

## DEVOIR DE SCIENCES - PHYSIQUES N°9

*Il sera tenu compte du soin apporté à la présentation et à la rédaction.  
Le sujet comporte 2 pages.*

### A. DUALITÉ ONDE-PARTICULE ( / 4)

Dans sa thèse, "Recherche sur la théorie des quanta", publiée en 1924, Louis de Broglie propose de généraliser la dualité onde-particule admise pour la lumière à tous les objets microscopiques.



#### Données :

Constante de Planck :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$

Masse d'un électron :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$

1. Donner la relation de de Broglie et montrer en quoi, pour une particule, elle relie le comportement corpusculaire au comportement ondulatoire.
2. Montrer que la relation précédente est bien homogène : établir que  $h/p$ , où  $p$  désigne la quantité de mouvement, a bien la dimension d'une longueur.
3. Quelle serait la longueur d'onde associée à une voiture de masse  $m = 800 \text{kg}$ , évoluant à la vitesse de  $130 \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  ?

### B. CAPTEUR SOLAIRE ET BALLON D'EAU ( / 4)

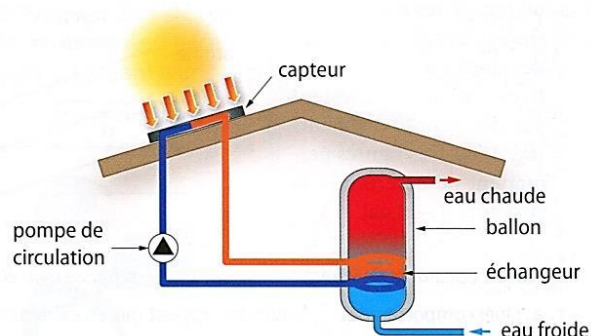
Une maison à la campagne est dotée d'un capteur solaire thermique pour chauffer l'eau. L'eau chaude a une température  $T_C = 55,0^\circ\text{C}$  et l'eau froide est prise à  $T_F = 15,0^\circ\text{C}$ .

La consommation d'eau chaude est estimée par jour à  $V = 300 \text{L}$ .

#### Données :

Capacité thermique de l'eau :  $c_{\text{eau}} = 4180 \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

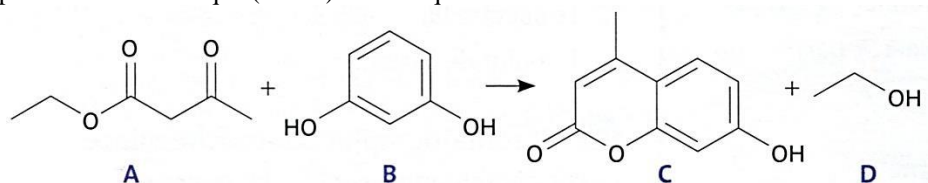
Masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$



1. Déterminer l'énergie nécessaire par jour pour élever la température de l'eau de  $15$  à  $55^\circ\text{C}$ .  
Exprimer le résultat en joule, puis en kilowattheure (kWh).
2. L'énergie solaire qui arrive sur le capteur n'est pas entièrement transmise à l'eau du ballon d'eau.  
Le rendement est  $\eta = 40\%$ .  
Quelle est l'énergie solaire  $E$  (exprimée en kWh) que doit recevoir le capteur pour chauffer l'eau ?
3. L'ensoleillement journalier moyen par unité de surface dépend de la période de l'année :  
 $E_{J\text{max}} = 6,0 \text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  pendant les mois ensoleillés,  
et  $E_{J\text{min}} = 3,0 \text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  pendant les mois moins ensoleillés.  
Quelle est la surface du capteur solaire nécessaire pendant les mois les moins ensoleillés ?

## C. SYNTHÈSE D'UNE COUMARINE (/ 12)

La 7-hydroxy-4-méthylcoumarine (C) est un intermédiaire de synthèse de produits dont l'activité biologique est importante. Le protocole ci-après permet de synthétiser cette coumarine à partir de l'acétylacétate d'éthyle (A) et du benzène-1,3-diol (B) en présence d'acide para-toluènesulfonique (APTS) selon l'équation :



### Données :

Composé	Sécurité	Coût	Propriétés
A	irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau	1 kg à 33,69 €	$M_A = 130 \text{ g.mol}^{-1}$
B	nocif en cas d'ingestion, irritant pour les voies respiratoires	500 g à 49 €	$M_B = 110 \text{ g.mol}^{-1}$
C	les coumarines sont toxiques par ingestion et contact		$M_C = 176 \text{ g.mol}^{-1}$ $T_{\text{fus}} = 185 \text{ °C}$
APTS	irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau	100 g à 18,30 €	$M_{\text{APTS}} = 173 \text{ g.mol}^{-1}$
Éthanol	inflammable	25 € le litre	

Type de proton	$\delta$ (ppm)
Ar—H	6,5-9,0
Ar—OH	9,0-10,0
Ar—C=CH—	6,1-6,4
—C=C—CH <sub>3</sub>	2,1-2,5

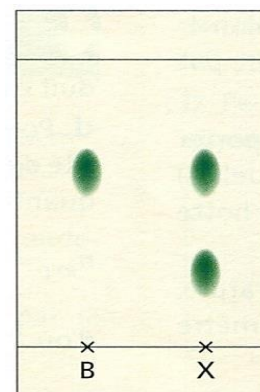
Ar : noyau aromatique

Solubilité	A	B	APTS	C
dans l'eau	insoluble	insoluble	soluble	insoluble
dans l'éthanol	soluble	soluble	soluble	peu soluble à froid soluble à chaud

### Protocole de synthèse :

- Dans un erlenmeyer de 50mL, introduire : un barreau aimanté / 3,3g de B / 2,6g de A / 0,18g d'APTS.
- Mélanger à l'aide d'une baguette en verre et chauffer sous agitation à l'aide d'un bain-marie à 60-70°C pendant 10 minutes. Le milieu réactionnel devient liquide et homogène.
- Refroidir, puis ajouter progressivement 15mL d'eau distillée. Un solide apparaît. Refroidir à l'aide d'un bain de glace.
- Filtrer sur un filtre Buchner, laver le solide avec de l'eau froide et le sécher.
- Peser le solide et déterminer son point de fusion.

1. Quel est le réactif limitant ? Justifier.
2. Quel est le rôle de l'APTS ?
3. Expliquer l'apparition d'un solide lors de l'ajout d'eau.
4. Un élève obtient à la fin de la synthèse 3,4g de solide X fondant à 175°C. Il réalise une CCM en déposant des solutions de B et de X. Il obtient le chromatogramme ci-contre. Conclure sur la pureté du produit obtenu à partir de la valeur du point de fusion et de l'allure du chromatogramme.



### Purification et analyse :

- Recristalliser le produit dans 10mL de solvant, filtrer et sécher les cristaux obtenus.
- Peser les cristaux et prendre leur point de fusion. Réaliser un spectre RMN du proton.

Après purification, l'élève obtient 2,0g d'un solide fondant à 185°C.

5. Choisir un solvant adapté pour réaliser la recristallisation. Justifier.
6. Représenter la molécule C en formule semi-développée. Relier le spectre RMN (tableau ci-contre) à la formule attendue en utilisant les déplacements chimiques et les intégrations. Commenter l'allure des signaux.
7. Calculer le rendement  $\rho$  de la synthèse.
8. Estimer le coût de la synthèse.

$\delta$ (ppm)	Intégration	Allure du signal
9,5	1 H	singulet large
6,7 – 7,6	3 H	multiplet
6,1	1 H	singulet
2,4	3 H	singulet