

# Essais de diffusion d'ions chlorures

## Méthodes et analyses des résultats

Arthur FANARA

arthur.fanara @uliege.be - <https://hdl.handle.net/2268/318869>

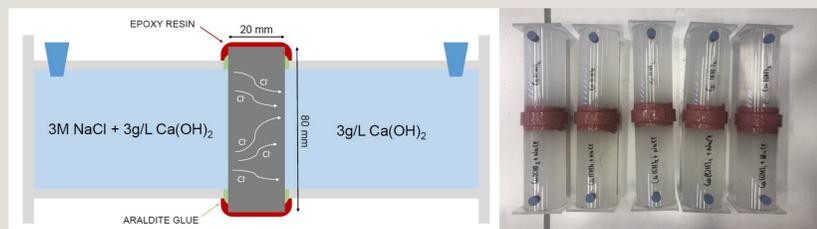
### APERÇU GÉNÉRAL DES ESSAIS

Les essais de diffusion d'ions chlorures ont pour objectif de déterminer un coefficient de diffusion d'ions  $Cl^-$  dans des matériaux cimentaires. Deux méthodes sont disponibles : en régime permanent ou en régime transitoire.

#### 1. ESSAI DE DIFFUSION EN RÉGIME PERMANENT

**Échantillons** : cylindres de Ø80mm pour H20mm.

**Préparation** : les échantillons sont collés à deux tubes en PVC au moyen de colle Araldite. Les extrémités de ces tubes sont fermées d'une plaque de PVC. Toute surface de l'échantillon se trouvant en dehors des chambres formées par les tubes est recouverte de colle époxy afin de rendre l'ensemble étanche. Les deux chambres sont remplies d'une solution de  $Ca(OH)_2$  afin de garder le milieu basique, et une des chambres contient également 3M de  $NaCl$ .



**Déroulement** : Au cours du temps, les chlorures vont diffuser de la chambre contenant le  $NaCl$  vers la chambre n'en contenant pas initialement. Par ponction périodique et puis titrage, l'évolution de la concentration d'ions  $Cl^-$  est alors obtenue et analysée. Sur base de cette évolution temporelle de la concentration, une vitesse de diffusion est déterminée et, grâce à la première loi de Fick, un coefficient de diffusion effectif est calculé.

#### ANALYSE DES RÉSULTATS

La première loi de Fick s'écrit :

$$J = \frac{D_{eff}}{e} (C_1 - C_2)$$

Où  $J$  [ $kg/m^2 \cdot s$ ] est le flux ionique,  $D_{eff}$  [ $m^2/s$ ] est le coefficient de diffusion effectif,  $e$  [ $m$ ] est l'épaisseur de l'échantillon, et  $C_1$  [ $kg/m^3$ ] est la concentration dans la chambre contenant les chlorures initialement alors que  $C_2$  [ $kg/m^3$ ] est la concentration dans la chambre où la ponction a lieu.

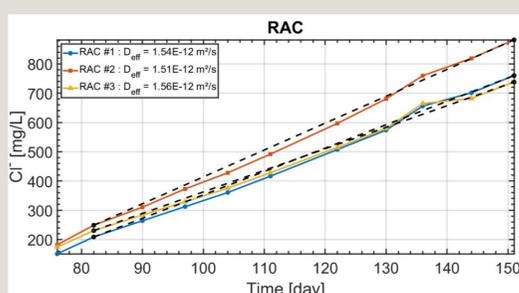
Le flux ionique peut également s'écrire :

$$J = \frac{V_2}{A_2} \frac{dC_2}{dt}$$

Où  $V_2$  [ $m^3$ ] et  $A_2$  [ $m^2$ ] sont le volume de la solution et l'aire de contact de la solution, respectivement.

Par intégration temporelle de ces deux équations, puis expansion de Taylor au voisinage de  $C_2 = 0$ , on trouve :

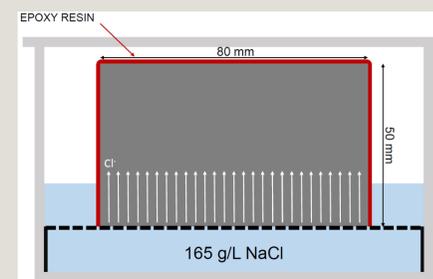
$$D_{eff} = \frac{V_2}{A_2} \frac{C_2}{(t - t_0)} \frac{e}{C_1 - C_2}$$



#### 2. ESSAI DE DIFFUSION EN RÉGIME TRANSITOIRE

**Échantillons** : cylindres de Ø80mm pour H50mm.

**Préparation** : les échantillons sont recouverts de résine epoxy sur toutes leurs faces sauf une. Ils sont ensuite placés dans une solution de  $Ca(OH)_2$  jusqu'à saturation. Finalement, ils sont placés dans une solution de 165 g/L de  $NaCl$ . Une diffusion unidirectionnelle a alors lieu, de la face non recouverte d'époxy vers l'intérieur du spécimen.



**Déroulement** : les échantillons sont immergés dans la solution durant un certain laps de temps. Passé ce délai, ils sont sortis de la solution, et immédiatement grignotés. Ce grignotage se fait couche par couche, d'une profondeur de  $\pm 1mm$  chacune. La poudre obtenue est ensuite séchée pendant minimum 12 heures à  $105^\circ C$ , puis placée dans une solution d'acide nitrique  $HNO_3$  afin de dissoudre les chlorures, et finalement cette solution est analysée par titrage selon la méthode  $AgNO_3$  SOL. Un profil de chlorure peut alors être obtenu en fonction de la profondeur de diffusion dans l'échantillon, et grâce à la seconde loi de Fick, un coefficient de diffusion apparent est calculé.

#### ANALYSE DES RÉSULTATS

La seconde loi de Fick s'écrit :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_{app} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

Où  $C$  [ $kg/m^3$ ] est la concentration en ions chlorure,  $D_{app}$  [ $m^2/s$ ] est le coefficient de diffusion apparent, et  $x$  [ $m$ ] est la profondeur de diffusion au temps  $t$  [ $s$ ].

La solution de cette seconde équation de Fick peut s'écrire :

$$C(x, t) = C_i - (C_s - C_i) \times \text{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{D_{app}t}} \right)$$

Où  $C_i$  et  $C_s$  sont la concentration initiale dans l'échantillon (= 0 à priori) et la concentration à la surface de l'échantillon, respectivement. On retrouve également la fonction d'erreur  $\text{erf}$ .

La concentration à la surface de l'échantillon n'est pas directement égale à la concentration de la solution, mais dépend également de la porosité de l'échantillon :

$$C_s = C_{sol} \times n$$

Où  $C_{sol}$  est la concentration de la solution, égale à  $106 kg/m^3$ , et  $n$  [% volume] est la porosité de l'échantillon.

