

## Chapitre 8 La mesure de la vitesse de réaction

 Manuel, p. 213 à 234

## POUR FAIRE LE POINT

## Section 8.2

## La vitesse de réaction en fonction des coefficients stœchiométriques de l'équation chimique balancée

 Manuel, p. 219

1. Réponse : a)

$$2. a) v = -\frac{\Delta[I^-]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[OCl^-]}{\Delta t} = \frac{\Delta[Cl^-]}{\Delta t} = \frac{\Delta[OI^-]}{\Delta t}$$

$$b) v = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[O_3]}{\Delta t}$$

$$c) v = -\frac{1}{4} \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t} = -\frac{1}{5} \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[NO]}{\Delta t} = \frac{1}{6} \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$$

$$3. v = \frac{1}{4} \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t} = \frac{1}{6} \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$$

$$v = \frac{1}{4} \cdot 0,068 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s}) = \frac{1}{6} \cdot v_{H_2O}$$

$$v_{H_2O} = \frac{6}{4} \cdot 0,068 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s}) = 0,102 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

Réponse : La vitesse de production de vapeur d'eau est de 0,10 mol/(L·s).

$$4. -\frac{1}{4} \frac{\Delta[HBr]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[Br_2]}{\Delta t}$$

5. a) 1. Calcul du nombre de moles de magnésium (Mg):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,011 \text{ g}}{24,305 \text{ g/mol}} = 4,526 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

2. Calcul de la vitesse de réaction du magnésium:

$$v = \frac{\Delta \text{Quantité de réactifs}}{\Delta t}$$

$$v = \frac{-4,526 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1 \text{ s}} = -4,526 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

3. Calcul de consommation d'acide chlorhydrique (HCl):

$$v_{Mg} = \frac{1}{2} v_{HCl}$$

$$v_{HCl} = 2v_{Mg}$$

$$= 2 \times 4,526 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

$$= 9,052 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

Réponse : La vitesse de consommation d'acide chlorhydrique est de  $9,1 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$ .

b) 1. Calcul de la vitesse de production du dihydrogène ( $H_2$ ):

$$v_{Mg} = v_{H_2} = 4,526 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

2. Conversion de la température en kelvins:

$$T = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ K}$$

3. Calcul du volume correspondant à

$$4,526 \times 10^{-4} \text{ mol}:$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{4,526 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot 8,31 \text{ (kPa}\cdot\text{L)} / (\text{mol}\cdot\text{K}) \cdot 293 \text{ K}}{101 \text{ kPa}}$$

$$= 0,0109 \text{ L}$$

Réponse : La vitesse de production du dihydrogène est de 0,011 L/s.

$$6. a) v = \frac{\Delta \text{Quantité de réactifs}}{\Delta t} = \frac{-6 \text{ mol}}{45 \text{ s}} = 0,133 \text{ mol/s}$$

$$b) -\frac{1}{4} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

c) 1. Conversion de la température en kelvins:

$$T = 25^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

2. Calcul du nombre de moles formées:

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{101,2 \text{ kPa} \cdot 150 \text{ L}}{8,31 \text{ (kPa}\cdot\text{L)} / (\text{mol}\cdot\text{K}) \cdot 298 \text{ K}}$$

$$= 6,13 \text{ mol}$$

3. Calcul de formation de D :

$$v_A = \frac{1}{3} v_D$$

$$v_D = 3v_A = 3 \times 0,133 \text{ mol/s} = 0,399 \text{ mol/s}$$

4. Calcul du temps nécessaire à la formation de 6,13 mole :

$$\frac{0,399 \text{ mol}}{1 \text{ s}} = \frac{6,13 \text{ mol}}{?}$$

$$? = \frac{6,13 \text{ mol} \cdot 1 \text{ s}}{0,399 \text{ mol}} = 15,4 \text{ s}$$

Réponse : 150 L de D seront formés en 0,4 seconde.

7. a) Note : En a), on devrait lire : « Calculez la vitesse de combustion de la cire ( $C_{25}H_{52}$ ) en mol/min. »

1. Calcul du nombre de moles de cire :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{126 \text{ g}}{352,691 \text{ g/mol}} = 0,357 25 \text{ mol}$$

2. Calcul de la vitesse de combustion de la cire :

$$v_{\text{cire}} = \frac{\Delta \text{Quantité de réactifs}}{\Delta t} \\ = \frac{-0,357 25}{45 \text{ min}} = 7,939 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$$

Réponse : La vitesse de combustion de la cire ( $C_{25}H_{52}$ ) est de  $7,94 \times 10^{-3}$  mol/min.

b) Note : En b), on devrait lire : « Calculez la vitesse de formation du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) en mol/min. »

$$v_{\text{cire}} = \frac{1}{25} v_{CO_2}$$

$$v_{CO_2} = 25 v_{\text{cire}} \\ = 25 \cdot 7,939 \times 10^{-3} \text{ mol/min} \\ = 0,198 475 \text{ mol/min}$$

Réponse : La vitesse de formation du dioxyde de carbone est de 0,198 475 mol/min.

c) 1. Calcul de la vitesse de production de vapeur d'eau ( $H_2O$ ) en moles par minute :

$$v_{\text{cire}} = \frac{1}{26} v_{H_2O}$$

$$v_{H_2O} = 26 v_{\text{cire}} \\ = 26 \cdot 7,939 \times 10^{-3} \text{ mol/min} \\ = 0,206 414 \text{ mol/min}$$

2. Conversion de la température en kelvins :

$$T = 25^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

3. Calcul du volume correspondant à 0,206 414 mol :

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,206 414 \text{ mol} \cdot 8,31 \text{ (kPa}\cdot\text{L)/(mol}\cdot\text{K)} \cdot 298 \text{ K}}{101,2 \text{ kPa}} \\ = 5,051 \text{ L}$$

Il se forme 5,051 L/min d'eau dans cette réaction.

4. Conversion des L en mL :

$$\frac{1 000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \frac{?}{5,051 \text{ L}}$$

$$? = \frac{1 000 \text{ mL} \cdot 5,051 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 5 051 \text{ mL}$$

5. Conversion de la vitesse en mL/s :

$$\frac{5 051 \text{ mL}}{1 \text{ min}} = \frac{5 051 \text{ mL}}{60 \text{ s}} = 84,18 \text{ mL/s}$$

Réponse : La vitesse de production d'eau ( $H_2O$ ) est de 84 mL/s.

d) Note : En d), on devrait lire : « Calculez la quantité de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), en gramme (g), produit après 45 minutes. »

1. Calcul du nombre de moles de dioxyde de carbone produit en 45 minutes :

$$n_{CO_2} = 45 \text{ min} \cdot 0,198 475 \text{ mol/min} = 8,931 375 \text{ mol}$$

2. Calcul de la quantité de dioxyde de carbone produit lors de la réaction :

$$m = nM = \frac{8,931 375 \text{ mol}}{44,009 \text{ g/mol}} = 0,202 9 \text{ g}$$

Réponse : Une masse de 0,203 g de dioxyde de carbone est produite au cours de la réaction.

## Section 8.3

### Les façons de mesurer la vitesse de réaction



Manuel, p. 225

- Nombre de feuilles à la seconde.
- Nombre de kilooctets par seconde.
- Nombre de litres par année.
- Nombre d'heures par semaine.
- Nombre de livres par semaine ou par mois.

2. a) Calculer la vitesse de disparition de l'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}_{(s)}$ ) en grammes par seconde (g/s) parce que le NaOH est solide et que sa masse est facile à mesurer ou calculer la variation de pH en unités de pH par seconde (pH/s) étant donné que l'acide chlorhydrique (HCl) est consommé pendant la réaction.

b) Calculer la vitesse de disparition du cuivre ( $\text{Cu}_{(s)}$ ), car il est solide et que sa masse est facile à mesurer, ou calculer la vitesse de formation de dihydrogène ( $\text{H}_{2(g)}$ ) par déplacement d'eau parce qu'il est gazeux.

3. Équivalences:

$$25 \text{ minutes} = 1\,500 \text{ secondes}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L} = 1\,000\,000 \text{ mL}$$

$$4 \text{ mL} = 0,004 \text{ L}$$

$$585 \text{ kg} = 585\,000 \text{ g}$$

1. Calcul du nombre de grammes de butane ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V = \frac{585\,000 \text{ g}}{1\,000 \text{ L}} \cdot 0,004 \text{ L} = 2,34 \text{ g de butane}$$

2. Calcul du nombre de moles de butane:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,34 \text{ g}}{58,124 \text{ g/mol}} = 4,026 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

3. Calcul de la vitesse de réaction:

$$v = \frac{\Delta[\text{C}_4\text{H}_{10}]}{\Delta t}$$

$$\text{En mL/min: } \frac{4 \text{ mL}}{25 \text{ min}} = 0,16 \text{ mL/min}$$

$$\text{En mL/s: } \frac{4 \text{ mL}}{1\,500 \text{ s}} = 2,7 \times 10^{-4} \text{ mL/s}$$

$$\text{En L/min: } \frac{0,004 \text{ L}}{25 \text{ min}} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ L/min}$$

$$\text{En L/s: } \frac{0,004 \text{ L}}{1\,500 \text{ s}} = 2,7 \times 10^{-6} \text{ L/s}$$

$$\text{En g/min: } \frac{2,34 \text{ g}}{25 \text{ min}} = 9,4 \times 10^{-2} \text{ g/min}$$

$$\text{En g/s: } \frac{2,34 \text{ g}}{1\,500 \text{ s}} = 1,56 \times 10^{-3} \text{ g/s}$$

$$\text{En mol/min: } \frac{4,026 \times 10^{-2} \text{ mol}}{25 \text{ min}} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$$

$$\text{En mol/s: } \frac{4,026 \times 10^{-2} \text{ mol}}{1\,500 \text{ s}} = 2,7 \times 10^{-5} \text{ mol/s}$$

4. 1. Calcul de la variation de concentration:

$$\begin{aligned} \Delta[\text{Base}] &= [\text{Base}]_f - [\text{Base}]_i \\ &= 0,0175 \text{ mol/L} - 0,4760 \text{ mol/L} \\ &= -0,4585 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

2. Conversion du temps en secondes:

$$\begin{aligned} \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} &= \frac{?}{16 \text{ min}} \\ ? &= \frac{16 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 960 \text{ s} \end{aligned}$$

3. Calcul de la vitesse en mol/(L·s):

$$\begin{aligned} v &= -\frac{\Delta[\text{Base}]}{\Delta t} \\ &= -\frac{-0,4585 \text{ mol/L}}{960 \text{ s}} = 4,776 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

4. Conversion du temps en heures:

$$\begin{aligned} \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} &= \frac{?}{16 \text{ min}} \\ ? &= \frac{1 \text{ h} \cdot 16 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 0,267 \text{ h} \end{aligned}$$

5. Calcul de la vitesse en mol/(L·h):

$$\begin{aligned} v &= -\frac{\Delta[\text{Base}]}{\Delta t} \\ &= -\frac{-0,4585 \text{ mol/L}}{0,267 \text{ h}} = 1,717 \text{ mol/(L}\cdot\text{h)} \end{aligned}$$

Réponse: La vitesse de transformation de cette base est de  $4,8 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$  ou de  $1,7 \text{ mol/(L}\cdot\text{h)}$ .

5. En calculant la vitesse d'apparition du diiode ( $\text{I}_2$ ), car il est solide et que sa masse est facile à mesurer.

6. Il sera très difficile de calculer sa vitesse de formation. Comme il y a des substances solides dans les réactifs et dans les produits, on ne peut utiliser la masse. Aucun gaz n'est émis.

7. Une tonne = 1 000 kg =  $1 \times 10^6 \text{ g}$

1. Calcul du nombre de moles de fer (Fe):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1 \times 10^6 \text{ g}}{55,845 \text{ g/mol}} = 17\,906,7 \text{ mol}$$

2. Calcul de la vitesse de production de fer:

$$v = \frac{\Delta[\text{Fe}]}{\Delta t} = \frac{17\,906,7 \text{ mol}}{30 \text{ min}} = 596,89 \text{ mol/min}$$

3. Calcul de la vitesse de production de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ):

$$\frac{1}{2}v_{\text{Fe}} = \frac{1}{3}v_{\text{CO}_2}$$

$$v_{\text{CO}_2} = \frac{3}{2}v_{\text{Fe}} = \frac{3}{2} \cdot 596,89 \text{ mol/min} = 895,335 \text{ mol/min}$$

4. Nombre de moles de dioxyde de carbone produit en 30 minutes:

$$\begin{aligned} \frac{895,335 \text{ mol}}{1 \text{ min}} &= \frac{?}{30 \text{ min}} \\ ? &= \frac{30 \text{ min} \cdot 895,335 \text{ mol}}{1 \text{ min}} = 26\,860,05 \text{ mol} \end{aligned}$$

5. Calcul de la masse de dioxyde de carbone :

$$n = nM = 26\,860,05 \text{ mol} \cdot 44,009 \text{ g/mol} \\ = 1,182 \times 10^6 \text{ g}$$

6. Calcul du volume de dioxyde de carbone :

$$PV = nRT \\ V = \frac{nRT}{P} \\ = \frac{26\,860,05 \text{ mol} \cdot 8,31 \text{ (kPa}\cdot\text{L)/(mol}\cdot\text{K)} \cdot 298 \text{ K}}{101,2 \text{ kPa}} \\ = 657\,269,67 \text{ L}$$

Réponse : Il y aura production de 1,18 tonne de dioxyde de carbone dans un volume de  $6,57 \times 10^5 \text{ L}$ .

8. 1. Calcul du nombre de moles de sodium (Na) :

$$m = \frac{m}{M} = \frac{3 \text{ g}}{22,990 \text{ g/mol}} = 0,13 \text{ mol}$$

2. Calcul de la vitesse de réaction du sodium :

$$v = -\frac{\Delta[\text{Na}]}{\Delta t} = \frac{-0,13 \text{ mol}}{1,5 \text{ s}} = 0,086\,67 \text{ mol/s}$$

3. Calcul de la vitesse de production de dihydrogène ( $\text{H}_2$ ) :

$$v_{\text{H}_2} = \frac{1}{2}v_{\text{Na}} = \frac{1}{2} \cdot 0,086\,67 \text{ mol/s} = 0,043\,335 \text{ mol/s}$$

4. Calcul du volume de dihydrogène par seconde :

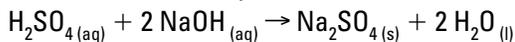
$$PV = nRT \\ V = \frac{nRT}{P} \\ = \frac{0,043\,335 \text{ mol} \cdot 8,31 \text{ (kPa}\cdot\text{L)/(mol}\cdot\text{K)} \cdot 273 \text{ K}}{101,3 \text{ kPa}} \\ = 0,970\,5 \text{ L}$$

5. Calcul du nombre de moles par litre par seconde :

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \\ n_2 = \frac{V_2 n_1}{V_1} = \frac{1 \text{ L} \cdot 0,043\,335 \text{ mol}}{0,970\,5 \text{ L}} = 0,044\,67 \text{ mol}$$

Réponse : La vitesse de production du dihydrogène est de  $0,045 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ .

9. 1. Établissement de l'équation de neutralisation :



2. Conversion du temps en secondes :

$$\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{?}{3 \text{ min}} \\ ? = \frac{60 \text{ s} \cdot 3 \text{ min}}{1 \text{ min}} = 180 \text{ s}$$

3. Calcul de la vitesse de réaction de l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) :

$$v = -\frac{\Delta[\text{H}_2\text{SO}_4]}{\Delta t} = \frac{-0,5 \text{ mol/L}}{180 \text{ s}} \\ = 2,778 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

4. Calcul de la vitesse de production de sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) :

$$v_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = v_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2,778 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

5. Calcul de la quantité de sulfate de sodium produit par seconde :

$$\frac{2,778 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1\,000 \text{ mL}} = \frac{?}{25 \text{ mL}} \\ ? = \frac{2,778 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot 25 \text{ mL}}{1\,000 \text{ mL}} = 6,945 \times 10^{-5} \text{ mol/s}$$

6. Calcul de la quantité de sulfate de sodium produit dans les 3 minutes :

$$6,945 \times 10^{-5} \text{ mol/s} \cdot 180 \text{ s} = 0,012\,5 \text{ mol}$$

7. Calcul de la masse de sulfate de sodium produit :

$$n = \frac{m}{M} \\ m = nM = 0,012\,5 \text{ mol} \cdot 142,041 \text{ g/mol} = 1,775\,5 \text{ g}$$

Réponse : La vitesse de production du sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) est de  $3 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$  et la masse produite est de 2 g.

10. a) 1. Calcul de la variation de la quantité de magnésium (Mg) :

$$\Delta[\text{Mg}] = \text{Mg}_f - \text{Mg}_i \\ = 0,5 \text{ g} - 0,95 \text{ g} = -0,45 \text{ g}$$

2. Calcul de la vitesse en g/s :

$$v = -\frac{\Delta[\text{Mg}]}{\Delta t} = \frac{-0,45 \text{ g}}{280 \text{ s}} = 1,607 \times 10^{-3} \text{ g/s}$$

Réponse : La vitesse de réaction en g/s est de  $1,6 \times 10^{-3} \text{ g/s}$  en fonction du magnésium.

b) Calcul du nombre de moles de magnésium consommées dans une seconde :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1,607 \times 10^{-3} \text{ g}}{24,305\,6 \text{ g/mol}} = 6,611\,6 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Réponse : La vitesse de réaction en mol/s est de  $6,6 \times 10^{-5} \text{ mol/s}$  en fonction du magnésium.

c) 1. Conversion du temps en minutes :

$$\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{280 \text{ s}}{?} \\ ? = \frac{280 \text{ s} \cdot 1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 4,667 \text{ min}$$

2. Calcul de la vitesse en g/min :

$$v = -\frac{\Delta[\text{Mg}]}{\Delta t} = \frac{-0,45 \text{ g}}{4,667 \text{ min}} = 9,642 \times 10^{-2} \text{ g/min}$$

Réponse : La vitesse de réaction en g/min est de  $9,6 \times 10^{-2} \text{ g/min}$  en fonction du magnésium.

11. 1. Calcul de la quantité de nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ ) dans la poudre:

$$\text{KNO}_3 = \frac{75}{100} \cdot 80 \text{ g} = 60 \text{ g}$$

2. Calcul de la vitesse de réaction du nitrate de potassium:

$$v = -\frac{\Delta[\text{KNO}_3]}{\Delta t} = -\frac{-60 \text{ g}}{0,005 \text{ s}} = 12\,000 \text{ g/s}$$

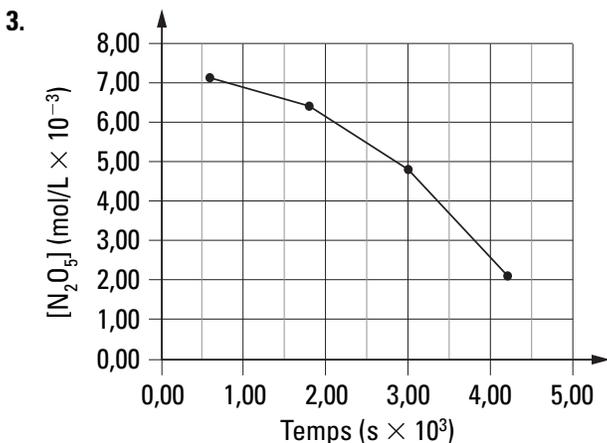
Réponse: La vitesse de combustion du nitrate de potassium est de 12 kg/s.

## Section 8.4

### La vitesse moyenne et la vitesse instantanée d'une réaction

 Manuel, p. 228

1. a) Pendant le trajet Montréal-Québec, ma vitesse moyenne a été de 97 km/h. Lorsque je suis arrivé dans une zone de réparation, je roulais à 73 km/h.
  - b) Sur la piste cyclable Petit Témis, entre Cabano et Rivière-du-Loup, j'ai roulé en moyenne à 23,5 km/h. En descendant une côte, j'ai atteint la vitesse de 47 km/h.
  - c) Hier soir, j'ai marché sur la rue principale pendant une heure, j'ai parcouru 5,2 km. J'ai donc marché à une vitesse de 5,2 km/h. Vers la fin j'étais fatigué et j'ai ralenti. Je devais alors marcher à 4 km/h.
  - d) Lorsque je cours 30 minutes, je parcours 8 kilomètres. Je cours donc en moyenne à 16 km/h. Au début, je suis plein d'énergie et je cours le premier kilomètre en 3 minutes 20 secondes. Je cours donc ce premier kilomètre à 18 km/h.
2. Au début, la vitesse est très rapide et plus la réaction avance, plus la vitesse diminue.



Calcul de la vitesse instantanée à 2 000 secondes:

$$\begin{aligned} v_{t=2 \times 10^3 \text{ s}} &= -\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} \\ &= -\frac{5,1 \times 10^{-3} \text{ mol/L} - 6,8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{3,00 \times 10^3 \text{ s} - 1,50 \times 10^3 \text{ s}} \\ &= 1,133 \times 10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

Réponse: La vitesse instantanée à 2 000 secondes est de  $1,1 \times 10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ .

4. a) C'est un réactif parce que la concentration diminue.
- b) Calcul de la vitesse moyenne entre 10 et 20 secondes:

$$\begin{aligned} v_{\bar{x}} &= -\frac{\Delta[\text{substance}]}{\Delta t} = -\frac{8 \text{ mol/L} - 11 \text{ mol/L}}{20 \text{ s} - 10 \text{ s}} \\ &= 0,3 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

Réponse: La vitesse moyenne entre la 10<sup>e</sup> et la 20<sup>e</sup> seconde est de 0,3 mol/(L·s).

- c) 1. Calcul de la vitesse instantanée à 10 secondes:

$$\begin{aligned} v_{t=10 \text{ s}} &= -\frac{\Delta[\text{substance}]}{\Delta t} = -\frac{6 \text{ mol/L} - 16 \text{ mol/L}}{20 \text{ s} - 0 \text{ s}} \\ &= 0,5 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

2. Calcul de la vitesse instantanée à 20 secondes:

$$\begin{aligned} v_{t=20 \text{ s}} &= -\frac{\Delta[\text{substance}]}{\Delta t} = -\frac{5 \text{ mol/L} - 10 \text{ mol/L}}{30 \text{ s} - 10 \text{ s}} \\ &= 0,25 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

3. Calcul de la vitesse instantanée à 50 secondes:

$$\begin{aligned} v_{t=50 \text{ s}} &= -\frac{\Delta[\text{substance}]}{\Delta t} = -\frac{3 \text{ mol/L} - 5 \text{ mol/L}}{60 \text{ s} - 30 \text{ s}} \\ &= 0,0667 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

- d) Entre 0 et 10 secondes.

5. a) Calcul de la vitesse moyenne entre 0 et 10 secondes:

$$\begin{aligned} v_{\bar{x}} &= -\frac{\Delta[\text{CO}]}{\Delta t} = -\frac{0,134 \text{ mol/L} - 0,200 \text{ mol/L}}{10 \text{ s} - 0 \text{ s}} \\ &= 6,6 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

Réponse: La vitesse moyenne de la réaction pendant les 10 premières secondes est de  $6,6 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ .

- b) Calcul de la vitesse moyenne entre 20 et 30 secondes:

$$\begin{aligned} v_{\bar{x}} &= -\frac{\Delta[\text{CO}]}{\Delta t} = -\frac{0,080 \text{ mol/L} - 0,100 \text{ mol/L}}{30 \text{ s} - 20 \text{ s}} \\ &= 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

Réponse: La vitesse moyenne de la réaction entre 20 et 30 secondes est de  $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ .

c) 1. Calcul de la vitesse instantanée à 10 secondes :

$$v_{t=10\text{s}} = -\frac{\Delta[\text{CO}]}{\Delta t} = -\frac{0,090 \text{ mol/L} - 0,175 \text{ mol/L}}{20 \text{ s} - 0 \text{ s}} \\ = 4,25 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

Réponse : La vitesse instantanée de la réaction à la 10<sup>e</sup> seconde est de  $4,25 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ .

## Chapitre 8 La mesure de la vitesse de réaction

 Manuel, p. 231 à 234

- 1. Parce que la vitesse au début d'une réaction est plus rapide que vers la fin. En déterminant les vitesses de réaction tout près du début de la réaction, on obtient la vitesse maximale à laquelle la réaction peut se dérouler, ce qui est avantageux pour déterminer les vitesses de réactions lentes.

- 2. a) En mesurant la différence de la masse de craie ( $\text{CaCO}_3$ ) présente dans la réaction ou en mesurant le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) dégagé.

b) 1. Calcul de la vitesse de réaction de la craie en g/s :

$$v = -\frac{\Delta[\text{CaCO}_3]}{\Delta t} = -\frac{-2,0 \text{ g}}{85 \text{ s}} = 2,353 \times 10^{-2} \text{ g/s}$$

La vitesse de réaction est de  $2,4 \times 10^{-2} \text{ g/s}$  en fonction de la craie.

2. Calcul du nombre de moles de craie :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,0 \text{ g}}{100,086 \text{ g/mol}} = 1,998 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

3. Calcul de la vitesse de réaction de la craie en mol/s :

$$v = -\frac{\Delta[\text{CaCO}_3]}{\Delta t} = -\frac{-1,998 \times 10^{-2} \text{ mol}}{85 \text{ s}} \\ = 2,351 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

Réponse : La vitesse de réaction est de  $2,4 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$  en fonction de la craie.

- 3. Exemples de réponses :

Réactions lentes :

- La décomposition du plastique dans l'environnement.
- La dégradation des fruits sur le comptoir de la cuisine.
- La formation de la rouille sur le métal.

Réactions rapides :

- Les feux d'artifice.
- L'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) présent dans les produits pour déboucher les tuyaux avec les résidus de savon ou le calcaire présents dans ces mêmes tuyaux.

- 4. a) 
$$v = -\frac{\Delta[\text{C}_3\text{H}_8]}{\Delta t} = -\frac{1}{5} \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t} \\ = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$$

$$b) v = v_{\text{C}_3\text{H}_8} = \frac{1}{5} v_{\text{O}_2} = \frac{1}{3} v_{\text{CO}_2} = \frac{1}{4} v_{\text{H}_2\text{O}}$$

- 5. Parce que la concentration d'un réactif diminue comme la réaction progresse, le  $\Delta[\text{réactif}]$  est négatif. Comme le temps avance, le  $\Delta t$  est toujours positif. Par conséquent, pour que l'expression de vitesse  $\frac{\Delta[\text{réactif}]}{\Delta t}$  soit positive, elle doit être multipliée par  $-1$ .

- 6. Pour que la vitesse en fonction de la diminution de la concentration d'un réactif soit égale à la vitesse en relation avec l'augmentation de la concentration d'un produit, les coefficients stœchiométriques du produit et du réactif doivent être égaux.

- 7. a) 
$$v = -\frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{I}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{HI}]}{\Delta t}$$

$$b) v = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$$

$$c) v = -\frac{1}{5} \frac{\Delta[\text{Br}^-]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{BrO}_3^-]}{\Delta t} = -\frac{1}{6} \frac{\Delta[\text{H}^+]}{\Delta t} \\ = \frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{Br}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$$

- 8. Réponse : b)

$$\frac{1}{2} v_{\text{B}_2\text{O}_3} = \frac{1}{4} v_{\text{B}}$$

$$v_{\text{B}_2\text{O}_3} = \frac{2}{4} v_{\text{B}} = \frac{v_{\text{B}}}{2}$$

- 9. a) 
$$\frac{1}{3} v_{\text{H}_2} = \frac{1}{2} v_{\text{NH}_3}$$

$$v_{\text{NH}_3} = \frac{2}{3} v_{\text{H}_2} = \frac{2}{3} \cdot 0,0074 \text{ mol/s} = 0,0049 \text{ mol/s}$$

Réponse : La vitesse de formation de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) sera de  $0,0049 \text{ mol/s}$ .

$$b) \frac{1}{3}v_{\text{H}_2} = v_{\text{N}_2}$$

$$v_{\text{N}_2} = \frac{1}{3}v_{\text{H}_2} = \frac{1}{3} \cdot 0,0074 \text{ mol/s} = 0,0025 \text{ mol/s}$$

Réponse: La vitesse de réaction du diazote ( $\text{N}_2$ ) sera de 0,0025 mol/s.

- 10. 1. Calcul du nombre de moles de baryum (Ba):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3,2 \text{ g}}{137,327 \text{ g/mol}} = 2,33 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

2. Calcul de la vitesse de réaction du baryum:

$$v = -\frac{[\Delta\text{Ba}]}{\Delta t} = -\frac{-2,33 \times 10^{-2} \text{ mol}}{95 \text{ s}}$$

$$= 2,453 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

3. Calcul de formation du dihydrogène ( $\text{H}_2$ ):

$$v_{\text{Ba}} = v_{\text{H}_2}$$

$$v_{\text{H}_2} = 2,453 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

Réponse: La vitesse de formation du dihydrogène est de  $2,5 \times 10^{-4}$  mol/s.

- 11. a) Il sera produit deux fois plus rapidement, étant donné que les coefficients stœchiométriques sont respectivement 2 et 1, la vitesse du dihydrogène ( $\text{H}_2$ ) sera deux fois plus rapide que celle du dioxygène ( $\text{O}_2$ ):

$$\frac{1}{2}v_{\text{H}_2} = v_{\text{O}_2}$$

$$v_{\text{H}_2} = 2v_{\text{O}_2}$$

b) 0,5 mol

c)  $0,5 \text{ mol} \cdot 60 = 30$  moles

b)  $v = \frac{1}{2}v_{\text{H}_2}$

- 12. 1. Conversion du temps en secondes:

$$4 \text{ min } 30 \text{ s} = 4,5 \text{ min}$$

$$\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{?}{4,5 \text{ min}}$$

$$? = \frac{4,5 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 270 \text{ s}$$

2. Calcul de la vitesse de réaction de la craie ( $\text{CaCO}_3$ ) en g/s:

$$v = -\frac{\Delta[\text{CaCO}_3]}{\Delta t} = -\frac{-2,3 \text{ g}}{270 \text{ s}} = 8,519 \times 10^{-3} \text{ g/s}$$

3. Calcul du nombre de moles de craie:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,3 \text{ g}}{100,086 \text{ g/mol}} = 2,298 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

4. Calcul de la vitesse de réaction de la craie en mol/s:

$$v = -\frac{\Delta[\text{CaCO}_3]}{\Delta t} = -\frac{-2,298 \times 10^{-2} \text{ mol}}{270 \text{ s}}$$

$$= 8,51 \times 10^{-5} \text{ mol/s}$$

Réponse: La vitesse de réaction de la craie est de  $8,51 \times 10^{-5}$  mol/s.

- 13. a) Ce sera la vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) parce qu'il y aura toujours le double de molécules de gaz produites par rapport à celles de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) produites. Sa vitesse est aussi deux fois plus grande.

$$b) v = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{CH}_3\text{OH}]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t}$$

$$= \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$$

$$c) \frac{1}{2}v_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{1}{3}v_{\text{O}_2}$$

$$v_{\text{O}_2} = \frac{3}{2}v_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} = 1,5 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

Réponse: La vitesse de la consommation de dioxygène ( $\text{O}_2$ ) sera de 1,5 mol/(L·s).

- d) 1. Calcul du nombre de moles produites en une minute:

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{101,3 \text{ kPa} \cdot 224 \text{ L}}{8,31 \text{ (kPa}\cdot\text{L)/(mol}\cdot\text{K)} \cdot 273 \text{ K}}$$

$$= 10,002 \text{ mol}$$

2. Calcul du nombre de moles par litre par minute:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$n_2 = \frac{V_2 n_1}{V_1} = \frac{1 \text{ L} \cdot 10,002 \text{ mol}}{224 \text{ L}} = 0,04465 \text{ mol}$$

3. Calcul de la vitesse de réaction en fonction du dioxyde de carbone:

$$v = \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t} = \frac{0,04465 \text{ mol/L}}{60 \text{ s}}$$

$$= 7,44 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

4. Calcul de la vitesse générale de réaction:

$$v = \frac{1}{2}v_{\text{CO}_2} = \frac{1}{2} \cdot 7,44 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

$$= 3,72 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

Réponse: La vitesse générale de la réaction est de  $3,7 \times 10^{-4}$  mol/(L·s) en fonction du dioxyde de carbone.

- 14. a) La vitesse sera la même que la vitesse de production des ions sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) étant donné que leur coefficient stœchiométrique est identique. La vitesse à laquelle la concentration des ions sulfite d'hydrogène ( $\text{HSO}_3^-$ ) diminue est donc de  $1,25 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ .

$$b) \frac{1}{2}v_{\text{HCrO}_4^-} = \frac{1}{3}v_{\text{SO}_4^{2-}}$$

$$v_{\text{HCrO}_4^-} = \frac{2}{3}v_{\text{SO}_4^{2-}} = \frac{2}{3} \cdot 1,25 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

$$= 8,33 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

*Réponse:* La vitesse à laquelle la concentration des ions chromate d'hydrogène ( $\text{HCrO}_4^-$ ) diminue est de  $8,33 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ .

- 15. 1. Calcul du nombre de moles d'argent (Ag):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5,00 \text{ g}}{107,868 \text{ g/mol}} = 4,6353 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

2. Conversion du temps en secondes:

$$\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \frac{?}{4 \text{ h}}$$

$$? = \frac{3600 \text{ s} \cdot 4 \text{ h}}{1 \text{ h}} = 14400 \text{ s}$$

3. Calcul de la vitesse de réaction en fonction de l'argent:

$$v = \frac{\Delta[\text{Ag}]}{\Delta t} = \frac{4,6353 \times 10^{-2} \text{ mol}}{14400 \text{ s}}$$

$$= 3,218 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$$

4. Calcul de la vitesse de réaction en fonction du cuivre (Cu):

$$v_{\text{Cu}} = \frac{1}{2}v_{\text{Ag}} = \frac{1}{2} \cdot 3,218 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$$

$$= 1,609 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$$

5. Calcul de la masse de cuivre produite en une seconde:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = nM = 1,609 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot 63,546 \text{ g/mol}$$

$$= 1,02275 \times 10^{-4} \text{ g}$$

*Réponse:* La vitesse de transformation du cuivre est de  $1,02 \times 10^{-4} \text{ g/s}$ .

- 16. a) Comme le graphique montre le nombre de moles consommées, nous considérons la vitesse du réactif sans le signe négatif.

*Calcul de la vitesse moyenne:*

$$v_{\bar{x}} = \frac{\Delta[\text{NaHCO}_3]}{\Delta t} = \frac{1,2 \text{ mol} - 0 \text{ mol}}{2 \text{ min} - 0 \text{ min}}$$

$$= 0,6 \text{ mol/min}$$

*Réponse:* La vitesse de cette réaction lors des deux premières minutes est de 0,6 mol/min en fonction du bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ).

- b) En 9,5 minutes.

$$v_{\bar{x}} = \frac{\Delta[\text{NaHCO}_3]}{\Delta t} = \frac{2,35 \text{ mol} - 0 \text{ mol}}{9,5 \text{ min} - 0 \text{ min}}$$

$$= 0,25 \text{ mol/min}$$

*Réponse:* La vitesse moyenne de la réaction est de 0,25 mol/min en fonction du bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ).

- c) Entre 6 et 8 minutes.

$$v_{\bar{x}} = \frac{\Delta[\text{NaHCO}_3]}{\Delta t} = \frac{2,3 \text{ mol} - 2,1 \text{ mol}}{8 \text{ min} - 6 \text{ min}}$$

$$= 0,1 \text{ mol/min}$$

*Réponse:* La vitesse de la réaction dans l'intervalle de 6 et 8 minutes est de 0,1 mol/min en fonction du bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ).

- d) Calcul de la vitesse instantanée à 3 minutes:

$$v_{t=3 \text{ min}} = \frac{\Delta[\text{NaHCO}_3]}{\Delta t} = \frac{-1,8 \text{ mol} - 1,25 \text{ mol}}{4 \text{ min} - 2 \text{ min}}$$

$$= 0,275 \text{ mol/min}$$

*Réponse:* La vitesse instantanée à 3 minutes est de 0,3 mol/min en fonction du bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ).

- e) Plus la réaction progresse dans le temps, plus la concentration de réactifs diminue, donc la vitesse diminue également.

- 17. a) Calorimétrique: le réactif est coloré, le produit est incolore.

- b) Captage du gaz: un des produits est gazeux.

- c) Captage du gaz (un des produits est gazeux); changement de la masse (les réactifs sont solides et aqueux, un produit est gazeux); pH (des ions  $\text{H}^+$ , hydronium  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  provenant du  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sont consommés dans la réaction).

Captage du gaz: changement de la masse (les réactifs sont solides et aqueux, un produit est gazeux); pH (des ions  $\text{H}^+$ , hydronium  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  provenant du  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sont consommés dans la réaction).

d) Avec un ballon qui mesure le nombre total de moles de gaz, plus la réaction avance, moins il y a de moles (on passe de 4 moles dans les réactifs à 2 moles dans les produits). Pour ce faire, il faut que la réaction se déroule dans un système fermé.

■ 18. a)  $\frac{1}{2}V_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{1}{3}V_{\text{Mg(OH)}_2}$   
 $V_{\text{Mg(OH)}_2} = \frac{3}{2}V_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{3}{2} \cdot 0,02 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$   
 $= 0,03 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

Réponse: La vitesse de consommation du dihydroxyde de magnésium ( $\text{Mg(OH)}_2$ ) est de  $0,03 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ .

b)  $\frac{1}{2}V_{\text{H}_3\text{PO}_4} = V_{\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2}$   
 $V_{\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2} = \frac{1}{2}V_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{1}{2} \cdot 0,02 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$   
 $= 0,01 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

Réponse: La vitesse de production du sel ( $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ) est de  $0,01 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ .

c)  $\frac{0,02 \text{ mol/L}}{1 \text{ s}} = \frac{?}{22 \text{ s}}$   
 $? = \frac{0,02 \text{ mol/L} \cdot 22 \text{ s}}{1 \text{ s}} = 0,44 \text{ mol/L}$

Réponse: La concentration initiale de l'acide phosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) était de  $0,44 \text{ mol/L}$ .

◆ 19. 1. Conversion du temps en secondes:

$$\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{?}{2,4 \text{ min}}$$

$$? = \frac{60 \text{ s} \cdot 2,4 \text{ min}}{1 \text{ min}} = 144 \text{ s}$$

2. Calcul de la concentration de dichlore ( $\text{Cl}_2$ ) par litre:

$$\frac{0,036 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{?}{1 \text{ L}}$$

$$? = \frac{0,036 \text{ mol} \cdot 1 \text{ L}}{2 \text{ L}} = 0,018 \text{ mol/L}$$

3. Calcul de la vitesse de réaction en fonction du dichlore:

$$v = \frac{\Delta[\text{Cl}_2]}{\Delta t} = \frac{0,018 \text{ mol/L}}{144 \text{ s}}$$

$$= 1,25 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

4. Calcul de la vitesse en fonction du pentachlorure de phosphore ( $\text{PCl}_5$ ):

$$v_{\text{Cl}_2} = v_{\text{PCl}_5}$$

$$v_{\text{PCl}_5} = 1,25 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

5. Calcul de la masse de pentachlorure de phosphore produite en une seconde:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = nM = 1,25 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot 208,239 \text{ g/mol}$$

$$= 2,6 \times 10^{-2} \text{ g}$$

Réponse: La vitesse de transformation du pentachlorure de phosphore est de  $2,6 \times 10^{-2} \text{ g}/(\text{L}\cdot\text{s})$ .

◆ 20. 1. Calcul de la masse de dioxygène ( $\text{O}_2$ ) dans  $3,5 \text{ mL}$ :

$$PV = \frac{mRT}{M}$$

$$V = \frac{PVM}{RT} = \frac{101,3 \text{ kPa} \cdot 0,0035 \text{ L} \cdot 31,998 \text{ g/mol}}{8,31 (\text{kPa}\cdot\text{L})/(\text{mol}\cdot\text{K}) \cdot 298 \text{ K}}$$

$$= 4,58 \times 10^{-3} \text{ g}$$

2. Calcul de la masse de dioxygène qui sera consommé par l'homme:

$$\frac{4,58 \times 10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ kg}} = \frac{?}{75 \text{ kg}}$$

$$? = \frac{4,58 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot 75 \text{ kg}}{1 \text{ kg}} = 0,3435 \text{ g}$$

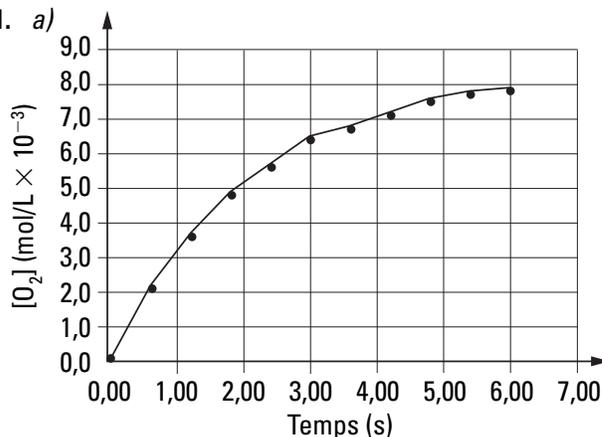
3. Calcul de la vitesse en grammes par heure:

$$\frac{0,3435 \text{ g}}{1 \text{ min}} = \frac{?}{60 \text{ min}}$$

$$? = \frac{0,3435 \text{ g} \cdot 60 \text{ min}}{1 \text{ min}} = 20,61 \text{ g}$$

Réponse: L'homme de  $75 \text{ kg}$  consommera le dioxygène ( $\text{O}_2$ ) à une vitesse de  $21 \text{ g/h}$ .

◆ 21. a)



b)  $v_{\bar{x}} = \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{7,5 \times 10^{-3} \text{ mol/L} - 0 \text{ mol/L}}{4800 \text{ s} - 0 \text{ s}}$   
 $= 1,562 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

Réponse: La vitesse moyenne durant les  $4800$  premières secondes est de  $1,56 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$  en fonction du dioxygène ( $\text{O}_2$ ).

c) 1. Calcul de la vitesse instantanée à 1 200 s :

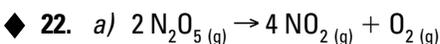
$$\begin{aligned} v_{t=1\,200\text{ s}} &= \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} \\ &= \frac{5,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} - 2,3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{1,80 \times 10^3 \text{ s} - 6,00 \times 10^2 \text{ s}} \\ &= 2,25 \times 10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

2. Calcul de la vitesse instantanée à 4 800 s :

$$\begin{aligned} v_{t=4\,800\text{ s}} &= \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} \\ &= \frac{8,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} - 7,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{5,80 \times 10^3 \text{ s} - 3,80 \times 10^2 \text{ s}} \\ &= 1,84 \times 10^{-7} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \end{aligned}$$

Réponse : La vitesse instantanée à 1 200 s est de  $2,3 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$  et celle à 4 800 s est de  $1,8 \times 10^{-7} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$  en fonction du dioxygène ( $\text{O}_2$ ).

- d) Plus la réaction progresse, moins il y a de réactifs présents. La réaction se fera donc de moins en moins rapidement.
- e) Un des élèves aurait pu prendre ses données au début de la réaction et l'autre entre deux temps différents. Ils n'ont donc pas pris les mêmes temps de référence.
- f) Parce que la vitesse au début d'une réaction est plus rapide que vers la fin. En déterminant les vitesses de réaction tout près du début de la réaction, on obtient la vitesse maximale à laquelle la réaction peut se dérouler, ce qui est avantageux pour déterminer les vitesses de réactions lentes.



b) 1. Calcul de la vitesse en fonction du pentaoxyde de diazote ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ):

$$\begin{aligned} v_{\text{N}_2\text{O}_5} &= -\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} \\ &= -\frac{6,10 \times 10^{-3} \text{ mol/L} - 1,10 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}{30 \text{ min} - 10 \text{ min}} \\ &= 2,45 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{min)} \end{aligned}$$

2. Calcul de la vitesse en fonction du dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ):

$$\begin{aligned} v_{\text{NO}_2} &= \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} \\ &= \frac{1,78 \times 10^{-2} \text{ mol/L} - 8,00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{30 \text{ min} - 10 \text{ min}} \\ &= 4,9 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{min)} \end{aligned}$$

3. Calcul de la vitesse en fonction du dioxygène ( $\text{O}_2$ ):

$$\begin{aligned} v_{\text{O}_2} &= \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} \\ &= \frac{4,45 \times 10^{-3} \text{ mol/L} - 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{30 \text{ min} - 10 \text{ min}} \\ &= 1,225 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{min)} \end{aligned}$$

Réponse : La vitesse de réaction entre la dixième et la trentième minute est de  $2,5 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{min)}$  en fonction du penta-oxyde de diazote, de  $4,9 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{min)}$  en fonction du dioxyde d'azote et de  $1,2 \times 10^{-4} \text{ mol/(L}\cdot\text{min)}$  en fonction du dioxygène.

- c) Dans la réaction, chaque substance n'est pas stœchiométriquement équivalente, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas les mêmes coefficients stœchiométriques. Et les valeurs de vitesse sont en lien avec ceux-ci.



$$\begin{aligned} \text{b) } \frac{1}{2} v_{\text{C}_8\text{H}_{18}} &= \frac{1}{16} v_{\text{CO}_2} \\ v_{\text{CO}_2} &= \frac{16}{2} v_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{16}{2} \cdot 6,80 \text{ mol/s} = 54,4 \text{ mol/s} \end{aligned}$$

Réponse : La vitesse de formation du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) est de 54,4 mol/s.

$$\text{c) } v = \frac{1}{2} v_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{1}{25} v_{\text{O}_2} = \frac{1}{16} v_{\text{CO}_2} = \frac{1}{18} v_{\text{H}_2\text{O}}$$

d) 1. Conversion du temps en secondes :

$$\begin{aligned} \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} &= \frac{?}{15 \text{ min}} \\ ? &= \frac{60 \text{ s} \cdot 15 \text{ min}}{1 \text{ min}} = 900 \text{ s} \end{aligned}$$

2. Calcul du nombre de moles de dioxyde de carbone produit en 15 minutes (900 s):

$$\begin{aligned} \frac{54,4 \text{ mol}}{1 \text{ s}} &= \frac{?}{900 \text{ s}} \\ ? &= \frac{54,4 \text{ mol} \cdot 900 \text{ s}}{1 \text{ s}} = 48\,960 \text{ mol} \end{aligned}$$

3. Calcul de la masse de dioxyde de carbone:

$$\begin{aligned} n &= \frac{m}{M} \\ m &= nM = 48\,960 \text{ mol} \cdot 44,009 \text{ g/mol} \\ &= 2,155 \times 10^6 \text{ g} \end{aligned}$$

4. Conversion de la température en kelvins:

$$T = 25^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

5. Calcul du volume de dioxyde de carbone produit:

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{48\,960 \text{ mol} \cdot 8,31 \text{ (kPa}\cdot\text{L)/(mol}\cdot\text{K)} \cdot 298 \text{ K}}{101,2 \text{ kPa}}$$

$$= 1,198 \times 10^6 \text{ L}$$

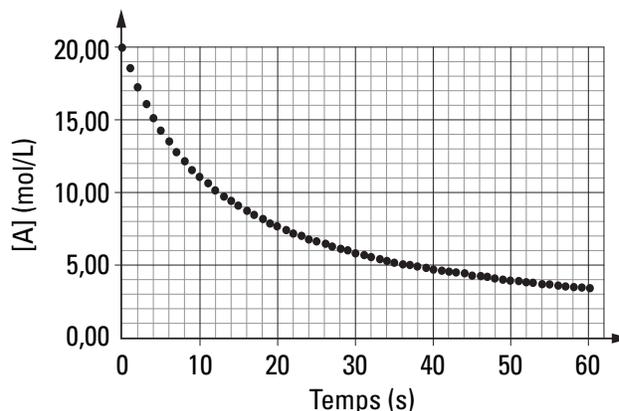
Réponse: La masse de dioxyde de carbone est de  $2,16 \times 10^6 \text{ g}$  et le volume produit est de  $1,20 \times 10^6 \text{ L}$ .

★ 24. On met le tout dans un ballon dans lequel on fixe un manomètre qui nous permettra de mesurer la pression. Comme nous avons 5 moles de produits pour chaque 2 moles de réactifs, nous pourrions suivre l'évolution de la réaction.

★ 25. Note: Dans le tableau de la question 25, la concentration [C] correspondante au temps  $T = 37 \text{ s}$  devrait être de  $14,95 \text{ mol/L}$ .

Comme A et C ont le même coefficient stœchiométrique, le nombre de moles qui apparaît du côté des produits est le même que celui qui disparaît du côté des réactifs. Sachant que la concentration de départ de la substance A était de  $20,00 \text{ mol/L}$ , nous n'avons qu'à soustraire les valeurs de concentration de la substance C

aux  $20,00$  moles de départ de la substance A afin d'obtenir la variation de la concentration de la substance A.



$$b) v_{\bar{x}} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{3,45 \text{ mol/L} - 20,00 \text{ mol/L}}{60 \text{ s} - 0 \text{ s}}$$

$$= 0,2758 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

Réponse: La vitesse moyenne de la réaction est de  $0,28 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$  en fonction de B.

$$c) v_{t=30 \text{ s}} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{3,00 \text{ mol/L} - 7,5 \text{ mol/L}}{48 \text{ s} - 18 \text{ s}}$$

$$= 0,15 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

Réponse: La vitesse instantanée à la moitié de la réaction du graphique de la substance A est de  $0,15 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ .

## Chapitre 9 La théorie des collisions

Manuel, p. 235 à 244

### POUR FAIRE LE POINT

#### Chapitre 9 La théorie des collisions

Manuel, p. 243 et 244

● 1. Une réaction élémentaire est une réaction qui ne peut pas être décomposée en réaction plus simple. Une réaction globale est une addition de réactions élémentaires. La vitesse de la réaction globale sera la même que la vitesse de réaction pour laquelle le niveau d'énergie du complexe activé est le plus élevé. Sa vitesse de réaction sera aussi la plus lente.

● 2. a) L'étape déterminante sera de les présenter de façon uniforme. Les étapes « rassembler » et « agrafer » se feront presque instantanément par rapport à la deuxième étape.

b) Plusieurs réponses sont possibles. Exemples:

- Donner aux élèves un format précis de mise en page des activités.
- Demander aux élèves de les rédiger en format électronique.
- Fournir un formulaire précis pour que chaque activité ait le même format.
- Etc.