

## Seconde Générale et Technologique

### Physique-Chimie | Chapitre 7 : Transformation chimique

#### Enoncés des exercices

Les exercices sont classés en trois niveaux de difficulté :

- ★ Exercices d'application : comprendre les notions essentielles du cours
- ★★ Exercices d'entraînement : prendre les bons réflexes
- ★★★ Exercices d'approfondissement : aller plus loin

Exercices gratuits	Exercices sur abonnement*
★ 1	★ 2 – 3 – 4 – 5 – 6
★★ 7	★★ 8 – 9 – 10 – 11 – 12
★★★ 13	★★★ 14 – 15 – 16 – 17 – 18

#### Exercice 1 ★

##### Combustion d'un morceau de charbon

Un morceau de charbon incandescent est introduit dans un flacon contenant du dioxygène. On observe alors une vive combustion et un dégagement gazeux. Lorsque la transformation cesse, on constate qu'il reste du charbon. On introduit alors de l'eau de chaux dans le flacon ; cette dernière se trouble instantanément.

1° Quels sont les réactifs et les produits de cette transformation ?

2° Décrire l'état initial et l'état final du système chimique.

3° Pourquoi la transformation s'arrête-t-elle ?

#### Exercice 2 \* ★

##### Nombres stoechiométriques

Ajuster les équations chimiques suivantes avec les nombres stoechiométriques adaptés :



### Exercice 3 \* ★

#### L'arbre de Diane

L'expérience dite de « l'arbre de Diane » (**image 1**) consiste à immerger en partie un fil de cuivre Cu dans une solution aqueuse de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ ). Après quelques minutes, on voit apparaître sur le fil de cuivre une arborescence solide constituée d'argent Ag, ainsi qu'une coloration bleue de la solution (**images 2 et 3**). Afin de tester la solution obtenue, on en prélève quelques millilitres et on y ajoute quelques gouttes d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ). On voit alors apparaître un précipité bleu (**image 4**).



#### Donnée : Test d'identification :

- En présence des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$ , les ions hydroxyde  $\text{HO}^-$  donnent une précipité d'hydroxyde de cuivre  $\text{Cu}(\text{HO})_{2(\text{s})}$

1. Ecrire et ajuster l'équation de la réaction correspondant au test d'identification.
2. Identifier les espèces chimiques présentes dans l'état initial du système de l'expérience de l'arbre de Diane puis les espèces chimiques présentes dans l'état final.
3. Quelles sont les espèces spectatrices ?
4. Ecrire et ajuster l'équation de la réaction de l'expérience de l'arbre de Diane.
5. Identifier les espèces chimiques présentes dans l'état final.

### Exercice 4 \* ★

#### Croissance des muscles

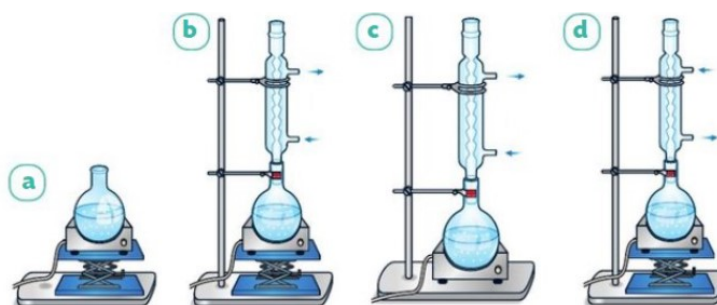
L'alanine  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}_{(\text{aq})}$ , crée dans les cellules musculaires, est présente dans le sang à la pression sanguine. Lors de sa combustion avec le dioxygène à la température  $\theta = 37,5^\circ\text{C}$ , il se forme du dioxyde de carbone  $\text{CO}_{2(\text{g})}$ , du diazote  $\text{N}_{2(\text{g})}$  et de l'eau  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ .

- 1° Identifier les réactifs et les produits.
- 2° Ecrire l'équation ajustée de la réaction de combustion.
- 3° Décrire les tests permettant d'identifier deux des produits

### Exercice 5 \* ★

#### Montage à reflux

Voici 4 schémas de montages :



- 1) Identifier le montage à reflux correct pour réaliser une transformation chimique.
- 2) Indiquer, en expliquant, l'inconvénient de chaque autre montage

## Exercice 6 \* ★

### Le calcium .... ça gaze !

Dans un tube à essais, on place un morceau de calcium (Ca) dans une solution d'acide chlorhydrique contenant des ions hydrogène  $H^+$  et des ions chlorure  $Cl^-$ .



On observe une effervescence correspondant à la formation de dihydrogène  $H_2$ .  
Il apparaît également au cours de cette transformation des ions calcium  $Ca^{2+}$ .  
Après quelques secondes, l'effervescence cesse, le morceau de calcium a disparu et le tube s'est légèrement réchauffé.

1. Identifier les 2 produits de la transformation. Justifier.
2. Quels sont les 2 réactifs de la transformation. Justifier.
3. Pourquoi l'effervescence cesse-t-elle ? Identifier le réactif limitant.
4. Comment sont qualifiés les ions chlorure dans cette transformation ?
5. Ecrire et équilibrer l'équation de la réaction.
6. La transformation est-elle exothermique ou endothermique. Justifier.

## Exercice 7 ★★

### Du noir au rouge

Dans un tube à essais, on mélange de l'oxyde de cuivre  $CuO_{(s)}$  (poudre noire) et du carbone  $C_{(s)}$  (poudre noire). La pression initiale est 1 020 hPa et la température 18 °C. Le tube, muni d'une tubulure de dégagement plongeant dans de l'eau de chaux, est chauffé : un solide rouge apparaît, l'eau de chaux se trouble et il n'y a plus de poudre noire dans le tube à essais. Celui-ci reprend sa température et sa pression initiales.

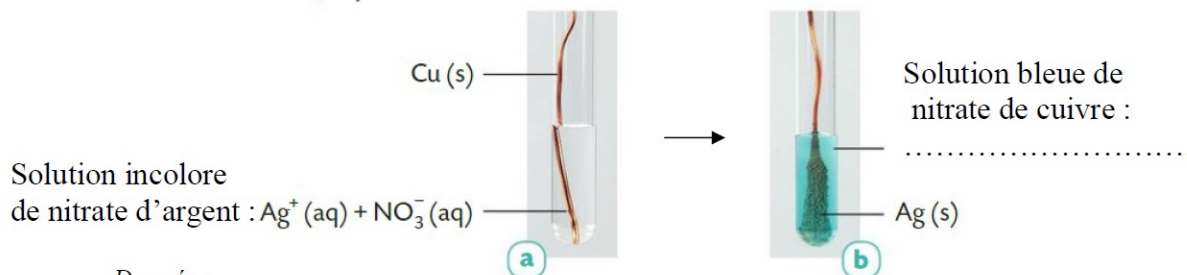
- 1° Décrire l'état initial du système.
- 2° Quelle est l'espèce chimique mise en évidence par le trouble de l'eau de chaux ?
- 3° Le solide rouge peut-il être de la rouille  $Fe_2O_{3(s)}$  ? du cuivre  $Cu_{(s)}$  ? Justifier la réponse.
- 4° Décrire l'état final du système.
- 5° Quels sont les réactifs et les produits de la transformation ?
- 6° Écrire l'équation ajustée de la réaction qui a eu lieu dans le tube à essais.



Exercice 8 \*★★

**L'arbre de Diane**

Une transformation chimique a été réalisée dans le tube à essai ci-dessous :



Donnée :

Les ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  en solution aqueuse donnent une couleur bleue à la solution.

- 1) Compléter la formule de la solution de la photo b.
- 2) Que peut-on dire des ions nitrates lors de cette transformation chimique ?
- 3) Identifier alors les réactifs et les produits de la réaction.
- 4) Ecrire et ajuster l'équation chimique de la réaction.

Exercice 9 \*★★

**Combustion dans une lampe à alcool**

La lampe à alcool est un système d'éclairage ou de chauffage utilisant un alcool liquide (ici l'éthanol) comme source de combustible.

Le comburant est quant à lui le dioxygène présent dans l'air.

Pour que la combustion soit dite « complète », il faut que le dioxygène soit en excès. Dans ce cas, la combustion ne produit que de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone gazeux. Dans le cas contraire, il se forme du monoxyde de carbone gazeux et des poussières de carbone solide à la place du dioxyde de carbone.



**Données : Formules brutes**

- éthanol :  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
- monoxyde de carbone :  $\text{CO}$

1. La combustion de l'éthanol est-elle endothermique ou exothermique ?
2. Ecrire et ajuster l'équation de la combustion complète de l'éthanol.
3. On fait réagir  $n_{\text{éth}} = 10 \text{ mol}$  avec  $n_{\text{dio}} = 24 \text{ mol}$ . Montrer que la combustion n'est pas complète.
4. Ecrire et ajuster l'équation de la combustion incomplète de l'éthanol.

## Exercice 10 \* ★★

### Un mélange détonnant

On introduit avec précaution, dans de l'eau, un petit morceau de sodium  $\text{Na}_{(s)}$  : une vive transformation chimique se produit, au cours de laquelle un dégagement gazeux a lieu. La transformation s'arrête lorsqu'il n'y a plus de solide. On réalise les tests suivants :

- lorsqu'on introduit dans la solution quelques gouttes de phénolphthaléine, une coloration rose apparaît ;
- lorsqu'on projette des gouttes de la solution dans une flamme, cette dernière se colore en orange vif ;
- lorsqu'on lui présente une flamme, le gaz formé détone.

1° Décrire l'état initial du système.

2° D'après les tests effectués, quelles sont les espèces chimiques nouvelles dans le système ?

3° Ecrire l'équation chimique ajustée de la réaction.

Données :

En présence de ...	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{HO}^-$	$\text{Li}^+$
la phénolphthaléine se colore en...	incolore	rose	incolore

En présence de ...	$\text{Li}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$
Une flamme se colore en...	rouge	violet	orange

## Exercice 11 \* ★★

### Attaque acide

Le fer métallique  $\text{Fe}_{(s)}$  peut être attaqué par les ions hydrogène  $\text{H}^+_{(aq)}$  présents dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique selon l'équation incomplète suivante :



- 1) Ajuster les coefficients de l'équation précédente.
- 2) Ecrire la relation entre les quantités de matière initiales des réactifs, notées  $n_{i \text{ Fe}}$  et  $n_{i \text{ H}^+}$ , pour qu'elles soient dans les proportions stoechiométriques.
- 3) Parmi les mélanges suivants, lequel vérifie les proportions stoechiométriques ?
  - 2 moles de  $\text{Fe}_{(s)}$  et 4 moles de  $\text{H}^+_{(aq)}$  ;
  - 4 moles de  $\text{Fe}_{(s)}$  et 2 moles de  $\text{H}^+_{(aq)}$ .

## Exercice 12 \* ★★

### Combustion du propane

Afin de réguler l'altitude de sa montgolfière, le pilote agit sur un brûleur de propane ( $C_3H_8$ ) qui permet de réchauffer plus ou moins l'air contenu dans l'enveloppe.

Lorsque le propane brûle, il réagit avec le dioxygène de l'air.  
Cette combustion produit du dioxyde de carbone et de l'eau.



1. Identifier les réactifs et les produits de cette combustion.
2. Ecrire et équilibrer l'équation de la réaction.
3. Cette transformation est-elle endothermique ou exothermique ?
4. La bouteille de propane embarquée contient 650 mol de propane. En déduire la quantité de matière de dioxygène nécessaire à la combustion de la totalité du propane.

## Exercice 13 ★★★

### Superéthanol E85

Le superéthanol E85 est un carburant constitué d'un mélange de 85 % en volume d'éthanol  $C_2H_6O_{(l)}$  et de 15 % en volume d'essence, assimilée à de l'octane  $C_8H_{18(l)}$ .

1° Ecrire les équations ajustées de la combustion complète :

- a. de l'éthanol;
- b. de l'octane.

2° En utilisant le tableau des données ci-dessous, déterminer :

- a. le pouvoir calorifique du superéthanol ;
- b. la masse de dioxyde de carbone libéré par la combustion de 1 L de superéthanol.

3° On considère la combustion complète des 50,0 kg de superéthanol contenus dans le réservoir d'une voiture.

- a. Quel est le réactif limitant de cette combustion ?
- b. Déterminer la masse de dioxyde de carbone alors rejeté.

**Données :** Masse volumique du superéthanol :  $0,785 \text{ kg.L}^{-1}$ .

	Pouvoir calorifique en $\text{MJ.L}^{-1}$ ( $1\text{MJ} = 10^6\text{J}$ )	Masse (en kg) de $\text{CO}_2$ rejeté par litre
Ethanol	21,2	1,52
Octane	31,8	2,31

*Le pouvoir calorifique mesure la quantité d'énergie libérée par la combustion de 1 L de combustible.*



## Exercice 14 \*★★★★

### Ca mousse !

Une craie, principalement constituée de carbonate de calcium de formule  $\text{CaCO}_{3(s)}$ , est plongée dans une solution d'acide chlorhydrique de formule  $\text{H}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$  ; il se produit une effervescence comme le montre la photographie ci-contre :

#### Données :

*Les ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et chlorure  $\text{Cl}^-$  ne participent pas à la réaction chimique ;*

*Lors de cette réaction chimique, il se forme de l'eau et un gaz qui trouble l'eau de chaux.*

*A la fin de l'expérience, le tube à essai est chaud ;*

*On a introduit  $n_{0 \text{ acide}} = 4,0 \text{ mol}$  d'acide et  $n_{0 \text{ craie}} = 3,0 \text{ mol}$  de craie au début de l'expérience.*



Craie

- 1) Identifier les réactifs et les produits de la réaction.
- 2) Ecrire et ajuster l'équation chimique de la réaction.
- 3) Cette réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Justifier en utilisant les termes suivants : énergie, température.
- 4) Identifier le réactif limitant. Que s'est-il passé pour la morceau de craie à la fin de l'expérience ?

## Exercice 15 \*★★★★

### Le train à hydrogène

Le Coradia iLint est le premier train de passagers au monde qui fonctionne avec une pile à combustible (PAC) alimentée par du dihydrogène stocké sous forme gazeuse.

Ce train « à zéro émission » est peu bruyant et émet uniquement de l'eau condensée ou sous forme de vapeur.

La PAC utilise également de dioxygène de l'air et convertit de l'énergie chimique en énergie électrique et en chaleur. Sur chaque rame, environ 95 kg d'hydrogène sont stockés sous forme gazeuse à 350 bar. Le Coradia iLint a une autonomie pouvant aller jusqu'à 1 000 km avec un plein.



#### Données :

- Masse d'atomes :  
 $m(\text{H}) = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$   
 $m(\text{O}) = 2,67 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
- Constante d'Avogadro :  
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

1. Pourquoi parle-t-on de train « à zéro émission » ?
2. Ecrire et ajuster l'équation de la réaction ayant lieu dans la PAC. Cette réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Quel est le réactif limitant ?
3. Calculer la masse des molécules de dihydrogène  $m_{\text{dihydrogène}}$  et d'eau  $m_{\text{eau}}$ .
4. En déduire le nombre de molécules de dihydrogène  $N(\text{H}_2)$  stocké dans une rame.
5. Calculer la quantité de matière correspondante  $n(\text{H}_2)$ .
6. Quelle quantité de matière de dioxygène  $n(\text{O}_2)$  est consommée pour un plein ?
7. Quelle masse d'eau  $m(\text{H}_2\text{O})$  est produite en moyenne par kilomètre ?

## Exercice 16 \* ★★★

### Combustion du bois

De plus en plus de gymnases utilisent le bois afin de chauffer l'eau des douches. Le bois, composé d'eau et de différents polymères, est ici assimilé à un mélange de cellulose  $C_6H_{10}O_5$  et de lignine  $C_{10}H_{12}O_3$ .

L'énergie dégagée par la combustion du bois est entièrement transférée aux 500 litres d'eau du réservoir et permet de les faire passer de  $\theta_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$  à  $\theta_f = 60\text{ }^\circ\text{C}$ .

1° Établir les équations ajustées de la combustion complète de la cellulose et de la lignine.

2° Déterminer l'énergie  $Q_1$  reçue par l'eau du réservoir lors d'une élévation de température de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  à  $60\text{ }^\circ\text{C}$ .

3° Déterminer la masse de bois nécessaire pour chauffer l'eau du réservoir.

4° Expliquer pourquoi la masse de bois nécessaire est en réalité supérieure à la valeur déterminée précédemment.

*Données : Énergie reçue par l'eau :  $Q_1 = m_{eau} \times c_{eau} \times \Delta\theta$  avec  $c_{eau} = 4185\text{ J.kg}^{-1}.\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  ; Énergie libérée par la combustion du bois :  $Q_2 = m_{bois} \times C_{bois}$  avec  $C_{bois} = 19,5 \times 10^6\text{ J.kg}^{-1}$ .*

## Exercice 17 \* ★★★

### Interpréter des observations

Dans deux béchers, notés A et B, on verse la même quantité de matière  $n_{i\text{ Cu}^{2+}} = 1,5\text{ mmol}$  d'ions cuivre provenant d'une solution de sulfate de cuivre de formule  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ .

Dans le bécher A, on ajoute une quantité  $n_{i\text{ A OH}^-} = 1,5\text{ mmol}$  d'ions hydroxyde  $\text{OH}^-_{(aq)}$  provenant d'une solution d'hydroxyde de sodium  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$ .

Dans le bécher B, on ajoute une quantité  $n_{i\text{ B OH}^-} = 4,5\text{ mmol}$  d'ions hydroxyde  $\text{OH}^-_{(aq)}$ .

Dans chaque bécher, il se forme un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre de formule  $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$ .

On filtre ensuite (séparément) le contenu des béchers A et B et on récupère respectivement les filtrats A' et B' suivants :



#### Données :

Les ions sodium  $\text{Na}^+_{(aq)}$  et sulfate  $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$  sont spectateurs lors de cette transformation ;

Les ions sodium  $\text{Na}^+_{(aq)}$ , hydroxyde  $\text{OH}^-_{(aq)}$  et sulfate  $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$  sont incolores en solution aqueuse ;

Les ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  sont bleus en solution aqueuse ;

### ENONCE COMPACT

Justifier l'aspect des filtrats récupérés A' et B'.

### ENONCE DETAILLE

- 1) Établir et ajuster l'équation de la réaction se produisant dans les béchers A et B.
- 2) Identifier alors le réactif limitant dans le bécher A.
- 3) Identifier alors le réactif limitant dans le bécher B.
- 4) Justifier l'aspect des filtrats récupérés A' et B'.

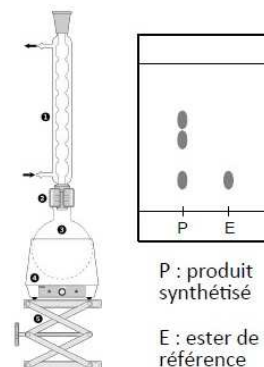


Exercice 18 \* ★★★★★

Synthèse d'un arôme

L'éthanoate de butyle est une molécule appartenant à la famille des esters. On l'utilise comme additif alimentaire pour fabriquer des sucreries. Naturellement, on le retrouve dans certains fruits mais on peut également le synthétiser.

Pour cela, à l'aide du montage ci-contre, on chauffe un mélange contenant 0,50 mol d'acide éthanoïque ( $C_2H_4O_2$ ) et 0,15 mol de butanol ( $C_4H_{10}O$ ). On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique dont le seul rôle est d'accélérer la réaction sans être un réactif. En plus de l'ester, il se forme également de l'eau.



**Données :**

- Température de changement d'état de l'éthanoate de butyle :  $T_{\text{fus}} = -73,5\text{ }^{\circ}\text{C}$        $T_{\text{éb}} = 125,9\text{ }^{\circ}\text{C}$

1. Sachant que tous les coefficients stoechiométriques de l'équation sont égaux à 1, déterminer la formule de l'éthanoate de butyle.
2. Identifier le réactif limitant.
3. Nommer le montage utilisé pour la synthèse et citer ses 2 intérêts.
4. Citer une raison qui justifie de synthétiser l'éthanoate d'éthyle alors qu'il existe naturellement.
5. Expliquer l'allure du chromatogramme obtenu.
6. On isole et on purifie le produit obtenu. Dans quel état physique se trouve-t-il ? Justifier.
7. Cette réaction de synthèse est athermique. Proposer une signification à cet adjectif.