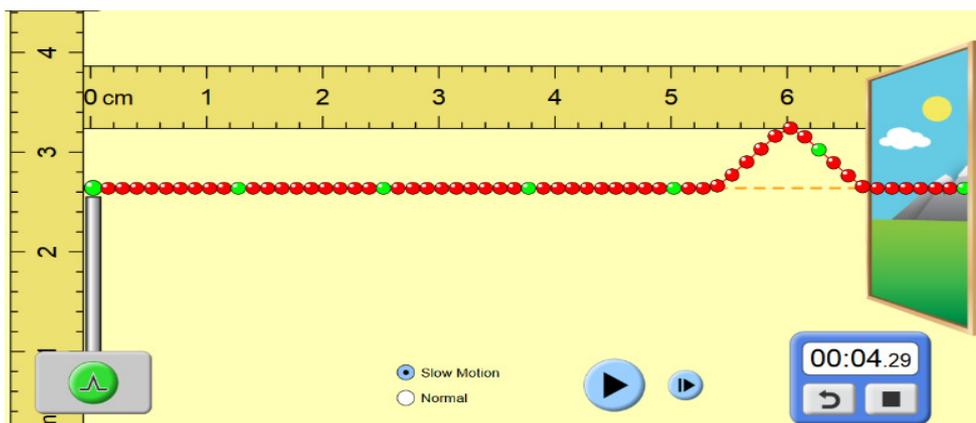
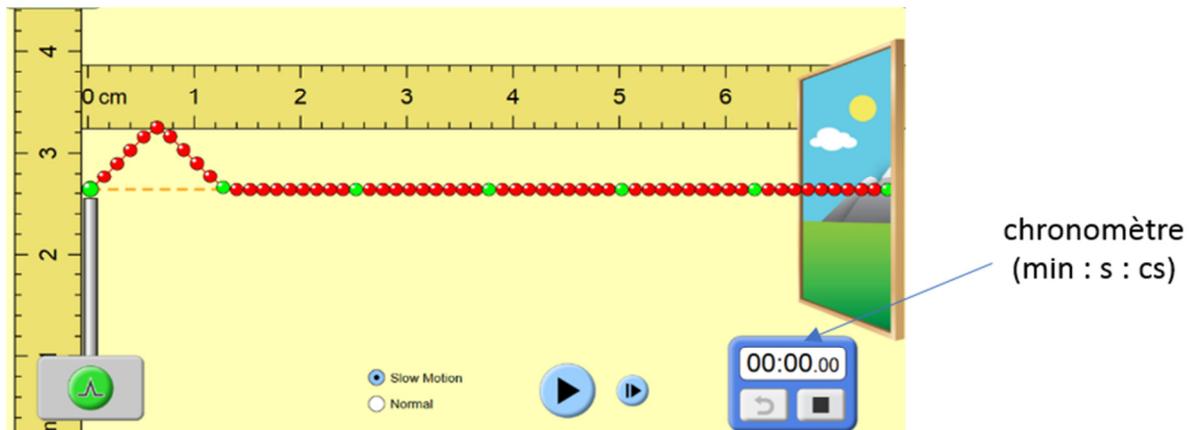


1. L'onde qui se propage dans la caténaire est progressive et mécanique. Rappeler la définition d'une onde progressive puis indiquer ce qui permet de la qualifier de mécanique.

Un système de poulies et de contrepoids permet de tendre plus ou moins la caténaire. Pour étudier l'influence de cette tension mécanique  $T$  (en Newton), on utilise un logiciel de simulation mis en ligne par l'université du Colorado. Dans cette simulation la caténaire du train est modélisée par la corde sur laquelle se propage une perturbation. Deux captures d'écran de ce logiciel sont données ci-dessous.



D'après <https://phet.colorado.edu/fr/simulations>

2. Déterminer, à l'aide des deux captures ci-dessus la valeur de la vitesse de propagation de l'onde dans la simulation.
3. Une deuxième simulation avec une valeur de tension plus élevée du câble donne une célérité de  $6,3 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Indiquer l'influence du paramètre tension sur la célérité de l'onde.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

L'expression littérale de la célérité de l'onde mécanique qui se propage dans la caténaire est :

$$c = \sqrt{\frac{T}{\rho \cdot S}} \quad (1)$$

avec :  $c$  la célérité de l'onde en mètres par seconde ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) ;  
 $T$  la tension exercée sur la caténaire en Newton (N) ;  
 $S$  la section de la caténaire ( $\text{m}^2$ ) ;  
 $\rho$  la masse volumique du matériau constitutif du câble ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

La SNCF a spécifié que pour des trajets commerciaux, la vitesse de ses TGV ne devait pas dépasser 70 % de la vitesse de propagation des ondes dans la caténaire.

Nous disposons des informations suivantes sur les caténaires utilisées :

| Tension $T$ (N)   | Section $S$ ( $\text{mm}^2$ ) | Masse volumique $\rho$ du cuivre ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |
|-------------------|-------------------------------|--|
| $2,6 \times 10^4$ | 150                           | 8920   |

- Vérifier la cohérence de cette relation avec les résultats obtenus lors de la simulation.
- Déterminer, en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  puis en  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ , la valeur de la vitesse théorique maximale que ne doit pas dépasser un TGV en exploitation commerciale.
- Proposer une argumentation d'une dizaine de lignes en indiquant sur quels paramètres les ingénieurs ont pu agir pour repousser le mur de la caténaire et ainsi faire franchir au TGV la barre symbolique des  $500 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

On précisera dans le raisonnement les paramètres modifiés, le sens d'évolution de leurs valeurs (plus élevée ou plus faible) ainsi que le choix le plus approprié et le plus économique.

### Freinage d'urgence et distance de freinage

Un TGV commercial de masse  $M = 425 \text{ t}$  roulant à la vitesse  $v_0 = 320 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  sur une voie que l'on supposera rectiligne et horizontale doit effectuer un arrêt d'urgence. La valeur de la distance nécessaire pour que le TGV s'immobilise (distance d'arrêt) est de 3,2 km.

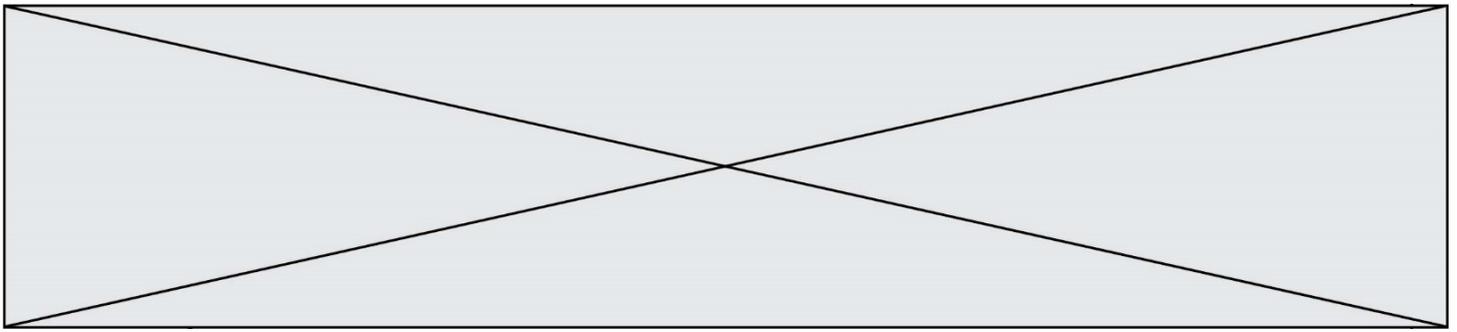
Au cours d'un essai dans la phase de préparation du record, un incident a déclenché le freinage d'urgence et la rame expérimentale (de masse  $M' = 270 \text{ t}$  roulant à la vitesse  $v_1 = 501,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) s'est immobilisée au bout de 15 km.

- À l'aide d'une approche énergétique, justifier le sens de l'évolution de cette distance d'arrêt.

### Alimentation électrique des moteurs

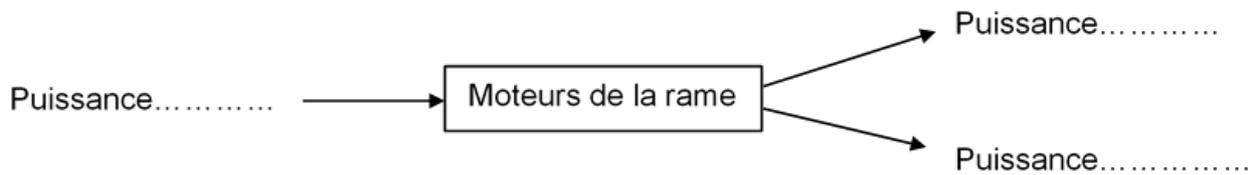
Pour fournir plus de puissance aux moteurs électriques de la rame, la tension électrique de la caténaire a été portée à 31 kV contre 25 kV en temps normal. Lors des essais, la valeur de l'intensité du courant traversant le pantographe est en moyenne égale à 800 A.

- Calculer la valeur de la puissance électrique fournie par la caténaire aux moteurs électriques.



La puissance restituée par l'ensemble des moteurs a été estimée à 19 600 kW (soit plus du double de celle d'une rame de TGV classique).

9. Recopier et compléter le schéma suivant qui représente le bilan de puissance des moteurs de la rame.



10. Exprimer et calculer le rendement de l'ensemble des moteurs de la rame expérimentale. Expliquer pourquoi il ne peut être supérieur à 1.

## PARTIE B

### Synthèse du camphre au service du sportif (10 points)

Le baume du tigre® est un onguent issu de la pharmacopée chinoise dont la commercialisation remonte à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. En particulier, le baume du tigre rouge® est très utilisé pour soulager les douleurs musculo-squelettiques ; il est donc particulièrement apprécié des sportifs.



#### Le baume du tigre

Le camphre constitue le principal composant du baume du tigre®. Historiquement, le camphre était d'origine naturelle : le plus anciennement connu semble avoir été le camphre de Bornéo, fourni par un grand arbre de l'île de Sumatra en Indonésie. Actuellement, la majorité du camphre produit en France est obtenue par une synthèse multi-étapes à partir de l' $\alpha$ -pinène extrait de la résine de pin. Cette synthèse est présentée ci-dessous.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

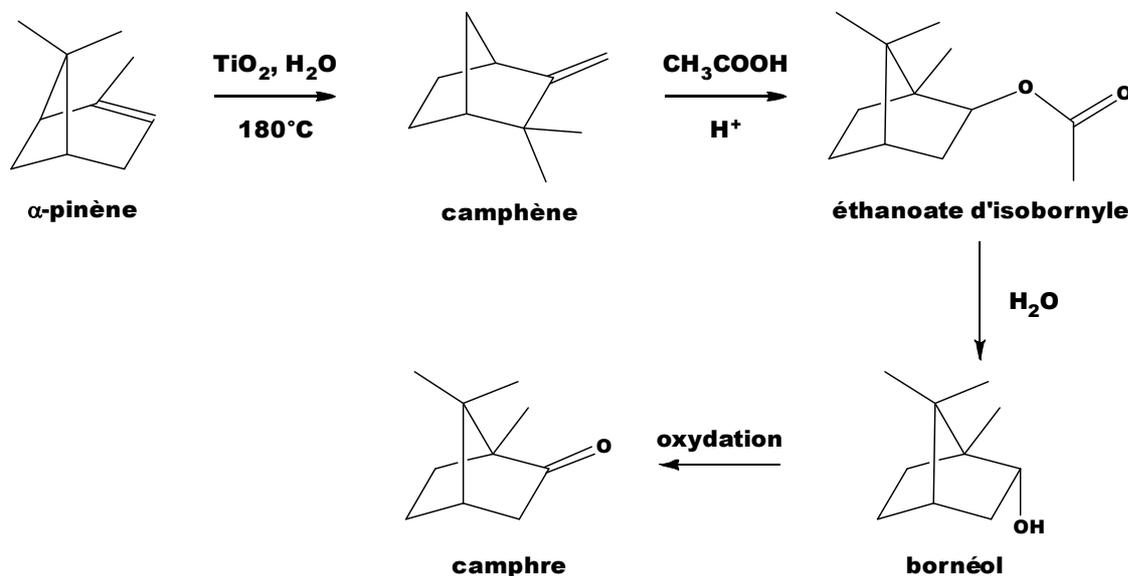


Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

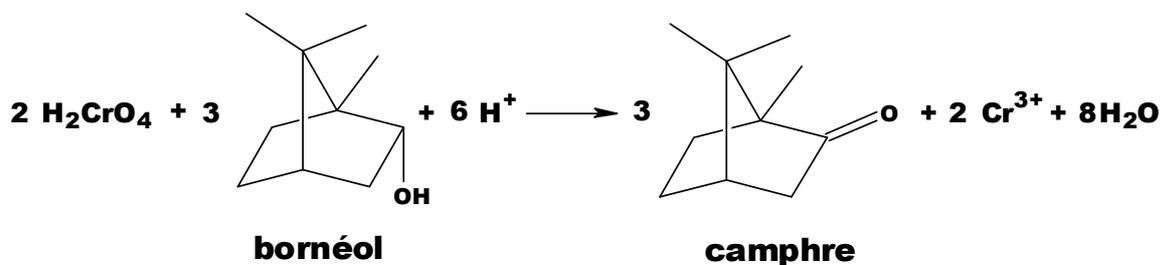
(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1



Cet exercice s'intéresse à la dernière étape qui permet de produire le camphre par oxydation du bornéol. avec comme oxydant l'acide chromique (réactif de Jones) ;

La transformation chimique peut être modélisée par la réaction chimique d'équation :

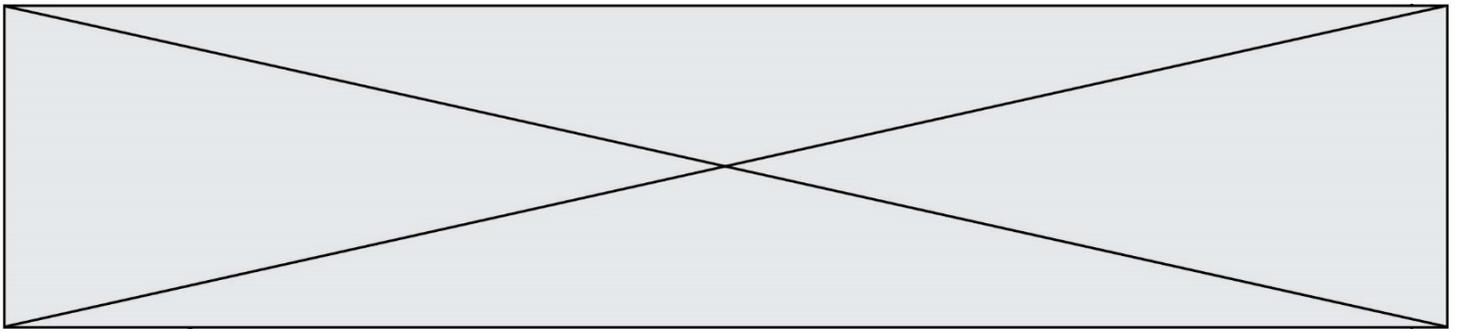


Le protocole de cette étape ainsi que les données spécifiques à ce dernier, sont fournis ci-après.

### Protocole de synthèse du camphre à partir du bornéol

**Étape 1** Dans un ballon bicol de 250 mL, placé dans un bain de glace, muni d'une agitation magnétique, d'un réfrigérant à eau et d'une ampoule de coulée, dissoudre 5,0 g de bornéol commercial dans 15 mL de propanone. Ajouter goutte à goutte 11,0 mL de solution d'acide chromique de concentration  $C = 2,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Enlever le bain de glace et attendre que la température du mélange atteigne la température ambiante.

**Étape 2** Introduire le mélange dans une ampoule à décanter de 250 mL contenant 120 mL d'eau et ajouter 25 mL d'éther diéthylique. Agiter, décanter et séparer la phase organique. Traiter deux fois la phase aqueuse avec chaque fois



25 mL d'éther diéthylique.

**Étape 3** Regrouper et laver les phases organiques avec successivement 25 mL d'une solution saturée de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ ), 25 mL d'une solution saturée d'hydrogénocarbonate de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ ) et 25 mL d'une solution saturée de chlorure de sodium. Recueillir la phase organique dans un erlenmeyer. Sécher sur sulfate de magnésium anhydre. Éliminer le solvant grâce à un montage de distillation simple. Verser le résidu du ballon dans bécher taré, refroidir et recueillir les cristaux obtenus, les sécher.

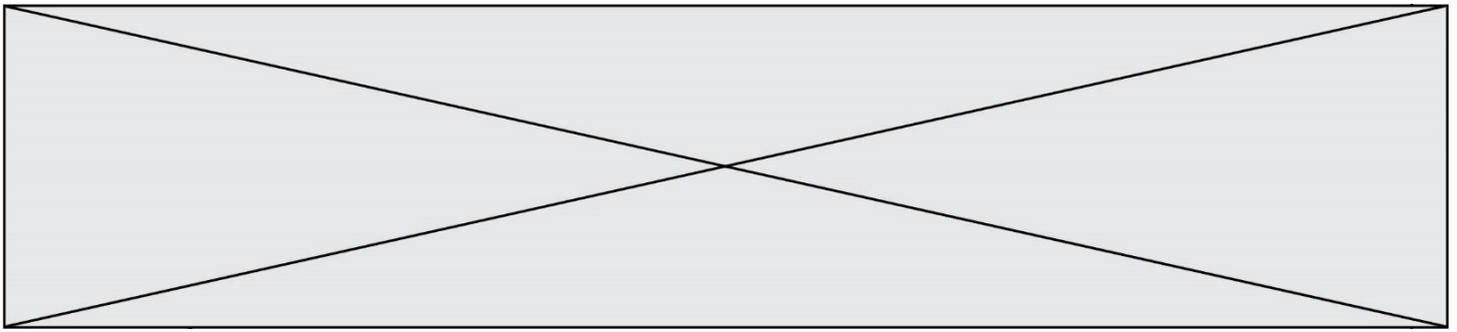
**Étape 4** Déterminer la masse puis réaliser le spectre infrarouge du solide obtenu.

### Données

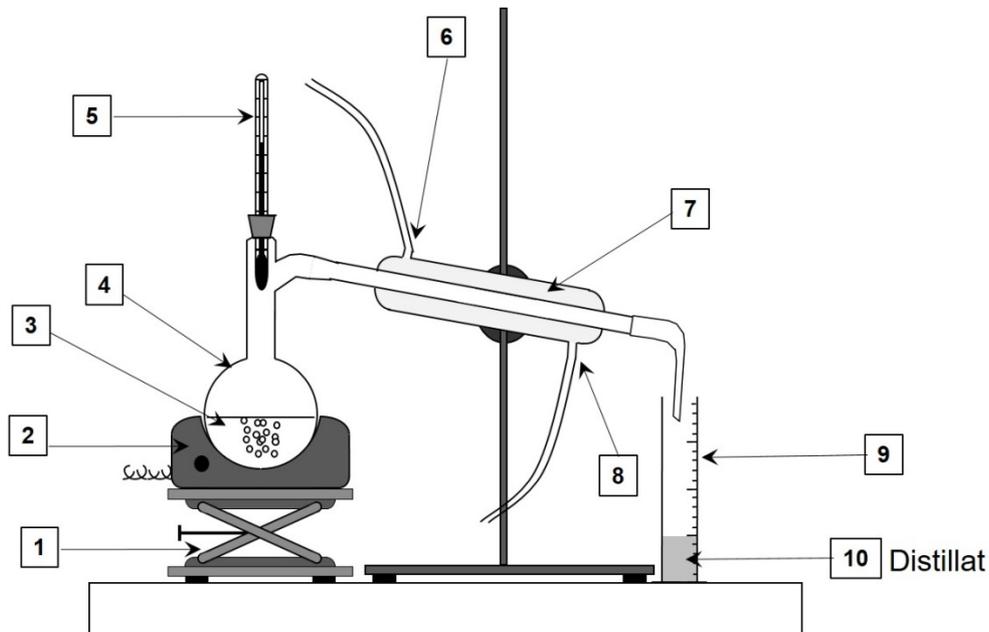
Données physico-chimiques relatives aux espèces chimiques mises en jeu dans ce protocole

| Nom  | Données physico-chimiques et pictogrammes   |
|--|---|
| Acide chromique<br>$\text{H}_2\text{CrO}_4$            | Solution aqueuse d'acide chromique<br>   <br> |
| Propanone<br>$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Température d'ébullition : 56 °C sous 1,013 hPa</li><li>• Densité : <math>d = 0,79</math></li><li>• Solvant organique miscible à l'eau et à l'éther diéthylique</li></ul> <br>  |
| Éther diéthylique<br>$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ | <ul style="list-style-type: none"><li>• Température d'ébullition : 34 °C sous 1,013 hPa</li><li>• Densité : <math>d = 0,71</math></li><li>• Solvant organique très peu miscible à l'eau</li></ul> <br>  |





Le schéma du montage de distillation simple est donné ci-dessous.



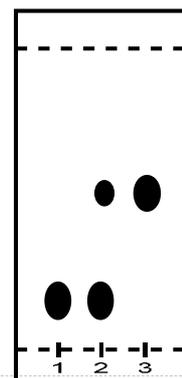
4. Sans reproduire le schéma, indiquer sur votre copie chaque nombre de la légende ainsi que le terme associé. Préciser quelle(s) espèce(s) chimique(s) est(sont) présente(s) dans le distillat (10).
5. À l'aide des couples d'oxydo-réduction :  $\text{H}_2\text{CrO}_4 / \text{Cr}^{3+}$  et camphre / bornéol, retrouver l'équation de la réaction de synthèse et justifier que le bornéol subit bien une oxydation.
6. Montrer que l'acide chromique et le bornéol ont été introduits dans les propositions stœchiométriques.
7. Montrer que la masse maximale de camphre que l'on peut former à l'issue de la synthèse vaut  $m_{\text{théorique}} = 5,0 \text{ g}$ .

Une synthèse réalisée au laboratoire en suivant ce protocole a permis d'obtenir 2,2 g de solide.

8. En supposant que le solide obtenu est du camphre pur, déterminer le rendement de cette synthèse.

Lors de la synthèse au laboratoire, le technicien a réalisé une chromatographie sur couche mince. Il a noté sur son cahier de laboratoire :  $R_f(\text{camphre}) = 0,52$  attendu dans les conditions de la CCM et il a reproduit ci-contre le chromatogramme obtenu après élution et révélation.

1. Prélèvement au début de la transformation
2. Prélèvement en cours de transformation
3. Prélèvement en fin de transformation



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

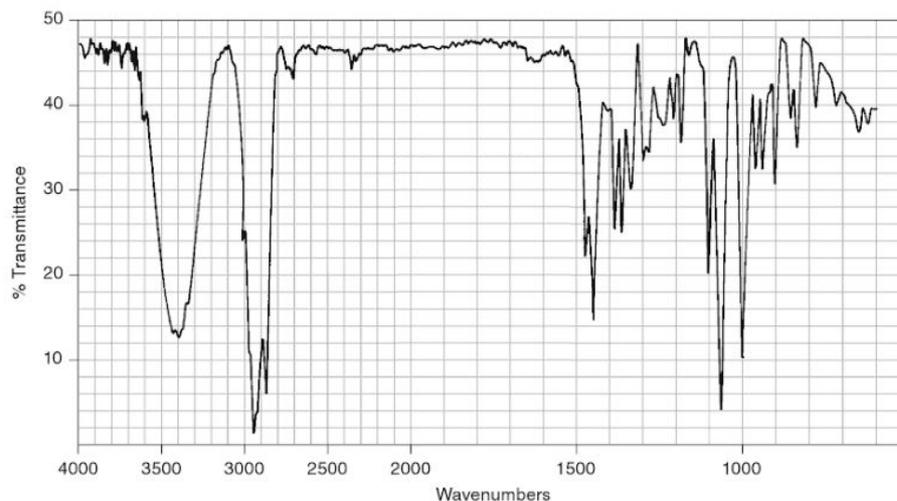
Né(e) le :  /  /

 Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

9. Analyser l'allure du chromatogramme obtenu et indiquer les informations qu'il fournit sur la synthèse.

Le spectre IR du bornéol commercial est fourni ci-dessous. Il représente la transmittance (en %) en fonction du nombre d'onde (wavenumbers en anglais) exprimé en  $\text{cm}^{-1}$ .



*Donald L. Pavia, George S. Kriz, Gary M. Lampman, Randall G. Engel. A Small Scale Approach to Organic Laboratory Techniques, p. 256.*

10. Donner les principales modifications attendues sur le spectre IR du solide obtenu par rapport celui du bornéol si le solide est du camphre pur.