

CALCULATRICE autorisée en mode EXAMEN
ou CALCULATRICE type Collège

Durée : 3h30min
(Tiers-temps : 4h40min)

Les portables seront éteints et placés dans le sac (ou cartable).

Le sac sera déposé aux extrémités de la salle

Tout échange de matériel est interdit

Cette feuille A3 servira de brouillon

Rappel :

Vous ne devez traiter que 3 exercices parmi les 4.

CONTENU :

	<u>Titre de l'exercice</u>	Points	Enoncé pages	Annexe à rendre page
I	Le gendarme sur la passerelle	9	2	
II	Les molécules au niveau des comètes	6	4	9
III	<u>Non-spécialistes seulement</u> : Dosage par conductimétrie des ions chlorure dans l'Aosept	5	7	9
IV	<u>Spécialistes seulement</u> : Electrolyse de l'eau salée	5	8	8

I. Le gendarme sur la passerelle (9 points)

L'effet Doppler fut présenté par Christian Doppler en 1842 pour les ondes sonores puis par Hippolyte Fizeau pour les ondes électromagnétiques en 1848.

Il a aujourd'hui de multiples applications. Un radar de contrôle routier est un instrument servant à mesurer la vitesse des véhicules circulant sur la voie publique à l'aide d'ondes radar. Le radar émet une onde continue qui est réfléchiée par toute cible se trouvant dans la direction pointée. Par effet Doppler, cette onde réfléchiée possède une fréquence légèrement différente de celle émise.

En mesurant la différence de fréquence entre l'onde émise et celle réfléchiée, on peut calculer la vitesse de la « cible ».

- Ce type d'appareil utilise une onde électromagnétique monochromatique de fréquence $f_0 = 24,125 \text{ GHz}$.

Données

- Relation, en première approximation, entre le « décalage Doppler » et la vitesse de la « cible » :

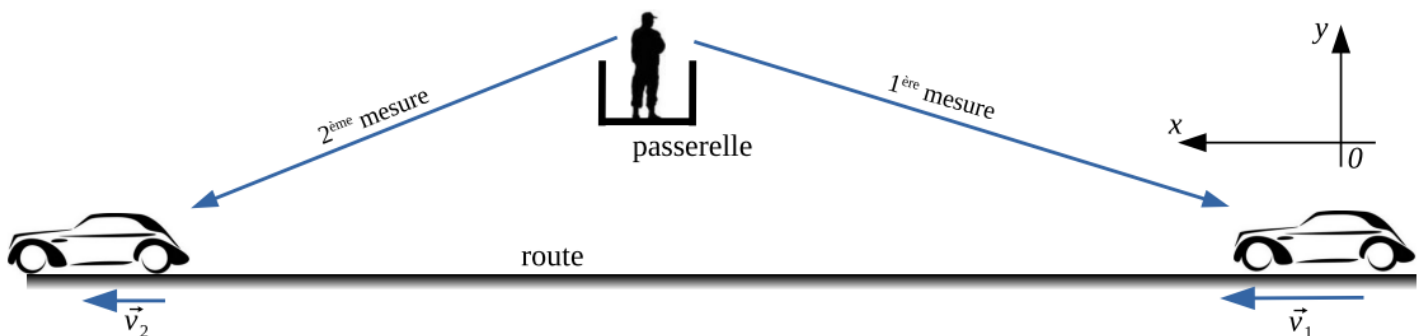
$$\delta f = f_R - f_0 = \pm 2 \times f_0 \times \frac{v}{c} \quad \text{où } \delta f \text{ est le décalage Doppler, } f_0 \text{ la fréquence de l'émetteur, } f_R \text{ la fréquence}$$

reçue, v la vitesse relative de la cible par rapport à l'émetteur et c la vitesse de la lumière dans le vide.

- Rappel : $1 \text{ GHz} = 10^6 \text{ kHz} = 10^9 \text{ Hz}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Les 3 parties de cet exercice sont indépendantes l'une de l'autre.

- Dans cet exercice, on étudiera le cas d'un gendarme qui procède à des contrôles de vitesses avec un radar portatif depuis une passerelle sous laquelle passe la route départementale. La route est droite et horizontale. Le gendarme effectue une 1^{ère} mesure sur le véhicule en approche puis une 2^{ème} sur le même véhicule qui s'éloigne.



1. Contrôle radar

1.1. Les ondes électromagnétiques utilisées par le radar sont dites « transversales ». Que signifie ce terme ?

1.2. Ces ondes électromagnétiques sont-elles des ondes mécaniques ? Justifier votre réponse

1.3. Quelle est la longueur d'onde λ de l'onde émise par le radar ?

1.4. Lors de la 1^{ère} mesure, donner, en justifiant, le **signe** du décalage Doppler δf_1 .

1.5. Décrire le trajet effectué par l'onde émise par le radar.

Expliquer la présence du facteur « 2 » dans la formule permettant de calculer le décalage Doppler.

1.6. Le véhicule s'approche avec une vitesse $v_1 = 117 \text{ km.h}^{-1}$.

Quelle sera la valeur absolue du décalage Doppler $|\delta f_1|$ mesuré ?

1.7. La deuxième mesure donne un décalage Doppler $|\delta f_2| = 3,13 \times 10^3 \text{ Hz}$. Calculer la vitesse v_2 .

1.8. Décrire le mouvement de la voiture lors de son passage sous la passerelle.

1.9. La deuxième mesure est effectuée **5,0 s** après la première. Vérifier que la coordonnée horizontale, dans le repère donné, de l'accélération moyenne effectuée par le conducteur est de : $\mathbf{a}_{\text{moy}} = -2,6 \text{ m.s}^{-2}$.

2. Etude cinématique

- On considérera dans la suite de l'exercice que l'accélération est constante et égale à la valeur $\mathbf{a}_{\text{moy}} = -2,6 \text{ m.s}^{-2}$.

2.1. En considérant que le conducteur a commencé à freiner au moment où le gendarme a effectué sa première mesure, au bout combien de temps t la voiture s'arrêtera-t-elle ?

2.2. On considère la voiture de masse constante $m_1 = 750 \text{ kg}$ comme étant pseudo-isolée avant le freinage. En utilisant la 2^{ème} loi de Newton, déterminer les caractéristiques de la force de frottement \vec{F} due au freinage.

3. Etude d'un choc

3.1. Une camionnette de masse $m_2 = 2,1 \text{ tonnes}$ et roulant à 80 km.h^{-1} percute la voiture (de masse $m_1 = 750 \text{ kg}$) par l'arrière alors que celle-ci est à l'arrêt.

En considérant le système {voiture + camionnette} comme pseudo-isolé, déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse \vec{v}_3 après l'impact.

Remarque : vous pourrez utiliser la notion de quantité de mouvement appliquée à la 1^{ère} loi de Newton.

3.2. Une chronophotographie de l'accident a été réalisée.

Elle est représentée ci-dessous à l'échelle : $1,0 \text{ cm} \Leftrightarrow 10 \text{ m}$ avec $\tau = 1,0 \text{ s}$

Vérifiez la valeur v_3 de la vitesse du système {voiture + camionnette} après l'impact.



II. Les molécules au niveau des comètes (6 points)

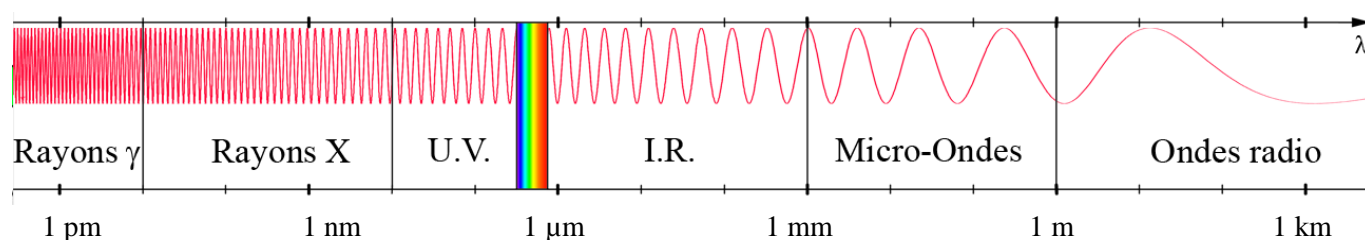
1. Étude des molécules organiques sur la comète 67P/Tchuryumov- Gerasimenko

Document 1 : Molécules organiques détectées sur la comète 67P/Tchuryumov-Gerasimenko (appelée aussi Tchouri)

Le noyau de Tchouri est un concentré de molécules organiques. Les relevés effectués entre le 12 et le 14 novembre 2014, date de l'atterrissage, mettent ainsi en lumière 16 composés répartis en 6 classes de molécules organiques : alcools, carbonyles, amines, amides, nitriles et isocyanates. Et quatre de ces composés sont pour la première fois détectés sur une comète : l'isocyanate de méthyle, la propanone, le propanal et l'éthanamide.

(D'après : <http://www.meltydiscovery.fr/philae-a-detecte-molecules-organiques-sur-comete-tchouri-a436561.html>)

Document 2 :



1.1. Compléter **le tableau donné en annexe page 9** en donnant soit la formule semi-développée, soit le nom des molécules **A, B et C**.

Entourer et nommer le groupe caractéristique de chacune de ces molécules **A, B et C** puis **indiquer la famille chimique** à laquelle chacune appartient.

- Ces molécules organiques ont été détectées à l'aide d'un spectromètre infrarouge (VIRTIS) fixé sur l'atterrisseur Philae qui s'est détaché de la sonde Rosetta.

1.2. Préciser le nom des grandeurs représentées sur les axes d'un spectre IR.

1.3. Le spectre infrarouge de l'isocyanate de méthyle présente une bande d'absorption très forte à 2270 cm^{-1} . Sachant que la longueur d'onde est l'inverse de σ , montrer que la longueur d'onde λ correspondante se situe dans le domaine de l'infrarouge.

1.4. En le justifiant, associer les trois composés détectés pour la première fois sur une comète que sont les molécules **A, B et C** à leur spectre infrarouge donné dans le **document 4 page 5**.

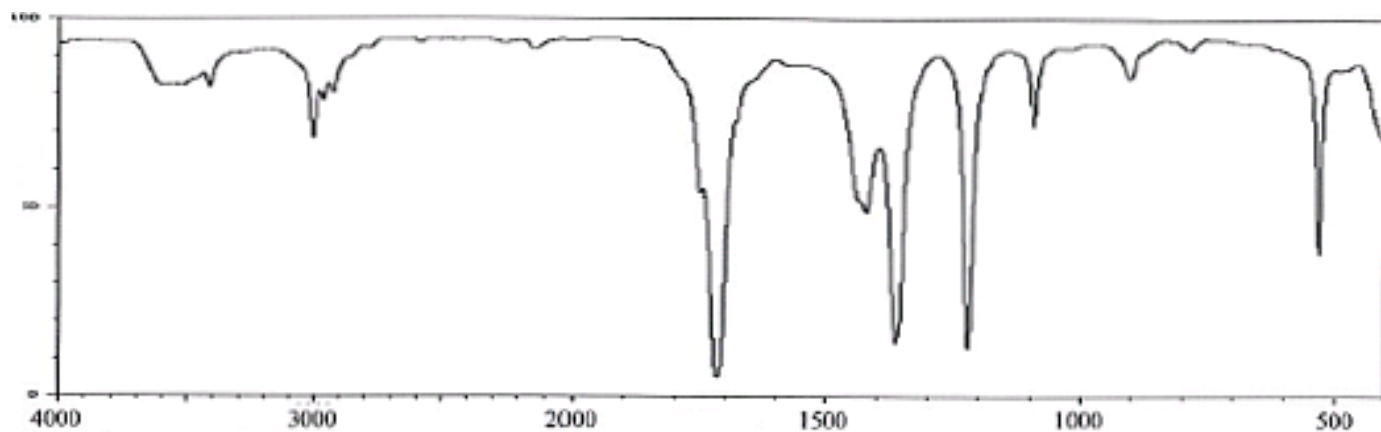
Document 3 : Table simplifiée des absorptions caractéristiques des liaisons en spectroscopie infrarouge

Type de liaisons	O-H libre	O-H lié	N-H	C _{aldéhyde} -H	C _{tri} -H	C=O	C=C
σ (en cm^{-1})	3600 bande fine	3200-3400 Bande large	3100-3500	2750-2900	3000-3100	1650-1750	1625-1685

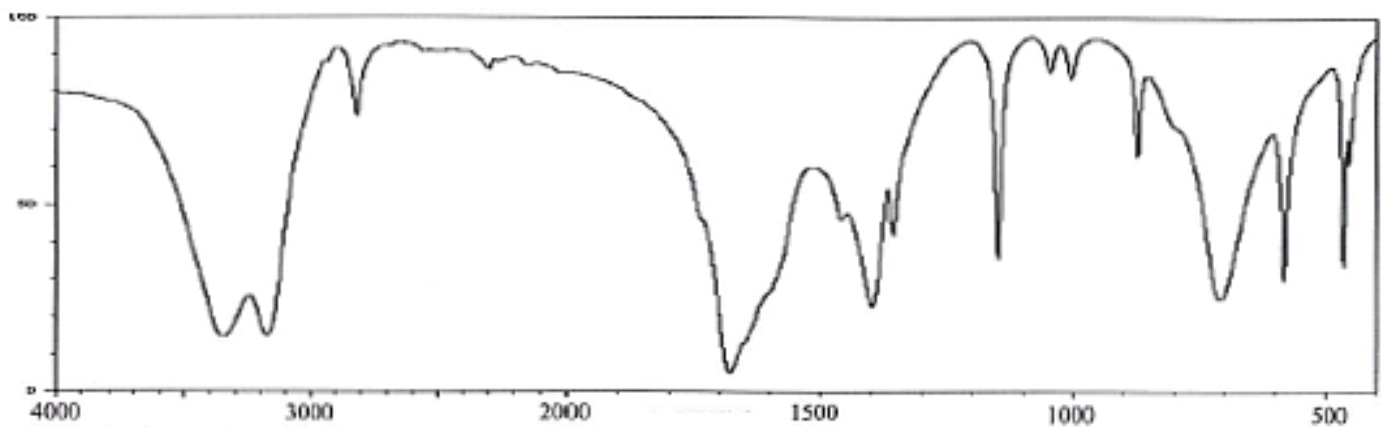
C_{tri} signifie un atome de carbone relié à 3 voisins (C trigonal)

Document 4 : Spectre infrarouge des molécules A, B et C

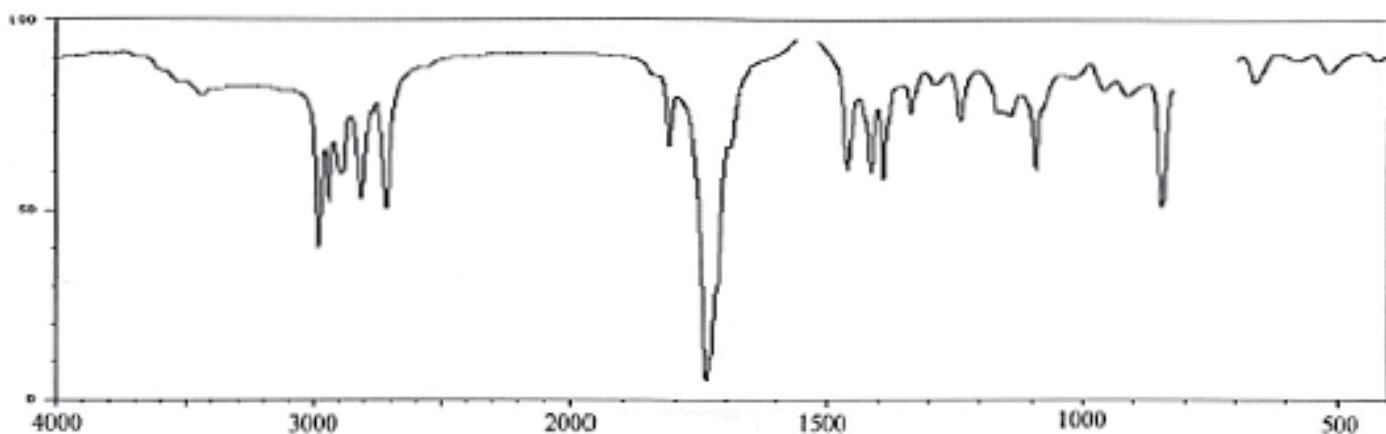
Spectre n°1 :



Spectre n°2 :



Spectre n°3 :



2. Du sucre dans une comète artificielle

Document 5 :

Les scientifiques s'interrogent depuis longtemps sur l'origine des molécules biologiques. Selon certains, la Terre aurait été « ensemencée » par des comètes ou astéroïdes contenant les briques de base nécessaires à leur construction. Et effectivement, plusieurs acides aminés et bases azotées ont déjà été trouvés dans des météorites, mais pas le ribose, molécule-clé du vivant. Cependant, en simulant l'évolution de la glace interstellaire composant les comètes, des équipes de recherche françaises ont réussi à former du ribose, étape importante pour comprendre les origines de la vie.

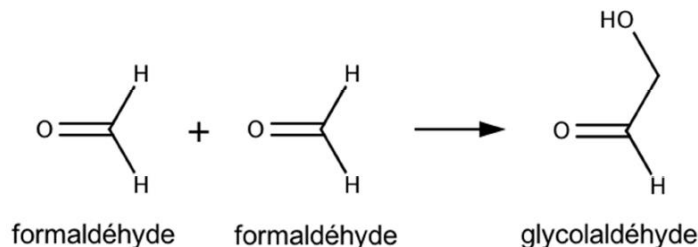
Dans un premier temps, une « comète artificielle » a été produite à l'Institut d'Astrophysique Spatiale : les astrophysiciens ont simulé en laboratoire la formation de grains de poussières enrobés de glace, la matière première des comètes. Ce matériau a été irradié par des UV, comme dans les nébuleuses où se forment ces grains. Puis, l'échantillon a été porté à température ambiante, comme lorsque les comètes s'approchent du Soleil. Sa composition a ensuite été analysée à l'Institut de chimie de Nice. Plusieurs sucres ont été détectés, parmi lesquels le ribose.

(D'après le communiqué de presse du CNRS - 7 avril 2016)

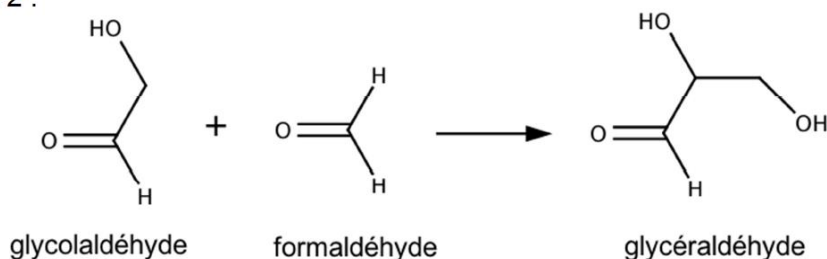
2.1. En quoi la détection de ribose dans une comète artificielle apporte-t-elle un argument supplémentaire à la théorie des comètes comme source de molécules organiques qui ont rendu possible la vie sur Terre ?

- Le ribose est synthétisé dans la comète artificielle par une réaction de formose en cinq étapes. Les deux premières étapes sont :

Étape 1 :



Étape 2 :



2.2. Justifier le nom en nomenclature officielle de la molécule de glycéraldéhyde : 2,3-dihydroxypropanal.

2.3. On peut suivre l'avancement de l'étape 2 par spectroscopie infrarouge (IR) ou résonance magnétique nucléaire (RMN) du proton. Quelle est selon vous la méthode la plus adaptée ? Argumenter votre réponse en précisant le type de renseignements apportés par la spectroscopie infrarouge et la multiplicité des signaux RMN pour la molécule de glycolaldéhyde et la molécule de glycéraldéhyde.

III. Dosage par conductimétrie des ions chlorure dans l'Aosept **Non spécialistes seulement (5 points)**

- L'Aosept® était commercialisé il y a quelques années chez les opticiens et les pharmaciens pour le nettoyage et la décontamination des lentilles de contact.
- Ce produit comprend une solution aqueuse et un étui porte-lentilles.
- La notice du produit indique que la solution aqueuse contient, entre autres, du peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée H_2O_2 à 3% en masse et **du chlorure de sodium : 0,85 g pour 100 mL de solution.**

Document 1 : Loi de Kohlrausch permettant un dosage par étalonnage par conductimétrie

- $\sigma = \sum \lambda_i \times [X_i]$ avec λ_i : conductivité ionique molaire de l'ion X_i en $S.m^2.mol^{-1}$
 $[X_i]$: concentration des espèces ioniques en mole par mètre cube ($mol.m^{-3}$)
 σ : conductivité en siemens par mètre ($S.m^{-1}$)
- Cette loi s'écrit aussi : $\sigma = k \times C$ si les concentrations de tous les ions sont égales,
 $[X_i] = C$ avec C : concentration de la solution qui peut être exprimée en $mol.L^{-1}$

Document 2 : Mode opératoire pour doser les ions chlorure

- A l'aide d'une solution S_0 de chlorure de sodium de concentration molaire en soluté apporté $C_0 = 100 mmol.L^{-1}$, on prépare des solutions diluées de concentrations C décroissantes puis on mesure la conductivité des solutions diluées en plongeant dans chaque solution la même cellule de conductimétrie. On obtient les valeurs suivantes :

Solution étalon	Concentration C ($mmol.L^{-1}$)	Conductivité σ ($mS.cm^{-1}$)
S_1	50,0	6,2
S_2	40,0	5,0
S_3	25,0	3,1
S_4	10,0	1,2
S_5	5,00	0,72

Document 3 : Courbe d'étalonnage donnée en page 9

- On donne les couples oxydant/réducteur mis en jeu : $H_2O_{2(aq)} / H_2O_{(l)}$ et $O_{2(g)} / H_2O_{2(aq)}$.
- 1) Écrire les deux demi-équations électroniques associées à ces couples.
 - 2) En déduire l'équation de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée.
 - 3) On dispose d'une solution mère de chlorure de sodium de concentration molaire en soluté apporté $C_0 = 1,00 \times 10^{-1} mol.L^{-1}$.
Décrire le protocole (matériel et étapes) mis en œuvre pour préparer un volume de $V_2 = 50,0 mL$ de la solution S_2 .
 - On dilue dix fois la solution commerciale d'Aosept®; on note S la solution diluée. On plonge ensuite la même cellule de conductimétrie dans S ; la conductivité mesurée est égale à $1,8 mS.cm^{-1}$.
 - 4) Montrer clairement que la loi de Kohlrausch s'applique ici.
 - 5) Déterminer par construction graphique la concentration C_S de la solution diluée S .
 - 6) Déterminer la concentration massique du chlorure de sodium notée C_m dans la solution commerciale.
Données : $M(Na) = 23,0 g.mol^{-1}$; $M(Cl) = 35,5 g.mol^{-1}$
 - 7) Pour un tel produit, on peut considérer que le contrôle de qualité est satisfaisant si l'écart relatif entre la mesure effectuée et l'indication du fabricant est inférieur à 10 %. Le résultat précédent correspond-il à ce critère ?

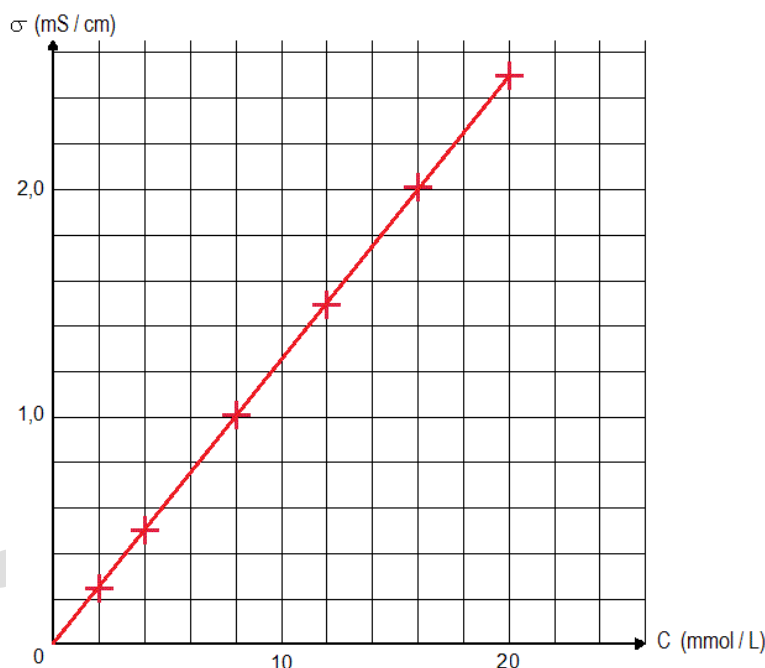
IV. Electrolyse de l'eau salée **Spécialistes seulement : (5 points)**

Document 1 : Electrolyse

- On réalise l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium à environ 100 g.L^{-1} . Les compartiments anodique et cathodique des cellules utilisées sont séparés. **Voir le schéma 1 ci-dessous.**
- D'un côté, on recueille du dichlore et de l'autre du dihydrogène. La solution devient très basique ($\text{pH} = 11$) et il se forme de la soude $\text{NaOH}_{(s)}$ qui précipite.
- La cellule fonctionne sous une tension de 6 V et elle est parcourue par un courant d'intensité $I = 300 \text{ mA}$.

Document 2 : Dosage par suivi conductimétrique

- Afin de vérifier la concentration de la solution électrolytique, on réalise une courbe d'étalonnage à partir de plusieurs solutions étalon de chlorure de sodium dont on mesure la conductivité (voir graphique ci-contre).
- Puis, on dilue par 100 la solution électrolytique. On mesure la conductivité de la solution fille : $\sigma = 2,1 \text{ mS.cm}^{-1}$



Données

- Masse molaire atomique : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- Valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons (ou Faraday) : $1 \text{ F} = 96\,500 \text{ C.mol}^{-1}$
- Volume molaire (ou volume occupé par une mole de gaz) : $V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

1. Questions préalables

- Utiliser la courbe d'étalonnage pour vérifier le titre massique t de la solution de chlorure de sodium.
- Sur **le schéma 1 ci-dessous**, indiquer le sens conventionnel du courant électrique, celui de circulation des électrons et nommer chaque électrode.

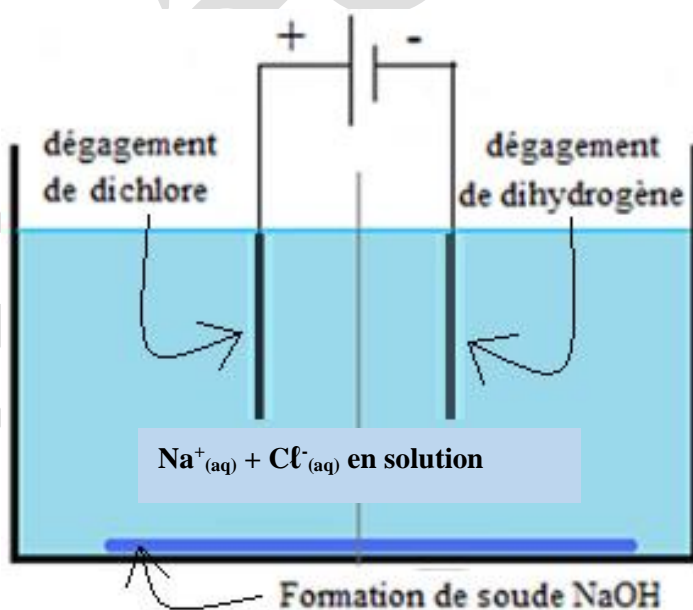


Schéma 1

- Ecrire les demi-équations d'oxydo-réduction traduisant chaque réaction intervenant aux électrodes.

2. Problème

Calculer le volume V de dichlore produit après une durée $\Delta t = 20 \text{ min}$ de fonctionnement.

II. Les molécules au niveau des comètes (6 points)

1.1. Compléter **le tableau donné ci-dessous** en donnant soit la formule semi-développée, soit le nom des molécules **A, B et C**.

Entourer et nommer le groupe caractéristique de chacune de ces molécules **A, B et C** puis **indiquer la famille chimique** à laquelle chacune appartient.

Nom de la molécule	Formule semi-développée	Nom du groupe caractéristique	Famille chimique
A : Propanone	
B : Propanal	
C :	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array} $

III. Dosage par conductimétrie des ions chlorure dans l'Aosept. Non spécialistes seulement (5 points)

Document 3 : Courbe d'étalonnage

