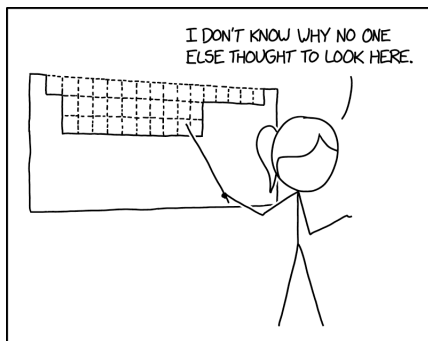


MPI* Physique

TD Chimie des solutions

Réaction chimique



THE 2019 NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY WENT TO THE TEAM THAT DISCOVERED THE ELEMENTS IN THE BIG GAP AT THE TOP OF THE PERIODIC TABLE.

Olivier Caffier



1 Équilibrage d'une équation bilan

Les équations bilans suivantes sont-elles équilibrées?

1. $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu}^{2+}$
2. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
3. $\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$

Corrigé :

1. Il manque un peu de charges à gauche pour que cela marche (il manque 4 charges +).
2. Lois de conservation :
 - Conservation de Cr : oui;
 - Conservation de O : oui;
 - Conservation de Fe : oui;
 - Conservation de H : oui;
 - Conservation de la charge : oui.

Cette équation semble alors équilibrée (en même temps on l'utilise dans l'exercice d'après).

3. La conservation du Fe n'est pas respectée.

2 État final d'une réaction totale

Ajoutez au tableau d'avancement (en quantité de matière) deux lignes pour l'état à un instant quelconque puis pour l'état final. Vous supposerez la réaction totale et préciserez le réactif limitant.

	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	6Fe^{2+}	+	14H^+	=	2Cr^{3+}	+	6Fe^{3+}	+	$7\text{H}_2\text{O}$
EI	0,1		0,9		2		$2 \cdot 10^{-2}$		0		solvant

Exprimez le quotient réactionnel et calculez sa valeur initiale.

Corrigé : On a

	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	6Fe^{2+}	+	14H^+	=	2Cr^{3+}	+	6Fe^{3+}	+	$7\text{H}_2\text{O}$
EI	0,1		0,9		2		$2 \cdot 10^{-2}$		0		solvant
t	$0,1 - \xi$		$0,9 - 6\xi$		$2 - 14\xi$		$2 \cdot 10^{-2} + 2\xi$		6ξ		solvant

et donc pour l'état final, on reMARc que le $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ est le réactif limitant et que $\xi_f = 0,1$ mol. Donc on trouve :

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0$ mol; • $n(6\text{Fe}^{2+}) = 0,3$ mol; • $n(\text{H}^+) = 0,6$ mol; | <ul style="list-style-type: none"> • $n(\text{Cr}^{3+}) = 0,22$ mol; • $n(\text{Fe}^{3+}) = 0,6$ mol. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

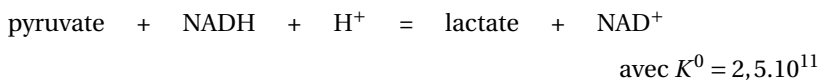
Le quotient réactionnel est :

$$Q_r = \frac{[\text{Cr}^{3+}]^2 [\text{Fe}^{2+}]^6 [\text{C}^0]^{13}}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] [\text{Fe}^{2+}]^6 [\text{H}^+]^{14}}$$

Dès lors, $Q_r(\text{EI}) = 0 < K^0$: la réaction est nécessairement dans le sens direct...

3 Production de lactate dans le sang

Lors d'un effort, le muscle puise son énergie dans la transformation du glucose en pyruvate durant le processus de glycolyse. En présence de suffisamment de dioxygène dans la cellule, le pyruvate peut être oxydé en CO_2 et H_2O pour libérer encore plus d'énergie. Dans les conditions extrêmes, le sang n'est plus capable de fournir suffisamment de dioxygène et le muscle produit alors du lactate selon :



Par un mécanisme non précisé, le pH de la solution est maintenu à 7.

Les concentrations initiales sont :

- pyruvate : $380 \mu\text{mol.L}^{-1}$;
 - NADH : $50 \mu\text{mol.L}^{-1}$;
 - lactate : $3700 \mu\text{mol.L}^{-1}$;
 - NAD^+ : $540 \mu\text{mol.L}^{-1}$;
1. Faites le tableau d'avancement en concentration, avec une ligne pour l'état initial et une ligne pour l'état à un instant quelconque (l'avancement volumique sera noté x).
 2. Calculez le quotient réactionnel initial et concluez sur le sens dans lequel la réaction se fait.
 3. Proposez une équation dont x doit être solution à l'équilibre. Avec l'outil numérique de votre choix, résolvez-la et commentez l'état final.

Corrigé :

1. Initialement, on a le tableau suivant :

	pyruvate	+	NADH	+	H^+	=	lactate	+	NAD^+
EI	380		50				3700		540

Néanmoins, on voit bien qu'une colonne est incomplète, or on sait que le pH est maintenu à 7.

Par définition, on a

$$\text{pH} = -\log(a(\text{H}^+)) = -\log\left(\frac{[\text{H}^+]}{C^0}\right)$$

De ce fait, on en déduit facilement que :

$$\text{pH} = 7 \implies [\text{H}^+] = 10^{-7} \mu\text{mol.L}^{-1}$$

On arrive alors au tableau suivant :

	pyruvate	+	NADH	+	H^+	=	lactate	+	NAD^+
EI	380		50		0,1		3700		540
t	$380 - x$		$50 - x$		$0,1 - x$		$3700 + x$		$540 + x$

2. On a :

$$Q_r(\text{EI}) = \frac{a(\text{lactate})a(\text{NAD}^+)}{a(\text{pyruvate})a(\text{NADH})a(\text{H}^+)}$$
$$= 10^6 \frac{3700 \times 540}{380 \times 50 \times 0,1}$$

Dès lors,

$$Q_r(\text{EI}) = 1,05.10^9 < K^0$$

On a ainsi **une réaction dans le sens direct** avec $x > 0$.

3. On cherche x_{eq} tel que ¹ :

$$Q_r(x_{\text{eq}}) = K^0$$

avec, on le rappelle :

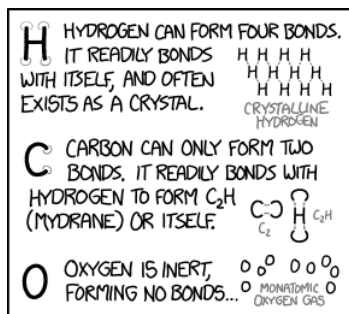
$$0 \leq x_{\text{eq}} \leq 0,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$$

Après une recherche par dichotomie en Python, on trouve :

$$x_{\text{eq}} = 0,099 \mu\text{mol.L}^{-1}$$

On a donc affaire à une **réaction quasi-totale**.

1. on peut l'écrire avec les vraies quantités, laissé au bon soin du lecteur...



TYPOGRAPHIC CHEMISTRY