

## Plan de travail Chapitre 3 : Les tableaux d'avancement

<http://perramondphysique.e-monsite.com/>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Découvrir</b></p>	<p>Les Ressources :</p> <p>Q1 : <a href="#">Les tableaux d'avancement</a> </p>		
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>S'entraîner</b></p>	<p>Pour s'échauffer : </p> <p>Ex. 1</p> <p>Pour appliquer le cours : </p> <p>Ex. 2 Ex. 3 Ex. 4 Ex. 5 Ex. 6 Ex. 7 Ex. 8 Ex. 9 Ex. 10</p> <p>Quizlet </p> <p>Liens utiles </p> <p>Voir sur le site </p> <p>Il y a beaucoup de jeu, d'exercices interactifs, d'animations à votre disposition.</p>	<p>Pour s'entraîner :</p> <p>Ex. 11 Ex. 12</p> <p>Vers l'oral :</p> <p>N°6 N°7 </p>	<p>Pour se préparer à l'évaluation : </p> <p>Ex. 13</p> <p>TP's :</p> <p>TP 4 : L'avancement d'une réaction TP 5 : Qui est le réactif limitant ? TP 6 : Python</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Auto-évaluer</b></p>	<p>Avant l'évaluation, suis-je capable de : <input checked="" type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrire qualitativement l'évolution des quantités de matière des espèces chimiques lors d'une transformation.</li> <li>○ Établir le tableau d'avancement d'une transformation chimique à partir de l'équation de la réaction et des quantités de matière initiales des espèces chimiques.</li> <li>○ Déterminer la composition du système dans l'état final en fonction de sa composition initiale pour une transformation considérée comme totale.</li> <li>○ Déterminer l'avancement final d'une réaction à partir de la description de l'état final et comparer à l'avancement maximal.</li> <li>○ Capacité numérique : Déterminer la composition de l'état final d'un système siège d'une transformation chimique totale à l'aide d'un langage de programmation.</li> <li>○ Capacité mathématique : Utiliser une équation linéaire du premier degré.</li> <li>○ Déterminer la composition de l'état final d'un système et l'avancement final d'une réaction.</li> </ul>		

## Les bons réflexes :

Si l'énoncé demande de...

Il est nécessaire de...

Identifier le réactif limitant et/ou déterminer la valeur de l'avancement maximal  $x_{\max}$  d'une transformation totale.

### Réflexe 1

- Faire l'hypothèse que l'un des réactifs est limitant et calculer la valeur de  $x_{\max}$  correspondant à cette hypothèse. Procéder de la même façon pour chacun des réactifs.
- Choisir la plus petite valeur parmi celles qui ont été calculées ; c'est la valeur de  $x_{\max}$  pour la transformation étudiée.
- Identifier le réactif limitant, c'est-à-dire le réactif dont la quantité finale est nulle.

→ Ex. 7, p. 58

Déterminer quantitativement l'état final d'un système chimique pour une transformation totale.

### Réflexe 2

- Déterminer, si nécessaire, la valeur de  $x_{\max}$  (Réflexe 1).
- Calculer les quantités de matière dans l'état final à partir de la dernière ligne du tableau d'avancement et de la valeur de  $x_{\max}$ .

→ Ex. 9, p. 59

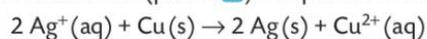
« D'après Hachette 2019 »

Exercices tirés du « Hachette 2019 »

## Pour s'échauffer

### Exercice 1 : Arbre de Diane

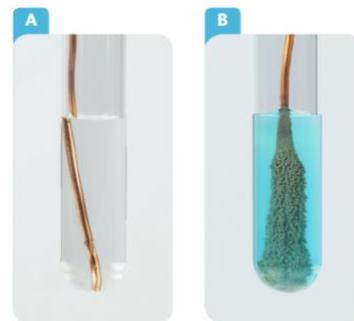
Dans un tube à essai, on verse un volume  $V = 5,0$  mL de solution de nitrate d'argent,  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ , de concentration molaire en ions argent  $C = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On immerge partiellement un fil de cuivre (photo A). La masse de la partie immergée est égale à  $m(\text{Cu}) = 0,52$  g. Le fil de cuivre se recouvre progressivement d'un dépôt gris d'argent métallique, appelé arbre de Diane, et la solution bleuit (photo B). L'équation de la réaction s'écrit :



#### Donnée

- $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

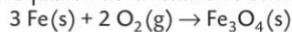
1. Établir le tableau d'avancement de la réaction.
2. Identifier le réactif limitant sachant que la transformation est totale.



## Appliquer le cours

### Exercice 2 : Construire un tableau d'avancement.

À haute température, 6,3 mol de poudre de fer  $\text{Fe}(\text{s})$  réagissent avec 4,6 mol de dioxygène  $\text{O}_2(\text{g})$ . L'équation de la réaction s'écrit :



- Construire le tableau d'avancement associé à cette réaction.



**Attention :** Ne pas faire apparaître les valeurs dans le tableau d'avancement et utiliser les bonnes notations.

### Exercice 3 : Utiliser un tableau d'avancement

1. Recopier puis compléter le tableau d'avancement ci-dessous.

Équation de la réaction		$2 \text{Mg}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{MgO}(\text{s})$		
État du système	Avancement (en mmol)	Quantités de matière (en mmol)		
		$n(\text{Mg})$	$n(\text{O}_2)$	$n(\text{MgO})$
État initial	$x = 0$	10,0	4,0	0
État intermédiaire	$x$			

2. Calculer les quantités de matière des réactifs et des produits pour  $x = 3,2$  mmol.

**Attention :** Ne pas faire apparaître les valeurs dans le tableau d'avancement et utiliser les bonnes notations.

### Exercice 4 : Exploiter la couleur d'un mélange réactionnel

Une solution violette de permanganate de potassium,  $K^+(aq) + MnO_4^-(aq)$ , est versée dans une solution incolore contenant des ions fer (II)  $Fe^{2+}(aq)$ . La transformation est totale. La seule espèce colorée du système est l'ion permanganate,  $MnO_4^-(aq)$ . À l'état final, la solution est incolore.



- Justifier que l'ion  $MnO_4^-(aq)$  est le réactif limitant.
- La quantité finale de l'ion  $MnO_4^-(aq)$ , exprimée en mmol, est  $5,0 \times 10^{-2} - x_{max}$ . Déterminer la valeur de l'avancement maximal  $x_{max}$ .

### Exercice 5 : Déterminer la composition d'un système à l'état final

En présence d'ions iodure  $I^-(aq)$ , les ions plomb (II)  $Pb^{2+}(aq)$ , forment un précipité jaune d'iodure de plomb (II)  $PbI_2(s)$  appelé « pluie d'or ». Le tableau d'avancement de la réaction étudiée, associée à une transformation totale, est donné ci-dessous :



Équation de la réaction		$Pb^{2+}(aq) + 2 I^-(aq) \rightarrow PbI_2(s)$		
État du système	Avancement (en mmol)	Quantités de matière (en mmol)		
		$n(Pb^{2+})$	$n(I^-)$	$n(PbI_2)$
État initial	$x = 0$	5,0	5,0	0
État intermédiaire	$x$	...	...	...
État final	$x = x_f$	...	...	...

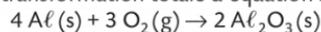
- Reproduire et compléter le tableau d'avancement.
- Déterminer la valeur de l'avancement maximal  $x_{max}$ .
- En déduire la composition du système chimique dans l'état final.

Utiliser le réflexe 2

**Attention :** Ne pas faire apparaître les valeurs dans le tableau d'avancement et utiliser les bonnes notations.

### Exercice 6 : Exploiter la composition d'un système à l'état final

Le métal aluminium  $Al(s)$  réagit avec le dioxygène de l'air  $O_2(g)$  pour former de l'oxyde d'aluminium  $Al_2O_3(s)$  selon une transformation totale d'équation :



Le métal aluminium est le réactif limitant et il s'est formé 80 mmol d'oxyde d'aluminium. On note  $n_0(Al)$  la quantité initiale d'aluminium et  $n_0(O_2)$  la quantité initiale de dioxygène.

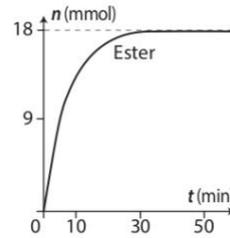
- Construire et compléter le tableau d'avancement associé à la réaction.
- Exploiter la composition du système dans l'état final pour déterminer la quantité initiale d'aluminium  $n_0(Al)$ .

## Exercice 7 : Comparer l'avancement final et maximal

Le méthanol  $\text{CH}_3\text{O}$  réagit avec l'acide méthanoïque  $\text{CH}_2\text{O}_2$  pour former un ester, le méthanoate de méthyle  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  et de l'eau  $\text{H}_2\text{O}$ . On suppose que cette transformation est totale. Le tableau d'avancement de la réaction étudiée est alors :

Équation de la réaction		$\text{CH}_3\text{O} + \text{CH}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$			
État du système	Avancement (en mmol)	Quantités de matière (en mmol)			
		$n(\text{CH}_3\text{O})$	$n(\text{CH}_2\text{O}_2)$	$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$
État initial	$x = 0$	27	27	0	0
État intermédiaire	$x$	$27 - x$	$27 - x$	$x$	$x$
État final	$x = x_f$	$27 - x_f$	$27 - x_f$	$x_f$	$x_f$

Le graphique ci-après donne l'évolution de la quantité d'ester formé au cours du temps.



1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final  $x_f$ . Justifier.
2. Calculer la valeur de l'avancement maximal  $x_{\max}$  en s'aidant du tableau d'avancement.
3. Comparer  $x_f$  et  $x_{\max}$  ; commenter la phrase en italique de l'énoncé.

## Exercice 8 : Mélange stœchiométrique

Les quantités finales d'une transformation totale, exprimées en mmol, sont telles que :

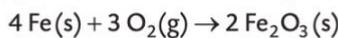
$$n_A = 12,0 - 4x_{\max} \text{ pour le réactif A ;}$$

$$n_B = 9,0 - 3x_{\max} \text{ pour le réactif B.}$$

- Montrer que le mélange initial est stœchiométrique.

## Exercice 9 : relation de stœchiométrie

L'hématite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (s) est obtenue par combustion du fer dans le dioxygène selon la réaction d'équation :



- Parmi les relations suivantes, identifier celles qui correspondent à un mélange initial stœchiométrique.

$$1. \frac{n_0(\text{Fe})}{3} = \frac{n_0(\text{O}_2)}{4} \quad 2. \frac{n_0(\text{Fe})}{4} = \frac{n_0(\text{O}_2)}{3}$$

$$3. n_0(\text{Fe}) = n_0(\text{O}_2) \quad 4. 3n_0(\text{Fe}) = 4n_0(\text{O}_2)$$

Justifier votre réponse à l'aide d'un tableau d'avancement.

## Exercice 10 : Identifier des mélanges stœchiométriques

Le dihydrogène  $\text{H}_2$ (g) peut réagir avec le dioxygène  $\text{O}_2$ (g) pour former de la vapeur d'eau  $\text{H}_2\text{O}$ (g) selon la réaction d'équation :  $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

1. Écrire la relation entre les quantités initiales des réactifs notées  $n_0(\text{H}_2)$  et  $n_0(\text{O}_2)$  pour qu'elles soient dans les proportions stœchiométriques.

2. Parmi les mélanges suivants, lesquels vérifient les proportions stœchiométriques ?

a. 4 moles de  $\text{H}_2$  et 2 moles de  $\text{O}_2$ .

b. 4 moles de  $\text{H}_2$  et 4 moles de  $\text{O}_2$ .

## S'entraîner

### Exercice 11 : Combustion complète du propane

Un brûleur à propane,  $C_3H_8(g)$ , permet de chauffer l'air contenu dans l'enveloppe d'une montgolfière.

La combustion du propane avec le dioxygène  $O_2(g)$  de l'air forme du dioxyde de carbone  $CO_2(g)$  et de l'eau  $H_2O(g)$ . Cette transformation est totale. On réalise la combustion de 528 g de propane avec 1 440 L de dioxygène.



#### Données

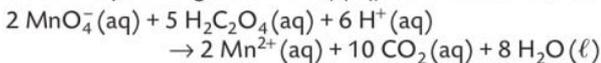
- Volume molaire des gaz  $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- Masse molaire du propane :  $M(\text{propane}) = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

#### Énoncé compact

- Le mélange initial est-il stœchiométrique ?

### Exercice 12 : Suivre d'une réaction lente

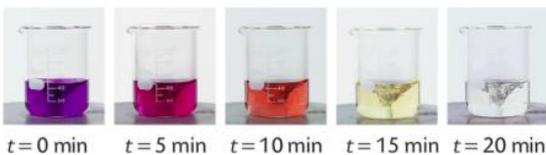
L'équation de la réaction entre l'acide oxalique  $H_2C_2O_4(aq)$  et les ions permanganate  $MnO_4^-(aq)$ , en milieu acide, est :



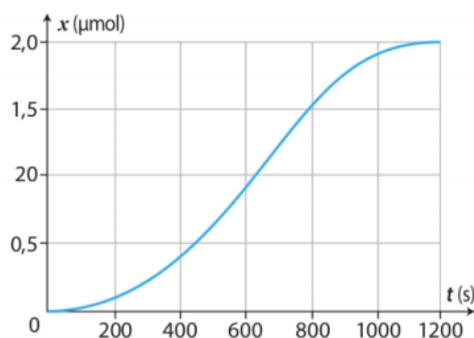
Les solutions aqueuses contenant l'ion permanganate  $MnO_4^-(aq)$  sont violettes. C'est la seule espèce colorée du système.

#### A Évolution du système chimique étudié

On mélange un volume  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution acidifiée de permanganate de potassium de concentration  $C_1 = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  et un volume  $V_2 = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution d'acide oxalique de concentration  $C_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Les photos montrent l'évolution du système au cours du temps.



#### B Évolution de l'avancement au cours du temps



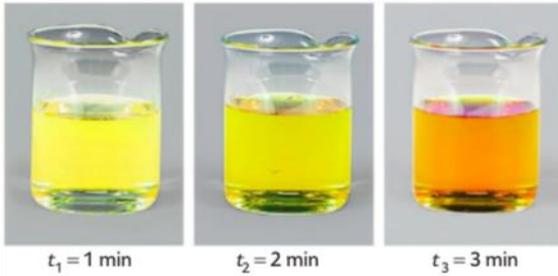
1. Justifier l'évolution de la couleur du mélange réactionnel au cours du temps.
2. Calculer les quantités initiales  $n_1$  d'ions permanganate et  $n_2$  d'acide oxalique.
3. Construire le tableau d'avancement de la réaction. L'eau et les ions  $H^+$  étant en large excès par rapport aux autres espèces, noter « excès » dans leurs colonnes respectives.

4. Calculer l'avancement maximal  $x_{\max}$  de la réaction en supposant que la transformation est totale.
5. Déterminer graphiquement l'avancement final  $x_f$ .
6. La transformation étudiée est-elle totale ? Justifier.

## Pour se préparer à l'évaluation

### Exercice 13 : Étude d'une réaction d'oxydoréduction par spectrophotométrie

- On étudie la réaction entre les ions iodure  $I^-$  (aq) et le peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  (aq) en milieu acide :  
$$H_2O_2(aq) + 2 I^-(aq) + 2 H^+(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2 H_2O(l)$$
  
Le diiode  $I_2$  (aq) est la seule espèce colorée (en jaune-orangé) du système chimique étudié.

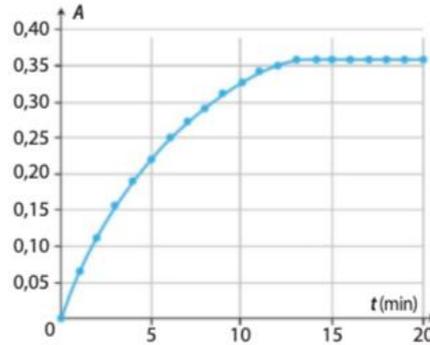


- À une date  $t = 0$ , on mélange, dans un bécher, un volume  $V_1 = 50$  mL d'une solution de concentration  $C_1 = 9,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en peroxyde d'hydrogène et un volume  $V_2 = 25$  mL d'une solution acidifiée de concentration  $C_2 = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en iodure de potassium. On verse alors rapidement un faible volume (négligeable devant  $V_1$  et  $V_2$ ) de ce mélange réactionnel dans une cuve qu'on introduit dans le spectrophotomètre.
- Décrire et interpréter les photographies ci-dessus.
  - Calculer les quantités initiales  $n_1$  et  $n_2$  respectivement de peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  (aq) et d'ions iodure  $I^-$  (aq).

3. Établir et compléter le tableau d'avancement avec les grandeurs  $n_1, n_2, x$  et  $x_f$  sachant que les ions  $H^+$  et l'eau  $H_2O$  (g) sont en large excès devant les autres espèces chimiques.

4. En supposant que la transformation est totale, montrer que la valeur de l'avancement maximal est  $x_{\text{max}} = 0,45$  mmol et identifier le réactif limitant. **Utiliser le réflexe 1**

- Le suivi de la transformation se fait par spectrophotométrie. Le graphique ci-dessous montre l'évolution de l'absorbance du mélange réactionnel au cours du temps  $A = f(t)$ .



- Déterminer la valeur de l'absorbance finale  $A_f$ .
- Calculer la valeur de la concentration finale en diiode  $C_f(I_2)$  sachant que  $A = 60 \times C(I_2)$  avec  $C(I_2)$  en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- En déduire la valeur de l'avancement final de la réaction  $x_f$ .