Réunion 2008 EXERCICE 3 : TAUX D'ALCOOLÉMIE (4 points)

Pour mesurer la quantité d'alcool dans le sang, on réalise un prélèvement puis, par un procédé non indiqué ici, on décolore le sang. On dose alors la quantité d'alcool présente dans le sang à partir de la réaction chimique suivante :

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

Cette réaction est lente, son évolution est suivie par spectrophotométrie.

Données :

- Masse molaire moléculaire de l'éthanol : 46 $g.mol^{-1}$.
- Couleurs des espèces chimiques en présence :

Espèces chimiques	CH_3CH_2OH	$Cr_2O_7^{2-}$	Cr^{3+}	CH_3COOH
Couleur en solution aqueuse	incolore	jaune orangé	vert	incolore

1. Choix de la méthode de suivi.

1.1. Expliquer pourquoi cette réaction chimique peut être suivie par spectrophotométrie.

1.2. Pourquoi cette méthode peut-elle être qualifiée de « non-destructive » ?

2. Suivi temporel.

On désire suivre la présence des ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$.

On réalise les réglages préalables de l'appareil :
- on sélectionne la longueur d'onde λ = 420 nm ;
- on réalise « le blanc » avec une solution aqueuse contenant l'ion chrome Cr^{3+}. Les ions dichromate et chrome n'absorbent pas dans le même domaine de longueur d'onde.

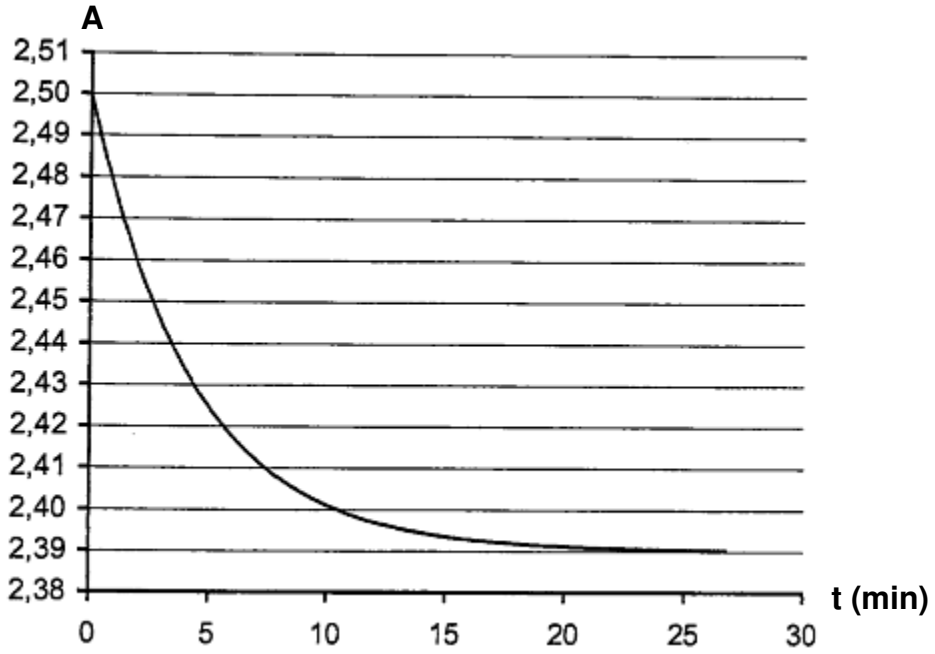
À la date **t** = 0, on mélange 2,0 mL de sang prélevé au bras d'un conducteur avec 10,0 mL d'une solution aqueuse acidifiée de dichromate de potassium ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) de concentration molaire **c** = $[Cr_2O_7^{2-}] = 2{,}0.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$. Le volume total du mélange réactionnel est **V** = 12,0 mL. On agite et on place rapidement un prélèvement du mélange réactionnel dans une cuve du spectrophotomètre.

Le prélèvement dans la cuve évolue de la même façon que le mélange réactionnel.

Le spectrophotomètre est connecté à un ordinateur, il mesure l'absorbance **A** du mélange réactionnel au cours du temps.

On obtient l'enregistrement page suivante.

Variation de l'absorbance A au cours du temps



2.1. D'une manière générale, sur quel critère sélectionne-t-on la longueur d'onde pour effectuer un suivi spectrophotométrique ?

2.2. Établir le tableau d'avancement du système en désignant par $\mathbf{n_0}$ la quantité de matière initiale d'alcool présente dans les 2,0 mL de sang, et par $\mathbf{n_1}$ la quantité de matière initiale en ions dichromate introduite dans le mélange réactionnel.
N.B. : dans les conditions de l'expérience, l'ion H^+ est en excès. On ne renseignera donc pas la colonne relative à cet ion dans le tableau d'avancement.

2.3. Quelle relation existe entre l'avancement **x** de la réaction, la concentration en ions dichromate $[Cr_2O_7^{2-}]$ dans le mélange, le volume **V** du mélange réactionnel, et la quantité n_1 ?

2.4. L'absorbance **A** est liée à la concentration $[Cr_2O_7^{2-}]$ (en $mol.L^{-1}$) par la relation :

$$\mathbf{A} = 150\ [Cr_2O_7^{2-}] \quad \text{(pour } \lambda = 420 \text{ nm)}$$

Déduire de la relation établie en 2.3. que l'avancement **x** est lié à l'absorbance **A** par la relation :

$$x = (10 - 4.\mathbf{A}).10^{-5} \ \text{(mol)}$$

2.5. La réaction peut être considérée comme totale. À l'aide du graphique **A = f(t)**, calculer l'avancement maximal. En déduire que le réactif limitant est l'éthanol.

2.6. Le taux autorisé d'alcool est de 0,5 g dans 1 L de sang.
Le conducteur est-il en infraction ?