

BACCALAUREAT BLANC

SESSION février 2017

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Quelques conseils :

1. Lire la totalité du sujet plusieurs fois
 2. Réserver une copie par exercice
 3. Soigner la présentation et la rédaction (utiliser le brouillon !)
 4. Respecter les notations et la numérotation de l'énoncé
 5. Encadrer le résultat littéral et souligner l'application numérique
 6. Respecter le nombre de chiffres significatifs
 7. Avoir un regard critique sur les résultats (cohérent, vraisemblable)
- Bon courage !**

Ce sujet comporte 11 pages numérotées, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte trois exercices qui sont indépendants les uns des autres

- I- La vitamine C (5 points)***
- II- Un voyage en voiture (10 points)***
- III- A propos des casques anti-bruit (5 points)***

Exercice I. LA VITAMINE C (5 points)

La vitamine C est une espèce chimique hydrosoluble, dotée de propriétés antioxydantes. L'organisme humain la puise dans les aliments tels que les fruits et légumes. Une carence prolongée provoque des pathologies qui conduisent le médecin à prescrire un complément sous forme de comprimés.

Dans cet exercice, on vérifie l'indication apposée sur l'emballage d'une boîte de comprimés de vitamine C dans le cadre d'un contrôle.

Extrait de l'emballage de la boîte de comprimés de vitamine C

La vitamine C est commercialisée sous forme de comprimés à croquer.

Composition d'un comprimé de « Vitamine C UPSA® » :

- Acide ascorbique : 250 mg
- Ascorbate de sodium : 285 mg
- Excipients : sucres, arômes artificiels

Données :

- L'acide ascorbique, de formule brute $C_6H_8O_6$ sera noté HA et sa base conjuguée, l'ion ascorbate $C_6H_7O_6^-$ sera notée A^- ;
- $pK_A(HA/A^-) = 4,1$ à $37^\circ C$;
- Masse molaire de l'acide ascorbique $M = 176,1 \text{ g.mol}^{-1}$;
- Masse molaire de l'ascorbate de sodium $M = 198,1 \text{ g.mol}^{-1}$;
- Conductivités molaires ioniques à $25^\circ C$:
 $\lambda(Na^+) = 5,01 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda(HO^-) = 19,9 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda(A^-) = 3,42 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$;
- pH de l'estomac environ égal à 1,5 ;
- pH de la salive compris entre 5,5 et 6,1.

1. Vérification de la masse d'acide ascorbique dans un comprimé

On souhaite vérifier l'indication portée sur la boîte concernant la masse d'acide ascorbique présente dans un comprimé, à l'aide d'un titrage acido-basique suivi par conductimétrie.

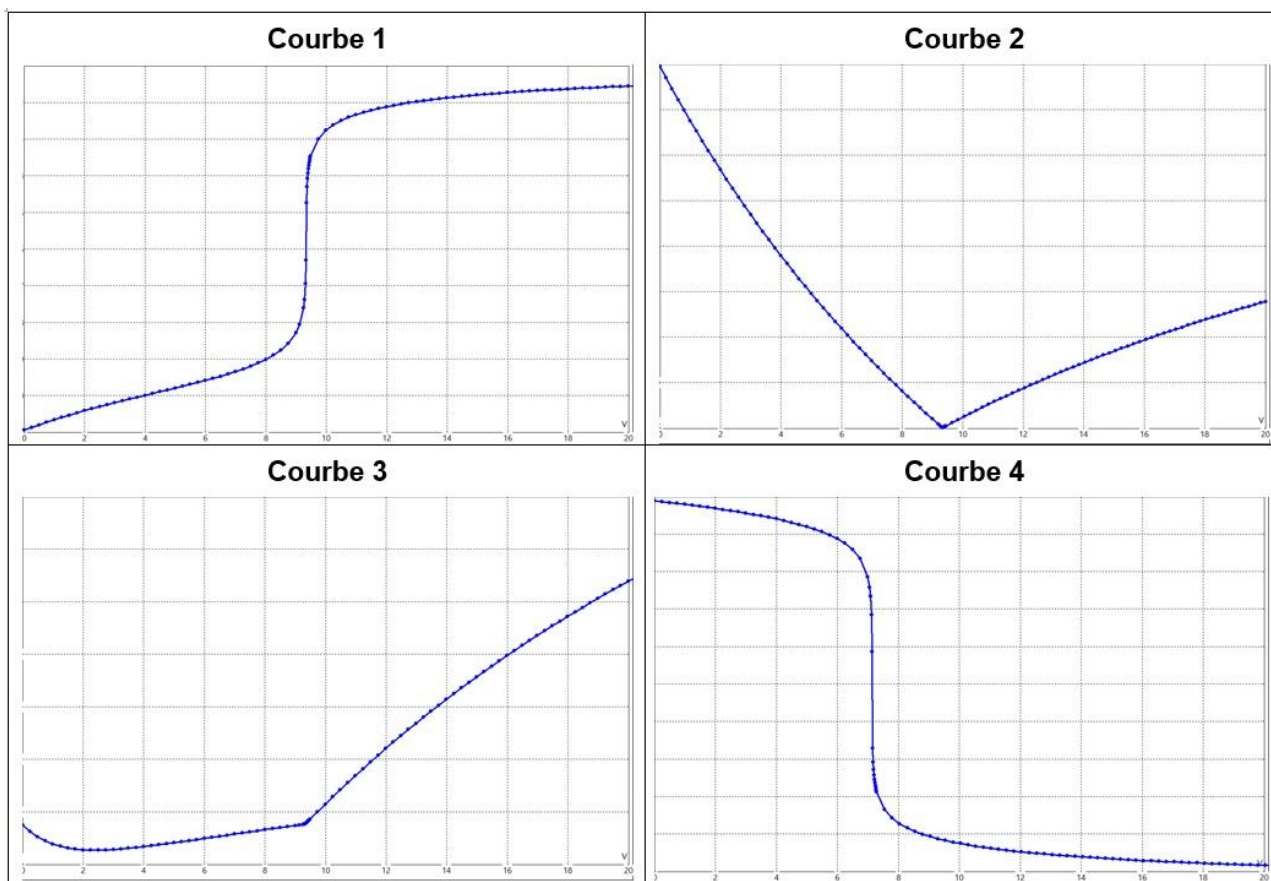
Une solution aqueuse S_A de volume $V = 200,0 \text{ mL}$ est préparée à partir d'un comprimé entier.

On prélève un volume $V_A = (20,0 \pm 0,1) \text{ mL}$ de la solution aqueuse S_A que l'on titre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$).

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

1.2. Au laboratoire, on dispose d'une solution aqueuse étalonnée d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$. On souhaite obtenir un volume V_E à l'équivalence proche de 10 mL. La solution aqueuse d'hydroxyde de sodium disponible au laboratoire convient-elle ? Si non, que peut-on faire pour obtenir l'ordre de grandeur du volume à l'équivalence souhaité ? Justifier la démarche. Toute étape de la résolution sera prise en compte dans la notation.

1.3. Parmi les quatre courbes page suivante, laquelle représente l'allure de l'évolution de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de solution d'hydroxyde de sodium versé lors de ce titrage ? Justifier.



1.4. Avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire $C_B = (1,50 \pm 0,02) \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, le volume versé à l'équivalence vaut $(9,1 \pm 0,2) \text{ mL}$. On en déduit que la masse expérimentale d'acide ascorbique du comprimé est égale à 245 mg.

1.4.1. Déterminer l'incertitude relative $\frac{U(m_{\text{exp}})}{m_{\text{exp}}}$ dont on admet que, dans les conditions de l'expérience, la valeur s'obtient à l'aide de la relation :

$$\left(\frac{U(m_{\text{exp}})}{m_{\text{exp}}} \right)^2 = \left(\frac{U(V_E)}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B} \right)^2$$

1.4.2. Le résultat expérimental est-il en accord avec la mention portée sur la boîte de comprimés de vitamine C ? Comment expliquer l'écart éventuellement obtenu.

2. Ions ascorbate dans un comprimé

2.1. Pour vérifier par titrage la masse d'ascorbate de sodium contenue dans un comprimé, que faut-il choisir comme réactif titrant ?

- A - une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) ;
- B - une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) ;
- C - une solution aqueuse de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$).

Choisir la ou les propositions exactes en justifiant votre choix.

2.2. Sous quelle forme la substance active ingérée lors de la prise du comprimé de vitamine C se trouve-t-elle sur la langue ? Dans l'estomac ? Justifier la réponse par une méthode de votre choix.

Exercice II. UN VOYAGE EN VOITURE (10 points)
--

*Les différentes parties de cet exercice
peuvent être traitées indépendamment les unes des autres*

Première partie : Mouvement rectiligne d'une voiture

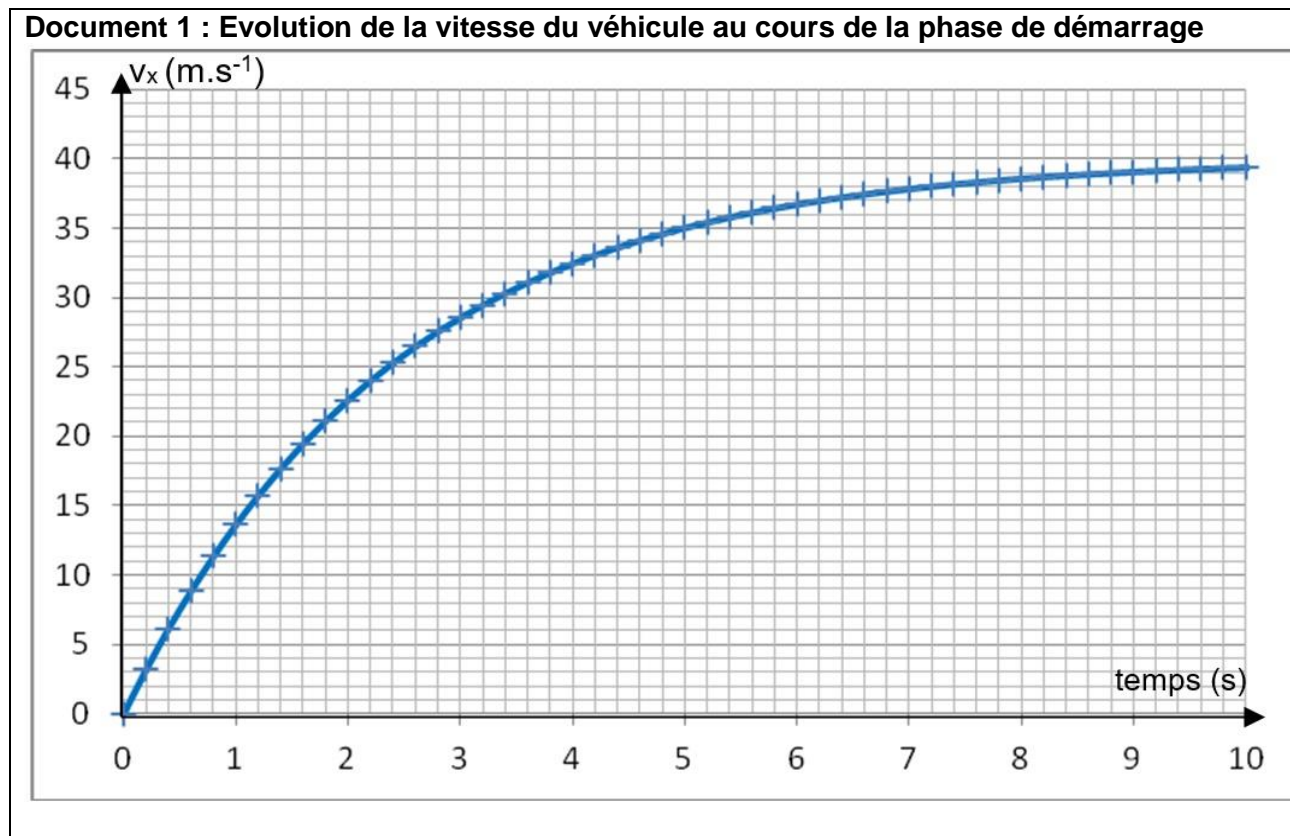
Hervé et son fils Samuel, en classe de terminale S, et apprenti conducteur, partent en vacances à la montagne et prennent l'autoroute A6.

On s'intéresse au mouvement de leur voiture de masse m , et on supposera la route horizontale et rectiligne.

On utilisera un repère muni d'un seul axe horizontal (O, \vec{i}) orienté dans le sens du mouvement. Ainsi, les vecteurs utiles pour décrire le mouvement de la voiture seront notés :

- $\vec{a} = a_x \vec{i}$ vecteur accélération
- $\vec{v} = v_x \vec{i}$ vecteur vitesse
- $\vec{OG} = x \vec{i}$ vecteur position, en notant G le centre d'inertie de la voiture à un instant t

A la date $t = 0$, la voiture démarre et s'élanche sur l'autoroute. L'évolution de la coordonnée v_x du vecteur vitesse est donnée par la courbe du document 1.

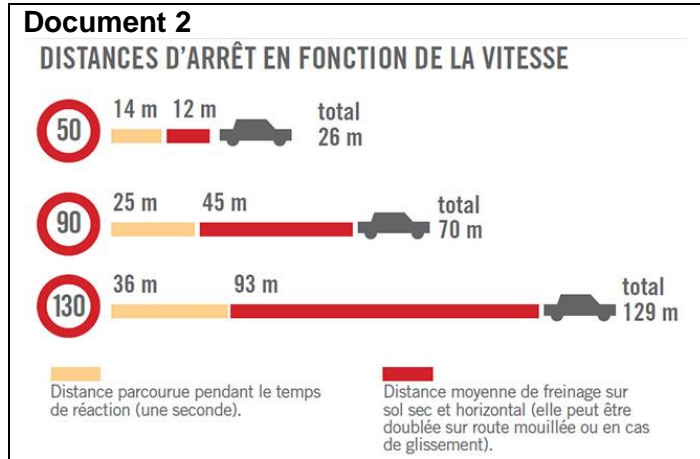


1. A partir du graphe, en expliquant votre démarche, montrer que la valeur initiale a_{x0} de l'accélération de la voiture est d'environ 15 m.s^{-2} .
2. Si cette accélération était constante, à quelle date t la vitesse maximale réglementaire de 130 km.h^{-1} serait-elle atteinte ? Justifier par la méthode de votre choix.
3. Décrire l'évolution réelle de l'accélération de la voiture au cours du temps.

4. Freinage d'urgence

Samuel étudie le code de la route qu'il a emmené en vacances avec lui. Il souhaite comprendre le document 2, trouvé sur le site : <https://www.preventionroutiere.asso.fr>.



Son père lui explique que lors d'un freinage d'urgence, on considère qu'il faut une durée d'une seconde entre le moment où le conducteur décide de freiner et le moment où le frein est mis en action.



- 4.1. Samuel veut justifier à son père les valeurs des distances parcourues pendant le temps de réaction selon les vitesses indiquées dans le document 2. Expliquer comment ces distances ont été calculées sur l'exemple de l'une des vitesses.
- 4.2. En considérant que la décélération de la voiture est constante pendant la phase de freinage réel, établir, de manière littérale, les équations horaires de la coordonnée v_x du vecteur vitesse ainsi que celle de la position $x(t)$ du véhicule.
- 4.3. Calculer ensuite la valeur de la décélération lors du freinage avec une vitesse initiale de 130 km.h⁻¹.

Samuel s'intéresse à présent aux documents 3 et 4 ci-dessous.

5. Expliquer de manière scientifique et rigoureuse comment obtenir la valeur de la distance de sécurité entre 2 véhicules. Justifier ensuite la méthode proposée dans le document 4 pour l'une des valeurs.

<p>Document 3 : Distance de sécurité Lorsque deux véhicules se suivent, le conducteur du second véhicule doit maintenir une distance de sécurité suffisante pour pouvoir éviter une collision en cas de ralentissement brusque ou d'arrêt subit du véhicule qui le précède. Cette distance est d'autant plus grande que la vitesse est élevée. Elle correspond à la distance parcourue par le véhicule pendant un délai d'au moins deux secondes.</p> 	<p>Document 4 : Calculer sa distance de sécurité : Un moyen simple permet d'évaluer rapidement la distance à laisser avec le véhicule qui me précède. Je multiplie le chiffre des dizaines de la vitesse par 6.</p> <div style="background-color: #ffff00; padding: 10px; border: 1px solid black;"> <p>50 $5 \times 6 = 30$ mètres <small>(distance réglementaire : 28m)</small></p> <p>90 $9 \times 6 = 54$ m <small>(50m)</small></p> <p>110 $11 \times 6 = 66$ m <small>(62m)</small></p> <p>130 $13 \times 6 = 78$ m <small>(73 m)</small></p> </div>
	

Deuxième partie : Les radars routiers

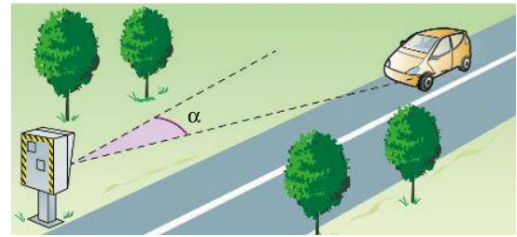
Le conducteur, Hervé, enclenche son régulateur de vitesse ce qui lui permet de rouler à vitesse constante, et de discuter avec son fils Samuel. Le panneau ci-contre, donne l'occasion au fils Samuel d'expliquer à son père que les radars routiers utilisent l'effet Doppler pour mesurer la vitesse d'un véhicule.



1. Proposer une explication de l'effet Doppler que Samuel pourrait donner à son père en s'appuyant sur un exemple mettant en jeu des ondes sonores.

En réalité, dans les radars routiers, une antenne émet une onde électromagnétique de fréquence f_E puis capte l'onde réfléchi par le véhicule en mouvement. La comparaison des fréquences de ces deux ondes permet de remonter à la vitesse du véhicule.

Un des radars les plus répandus actuellement émet à la fréquence de 24,125 GHz.



La vitesse v du véhicule (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) peut être obtenue par la formule : $v = \frac{1}{2} \frac{c |\Delta f|}{f_R \cos 25^\circ}$, où

- f_R est la fréquence de l'onde reçue (en Hz)
- $\Delta f = f_R - f_E$, avec f_E fréquence de l'onde émise (en Hz)
- c est la célérité des ondes électromagnétiques (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Le facteur $\frac{1}{2}$ tient compte de la réflexion de l'onde sur le véhicule, et le terme « $\cos 25$ » de l'orientation (en degré) du radar par rapport au véhicule.

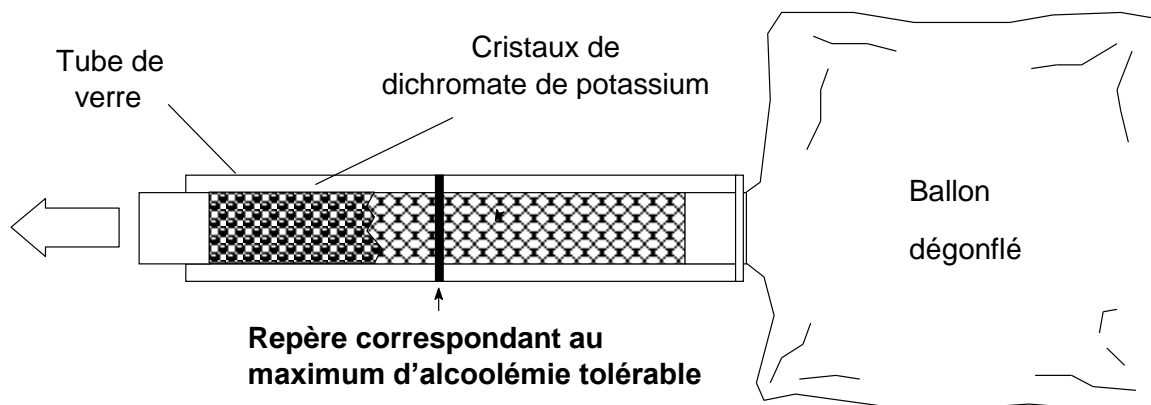
2. Les ondes électromagnétiques utilisées par le radar ont une célérité $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Quelle est leur longueur d'onde ? On les appelle également des ondes centimétriques. Justifier ce nom ?
3. Montrer que la formule proposée pour la vitesse est bien homogène (c'est-à-dire cohérente du point de vue des unités).
4. Quel sera le signe de Δf si le véhicule s'approche du radar ? s'éloigne du radar ? Justifier.
5. Lors d'un contrôle routier sur autoroute, un radar automatique mesure la différence de fréquence par rapport à l'émission de 5 690 Hz. Le véhicule est-il en excès de vitesse ?
6. Les radars sont conçus pour mesurer des écarts de fréquences valant au minimum 45 Hz. Déterminer, en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, la plus petite variation de vitesse qu'il est capable de détecter.

Troisième partie : Contrôle d'alcoolémie

L'éthylotest chimique permet de contrôler le taux d'alcool contenu dans l'air expiré d'un automobiliste.

Il est constitué d'un ballon en plastique de volume 1,0 L muni d'un embout transparent rempli d'un solide imprégné d'une solution acidifiée de dichromate de potassium ($2 K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$).

L'automobiliste souffle dans le ballon afin de le remplir totalement, celui-ci est ensuite adapté sur l'embout. Le ballon est entièrement vidé, l'air expiré par l'automobiliste passe ainsi par le gel contenant les ions dichromate. Au contact de l'éthanol C_2H_6O dans l'air expiré, les ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$ oxydent l'éthanol en acide éthanóique $C_2H_4O_2$ avec formation d'ions chrome $Cr^{3+}_{(aq)}$.

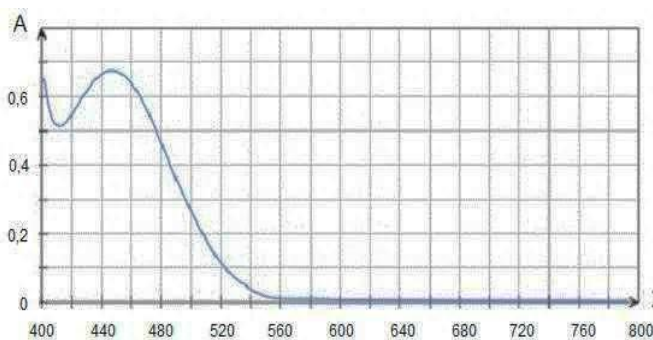


En France, la concentration massique d'éthanol dans le sang d'un automobiliste doit être inférieure à la valeur limite $C_{max} = 0,50 \text{ g.L}^{-1}$. La masse d'éthanol contenue dans un litre de sang est deux mille fois supérieure à celle contenue dans un litre d'air expiré.

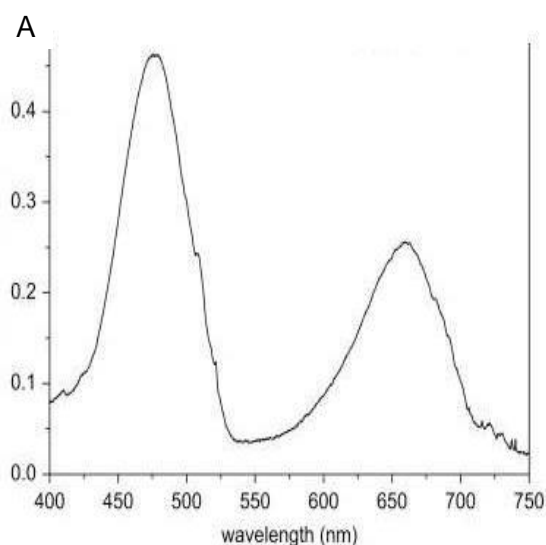
Si l'air expiré contient de l'éthanol, un changement de couleur s'opère sur une longueur grossièrement proportionnelle à la concentration en alcool de l'air expiré ; la précision est de l'ordre de 20 %.

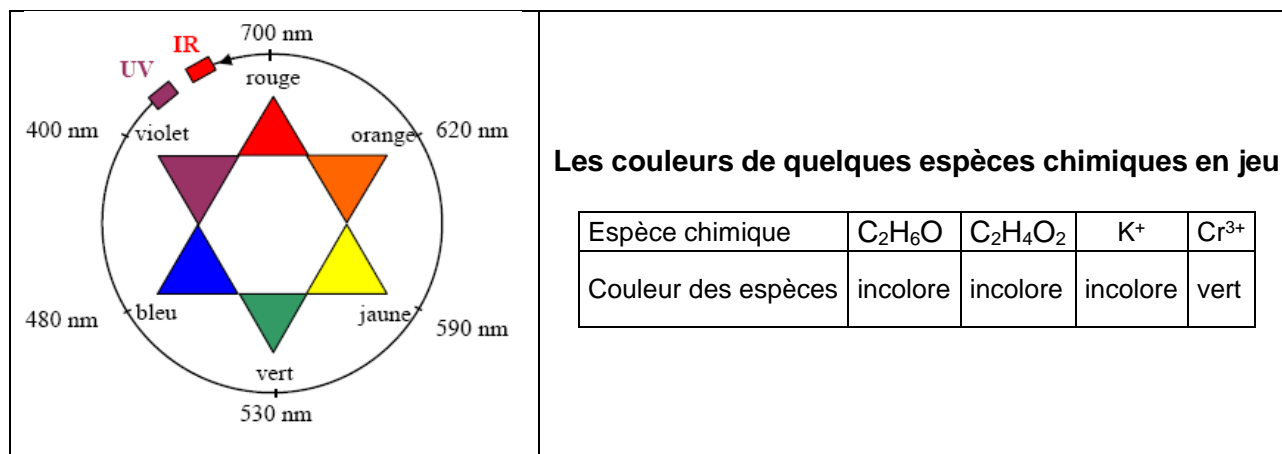
Document 5 : Spectres d'absorption des ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ et des ions chrome Cr^{3+}

Spectre d'absorption du dichromate de potassium



Spectre d'absorption du chlorure de chrome III



**Document 6 : Quelques données****Couples oxydant/reducteur :**

Ion dichromate/ion chrome III : Cr₂O₇²⁻/Cr³⁺

Acide ethanoique/éthanol : C₂H₄O₂/ C₂H₆O

Masses molaires moléculaires

Dichromate de potassium: M(K₂Cr₂O₇) = 294,2 g.mol⁻¹

Éthanol: M(C₂H₆O) = 46,1 g.mol⁻¹

- En vous aidant du document 5 , justifier la couleur orange d'une solution de dichromate de potassium.
- Lors du test, où l'éthanol est oxydé par l'ion dichromate, la transformation chimique réalisée a pour équation :

$$3 \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(\text{aq})} + 2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(\text{aq})} + 16 \text{H}^+_{(\text{aq})} \longrightarrow 3 \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2_{(\text{aq})} + 4 \text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 11 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$$
 Retrouver l'équation de la réaction à partir des couples.
- Pourquoi la solution de dichromate de potassium utilisée dans l'éthylotest doit-elle être acidifiée ?
- Décrire, en le justifiant, les couleurs observées dans l'embout de l'éthylotest dans chacun des cas :
 - Avant usage,
 - Après usage si le test est négatif,
 - Après usage si le test est positif
- Pourquoi met-on le dichromate de potassium en excès dans l'éthylotest ?

Le test réalisé sur l'automobiliste révèle que la concentration massique d'éthanol dans le sang est légèrement inférieure à la valeur limite $C_{\text{max}} = 0,50 \text{ g.L}^{-1}$.

- Calculer la masse de dichromate de potassium nécessaire à l'oxydation complète de l'éthanol contenu dans l'air présent dans le ballon de volume 1,0 litre pour une personne ayant un taux d'alcoolémie limite. On supposera que le troisième réactif est en excès.

Pour répondre à cette question, vous pouvez vous aider d'un tableau d'avancement . Toute étape de résolution sera prise en compte dans la notation.

Exercice III : A PROPOS DES CASQUES ANTI-BRUIT (5 points)

Dans les transports en commun notamment, nombreux sont ceux qui s'isolent de l'environnement sonore extérieur en écoutant de la musique. Les casques audio offrent tous une réduction dite « passive » des bruits ambiants en isolant le système auditif par la seule application des oreillettes. Mais il existe aujourd'hui des casques audio qui présentent, en plus de la réduction passive, un dispositif dit « actif » qui tend à supprimer les bruits résiduels à l'intérieur des oreillettes. Comment ce dispositif fonctionne-t-il ?

**Document 1. Extrait de la notice d'un casque audio à réduction de bruit**

La technologie consiste à placer un micro miniature, dans chaque oreillette, destiné à capter le bruit ambiant (trafic, installations de ventilation, climatiseur, etc.) et à le supprimer par un signal anti-bruit adapté.

Caractéristiques techniques*

Transducteur	40 mm, en fonction réduction de bruit active
Réponse en fréquence	10 – 25 000 Hz
Fonction réduction de bruit Active QuietPoint®	jusqu'à 20 dB
Sensibilité	109 dB
Impédance	300 ohms
Puissance d'entrée maximale	500 mW

* Caractéristiques mesurées avec le casque d'écoute en mode actif. Les caractéristiques techniques données sous réserve de modifications sans préavis.

Un interrupteur disposé sur l'oreillette gauche permet d'allumer ou d'éteindre le dispositif actif.

1. Caractéristiques du casque et oreille humaine

La « réponse en fréquence » du casque est-elle adaptée à l'audition humaine ? Justifier.

2. Simulation du dispositif actif

D'après la notice, la réduction active du bruit dB consiste à émettre un signal dit « anti-bruit ».

Le dispositif expérimental représenté ci-contre est mis en place.

Le bruit est modélisé par une onde sonore sinusoïdale de fréquence $f_B = 132$ Hz émise par l'enceinte acoustique B.

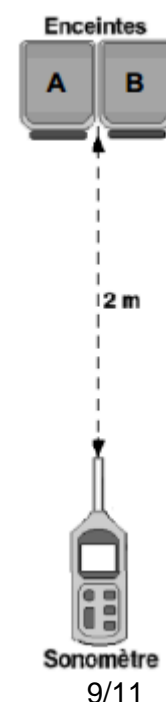
Le signal anti-bruit est modélisé par une onde sonore sinusoïdale de fréquence f_A émise par une deuxième enceinte acoustique A accolée à la première.

Un logiciel contrôle la fréquence et l'intensité de chaque signal ainsi que le déphasage entre les signaux.

À une distance de deux mètres face aux enceintes, le niveau d'intensité sonore du son émis par chaque enceinte, seule, est systématiquement ajusté à $L_A = L_B = 50$ dB.

Ce dispositif permet ainsi de mesurer l'influence de la fréquence de chaque signal et du déphasage entre les signaux sur le niveau d'intensité sonore L face aux deux enceintes à une distance de deux mètres.

Les résultats de trois expériences sont regroupés dans le document 2 ci-après.



Document 2 : Résultats des expériences

Expérience	1	2	3
Fréquence f_B (Hz)	132	132	132
Fréquence f_A (Hz)	198	132	132
Déphasage à l'émission des signaux produits par les enceintes A et B		en phase	en opposition de phase
L (dB)	53 ± 1	56 ± 1	44 ± 1

Le seuil d'audibilité pour l'intensité sonore est $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Remarque : Les incertitudes affichées dans ce document sont associées à des niveaux de confiance de 95%.

- 2.1.** Les intervalles de confiance associés aux mesures des niveaux d'intensité sonores lors des expériences 1, 2 et 3 permettent-ils de conclure que les valeurs mesurées sont significativement différentes entre elles ? Justifier.
- 2.2.** On note I l'intensité sonore associée au niveau d'intensité sonore L . Pour quelle expérience l'intensité I du son est-elle la somme des intensités des sons issus de chaque enceinte prise séparément ? On justifiera la réponse par un calcul.
- 2.3.** Comme les ondes électromagnétiques, les ondes sonores peuvent donner lieu aux phénomènes de réflexion, réfraction, diffraction, interférences, etc.
- 2.3.1.** Par comparaison avec les propriétés des ondes électromagnétiques monochromatiques, indiquer quel phénomène physique est responsable de la variation du niveau d'intensité sonore observée d'une expérience à l'autre dans le document 2. **On apportera les précisions nécessaires permettant de justifier l'évolution du niveau d'intensité sonore pour chaque expérience.**
- 2.3.2.** Quelle expérience modélise le dispositif actif de réduction de bruit ? Justifier votre réponse.

3. Traitement numérique du bruit**Données :**

- le pas de quantification p d'un convertisseur sur n bits s'exprime par : $p = \frac{\Delta U}{2^n}$ où ΔU est la plage de conversion exprimée en volt ;

- la condition de Shannon indique que, pour numériser convenablement un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit au moins deux fois supérieure à la fréquence maximale du signal à numériser.

Le signal anti-bruit émis résulte d'un traitement numérique du bruit selon les étapes suivantes :

- le bruit est capté par le microphone ;
- le signal électrique correspondant est numérisé ;
- le signal numérique est traité pour produire le signal numérique anti-bruit ;
- le signal numérique anti-bruit est converti en signal analogique.

Les graphiques du document ci-contre illustrent, pour une fréquence d'échantillonnage f_e et un pas de quantification p donnés, le début du processus de traitement.

3.1. Eléments de vocabulaire.

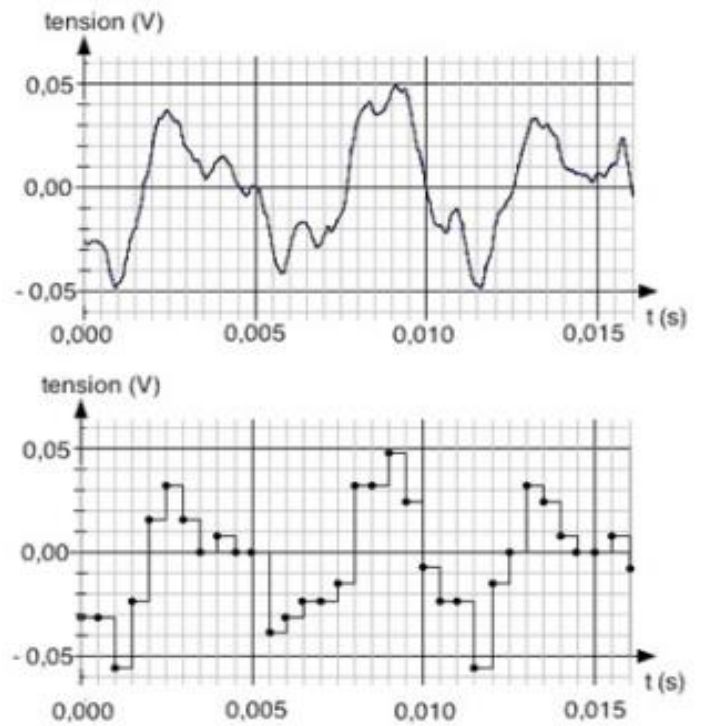
3.1.1 Rappeler ce que sont un signal analogique et un signal numérique.

3.1.2. Qu'est-ce que la fréquence d'échantillonnage et le pas de quantification ?

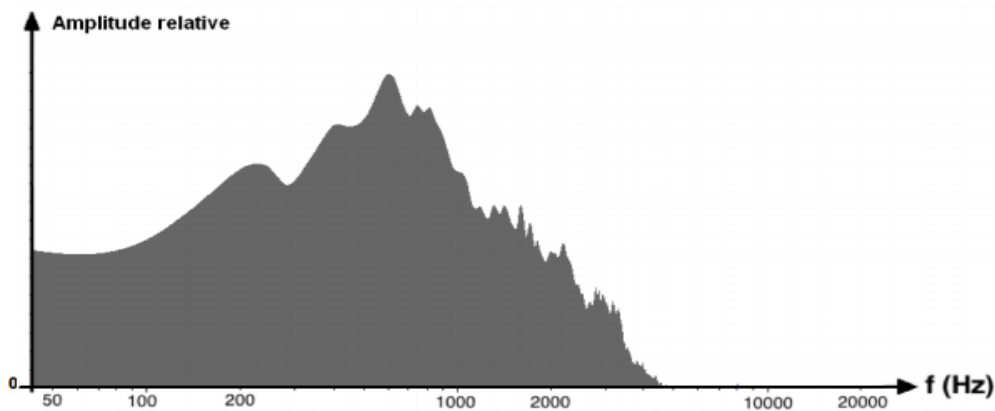
3.2. À l'aide des graphiques ci-contre, calculer la fréquence f_e d'échantillonnage et montrer que la valeur du pas p de la quantification est de l'ordre de grandeur de $1 \cdot 10^{-2}$ V.

3.3. La plage de conversion a pour valeur $\Delta U = 2$ V. S'agit-il d'un codage sur 8 ou sur 16 bits ?

3.4. Dans le cas du casque, le bruit est traité par séquences enregistrées de durée 12,8 ms avec une fréquence d'échantillonnage de 20 kHz et un codage sur 8 bits. Calculer en bits et en octets la taille du fichier associé à la séquence numérisée de durée 12,8 ms avec 2 chiffres significatifs.



3.5. Soit le spectre suivant représentant l'environnement sonore dans une pièce



La fréquence d'échantillonnage choisie remplit-elle la condition de Shannon dans le cadre du traitement des bruits dans cette pièce ? Justifier.