

BACCALAUREAT BLANC

EXTERNAT NOTRE DAME

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3h30

Coefficient : 6 option SVT-math
Coefficient : 8 spécialité physique-chimie

L'usage de la calculatrice électronique est autorisée

Ce sujet comporte 5 exercices

12 Pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter, sur des copies séparées, les cinq exercices qui sont indépendants les uns des autres :

Exercice I – Contrôle d'un vin (4 points)

Exercice II – Les dangers de l'éthanol (3 points)

Exercice III – Le vinaigre (2 points)

Exercice IV – Super Héros en danger (6 points)

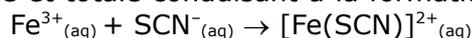
Exercice V – Etude d'un sondeur (5 points) **SEULEMENT** pour les candidats ayant la spécialité Math et SVT traiteront cet exercice.

Exercice I – Contrôle d'un vin (4 points)

Un vin blanc pétillant, en fin d'élaboration, est étudié dans un laboratoire afin de subir des contrôles de qualité. On se propose dans cet exercice de contrôler la teneur en fer dans ce vin, ainsi que l'acidité totale qui en sont deux critères de qualité : l'un pour la prévention de la formation d'un précipité rendant le vin trouble (casse ferrique) et l'autre pour prévoir les traitements à faire pendant la vinification.

Données :

Les ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ peuvent réagir avec les ions thiocyanate $\text{SCN}^{-}_{(\text{aq})}$ (incolore en solution aqueuse) selon une réaction rapide et totale conduisant à la formation d'un complexe coloré de couleur rouge sang :



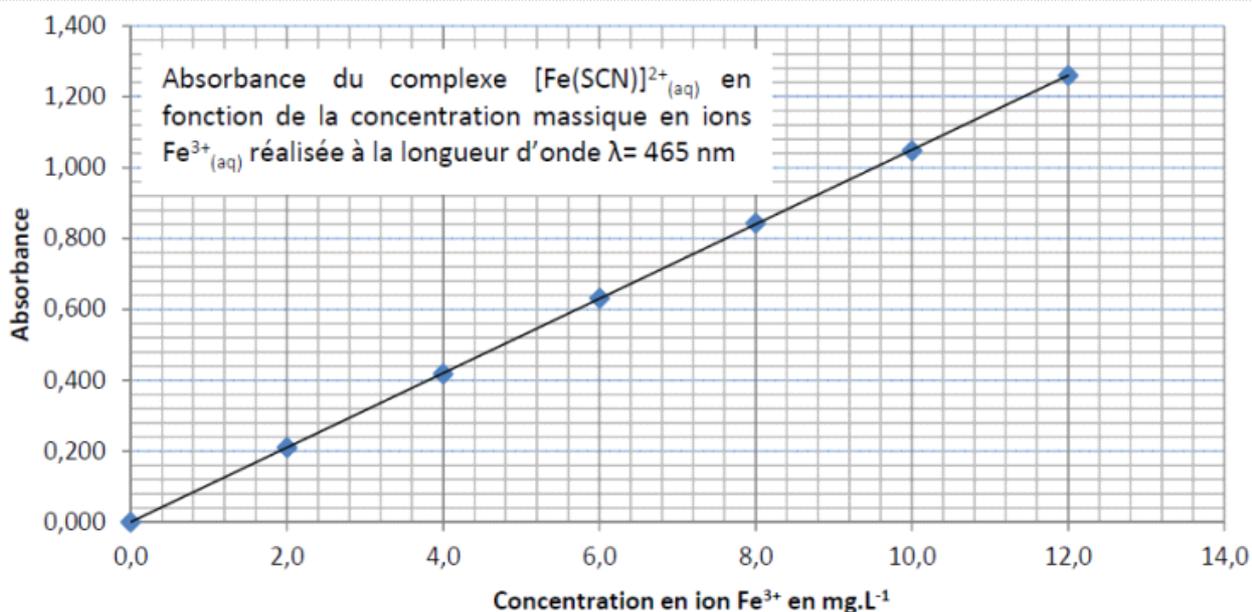
Masse molaire de l'acide tartrique AH_2 : $M = 150 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Au-delà d'une concentration massique de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en élément fer, la casse ferrique est probable et rend le vin trouble et donc peu attrayant.

Un vin de table est propre à la consommation si son acidité totale ne dépasse pas $9,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ d'acide tartrique équivalent.

pK_{a1} des couples : $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^{-}_{(\text{aq})}$ $pK_{a1} = 6,4$ et $\text{HCO}_3^{-}_{(\text{aq})} / \text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ $pK_{a2} = 10,3$

Courbe d'étalonnage :



Incertitude sur la mesure d'un volume :

Lors de la mesure d'un volume à l'aide de la verrerie du laboratoire, il est possible d'évaluer l'incertitude U_V sur cette mesure avec un intervalle de confiance de 95 %. Pour cela, on utilise la relation : $U_V = 2 u_V$ où la valeur de u_V dépend du matériel utilisé.

Utilisation d'une pipette jaugée ou d'une fiole jaugée	$u_V = 0,75 a$ où a est la valeur de l'incertitude d'étalonnage donnée par le constructeur
Utilisation d'une burette graduée ou d'une pipette graduée	$u_V = 0,5 g$ où g est la valeur de la graduation de l'instrument utilisé

1. Détermination de la teneur en fer du vin

Afin de déterminer la concentration totale en ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ et $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ dans ce vin blanc, on oxyde les ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ en ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ à l'aide d'eau oxygénée H_2O_2 , puis on dose la totalité des ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ par spectrophotométrie après les avoir fait réagir totalement avec une solution aqueuse de thiocyanate de potassium. La mesure de l'absorbance de la solution obtenue pour une longueur d'onde $\lambda = 465 \text{ nm}$ vaut $A = 0,760$.

1. En utilisant les données et les résultats de cette analyse, indiquer si le phénomène de casse ferrique peut se produire pour ce vin blanc. Expliciter votre démarche.

2. Détermination de l'acidité totale du vin

Dans la réglementation européenne, l'acidité totale correspond à la masse équivalente d'acide tartrique par litre ; c'est à dire la masse d'acide tartrique qui nécessiterait la même quantité de base pour ramener son pH à 7. Pour déterminer l'acidité totale, on mesure le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) qu'il faut ajouter à un volume V de vin, préalablement décarboniqué, pour ramener son pH à 7. Après avoir décarboniqué le vin (élimination du dioxyde de carbone), on titre un volume $V = 10,00 \pm 0,04 \text{ mL}$ de vin par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = (4,2 \pm 0,2) \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de quelques gouttes de bleu de bromothymol.

L'équivalence est repérée pour un volume versé $V_E = 15,5 \text{ mL}$.

2.1. Faire un schéma annoté du montage à réaliser pour effectuer le titrage et préciser la verrerie à utiliser pour prélever le volume V de vin.

2.2. Estimer l'incertitude sur la mesure de U_{V_E} sachant que la verrerie contenant la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est graduée tous les 0,1 mL.

2.3. Justifier la nécessité de l'opération préalable de décarbonation pour déterminer l'acidité totale du vin.

2.4. Dans l'hypothèse où l'acidité du vin est due au seul acide tartrique noté $\text{H}_2\text{A}_{(\text{aq})}$, l'équation de la réaction support de titrage s'écrit : $\text{H}_2\text{A}_{(\text{aq})} + 2 \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{A}^{2-}_{(\text{aq})} + 2 \text{H}_2\text{O}$

Montrer que la concentration massique C_m en acide tartrique équivalent dans le vin est donnée par

la relation : $C_m = \frac{C_B \cdot V_E \cdot M}{2V}$ où M désigne la masse molaire de l'acide tartrique.

2.5. Donner un encadrement de la valeur de la concentration massique.

On considère que l'incertitude relative pour la concentration massique est donnée par la relation :

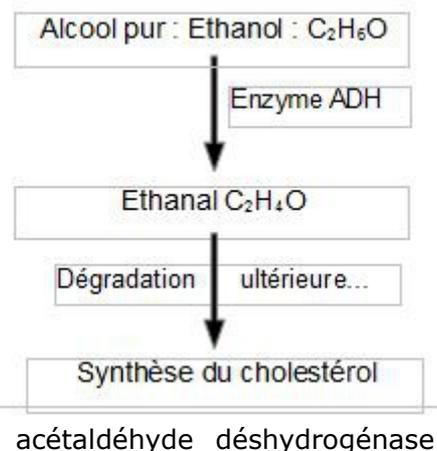
$$U_{C_m} = 2C_m \sqrt{\left(\frac{U_{C_B}}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{U_{V_E}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U_V}{V}\right)^2}$$

2.6. Ce vin est-il propre à la consommation ?

Exercice II – Les dangers de l'éthanol (3 points)

On trouve dans un document publié par l'Institut suisse de prévention de l'alcoolisme (ISPA) les informations suivantes :

Quand une personne consomme de l'alcool, celui-ci commence immédiatement à passer dans le sang. Plus le passage de l'alcool dans le sang est rapide, plus le taux d'alcool dans le sang augmentera rapidement, et plus vite on sera ivre. L'alcool est éliminé en majeure partie par le foie. Dans le foie, l'alcool est éliminé en deux étapes grâce à des enzymes. Dans un premier temps, l'alcool est transformé en éthanal par l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH). L'éthanal est une substance très toxique, qui provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. Il attaque les membranes cellulaires et cause des dommages indirects en inhibant le système des enzymes. Dans un deuxième temps, l'éthanal est métabolisé par l'enzyme acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH).



www.sfa-ispa.ch

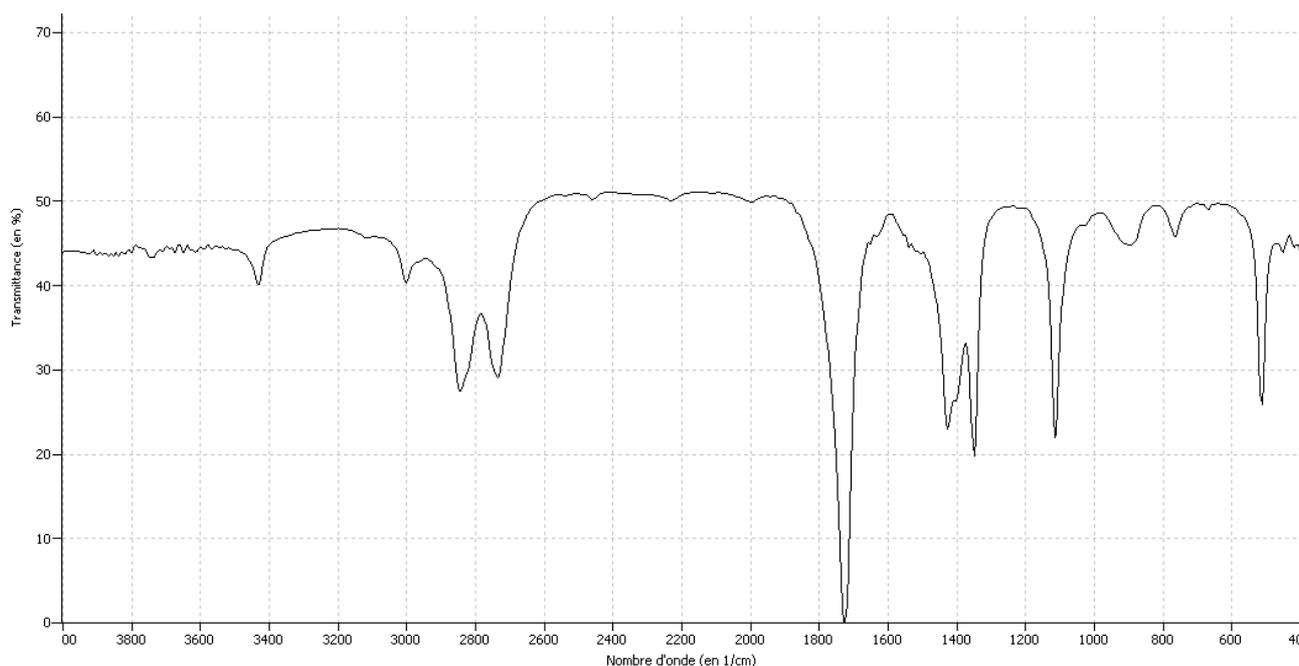
Document 1

1. Spectroscopie

On se propose d'étudier la structure et les fonctions organiques de ces molécules par spectroscopie.

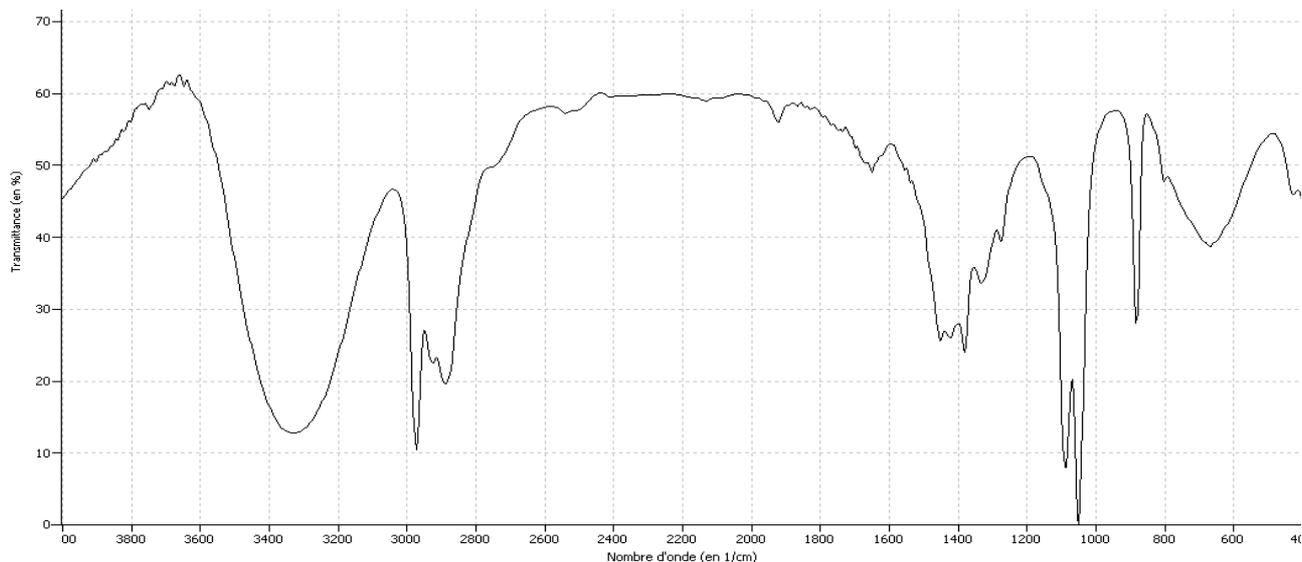
Liaison	C - C	C - O	C = O (carbonyle)	C - H	O - H
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	1000-1250	1050-1450	1650-1740	2800-3000	3200-3700

Document 2c : Table de données pour la spectroscopie IR



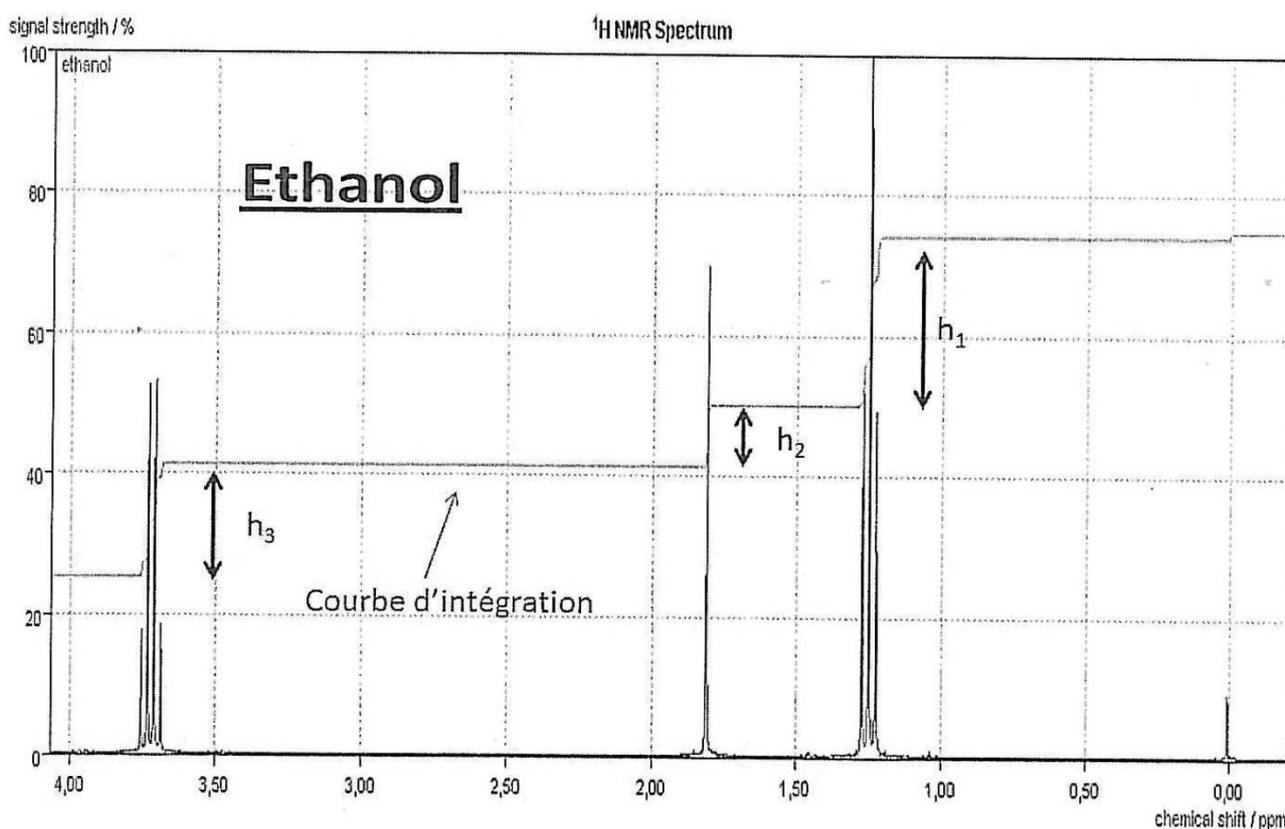
<http://www.sciences-edu.net>

Document 2a : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR1



<http://www.sciences-edu.net>

Document 2b : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR2



Document 3 : Spectre de RMN de l'éthanol

- 1.1. Le document 1 évoque les molécules d'éthanol et d'éthanal : représenter en formule semi-développée ces deux molécules et encadrer leurs fonctions caractéristiques.
- 1.2. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanol ? À quelle famille appartient cette molécule ?
- 1.3. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanal ? À quelle famille appartient cette molécule ?
- 1.4. En utilisant les données spectroscopiques du document 2, associer chaque spectre infrarouge (IR) à la molécule correspondante en justifiant.
- 1.5. Le document 3 présente le spectre RMN de l'éthanol. Associer aux trois massifs du spectre, en justifiant par la règle (n+1)-uplets, les groupes de protons équivalents de l'éthanol.

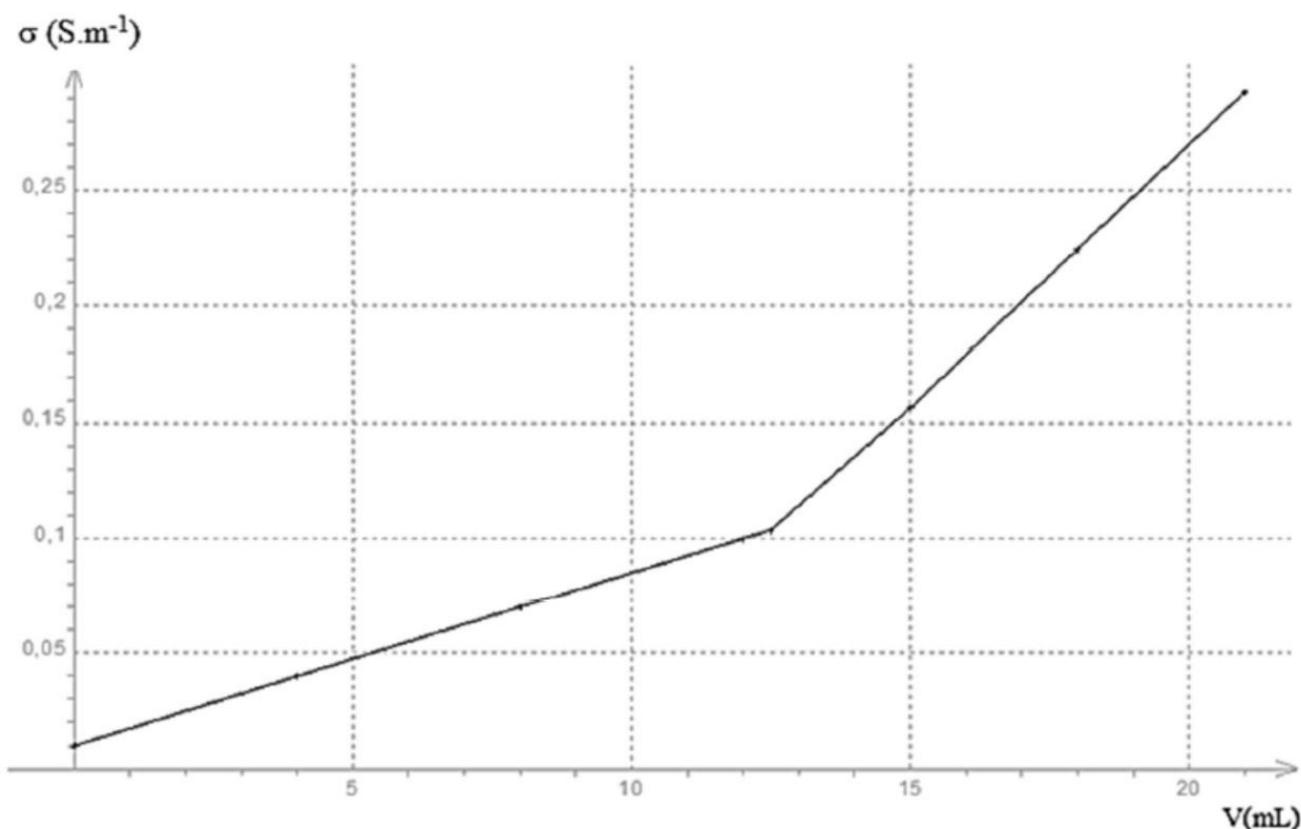
Exercice III – Dosage d'un vinaigre (2 points)

Les vinaigres sont des solutions aqueuses contenant de l'acide éthanóique, de formule CH_3COOH . Le degré ou le pourcentage indiqué sur les bouteilles de vinaigre correspond à la masse d'acide éthanóique, exprimée en gramme, contenue dans 100 g de vinaigre.

On titre, par conductimétrie, un volume de 100 mL d'une solution contenant 5,0 g de vinaigre pur, par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C = 4,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

La réaction de titrage est la suivante : $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

La courbe du titrage donnant l'évolution de la conductivité en fonction du volume d'hydroxyde de sodium introduit est représentée ci-dessous :



Donnée : Masse molaire de l'acide éthanóique : $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Répondre par vrai ou faux aux affirmations suivantes. Justifiez chacune de vos réponses.

- L'augmentation de la conductivité de la solution avant l'équivalence est principalement due à l'augmentation de la concentration en ions hydroxyde dans la solution.
- La conductivité de la solution après l'équivalence n'est due qu'aux ions hydroxyde et ions sodium.
- La quantité de matière d'acide éthanóique dans la solution titrée est égale à 5,0 mmol.
- Le degré du vinaigre titré est égal à 8,0.

Exercice IV – Super Héros en danger (5 points)

Démunis des superpouvoirs des supers héros traditionnels, le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur placé dans son dos pour voler.

En réalité, ce type de propulsion individuelle, appelé Jet-Pack, existe depuis plus de cinquante ans mais la puissance nécessaire interdisait une autonomie supérieure à la minute. Aujourd'hui, de nouveaux dispositifs permettent de voler durant plus d'une demi-heure.

Données :

- vitesse du fluide éjecté supposée constante : $V_f = 2 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$;
- masse initiale du système {Rocketeer et de son équipement} : $m_R = 120 \text{ kg}$ (dont 40 kg de fluide au moment du décollage) ;
- intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$;
- débit massique de fluide éjecté, considéré constant durant la phase 1 du mouvement :

$$D_f = \frac{m_f}{\Delta t} \text{ où } m_f \text{ est la masse de fluide éjecté pendant la durée } \Delta t ;$$

- les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.

1. Mouvement ascensionnel de Rocketeer

Tous les Jet-Packs utilisent le principe de la propulsion par réaction. Lorsqu'un moteur expulse vers l'arrière un jet de fluide, il apparaît par réaction une force de poussée dont la valeur est égale au produit du débit massique de gaz éjecté par la vitesse d'éjection de ces gaz.



D'après *Pour la Science* – n°406 – aout 2011 <http://digital-art-gallery.com>

Afin de tester le potentiel de son nouveau Jet-Pack, Rocketeer réalise quelques essais de mouvements rectilignes ascensionnels verticaux.

Le mouvement de Rocketeer est composé de deux phases : phase 1 et phase 2.

Au cours de la phase 1, d'une durée $\Delta t_1 = 3,0 \text{ s}$, il passe de l'immobilité à une vitesse v_1 , vitesse qui reste constante au cours de la phase 2.

1.1. Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération \vec{a}_G du système.

Que dire de l'accélération dans la phase 2 ? Justifier.

1.2. Étude de la phase 1 du mouvement ascensionnel de Rocketeer.

On assimile Rocketeer et son équipement à un système noté M dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz) durant la phase 1 du mouvement.

1.2.1. Juste après le décollage, la force de poussée \vec{F} est l'une des forces s'exerçant sur le système M. Quelle est l'autre force s'exerçant sur ce système ?

1.2.2. Trois valeurs d'intensité de force de poussée sont proposées ci-dessous (A, B et C). Justifier que seule la proposition C permet le décollage.

A. 800 N B. 1200 N C. 1600 N

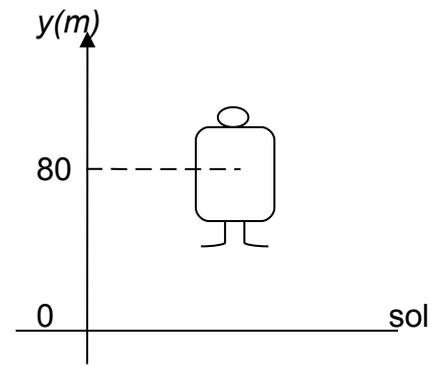
1.2.3. En supposant que la force de poussée a pour valeur 1600 N, montrer que la masse de fluide consommé durant la phase 1 du mouvement est égale à 2,4 kg.

1.2.4. Après avoir déterminé l'accélération de Rocketeer en appliquant la seconde loi de Newton, estimer la valeur v_1 de sa vitesse à l'issue de la phase 1.

2. Problème technique

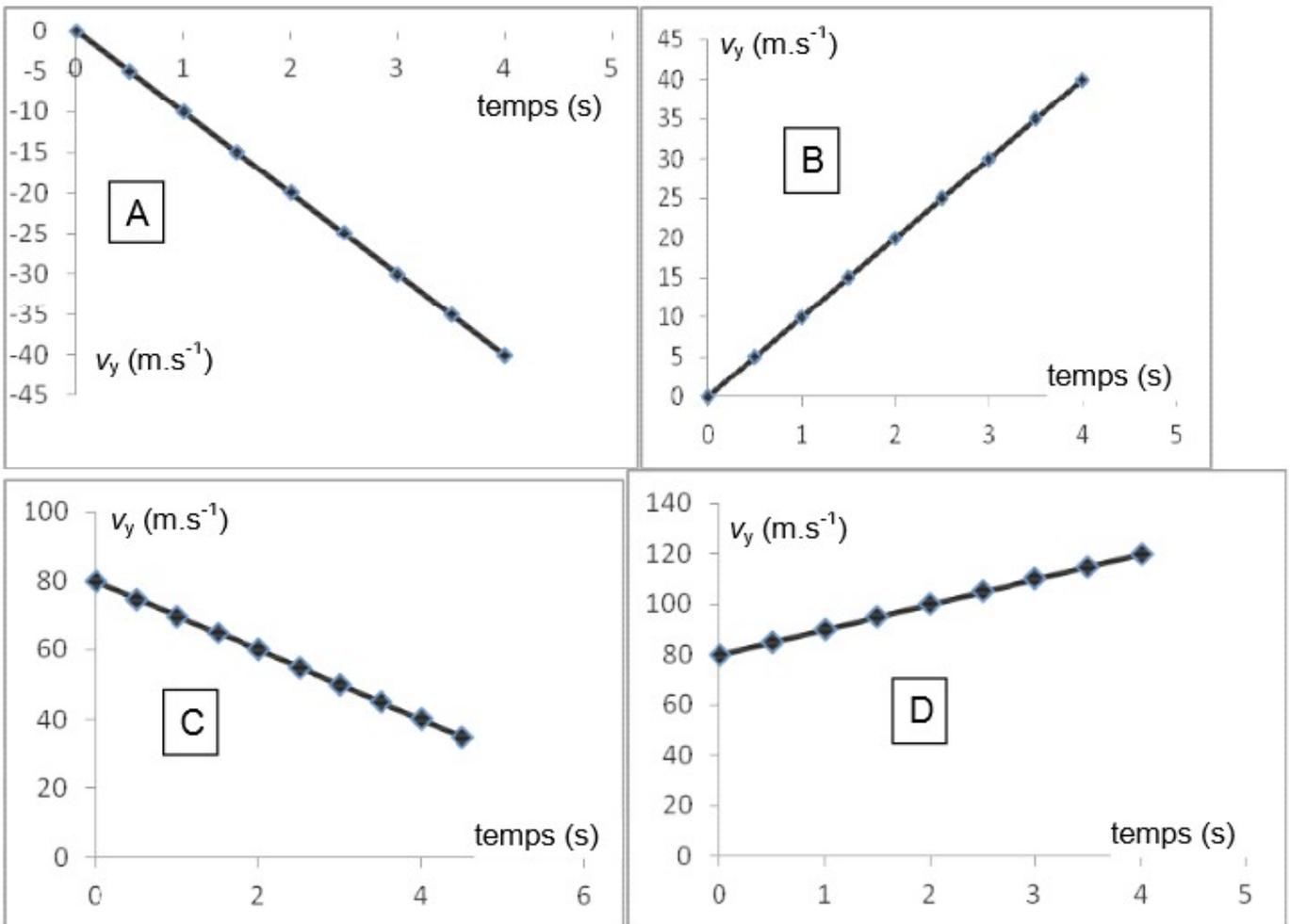
Après à peine quelques dizaines de mètres, le jet-pack ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse de Rocketeer est nulle. Le « Super héros » amorce alors un mouvement de chute verticale. La position de Rocketeer et de son équipement est repérée selon l'axe Oy vertical dirigé vers le haut et la date $t = 0$ s correspond au début de la chute, soit à l'altitude $y_0 = 80$ m.

Le schéma ci-contre est tracé sans souci d'échelle.



2.1. Les représentations graphiques données ci-dessous proposent quatre évolutions au cours du temps de V_y , vitesse de Rocketeer suivant l'axe Oy. Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ? Une justification qualitative est attendue.

Représentation graphique de V_y en fonction du temps t



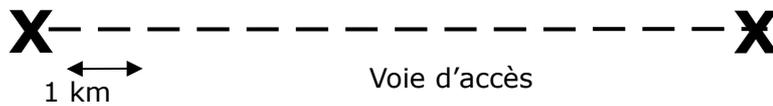
2.2. Montrer que lors de cette chute, la position de Rocketeer est donnée par l'équation horaire :

$$y(t) = -5t^2 + 80 \quad \text{avec } t \text{ en seconde et } y \text{ en mètre.}$$

2.3. À environ 10km du lieu de décollage de Rocketeer se trouve le Manoir Wayne, demeure d'un autre super héros, Batman. Alerté par ses superpouvoirs dès le début de la chute de Rocketeer, ce dernier saute dans sa Batmobile, véhicule se déplaçant au sol.

Emplacement du Manoir Wayne :

Lieu du décollage de
Rocketeer



Quelle doit-être la valeur minimale de la vitesse moyenne à laquelle devra se déplacer Batman au volant de sa Batmobile pour sauver à temps son ami Rocketeer ? Comparer avec la vitesse du son dans l'air et commenter.

Exercice V – Etude d'un sondeur (5 points)
SEULS LES CANDIDATS ayant pour SPECIALITE MATH et SVT traiteront cet exercice

Les sondeurs sont des appareils de détection sous-marine utilisés au quotidien par les plaisanciers et les pêcheurs. Ils permettent par exemple de localiser un poisson en représentant sur un écran sa profondeur sous l'eau.

L'appareil est relié à une sonde supposée placée à la surface de l'eau qui envoie des impulsions ultrasonores dans l'eau en forme de cône avec une intensité maximale à la verticale de la sonde. Le signal réfléchi par le poisson appelé écho est capté par la sonde puis analysé par l'appareil en mesurant par exemple la durée entre l'émission et la réception ainsi que l'intensité de l'écho. Le sondeur étudié dans cet exercice est embarqué dans un bateau immobile par rapport au fond marin.

Données :

- salinité de l'eau : $S = 35 \text{ ‰}$ (pour mille) ;
- température de l'eau : $\theta = 10^\circ\text{C}$;
- fréquence de l'onde ultrasonore du sondeur : $f = 83 \text{ kHz}$;
- ordre de grandeur de la taille d'une sardine adulte : 10 cm ;
- ordre de grandeur de la taille d'un thon adulte : 1 m.

Le candidat est invité à se référer aux informations données à la fin de l'exercice.

1. Après avoir justifié l'importance d'un capteur de température dans un sondeur, déterminer la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'eau pour le sondeur parmi les valeurs suivantes :

1470 m.s⁻¹

1525 m.s⁻¹

1490 m.s⁻¹

Dans la suite de l'exercice on prendra une vitesse de 1500m.s⁻¹

2. En utilisant le document relatif à la réflexion des ondes acoustiques, déduire, en justifiant la réponse, si le sondeur étudié sera plus performant pour détecter un thon ou pour détecter une sardine, tous deux supposés à la même distance et perpendiculaires à la verticale de la sonde.

3. Déterminer la valeur de la profondeur d à laquelle est situé le poisson si la durée Δt mesurée par le sondeur entre l'émission du signal et la réception de l'écho après réflexion sur un poisson est égale à 32 ms.

4. Justifier la forme en « accent circonflexe » du signal observé sur l'écran du sondeur quand le poisson traverse horizontalement à vitesse constante le cône de détection du sondeur.

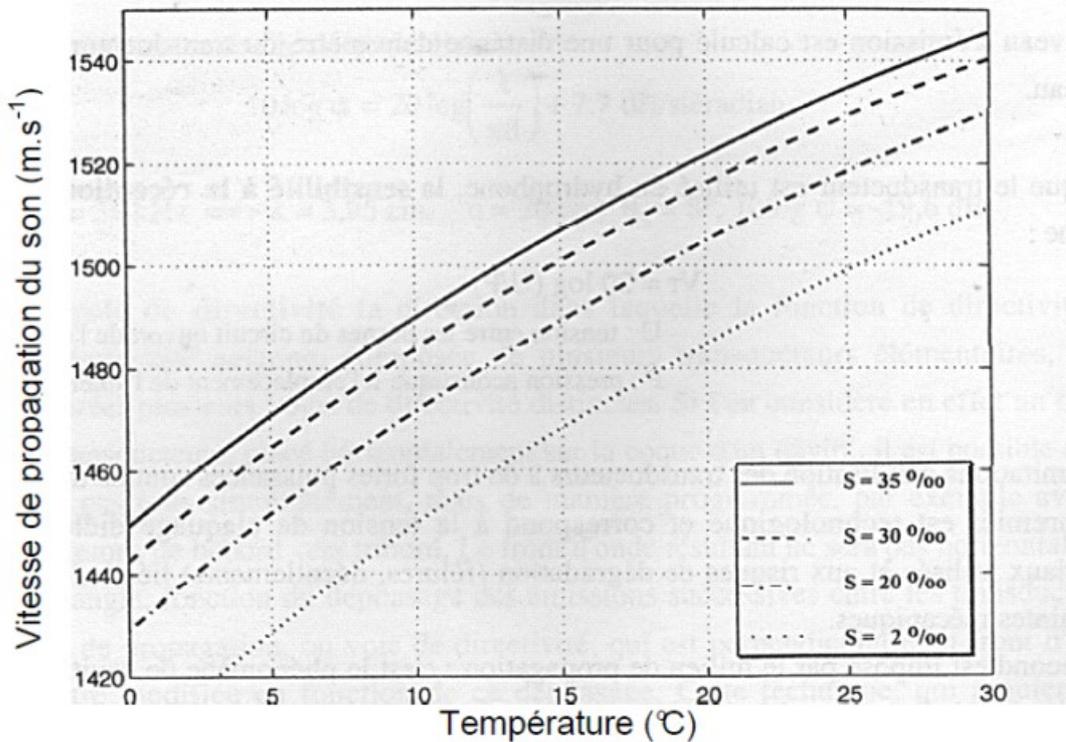
5. Quelle plage de mesure permet de déterminer la position du poisson avec la meilleure précision ? Justifier la réponse.

6. À quel(s) instant(s) une mesure basée sur l'effet Doppler permettra-t-elle d'évaluer la vitesse de déplacement du poisson ? Justifier la réponse.

Vitesse de propagation du son dans l'eau

La vitesse de propagation v_{son} du son dans l'eau varie en fonction de plusieurs paramètres du milieu : température, salinité S (masse de sels dissous dans un kilogramme d'eau, exprimée ici en ‰) et pression c'est-à-dire la profondeur.

Pour de faibles profondeurs, nous pouvons utiliser le modèle de Lovett suivant :



D'après « Acoustique et pêche maritime » de Diner et Marchand, Ifremer

Réflexion des ondes acoustiques

L'écho reçu après la réflexion d'une onde acoustique sur un poisson nécessite un traitement spécifique pour être interprété. En effet de nombreux facteurs influent sur l'intensité et la direction de propagation du signal.

Avant tout, la géométrie du système influe sur le signal, aussi bien celui émis par le sondeur que celui réfléchi par le poisson. Le poisson qui sert de réflecteur modifie l'onde de différentes façons. Si l'organisme marin est petit par rapport à la longueur d'onde, l'onde est réfléchie de façon très peu directionnelle, il se comporte comme un point diffusant et sa forme réelle a peu d'influence. Si sa taille est plus grande que la longueur d'onde alors la réflexion est directionnelle. Selon l'orientation du poisson, son anatomie et sa position par rapport à l'axe du signal émis, l'écho est plus ou moins déformé.

Pour la science, n°436, Février 2014

Image donnée par le sondeur

Plage de mesure verticale du sondeur (profondeur) : de 0 à $p_{\max} = -50$ m ou de 0 à $p_{\max} = -100$ m.

Définition de l'image : 160 pixels verticaux.

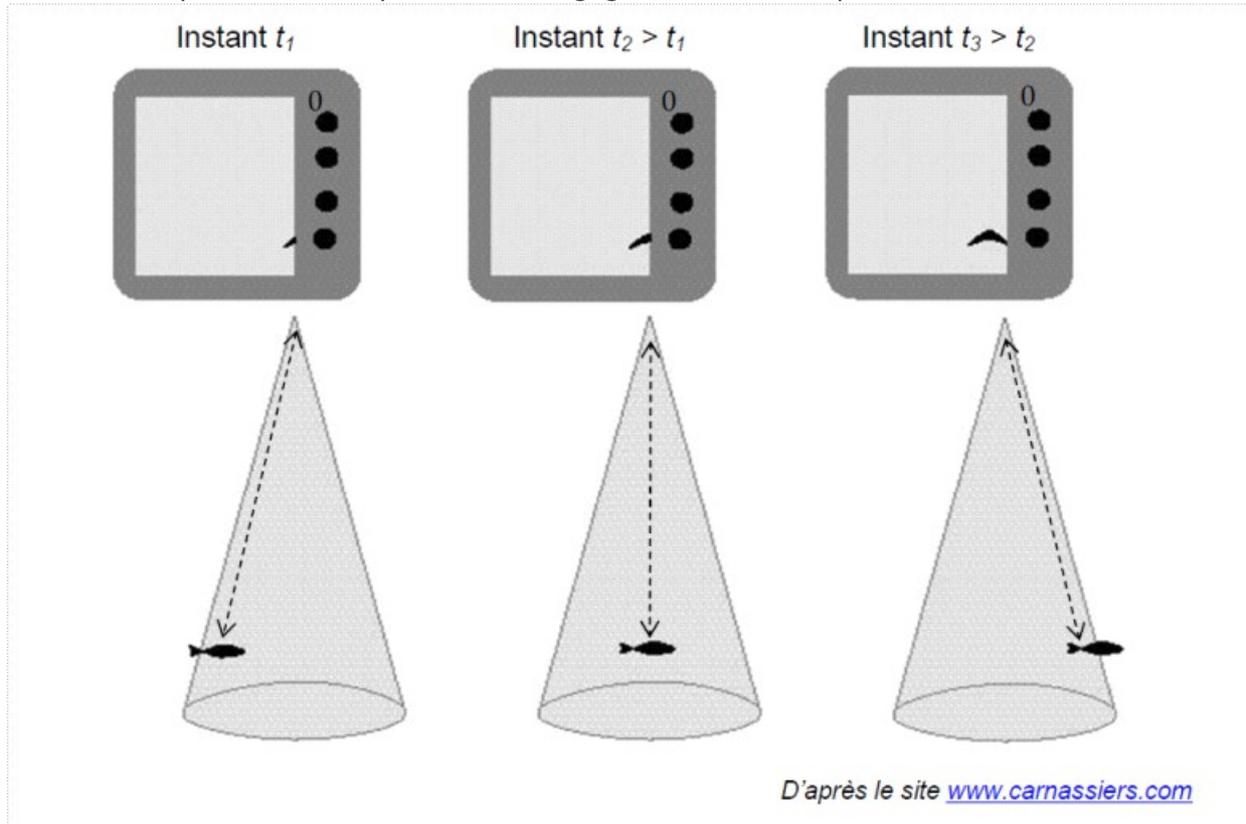
Incertitude sur la définition de l'image : 1 pixel.

Le schéma ci-dessous transcrit l'image donnée à l'écran du sondeur pour trois dates successives lorsque le poisson étudié traverse à vitesse horizontale constante le cône de détection.

Chaque fois qu'une nouvelle mesure est effectuée par le sondeur, les anciennes se déplacent horizontalement vers la gauche sur l'écran, ce qui donne une impression de défilement.

Les dimensions mesurées verticalement sur l'écran sont proportionnelles aux distances réelles. Le niveau 0 (surface de l'eau) correspond au haut de l'écran.

On considèrera que la taille du poisson est négligeable devant la profondeur mesurée.



Effet Doppler lors d'une réflexion sur une cible mobile

Lors de la réflexion sur un obstacle en mouvement, la fréquence de l'onde réfléchi est différente de celle de l'onde incidente de fréquence f .

La valeur absolue de la variation de fréquence $|\Delta f|$ est donnée par : $|\Delta f| = \frac{2v \cos \alpha}{c} \times f$

avec :

- v , la vitesse de déplacement de l'obstacle par rapport à la source ;
- c , la vitesse de propagation de l'onde ;
- α , angle entre la direction de déplacement de l'obstacle et celle de propagation de l'onde entre l'obstacle et l'observateur.