

Chapitre 8 Avancement d'une réaction chimique

Manuel pages 128 à 145

Choix pédagogiques. Les activités de ce chapitre ont pour objectif d'illustrer les points suivants du programme :

- notion d'avancement (activité 1) ;
- identifier le réactif limitant et interpréter en fonction des conditions initiales la couleur à l'état final d'une solution siège d'une réaction chimique mettant en jeu un réactif ou un produit coloré (activité 2) ;
- décrire quantitativement l'état final d'un système chimique (activité 3).

Des vidéos ont été réalisées pour illustrer les activités de ce chapitre et aider à leur compréhension. Elles sont disponibles dans le manuel numérique enrichi.

Double page d'ouverture

Transformation d'une chenille en papillon

La description de la photo doit permettre aux élèves d'observer les changements (de taille, de couleur, de forme) que subit la chenille au cours de sa transformation.

L'objectif de la question est de faire comprendre aux élèves que pour suivre une évolution, on utilise un paramètre dont on note les modifications.

Le professeur pourra faire un parallèle avec la transformation chimique.

Formation de vert-de-gris sur une statue

Cette photo permet d'observer la transformation qu'a subie le cuivre.

Le vert-de-gris est dû à l'oxydation du cuivre. Il faudra peut-être montrer un morceau de cuivre pour voir sa couleur initiale.

L'objectif de la question est d'introduire la notion d'avancement.

Objet en cours de construction et objet à reproduire

Description de la photo :

- à droite : 12 pièces rouges et 30 pièces blanches sont utilisées pour faire l'objet ;
- à gauche : 12 pièces rouges et 25 pièces blanches sont disponibles.

L'objectif de cette photo est de faire discuter les élèves sur la notion de stœchiométrie et de réactif limitant.

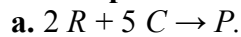
Découvrir et réfléchir

Activité documentaire 1 : Évolution d'un système chimique

Commentaire. Cette activité permet d'introduire le tableau d'avancement de manière ludique. Dans la conclusion, elle met en place le vocabulaire propre à la chimie.

Réponses

1. Comprendre le problème



b.

| Magasin | Quantité initiale $n_{C,i}$ de crocodiles | Quantité initiale $n_{R,i}$ de réglisses | Quantité initiale $n_{P,i}$ de pochettes |
|---------|--|---|---|
| 1 | 20 | 20 | 0 |
| 2 | 50 | 20 | 0 |
| 3 | 75 | 20 | 0 |

2. Reasonner

a. Pour le magasin 1 :

- nombre de crocodiles restants : $20 - 5x$;

- nombre de réglisses restants : $20 - 2x$.

b.

| Équation | | $2R + 5C \rightarrow P$ | | |
|----------|------------|-------------------------|-----------|-----|
| État | Avancement | Quantités de bonbons | | |
| initial | 0 | 20 | 20 | 0 |
| en cours | x | $20 - 2x$ | $20 - 5x$ | x |

c. Si C limite la fabrication des pochettes, alors Hugo aura fabriqué $20/5 = 4$ pochettes.

Si R limite la fabrication, alors Hugo aura fabriqué $20/2 = 10$ pochettes.

C limite donc la fabrication des pochettes.

d. 4 pochettes ont été fabriquées, il reste donc $20 - 2 \times 4 = 12$ réglisses.

e. Pour le magasin 2 :

- si C limite la fabrication, alors Hugo aura fabriqué $50/5 = 10$ pochettes ;

- si R limite la fabrication, alors Hugo aura fabriqué $20/2 = 10$ pochettes.

C et R limitent donc la fabrication des pochettes.

10 pochettes ont été fabriquées, il ne reste plus de bonbon.

Pour le magasin 3 :

- si C limite la fabrication, alors Hugo aura fabriqué $75/5 = 15$ pochettes ;

- si R limite la fabrication, alors Hugo aura fabriqué $20/2 = 10$ pochettes.

R limite donc la fabrication des pochettes.

10 pochettes ont été fabriquées, il reste $75 - 5 \times 10 = 25$ crocodiles.

f. Dans le deuxième cas, il ne reste plus de bonbon, les conditions initiales sont donc particulières.

3. Après cette dégustation de bonbons, retour à la chimie

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| $n_{R,i}$, $n_{C,i}$, $n_{P,i}$ | ↔ | Réactifs |
| Bonbons achetés dans un magasin | ↔ | Quantité de matière à l'état initial |
| Bonbon en quantité insuffisante | ↔ | Réactif limitant |
| Pochette | ↔ | Produit |
| Avancement de la préparation | ↔ | Avancement d'une transformation chimique |

Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique

Activité expérimentale 2 : Identification du réactif limitant

Commentaire. Il est préférable de doubler le groupe 4, dont le résultat est parfois difficile à obtenir.

Liste du matériel : éprouvette graduée, bécher, burette graduée, entonnoir, papier filtre, tube à essais, pipette.

Liste des solutions : sulfate de cuivre (II), $c_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$;
hydroxyde de sodium, $c_2 = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$.

Réponses

1. Observer

a et b.

| Groupe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| V_2 (mL) | 2,0 | 4,0 | 7,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 |
| Précipité | + | ++ | +++ | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ |
| Test 1 | + | + | + | - | - | - | - |
| Test 2 | - | - | - | - | + | + | + |

2. Interpréter

a. b. et c.

| Groupe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---------------|---------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Réactif limitant | HO^- | HO^- | HO^- | HO^- et Cu^{2+} | Cu^{2+} | Cu^{2+} | Cu^{2+} |
| Couleur du filtrat | bleu clair | bleu clair | bleu très clair | incolore | incolore | incolore | incolore |
| $n_{\text{Cu}^{2+}, i}$ ($\times 10^{-3} \text{ mol}$) | 3,0 | 3,0 | 3,0 | $3,0^3$ | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| $n_{\text{HO}^-, i}$ ($\times 10^{-3} \text{ mol}$) | 1,0 | 2,0 | 3,5 | 6,0 | 7,5 | 10 | 12 |

d. Pour les groupes 1 à 4, la quantité de précipité augmente car HO^- est le réactif limitant et sa quantité de matière initiale augmente.

e. Pour les groupes 4 à 7, la quantité de précipité n'augmente plus car Cu^{2+} est le réactif limitant et sa quantité de matière initiale est constante.

f. Pour le groupe 4, les deux réactifs sont limitants, ils ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

3. Conclure

Par le calcul, il faut déterminer la valeur de l'avancement maximal dans le cas où Cu^{2+} est réactif limitant, dans le cas où HO^- est réactif limitant et prendre la plus petite valeur de x_{max} .

Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique

Par exemple, pour le groupe 1 :

- si Cu^{2+} est le réactif limitant, alors $x_{\text{max}} = 3,0 \times 10^{-3}$ mol ;

- si HO^- est le réactif limitant, alors $x_{\text{max}} = \frac{1,0 \times 10^{-3}}{2} = 0,50 \times 10^{-3}$ mol.

$0,50 \times 10^{-3} < 3,0 \times 10^{-3}$, donc HO^- est le réactif limitant.



Activité expérimentale 3 : Description d'un système à l'état final

Commentaire. La manipulation peut être réalisée avec un colorimètre.

Liste du matériel : tube à essais, pipettes, ampoule à décantier, bécher, éprouvette graduée.

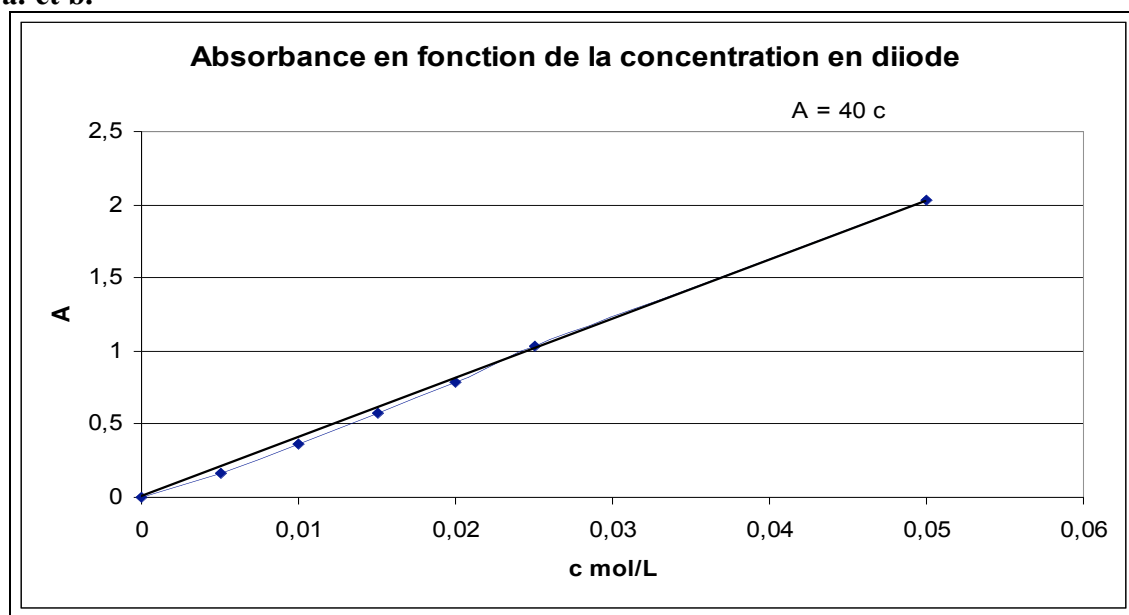
Liste des solutions : iodure de potassium, $c_{I^-} = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$;

peroxodisulfate de potassium, $c_{S_2O_8^{2-}} = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

Réponses

1. Exploiter les résultats

a. et b.



c. L'absorbance mesurée pour l'expérience **A** est : $A_{600} = 1,95$.

d. D'après la relation obtenue à la question **b.** : $c = A_{600}/40 = 0,049 \text{ mol.L}^{-1}$.

La quantité de matière à l'état final $n_{I_2,f} = 0,046 \times (10 + 10) \times 10^{-3} = 9,8 \times 10^{-4} \text{ mol}$ donc

$n_{I_2,f} \approx 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

2. Interpréter les résultats

a.

| Équation | | $2 I^- (aq) + S_2O_8^{2-} (aq) \rightarrow I_2 (aq) + 2SO_4^{2-} (aq)$ | | | |
|----------|------------|--|--------------------------------|------------|-------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{I^-,i}$ | $n_{S_2O_8^{2-},i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{I^-,i} - 2x$ | $n_{S_2O_8^{2-},i} - x$ | x | $2x$ |
| final | x_{\max} | $n_{I^-,i} - 2x_{\max}$ | $n_{S_2O_8^{2-},i} - x_{\max}$ | x_{\max} | $2x_{\max}$ |

Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique

b. $n_{\text{I}_2, \text{f}} = x_{\text{max}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

3. Conclure

Quantités de matière initiales :

$$n_{\text{I}^-, \text{i}} = c_{\text{I}^-} \times V = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{i}} = c_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{i}} \times V = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Bilan de matière à l'état final :

$$n_{\text{I}^-, \text{f}} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{f}} = 0 \text{ (réactif limitant)}$$

$$n_{\text{I}_2, \text{f}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{SO}_4^{2-}, \text{f}} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Exercices

Exercices d'application

5 minutes chrono !

1. Mots manquants

- éléments chimiques ; charge électrique
- nulle
- maximal
- réactif limitant
- tableau d'évolution
- nombre stœchiométrique

2. QCM

- Vérifie la loi de conservation des éléments et de la charge.
- $2,0 - 2x$.
- $1,5 - x$.
- $2x$.
- Le dihydrogène.
- Il reste 0,5 mol de dioxygène.
- Les deux réactifs ont été totalement consommés.

Mobiliser ses connaissances

Transformation et réaction chimique (§1 du cours)

3. a. État initial : C (s) et O₂ (g), la température est de 20 °C et la pression de 1 atm. Les réactifs sont le carbone et le dioxygène.
b. Il y a eu transformation chimique, car le système a évolué d'un état initial vers un état final différent. Le produit est le dioxyde de carbone.
c. $C (s) + O_2 (g) \rightarrow CO_2 (g)$

-
4. a. $2 H_2 (g) + O_2 (g) \rightarrow 2 H_2O (\ell)$
b. $C_2H_6O (\ell) + 3 O_2 (g) \rightarrow 2 CO_2 (g) + 3 H_2O (g)$
c. $3 O_2 (g) \rightarrow 2 O_3 (g)$
d. $Al_2(SO_4)_3 (s) \rightarrow 2 Al^{3+} (aq) + 3 SO_4^{2-} (aq)$
e. $Zn(OH)_2 (s) + 2 HO^- (aq) \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-} (aq)$
-

Détermination de l'état final d'un système chimique (§2 et 3 du cours)

5. La quantité de matière initiale de dioxygène est égale à 3,0 mol.

La quantité de matière de soufre consommée au cours de la transformation est égale à x mol.

La quantité de matière de dioxygène restante au cours de la transformation est égale à $3,0 - x$ mol.

La quantité de matière de dioxyde de soufre formée au cours de la transformation est égale à x mol.

6. La quantité de matière initiale de monoxyde de carbone est égale à 5,0 mol.

La quantité de matière de monoxyde de carbone consommée au cours de la transformation est égale à $2x$ mol.

La quantité de matière de dioxygène restante au cours de la transformation est égale à $8,0 - x$ mol.

La quantité de matière de dioxyde de carbone formée au cours de la transformation est égale à $2x$ mol.

7. Le réactif limitant est l'ion hydroxyde HO^- car sa quantité de matière est nulle à l'état final.

Utiliser ses compétences

8. a.

| Équation | | $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$ | | |
|----------|------------|---|-----------|-----|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | |
| initial | 0 | 3,0 | 7,0 | 0 |
| en cours | x | $3,0 - x$ | $7,0 - x$ | x |

b. Si $x = 3,0$ mol, alors $n_{\text{Ag}^+} = 0$ et $n_{\text{Cl}^-} = 7,0 - 3,0 = 4,0$ mol.

c. x ne peut pas être supérieur à 3,0 mol car une quantité de matière ne peut pas être négative.

9. a.

| Équation | | $4 \text{Al}(\text{s}) + 3 \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{C}(\text{s})$ | | | |
|----------|------------|--|------------|------|------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | 8,0 | 9,0 | 0 | 0 |
| en cours | x | $8,0 - 4x$ | $9,0 - 3x$ | $2x$ | $3x$ |

b. Si $x = 2,0$ mol, alors $n_{\text{Al}} = 0$ et $n_{\text{CO}_2} = 9,0 - 3 \times 2,0 = 3,0$ mol.

c. La valeur de x ne peut pas être supérieure à 2,0 mol car une quantité de matière ne peut pas être négative.

10.

| Équation | | $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\ell)$ | | | |
|----------|------------|--|-------------------------|------|------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{C}_3\text{H}_8,i}$ | $n_{\text{O}_2,i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{C}_3\text{H}_8,i} - x$ | $n_{\text{O}_2,i} - 5x$ | $3x$ | $4x$ |

11. a.

| Équation | | $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s})$ | | |
|----------|------------|---|--------------------------|-----|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | |
| initial | 0 | $n_{\text{Zn}^{2+},i}$ | $n_{\text{HO}^-,i}$ | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{Zn}^{2+},i} - x$ | $n_{\text{HO}^-,i} - 2x$ | x |

b. $n_{\text{Zn}^{2+}} = 4,0 \times 10^{-3} - 1,0 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$n_{\text{HO}^-} = 6,0 \times 10^{-3} - 2 \times 1,0 \times 10^{-3} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$n_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

12. a.

| Équation | | $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$ | | |
|----------|------------------|---|--------------------------------------|-------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | |
| initial | 0 | $n_{\text{N}_2,i}$ | $n_{\text{H}_2,i}$ | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{N}_2,i} - x$ | $n_{\text{H}_2,i} - 3x$ | $2x$ |
| final | x_{max} | $n_{\text{N}_2,i} - x_{\text{max}}$ | $n_{\text{H}_2,i} - 3x_{\text{max}}$ | $2x_{\text{max}}$ |

b. Si N_2 est le réactif limitant, alors $x_{\text{max}} = 4,0 \text{ mol}$. Si H_2 est le réactif limitant, alors $x_{\text{max}} = 6,0 / 3 = 2,0 \text{ mol}$. Donc $x_{\text{max}} = 2,0 \text{ mol}$ et le réactif limitant est H_2 .

c. À l'état final : $n_{\text{N}_2,f} = 2,0 \text{ mol}$; $n_{\text{H}_2,f} = 0$; $n_{\text{H}_3,f} = 4,0 \text{ mol}$.

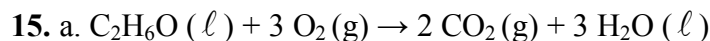
13. a.

| Équation | | $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$ | | | |
|----------|------------------|---|--------------------------------------|------------------|-------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{CH}_4,i}$ | $n_{\text{O}_2,i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{CH}_4,i} - x$ | $n_{\text{O}_2,i} - 2x$ | x | $2x$ |
| final | x_{max} | $n_{\text{CH}_4,i} - x_{\text{max}}$ | $n_{\text{O}_2,i} - 2x_{\text{max}}$ | x_{max} | $2x_{\text{max}}$ |

b. Si CH_4 est le réactif limitant, alors $x_{\text{max}} = 2,0 \text{ mol}$. Si O_2 est le réactif limitant, alors $x_{\text{max}} = 3,0 / 2 = 1,5 \text{ mol}$. Donc $x_{\text{max}} = 1,5 \text{ mol}$ et le réactif limitant est O_2 .

c. La quantité de matière de dioxyde de carbone à l'état final est : $n_{\text{CO}_2,f} = x_{\text{max}} = 1,5 \text{ mol}$.

Exercices d'entraînement



b. $n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O},i} = \frac{m_{e,i}}{M_e} = \frac{2,50}{46,0} = 5,43 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$n_{\text{d},i} = \frac{m_{\text{d},i}}{M_{\text{d}}} = \frac{2,50}{32,0} = 7,81 \times 10^{-2} \text{ mol}$

c.

| Équation | | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\ell) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell)$ | | | |
|----------|------------------|--|--------------------------------------|-------------------|-------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O},i}$ | $n_{\text{O}_2,i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O},i} - x$ | $n_{\text{O}_2,i} - 3x$ | $2x$ | $3x$ |
| final | x_{max} | $n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O},i} - x_{\text{max}}$ | $n_{\text{O}_2,i} - 3x_{\text{max}}$ | $2x_{\text{max}}$ | $3x_{\text{max}}$ |

d. $x_{\text{max}} = 2,60 \times 10^{-2} \text{ mol}$ et le réactif limitant est le dioxygène.

e. $n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O},f} = 2,83 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $n_{\text{O}_2,f} = 0$; $n_{\text{CO}_2,f} = 5,20 \times 10^{-2} \text{ mol}$;

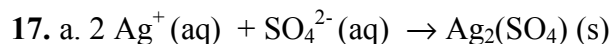
$n_{\text{H}_2\text{O},f} = 7,80 \times 10^{-2} \text{ mol}$

16. a.

| Équation | | $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$ | | |
|----------|-------------|---|-------------|-------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | |
| initial | 0 | 0,10 | 0,15 | 0 |
| en cours | x | $0,10 - x$ | $0,15 - 2x$ | x |
| final | $x = 0,030$ | 0,070 | 0,090 | 0,030 |

b. $x_{\text{max}} = 0,075 \text{ mol}$

c. si $x = 0,10 \text{ mol}$, $x > x_{\text{max}}$. La quantité de matière en ions hydroxyde serait négative, ce qui n'est pas possible.



b. $n_{\text{Ag}^+,i} = c_{\text{Ag}^+} \times V = 0,15 \times 20 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$n_{\text{SO}_4^{2-},i} = c_{\text{SO}_4^{2-}} \times V' = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

c.

| Équation | | $2 \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Ag}_2(\text{SO}_4)(\text{s})$ | | |
|----------|------------------|---|---|------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | |
| initial | 0 | $n_{\text{Ag}^+,i}$ | $n_{\text{SO}_4^{2-},i}$ | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{Ag}^+,i} - 2x$ | $n_{\text{SO}_4^{2-},i} - x$ | x |
| final | x_{max} | $n_{\text{Ag}^+,i} - 2x_{\text{max}}$ | $n_{\text{SO}_4^{2-},i} - x_{\text{max}}$ | x_{max} |

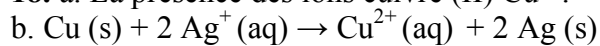
Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique

d. $x_{\max} = 1,5 \times 10^{-3}$ mol et Ag^+ est le réactif limitant.

e. $M(\text{Ag}_2(\text{SO}_4)) = 311,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$m_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = n_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} \times M = x_{\max} \times M = 4,7 \times 10^{-1} \text{ g}.$$

18. a. La présence des ions cuivre (II) Cu^{2+} .



c. $n_{\text{Cu},i} = \frac{m}{M_{\text{Cu}}} = 1,57 \times 10^{-1} \text{ mol}$

$$n_{\text{Ag}^+,i} = n_{\text{NO}_3^-,i} = c_{\text{NO}_3^-,i} \times V = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

d.

| Équation | | $\text{Cu (s)} + 2 \text{Ag}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Ag (s)}$ | | | |
|-----------------|------------|--|---------------------------------|------------|-------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{Cu},i}$ | $n_{\text{Ag}^+,i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{Cu},i} - x$ | $n_{\text{Ag}^+,i} - 2x$ | x | $2x$ |
| final | x_{\max} | $n_{\text{Cu},i} - x_{\max}$ | $n_{\text{Ag}^+,i} - 2x_{\max}$ | x_{\max} | $2x_{\max}$ |

e. $x_{\max} = 2,5 \times 10^{-2}$ mol, et Ag^+ est le réactif limitant.

f. $n_{\text{Cu},f} = 1,3 \times 10^{-1} \text{ mol}$; $n_{\text{Ag}^+,f} = 0$; $n_{\text{NO}_3^-,f} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $n_{\text{Cu}^{2+},f} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$;

$$n_{\text{Ag},f} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

g. $m_{\text{Cu},f} = n_{\text{Cu},f} \times M_{\text{Cu}} = 8,3 \text{ g}$; $m_{\text{Ag},f} = 5,4 \text{ g}$

$$c_{\text{NO}_3^-,f} = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} ; c_{\text{Cu}^{2+},f} = \frac{n_{\text{Cu}^{2+},f}}{V} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

19. a. $n_{\text{oléine},i} = \frac{m}{M} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$$n_{\text{Na}^+,i} = n_{\text{HO}^-,i} = c \times V = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

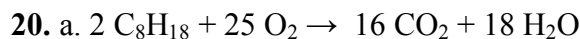
b.

| Équation | | $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + 3 (\text{Na}^+ + \text{HO}^-) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 3 \text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CO}_2\text{Na}$ | | | |
|-----------------|------------|---|----------------------------------|------------|-------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{oléine},i}$ | $n_{\text{soude},i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{oléine},i} - x$ | $n_{\text{soude},i} - 3x$ | x | $3x$ |
| final | x_{\max} | $n_{\text{oléine},i} - x_{\max}$ | $n_{\text{soude},i} - 3x_{\max}$ | x_{\max} | $3x_{\max}$ |

c. $x_{\max} = 1,7 \times 10^{-2}$ mol, l'oléine est le réactif limitant.

d. $m_{\text{savon},f} = n_{\text{savon},f} \times M_{\text{savon}} = 3 x_{\max} \times M_{\text{savon}} = 16 \text{ g}.$

Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique



b.

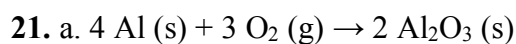
| Équation | | $2 \text{C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{O}_2 \rightarrow 16 \text{CO}_2 + 18 \text{H}_2\text{O}$ | | | |
|----------|------------------|--|---------------------------------------|--------------------|--------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{C}_8\text{H}_{18},i}$ | $n_{\text{O}_2,i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{C}_8\text{H}_{18},i} - 2x$ | $n_{\text{O}_2,i} - 25x$ | $16x$ | $18x$ |
| final | x_{max} | $n_{\text{C}_8\text{H}_{18},i} - 2x_{\text{max}}$ | $n_{\text{O}_2,i} - 25x_{\text{max}}$ | $16x_{\text{max}}$ | $18x_{\text{max}}$ |

c. $n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{m_{\text{C}_8\text{H}_{18}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_{18}}} = \frac{\rho_{\text{C}_8\text{H}_{18}} \times V_{\text{C}_8\text{H}_{18}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_{18}}} = \frac{d_{\text{C}_8\text{H}_{18}} \times \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{C}_8\text{H}_{18}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_{18}}} = 6,6 \text{ mol.}$

d. $x_{\text{max}} = 3,3 \text{ mol}$ (le dioxygène est en excès).

e. $n_{\text{CO}_2,f} = 16 x_{\text{max}} = 53 \text{ mol}$

f. $m_{\text{CO}_2} = 2,3 \text{ kg}$



b.

| Équation | | $4 \text{Al} (\text{s}) + 3 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s})$ | | |
|----------|------------------|---|--------------------------------------|-------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | |
| initial | 0 | $n_{\text{Al},i}$ | $n_{\text{O}_2,i}$ | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{Al},i} - 4x$ | $n_{\text{O}_2,i} - 3x$ | $2x$ |
| final | x_{max} | $n_{\text{Al},i} - 4x_{\text{max}}$ | $n_{\text{O}_2,i} - 3x_{\text{max}}$ | $2x_{\text{max}}$ |

c. $2 x_{\text{max}} = \frac{m_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Al}_2\text{O}_3}} = 3,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$, donc $x_{\text{max}} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

d. $n_{\text{Al},i} = 4 x_{\text{max}} = 7,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $n_{\text{O}_2,i} = 3 x_{\text{max}} = 5,4 \times 10^{-2} \text{ mol}$

e. $m_{\text{Al},i} = 1,9 \text{ g}$; $m_{\text{O}_2,i} = 1,7 \text{ g}$

22. a.

| Équation | | $\text{HCO}_3^- (\text{aq}) + \text{AH} (\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{A}^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\ell)$ | | | | |
|----------|------------------|--|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{HCO}_3^-,i}$ | $n_{\text{AH},i}$ | 0 | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{HCO}_3^-,i} - x$ | $n_{\text{AH},i} - x$ | x | x | x |
| final | x_{max} | $n_{\text{HCO}_3^-,i} - x_{\text{max}}$ | $n_{\text{AH},i} - x_{\text{max}}$ | x_{max} | x_{max} | x_{max} |

b. $x_{\text{max}} = n_{\text{AH},i} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

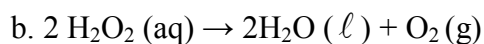
Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique

c. $n_{\text{CO}_2, \text{f}} = n_{\text{A}^-, \text{f}} = n_{\text{H}_2\text{O}, \text{f}} = x_{\text{max}} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

d. $V_{\text{CO}_2, \text{f}} = n_{\text{CO}_2, \text{f}} \times V_{\text{m}} = 0,24 \text{ L} = 0,24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

e. $r = 0,039 \text{ m} = 3,9 \text{ cm}$

23. a. Manipuler avec gants, lunettes et blouse fermée.



c.

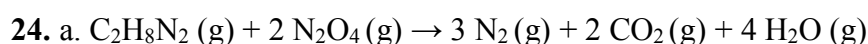
| Équation | | $2\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\ell) + \text{O}_2 (\text{g})$ | | |
|-----------------|------------------|---|-------------------|------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | |
| initial | 0 | $n_{\text{H}_2\text{O}_2, \text{i}}$ | | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{H}_2\text{O}_2, \text{i}} - 2x$ | $2x$ | x |
| final | x_{max} | $n_{\text{H}_2\text{O}_2, \text{i}} - 2x_{\text{max}}$ | $2x_{\text{max}}$ | x_{max} |

d. $n_{\text{O}_2, \text{f}} = \frac{V_{\text{O}_2, \text{f}}}{V_{\text{m}}} = 4,9 \text{ mol}$

e. $n_{\text{H}_2\text{O}_2, \text{i}} = 9,8 \text{ mol}$; $c_{\text{H}_2\text{O}_2} = 9,8 \text{ mol.L}^{-1}$

f. Étiquette 10 vol. $c_{\text{H}_2\text{O}_2} = 0,89 \text{ mol.L}^{-1}$

g. L'eau oxygénée vendue en pharmacie est peu concentrée.



b. $M_{\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2, \text{i}} = 60,0 \text{ g.mol}^{-1}$

c. $n_{\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2, \text{i}} = 8,33 \times 10^5 \text{ mol}$

d.

| Équation | | $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2 (\text{g}) + 2 \text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightarrow 3 \text{N}_2 (\text{g}) + 2 \text{CO}_2 (\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$ | | | | |
|-----------------|------------------|--|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2, \text{i}}$ | $n_{\text{N}_2\text{O}_4, \text{i}}$ | 0 | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2, \text{i}} - x$ | $n_{\text{N}_2\text{O}_4, \text{i}} - 2x$ | $3x$ | $2x$ | $4x$ |
| final | x_{max} | $n_{\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2, \text{i}} - x_{\text{max}}$ | $n_{\text{N}_2\text{O}_4, \text{i}} - 2x_{\text{max}}$ | $3x_{\text{max}}$ | $2x_{\text{max}}$ | $4x_{\text{max}}$ |

e. $n_{\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2, \text{i}} = \frac{n_{\text{N}_2\text{O}_4, \text{i}}}{2}$ donc $n_{\text{N}_2\text{O}_4, \text{i}} = 1,67 \times 10^6 \text{ mol}$.

Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique

f. $n_{\text{N}_2,\text{f}} = 2,50 \times 10^6 \text{ mol}$; $n_{\text{CO}_2,\text{f}} = 1,67 \times 10^6 \text{ mol}$; $n_{\text{H}_2\text{O},\text{f}} = 3,33 \times 10^6 \text{ mol}$



b. $n_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3,\text{i}} = \frac{m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3}}{M_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3}} = \frac{\rho_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3} \times V_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3}}{M_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3}} = 0,106 \text{ mol}$; $n_{\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O},\text{i}} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ mol}$

c.

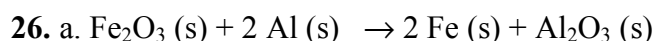
| Équation | | $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3 + \text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2$ | | | |
|-----------------|------------------|---|--|------------------|------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3,\text{i}}$ | $n_{\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O},\text{i}}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3,\text{i}} - x$ | $n_{\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O},\text{i}} - x$ | x | x |
| final | x_{max} | $n_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3,\text{i}} - x_{\text{max}}$ | $n_{\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O},\text{i}} - x_{\text{max}}$ | x_{max} | x_{max} |

d. $x_{\text{max}} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ mol}$, le linalol est le réactif limitant.

e. $n_{\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2,\text{f}} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ mol}$

f. $V_{\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2,\text{f}} = 6,2 \text{ mL}$

Exercices de synthèse



b. $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3,\text{i}} = \frac{m_{\text{O}_3,\text{i}}}{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} = 63 \text{ mol}$; $n_{\text{Al},\text{i}} = 74 \text{ mol}$

c.

| Équation | | $\text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 2 \text{Al} (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Fe} (\text{s}) + \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s})$ | | | |
|-----------------|------------------|---|--|-------------------|------------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3,\text{i}}$ | $n_{\text{Al},\text{i}}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3,\text{i}} - x$ | $n_{\text{Al},\text{i}} - 2x$ | $2x$ | x |
| final | x_{max} | $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3,\text{i}} - x_{\text{max}}$ | $n_{\text{Al},\text{i}} - 2x_{\text{max}}$ | $2x_{\text{max}}$ | x_{max} |

d. Si Fe_2O_3 est le réactif limitant, alors $x_{\text{max}} = n_{\text{Fe}_2\text{O}_3,\text{i}} = 63 \text{ mol}$.

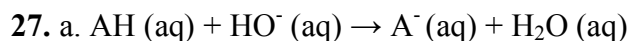
Si Al est le réactif limitant alors $x_{\text{max}} = 37 \text{ mol}$.

Sirius 1S - Livre du professeur
Chapitre 8. Avancement d'une réaction chimique

Donc $x_{\max} = 37 \text{ mol}$ et Al est le réactif limitant.

e. $n_{\text{Fe},f} = 2 x_{\max} = 74 \text{ mol}$

f. $m_{\text{Fe},f} = n_{\text{Fe},f} \times M_{\text{Fe}} = 2 x_{\max} \times M_{\text{Fe}} = 4,1 \times 10^3 \text{ g} = 4,1 \text{ kg}$.



b.

| Équation | | $\text{AH}(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$ | | | |
|----------|------------|---|--------------------------------|------------|------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | |
| initial | 0 | $n_{\text{AH},i}$ | $n_{\text{HO}^-,i}$ | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_{\text{AH},i} - x$ | $n_{\text{HO}^-,i} - x$ | x | x |
| final | x_{\max} | $n_{\text{AH},i} - x_{\max}$ | $n_{\text{HO}^-,i} - x_{\max}$ | x_{\max} | x_{\max} |

c. Cas 1 : $x_{\max} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ et le réactif limitant est l'ion hydroxyde.

Cas 2 : $x_{\max} = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ et le réactif limitant est l'acide.

d. $V_{\text{b3}} = 10,0 \text{ mL}$.

e. Dans ce cas, $n_{\text{AH}} = n_{\text{HO}^-}$, introduit

$c_a = 2,88 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

28. a. Des espèces colorées interviennent dans cette réaction.

b.

| Équation | | $3\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{aq}) + 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 16\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq}) + 4\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 11\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ | | | | | |
|----------|------------|--|-------------------|---------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| État | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | | | |
| initial | 0 | n_0 | n_2 | $n_{\text{H}^+,i}$ | 0 | 0 | 0 |
| en cours | x | $n_0 - 3x$ | $n_2 - 2x$ | $n_{\text{H}^+,i} - 16x$ | $3x$ | $4x$ | $11x$ |
| final | x_{\max} | $n_0 - 3x_{\max}$ | $n_2 - 2x_{\max}$ | $n_{\text{H}^+,i} - 16x_{\max}$ | $3x_{\max}$ | $4x_{\max}$ | $11x_{\max}$ |

c. $n_2 = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

d. $x_{\max} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

e. $n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} = n_2 - 2x = c'_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \times V$

f. $n_2 - 2x = c'_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \times V = \frac{A}{150} V$, donc $x = \frac{1}{2} (n_2 - \frac{A_{420}}{150} \times V) = (10 - 4 A_{420}) \times 10^{-5}$

g. $x_{\max} = 4,4 \times 10^{-6} \text{ mol} < 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$, donc l'éthanol est le réactif limitant.

h. $n_0 = 3 x_{\max} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol}$

$m_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O},i} = 6,1 \times 10^{-4} \text{ g}$ dans 2,0 mL de sang.

Donc $m_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O},i} = 0,30 \text{ g}$ dans 1,0 L de sang.