Calculatrice autorisée

Données (valables pour les deux parties) :

- couples oxydant/réducteur : $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}/Cr^{3+}_{(aq)}$ et $CH_3COOH_{(aq)}/CH_3CH_2OH_{(aq)}$;
- masse molaire de l'éthanol : $M(C_2H_6O) = 46\,g{\cdot}mol^{-1}$;
- masse molaire du dichromate de potassium : $M(K_2Cr_2O_7) = 294\,g{\cdot}mol^{-1}$;
- couleur des espèces chimiques en solution aqueuse :

Espèce chimique	CH_3COOH acide éthanoïque	CH_3CH_2OH éthanol	$Cr_2O_7^{2-}$ ion dichromate	Cr^{3+} ion chrome(III)
Couleur	incolore	incolore	jaune orangé	vert

Les parties A et B sont indépendantes.

Partie A : Taux d'alcoolémie

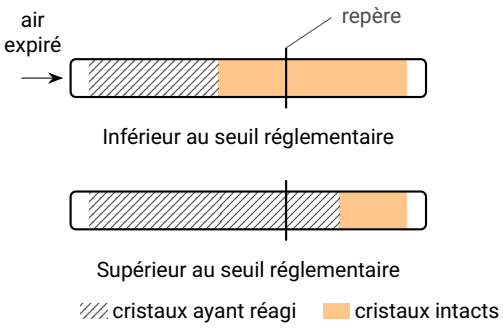
6 points

En France, il est interdit de conduire avec une alcoolémie supérieure à $0{,}5\,g$ d'alcool par litre de sang, ce qui correspond à $0{,}25\,mg$ d'alcool par litre d'air expiré. L'alcoolémie est le taux d'alcool (éthanol) présent dans le sang : elle s'exprime en grammes par litre de sang (prise de sang) ou en milligrammes par litre d'air expiré (alcootest).

1) Montrer, à l'aide des demi-équations électroniques, que la réaction d'oxydoréduction entre l'éthanol et les ions dichromate a pour équation :

$$3\,CH_3CH_2OH_{(aq)} + 2\,Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 16\,H^+_{(aq)} \longrightarrow 3\,CH_3COOH_{(aq)} + 4\,Cr^{3+}_{(aq)} + 11\,H_2O_{(l)}$$

Un alcootest jetable contient des cristaux de gel de silice, blancs au départ, imprégnés de dichromate de potassium de couleur jaune orangé : ils permettent de détecter l'alcool présent dans l'air expiré. Le conducteur gonfle complètement, d'un seul souffle, un ballon de $1\,L$, puis il le vide entièrement à travers le tube qui contient ces cristaux. On lit le résultat en repérant jusqu'où la coloration des cristaux a changé par rapport au repère du tube (schéma ci-contre).



2) En expliquant votre raisonnement, calculer la quantité de matière minimale d'ions dichromate qui permet de consommer tout l'éthanol expiré par un conducteur dont l'alcoolémie est égale au seuil réglementaire. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement. *La démarche suivie sera évaluée ; elle doit être correctement présentée, même si elle n'a pas abouti.*

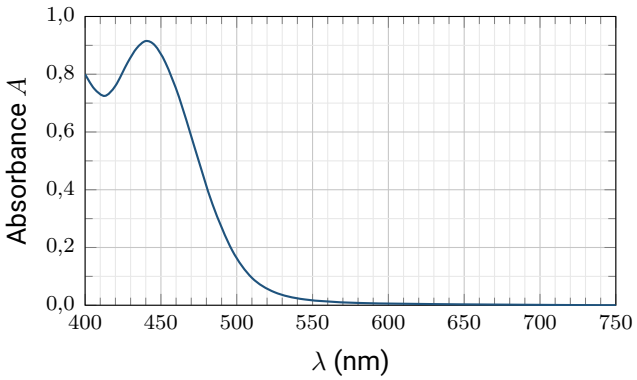
3) Quelle couleur prend la partie des cristaux qui a réagi avec l'alcool expiré par le conducteur ?

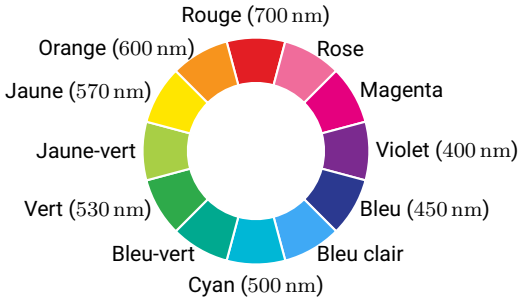
Partie B : Contrôle d'un alcootest chimique

14 points

L'étiquette d'un alcootest chimique indique que la poudre contenue dans son tube en verre renferme une masse $m = 5{,}0\,\text{mg}$ de dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$, de couleur jaune orangé. Pour vérifier cette indication, on dissout la totalité de la poudre du tube dans de l'eau distillée et on complète à $V_S = 10{,}0\,\text{mL}$ dans une fiole jaugée. On obtient une solution jaune orangé, notée S.

On donne ci-dessous le spectre d'absorption d'une solution de dichromate de potassium et un cercle chromatique, sur lequel deux couleurs complémentaires sont diamétralement opposées.





1) **a.** À quelle longueur d'onde faut-il régler le spectrophotomètre pour mesurer l'absorbance d'une solution de dichromate de potassium ? Justifier.

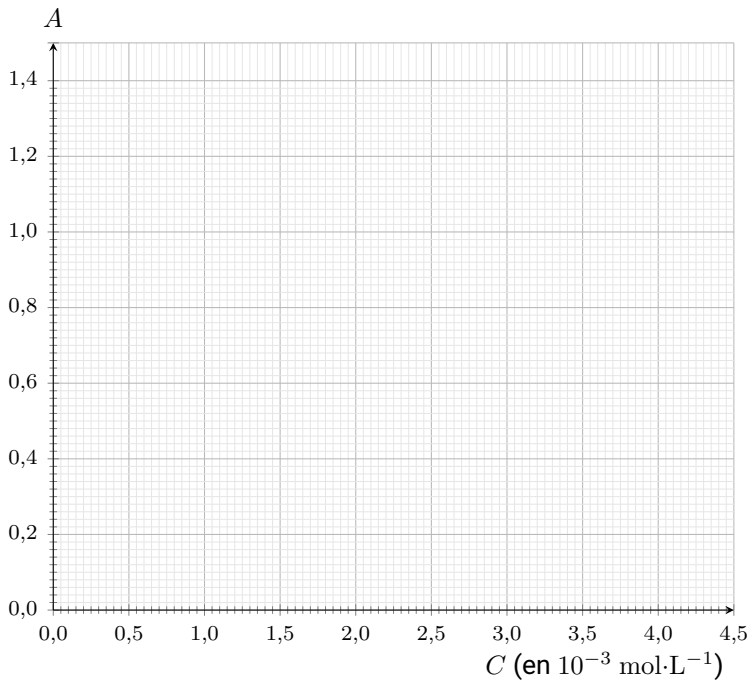
b. À l'aide des documents, justifier la couleur jaune orangé de la solution S.

2) On prépare plusieurs solutions étalons de dichromate de potassium par dilution d'une solution commerciale de concentration en quantité de matière $C_0 = 1{,}0 \times 10^{-2}\,\text{mol·L}^{-1}$. Le tableau ci-dessous donne la concentration en quantité de matière C de chaque solution étalon et son absorbance A, mesurée à la longueur d'onde choisie.

C (en $10^{-3}\,\text{mol·L}^{-1}$)	0,50	1,0	2,0	2,5	3,0	4,0
Absorbance A	0,18	0,35	0,70	0,89	1,05	1,41

a. Rédiger le protocole de préparation de $100{,}0\,\text{mL}$ de la solution étalon la moins concentrée à partir de la solution commerciale. Le choix de la verrerie et de sa contenance doit être justifié.

b. Tracer, sur le graphique ci-dessous (à compléter sur le sujet), la courbe d'étalonnage représentant l'absorbance A en fonction de la concentration en quantité de matière C.



c. La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée ? Pourquoi ?

d. Calculer le coefficient directeur de la droite obtenue et donner son unité.

e. Avec le même réglage du spectrophotomètre, on mesure l'absorbance de la solution S : $A_S = 0{,}61$. L'indication de l'étiquette de l'alcootest est-elle vérifiée ? *La démarche suivie sera évaluée ; elle doit être correctement présentée, même si elle n'a pas abouti.*

3) Pour gagner en précision, le dosage est répété sur dix alcootests du même lot. Les valeurs de la masse m de dichromate de potassium obtenues sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

m (mg)	5,12	4,89	5,01	5,05	5,06	4,98	5,04	5,03	5,06	4,99

a. À l'aide de la calculatrice, déterminer la valeur moyenne $\overline{m}$ et l'écart-type expérimental s_m de cette série de mesures. L'incertitude-type sur la moyenne est donnée par la relation

$$u(m) = \frac{s_m}{\sqrt{n}}$$ où n est le nombre de mesures.

Calculer $u(m)$.

b. Écrire le résultat de la mesure sous la forme $m = \overline{m} \pm u(m)$, avec un nombre de chiffres adapté.