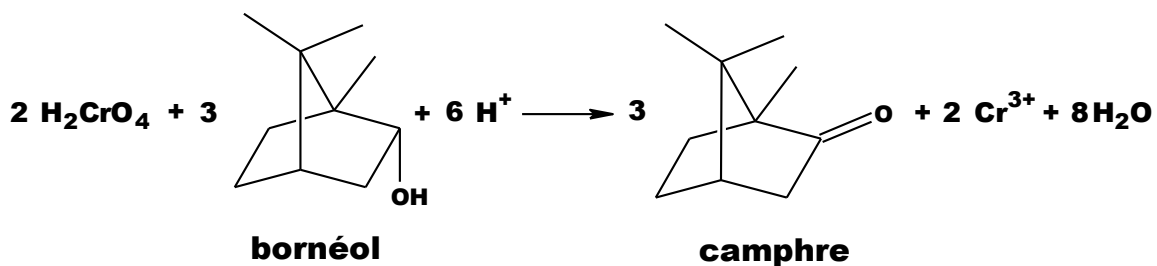


Cet exercice s'intéresse à la dernière étape qui permet de produire le camphre par oxydation du bornéol. avec comme oxydant l'acide chromique (réactif de Jones) ;

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

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

la phase organique. Traiter deux fois la phase aqueuse avec chaque fois 25 mL d'éther diéthylique.

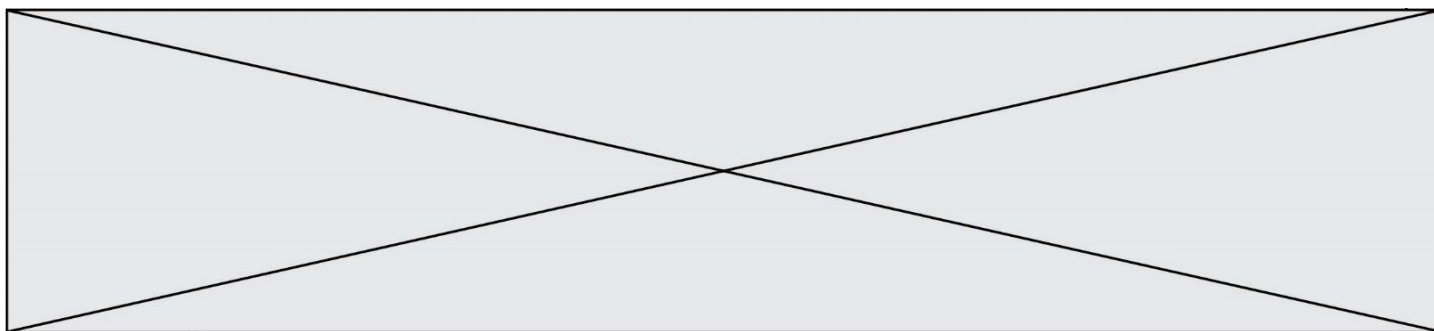
**Étape 3** Regrouper et laver les phases organiques avec successivement 25 mL d'une solution saturée de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ ), 25 mL d'une solution saturée d'hydrogencarbonate de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ ) 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 $\text{H}_2\text{CrO}_4$	Solution aqueuse d'acide chromique	    
Propanone $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	<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>	 
Éther diéthylique $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	<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>	 



Bornéol $C_{10}H_{18}O$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Masse molaire <math>M = 154,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}</math></li><li>• Température de fusion : <math>208 \text{ }^\circ\text{C}</math></li><li>• Solubilité : presque insoluble dans l'eau ; très soluble dans l'éthanol ; soluble dans l'éther de pétrole, dans la propanone et l'éther diéthylique</li></ul>
Camphre $C_{10}H_{16}O$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Masse molaire <math>M = 152,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}</math></li><li>• Température de fusion : <math>175 - 177 \text{ }^\circ\text{C}</math></li><li>• Solubilité : peu soluble dans l'eau ; très soluble dans l'éthanol ; soluble dans l'éther diéthylique</li></ul>

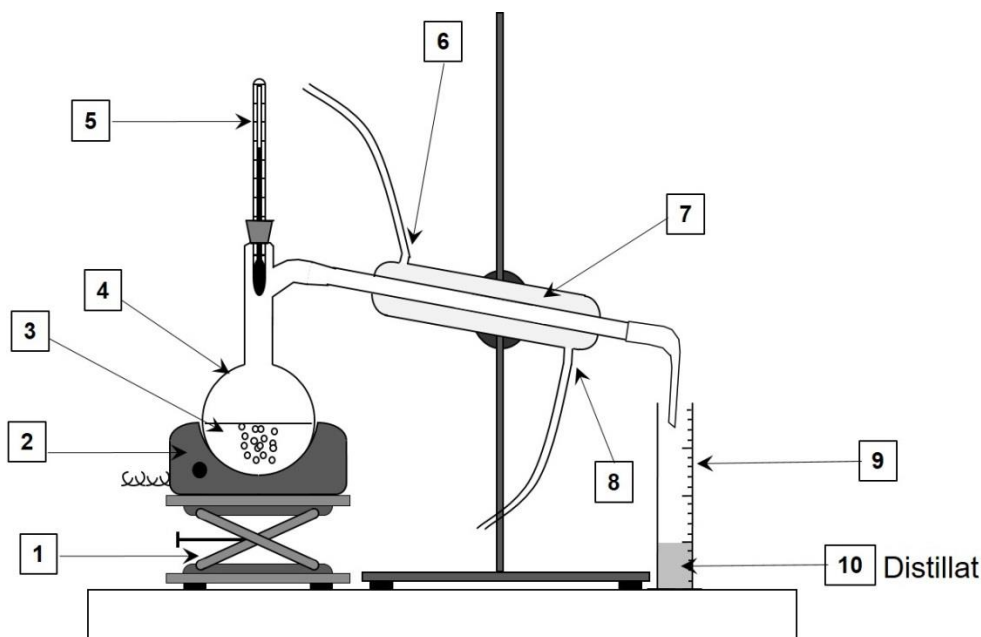
Données de spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	Bande d'absorption
O-H libre	3580 - 3650	Bande forte et fine
O-H liée (pont hydrogène)	3100 - 3500	Bande forte et large
O-H (acide carboxylique)	2500 - 3300	Bande forte et large
$C_{\text{tri}}\text{-H}$ ( $C_{\text{tri}}$ : carbone trivalent)	3000 - 3100	Bande moyenne
$C_{\text{tet}}\text{-H}$ ( $C_{\text{tet}}$ : carbone tétravalent)	2800 - 3000	Bande forte
C-H de CHO (aldéhyde)	2650 - 2800	Bande moyenne
C=O (aldéhyde, cétone)	1650 - 1730	Bande forte
C=O (acide carboxylique)	1690 - 1760	Bande forte
C=C	1625 - 1685	Bande moyenne
$C_{\text{tet}}\text{-H}$	1415 - 1470	Bande forte
C-O	1050 - 1450	Bande forte

1. Indiquer, en justifiant, les précautions à prendre lors de cette étape de la synthèse.
2. Caractériser chacune des étapes du protocole en utilisant les termes suivants : analyse du produit synthétisé ; transformation des réactifs ; isolement du produit synthétisé.
3. Justifier l'utilisation de l'éther diéthylique dans l'étape 2 du protocole.



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



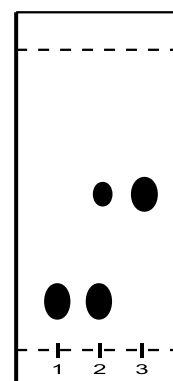
4. Sans reproduire le schéma, indiquer sur votre copie chaque nombre de la légende ainsi que le terme associé. Préciser quelle(s) espèce(s) chimique(s) est(sont) présente(s) dans le distillat (10).
5. À l'aide des couples d'oxydo-réduction :  $\text{H}_2\text{CrO}_4 / \text{Cr}^{3+}$  et camphre / bornéol, 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.

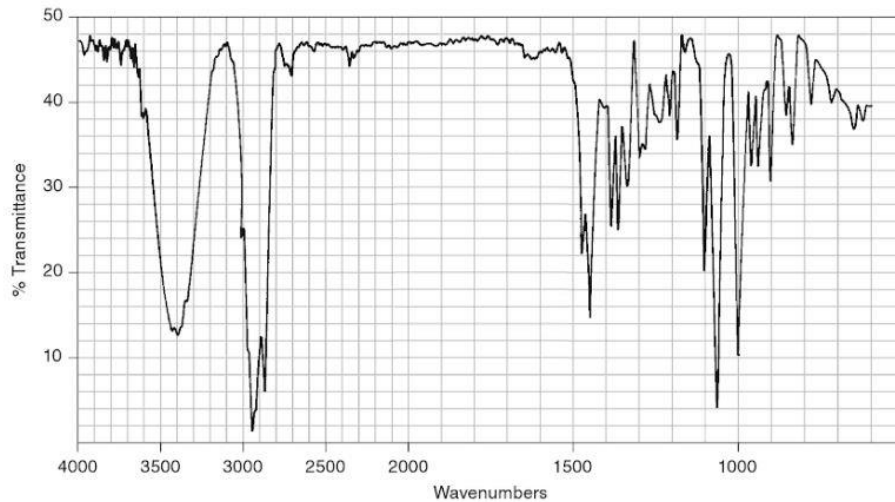
Lors de la synthèse au laboratoire, le technicien a réalisé une chromatographie sur couche mince. Il a noté sur son cahier de laboratoire :  $R_f(\text{camphre}) = 0,52$  attendu dans les conditions de la CCM et il a reproduit ci-contre le chromatogramme obtenu après élution et révélation.

1. Prélèvement au début de la transformation
2. Prélèvement en cours de transformation
3. Prélèvement en fin de transformation
9. Analyser l'allure du chromatogramme obtenu et indiquer les informations qu'il fournit sur la synthèse.





10. 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.*

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

## PARTIE A

### Une éolienne à la maison (10 points)

Un particulier veut installer une éolienne dans son jardin afin d'assurer ses besoins en énergie électrique. L'éolienne convertit une énergie renouvelable en électricité « verte », que l'on peut stocker chez soi dans des batteries. L'installation peut être schématisée comme suit :



D'après <https://www.futura-sciences.com/>

- (1) Régulateur de charge : protège l'installation des surcharges ou décharges totales.
- (2) Nombreuses batteries raccordées en série.

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 :  /  /



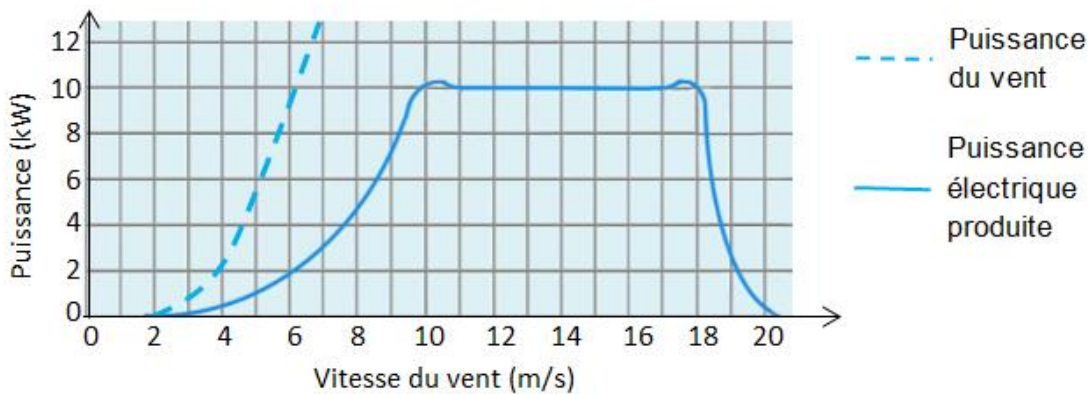
1.1

- (3) Utilisation TBT (« très basse tension » pour luminaires, système d'alarme,...)
- (4) Onduleur : permet d'obtenir un courant alternatif.
- (5) Prise électrique
- (6) Compteur d'autoconsommation (affichage de l'énergie électrique globalement consommée)
- (7) Compteur de production, en cas de revente à EDF.

### 1. Produire de l'électricité

L'éolienne se compose d'un rotor monté en haut d'un mât. La rotation des pâles de l'éolienne permet la transformation de l'énergie du vent en énergie électrique.

La puissance électrique ainsi produite dépend de la valeur de la vitesse du vent :



D'après <https://www.futura-sciences.com/>

- 1.1. À quelle valeur minimale de la vitesse du vent, exprimée en  $\text{km.h}^{-1}$ , l'éolienne commence-t-elle à produire de l'énergie électrique ?
- 1.2. Transfert d'énergie au sein de l'éolienne.
  - 1.2.1. Représenter la chaîne énergétique de l'éolienne.
  - 1.2.2. Définir le rendement de l'éolienne puis calculer sa valeur pour une valeur de vitesse du vent égale à  $7 \text{ m.s}^{-1}$ .
- 1.3. L'éolienne est configurée pour produire une puissance maximale dans une plage de valeurs de vitesse du vent comprises entre  $10$  et  $18 \text{ m.s}^{-1}$ . Interpréter la forme de la courbe donnant la puissance électrique produite en fonction de la vitesse du vent pour des valeurs supérieures à  $18 \text{ m.s}^{-1}$ .

### 2. Stocker de l'électricité

Les batteries sont des accumulateurs électrochimiques capables de convertir de l'énergie électrique en énergie chimique lors de leur charge et de l'énergie chimique en énergie électrique lors de leur décharge. Parmi les dispositifs utilisés, les batteries au plomb sont actuellement les plus utilisées pour le stockage de l'énergie électrique produite par des éoliennes domestiques.

#### Caractéristiques d'une batterie au plomb

Tension à vide $E$	Capacité** $C$	Intensité maximale $I_{\text{max}}$	Résistance interne $r$	Densité énergétique*	Rendement énergétique $\eta$
12,5 V	30 Ah	10 A	0,4 $\Omega$	25 Wh/kg	75 %

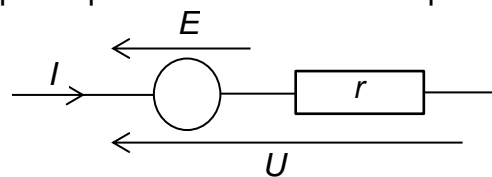


\* 25 Wh/kg signifie qu'une batterie de 1 kg permet de stocker une énergie chimique de 25 Wh.

\*\* 30 Ah signifie que la batterie peut délivrer un courant d'intensité égale à 30 A pendant 1 h ou 10 A pendant 3 h ou encore 30 mA pendant 1000 h, etc.

### Modèle électrique équivalent de la batterie en charge

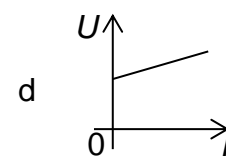
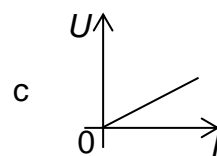
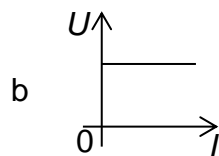
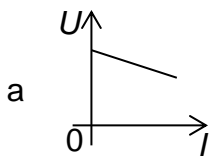
Lorsque la batterie est en charge sous la tension électrique  $U$  délivrée par l'éolienne, elle peut être modélisée par la portion de circuit électrique suivante :



#### 2.1. Relation entre l'intensité $I$ et la tension $U$ .

2.1.1. Justifier l'expression  $U = E' + rI$  (relation 1) liant la tension  $U$  aux bornes de la batterie en charge et l'intensité  $I$  du courant électrique de charge. Que représente  $r$  ?

2.1.2. Sélectionner le tracé correspondant à la charge de la batterie parmi les graphes ci-dessous. Justifier.



#### 2.2. La relation 1 peut s'écrire : $UI = E'I + rI^2$ (relation 2).

2.2.1. Après avoir donné la signification énergétique de chacun des termes de la relation 2, définir le rendement  $\eta$  du transfert d'énergie au sein de la batterie lors de sa charge et montrer que  $\eta = \frac{E'}{U}$ .

2.2.2. Vérifier que la valeur du rendement est égale à 76 % pour une valeur de l'intensité du courant électrique de charge égale à 10 A.

#### 2.3. La masse de la batterie étudiée est de l'ordre de 15 kg. L'installation comporte 20 batteries identiques.

En tenant compte du rendement mentionné à la question 2.2.2, l'éolienne, fonctionnant à sa puissance maximale, permet-elle de fournir l'énergie électrique nécessaire à la charge de ces batteries si celle-ci dure 1 h ?

*Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution, ainsi que sur la qualité de sa rédaction.*

*Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.*

### 3. Consommer l'électricité



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

La puissance électrique utilisable par le propriétaire de la maison lors de la décharge des batteries est de l'ordre de 6 kW.

Pour suivre sa consommation d'électricité, le propriétaire a réalisé un programme en langage Python s'appuyant sur un classement des appareils électriques par pack, c'est-à-dire par groupe d'appareils de même puissance électrique.

### Classement des appareils par pack

Pack	1	2	3
Puissance électrique (kW)	2,5 kW	1 kW	0,1 kW
Appareils	chauffe-eau, machine à laver, radiateur, four	bouilloire électrique, grille-pain, fer à repasser	téléviseur, hotte aspirante, lampes basse consommation

### Programme en langage python

```

1 # Bilan consommation électrique journalière
2 # pack1 = appareils de puissance 2,5 kW
3 # pack2 = appareils de puissance 1 kW
4 # pack3 = appareils de puissance 0,1 kW
5 t_1 = float(input('durée journalière utilisation du pack1 : '))
6 t_2 = float(input('durée journalière utilisation du pack2 : '))
7 t_3 = float(input('durée journalière utilisation du pack3: '))
8 E_1 = 2.5*t_1
9 E_2 = 1*t_2
10 E_3 = 0.1*t_3
11 E_totale_consommée = E_1+E_2+E_3
12 # 1 kWh coûterait 0,15 euros
13 Economie_journaliere = E_totale_consommée * 0.15
14 print("L'énergie électrique du pack1 vaut E_1 = ",E_1,"kWh")
15 print("L'énergie électrique du pack2 vaut E_2 = ",E_2,"kWh")
16 print("L'énergie électrique du pack1 vaut E_3 = ",E_3,"kWh")
17 print("L'économie réalisée vaut", Economie_journaliere,'euros')

```

3.1. La maison est aussi équipée d'un ordinateur. Associer cet appareil à son pack.

3.2. Programme en langage Python.

3.2.1. Expliquer la ligne 13.

3.2.2. Lors d'une journée, le four a été utilisé pendant 1h30, le chauffe-eau pendant 5h et le radiateur pendant 2h. Le téléviseur est resté allumé 2h durant une séance de repassage.

Quelle est le contenu de la dernière ligne affichée lors de l'exécution du programme ?