

Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (Bac - Métropole – juin 2005)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie au Lycée E.Woillez de Montreuil-sur-mer (62)
© <http://b.louchart.free.fr>

1. Des indicateurs colorés en cuisine

- 1.1.** Un indicateur coloré change de couleur en fonction du pH.
- 1.2.** En ajoutant du vinaigre, l'eau de cuisson, initialement bleue (pH de 7 à 8), devient violette (pH de 4 à 6).
Le pH a diminué par ajout de vinaigre, pour atteindre une valeur entre 4 et 6 \Rightarrow le vinaigre est acide

Au contact du détergent, l'eau de cuisson devient verte.

Le pH a donc augmenté jusqu'à une valeur entre 9 et 12 en présence du détergent \Rightarrow le détergent est une base

2. Des indicateurs colorés pour les titrages

- 2.1.** Pour réaliser le dosage, il faut utiliser de la verrerie précise (à 0,1 mL près), donc une pipette jaugée et une fiole jaugée.

détermination des volumes :

La quantité de soluté apporté dans un volume V_2 de solution-fille (de concentration $c_2 = c_1/10$) est :

$$n = c_2 V_2 = \frac{c_1 V_2}{10}$$

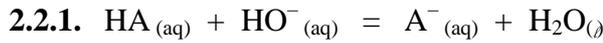
Cette quantité de soluté apporté vient d'un volume V_1 de solution-mère (de concentration c_1) :

$$n = c_1 V_1$$

$$\Rightarrow \frac{c_1 V_2}{10} = c_1 V_1 \Rightarrow V_2 = 10 V_1$$

Il faut donc utiliser une fiole jaugée qui a un volume 10 fois supérieur à celui d'une des pipettes jaugées.

On prendra donc une pipette jaugée de 20,0 mL et une fiole jaugée de 200,0 mL.



2.2.2. D'après la courbe pH-métrique, le volume équivalent vaut $V_{BE} = 10,0 \text{ mL}$.
Donc pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, on se situe avant l'équivalence.
 \Rightarrow le réactif en défaut est le réactif titrant, ici l'ion hydroxyde HO^-

2.2.3.

équation chimique		$\text{HA}_{(aq)}$	+	$\text{HO}^-_{(aq)}$	=	$\text{A}^-_{(aq)}$	+	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
état du système	avancement	quantités de matière (en mol)						
état initial	0	$c_A V_A$		$c_B V_B$		0		excès
en cours de transformation	x	$c_A V_A - x$		$c_B V_B - x$		x		excès
état final si la transf. était totale	x_{\max}	$c_A V_A - x_{\max}$		$c_B V_B - x_{\max}$		x_{\max}		excès
état final réel	x_f	$c_A V_A - x_f$		$c_B V_B - x_f$		x_f		excès

Si la transformation était totale, alors, dans l'état final, on aurait $n_{\text{HO}^- \text{ final}} = 0 \text{ mol}$ (car c'est le réactif limitant).

$$\Rightarrow c_B V_B - x_{\max} = 0 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow x_{\max} = c_B V_B = 1,0 \times 10^{-1} \times 6,0 \times 10^{-3} = 6,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

2.2.4. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, $\text{pH} = 4,9$

$$\begin{aligned} n_{\text{HO}^- \text{ final}} &= [\text{HO}^-]_{\text{final}} \times (V_A + V_B + V_{\text{eau}}) \\ &= \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{final}}} \times (V_A + V_B + V_{\text{eau}}) \quad (\text{car } [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{éq}} = K_e) \\ &= \frac{K_e}{10^{-\text{pH}}} \times (V_A + V_B + V_{\text{eau}}) \\ &= \frac{10^{-14}}{10^{-4,9}} \times (10,0 + 6,0 + 60) \cdot 10^{-3} \\ &= 6,0 \times 10^{-11} \text{ mol} \end{aligned}$$

2.2.5. $n_{\text{HO}^- \text{ final}} = c_B V_B - x_f \Rightarrow x_f = c_B V_B - n_{\text{HO}^- \text{ final}}$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{c_B V_B - n_{\text{HO}^- \text{ final}}}{c_B V_B} = \frac{6,0 \times 10^{-4} - 6,0 \times 10^{-11}}{6,0 \times 10^{-4}} = 1$$

$\tau = 1 \Rightarrow$ la transformation est totale

2.3.1. À l'équivalence, la courbe $\frac{dpH}{dV_B} = f(V_B)$ passe par un extrémum

\Rightarrow d'après le graphique, $V_{BE} = 10,0 \text{ mL}$

2.3.2. À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage.

$\Rightarrow n_{\text{HO}^- \text{ ajouté à l'équivalence}} = n_{\text{HA initial}}$

$\Rightarrow c_B V_E = c_A V_A$

$\Rightarrow c_A = \frac{c_B V_E}{V_A} = \frac{1,0 \times 10^{-1} \times 10,0}{10,0} = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

La solution de vinaigre a été diluée 10 fois \Rightarrow la concentration molaire en acide éthanoïque apporté est $c_0 = 10 c_A = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$

$$\begin{aligned} 2.4.1. \quad K_i &= \frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} \times [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} \Rightarrow \frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = \frac{K_i}{[H_3O^+]_{\text{éq}}} = \frac{10^{-pK_i}}{10^{-pH}} \\ &\Rightarrow \frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{pH-pK_i} \end{aligned}$$

2.4.2. Cas de l'artichaut : $pK_i = 7,5$

$$\text{Pour } V_B = 9,8 \text{ mL, pH} = 6,5 \Rightarrow \frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{6,5-7,5} = 10^{-1,0} = 1,0 \times 10^{-1}$$

$$\text{Pour } V_B = 10,1 \text{ mL, pH} = 10,5 \Rightarrow \frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{10,5-7,5} = 10^{3,0} = 1,0 \times 10^3$$

Cas de la betterave rouge : $pK_i = 11,5$

$$\text{Pour } V_B = 9,8 \text{ mL, pH} = 6,5 \Rightarrow \frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{6,5-11,5} = 10^{-5,0} = 1,0 \times 10^{-5}$$

$$\text{Pour } V_B = 10,1 \text{ mL, pH} = 10,5 \Rightarrow \frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{10,5-11,5} = 10^{-1,0} = 1,0 \times 10^{-1}$$

2.4.3. Cas de l'artichaut :

Pour $V_B = 9,8 \text{ mL}$, $\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 1,0 \cdot 10^{-1} \Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} = 0,10 [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} < [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow HA_{\text{ind}}$ est prédominant

\Rightarrow la solution est incolore

Pour $V_B = 10,1 \text{ mL}$, $\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 1,0 \cdot 10^3 \Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} = 1000 [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} > [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow A_{\text{ind}}^-$ est prédominant

\Rightarrow la solution est jaune

Cas de la betterave :

Pour $V_B = 9,8 \text{ mL}$, $\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 1,0 \cdot 10^{-5} \Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} = 1,0 \cdot 10^{-5} [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} < [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow HA_{\text{ind}}$ est prédominant

\Rightarrow la solution est rouge

Pour $V_B = 10,1 \text{ mL}$, $\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 1,0 \cdot 10^{-1} \Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} = 0,10 [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow [A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}} < [HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow A_{\text{ind}}^-$ est prédominant

\Rightarrow la solution est rouge

	artichaut		betterave	
	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$
$\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-1}$
couleur	incolore	jaune	rouge	rouge

2.4.4. Pour qu'un indicateur coloré convienne, il faut qu'il change de couleur au voisinage de l'équivalence.

Or la betterave garde la même couleur (rouge) \Rightarrow elle ne convient pas
L'artichaut, lui, convient car la solution passera de l'incolore au jaune.

2.4.5. Si le vinaigre était coloré, sa couleur perturberait la visualisation du changement de couleur de l'indicateur coloré.

\Rightarrow il faut choisir un vinaigre incolore