

Réparation des bétons armés carbonatés (Bac S – Pondichéry – avril 2016)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

© <http://b.louchart.free.fr>

Questions préalables

1. Si le béton est carbonaté, le pH de l'eau qui se trouve dans les pores du béton est voisin de 8, au lieu de 12 à 14.

Il faut donc prélever un échantillon de béton et y pulvériser de la phénolphthaléine. Si la zone étudiée n'est pas rose, alors $\text{pH} < 8$ donc le béton est carbonaté dans cette zone.

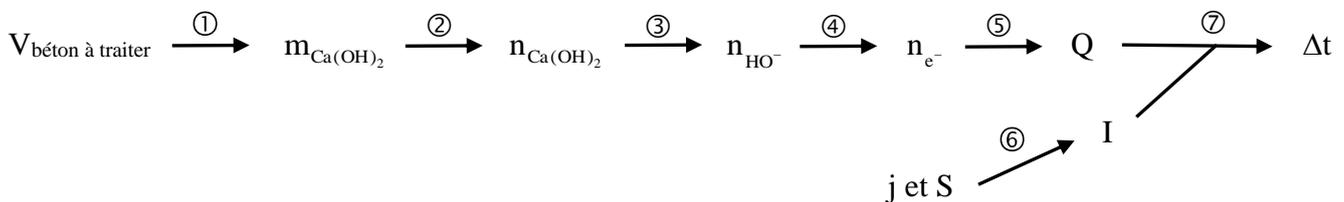
2. La partie qui n'est pas rose sur le doc.3 est carbonatée. Cela correspond à une profondeur d'environ $e = 2,5 \text{ cm}$.

Le volume concerné pour $S = 1 \text{ m}^2$ de façade vaut donc :

$$V_{\text{béton}} = S \times e = 1 \times 2,5 \times 10^{-2} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

Problème

Plan de la résolution :



① D'après la question 2., pour une surface de 1 m^2 , le volume de béton à traiter est $V_{\text{béton}} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$. Or dans le doc.1, il est indiqué que $V_1 = 1 \text{ m}^3$ de béton contient $m_1 = 30 \text{ kg}$ d'hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 .

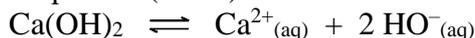
La masse de Ca(OH)_2 est donc :

$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{m_1 \times V_{\text{béton}}}{V_1} = \frac{30 \times 2,5 \times 10^{-2}}{1} = 0,75 \text{ kg}$$

② On en déduit la quantité d'hydroxyde de calcium correspondante qui a été affectée :

$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{m_{\text{Ca(OH)}_2}}{M(\text{Ca(OH)}_2)} = \frac{0,75 \times 10^3}{74} = 10 \text{ mol}$$

- ③ Calculons maintenant la quantité de matière d'ions hydroxyde HO^- pour réalcaliner la zone traitée. Lors du processus de carbonatation du béton, il y a dissolution de l'hydroxyde de calcium selon l'équation (doc.2) :



$$\text{Donc } \frac{n_{\text{HO}^- \text{ libérés}}}{2} = n_{\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ ayant réagi}}$$

$$\text{soit : } n_{\text{HO}^- \text{ libérés}} = 2 n_{\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ ayant réagi}} = 2 \times 10 = 20 \text{ mol}$$

La quantité de matière d'ions HO^- à réintroduire pour effectuer la décarbonatation de cet échantillon est donc : $n_{\text{HO}^- \text{ à réintroduire}} = 20 \text{ mol}$

- ④ Calculons la quantité de matière d'électrons qui doivent arriver à la cathode.

Les ions HO^- nécessaires au traitement du béton sont formés à la cathode selon la réaction d'équation (doc.4) :



$$\text{Donc } \frac{n_{\text{e}^-}}{4} = \frac{n_{\text{HO}^- \text{ formés}}}{4}$$

$$\text{soit : } n_{\text{e}^-} = n_{\text{HO}^- \text{ à réintroduire}} = 20 \text{ mol}$$

- ⑤ La valeur absolue de la charge électrique transportée par mol d'électron est $\mathcal{F} = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$, donc la valeur absolue de la charge électrique pour $n_{\text{e}^-} = 20 \text{ mol}$ est :

$$Q = n_{\text{e}^-} \times \mathcal{F} = 20 \times 96500 = 2,0 \times 10^6 \text{ C}$$

- ⑥ Le traitement est réalisé avec une densité de courant j comprise entre 0,5 et 1 A.m^{-2} .

La surface étudiée étant $S = 1 \text{ m}^2$, l'intensité du courant sera comprise entre :

$$I_{\text{min}} = j_{\text{min}} \times S = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{ A}$$

$$\text{et } I_{\text{max}} = j_{\text{max}} \times S = 1 \times 1 = 1 \text{ A}$$

- ⑦ On peut ainsi déterminer la durée nécessaire pour effectuer le traitement de cet échantillon.

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

Le traitement devra donc durer entre :

$$\Delta t_{\text{min}} = \frac{Q}{I_{\text{max}}} = \frac{2,0 \times 10^6}{1} = 2,0 \times 10^6 \text{ s} = \frac{2,0 \times 10^6}{24 \times 60 \times 60} = 23 \text{ j}$$

$$\text{et } \Delta t_{\text{max}} = \frac{Q}{I_{\text{min}}} = \frac{2,0 \times 10^6}{0,5} = 4,0 \times 10^6 \text{ s} = \frac{4,0 \times 10^6}{24 \times 60 \times 60} = 45 \text{ j}$$

C'est plus long (3 à 6 semaines) que la durée indiquée dans le doc.4 (1 à 2 semaines), mais on peut penser que les bétons habituellement traités sont en moyenne moins anciens que celui de la Cité Radieuse de Marseille, donc touchés moins profondément.