



**HAL**  
open science

## Impression 3D de mortier sous l'eau

Brahim Mazhoud, Arnaud Perrot, Vincent Picandet, Damien Rangeard, Eric Courteille

► **To cite this version:**

Brahim Mazhoud, Arnaud Perrot, Vincent Picandet, Damien Rangeard, Eric Courteille. Impression 3D de mortier sous l'eau. DiXite3dPrint : Fabrication Additive pour la Construction. Quelle Actualité Nationale?, École des Ponts ParisTech, Jan 2019, Champs-sur-Marne, France. hal-02119300

**HAL Id: hal-02119300**

**<https://enpc.hal.science/hal-02119300>**

Submitted on 3 May 2019

**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.

## Impression 3D de mortier sous l'eau

### *Underwater 3D printing of mortar*

**Brahim MAZHOUD<sup>1</sup>, Arnaud PERROT<sup>1</sup>, Vincent PICANDET<sup>1</sup>, Damien Rangeard<sup>2</sup>, Eric Courteille<sup>2</sup>**

1 : UBS - IRDL - UMR CNRS 6027  
Adresse, F-56100 Lorient, France  
e-mail : brahim.mazhoud@univ-ubs.fr  
arnaud.perrot@univ-ubs.fr  
vincent.picandet@univ-ubs.fr

2 : Département Génie Civil et Urbain (GCU), LGCGM, INSA de Rennes,  
Adresse, F- F-35000 Rennes, France  
e-mail : damien.rangeard@insa-rennes.fr  
eric. Courteille @ insa-rennes.fr

De nos jours, le développement des énergies marines renouvelable et de nouveaux moyens de production basés sur la technique de l'impression 3D induit une réflexion sur les méthodes de construction off-shore. L'idée d'utiliser, sur place, la fabrication additive sous-marine, dans laquelle l'effet de la gravité est diminué et la liberté de forme plus grande semble séduisante. Cette technique pourrait être utilisée non seulement pour la mise en place d'ancrages et de systèmes de fondations, pour l'entretien des structures immergées, mais également pour la création de récifs artificiels, mesure compensatoire obligatoire pour la mise en place de centrales énergétiques marines. Cette dernière problématique semble vraiment pouvoir trouver une réponse au développement de l'impression 3D sous-marine. En effet, la préservation de la biodiversité marine est à la fois une urgence environnementale (maintien de stocks de poissons suffisants pour la pêche) et économique.

À notre connaissance, aucune étude n'a été rapportée sur la possibilité d'imprimer sous l'eau une structure. Par conséquent, l'objectif principal de cette étude est de montrer qu'il est possible d'imprimer une structure dans des conditions immergées. Pour atteindre cet objectif, un adjuvant anti-lessivage (AWA) a été ajouté au mortier de ciment afin de réduire la perméabilité du mortier de ciment à l'état frais. En fait, la perméabilité du mortier de ciment à l'état frais doit être régulée pour que l'eau de mer ne puisse pas se mélanger au béton frais dans le cas d'impression en conditions immergées.

Dans un premier temps, l'effet du rapport E/C et de la teneur en AWA sur le comportement rhéologique est étudié. En effet, une étude de la vitesse de structuration des mortiers est réalisée à partir de la mesure du seuil de cisaillement en fonction de temps. Cela aidera à prévoir le temps de coulée et de transport disponible pour le mortier de ciment.

Dans un deuxième temps, des mesures de perméabilité ont été réalisées pour étudier l'effet du rapport E/C et de la teneur en AWA sur la perméabilité du mortier de ciment sous un gradient de pression donné. Le dispositif utilisé pour déterminer la perméabilité est décrit par Picandet et al. [1] et utilisé dans d'autres études [2,3].

Les résultats obtenus montrent que, quelle que soit la teneur en AWA, la perméabilité du mortier à l'état frais augmente avec le rapport E/C (fig.1). Cette augmentation peut s'expliquer par l'augmentation du taux de vide [2].

---

Pour un rapport E/C donné, la perméabilité diminue avec l'augmentation de la teneur en AWA. Cela s'explique par des modifications à la fois de l'assemblage des grains de ciment et de la viscosité interstitielle en phase liquide. Par exemple, pour le mortier avec un rapport E/C égal à 0,42, une augmentation de la teneur en AWA de 0 à 0,5 ;1 et 1,5% a entraîné une diminution de la perméabilité de 89% ;94% et 98% respectivement.

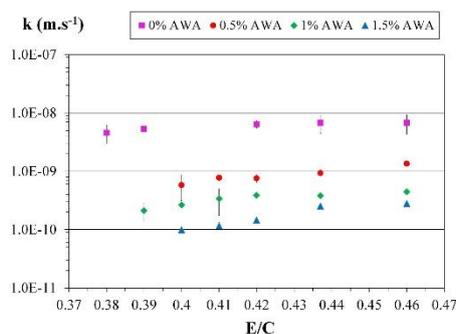


Fig. 1 : Évolution de la perméabilité,  $k$  ( $m.s^{-1}$ ), en fonction du rapport E/C du mortier de ciment à différentes teneurs en AWA.

Enfin, un exemple d'impression en laboratoire de deux structures (une en eau et une en air) avec différentes vitesses d'impression est réalisé et les propriétés mécaniques de ces deux structures sont étudiées (tab.1).

	Vitesse d'impression ( $mm.s^{-1}$ )	Résistance en compression (MPa)	Module d'élasticité (GPa)
Eau	16	$37.84 \pm 6.77$	$2.59 \pm 0.46$
	18	$37.06 \pm 6.01$	$3.42 \pm 0.43$
	20	$35.49 \pm 2.68$	$2.86 \pm 0.18$
	25	$33.90 \pm 10.84$	$2.52 \pm 1.18$
Aire	25	$36.45 \pm 3.09$	$2.82 \pm 0.48$

Tab. 1. Exemple de tableau.

Dans cette étude, nous avons évalué la possibilité de produire une structure imprimée sous l'eau. Les résultats montrent qu'il est possible d'imprimer des échantillons dans l'eau ayant des propriétés mécaniques comparable à celles mesurées sur les échantillons imprimés dans l'air pour même vitesse de d'impression.

### Références

- [1] V. Picandet, D. Rangeard, A. Perrot, T. Lecompte, « Permeability measurement of fresh cement paste ». Cem. Concr. Res. Vol.41, pp. 330–338, 2011.
- [2] A. Perrot, D. Rangeard, V. Picandet, Y. Mélinge, « Hydro-mechanical properties of fresh cement pastes containing polycarboxylate superplasticizer ». Cem. Concr. Res. Vol.53, pp. 221–228, 2013.
- [3] A. Pierre, A. Perrot, V. Picandet, Y. Guevel, « Cellulose ethers and cement paste permeability ». Cem. Concr. Res. Vol.72, pp. 117–127, 2015.