

TD. La catalyse

Exercice 1

On étudie l'influence de deux catalyseurs sur la décomposition (dismutation) de l'eau oxygénée (solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H_2O_2).

I. Etude de la solution de peroxyde d'hydrogène

La solution commerciale d'eau oxygénée (solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H_2O_2) porte une étiquette donnant les indications suivantes:

- peroxyde d'hydrogène: 3,10g
- eau purifiée ajoutée pour arriver à un volume total de solution de 100mL.

1. Déterminer la concentration molaire C_0 en peroxyde d'hydrogène de la solution commerciale notée S_0 .

2. Expliquer soigneusement comment préparer un volume $V_1 = 200\text{mL}$ de solution S de concentration en peroxyde d'hydrogène $C_1 = 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir de la solution S_0 .

II. Etude des catalyseurs

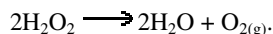
On utilise parallèlement deux catalyseurs. D'une part le platine solide (réduit en poudre et déposé sur un support en plastique) et d'autre part une enzyme, la catalase, soluble en solution aqueuse.

1. Donner la définition d'un catalyseur.
2. Indiquer pourquoi la catalyse mettant en jeu le platine est qualifiée d'hétérogène.

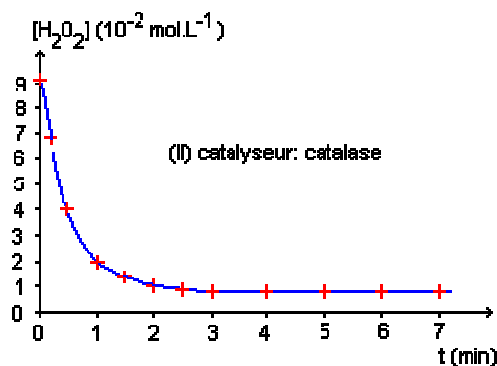
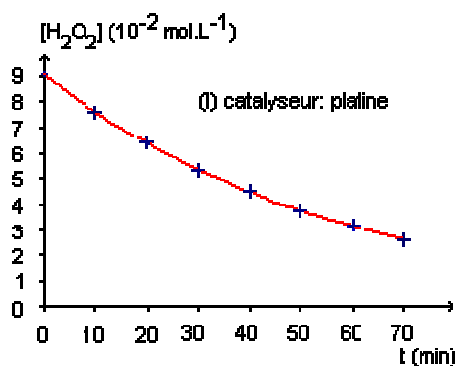
III. Etude de la cinétique de la réaction de décomposition de H_2O_2 en présence de catalyseur

On travaille à la température ambiante. On considère deux échantillons de même volume $V_3 = 50\text{mL}$ de la solution S . A l'instant $t=0$ on introduit dans l'échantillon noté (I) le platine et dans l'échantillon noté (II) la catalase.

Dans les deux cas la décomposition du peroxyde d'hydrogène se traduit par l'équation:



On suit l'évolution des réactions en relevant les volumes de dioxygène dégagé au cours du temps. On en déduit la concentration en peroxyde d'hydrogène restant dans l'échantillon au cours du temps et on trace les courbes $[H_2O_2]=f(t)$.

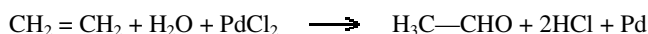


1. Etablir la relation qui permet de calculer la concentration en H_2O_2 restant à la date t en fonction du volume $V(\text{O}_2)$ dégagé à cette date.
2. Définir la vitesse volumique de la réaction de décomposition du peroxyde d'hydrogène à la date t . Expliquer comment la déterminer expérimentalement.
3. Pour chaque échantillon, déterminer cette vitesse à la date $t=0$.
4. Déterminer dans chaque cas le temps de demi-réaction. Quel est le catalyseur le plus efficace?

Donnée: Volume molaire dans les conditions de l'expérience: $V_m=24\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exercice 2

Le procédé **Wacker** est une technique permettant de réaliser la synthèse catalytique de l'éthanal par oxydation de l'éthène (éthylène) par le dioxygène de l'air. Les principales étapes de cette synthèse sont résumées ci-dessous.



1. Rappeler la définition d'un catalyseur.
2. Donner l'équation de la réaction de synthèse de l'éthanal.
3. A partir des trois équations données ci-dessus, indiquer quels sont les deux catalyseurs utilisés pour cette synthèse.
4. Le rendement obtenu par ce procédé **Wacker** est de 95%. Déterminer la masse d'éthanal que l'on peut obtenir à partir d'un volume $V=100,0\text{L}$ d'éthène.

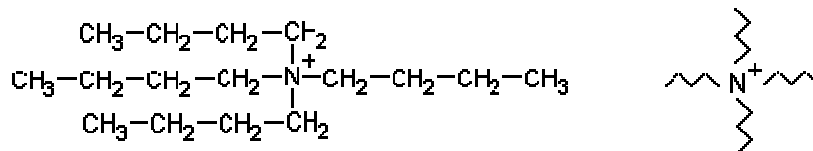
Donnée: $V_m=24,0\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exercice 3

Etude d'une catalyse par transfert de phase.

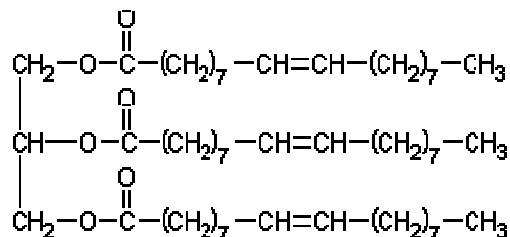
L'une des difficultés rencontrées lors de l'hydrolyse basique d'un corps gras vient du fait que l'on doit faire réagir un triglycéride non miscible à l'eau avec l'ion hydroxyde en solution aqueuse. Pour faciliter cette rencontre, on cherche à transférer les ions hydroxyde dans la phase organique. Pour cela, on ajoute du chlorure de tétrabutylammonium dans le milieu réactionnel.

La formule de l'ion tétrabutylammonium et sa schématisation (formule topologique) sont données ci-dessous.



1. Reproduire la représentation schématisée de l'ion tétrabutylammonium et repasser en rouge la (ou les) parties(s) hydrophobe(s) de l'ion tétrabutylammonium.

2. Expliquer pourquoi un tel ion est amphiphile (affinité pour les milieux organiques et pour les espèces polarisées (eau ou ions)).
3. Après le passage de l'ion tétrabutylammonium dans la phase organique, la neutralité de cette phase doit être assurée. Parmi les espèces suivantes: Cl^- , H_3O^+ , H_2O , Na^+ et HO^- , indiquer celles qui sont susceptibles d'être entraînées dans la phase organique par l'ion tétrabutylammonium. Justifier la réponse.
4. On effectue l'hydrolyse basique d'une masse $m=9,0\text{g}$ d'oléine (sa formule semi-développée est donnée ci-contre) avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium en excès en présence de chlorure de tétrabutylammonium. On chauffe modérément le milieu réactionnel et les ions tétrabutylammonium sont recyclés au fur et à mesure de la réaction.

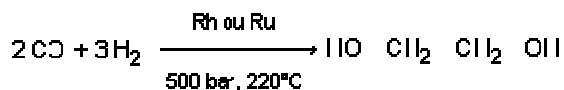
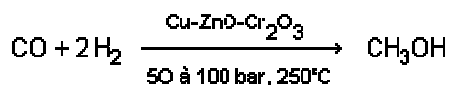
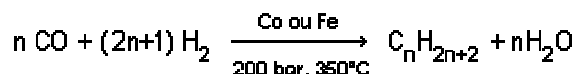


- a. Donner l'équation de cette hydrolyse basique.
- b. Quel produit d'usage courant obtient-on par hydrolyse basique d'un corps gras? Donner le nom de l'alcool obtenu simultanément.
- c. Justifier le nom de catalyseur par transfert de phase donné à l'ion tétrabutylammonium.
- d. On obtient un solide jaunâtre de masse $m'=7,3\text{g}$. Déterminer le rendement de cette synthèse.

Données: Masse molaire de l'oléine: $M=884\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; masse molaire de l'oléate de sodium: $M'=304\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exercice 4

Le gaz à l'eau est un mélange de dihydrogène et de monoxyde de carbone obtenu en faisant passer de la vapeur d'eau sur du coke incandescent. Ce mélange de dihydrogène et de monoxyde de carbone peut donner lieu à plusieurs transformations selon le catalyseur utilisé. On donne ci-dessous trois exemples.



1. Quel type de catalyse est mis en jeu dans ces réactions? Justifier.
2. Quelle propriété des catalyseurs ces réactions mettent-elles en évidence?
3. On fait réagir un volume $V=10,00\text{m}^3$ de gaz à l'eau composé en volume de 33,3% de monoxyde de carbone et de 66,6% de dihydrogène. Quelle masse de méthanol peut-on obtenir si le rendement de la réaction est de 75%?
4. On utilise le même mélange sur des toiles en rhodium et en ruthénium. Quelle masse d'éthylène glycol (éthan-1,2-diol) peut-on théoriquement obtenir si le rendement est de 100%?

Donnée: Volume molaire: $V_m=24,0\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$.