

Exercices de synthèse

24. Lorsque la réaction (1) se produit, elle produit du diiode qui devrait colorer la solution en bleu. Toutefois, le diiode produit est très rapidement consommé par la réaction (2) qui consomme également le thiosulfate introduit. Lorsque tout le thiosulfate a été consommé, le diiode formée par (1) colore la solution en bleu.

La durée de la réaction est donc définie comme l'instant où le diiode produit par (1) a permis la consommation totale de la quantité n_0 d'ions thiosulfate introduits.

D'après l'équation de la réaction (2), pour consommer tous les ions thiosulfate, il faut une quantité de I_2 égale à $\frac{n_0}{2}$.

Il est donc nécessaire que la quantité d'ions iodure introduite soit suffisante pour former cette quantité de diiode.

Or, la quantité maximale de diiode produite par la réaction (1) est égale à $\frac{c_1 V_1}{2}$.

Le protocole n'a donc de sens que si $\frac{c_1 V_1}{2} > \frac{n_0}{2}$, soit $n_0 < c_1 V_1$.

25. a. Une levure est un champignon unicellulaire.

b. Les levures sont observables au microscope optique (taille d'environ 10 μm).

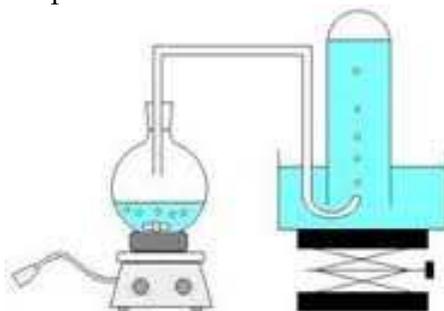
c. Le sucre est transformé en deux molécules : éthanol et dioxyde de carbone ; pour Pasteur, il se dédouble.

d. La levure produit une enzyme qui catalyse la réaction de dédoublement du sucre, ce qui correspond à l'hypothèse de Pasteur selon laquelle « la levure produit une matière telle que la pepsine qui agit sur le sucre ». Toutefois, elle ne disparaît pas aussitôt, elle est régénérée, mais sa quantité est tellement faible, qu'à l'époque de Pasteur on ne pouvait pas mettre en évidence sa présence.

e. Les fermentations utilisent des enzymes produites par des levures comme catalyseurs. Toutefois, seules les enzymes sont nécessaires, la présence des levures qui les produit n'est pas nécessaire. La fermentation peut donc s'opérer sans phénomène physiologique.

f. Une démarche scientifique consiste en l'observation de processus, la proposition de modèles pour les expliquer et la validation de ces modèles par la réalisation d'expérience. C'est bien la démarche de Pasteur, qui propose plusieurs modèles pour justifier ce qu'il observe, et n'en réfute aucun a priori, tant que des expériences ne viennent les confirmer ou les invalider.

26. a. On peut recueillir le gaz par déplacement d'eau :



Un tube à essai gradué rempli d'eau est renversé sur une cuve remplie d'eau. Un tube soudé relie le ballon fermé dans laquelle la réaction a lieu et conduit le gaz formé dans le tube. Le gaz déplace l'eau qui descend dans la cuve. Si le tube est gradué en volume, le volume de dioxygène formé peut être mesuré.

b.

	avancement	$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$		
état initial	0	$n_0 = c_0V_0$	0	excès
en cours	x	$n_0 - 2x$	x	excès
état final	x_{max}	$n_0 - 2x_{\text{max}} = 0$	x_{max}	excès

c. L'avancement maximal vérifie $x_{\text{max}} = \frac{n_0}{2} = \frac{c_0V_0}{2} = 0,48 \text{ mmol}$, ce qui correspond à un volume de dioxygène formé $V_{\text{max}} = \frac{x_{\text{max}}RT}{P} = 11,7 \text{ mL}$.

d. Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement soit égal à la moitié de son avancement maximal, soit $x = \frac{x_{\text{max}}}{2}$ et $V = \frac{V_{\text{max}}}{2} = 5,8 \text{ mL}$.

e. D'après le tableau, $t_{1/2}$ est voisin de 47 s.

f. L'enzyme est le catalyseur qui diminue la durée d'une transformation. Le temps de $\frac{1}{2}$ réaction diminue lorsque l'on ajoute de l'enzyme. La température est un facteur cinétique, sa diminution entraîne l'augmentation de $t_{1/2}$.

27. 1. a. Le diiode donne une couleur jaune à la solution (en réalité le diiode est dissous dans une solution d'iodure de potassium afin d'augmenter sa solubilité, c'est l'ion triiodure I_3^- qui donne sa couleur jaune à la solution). On peut donc suivre l'évolution de la concentration en I_2 en mesurant l'absorbance, qui lui, est proportionnelle.

b. Il faut réaliser le spectre de la solution et déterminer la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance est maximale. On se place ensuite à cette longueur d'onde pour réaliser les mesures.

2. a. Les échantillons de volume $V = 5,0 \text{ mL}$ seront prélevés à l'aide d'une pipette jaugée de 5,0 mL. L'échantillon de volume V_a sera mesuré à l'aide d'une burette (qui permet d'introduire facilement et précisément des échantillons de volume variable entre 2,0 et 10,0 mL). Enfin, le volume V_e d'eau distillée sera mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée de 50 mL.

b. Matériel :

- spectrophotomètre
- cuves
- 2 pipettes jaugées de 5,0 mL
- 1 burette graduée et son support
- 1 éprouvette graduée de 50 mL
- 4 béchers de 100 mL
- 1 agitateur magnétique
- 1 barreau magnétique

3. a. Le volume d'eau est choisi de sorte que le volume total soit toujours égal à 50 mL pour toutes les expériences. Ainsi, les concentrations initiales en propanone et en diiode seront toujours égales, seule la concentration en acide chlorhydrique variera.

b. Soit V_t le volume total ($V_t = 2V + V_a + V_e$) :

- la concentration initiale en diiode $[I_2]_0$ est égale à $\frac{cV}{V_t}$;
- la concentration initiale en acide chlorhydrique $[H_3O^+]_0$ est égale à $\frac{c'V_a}{V_t}$;
- la concentration initiale en propanone $[C_3H_6O]_0$ est égale à $\frac{\rho V}{M}$ où $\frac{\rho V}{M}$ est la quantité de propanone dans un échantillon de volume V).

Concentration initiale	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
$[I_2]_0$ (mmol.L ⁻¹)	0,10	0,10	0,10	0,10
$[C_3H_6O]_0$ (mmol.L ⁻¹)	1,3	1,3	1,3	1,3
$[H_3O^+]_0$ (mol.L ⁻¹)	0,04	0,1	0,14	0,2

c. La concentration initiale en catalyseur est très supérieure à celle des réactifs, de sorte que, même si le catalyseur est consommé puis régénéré au cours de l'expérience, on peut supposer que les variations de sa concentration sont très faibles et considérer que sa concentration reste constante.

4. a. Le réactif limitant est le diiode (plus faible quantité introduite alors que les nombres stœchiométriques valent tous 1).

b. La réaction sera terminée lorsque l'absorbance sera nulle, ou prendra une valeur constante proche de 0.

c. Pour mesurer le temps de demi-réaction, il faut déterminer le temps au bout duquel l'avancement est égal à la moitié de l'avancement maximal. Or, le réactif limitant est I_2 . Le temps de demi-réaction est donc égal à la durée nécessaire pour que sa concentration soit divisée par 2 ou encore que l'absorbance initiale soit divisé par 2.

d. $t_{1/2}$ est proportionnel à $[H_3O^+]_0$ si le quotient de ces deux grandeurs est constant. Les élèves ont donc calculé ce quotient pour tous les essais et mis en évidence qu'il prenait toujours la même valeur.

28. 1. a. Un cube d'arête a a pour surface $S = 6a^2$, donc :

$$a = \sqrt{\frac{S}{6}} = \sqrt{\frac{400}{6}} = 8,1 \text{ m}$$

Son volume est a^3 et sa masse $m = \rho a^3 = 1,1 \times 10^3$ tonnes = $1,1 \times 10^9$ g.

b. Sa surface active est :

$$S_a = \frac{S}{m} = 3,8 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

Elle est très petite devant celle du catalyseur !

2. a. Un petit cube a une arête égale à $\frac{a}{2}$, une surface de $\left(\frac{a}{2}\right)^2$.

La surface de l'ensemble des 8 petits cubes est égale à :

$$8 \left(\frac{a}{2}\right)^2$$

ce qui conduit à une surface active :

$$S_{a,1} = \frac{8\left(\frac{a}{2}\right)^2}{m} = \frac{2a^2}{m} = 2S_a$$

b. Après 1 division, on dispose de 8 cubes d'arête $\frac{a}{2}$, après 2 divisions de 8×8 cubes d'arête $\frac{a}{4}$, après 3 divisions de $8 \times 8 \times 8$ cubes d'arête $\frac{a}{8}$... et après n divisions de 8^n cubes d'arête $\frac{a}{2^n}$ et de surface totale : $S_{a,n} = 8^n \times 6\left(\frac{a}{2^n}\right)^2 = \frac{2^{3n}}{2^{2n}} \times 6a^2 = 2^n S_a$.

3. a. $n = \frac{\ln\left(\frac{S_{a,n}}{S_a}\right)}{\ln 2} = 30$.

b. Les cubes ont alors une arête de $\frac{a}{2^{30}} = 7,5 \times 10^{-9}$ m.

4. La surface active est beaucoup plus grande pour un catalyseur en poudre. Pour une même masse de catalyseur, on dispose d'une surface de contact entre le catalyseur et la solution, ou la phase gazeuse, bien plus grande, ce qui permet d'augmenter l'efficacité du catalyseur.

29. Exemple de synthèse de documents

Ces documents rappellent à l'élève les grandes notions sur les catalyseurs qu'il a étudiées en classe.

Une introduction possible peut se faire en citant quelques polluants présents dans les gaz d'échappement (voir le document 1) et en donnant l'équation de la réaction de leur transformation en gaz non polluants (comme le diazote ou l'eau) et en gaz à effet de serre (le dioxyde de carbone).

Dans son développement, l'élève peut présenter quelques caractéristiques d'un catalyseur, développées dans le document 3 : le catalyseur permet d'accélérer les transformations chimiques. Il s'agit ici d'une catalyse hétérogène puisque les réactifs sont gazeux et que les catalyseurs sont solides. D'autre part, la catalyse est d'autant plus efficace que le catalyseur est dans un grand état de division ; ceci est réalisé dans le cas des pots catalytiques en déposant des métaux nobles sur des « oxydes ». Les élèves ayant connaissance de la notion de surface spécifique peuvent développer ce thème avec leurs propres connaissances.

En conclusion, l'élève peut développer une ouverture sur les problèmes de société : les pots catalytiques permettent d'épurer les gaz d'échappement des véhicules consommant des hydrocarbures, mais ils n'empêchent pas la formation du principal gaz à effet de serre qu'est le dioxyde de carbone.