

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

Fabrication d'un explosif

✔ Objectifs	👤 Classe
<input type="checkbox"/> Évolution des quantités de matière lors d'une transformation. État initial, notion d'avancement (mol), tableau d'avancement, état final. <input type="checkbox"/> Déterminer la composition de l'état final d'un système et l'avancement final d'une réaction. <input type="checkbox"/> 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.	1 ^{ère} Spé
	🕒 Durée
	2 h

✂ Sur la paillasse

- Éprouvette graduée et erlenmeyer de 100 mL;
- Pipette jaugée de 10 mL avec sa propipette;
- Un bécher de 50 mL;
- Deux supports universels avec pinces et un support élévateur;
- Tube à dégagement (ou tuyau flexible à défaut);
- Cristallisoir;
- Balance de précision;
- Pique à brochette en bois et allumette;
- Ruban de magnésium de masse linéique inconnue;
- 25 mL de solution à $1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'acide chlorhydrique ($\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$);
- Tube à essai avec bouchon et support.

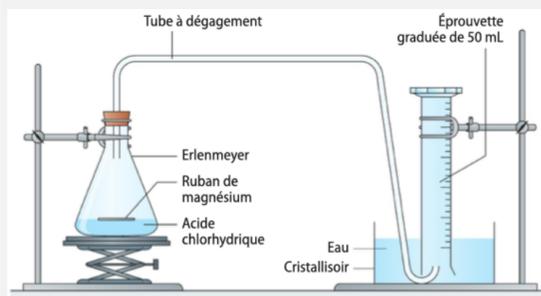
Le dihydrogène $\text{H}_2(\text{g})$ est un gaz extrêmement inflammable, il était utilisé dans les ballons dirigeables qui ont disparu de la circulation suite à de nombreux incendies accidentels. Cependant, il fait aujourd'hui un retour en force car il pourrait remplacer l'essence dans les moteurs de nos voitures. En effet c'est un combustible plus propre puisque sa combustion ne dégage que de l'eau ! Nous allons étudier ici une transformation chimique permettant de produire ce gaz explosif¹ !

📄 Document 1: Données

- Couples oxydant/réducteur: $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Mg}(\text{s})$ et $\text{H}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_2(\text{g})$;
- Volume molaire des gaz : $V_m = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse molaire du magnésium: $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$



Protocole expérimental



1. Mettre en place le dispositif schématisé ci-dessus (sans les réactifs) et **appeler le professeur pour vérifier**;
2. À l'aide d'une pipette jaugée, prélever $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique à la concentration $C_0 = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et les placer dans l'erlenmeyer.

3. Prélever un morceau de ruban de magnésium de longueur $L = 2,5 \text{ cm}$ mesurée au millimètre près. Le peser à l'aide de la balance la plus précise du laboratoire.
4. Faire tomber le ruban de magnésium dans la solution et boucher immédiatement le tube à essais : la réaction démarre instantanément.

¹TP basé en partie sur le travail de M. Briant.

5. Attendre que la réaction soit terminée et mesurer le volume de gaz dégagé dans l'éprouvette.
6. En attendant que la réaction se termine, mesurer de nouveau une longueur 0,5cm de magnésium. Verser dans un tube à essai un peu d'acide chlorhydrique et boucher avec le pouce. Déboucher et approcher rapidement une allumette enflammée. Si rien ne se passe, laisser tomber l'allumette enflammée dans le tube à essai. Observer.

Problème: le fabricant du magnésium ne nous indique pas la masse linéique du ruban. Pour pouvoir produire précisément la quantité de dihydrogène, il faut connaître l'état initial des réactifs et donc la masse de magnésium. Comment la déterminer ?

1. Votre mission: produisez le dihydrogène en suivant les étapes du protocole ci-dessus. Vous effectuerez les mesures et observations nécessaires afin de déterminer l'état final du système. Vous consignerez vos résultats dans le tableau suivant (à remplir EN DERNIER):

Transformation	
État initial	État final
$n_i(\text{Mg}_{(s)}) = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $n_i(\text{H}^+_{(aq)}) = 10 \times 10^{-3} \text{ mol}$	$n_f(\text{Mg}_{(s)}) = 0 \text{ mol}$ $n_f(\text{H}^+_{(aq)}) = 10 \times 10^{-3} \text{ mol} - 2 \times 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol} = 5,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $n_f(\text{Mg}^{2+}_{(aq)}) = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $n_f(\text{H}_{2(g)}) = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol}$

2. La masse de magnésium pesée est-elle précise ? Peut-on donc s'y fier ?

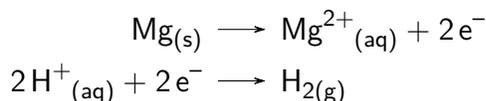
Solution: La masse de magnésium est très faible (de l'ordre de grandeur de la dernière décimale de la balance), on ne peut donc pas s'y fier.

3. Avec le test de l'allumette (ici effectué avec un pique en bois), quel gaz met-on en évidence ?

Solution: On entend une détonation, appelée crie du chien, typique de la combustion du dihydrogène $\text{H}_{2(g)}$.

4. Écrire l'équation-bilan de la réaction entre le magnésium $\text{Mg}_{(s)}$ et les ions $\text{H}^+_{(aq)}$:

Solution: On écrit les demi-équations:



On effectue la somme des deux demi-équations:



5. Au cours de la transformation le magnésium a été (entourer la bonne réponse): réduit / oxydé .
6. Peut-on conclure, à l'aide des observations, si la transformation est totale ou non ?

Solution: La bande de magnésium a disparu complètement donc la réaction est totale.

7. Détaillez le calcul de la quantité initiale d'ions $\text{H}^+_{(aq)}$ introduits dans l'erlenmeyer.

Solution: $n(\text{H}^+_{(aq)}) = C_0 \times V_0 = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10,0 \text{ mL} = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10,0 \times 10^{-3} \text{ L} = 10 \times 10^{-3} \text{ mol} = 10 \text{ mmol}$

8. Créer le tableau d'avancement de la réaction et compléter les lignes « État initial » et « État intermédiaire ».

Solution:

Équation de la réaction		$\text{Mg}_{(s)}$	$+ 2\text{H}^+_{(aq)}$	$\longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)}$	$+ \text{H}_{2(g)}$
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
		$n(\text{Mg}_{(s)})$	$n(\text{H}^+_{(aq)})$	$n(\text{Mg}^{2+}_{(aq)})$	$n(\text{H}_{2(g)})$
État initial	$x = 0$	$n_i(\text{Mg}_{(s)})$	$n_i(\text{H}^+_{(aq)})$	0	0
État intermédiaire	x	$n_i(\text{Mg}_{(s)}) - x$	$n_i(\text{H}^+_{(aq)}) - 2x$	x	x
État final	$x_f = x_{max}$	$n_i(\text{Mg}_{(s)}) - x_{max}$	$n_i(\text{H}^+_{(aq)}) - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}

9. Déterminez théoriquement l'avancement maximal x_{max} puis complétez la ligne « État final » du tableau ci-dessus.

Solution: Le magnésium est le réactif limitant (car il disparaît complètement) donc $n_i(\text{Mg}_{(s)}) - x_{max} = 0$ et $x_{max} = n_i(\text{Mg}_{(s)})$.

10. Détaillez le calcul de la quantité finale de gaz $\text{H}_{2(g)}$ dégagé et en déduire la valeur de l'avancement final x_f .

$$\text{Solution: } n(\text{H}_{2(\text{g})}) = \frac{V}{V_m} = \frac{53,0 \times 10^{-3} \text{ L}}{25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ donc } x_{\text{max}} = n_f(\text{H}_{2(\text{g})}) = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

11. En déduire la quantité de matière de magnésium introduite, puis sa masse.

$$\text{Solution: } x_{\text{max}} = n_i(\text{Mg}_{(\text{s})}) = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Or, } m = n \times M = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 24,31 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5,2 \times 10^{-2} \text{ g}$$

12. En déduire la masse linéique du ruban de magnésium.

Solution: La masse linéique est définie comme $\mu = \frac{m}{\ell}$ où m est la masse du ruban et ℓ sa longueur.

$$\text{On a donc } \mu = \frac{m}{\ell} = \frac{5,2 \times 10^{-2} \text{ g}}{2,5 \text{ cm}} = 2,1 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1}.$$

13. Le programme Python ci-dessous modélise la transformation étudiée et permet d'en déterminer l'avancement maximal selon les quantités initiales de réactifs introduits. Exécutez ce programme dans *capytale* (lien ci-contre) et observez le résultat dans l'interpréteur Python.



<https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/af94-6911081>

```

1 #Listes des réactifs et produits, et de leurs nombres stoechiométriques
2 #pour une réaction du type aA+bB->cC+dD
3 noms = ["Mg", "H+", "Mg2+", "H2"]
4 coef=[1,2,1,1]
5
6 #Quantités initiales de réactifs et produits :
7 print(f"On cherche l'état final du système suivant la réaction \
8 {coef[0]} {noms[0]} + {coef[1]} {noms[1]} -> {coef[2]} {noms[2]} + {coef[3]} {noms[3]}")
9 n_A0 = float(input(f"Entrez la quantité initiale de {noms[0]} (en moles):"))
10 n_B0 =
11 n_C0 = 0
12 n_D0 = 0
13
14 #Calcul de l'avancement maximal
15 x_max = min(n_A0/coef[0], n_B0/coef[1])
16
17 #Calcul des quantités finales de réactifs et de produits
18 n_Af = n_A0 - coef[0] * x_max
19 n_Bf = n_B0 - coef[1] * x_max
20 n_Cf = coef[2] * x_max
21 n_Df = coef[3] * x_max
22
23 print(f"l'avancement maximal vaut : {round(x_max, 3)} mol")

```

Listing 1: Code python permettant le calcul de l'avancement

(a) Indiquez le numéro de ligne où l'on déclare la quantité initiale de magnésium $\text{Mg}_{(\text{s})}$ introduits.

Solution: Il s'agit de la ligne 9.

- (b) Modifiez la ligne 10 du programme afin de pouvoir rentrer la quantité de matière initiale d'ions $H^+_{(aq)}$. Calculer l'avancement maximal dans les conditions de la transformation étudiée. Retrouvez-vous la valeur calculée à la question 10) ?

Solution:

```
1 n_B0 = float(input(f"Entrez la quantité initiale de {noms[1]} (en moles): "))
```

Listing 2: Code python permettant de donner la quantité de matière initiale d'ions $H^+_{(aq)}$.

On retrouve bien la valeur calculée en question 10.

- (c) Expliquez l'instruction de la ligne 15.

Solution: La ligne 15 permet de choisir l'avancement maximal comme étant celui de plus petite valeur en fonction de l'hypothèse du réactif limitant.

- (d) Quel élément de la liste « noms » est indiqué par noms[2] ?

Solution: Il s'agit du troisième élément puisque les liste commencent à 0, soit Mg^{2+} .

- (e) Modifier la fin du programme pour afficher le nom du réactif limitant.

Solution:

```
1 print(f" Il reste {round(n_Af,3)} moles de {noms[0]} ")
```

Listing 3: Code python permettant d'afficher le nom du réactif limitant.

- (f) Modifier la fin du programme pour afficher les quantités de produits formés. Vérifier que les valeurs calculées à la main sont cohérentes avec celles données par le programme.