

Essais sur les indicateurs de durabilité de béton

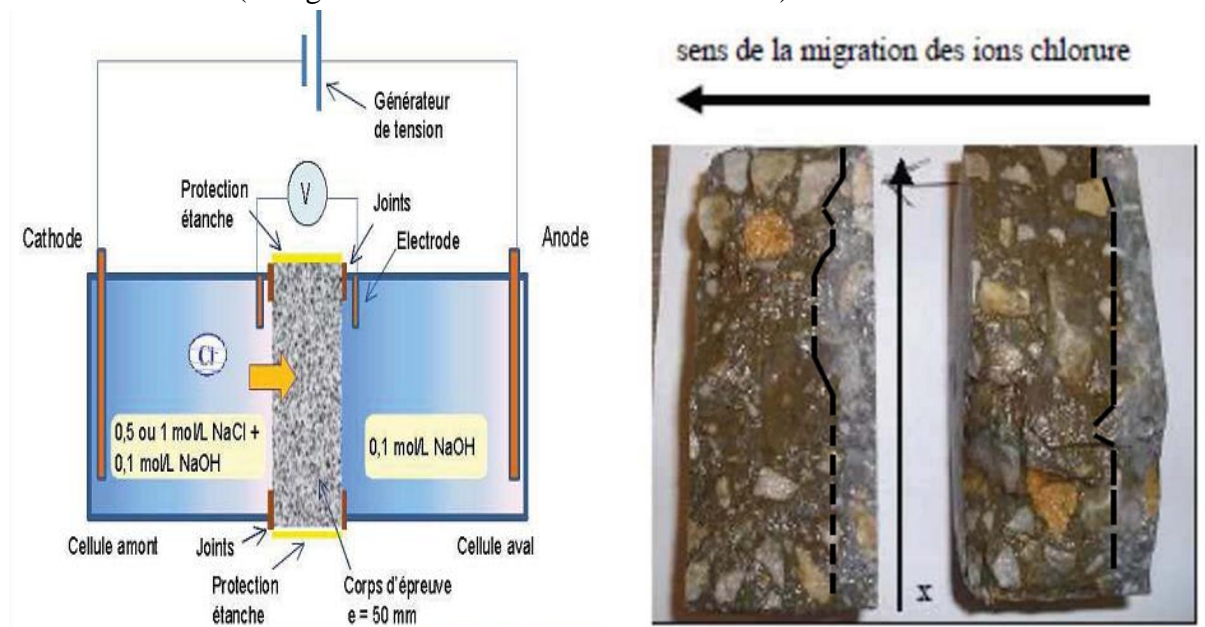
1- Coefficient de diffusion des ions chlorure ($D_{app} 10^{-12} m^2.S^{-1}$)

XP P18-462 Juin 2012 Essai sur béton durci - Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non stationnaire – Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Préparation des corps d'épreuve :

Les éprouvettes doivent passer par une phase de saturation (conservation dans l'eau pendant au moins 72 heures)

Durée de l'essai 24 heures pour des « bétons classiques » à plus d'une semaine selon la formule de béton (dosages et nature du liant et des additions)



Le coefficient de diffusion des chlorures D_{app} est alors calculé à partir de:

- la profondeur de pénétration mesurée
- durée de l'essai
- différence de potentiel

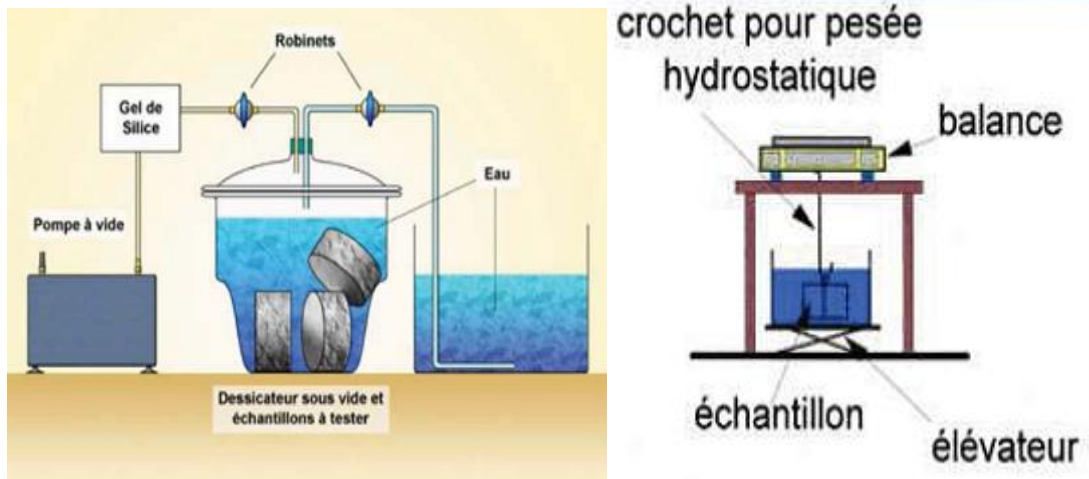
L'unité de la diffusion apparente (D_{app}) est de l'ordre de $10^{-12} m^2.S^{-1}$ c'est une valeur à 15% près de précision.

Indicateurs de durabilité vis-à-vis de la corrosion

Porosité accessible à l'eau (Peau %)

NF P 18-459 Essai pour béton durci – Essai de porosité et de masse volumique (Mars 2010)

Préparation des corps d'épreuve : Saturation (conservation dans l'eau) sous vide pendant 72 h



$$P_{\text{eau}} = \frac{M_{\text{air}} - M_{\text{sec}}}{M_{\text{air}} - M_{\text{eau}}} \times 100$$

Pesée hydrostatique :

M_{eau} : est la masse en grammes pesée sous l'eau,

M_{air} : Pesée dans l'air de l'éprouvette saturée d'eau,

M_{sec} : Pesée dans l'air de l'éprouvette sèche (séchage à $T = 105^{\circ}\text{C}$ jusqu'à masse constante soit 2 pesées espacées de 24 h qui ne s'écartent pas plus de 0,05%),

Valeur donnée en pourcentage à 0,1% près

Seuils indicateurs de durabilité vis-à-vis de la corrosion

Calibrage pour un enrobage c_{min} , dur de 30 mm (XC) ou 50 mm (XD et XS)

Classe d'exposition	DUP de 100 ans	Seuils des indicateurs à 90 jours	Exemples de partie d'ouvrage
XC1 sec ou humide en permanence XC2 humide rarement sec		$P_{eau} < 15$	Fondations (immergées ou non) Parties enterrées des appuis
XC3 humidité modérée XC4 alternance d'humidité et de séchage		$P_{eau} < 13$ ET $K_{gaz} < 150$	Bétons protégés par une étanchéité Bétons exposés à l'air
XS1 Exposé à l'air véhiculant du sel marin XS2 Immergé en permanence dans l'eau de mer XD1 exposé à des chlorures non marins transportés par voie aérienne XD2 Humide rarement sec, béton exposé à des eaux industrielles contenant des chlorures		$P_{eau} < 13$ ET $D_{app} < 7$	Ouvrage à proximité d'une côte Partie d'ouvrage immergée en permanence dans l'eau de mer Zones d'un ouvrage faiblement exposées aux sels de déverglaçage (semelles ou radiers non profonds à proximité de ou sous voies fréquemment salées)
XD3 Alternance d'humidité et de séchage, béton exposé à des projections contenant des chlorures XS3 Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns		$P_{eau} < 11$ ET $K_{gaz} < 150$ ET $D_{app} < 3$	Piles d'un ouvrage très exposées aux sels de déverglaçage Ouvrage soumis aux embruns (à moins de 100 m de la côte dans le cas général) Zones de marnage

Alcali-réaction

Bilan des alcalins équivalents (kg/m³)

Prise en compte de l'apport de chacun des constituants

Teneur totale : $T = CA + BAb + UAu + EAe$

CA : Alcalins actifs du Ciment (prise en compte du clinker et des additions)

BAb : Alcalins libérables des granulats extraits suivant le mode opératoire LPC 37

UAu : Alcalins des adjuvants (donnée fournisseur)

UAu : Alcalins de l'eau de gâchage

L'essai de performance NF P18-454

Principe:

La formule de béton à qualifier est testée pendant 5 mois dans des conditions accélérant le phénomène d'alcali-réaction:

- Augmentation du taux d'alcalin,
- Atmosphère saturée d'humidité,
- Température élevée 60°C.

Trois éprouvettes prismatiques 70x70x282 mm équipées de plots de mesures en inox,

Mesure de déformations longitudinales au comparateur à échéances régulières



niveau de prévention B (cas des ouvrages courants)

✓ Granulats non réactifs

✓ Granulats Potentiellement Réactifs (PR) et bilan des alcalins

Ou

✓ Granulat Potentiellement Réactifs (PR) et essai de performance :
 $< 0,020\%$ selon l'essai de performance vis-à-vis de
 l'alcali-réaction suivant la norme NF P18-454 et NF P18-456

Seuils

T_m : Teneur moyenne (kg/m^3)

T_{\max} : Teneur maximale (kg/m^3)

Pour les bétons incorporant des ciments CEM I, CEM II, CEM V

Prise en compte de la variabilité du ciment (V_c : coefficient de variation de la teneur en alcalins du ciment)

➤ $T_m < 3,5 / (1+2V_c)$ et $T_{\max} < 3,5 \text{ kg/m}^3$

Si absence de données sur la variabilité de la teneur en alcalins :

➤ $T_m < 3,0$ et $T_{\max} < 3,3 \text{ kg/m}^3$

Pour les bétons incorporant des ciments CEM III a, b, c

a_m : teneur moyenne en alcalins totaux du ciment ; L : teneur en Laitier du ciment

➤ Pour CEM III a et b : $a_m < 1,1\%$ et $60\% < L < 80\%$

➤ Pour CEM III c : $a_m < 2\%$ et $L > 80\%$

Réaction sulfatique interne

Principe : Pour une formule de béton, l'essai consiste à imposer un échauffement représentatif de l'élément en béton considéré puis à suivre le comportement dimensionnel des éprouvettes

A noter :

- Une attention particulière aux conditions hydriques maintenues pendant l'échauffement
- Un essai relativement long (+12 mois)
- Éprouvettes prismatiques ou cylindriques



Critères décisionnels :

- Durée de 12 mois : gonflement moyen $< 0,04\%$ et aucune valeur individuelle $> 0,06\%$ et pente faible entre le 3ème et 12ème mois
- Si expansion individuelle des 3 éprouvettes est comprise entre $0,04\%$ et $0,07\%$ on doit poursuivre l'essai pendant 3 mois supplémentaires. Pente $< 0,006\%$

Classes d'exposition	Niveau de prévention/Critère (pour un ouvrage courant)	Exemple
XH2 Alternance d'humidité et de séchage, humidité élevée	Bs $T_{\max} < 75^{\circ}\text{C}$ <i>ou</i> $T_{\max} < 85^{\circ}\text{C}$ et critère de performance en expansion <i>ou</i> $T_{\max} < 85^{\circ}\text{C}$ et conditions sur choix du ciment	Piles et tabliers
XH3 En contact durable avec l'eau immersion permanente, stagnation d'eau à la surface, zone de marnage	Cs $T_{\max} < 70^{\circ}\text{C}$ <i>ou</i> $T_{\max} < 80^{\circ}\text{C}$ et critère de performance en expansion <i>ou</i> $T_{\max} < 80^{\circ}\text{C}$ et conditions sur choix du ciment	Pieux et semelles de fondation

Fonction de la catégorie de l'ouvrage ou partie d'ouvrage

Référence : <http://www.cotita.fr/IMG/pdf/11-PAVOINE-Indicateurs-Durabilite-Essais-Seuils.pdf>