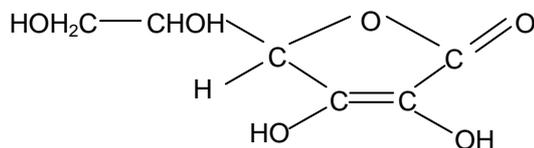


Nom Prénom

Durée : 2 heures Il faut lire l'énoncé **Attention à la rédaction !!!** (Certaines réponses devront être justifiées)

Tout résultat et toute réponse devront être justifiés

Exercice 1 (4,5 pts) : Le fruit de la rose ou de l'églantier est nommé cynorhodon. Il est très utilisé en phytothérapie pour prévenir la fatigue et renforcer les défenses immunitaires. Il contient des tanins, les vitamines A et B et il est aussi très riche en vitamine C ou acide ascorbique. On trouve en pharmacie de l'extrait de cynorhodon sous forme de gélules. La formule de l'acide ascorbique est :



Dans la suite de l'exercice, on notera l'acide ascorbique sous la forme AH, acide du couple AH/A⁻. On désire comparer l'apport en vitamine C d'une gélule de cynorhodon, produit naturel, avec celui d'un comprimé de type Laroscorbine 500[®], produit de synthèse.

Pour cela, on détermine par titrage, la quantité d'acide ascorbique présente dans une gélule.

Protocole expérimental

On dissout dans l'eau, le contenu d'une gélule de cynorhodon dans une fiole jaugée de 100,0 mL. Puis, on réalise le titrage pH-métrique du contenu de la fiole à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire C_b = 0,10 mol.L⁻¹.

Données

Masses molaires atomiques : M_H = 1,0 g.mol⁻¹ ; M_C = 12,0 g.mol⁻¹ ; M_O = 16,0 g.mol⁻¹.

Questions

1°) Calculer la masse molaire moléculaire de l'acide ascorbique notée M_{AH}.

2°) Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

3°) L'équivalence acido-basique.

3.1°) Définir par une phrase l'équivalence acido-basique.

3.2°) Donner la relation entre les quantités de matière des réactifs introduits à l'équivalence.

4. Le suivi du titrage permet le tracé de la courbe fournie en **annexe**.

4.1°) En précisant la méthode employée, déterminer les coordonnées du point d'équivalence de ce titrage.

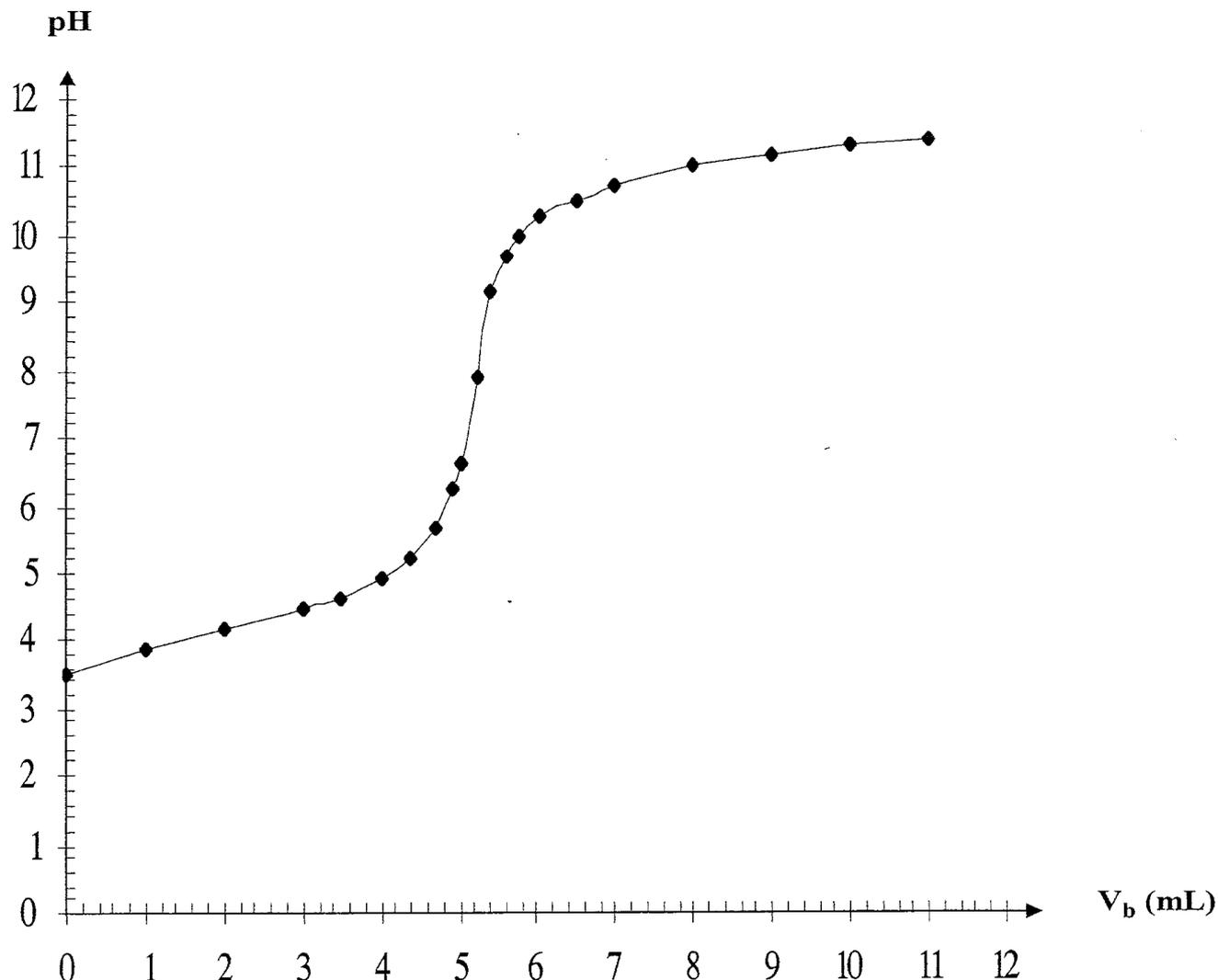
4.2°) En déduire la quantité de matière en acide ascorbique n_{AH} contenue dans une gélule de cynorhodon.

4.3°) En déduire la masse m_{AH} d'acide ascorbique présente dans une gélule.

4.4°) Un comprimé de Laroscorbine 500[®] contient 500 mg d'acide ascorbique. Quel est, entre la gélule de cynorhodon et le comprimé de Laroscorbine, le composant le plus riche en vitamine C ?

ANNEXE

Évolution du pH en fonction du volume de solution d'hydroxyde de sodium ajouté



Exercice 2 (7,5 pts) : On se propose de déterminer les masses en ions chlorure présents dans un lait.

DOSAGE PAR CONDUCTIMÉTRIE :

- 1.1°) On prélève un volume $V_0 = 20,0$ mL de lait (solution S_0) et on les introduit dans une fiole jaugée de volume $V_S = 100,0$ mL. On complète avec de l'eau distillée et on homogénéise pour obtenir une solution S , de concentration C_S . Quel rapport existe entre la concentration C_0 de la solution S_0 et la concentration C_S de la solution S ? (Justifier par un calcul).
- 1.2°) On verse un volume $V_1 = 10,0$ mL de la solution S dans un bécher et on y ajoute environ 250 mL d'eau distillée. Indiquer précisément le protocole à suivre pour prélever 10,0 mL de solution S (matériel utilisé, manipulations à effectuer).
- 1.3°) On plonge ensuite dans le bécher une cellule conductimétrique. Initialement et après chaque ajout, mL par mL, d'une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C_2 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ on détermine la conductivité du milieu réactionnel. Indiquer, sur un schéma annoté, le dispositif expérimental à mettre en place.

Le suivi conductimétrique du dosage permet d'obtenir la courbe d'évolution de la conductivité σ du milieu réactionnel en fonction du volume V_2 de la solution de nitrate d'argent versé (**document N°1 donné en ANNEXE N°2, à rendre avec la copie**). La transformation chimique, rapide, met uniquement en jeu les ions chlorure et les ions argent selon l'équation de réaction :



Rappel : Le chlorure d'argent AgCl est un solide blanc, pratiquement insoluble dans l'eau, qui noircit à la lumière.

1.4°) Quelle est l'origine de la conductivité initiale de la solution ?

1.5°) En utilisant les valeurs des conductivités molaires ioniques données ci-dessous, interpréter la variation de la valeur de la conductivité σ du milieu réactionnel au cours du dosage.

$$\text{À } 25^\circ\text{C} : \lambda(\text{Cl}^-_{(\text{aq})}) = 76,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \lambda(\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}) = 71,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \lambda(\text{Ag}^+_{(\text{aq})}) = 61,9 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1.6°) Quel événement correspond au point particulier apparaissant sur la courbe $\sigma = f(V_2)$?

1.7°) Déterminer, en utilisant cette courbe, le volume V_{2E} de solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence.

1.8°) Quelle est à l'équivalence la relation entre la quantité de matière en ions argent introduits et la quantité de matière en ions chlorure initialement présents ?

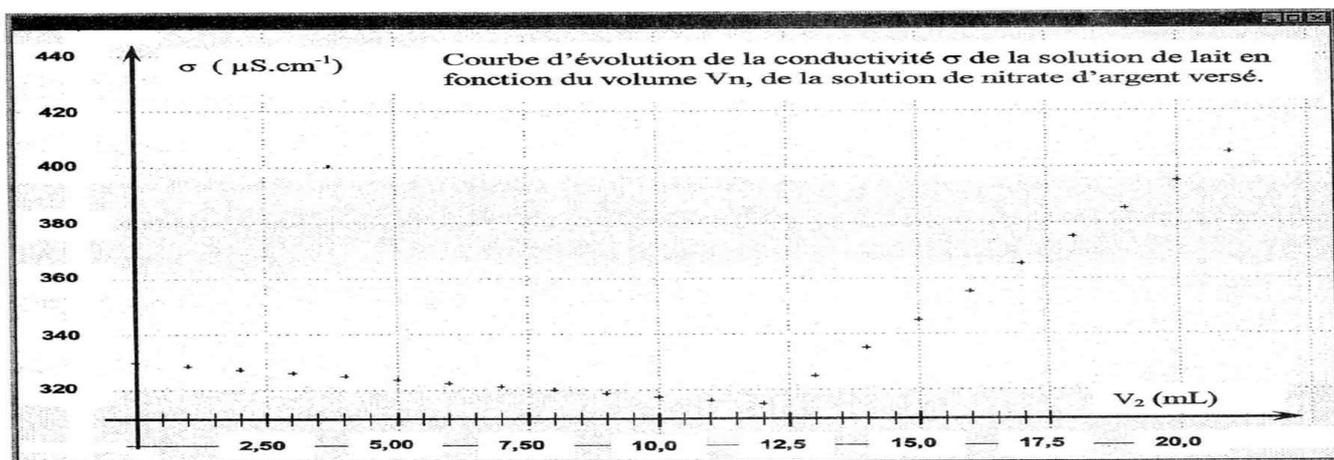
1.9°) En déduire la concentration molaire C_S en ions chlorure initialement présents dans la solution S, puis celle C_0 dans le lait.

1.10°) La masse d'ions chlorure présents dans un litre de lait doit être comprise entre 1,0 g et 2,0 g.

Calculer la masse d'ions chlorure présents dans le lait étudié et conclure.

Donnée : masse molaire des ions chlorure : $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

ANNEXE (A RENDRE AVEC LA COPIE) DOCUMENT N°1



Exercice 3 (8 pts) : En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens nous a livré ses premiers clichés des anneaux de Saturne. Elle a également photographié Titan, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance R_T de Saturne. L'excentricité orbitale des satellites étant très faible, on supposera leurs trajectoires circulaires.

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes. On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

Données :

- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ S.I.} :$ constante de gravitation universelle.
- Concernant Titan : $R_T = 1,22 \times 10^6 \text{ km}$ (rayon de l'orbite de Titan).
- Concernant Saturne : $R_S = 6,0 \times 10^4 \text{ km}$ (rayon de la planète Saturne).
- $T_s = 10 \text{ h } 39 \text{ min}$ (période de rotation de Saturne sur elle-même).
- $M_S = 5,69 \times 10^{26} \text{ kg}$ (masse de Saturne).

1°) **Quelques caractéristiques de Titan :**

1.1. Forces :

On considère que la seule force gravitationnelle exercée sur Titan provient de Saturne.

1.1.1°) Nommer la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) au satellite Titan, de masse M_T .

1.1.2°) Représenter qualitativement sur un schéma, Saturne, Titan, et la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) sur Titan.

1.1.3°) Donner l'expression vectorielle de cette (ces) force(s).

1.2. Accélération et vitesse :

On étudie le mouvement du centre d'inertie T de Titan. S est le centre d'inertie de Saturne.

Soit \vec{u} le vecteur unitaire porté par la droite ST dirigé de S vers T.

1.2.1°) Exprimer son accélération vectorielle \vec{a} en précisant la loi utilisée.

1.2.2°) On se place dans la base orthonormée (\vec{t}, \vec{n}) centrée en T dans laquelle \vec{t} est un vecteur unitaire porté par la tangente à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement et \vec{n} un vecteur unitaire perpendiculaire à \vec{t} et dirigé vers l'intérieur de la trajectoire ($\vec{n} = -\vec{u}$).

On donne l'expression de \vec{a} dans la base orthonormée (\vec{t}, \vec{n}) : $\vec{a} = a_t \vec{t} + a_n \vec{n}$.

Donner les expressions littérales de a_t et de a_n en fonction de la vitesse v du satellite.

1.2.3°) À quelle composante se réduit l'accélération vectorielle \vec{a} de Titan dans la base orthonormée (\vec{t}, \vec{n}) ? Compléter alors le schéma précédent, avec la base orthonormée (\vec{t}, \vec{n}) et l'accélération \vec{a} de Titan.

1.3. Type de mouvement :

1.3.1°) Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.

1.3.2°) Retrouver l'expression de la vitesse de Titan sur son orbite autour de Saturne : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R_T}}$

2° D'autres satellites de Saturne :

Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005.

On peut considérer que dans le référentiel saturno-centrique, Encelade à un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est $T_E = 1,37$ et le rayon est R_E .

2.1. Loi de Kepler : La relation qui lie la période T de révolution d'un satellite, sa vitesse v et le rayon R de son orbite est

$$T = \frac{2\pi R}{v} . \text{ Sa vitesse de révolution autour de Saturne est donnée par : } v = \sqrt{\frac{GM_S}{R}} .$$

2.1.1°) Retrouver la troisième loi de Kepler $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$.

2.1.2°) Utiliser la troisième loi de Kepler pour déterminer la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade.

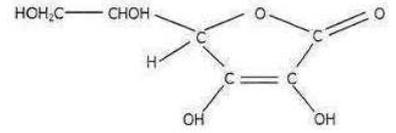
Correction

Exercice 1 (4,5 pts)

1. Formule brute de la vitamine C : $C_6H_8O_6$

Masse molaire de la vitamine C : $M(C_6H_8O_6) = 6 \times 12,0 + 8 \times 1,0 + 6 \times 16,0$

$$M(C_6H_8O_6) = 176,0 \text{ g.mol}^{-1}$$



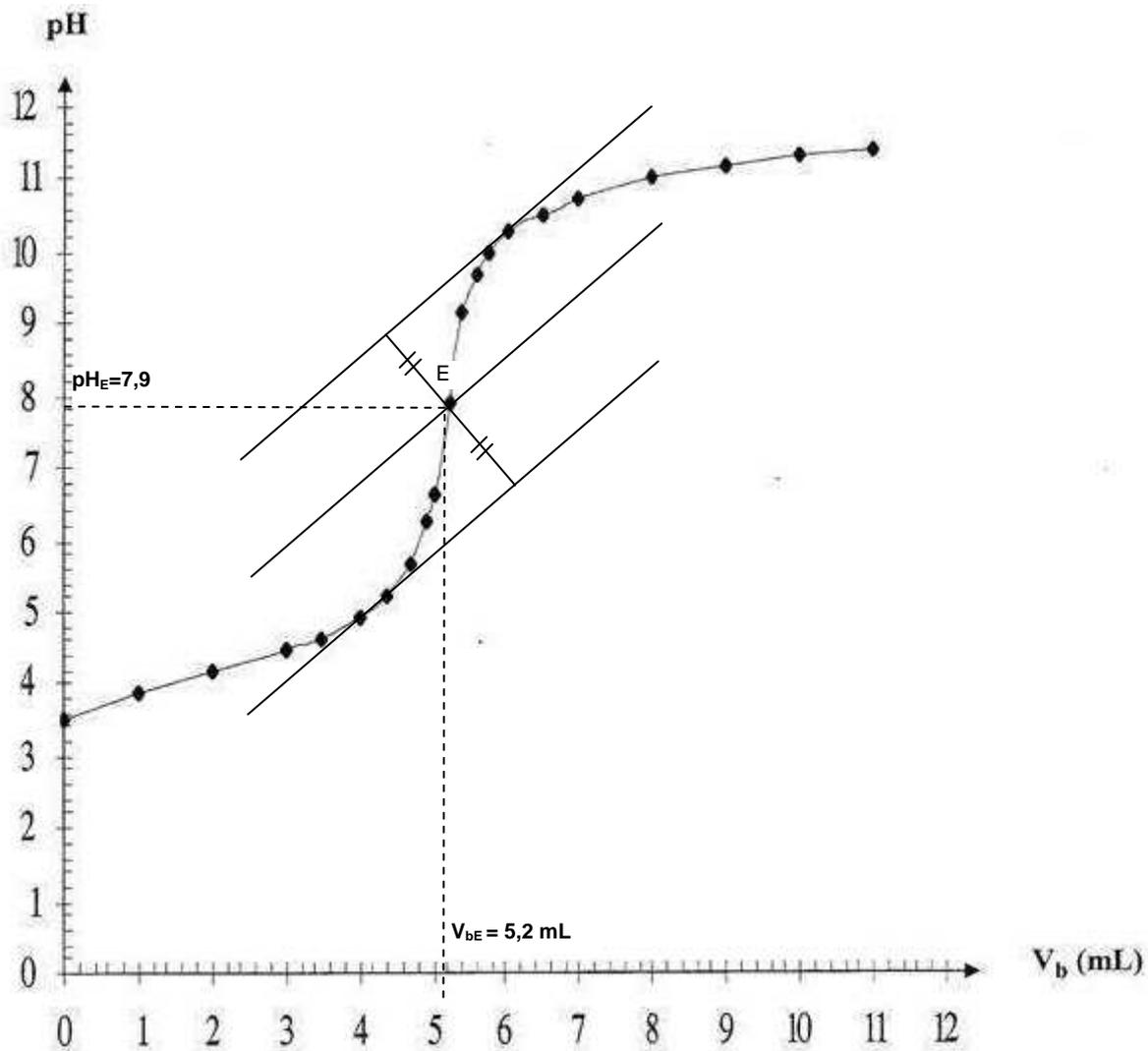
(0,5 pt valeur)

2. Équation de la réaction de support du titrage : $AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ **(0,5 pt formule)**

3.1. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation du titrage ou à l'équivalence il y a changement de réactif limitant. **(0,5 pt définition)**

3.2. À l'équivalence : $n(AH)_{\text{fiolle}} = n(HO^-)_{\text{versée}}$ **(0,5 pt relation)**

4.1. En utilisant la méthode des tangentes on obtient les coordonnées du point équivalent E ($V_{bE} = 5,2 \text{ mL}$; $pH_E = 7,9$) **(0,5 pt construction graphique + 0,5 pt coordonnées du point d'équivalence)=1 pt**



4.:

$$n_{AH} = 0,10 \times 5,2 \times 10^{-3}$$

$$n_{AH} = 5,2 \times 10^{-4} \text{ mol} \text{ **(0,5 pt la valeur)**}$$

4.3. $m_{AH} = n_{AH} \cdot M_{AH}$ $m_{AH} = 5,2 \times 10^{-4} \times 176 = 0,092 \text{ g} = 92 \text{ mg}$ **(0,5 pt la valeur)**

4.4. Un comprimé de Laroscorbine 500 contient **500 mg** de vitamine C; le comprimé est donc plus riche en vitamine C que la gélule de cynorhodon (500 mg > 92 mg). **(0,5 pt conclusion)**

Exercice 2 (7,5 pts) DOSAGE PAR CONDUCTIMETRIE :

1.1. Pour fabriquer la solution s on a effectué une dilution :

Solution mère S_0 : C_0 ; $V_0 = 20,0$ mL

Solution fille S: C_S ; $V_S = 100,0$ mL

Au cours de la dilution la quantité de matière de soluté se conserve, donc $C_0 \cdot V_0 = C_S \cdot V_S$

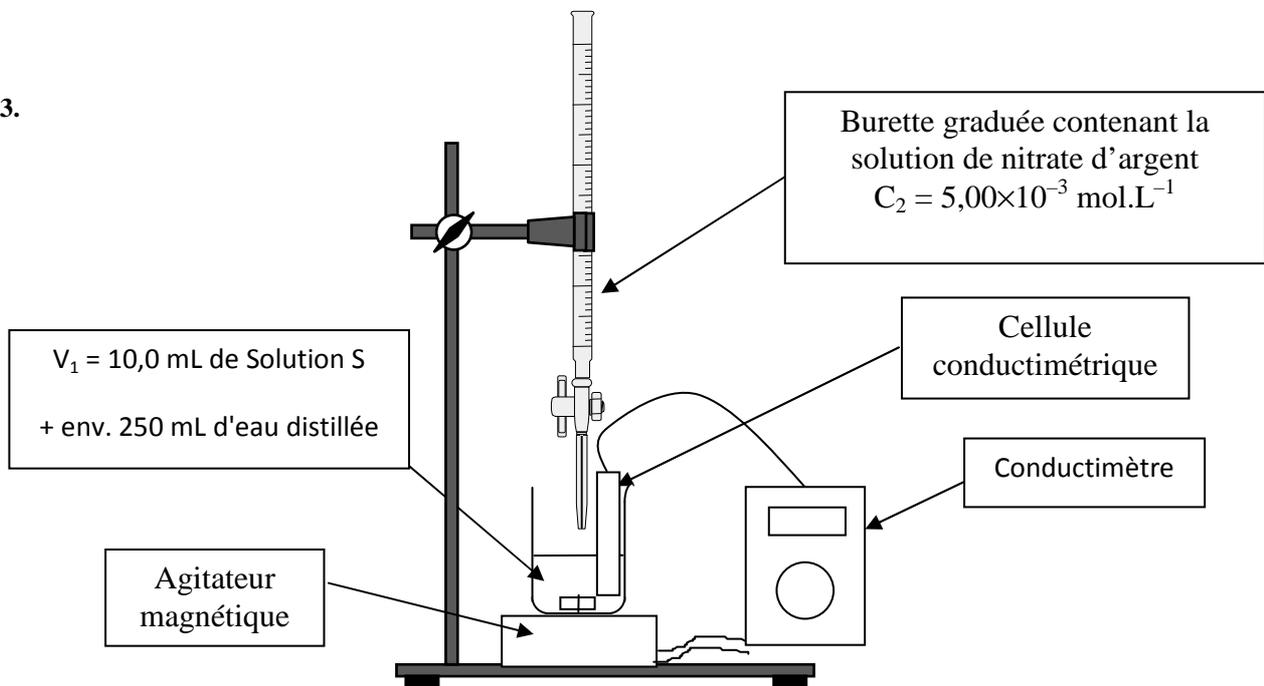
$$\frac{C_0}{C_S} = \frac{V_S}{V_0}$$

$$\frac{C_0}{C_S} = \frac{100,0}{20,0} = 5,00 \quad \text{La solution fille S est cinq fois moins concentrée que la solution mère } S_0 \text{ (0,25 pt formule$$

+ 0,25 pt calcul)=0,5 pt

1.2. On verse de la solution S dans un bécher, puis on prélève à l'aide d'une **pipette jaugée de 10,0 mL** munie d'un pipeteur de la solution que l'on verse dans un autre bécher. (On doit, préalablement, rincer la pipette jaugée à l'aide de la solution S).(0,25 pt le fait de verser de la solution mère +0,25 pt le fait de prélever avec une pipette jaugée de 10 mL)=0,5 pt

1.3.



0,5 pt schéma + 0,5 pt légende (-0,25 pt par oubli ou erreur)=1 pt

1.4. La conductivité initiale est due aux ions présents dans la solution S, c'est-à-dire les **ions chlorure** et des cations qui eux ne réagiront pas lors du titrage. (0,5 pt réponse juste Cl^- accepté)

1.5. Première partie, diminution de la conductivité du milieu réactionnel :

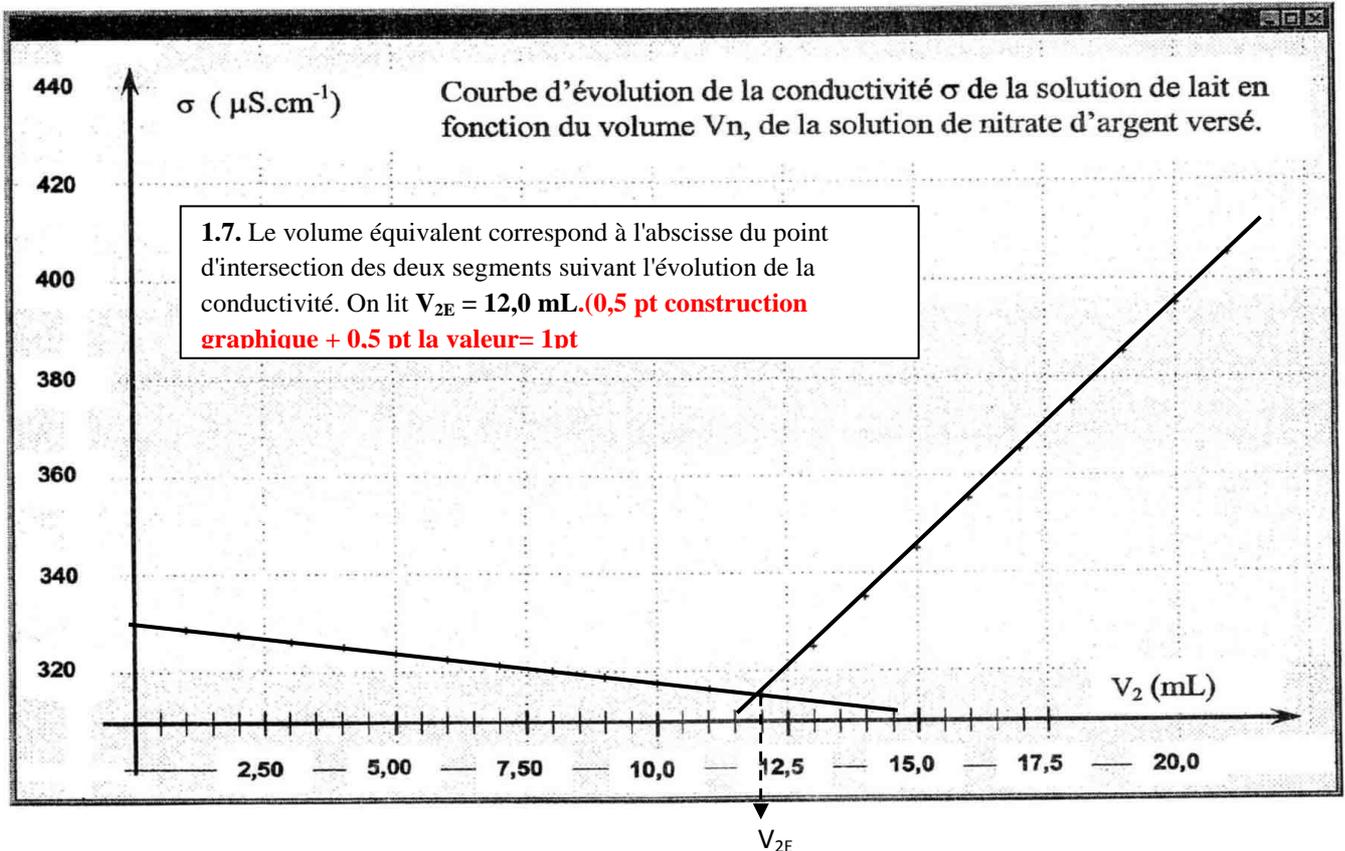
On ajoute des ions Ag^+ et NO_3^- dans le milieu. Les cations argent réagissent avec les anions chlorure. Ils forment un solide qui ne participe pas à la conductivité de la solution. La concentration en ions Cl^- diminue au fur et à mesure. La concentration en anions nitrate augmente au fur et à mesure. Tout se passe comme si les anions Cl^- étaient remplacés par des anions NO_3^- .

Comme $\lambda(NO_3^-(aq))$ est légèrement inférieure à $\lambda(Cl^-(aq))$, la conductivité diminue mais **faiblement** (0,25 pt justification +0, 25 pt décroissance de la conductivité)=0,5 pts

Deuxième partie, augmentation de la conductivité :

Quand tous les ions chlorure sont consommés, les ions Ag^+ et $NO_3^-(aq)$ ne réagissant plus, ils s'accumulent en solution. Leur concentration augmente, la conductivité va augmenter. (0,25 pt justification +0, 25 pt décroissance de la conductivité)=0,5 pts Total = 1 pt

1.6. La conductivité passe par un minimum, ce qui correspond à l'équivalence : tous les ions chlorure ont été consommés (0,5 pt notion d'équivalence).



1.8. A l'équivalence, tous les ions chlorure initialement présents ont été consommés par les ions argent, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques,

soit : $n(\text{Ag}^+_{(aq)})_{\text{versé}} = n(\text{Cl}^-_{(aq)})_{\text{initial}}$ (0,5 pt expression)

1.9. $C_2 \cdot V_{2E} = n(\text{Cl}^-_{(aq)})_{\text{initial}} = \frac{C_2 \cdot V_{2E}}{V_1}$

ATTENTION, cette quantité de matière est celle présente dans le volume V_1 de solution S utilisée, donc $n(\text{Cl}^-_{(aq)})_{\text{initial}} = C_S \cdot V_1$.

Ainsi $C_2 \cdot V_{2E} = C_S \cdot V_1$ donc $C_S = \frac{C_2 \cdot V_{2E}}{V_1}$

$C_S = \frac{5,00 \times 10^{-3} \times 12,0}{10,0} = 6,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ concentration molaire en Cl^- de la solution S initialement. Et d'après la

question 1.1. on a $\frac{C_0}{C_S} = \frac{V_S}{V_0}$ soit $C_0 = \frac{C_S \cdot V_S}{V_0}$ en remplaçant C_S par l'expression précédente, il vient $C_0 = \frac{C_2 \cdot V_{2E}}{V_1} \cdot \frac{V_S}{V_0}$ ou

$C_0 = 5 \cdot C_S = 5 \times 6,00 \cdot 10^{-3} = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

$C_0 = \frac{5,00 \times 10^{-3} \times 12,0}{10,0} \times \frac{100,0}{20,0} = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ concentration molaire en Cl^- dans le lait

(0,5 pt formule de C_S + 0,25 pt valeur de C_S puis 0,25 pt valeur de C_0) = 1 pt

1.10. Calculons la concentration massique t en ions chlorure du lait :

$t = C_0 \cdot M(\text{Cl}^-) = 3,00 \times 10^{-2} \times 35,5 = 1,07 \text{ g}$

$t = 1,07 \text{ g.L}^{-1}$

La masse obtenue est bien comprise entre 1,0 g et 2,0 g par litre de lait (0,5pt formule + 0.25 pt la valeur +0,25 pt)=1 pt

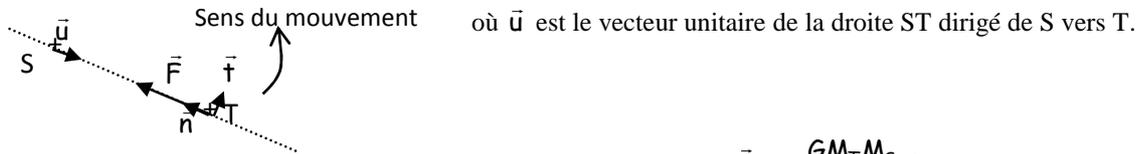
Exercice 3 (8 pts) :

1- Quelques caractéristiques de Titan :

1.1 Forces

1.1.1 Titan subit la force d'interaction gravitationnelle exercée par Saturne. (0,5 pt pour la force)

1.1.2 (0,25 pt schéma +0,25 pt vecteur force=0,5 pt)



1.2 Accélération et vitesse. 1.1.3 $\vec{F} = -\frac{GM_T M_S}{R_T^2} \vec{u}$ (0,5 pt expression vectorielle)

1.2.1 D'après la seconde loi de Newton, appliquée à Titan, réduit à son centre d'inertie T, dans le référentiel Saturno-centrique : $M_T \cdot \vec{a} = \vec{F}$ (\vec{F} étant la seule force subie par Titan).

Donc $M_T \cdot \vec{a} = -\frac{G.M_T.M_S}{R_T^2} \cdot \vec{u}$ donc $\vec{a} = -\frac{G.M_S}{R_T^2} \cdot \vec{u}$ (0,5 pt loi utilisé plus égalité vectorielle +0,5 pt expression de a)=1 pt

1.2.2 Pour Titan, en orbite circulaire de rayon R_T autour de Saturne, on a : $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{t} + \frac{v^2}{R_T} \cdot \vec{n}$

Donc : $a_t = \frac{dv}{dt}$ et $a_n = \frac{v^2}{R_T}$ (0,5 expression vectorielle de at +0,5 pt expression vectorielle de an)=1 pt

1.2.3 La force \vec{F} est centripète (colinéaire à \vec{n}), le vecteur accélération est lui aussi centripète. Il se réduit donc à la composante normale $a_n \vec{n}$. (0,5 pt justification +0,5 pt schéma)= 1 pt

1.3 Type de mouvement

1.3.1 Le vecteur accélération de Titan étant normal on a donc $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$, la valeur de la vitesse v de Titan est donc constante. Le mouvement de Titan autour de Saturne est uniforme. (0,25 pt justification +0,25 pt conclusion)=0,5 pt

1.3.2 D'après la deuxième loi de Newton on a : $\vec{a} = \frac{G.M_S}{R_T^2} \cdot \vec{n} = \frac{v^2}{R_T} \cdot \vec{n} \Leftrightarrow \frac{G.M_S}{R_T^2} = \frac{v^2}{R_T} \Leftrightarrow v^2 = \frac{G.M_S}{R_T} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{G.M_S}{R_T}}$

(0,5 pt démonstration +0,5 pt expression de v)=1 pt

2- D'autres satellites de Saturne :

2.1.1 Loi de Kepler

$$v = \frac{2\pi.R}{T} = \sqrt{\frac{G.M_S}{R}} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2.R^2}{T^2} = \frac{G.M_S}{R} \Leftrightarrow \frac{R^3}{T^2} = \frac{G.M_S}{4\pi^2} \Leftrightarrow \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_S}$$

=1 pt)

$$2.1.2 \frac{R^3}{T^2} = \frac{G.M_S}{4\pi^2} \Leftrightarrow R^3 = \frac{G.M_S}{4\pi^2} \cdot T^2 \Leftrightarrow R = \sqrt[3]{\frac{G.M_S}{4\pi^2} \cdot T^2}$$

$$\text{Soit : } R_E = \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,69 \times 10^{26}}{4\pi^2} \times (1,37 \times 3600 \times 24)^2} = 2,38 \times 10^8 \text{ m (0,5 pt expression de R + 0,5 pt valeur)=1 pt}$$