BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 1

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

Exercice 1 – Installation sanitaire (11 points)

Pour réduire sa consommation en énergies fossiles et voir sa facture allégée, un couple, nouvellement propriétaire, souhaite investir dans une installation utilisant l'énergie solaire pour chauffer l'eau de son logement. Pour cela, une restructuration de l'ensemble de l'installation sanitaire de la maison est nécessaire.

Dans la première partie de cet exercice, on s'intéresse aux transferts thermiques permettant le chauffage de l'eau à partir de panneaux solaires thermiques. Puis on étudie l'éventualité de l'installation d'un surpresseur pour une bonne distribution de l'eau chaude.

Partie 1 – Chauffage de l'eau

Pour limiter la consommation d'énergie électrique, les nouveaux propriétaires ont installé un panneau solaire thermique relié à un cumulus. La figure 1 ci-dessous représente un schéma du dispositif complet.

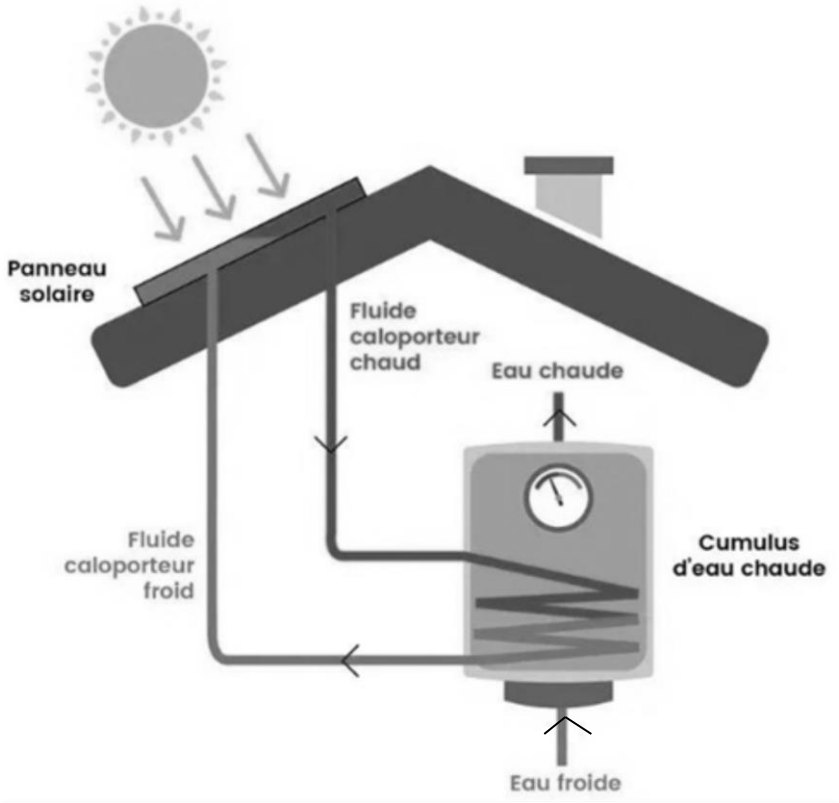


Figure 1 : Schéma du dispositif

D'après https://www.otovo.fr/blog/le-solaire-et-vous/chauffe-eau-solaire

Q1- Identifier le mode de transfert thermique qui intervient :

a) au niveau du panneau solaire thermique.

b) entre le fluide caloporteur chaud et l'eau sanitaire du cumulus.

c) dans le cumulus entre l'eau chaude en bas et l'eau froide en haut.

Afin de limiter les pertes thermiques, le panneau solaire contient un isolant intercalé entre le fluide caloporteur, chauffé par le Soleil, et la structure basse du panneau (figure 2). Cette couche isolante est composée soit d'une résine de mélamine, soit d'une mousse de polyuréthane rigide.

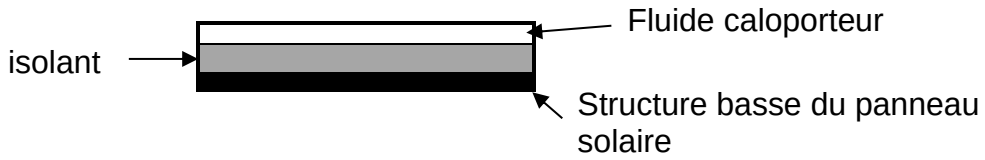


Figure 2 : Schéma de la structure du panneau solaire

Données :

- Conductivités thermiques λ de matériaux, en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$:

Résine de mélamine	Mousse de polyuréthane rigide
0,033	0,025

- La résistance thermique de l'isolant a pour expression $R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$ où e est l'épaisseur de l'isolant en m, S est sa surface en m^2 et λ est sa conductivité thermique en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.
- Le flux thermique à travers l'isolant a pour expression $\Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{th}}$ où $\Delta\theta$ est la différence de température entre les parties supérieure et inférieure de l'isolant (figure 2).

Q2- Calculer la valeur de la résistance thermique R_{th} d'un isolant en résine de mélamine d'épaisseur e = 5,0 cm pour un panneau solaire de surface S = 5,0 m^2.

Q3- Sachant que la structure basse du panneau a une température θ_p = 20 °C et que le fluide caloporteur a une température θ_c = 45 °C, déterminer la valeur du flux thermique Φ traversant l'isolant en résine de mélamine.

Q4- Indiquer, en justifiant, le sens du transfert thermique entre la structure basse du panneau et le fluide caloporteur.

Q5- Comparer, en justifiant sans calcul, la valeur du flux thermique calculée précédemment et celle du flux thermique qui traverserait le même dispositif pour un isolant en mousse de polyuréthane rigide. Commenter le choix de l'isolant.

Le cumulus de volume V = 150 L est le siège d'un transfert thermique Q qui permet de chauffer l'eau stockée. L'eau contenue dans le cumulus est considérée comme un système immobile, incompressible et parfaitement isolé thermiquement.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : c_{eau} = 4 180 $J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}$
- Masse volumique de l'eau : ρ_{eau} = 1,00 $kg \cdot L^{-1}$
- Relation entre puissance thermique P_{th} (en W), transfert thermique Q (en J) et durée du transfert thermique Δt (en s) : $Q = P_{th} \times \Delta t$
- Expression du rendement r d'un convertisseur : $r = \frac{P_{utile}}{P_{reçue}}$

Q6- Donner l'expression de la variation d'énergie interne ΔU de l'eau contenue dans le cumulus en fonction de la capacité thermique massique c_{eau}, du volume V, de la masse volumique ρ_{eau}, des températures initiale θ_i et finale θ_f de l'eau.

Q7- En déduire l'expression du transfert thermique Q en appliquant le premier principe de la thermodynamique.

Le panneau solaire thermique de surface S = 5,0 m^2 reçoit une puissance radiative surfacique p_R = 600 W·m^{-2}. Le rendement du chauffe-eau solaire installé est de 77 %.

Q8- Calculer la valeur de la puissance thermique P_{th} fournie par le chauffe-eau solaire.

Q9- Déterminer la valeur de la durée Δt, en heures, nécessaire pour que l'eau du cumulus passe d'une température initiale θ_i = 10 °C à une température finale θ_f = 50 °C. Commenter.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Parte 2 – Surpresseur

Pour obtenir une pression de l'eau confortable aux robinets situés à l'étage, il est parfois conseillé d'utiliser un surpresseur. Ce dispositif est monté à l'entrée de l'installation si la pression de l'eau distribuée est inférieure à 2,0 bar.

Données :

- Intensité de la pesanteur : g = 9,81 m·s^{-2}
- Masse volumique de l'eau : ρ_{eau} = 1,00 × 10^3 kg·m^{-3}
- Conversion : 1,0 bar = 1,0 × 10^5 Pa
- Expression du débit volumique : $D = v \times S$ où v est la vitesse d'écoulement de l'eau (en m·s^{-1}) et S est la section du tube d'écoulement (en m^2).
- On considère que la relation de Bernoulli peut s'appliquer le long d'une ligne de courant d'un fluide incompressible en écoulement permanent indépendant du temps. Elle s'écrit : $\frac{1}{2} \cdot \rho_{eau} \cdot v^2 + \rho_{eau} \cdot g \cdot z + P$ = constante.

Le tableau suivant définit z et P et donne les caractéristiques du logement.

Caractéristiques de l'installation sanitaire du logement	**Entrée du cumulus**	**Robinet à l'étage**
Altitude z (en m)	0,0	5,0
Section S (en m^2)	2,0 × 10^{-4}	1,1 × 10^{-4}
Pression P (en Pa)	3,0 × 10^5	P_2
Vitesse d'écoulement v (en m·s^{-1})	1,0	v_2

L’eau est considérée comme un fluide incompressible en écoulement permanent indépendant du temps.

Q10- Indiquer, en justifiant, la relation entre les débits volumiques D_1 à l’entrée du cumulus et D_2 au robinet à l’étage.

Q11- En déduire que la vitesse de l’eau au robinet à l’étage a pour valeur $v_2 = 1{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q12- Déterminer la valeur de la pression de l’eau P_2 à la sortie du robinet à l’étage en appliquant la relation de Bernoulli.

Q13- Indiquer si un surpresseur est nécessaire à l’entrée de l’installation sanitaire du logement nouvellement acheté par le couple.

Exercice 2 – Pollution ammoniacale (5 points)

L'azote ammoniacal est souvent le principal indicateur chimique de pollution directe d'une eau de rivière à la suite d'un rejet polluant. C'est en détectant la présence d'azote ammoniacal que l'on peut situer le long d'un cours d'eau les rejets d'eaux usées dus, entre autres, aux déjections humaines. Dans les eaux, la présence d'azote ammoniacal ne doit pas dépasser 0,10 $mg \cdot L^{-1}$.

L'objectif de cet exercice est de déterminer si un échantillon d'eau de rivière est pollué par l'azote ammoniacal.

<u>Données</u> :

- Numéros atomiques : Z(N) = 7 et Z(H) = 1
- Masses molaires atomiques : M(N) = 14,0 $g \cdot mol^{-1}$ M(H) = 1,0 $g \cdot mol^{-1}$
- Couples acido-basiques :
  - ammonium / ammoniaque $NH_4^+(aq)$ / $NH_3(aq)$ pK_{A1} = 9,22
  - eau / ion hydroxyde H_2O (ℓ) / $HO^-(aq)$ pK_{A2} = 14,0
- Conductivités molaires ioniques λ^0(en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$)

$NH_4^+(aq)$	$Na^+(aq)$	$HO^-(aq)$
7,35	5,01	19,8

Dans l'eau, en fonction du pH et de la température, l'azote ammoniacal se rencontre sous deux formes : l'ion ammonium $NH_4^+(aq)$ et l'ammoniac aqueux $NH_3(aq)$.

On étudie un échantillon d'eau prélevé à 20 °C dans une rivière. Son pH est égal à 7,2.

Q1- Définir un acide selon Brønsted.

Q2- Établir le schéma de Lewis de l'ammoniac.

Q3- Représenter le diagramme de prédominance du couple ion ammonium / ammoniaque.

Q4- Identifier, en justifiant, l'espèce ammoniacale prédominante dans l'échantillon prélevé.

<u>Dans la suite de l'exercice, seul l'ion ammonium sera pris en compte dans l'analyse de l'échantillon prélevé.</u>

On réalise un titrage par suivi conductimétrique d'un volume V = 200,0 mL de l'échantillon prélevé.

Pour le titrage, on prépare 50,0 mL d'une solution titrante S de concentration en quantité de matière $c_1 = 3{,}50 \times 10^{-4}$ mol·L^{-1} en hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$) en diluant dix fois une solution mère S_0 disponible au laboratoire.

Q5- Choisir, en justifiant, la verrerie utilisée pour mettre en œuvre la dilution de la solution S_0 parmi la liste de matériel à disposition :

- un bécher
- un erlenmeyer de 50 mL
- une fiole jaugée de 50,0 mL
- des pipettes jaugées : 5,0 mL ; 10,0 mL ; 50,0 mL
- des éprouvettes graduées de 5 mL et 10 mL

Après chaque ajout de solution titrante S, on mesure la conductivité σ de la solution. La figure 1 ci-après donne l'évolution de la conductivité σ en fonction du volume V_1 de solution titrante S.

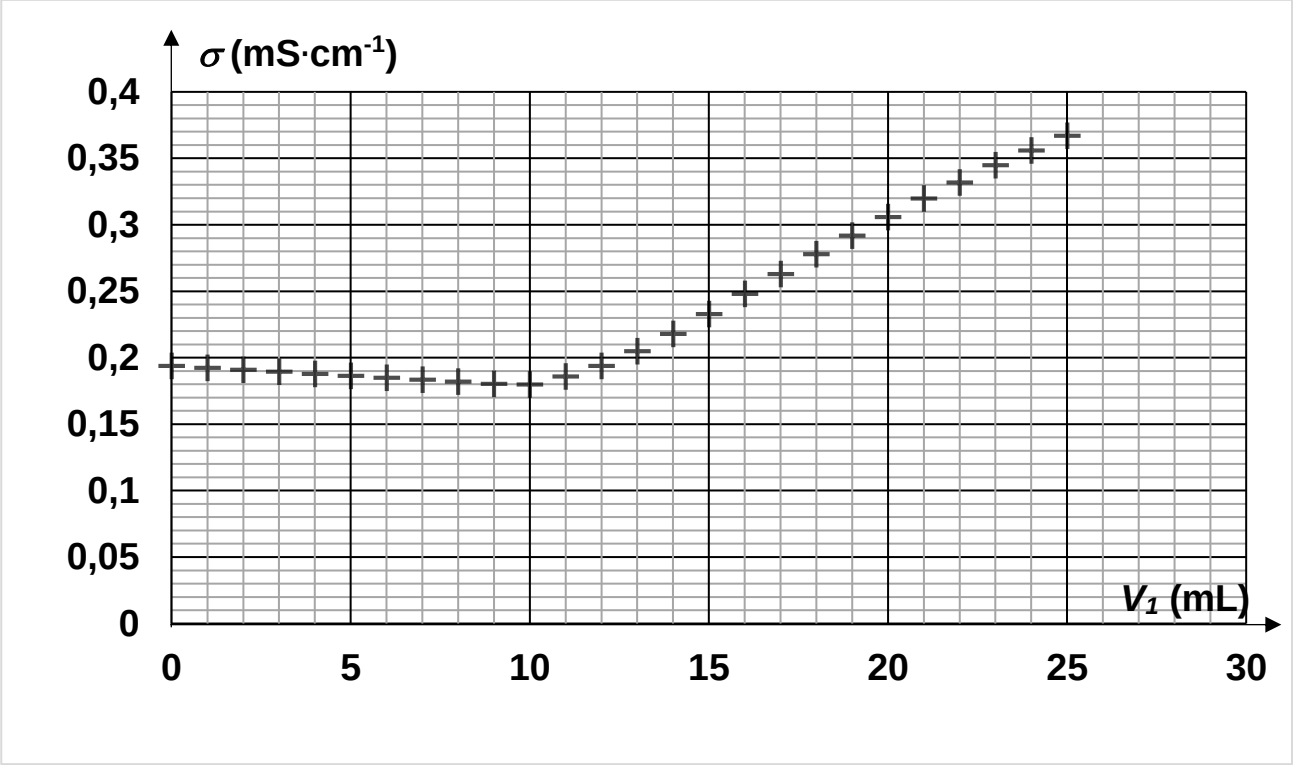


Figure 1 : Courbe expérimentale du titrage conductimétrique de l'échantillon d'eau

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :

$$NH_4^+(aq) + HO^-(aq) \longrightarrow NH_3(aq) + H_2O(\ell)$$

Q6- Justifier sans calcul l'évolution de la courbe de la figure 1 avant et après l'équivalence.

Q7- Déterminer la valeur du volume V_{1E} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence en explicitant la méthode utilisée.

Q8- Indiquer si l'échantillon d'eau de rivière est pollué par l'azote ammoniacal.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Exercice 3 – Arôme de poire (4 points)

Les esters sont des composés organiques à l'origine de l'arôme des fruits et de l'odeur de certains parfums. Ils sont facilement synthétisés au laboratoire.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la synthèse de l'éthanoate de pentyle, molécule responsable de l'arôme de poire.

Données :

	Pentan-1-ol	**Acide éthanoïque**	**Ethanoate de pentyle**
Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	88,0	60,0	130,0
Densité (-)	0,814	1,05	0,880
Solubilité dans l'eau	Faible	Totale	Nulle

Bandes d'absorption infrarouge (IR) de quelques types de liaisons chimiques :

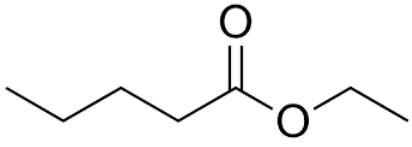
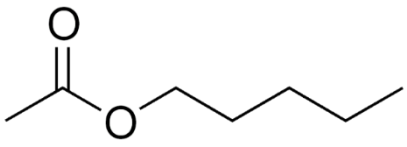
Liaison	**Nombre d'onde (cm^{-1})**	**Intensité**
O-H	3 100 – 3 500	Forte et large
O-H des acides carboxyliques	2 500 – 3 200	Forte à moyenne, large
C-H	2 900 – 3 100	Moyenne à forte
C=O des acides carboxyliques	1 740 – 1 800	Forte
C=O des esters	1 730 – 1 750	Forte

Partie 1 – L'éthanoate de pentyle

L'éthanoate de pentyle, de formule brute $C_7H_{14}O_2$, est un ester qui possède plusieurs isomères de constitution.

Q1- Définir un isomère de constitution.

Parmi les deux isomères A et B ci-dessous se trouve la molécule d'éthanoate de pentyle.

A	**B**
	

Q2- Identifier, en justifiant, l'isomère dont la formule correspond à celle de l'éthanoate de pentyle.

Q3- Justifier que le spectre infrarouge présenté sur la figure 1 ci-après peut correspondre aux deux isomères A et B.

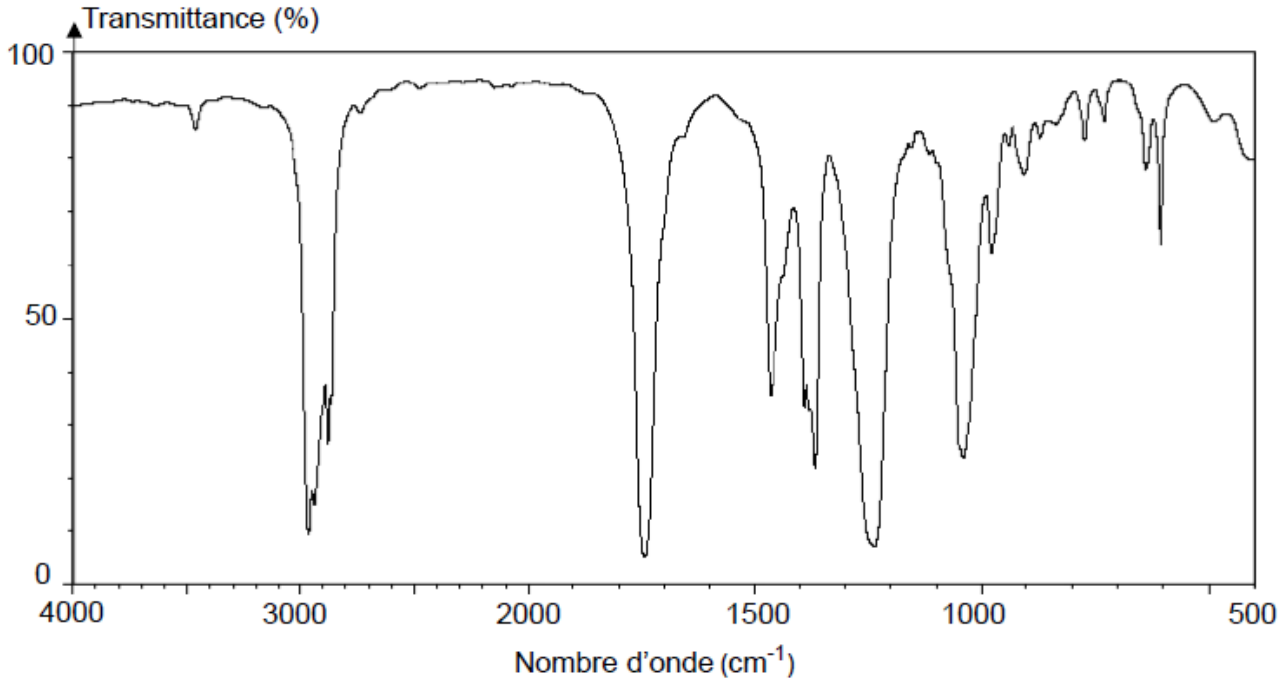


Figure 1 : Spectre infrarouge de l'un des deux isomères

Partie 2 – Synthèse organique

Document – Protocole expérimental

- Chauffer à reflux pendant 30 min un mélange contenant un volume V_1 = 54,0 mL de pentan-1-ol, une quantité de matière n_2 = 0,50 mol d'acide éthanoïque, quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, catalyseur de la réaction, et quelques grains de pierre ponce.

- Prélever à intervalles réguliers un volume V du mélange réactionnel. Le verser dans un bécher placé dans un bain d'eau glacée.

- Doser le volume V par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$) en présence d'un indicateur coloré.

- Déterminer la quantité de matière d'acide éthanoïque n_{acide} n'ayant pas réagi. En déduire la quantité de matière n_{ester} produite.

- Tracer l'évolution de la quantité de matière n_{ester} produite en fonction du temps. Le graphique obtenu est présent sur la figure 2 ci-après.

Q4- Citer deux avantages que présente un montage de chauffage à reflux.

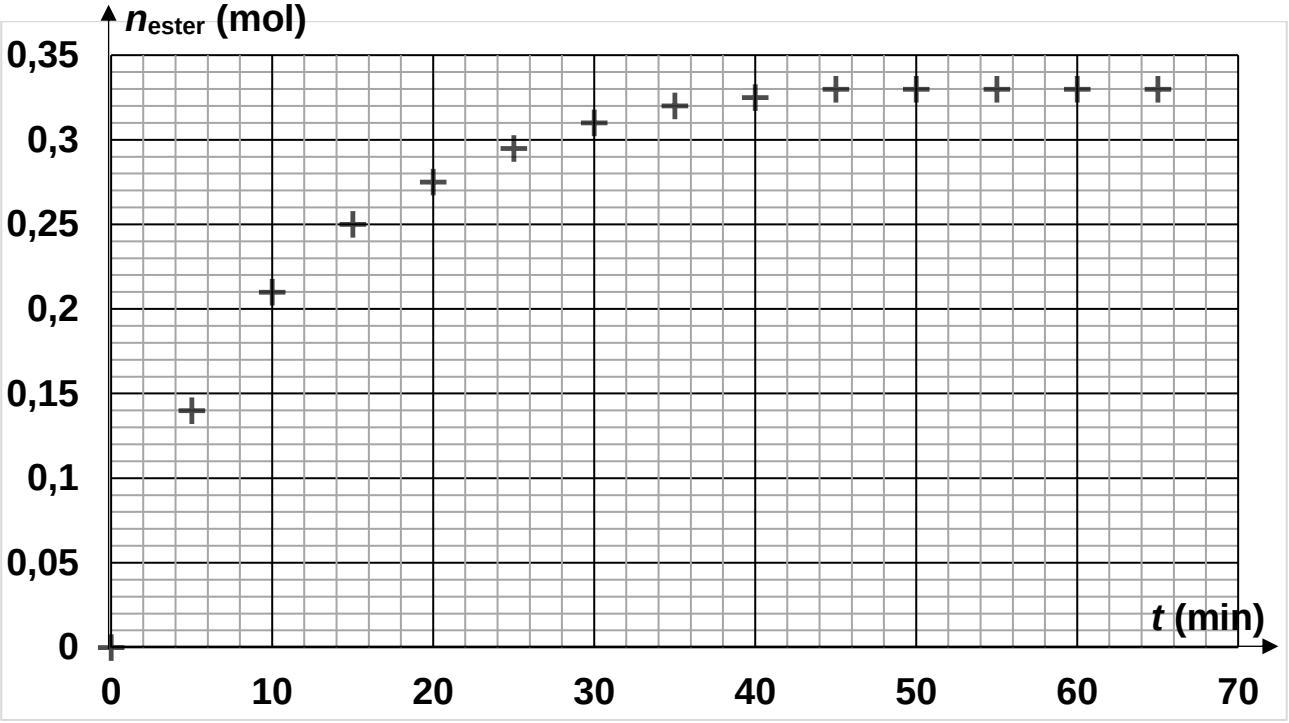


Figure 2 : Évolution de la quantité de matière d'ester formé au cours du temps

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu s'écrit :

$$C_5H_{12}O\ (\ell) + C_2H_4O_2\ (\ell) \leftrightarrows C_7H_{14}O_2\ (\ell) + H_2O\ (\ell)$$

La constante K de cet équilibre, qui dépend peu de la température, a pour valeur $K = 4$.

Q5- Exprimer puis calculer le quotient réactionnel initial $Q_{r,0}$.

Q6- En déduire le sens d'évolution spontanée de la transformation.

Q7- Déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

Q8- Calculer la valeur du rendement r de la réaction en utilisant le graphique de la figure 2.

Q9- Choisir, en justifiant, une (des) proposition(s) pour améliorer le rendement de la réaction parmi les propositions suivantes :

a) Augmenter la température du mélange réactionnel.

b) Éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation.

c) Augmenter la quantité de matière d'acide éthanoïque.

d) Augmenter la quantité d'acide sulfurique.