

COMPÉTENCES ATTENDUES

- Identifier le réactif limitant, décrire quantitativement l'état final d'un système chimique.
- 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.

I. DÉCOUVERTE DE LA NOTION D'AVANCEMENT, ANALOGIE AVEC DES SANDWICHS

La boulangerie française de Valparaiso propose à la vente un sandwich typique français : le fameux « jambon - beurre ». Comme son nom l'indique, il est composé de jambon entre deux tranches de pain dont l'une est beurrée. Afin d'améliorer la gestion du stock d'ingrédients, le fils chimiste du boulanger observe la préparation des sandwiches pendant une journée.

Avec 1 baguette de pain (**Ba**), 2 tranches de jambon (**Ja**) et 3 portions de beurre (**Be**), il prépare 3 sandwiches (**Sw**). Ces ingrédients sont considérés comme des **réactifs chimiques** qui sont consommés au fur et à mesure de la journée. Les sandwiches sont considérés comme des **produits chimiques** qui sont fabriqués tout au long de la journée.

Tant que le boulanger a suffisamment d'ingrédients, il réalise la recette de préparation que l'on peut symboliser par l'écriture suivante :



La quantité de sandwiches fabriqués dans la journée dépend de :

- ☞ la recette (= équation chimique),
- ☞ la quantité de chaque ingrédient (baguette, jambon, beurre) que possède le boulanger (= quantité initiale de réactifs).

**Stock des ingrédients à l'ouverture de la boulangerie = ÉTAT INITIAL DE LA RÉACTION CHIMIQUE**

Le boulanger possède 40 baguettes (**Ba**), 70 tranches de jambon (**Ja**) et 120 portions de beurre (**Be**). Il n'a encore fabriqué aucun sandwich (**Sw**) (= la réaction chimique n'a pas encore commencé).

1. Compléter **UNIQUEMENT LA LIGNE 1** du tableau ci-après.

**À 10h du matin à la boulangerie = ÉTAT INTERMÉDIAIRE DE LA RÉACTION CHIMIQUE**

Le boulanger a préparé 3 sandwiches. Il a réalisé **une fois** la recette de préparation. L'avancement **x** est égal à **1**.

2. Compléter **UNIQUEMENT LA LIGNE 2** du tableau, en indiquant les quantités de baguette, de jambon et de beurre qui lui restent en stock.

**À 11h15 du matin à la boulangerie = AUTRE ÉTAT INTERMÉDIAIRE DE LA RÉACTION CHIMIQUE**

Le boulanger exécute **une deuxième fois** la recette de préparation, fabriquant ainsi 3 sandwiches de plus. L'avancement **x** est alors égal à **2**.

3. Compléter **UNIQUEMENT LA LIGNE 3** du tableau en indiquant la quantité des ingrédients qui lui restent en stock et le nombre de sandwiches fabriqués.

**À une certaine heure à la boulangerie = D'AUTRES ÉTATS INTERMÉDIAIRES DE LA RÉACTION CHIMIQUE**

Il s'agit maintenant de généraliser, afin de ne pas remplir une ligne à chaque fois que la recette est réalisée. Pour les tranches de jambon, par exemple, à chaque fois que la recette est réalisée une fois, ce sont deux tranches qui sont consommées. Si la recette est réalisée **x** fois, ce seront **2x** tranches qui seront consommées. Au début, il y avait 70 tranches de jambon. Lorsque la recette aura été réalisée **x** fois, il restera **70 - 2x** tranches.

4. Compléter **UNIQUEMENT LA LIGNE 4** du tableau en indiquant la quantité des ingrédients qui lui restent en stock et le nombre de sandwiches fabriqués.

Faire valider cette ligne par le professeur avant de continuer.

Équation traduisant l'évolution du système			1 Ba	+	2 Ja	+	3 Be	→	3 Sw
	État du système	Avancement	QUANTITÉS DE MATIÈRE						
1	ÉTAT INITIAL : matin	$x = 0$							
2	à 10h	$x = 1$							3
3	à 11h15	$x = \dots$							
4	À UNE CERTAINE HEURE	x			$70 - 2x$				
5	ÉTAT FINAL : un ingrédient est totalement consommé	$x_{max} = \dots\dots\dots$							



Fin de la préparation de sandwiches = ÉTAT FINAL DE LA RÉACTION CHIMIQUE

Le boulanger se demande quel ingrédient viendra à manquer en premier, stoppant ainsi la fabrication de sandwiches. Il dit à son fils « j'ai beaucoup plus de tranches de jambon et de beurre que de baguettes, donc je vais sûrement manquer de baguettes ». Son fils a une approche plus scientifique.

Posons trois hypothèses, soit le boulanger manquera de baguettes, soit de jambon ou soit de beurre.

Déterminons le nombre de fois que la recette de préparation est réalisable avec chaque ingrédient, on l'appellera l'avancement maximal x_{max} pour chaque ingrédient.

Lorsque cet avancement maximal est atteint, il manque d'un ingrédient et donc la fabrication de sandwiches est stoppée.

☞ Pour les baguettes : il n'y a plus de baguettes lorsque $x = x_{max}(Ba)$. Soit lorsque $40 - x_{max} = 0$.

5.1. En déduire la valeur de $x_{max}(Ba)$.

☞ Pour le jambon :

5.2. Déterminer combien de fois on peut réaliser la recette avec 70 tranches de jambon (= déterminer $x_{max}(Ja)$ du jambon).

☞ Pour le beurre :

5.3. Déterminer $x_{max}(Be)$ du beurre.

5.4. Compléter : « La quantité initiale de baguettes permettrait de réaliser fois la recette. La quantité initiale de jambon permettrait de réaliser fois la recette. La quantité initiale de beurre permettrait de réaliser fois la recette. »

5.5. Quel est l'ingrédient qui viendra à manquer en premier ? En déduire la valeur de l'avancement maximal x_{max} qu'il faut retenir pour cette recette de préparation.

5.6. Compléter la ligne 5 du tableau en indiquant la quantité des ingrédients qui restent en fin de préparation (= quantité de matière de réactifs restants) et le nombre de sandwiches fabriqués au cours de la journée (= quantité de matière de produits formés). Faire une phrase indiquant les quantités de chacun des ingrédients restants, et la quantité de sandwiches produite.

5.7. Quel est le réactif limitant ? Quels étaient les réactifs en excès ?

II. APPLICATION À UNE RÉACTION CHIMIQUE ET IDENTIFICATION DU RÉACTIF LIMITANT

Nous allons étudier la réaction chimique qui a lieu en solution aqueuse entre les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ et les molécules de diiode I_2 . Seules les molécules de diiode sont colorées.

a. ÉQUATION DE LA RÉACTION :

→ Dans un tube à essais, verser quelques gouttes de la solution aqueuse de diiode $I_2(aq)$.

→ Ajouter 2 mL de la solution de thiosulfate de sodium ($2 Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq)$).

6. Pourquoi peut-on affirmer qu'une réaction chimique a eu lieu ?

7. Compléter l'équation chimique de cette réaction : $S_2O_3^{2-}(aq)$ + $I_2(aq)$ \longrightarrow $S_4O_6^{2-}(aq)$ + $I^-(aq)$
 8. Les ions sodium n'apparaissent pas dans l'équation car ce sont des ions spectateurs. Expliquer cet adjectif.

b. ÉVOLUTIONS DE DEUX SYSTÈMES CHIMIQUES :

On dispose d'une solution aqueuse de diiode de concentration molaire $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et d'une solution aqueuse de thiosulfate de sodium de concentration molaire $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

➤ **Cas a :** on mélange $n_1 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ de I_2 et $n_2 = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ de $S_2O_3^{2-}$.

9. Compléter les phrases ci-après puis le tableau d'avancement.

Si I_2 est réactif limitant alors $1,5 \cdot 10^{-4} - x_{\max} = \dots\dots\dots$ alors $x_{\max} = \dots\dots\dots \text{ mol}$

Si $S_2O_3^{2-}$ est réactif limitant alors $2,0 \cdot 10^{-4} - 2x_{\max} = \dots\dots\dots$ alors $x_{\max} = \dots\dots\dots \text{ mol}$

Le réactif limitant est car il conduit à la valeur la plus faible de l'avancement maximal.

Équation de la réaction	 $I_2(aq)$ + $S_2O_3^{2-}(aq)$ \longrightarrow $S_4O_6^{2-}(aq)$ + $I^-(aq)$			
État du système	Avancement (en mol)	QUANTITÉS DE MATIÈRE (en mol)			
État initial	$x = 0$	$n_1 = 1,5 \cdot 10^{-4}$	$n_2 = 2,0 \cdot 10^{-4}$		
En cours	x				
État final	$x_{\max} = \dots\dots\dots$				

10. Prévoir la couleur du mélange dans l'état final. Justifier.

11. Calculer les volumes V_1 et V_2 des solutions à mélanger afin de reproduire l'état initial figurant dans le tableau d'avancement précédent.

➔ Dans un bécher de 100 mL, réaliser le mélange du cas a.

12. Votre prévision est-elle vérifiée expérimentalement ?

➤ **Cas b :** on mélange $V'_1 = 5,0 \text{ mL}$ de I_2 et $V'_2 = 20,0 \text{ mL}$ de $S_2O_3^{2-}$.

➔ Dans un bécher de 100 mL, mélanger $V'_1 = 5,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de diiode et $V'_2 = 20,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de thiosulfate de sodium.

13. À partir de vos observations, indiquer quelle espèce chimique est totalement consommée.

14. Compléter le tableau d'avancement ci-après. Les calculs des quantités de matière initiales et de l'avancement maximal seront indiqués sur la copie.

Équation de la réaction	 $I_2(aq)$ + $S_2O_3^{2-}(aq)$ \longrightarrow $S_4O_6^{2-}(aq)$ + $I^-(aq)$			
État du système	Avancement (en mol)	QUANTITÉS DE MATIÈRE (en mol)			
État initial	$x = 0$	$n'_1 =$	$n'_2 =$		
En cours	x				
État final	$x_{\max} = \dots\dots\dots$				

15. L'observation expérimentalement est-elle confirmée par les calculs ?

16. Quelle expérience simple permettrait de prouver qu'il reste des ions $S_2O_3^{2-}$? Après discussion avec le professeur, réaliser cette expérience.