


Noms :		Prénoms :	Classe :
Première Spécialité TP	Thème : Constitution et transformation de la matière Chapitre 8 : Le tableau d'avancement		
	Avancement d'une réaction chimique		

I Découverte de la notion d'avancement, analogie avec des sandwiches

Une boulangerie de Valenciennes propose à la vente des sandwiches.

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**) et 2 tranches de jambon (**Ja**), 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 et jambon) que possède le boulanger (= quantité initiale de réactifs).

✚ Stock des ingrédients à l'ouverture = ÉTAT INITIAL DE LA RÉACTION CHIMIQUE

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

1) Compléter **UNIQUEMENT LA LIGNE 1** du tableau de la page suivante.

✚ 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 et de jambon qui lui restent en stock.

✚ À 11h15 du matin = 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 = 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, en fonction de x .

Equation traduisant l'évolution du système			1 Ba	+	2 Ja	→	3 Sw
N° de ligne	Etat du système	Avancement	Quantités de matière				
1	Etat initial : matin	$x = 0$					
2	A 10 h	$x = 1$					3
3	A 11 h 15	$x = \dots$					
4	A une certaine heure	x				$70 - 2x$	
5	Etat final : un des ingrédients a totalement disparu	$x_{\max} = \dots\dots$					

5) 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 que de baguettes, donc je vais sûrement manquer de baguettes ».

Son fils a une approche plus scientifique. Il lui dit : « Posons deux hypothèses, soit tu manqueras de baguettes, soit de jambon. 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. ».

a) Pour les **baguettes** : Il n'y a plus de baguettes lorsque $x = x_{\max}(\text{Ba})$, c'est-à-dire quand $40 - x_{\max}(\text{Ba}) = 0$. On en déduit : $x_{\max}(\text{Ba}) = \dots\dots\dots$

b) Pour le **jambon** : Déterminer combien de fois on peut réaliser la recette avec 70 tranches de jambon. (= déterminer $x_{\max}(\text{Ja})$ du jambon).

.....

c) Compléter les phrases suivantes :

« La quantité initiale de baguettes permettrait de réaliser fois la recette. La quantité initiale de jambon permettrait de réaliser fois la recette. ».

d) 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. Noter x_{\max} sur la ligne 5.

.....

6) Calculer 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). Terminer de compléter la ligne 5.

.....

L'ingrédient qui manque sera appelé **réactif limitant de la réaction**.
 L'ingrédient encore présent en fin de réaction sera appelé **réactif en excès**.

7) *Quel est le réactif limitant ? le réactif en excès ?*

.....
.....

II Application à une réaction chimique

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**, cela permet d'identifier leur présence.

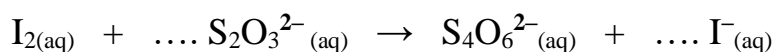
A) Equation de la réaction

- Dans un tube à essais, verser sur environ 1 cm la solution aqueuse de diiode $I_{2(aq)}$ (pas de pipette !).
- Avec la pipette Pasteur, ajouter 5 mL de la solution de thiosulfate de sodium ($2 Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)}$).

8) *Pourquoi peut-on affirmer qu'une réaction chimique a eu lieu ?*

.....
.....

9) *Compléter les pointillés pour équilibrer l'équation de cette réaction chimique :*



- Vider le contenu du tube dans le bidon de récupération au couvercle **jaune**.

Afin de décrire l'évolution d'un système chimique subissant une transformation chimique, on utilise un outil : **l'avancement** de la transformation.

L'avancement est un nombre, noté x qui s'exprime en mole. Il permet de déterminer les quantités de matière de réactifs transformés et les quantités de matière de produits formés.

L'avancement varie au cours de l'évolution du système chimique. Il vaut zéro pour l'état initial et atteint sa valeur maximale x_{max} pour l'état final, dans lequel un réactif (le réactif limitant) vient à manquer.

B) Evolution 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 n°1 : 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 $S_2O_3^{2-}$

10) *Équilibrer l'équation de réaction du tableau d'avancement de la page suivante.*

11) *En prenant exemple sur le tableau d'avancement précédent, compléter la ligne « en cours » du tableau de la page suivante en exprimant les quantités de matière des réactifs et des produits, en fonction de x .*

12) *Remplir la dernière ligne « état final » en recopiant la ligne au-dessus et en remplaçant x par x_{max} .*

Le réactif limitant est celui qui s'épuise en premier et stoppe ainsi la réaction chimique. A l'état final, quand l'avancement est maximal, la **quantité de matière du réactif limitant est donc égale à 0**.

Equation de la réaction		$I_{2(aq)} + S_2O_3^{2-(aq)} \rightarrow S_4O_6^{2-(aq)} + I^-_{(aq)}$			
Etat du système	Avancement (en mol)	Quantité de matière (en mol)			
Etat initial	$x = 0$	$n_1 = 1,5 \cdot 10^{-4}$	$n_2 = 2,0 \cdot 10^{-4}$	0	0
En cours	x				
Etat final	x_{max}				

Pour calculer l'avancement maximal, on fait autant d'hypothèses de réactif limitant qu'il y a de réactifs.

Il faut toujours respecter le modèle suivant pour calculer l'avancement maximal.

<p>✓ 1^{ère} hypothèse : Si I_2 est réactif limitant alors $1,5 \cdot 10^{-4} - x_{max,1} = 0$. On en déduit : $x_{max,1} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ mol. (Ne pas oublier l'unité !)</p> <p>✓ 2^{ème} hypothèse : Si $S_2O_3^{2-}$ est réactif limitant alors $2,0 \cdot 10^{-4} - 2 x_{max,2} = 0$. On en déduit : $x_{max,2} = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,0 \cdot 10^{-4}$ mol.</p> <p>Le réactif limitant est donc $S_2O_3^{2-}$ car il conduit à l'avancement maximal le plus faible. L'avancement maximal est donc</p> <p style="text-align: center;">$x_{max} = 1,0 \cdot 10^{-4}$ mol</p>	Calcul de x_{max}
--	---------------------------------------

13) Connaissant maintenant la valeur de x_{max} , calculer les quantités de matières des réactifs et des produits **dans l'état final**. Pour cela, remplacer x_{max} dans les équations de l'état final.

- ❖ Quantité de matière de I_2 : $n(I_2) = \dots\dots\dots$
- ❖ Quantité de matière de $S_2O_3^{2-}$: $n(S_2O_3^{2-}) = \dots\dots\dots$
- ❖ Quantité de matière de $S_4O_6^{2-}$: $n(S_4O_6^{2-}) = \dots\dots\dots$
- ❖ Quantité de matière de I^- : $n(I^-) = \dots\dots\dots$

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

.....

.....

15) 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. Rappel : pour des solutions : $n = c \times V$

.....

.....

- Dans un bécher de 100 mL, réaliser le mélange du cas 1. Utiliser une éprouvette **en verre** pour la solution de diiode. Observer la couleur de la solution à l'état final.

16) Votre prévision est-elle vérifiée expérimentalement ?

.....

- Vider le contenu du bécher dans le bidon de récupération au couvercle **jaune**.

Cas n°2 : on mélange $V_1 = 5,0$ mL de I_2 et $V_2 = 20,0$ mL de $S_2O_3^{2-}$

- Dans un bécher de 100 mL, mélanger $V_1 = 5,0$ mL de solution aqueuse de diiode et $V_2 = 20,0$ mL de solution aqueuse de thiosulfate de sodium.

17) Qu'observe-t-on ? En déduire quelle espèce chimique est totalement consommée.

.....

18) Calculer les quantités de matière initiales des réactifs. Elles doivent être notées : $n_i(I_2)$ et $n_i(S_2O_3^{2-})$.

.....

19) Compléter le tableau d'avancement ci-dessous sur le modèle précédent.

Equation de la réaction		$I_{2(aq)} + S_2O_3^{2-(aq)} \rightarrow S_4O_6^{2-(aq)} + I^-_{(aq)}$			
Etat du système	Avancement (en mol)	Quantité de matière (en mol)			
Etat initial	$x = 0$	$n'_1 = \dots\dots\dots$	$n'_2 = \dots\dots\dots$	0	0
En cours	x				
Etat final	x_{max}				

20) Calculer l'avancement maximal en respectant le modèle précédent :

- ✓ 1^{ère} hypothèse :
 On en déduit :
- ✓ 2^{ème} hypothèse :
 On en déduit :

Le réactif limitant est donc car il conduit à l'avancement maximal le plus faible. L'avancement maximal est donc $x_{max} = \dots\dots\dots$

21) Calculer les quantités de matière finales des réactifs et des produits **dans l'état final**.

- ❖ Quantité de matière de I_2 : $n(I_2) = \dots\dots\dots$
- ❖ Quantité de matière de $S_2O_3^{2-}$: $n(S_2O_3^{2-}) = \dots\dots\dots$
- ❖ Quantité de matière de $S_4O_6^{2-}$: $n(S_4O_6^{2-}) = \dots\dots\dots$
- ❖ Quantité de matière de I^- : $n(I^-) = \dots\dots\dots$

22) L'observation expérimentalement est-elle confirmée par les calculs ? Justifier.

.....

23) Quelle expérience simple permettrait de prouver qu'il reste des ions $S_2O_3^{2-}$?

.....

👉 **Appelez le professeur pour lui soumettre votre idée ! (ou si vous ne trouvez pas.)**

- Réaliser cette expérience pour vérifier qu'il reste des ions $S_2O_3^{2-}$.
- Vider le contenu du bécher dans le bidon de récupération au couvercle **jaune**. Bien rincer la verrerie et ranger le matériel.