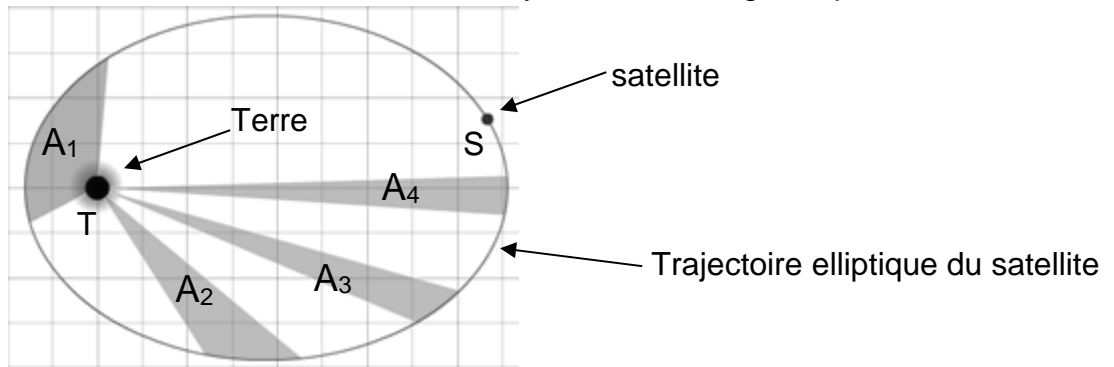


1. Mouvements des satellites SPOT et Météosat

1.1. La deuxième loi de Kepler (aussi nommée loi des aires) indique que le rayon vecteur \overline{TS} , reliant le centre de la Terre au satellite, balaye des aires égales pendant des durées égales.



Les aires grisées A_1 , A_2 , A_3 et A_4 sont égales.

1.2. La deuxième loi de Kepler indique que pour une durée donnée, les aires balayées par le rayon vecteur sont égales.

Les satellites SPOT et Météosat ont une orbite circulaire, donc le rayon de leur trajectoire est constant.

Cela implique que les longueurs d'arcs balayés pendant cette durée sont égales.

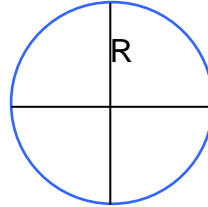
Ainsi la vitesse des satellites est constante.

Les satellites ont un mouvement **circulaire** et **uniforme**.

Ex : Pendant une durée $\Delta t = \frac{1}{4} T$ où T représente la période de révolution du satellite, le satellite

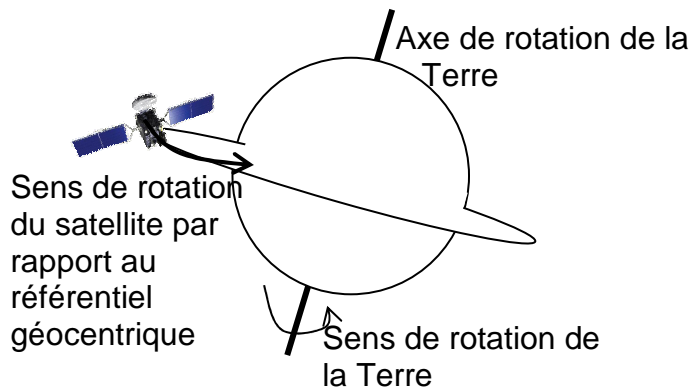
parcourt la distance $d = \frac{\pi}{2} \cdot R$ (*).

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot R}{\frac{T}{4}} = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot R \cdot 4}{T} = \frac{2\pi R}{T} = \text{Cte}$$



(*): Donnée du sujet : Longueur d d'un arc de cercle de rayon R et d'angle α (exprimé en radian) :
 $d = \alpha \cdot R$.

1.3. Météosat est un satellite géostationnaire, il tourne autour de la Terre avec le même sens de rotation que celui de la Terre sur elle-même.



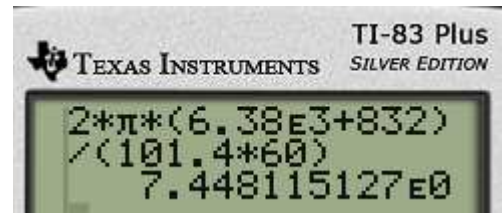
Ainsi il paraît immobile par rapport à un point de référence à la surface de la Terre.

1.4. SPOT possède une orbite circulaire décrite en une période de $T_S = 101,4$ min et il est situé à l'altitude $h_S = 832$ km.

Le rayon de sa trajectoire est $R = R_T + h_S$

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T_S} = \frac{2\pi(R_T + h_S)}{T_S}$$

$$v = \frac{2\pi \times (6,38 \times 10^3 + 832)}{101,4 \times 60} = 7,45 \text{ km.s}^{-1}$$



1.5. Troisième loi de Kepler dans le cas général d'un satellite terrestre en mouvement elliptique :

« Le rapport du carré de la période de révolution T du satellite autour de la Terre au cube du demi-grand axe de l'ellipse est constant. »

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{Cte.}$$

T période de révolution du satellite autour de la Terre, en s
 a demi-grand de l'ellipse, en m.

1.6. Les satellites étudiés ont des orbites circulaires, ainsi le demi-grand axe a est égal au rayon de la trajectoire $R + h$.

T_M période de Météosat, h_M altitude de Météosat

T_S période de SPOT, h_S altitude de SPOT

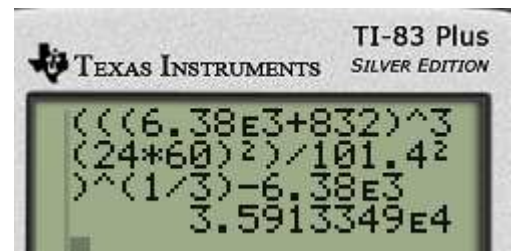
$$\frac{T_M^2}{(R_T + h_M)^3} = \frac{T_S^2}{(R_T + h_S)^3}$$

$$(R_T + h_M)^3 = \frac{(R_T + h_S)^3 \cdot T_M^2}{T_S^2}$$

$$R_T + h_M = \sqrt[3]{\frac{(R_T + h_S)^3 \cdot T_M^2}{T_S^2}}$$

$$h_M = \sqrt[3]{\frac{(R_T + h_S)^3 \cdot T_M^2}{T_S^2}} - R_T$$

$$h_M = \sqrt[3]{\frac{(6,38 \times 10^3 + 832)^3 \cdot (24 \times 60)^2}{101,4^2}} = 3,59 \times 10^4 \text{ km}$$



T_M et T_S doivent être exprimées dans la même unité, par exemple en min.

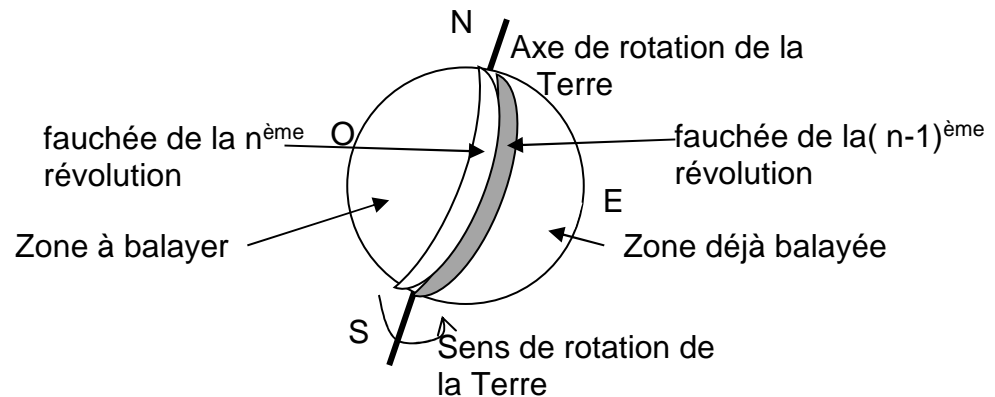
Météosat étant géostationnaire sa période de révolution est égale à la période de rotation de la Terre sur elle-même, considérée égale à 24 h.

2. SPOT en mode panchromatique

2.1. Chaque pixel d'une largeur de 10 m correspond à un seul détecteur.

Il y a 6000 détecteurs, donc proportionnellement la fauchée a une largeur de $6000 \times 10 = 6,0 \times 10^4 \text{ m} = \mathbf{60 \text{ km}}$ (= plusieurs dizaines de kilomètres).

2.2. Le document 1 indique le sens de rotation de la Terre.



L'orbite est héliosynchrone, c'est-à-dire que l'angle entre le plan de l'orbite et la direction du Soleil est quasi-constant.

La fauchée correspondant à la $n^{\text{ème}}$ révolution de SPOT se situe **davantage à l'ouest** de la Terre.

2.3. SPOT effectue une révolution en 101,4 min.

La Terre tourne de 360° en $24 \times 60 \text{ min}$

Elle tourne de α° en 101,4 min

$$\text{Ainsi } \alpha = \frac{360 \times 101,4}{24 \times 60} = 25,35^\circ, \text{ soit avec deux chiffres significatifs } \alpha = 25^\circ$$

Lorsque la Terre fait un tour complet soit une rotation de 360° , la fauchée se déplace de $2\pi R_T$.

Lorsque la Terre tourne de $25,35^\circ$, la fauchée se déplace seulement de d .

$$d = \frac{2\pi \times 6,38 \times 10^3 \times 25,35}{360} = \mathbf{2,82 \times 10^3 \text{ km}}$$

2.4. SPOT repasse toutes les $101,4/2$ minutes aux pôles. Ce sont les parties du globe les plus fréquemment « couvertes » par SPOT au cours d'un cycle orbital.

2.5. D'après le document 1 « tous les 26 jours le satellite observe à nouveau la même région terrestre ».

En $T = 101,4 \text{ min}$ SPOT effectue une révolution

En $\Delta t = 26 \text{ jours} = 26 \times 24 \times 60 \text{ min}$ SPOT effectue N révolutions

$$N = \frac{\Delta t}{T}$$

$$N = \frac{26 \times 24 \times 60}{101,4} = \mathbf{3,7 \times 10^2 \text{ révolutions.}}$$

La question 2.3. indique que la fauchée s'est déplacée de $2,82 \times 10^3 \text{ km}$ à l'équateur en une révolution. Mais une fauchée ne fait que 60 km de large, et à chaque révolution du satellite, la zone terrestre observée n'est pas la même ce qui explique que plusieurs centaines de révolution soient nécessaires pour balayer la surface entière de la Terre.

2.6. La végétation réfléchit bien mieux le proche IR que le rouge. Elle doit paraître plus claire en proche IR (image 2) qu'en rouge (image1).

Toutes les zones claires sur l'image 2 mais sombres sur l'image 1 sont dues à de la végétation.

D'autre part, l'eau possède dans tous les cas une réflectance faible, les zones qui apparaissent sombre sur les deux images doivent correspondre à de l'eau.

Pour finir, la réflectance des sols nus est presque identique dans les deux gammes de longueur d'onde, les zones qui ont environ la même luminosité doivent correspondre à du sol nu.

Avec une seule image, il n'aurait pas été possible de repérer les différentes zones avec certitude.

PS : Sur la partie inférieure gauche de l'image 1, on voit une large zone claire qui correspond à un flux intense. Sur cette même partie de l'image 2, cette zone paraît sombre, elle correspond alors à un flux plus faible. Seule l'eau possède une réflectance supérieure dans le rouge par rapport au proche infrarouge. Cette zone serait de l'eau ?? Pourtant la réflectance de l'eau devrait conduire à la voir de couleur sombre ??

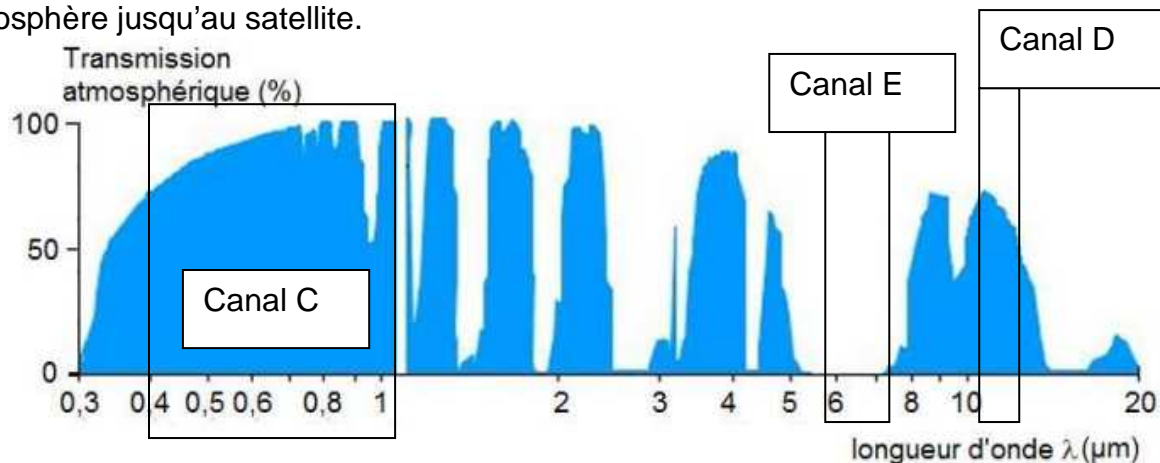
Ou alors cette zone n'est ni de l'eau, ni de la végétation, ni du sol nu. Bizarre cette zone paraissait pourtant bien naturelle ??

Vous avez des idées sur cette zone ? Contactez nous labolycee@labolycee.org ! Merci d'avance.

3. Les trois canaux de Météosat

3.1. La courbe de transmission des radiations électromagnétiques par l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde λ montre que la gamme de longueurs d'onde du canal E (entre 5,7 et 7,1 μm) n'est pas transmise par l'atmosphère. Les ondes captées par le radiomètre sur ce canal ne peuvent pas provenir de la surface de la Terre.

Pour les canaux C et D, les gammes de longueurs d'onde sont bien transmises du sol à travers l'atmosphère jusqu'au satellite.



3.2. Le canal D a pour fonction de nous renseigner sur la température des nuages et de la surface terrestre. Comme vu précédemment la gamme de longueurs d'onde de ce canal permet la transmission depuis le sol vers le satellite à travers l'atmosphère.

D'autre part la gamme de longueurs d'onde choisie doit être en accord avec ces températures.

En utilisant la loi de Wien, on peut calculer la gamme de température qui correspond à la gamme de longueurs d'onde du canal D.

$$T = \frac{2,90 \times 10^3}{\lambda_{\max}} \quad \text{avec } 2,90 \times 10^3 \text{ en } \mu\text{m.K}$$

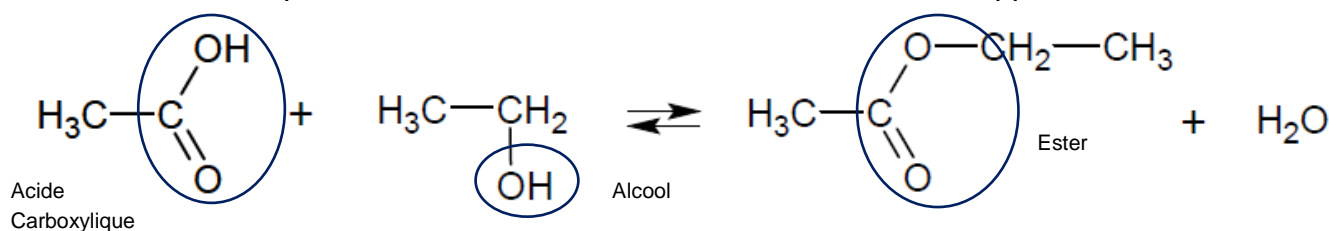
$$\text{Pour } \lambda_{\max} = 10,5 \mu\text{m}, \text{ alors } T_1 = \frac{2,90 \times 10^3}{10,5} = 276 \text{ K} = 3^\circ\text{C}$$

$$\text{Pour } \lambda_{\max} = 12,5 \mu\text{m}, \text{ alors } T_2 = \frac{2,90 \times 10^3}{12,5} = 232 \text{ K} = -41^\circ\text{C}$$

Le satellite peut détecter des corps dont la température varie entre -41°C et 3°C . Cette gamme de température paraît plutôt faible par rapport aux températures du sol terrestre.

1. Réaction de synthèse

1.1. Réécrivons l'équation de réaction avec des formules semi-développées :



1.2. L'acétate d'éthyle se nomme **éthanoate d'éthyle** en nomenclature officielle.

2. Protocole expérimental

2.1. C'est le montage B (chauffage à reflux) qui convient au protocole proposé. Les autres montages sont des distillations (fractionnée A ou simple C).

2.2. Étape 1 : **Synthèse** de l'ester.

Étape 2 : **Extraction** de l'ester.

Étape 3 : **Purification** de l'ester.

2.3. - L'acide sulfurique est un **catalyseur** de la réaction (sa présence réduit la durée de la réaction), en effet le protocole demande d'en ajouter mais celui-ci n'apparaît pas dans l'équation de la réaction.

- Le chauffage à reflux sert à **réduire la durée de réaction** (facteur cinétique : température) tout en évitant les pertes par ébullition (les vapeurs se condensent et retombent dans le milieu réactionnel).

- Le mélange avec de l'eau salée permet de réaliser une **extraction liquide-liquide**, c'est-à-dire de séparer l'ester du milieu réactionnel car celui-ci est peu soluble dans l'eau salée tandis que les acides, l'alcool et l'eau sont très solubles dans l'eau salée.

- L'ajout d'une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium permet **d'éliminer les traces d'acides** (acétique et sulfurique) restant dans la phase organique selon l'équation de réaction : $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2(\text{aq})$ (d'où un dégagement gazeux de CO_2)

3. Rendement

3.1. Par définition du rendement : $\eta = \frac{n(\text{produit})_{\text{exp}}}{n(\text{produit})_{\text{max}}}$ ici $\eta = \frac{n(\text{ester})_{\text{exp}}}{n(\text{ester})_{\text{max}}}$

Détermination de $n(\text{ester})_{\text{exp}}$

Expérimentalement, on a récupéré un volume d'ester $V(\text{ester}) = 5,9 \text{ mL}$

$$\text{Donc } n(\text{ester})_{\text{exp}} = \frac{m(\text{ester})_{\text{exp}}}{M(\text{ester})} = \frac{\rho(\text{ester}) \cdot V(\text{ester})}{M(\text{ester})} \quad (\text{AN : non demandée ici})$$

Détermination de $n(\text{ester})_{\text{max}}$ (c'est-à-dire si la transformation était totale)

Il faut d'abord déterminer le réactif limitant :

Le mélange initial est un mélange équimolaire de 0,10 mol d'acide acétique et 0,10 mol d'éthanol donc les réactifs sont introduits dans les proportions stoechiométriques (1 pour 1 ici d'après l'équation). Les deux réactifs sont limitants.

On en déduit que $n(\text{ester})_{\text{max}} = n(\text{acide})_i = n(\text{alcool})_i = 0,10 \text{ mol}$.

$$\text{Calcul du rendement : } \eta = \frac{\rho(\text{ester}) \cdot V(\text{ester})}{M(\text{ester}) \cdot n(\text{acide})_i} = \frac{\rho(\text{ester}) \cdot V(\text{ester})}{M(\text{ester}) \cdot n(\text{acide})_i}$$

$$\eta = \frac{0,925 \times 5,9}{88,1 \times 0,10} = 0,62 = 62 \% \quad (\text{ce qui est cohérent pour une transformation limitée (double}$$

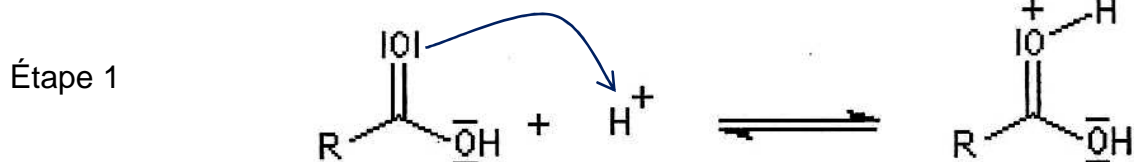
flèche dans l'équation de réaction)

3.2. Le rendement n'est pas égal à la proportion d'éthanol consommé au cours de la transformation car il faut tenir compte des pertes lors des étapes 2 et 3.

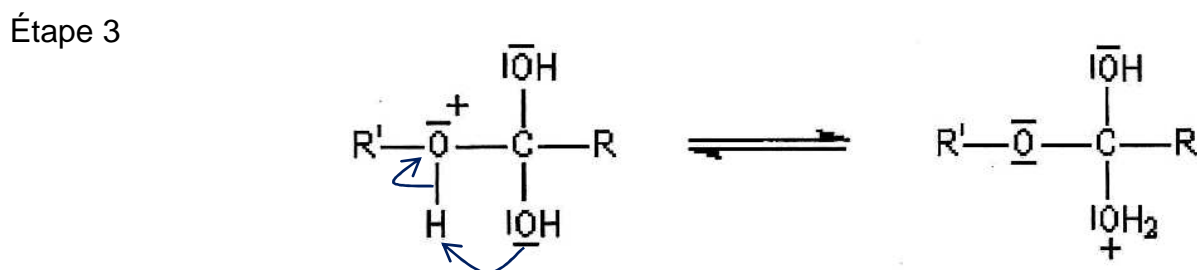
4. Mécanisme réactionnel

4.1. Par identification avec l'équation du 1.1 : R est CH₃ et R' est C₂H₅.

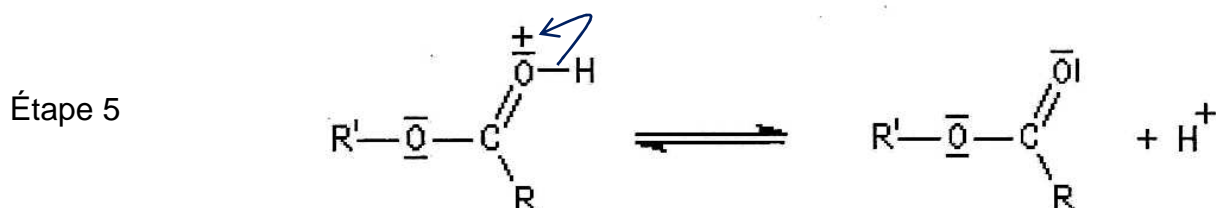
4.2. Les flèches courbes représentent un transfert de doublet d'électrons d'un site donneur vers un site accepteur.



Étape 2 : rien à ajouter



Étape 4 : rien à ajouter



4.3. L'étape 2 dans le sens direct est une réaction d'**addition** (2 réactifs et un seul produit).

L'étape 4 dans le sens direct est une réaction d'**élimination** (un seul réactif et 2 produits).

4.4. D'après le mécanisme proposé, on constate que les ions H⁺ jouent le rôle de catalyseur de cette synthèse car ils modifient le mécanisme réactionnel en étant consommés (étape 1) puis régénérés (étape 5).

1.1. D'après les données : - le pH d'un lait, même non frais, est supérieur à 5,2.

- le pK_a du couple acide lactique / ion lactate : $pK_a (C_3H_6O_3 / C_3H_5O_3^-) = 3,9$

Ainsi, quelle que soit la fraîcheur du lait, le $pH > pK_a$ (acide lactique / ion lactate) donc l'ion lactate est l'espèce prédominante du couple acide/base.

1.2. On utilise une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) pour doser l'acidité du lait : **l'espèce titrante est donc la base HO^- .**

D'après l'énoncé : *On admettra que l'acidité du lait est uniquement due à l'acide lactique.*

Donc **l'espèce titrée est l'acide lactique $C_3H_6O_3$.**

L'équation de la réaction support du titrage est donc : $C_3H_6O_{3(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_3H_5O_{3(aq)}^- + H_2O$

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

D'après la courbe de titrage pH-métrique similaire donnée, le pH à l'équivalence est environ égal à 8 ce qui confirme le choix de la phénolphthaléine (les deux autres indicateurs changeraient de teinte avant l'équivalence).

Remarque : la courbe de titrage n'étant pas en ANNEXE, elle n'était pas à rendre et donc la détermination rigoureuse du pH à l'équivalence par la méthode des tangentes parallèles est non exigée ici. De plus, la taille de la courbe n'aurait pas permis une détermination précise.

1.4. La phénolphthaléine appartient à un couple acide/base dont les deux formes ont une couleur différente. Sa forme acide réagit donc avec la base HO^- lors du titrage et augmente donc légèrement le volume à l'équivalence.

Il est ainsi nécessaire d'en verser très peu (« 2 gouttes ») pour ne pas fausser le titrage.

1.5. Pour savoir si le lait dosé est frais, il faut déterminer son degré Dornic (c'est-à-dire la masse d'acide lactique dans un litre de lait) et donc exploiter les résultats du titrage réalisé par le technicien.

Récapitulatif :

Espèce titrée : acide lactique du lait

Espèce titrante : l'ion hydroxyde

Volume titré : $V_{titré} = 10,0 \text{ mL}$

Volume versé à l'équivalence : $V_E = 2,1 \pm 0,1 \text{ mL}$

Concentration molaire C_A inconnue

Concentration molaire $C_B = 0,111 \text{ mol.L}^{-1}$

L'équivalence d'un titrage est définie par le changement de réactif limitant.

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

On peut donc écrire :
$$\frac{n(\text{acide lactique})_{titré}}{1} = \frac{n(HO^-)_{versé}}{1}$$

$$\text{Soit } C_A \cdot V_{titré} = C_b \cdot V_E$$

$$\Leftrightarrow C_A = \frac{C_b \cdot V_E}{V_{titré}} \quad (\text{concentration molaire})$$

Or la concentration massique t et la concentration molaire sont liées par la relation : $t = C_A \cdot M_A$

$$\text{Donc : } t = \frac{C_b \cdot V_E}{V_{\text{titré}}} \cdot M(\text{acide lactique})$$

$$\text{AN : } t = \frac{0,111 \times 2,1}{10,0} \times (3 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 3 \times 16,0) = \mathbf{2,1 \text{ g.L}^{-1}}$$

D'après la définition du degré Dornic, le lait titré a une acidité de **21 °D**.

Il n'est donc **pas frais** car son acidité Dornic est **supérieure à 18 °D**.

1.6. On peut être étonné de la valeur particulière de la concentration de la soude Dornic ($0,111 \text{ mol.L}^{-1}$) mais celle-ci a été choisie pour déterminer facilement l'acidité Dornic : en effet, comme $C_B \cdot M(\text{acide lactique}) = 10$, on constate que pour un volume à l'équivalence de $2,1 \text{ mL}$, la concentration massique en acide lactique est $2,1 \text{ g.L}^{-1}$ et donc son acidité Dornic est 21 °D .

En titrant avec de la soude Dornic, il suffit de multiplier le volume à l'équivalence par 10 pour déterminer l'acidité Dornic ce qui est fort pratique.

2. Détermination de la teneur en ions chlorure

2.1. Espèce titrée : les ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ Espèce titrante : les ions argent $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$

L'équation support du titrage est : $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(\text{s})}$

2.2. Le changement de pente correspond à l'équivalence, c'est-à-dire au changement de réactif limitant.

Avant l'équivalence : A chaque fois qu'un ion Cl^- réagit avec un ion Ag^+ , un ion spectateur NO_3^- tombe dans le bécher. C'est comme si un ion NO_3^- remplaçait un ion Cl^- . Comme les ions Cl^- ont une meilleure conductivité molaire ionique ($\lambda(\text{Cl}^-) > \lambda(\text{NO}_3^-)$), la conductivité σ du milieu diminue. On obtient ici une droite de pente négative.

Après équivalence: Il n'y a plus d'ions Cl^- . La concentration en ion Ag^+ et NO_3^- augmente donc la conductivité augmente. On obtient une droite de pente positive.

Conclusion : c'est la proposition 3 qui convient pour ce titrage.

2.3. Pour déterminer si le lait est mammiteux, il faut déterminer sa concentration massique en ions chlorure en exploitant les résultats du titrage.

Récapitulatif :

Espèce titrée : les ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$

Espèce titrante : les ions argent $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$

Volume titré : $V_{\text{titré}} = 20,0 \text{ mL}$

Volume versé à l'équivalence : $V_E = 11,6 \pm 0,1 \text{ mL}$

Concentration C_A inconnue

Concentration $C_B = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

D'après la définition de l'équivalence (cf 1.5.) : À l'équivalence : $\frac{n(\text{Cl}^-)_{\text{titré}}}{1} = \frac{n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}}}{1}$

$$\text{Soit } C_A \cdot V_{\text{titré}} = C_b \cdot V_E \Leftrightarrow C_A = \frac{C_b \cdot V_E}{V_{\text{titré}}} \quad (\text{concentration molaire})$$

$$\text{Or } t = C_A \cdot M_A \quad \text{donc : } t = \frac{C_b \cdot V_E}{V_{\text{titré}}} \cdot M(\text{Cl}^-)$$

$$\text{A.N. : } t = \frac{5,00 \times 10^{-2} \times 11,6 \times 35,5}{20,0} = 1,03 \text{ g.L}^{-1}$$

Le lait étudié **n'est donc pas «mammiteux»** car sa concentration massique en ions chlorure est comprise entre $0,8 \text{ g.L}^{-1}$ et $1,2 \text{ g.L}^{-1}$.

Bac S 2014 Pondichéry Spécialité Exercice III : Eau potable ou non ? (5 points)
CORRECTION © <http://labolycee.org>

Questions préalables :

Les étudiants ont effectué des dilutions en ajoutant une solution tampon de pH = 10,4. Dans ces conditions expérimentales, pH > pKa alors le PNP est essentiellement sous forme de sa base conjuguée C₆H₄NO₃⁻.

Sur le document2, il convient de regarder le spectre d'absorption du PNP en milieu basique. Ce spectre 2 montre un maximum d'absorbance dans le visible aux alentours de λ = 400 nm.

Résolution de problème

Il s'agit de déterminer la concentration massique en PNP de l'eau à l'aide d'une étude spectrophotométrique, puis de la comparer à la valeur maximale autorisée par l'agence américaine EPA.

Les étudiants ont préparé une gamme de solutions étalons afin de mettre en œuvre la loi de Beer-Lambert.

Déterminons les concentrations massiques de ces solutions obtenues par dilution.

Solution mère :

V_i voir tableau

C₀ = 100 mg.L⁻¹

Solution fille : S_i

V = 100,0 mL

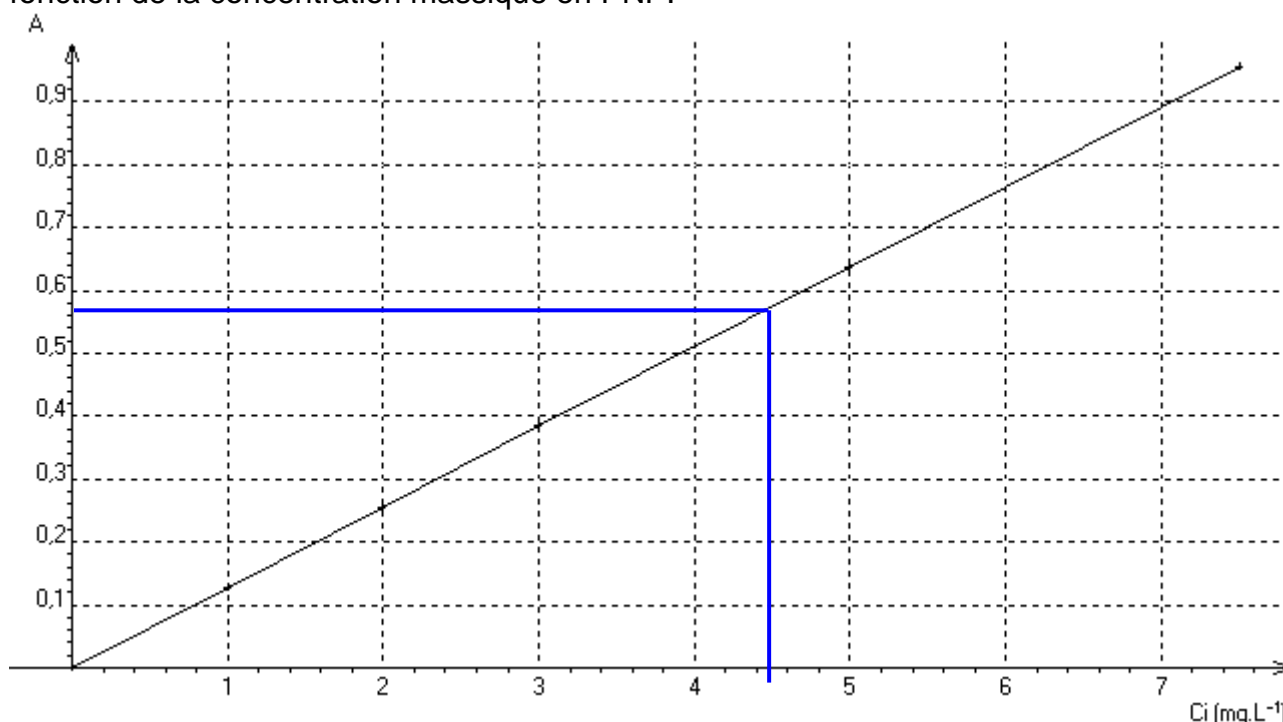
C_i = ?

Au cours de la dilution, la masse de PNP se conserve donc V_i.C₀ = V.C_i

Ainsi C_i = $\frac{V_i \cdot C_0}{V}$, avec les valeurs numériques on a C_i = $\frac{V_i \times 100}{100,0}$ = V_i.

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
V _i (mL)	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5
C _i (en mg.L ⁻¹)	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5
A	0,128	0,255	0,386	0,637	0,955

À partir de leurs résultats expérimentaux, traçons la courbe représentative de l'absorbance en fonction de la concentration massique en PNP.



Cette courbe est une droite passant par l'origine, ce qui est conforme à la loi de Beer-Lambert.

Pour déterminer la concentration massique C' en PNP de la solution S' , on lit l'abscisse du point d'ordonnée $A' = 0,570$.

On lit $C' = 4,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

La solution S' a été obtenue en mélangeant 50,0 mL de solution S et 50,0 mL de solution tampon.

Solution mère : S

$C = ?$

$V = 50,0 \text{ mL}$

$C.V = C'.V'$

Soit $C = \frac{C'.V'}{V}$

$$C = \frac{4,5 \times 100}{50,0} = 9,0 \text{ mg.L}^{-1}.$$

Cette solution S est 100 fois plus concentrée en PNP que l'eau avant évaporation donc

$C_E = \frac{C}{100}$, où C_E est la concentration massique en PNP de l'eau.

$$C_E = \frac{9,0}{100} = 9,0 \times 10^{-2} \text{ mg.L}^{-1} = 9,0 \times 10^{-2} \times 10^3 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1} = \mathbf{90 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}}$$

Le seuil fixé par l'agence américaine de protection environnemental EPA est $60 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. La valeur obtenue expérimentalement pour l'eau étudiée est supérieure à ce seuil, **elle n'est donc pas potable sur le continent américain.**