

Une première lecture du sujet laisse perplexe. On a le sentiment de n'avoir rien compris. C'est normal, ne pas s'inquiéter : c'est une résolution de problème. Les questions préalables vont permettre de s'appropriier le problème. Il est important de les recopier pour bien les saisir.

### Questions préalables :

#### 1. « Expliquer comment savoir si un morceau de béton est carbonaté ».

Si un morceau de béton est carbonaté alors son pH diminue passant de 12-14 à 8-9.

En réalisant un test diagnostique à la phénolphthaléine, on peut visualiser si la baisse de pH a eu lieu ou non. Si le béton traité à la phénolphthaléine est incolore alors son pH est inférieur à 8 et on en déduit qu'il est carbonaté.

#### 2. Montrer que la réfection de 1 m<sup>2</sup> de façade de la Cité Radieuse consiste à réalcaliniser environ 2,5×10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup> de béton.

On utilise le document 3, qui montre que le béton est carbonaté sur une profondeur d'environ  $p = 2,5 \text{ cm} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}$ .

Ce qui pour une surface  $S$  de 1 m<sup>2</sup> représente un volume  $V = S.p$ .

$$V = 1 \times 2,5 \times 10^{-2} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

### Problème :

Évaluer la durée nécessaire au traitement par réalcalinisation permettant la régénération de tous les ions hydroxyde perdus lors de la carbonatation d'un parement de béton d'une surface de 1 m<sup>2</sup> de la Cité Radieuse de Marseille. Commenter le résultat obtenu.

Afin de réalcaliniser 1 m<sup>2</sup> de béton, il faut régénérer tous les ions hydroxyde HO<sup>-</sup> présents dans le volume  $V = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ .

### Déterminons la quantité de matière initiale d'ions hydroxyde HO<sup>-</sup> dans ce volume V

Le document 1 nous indique que 1 m<sup>3</sup> de béton contient 30 kg d'hydroxyde de calcium Ca(OH)<sub>2</sub> de masse molaire  $M(\text{Ca}(\text{HO})_2) = 74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

On peut exprimer la quantité de matière de Ca(OH)<sub>2</sub> correspondante :

$$n_{\text{Ca}(\text{HO})_2} = \frac{m}{M(\text{Ca}(\text{HO})_2)}$$

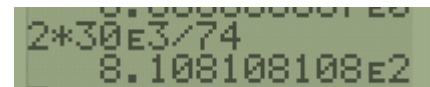
D'après l'équation de la réaction de dissolution :  $\text{Ca}(\text{HO})_{2(s)} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+(aq)} + 2 \text{HO}^{-(aq)}$

On peut déduire la quantité de matière d'ions hydroxyde  $n_{\text{Ca}(\text{HO})_2} = \frac{n_{\text{HO}^-}}{2}$

$$n_{\text{HO}^-} = 2n_{\text{Ca}(\text{HO})_2}$$

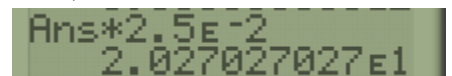
$$n_{\text{HO}^-} = \frac{2.m}{M(\text{Ca}(\text{HO})_2)}$$

$$n_{\text{HO}^-} = \frac{2 \times 30 \times 10^3}{74} = 8,1 \times 10^2 \text{ mol dans un m}^3.$$



Par proportionnalité, dans  $V = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ , on aura  $n_{\text{HO}^-} = \frac{2 \times 30 \times 10^3}{74} \times 2,5 \times 10^{-2} = 20 \text{ mol}$

On stocke cette valeur en mémoire.



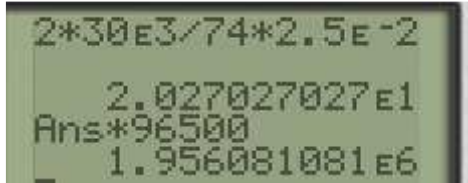
On va maintenant exploiter le document 4, afin de voir **comment régénérer 20 mol d'ions HO<sup>-</sup>** par électrolyse.

La réaction cathodique  $O_2 + 2H_2O + 4 e^- \rightarrow 4 HO^-$  montre qu'il faut faire circuler entre la cathode et l'anode 4 mol d'électrons pour former 4 mol d'ions HO<sup>-</sup>.

Pour former 20 mol d'ions HO<sup>-</sup>, il faut donc faire circuler 20 mol d'électrons.

On prend la valeur non arrondie pour la quantité de matière.

Soit une charge électrique notée  $Q_{20} = 20,27027 \times 96\,500 = 1,96 \times 10^6$  C. On stocke en mémoire ce résultat intermédiaire.



$$\text{Or } I = \frac{Q}{\Delta t}, \text{ donc } \Delta t = \frac{Q_{20}}{I}$$

La densité de courant  $J$  est comprise entre 0,5 et 1 A.m<sup>-2</sup>.

Pour 1 m<sup>2</sup>, l'intensité  $I$  du courant est comprise entre  $I_{min} = 0,5$  A et  $I_{max} = 1$  A.

$$\frac{Q_{20}}{I_{max}} \leq \Delta t \leq \frac{Q_{20}}{I_{min}}$$
$$\frac{1,956 \times 10^6}{1} \leq \Delta t \leq \frac{1,956 \times 10^6}{0,5} \text{ s}$$

$$1,956 \times 10^6 \leq \Delta t \leq 3,91 \times 10^6 \text{ s}$$

On convertit cette durée en jours, sachant qu'un jour comporte 24 h de 3600 s.

$$\frac{1,956 \times 10^6}{24 \times 3600} \leq \Delta t \leq \frac{3,91 \times 10^6}{24 \times 3600}$$

$$\mathbf{23 \leq \Delta t \leq 45 \text{ jours}}$$

### Regard critique sur le résultat :

Le document 4 indique que la durée du traitement est de une à deux semaines, mais il ne précise pas la profondeur du béton traité.

On obtient une durée de traitement beaucoup plus longue puisque d'environ 3 à 6 semaines.

On peut attribuer cette différence à l'ancienneté de ce béton qui date de 1950, on imagine que la profondeur du béton à traiter était plus élevée que la moyenne des rénovations de bétons usuelles.