# Le parfum de la poire

Bac S 2006 La Réunion (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

**I.1** Nommer la fonction chimique présente dans la molécule d'éthanoate de pentyle.

La molécule contient l'enchaînement $-CO-O-C$ : un carbone doublement lié à un oxygène et lié à un second oxygène, lui-même lié à un carbone.

C'est la fonction **ester**.

**PIÈGE**
Ne pas répondre « acide carboxylique » : dans un acide, le groupe est $-COOH$, avec un hydrogène sur l'oxygène. Ici l'oxygène porte une chaîne carbonée.

**1.2.1** Le réactif A est l'acide carboxylique. Quelle fonction organique contient le réactif B ? Écrire sa formule semi-développée.

Un ester s'obtient à partir d'un acide carboxylique et d'un alcool : B contient la fonction **alcool** (groupe hydroxyle $-OH$).

B apporte la chaîne à cinq carbones liée à l'oxygène de l'ester.

B : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

**MÉTHODE**
Couper l'ester au niveau de la liaison $CO-O$ : le côté du $C{=}O$ vient de l'acide (ici deux carbones), le côté de l'oxygène vient de l'alcool (ici cinq carbones).

**1.2.2** Écrire l'équation de la réaction chimique conduisant à la formation de l'éthanoate de pentyle.

$$CH_3-COOH + C_5H_{11}-OH = CH_3-COO-C_5H_{11} + H_2O$$

**COMPRENDRE**
Le signe « = » rappelle que la transformation est limitée : la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester, a lieu en même temps.

**1.2.3** Nommer les réactifs A et B dans la nomenclature officielle, ainsi que l'autre produit formé au cours de cette synthèse.

- A, acide à deux carbones : **acide éthanoïque** (l'acide acétique du texte).
- B, alcool à cinq carbones, hydroxyle sur le carbone 1 : **pentan-1-ol** (l'alcool amylique du texte).

A : acide éthanoïque ; B : pentan-1-ol ; autre produit : **eau**.

**PIÈGE**
Écrire seulement « pentanol » est incomplet : il faut l'indice de position du groupe hydroxyle.

**1.2.4** Quel est le nom de cette synthèse ?

C'est une **estérification**.

**II.1** Décrire une méthode opératoire permettant de suivre l'évolution de la quantité de matière du réactif A au cours du temps.

On suit l'acide éthanoïque restant par des titrages successifs.

- On répartit le mélange réactionnel en plusieurs tubes identiques, placés au même instant dans un bain thermostaté à 25 °C : c'est la date $t = 0$.
- À une date $t$ choisie, on sort un tube et on verse son contenu dans de l'eau glacée (trempe) : la transformation est stoppée.
- On titre alors l'acide restant par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration connue, en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine). L'équivalence donne la quantité d'acide dans le tube, puis dans tout le mélange par proportionnalité.
- On recommence avec un autre tube à chaque date.

Trempe puis titrage acido-basique de l'acide restant, tube après tube.

**COMPRENDRE**
La trempe agit sur deux facteurs cinétiques : le froid et la dilution ralentissent tellement l'estérification que la composition ne change plus pendant le titrage.

**II.2.1** Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

L'acide sulfurique est un **catalyseur** : il accélère la réaction, sans modifier l'état final.

**II.2.2** L'acide sulfurique intervient-il dans l'équation de la réaction ?

Non : un catalyseur est consommé puis régénéré, il n'apparaît pas dans l'équation.

**II.3.1.a** Établir un tableau descriptif de l'évolution du système avec l'état initial, un état intermédiaire et l'état du système à la date $t = 60$ min.

**Données utiles** $n_A(0) = n_B(0) = 0{,}50$ mol ; à $t = 60$ min, $n = 0{,}33$ mol d'ester

Quantités de matière en mol ; E désigne l'ester.

| | A | + B | = E | + $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| Initial ($x = 0$) | 0,50 | 0,50 | 0 | 0 |
| Intermédiaire ($x$) | $0{,}50 - x$ | $0{,}50 - x$ | $x$ | $x$ |
| $t = 60$ min | 0,17 | 0,17 | 0,33 | 0,33 |

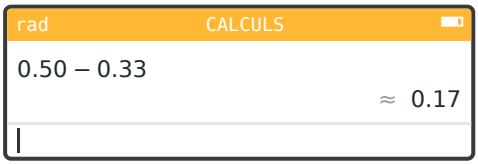
À $t = 60$ min, la quantité d'ester formée donne $x = 0{,}33$ mol, donc il reste $0{,}50 - 0{,}33 = 0{,}17$ mol de A et de B.

À $t = 60$ min : 0,17 mol de A, 0,17 mol de B, 0,33 mol d'ester, 0,33 mol d'eau.

**PIÈGE**
Écrire $x_{max} = 0{,}50$ mol dans la dernière ligne. La transformation n'est pas totale : la ligne à 60 min se remplit avec la valeur mesurée, 0,33 mol.

**COMPRENDRE**
Chiffres significatifs : pour une soustraction, on garde la précision du terme le moins précis, ici le centième de mole.

**À LA CALCULATRICE**




**II.3.1.b** Donner la relation entre la quantité $n$ d'éthanoate de pentyle et l'avancement $x$.

D'après la colonne de l'ester dans le tableau (nombre stœchiométrique 1, quantité initiale nulle) :

$n = x$

**II.3.2.a** Définir la vitesse volumique de la réaction de formation de l'éthanoate de pentyle.

La vitesse volumique de réaction est la dérivée de l'avancement par rapport au temps, divisée par le volume $V$ du mélange réactionnel.
Comme $n = x$ :

$$v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t}$$

**COMPRENDRE**
Le programme actuel parle de vitesse volumique d'apparition de l'ester, $\frac{\mathrm{d[E]}}{\mathrm{d}t}$. Le volume étant constant et $n = x$, c'est ici la même grandeur.

**II.3.2.b** Comment évolue cette vitesse de réaction au cours du temps ? Quel facteur cinétique permet d'expliquer cette évolution ?

$V$ étant constant, $v$ est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t}$, coefficient directeur de la tangente à la courbe $n = f(t)$. Les tangentes sont de moins en moins inclinées, puis horizontales.

La vitesse **diminue** au cours du temps, jusqu'à s'annuler. Facteur cinétique : la **concentration des réactifs**, qui diminue.

**PIÈGE**
Citer la température ou le catalyseur : ils sont constants pendant l'expérience et ne peuvent pas expliquer une variation de la vitesse.

**II.3.2.c** Quel est l'état du système à partir de $t = 50$ min ?

À partir de 50 min, $n$ reste égale à $0{,}33$ mol : la composition du système ne change plus. Il reste pourtant $0{,}17$ mol de chaque réactif.

Le système a atteint son état final, qui est un **état d'équilibre** (transformation non totale).

**COMPRENDRE**
L'équilibre est dynamique : estérification et hydrolyse continuent, à la même vitesse, si bien que les quantités ne varient plus.

**II.3.3** Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Le déterminer graphiquement.

**Données utiles** $n_f = x_f = 0{,}33$ mol (II.3.1.a)

Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$.

Comme $n = x$ : $n(t_{1/2}) = \frac{n_f}{2} = \frac{0{,}33}{2} = 0{,}165$ mol.

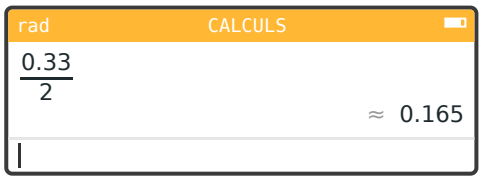
Sur la figure 1, le point de la courbe d'ordonnée $0{,}165$ mol a pour abscisse environ $6{,}5$ min.

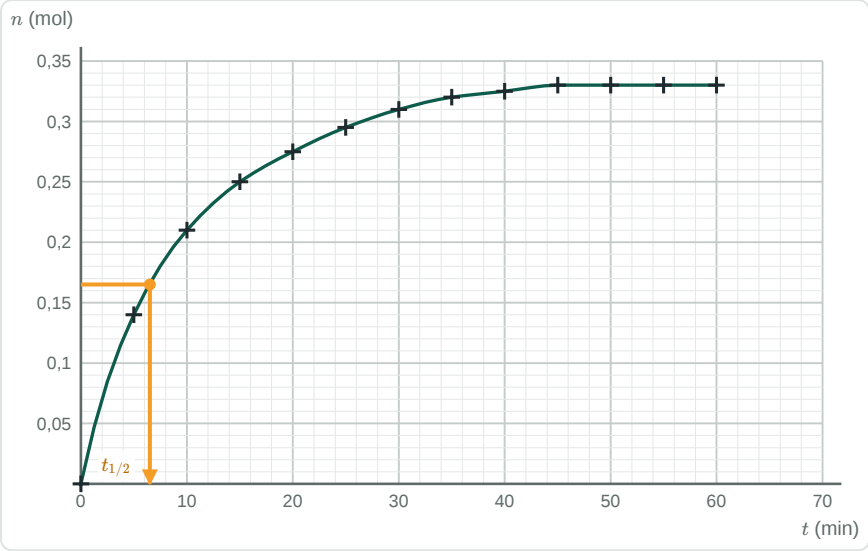
$t_{1/2} \approx 6{,}5$ min

**PIÈGE**
Prendre la moitié de $0{,}50$ mol, ou la moitié de la durée de l'expérience. La référence est l'avancement final réellement atteint, $0{,}33$ mol.

**COMPRENDRE**
Le tableau encadre la lecture : $0{,}14$ mol à 5 min et $0{,}21$ mol à 10 min. Toute valeur entre 6 et 7 min, tracé à l'appui, est acceptable.

**À LA CALCULATRICE**






**II.3.3** · Figure 1 de l'annexe : lecture du temps de demi-réaction

**II.3.4.a** La synthèse est faite sans ajout d'acide sulfurique. Comment évolue le temps de demi-réaction par rapport à celui de la question précédente ?

Sans catalyseur, la transformation est plus lente : il faut plus de temps pour atteindre la moitié de l'avancement final, lui-même inchangé.

Le temps de demi-réaction **augmente**.

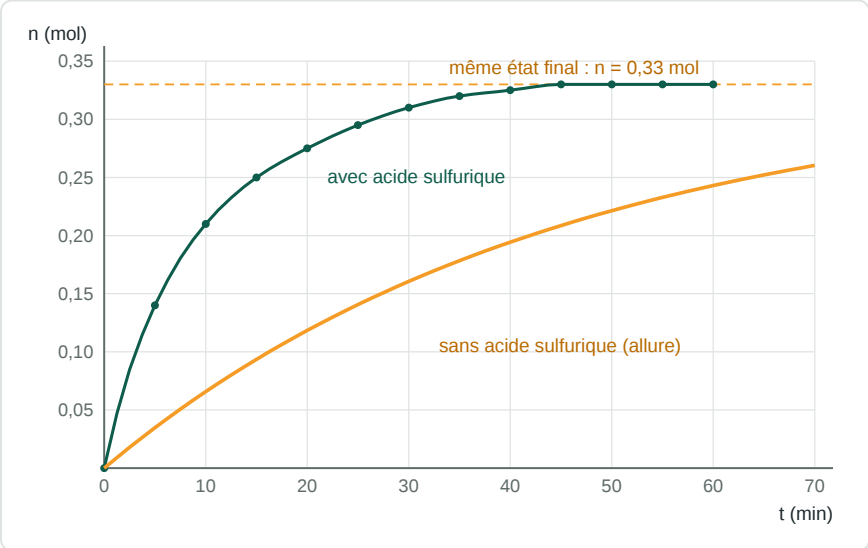
**II.3.4.b** Tracer sur la figure 1 de l'annexe l'allure de la courbe $n = f(t)$ lorsqu'il n'y a pas d'ajout d'acide sulfurique. Préciser l'état final du système.

La nouvelle courbe part de l'origine, reste en dessous de la première (pente plus faible à chaque date) et tend vers la même asymptote.

État final inchangé : $n_f = 0{,}33$ mol d'ester ($0{,}17$ mol de A et de B), atteint plus tard, éventuellement après 60 min.

**PIÈGE**
Tracer un palier plus bas que $0{,}33$ mol : ce serait affirmer que le catalyseur change l'état final.

**COMPRENDRE**
Un catalyseur modifie la durée de la transformation, pas la composition à l'équilibre.




**II.3.4.b** · Figure 1 de l'annexe complétée : allure de la courbe sans catalyseur