HAL
open science

Méthodes de mesure du coefficient de diffusion gazeuse des matériaux cimentaires : travaux du TC Rilem GDP

Fabien Georget, Bruno Huet, Philippe Turcry

To cite this version:

Fabien Georget, Bruno Huet, Philippe Turcry. Méthodes de mesure du coefficient de diffusion gazeuse des matériaux cimentaires : travaux du TC Rilem GDP. NOMAD 2022 - 4e conférence internationale francophone Nouveaux Matériaux et Durabilité, IMT Mines Alès; LMGC; LIFAM, Nov 2022, Montpellier, France. hal-03880403

HAL Id: hal-03880403

https://hal.science/hal-03880403v1

Submitted on 1 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Méthodes de mesure du coefficient de diffusion gazeuse des matériaux cimentaires : travaux du TC Rilem GDP

Fabien GEORGET[1], Bruno HUET[2], Philippe TURCRY[3]

[1] *RWTH Aachen University, Aachen, Suisse*

[2] *Holcim Innovation Center, Saint-Quentin-Fallavier, France*

[3] *LaSIE, UMR CNRS 7356, La Rochelle Université, La Rochelle, France*

ABSTRACT L'objectif du comité Rilem « TC GDP » est d'apporter un nouvel éclairage sur la détermination du coefficient de diffusion gazeuse des matériaux cimentaires. Un état de l'art, de la physique de la diffusion aux applications, est en cours de rédaction. Un benchmark a été lancé pour comparer deux familles de méthodes expérimentales. Ces essais croisés sont encourageants car les coefficients de diffusion déterminés par les participants sont du même ordre de grandeur. Les différences proviennent non seulement de la démarche expérimentale mais aussi de la méthode de calcul du coefficient. Un travail de modélisation doit aider à mieux comprendre les sources d'incertitudes et les différences entre méthodes. Sont présentés ici quelques résultats du comité qui mèneront à des recommandations sur les protocoles d'essai de diffusion.

Keywords diffusion gazeuse, méthodes de mesure, durabilité

I. INTRODUCTION

En 1958, Verbeck montrait que la diffusion du CO_2 gazeux était le phénomène physique clé de la carbonatation du béton (Verbeck, 1958). Si, depuis 60 ans, quelques protocoles de mesure de la diffusivité au gaz des matériaux cimentaires ont été développés, aucun consensus n'existe sur ces méthodes. D'ailleurs, aucun protocole n'a encore été normalisé, alors que cette propriété du matériau pourrait fournir un indicateur de durabilité pertinent à l'heure de l'approche performantielle appliquée au dimensionnement des structures en béton armé (Perfdub, 2022).

Dans ce contexte, le comité Rilem « TC GDP » rassemble depuis 2019 une vingtaine de laboratoires pour donner un éclairage nouveau sur les méthodes de détermination du coefficient de diffusion gazeuse. Un vaste état de l'art est en cours de rédaction, de la physique de la diffusion aux applications pour les matériaux de construction. Une campagne d'essais croisés sur une large gamme de coefficients de diffusion a été lancée pour comparer les différentes méthodes des partenaires. Un travail de modélisation des essais doit également permettre d'évaluer les sources d'incertitudes de la détermination du coefficient. Nous proposons ici de présenter quelques résultats du comité.

II. ESSAIS CROISES

Parmi les essais de diffusion, on peut distinguer deux familles (Fig. 1). Dans la première, l'échantillon est soumis à des flux de gaz différents à chacune de ses faces opposées. La diffusivité est déterminée avec la 1ère loi de Fick en exploitant le résultat de l'essai en régime permanent, c'est-à-dire la concentration du gaz 1 (injecté en amont) dans le mélange gaz 1 + gaz 2 en aval. Proposée par (Lawrence, 1984), cette méthode est utilisée par EMPA et Imperial College. Dans la seconde famille, un gaz à concentration fixée en amont diffuse à travers l'échantillon vers une chambre fermée en aval. La diffusivité est déterminée avec la 2de loi de Fick en exploitant la courbe d'accumulation dans le temps en aval. Cette méthode est utilisée sous différentes formes par : Alicante Universitad, CEA, IETcc, LafargeHolcim, LaSIE, SCK CEN et TU Darmstadt.

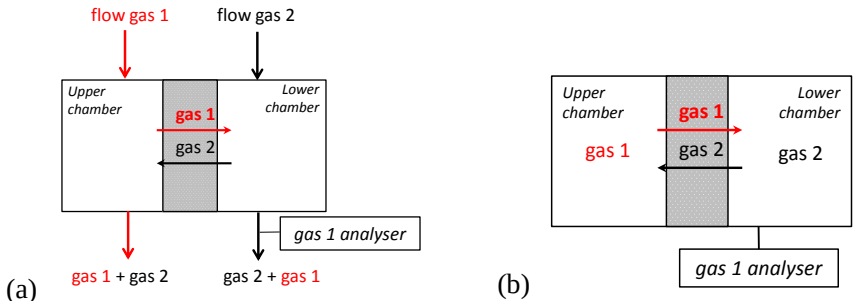

FIGURE 1. Deux familles d'essais de diffusion : méthode par flux (a) et méthode par accumulation (b).

Le benchmark sur les protocoles des membres du comité porte sur des matériaux (béton à hautes performances, mortiers) offrant une large plage de diffusivités de 10^{-10} à 10^{-7} m²/s. Les essais croisés sont encourageants car les diffusivités déterminées pour un matériau donné sont du même ordre de grandeur. La fig. 2 montre, dans l'exemple de mortiers totalement carbonatés, la variabilité inter-laboratoires qui semble systématique (les rapports entre moyenne « laboratoires » et moyenne « matériau » sont proches pour les deux matériaux). Les différences entre participants proviennent non seulement du protocole mais aussi de la méthode de calcul du coefficient. La comparaison des résultats doit donc se faire sur la base de diffusivités déterminées avec la même méthode de calcul.

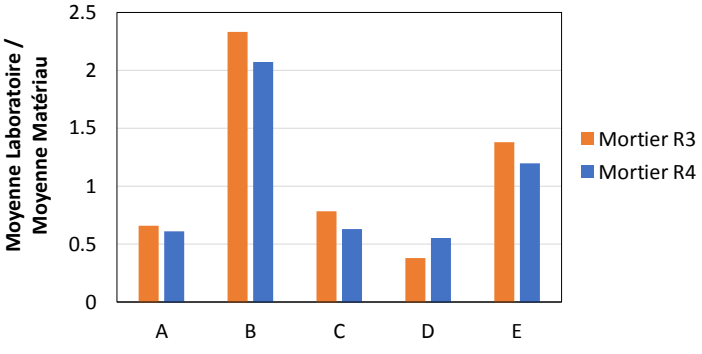

FIGURE 2. **Rapport entre le coefficient de diffusion moyen obtenu par un des 5 laboratoires (A, B, C, D E) et du coefficient du mortier calculé comme la moyenne de l'ensemble des résultats.**

III. MODELISATION

Le travail de modélisation est focalisé sur l'essai par accumulation, méthode la plus utilisée aujourd'hui. Le traitement des résultats peut se faire avec la relation suivante :

$$C(t) = (C_0 - C_{ext})\exp((t_0 - t)/\tau) + C_{ext}$$

où : $C(t)$ est la concentration mesurée en aval, C_0 and C_{ext}, respectivement la concentration initiale dans l'échantillon et la concentration en amont, t_0 le temps initial. La constante τ est égale au rapport (eV)/(DA), avec D le coefficient de diffusion à déterminer, e l'épaisseur de l'échantillon, A sa surface et V le volume en aval. Cette relation repose sur un certain nombre d'hypothèses simplificatrices dont la pertinence est évaluée avec des expérimentations numériques (seconde loi de Fick résolue en 3D avec la méthode des volumes finies). La fig. 3 donne, à titre d'exemple, le résultat d'une simulation d'un essai de diffusion qui met en évidence l'influence de la surface utilisée dans le calcul (surface totale de l'échantillon ou surface exposée). La simulation montre aussi l'homogénéité de la concentration en aval ce qui valide une des hypothèses du modèle analytique.

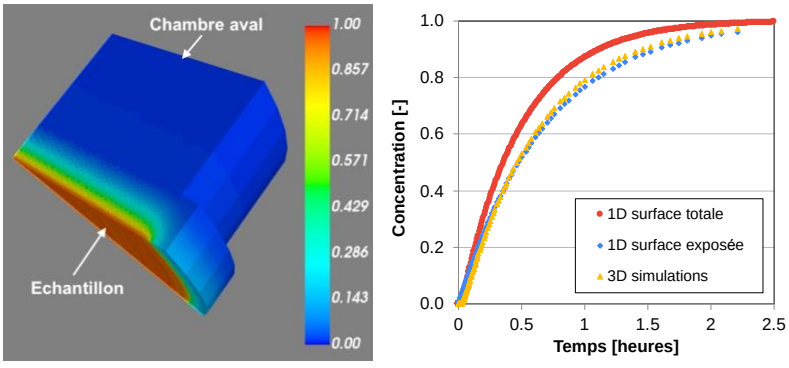

FIGURE 3. **Simulation de l'essai de diffusion par accumulation. A gauche : concentration du gaz dans l'échantillon et la chambre en aval (égale à 1 en amont) en début d'essai. A droite : évolution de la concentration en aval d'après le modèle analytique (1D) et le modèle numérique (3D).**

IV. CONCLUSION

Au-delà d'un état de l'art sur la diffusion dans les milieux et les méthodes de mesures, les travaux du comité Rilem « TC GDP » doivent aboutir à des recommandations sur les protocoles de diffusion gazeuse. La volonté du comité est d'offrir un nouveau moyen d'évaluation des performances du béton.

Les auteurs remercient les participants aux essais croisés : D. Benavente (Alicante Universitad), W. Dridi (CEA), A. Leemann (EMPA), P. Linares (IETcc), R. Loser (EMPA), Q. T. Phung (SCK CEN), S. Steiner (RheinMain University of Applied Science), H. Wong (Imperial College).

REFERENCES

Lawrence, C.D. (1984). Transport of oxygen through concrete. *Br Ceram Proc*, 35, 277-293

Verbeck, G. (1958). Carbonation of Hydrated Portland Cement. ASTM Spec. Tech. Publ., 205.