Comportement au Feu d'un Elément de Construction Imprimé

Melody d'Hondt, Sébastien Rémond, Philippe Leblond, Nicolas Pinoteau

▶ **To cite this version:**

Melody d'Hondt, Sébastien Rémond, Philippe Leblond, Nicolas Pinoteau. Comportement au Feu d'un Elément de Construction Imprimé. DiXite3dPrint : Fabrication Additive pour la Construction. Quelle Actualité Nationale ?, École des Ponts ParisTech, Jan 2019, Champs-sur-Marne, France. hal-02119379

HAL Id: hal-02119379

https://enpc.hal.science/hal-02119379

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.

DiXite3dPrint – Ecole des Ponts ParisTech – 17-18 janvier 2019

Comportement au Feu d'un Elément de Construction Imprimé

Fire Behavior of a Printed Sample for Building

Melody D'HONDT[1], Sébastien REMOND[2], Philippe LEBLOND[1], Nicolas PINOTEAU[1]

1 : Direction Sécurité Structures Feu
Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)
84 avenue Jean Jaurès, 77447 Champs-sur-Marne Cedex 2
e-mail : Melody.DHONDT@cstb.fr

2 : LGCgE, Département Génie Civil & Environnemental
IMT Lille-Douai, Univ. Lille, EA 4515
F-59000 Lille
e-mail : sebastien.remond@imt-lille-douai.fr

La construction additive dans le cadre du bâtiment connait un développement important depuis ces dernières années en Europe. Propulsée par les progrès en robotique associés à l'innovation de nouvelles formulations de matériaux répondant aux contraintes de mise en œuvre [3], le secteur de l'impression 3D offre des perspectives particulièrement prometteuses. Les verrous associés à l'industrialisation du procédé demeurent principalement techniques aujourd'hui et la genèse de la filière est actuellement alimentée en grande partie par des start-ups indépendantes ou rattachées à de grandes entreprises de la construction ainsi que des centres académiques. De cet environnement apparait la nécessité d'accompagner l'impression 3D pour en favoriser l'incursion au sein du cadre technique et réglementaire du bâtiment. C'est à cet effet que le projet MATRICE, abouti en 2017, définit les contraintes performantielles nécessaires à la mise sur le marché de ce type de procédés [1]. L'une de ces contraintes est la sécurité incendie. Sous une sollicitation thermique élevée, les matériaux employés, généralement à base de mortier haute résistance, sont susceptibles de présenter un risque d'écaillage, voire d'explosion. Dans le cadre de la maitrise du risque incendie, l'évaluation à haute température du comportement de ces nouveaux matériaux présente une étape clef.

L'objectif de l'étude est d'acquérir un aperçu du comportement à haute température d'un matériau employé en construction additive. Pour ce faire, un essai au feu a été réalisé au CSTB en sollicitant des parois imprimées sur une face avec une courbe temps-température conventionnelle ISO 834-1 [4]. Le matériau a été découpé dans un corps d'épreuve de géométrie carrée (d'arrête 695 mm et de hauteur 210 cm). La mise en œuvre a été réalisée au sein du département génie civil et environnemental de l'IMT Lille Douai. Le matériau imprimé est un mortier haute performance réalisé avec un sable calcaire concassé, une CEM I 52.5 et un superplastifiant (E/C=0.32, S/C=1.24, SP/C=1.5%). Il correspond au mortier M100/0 formulé dans le cadre du projet MATRICE [2]. Les deux parois découpées ont été positionnées l'une sur l'autre dans un cadre en béton (fig. 1) recouvrant une face du four à gaz permettant d'appliquer la sollicitation thermique. Aucun bridage mécanique n'a été appliqué sur les bords du corps d'épreuve (qui pouvait se dilater librement). Des mesures de température sur la face externe du corps d'épreuve ont été réalisées ainsi que sur les thermomètres à plaque dans le four (permettant le pilotage thermique). Une caméra thermique a permis de définir qualitativement les champs de température sur la surface non-exposée des corps d'épreuve. L'essai a été réalisé après une cure de 96 jours. Le corps d'épreuve a été exposé au feu pendant une durée supérieure à 120 minutes.

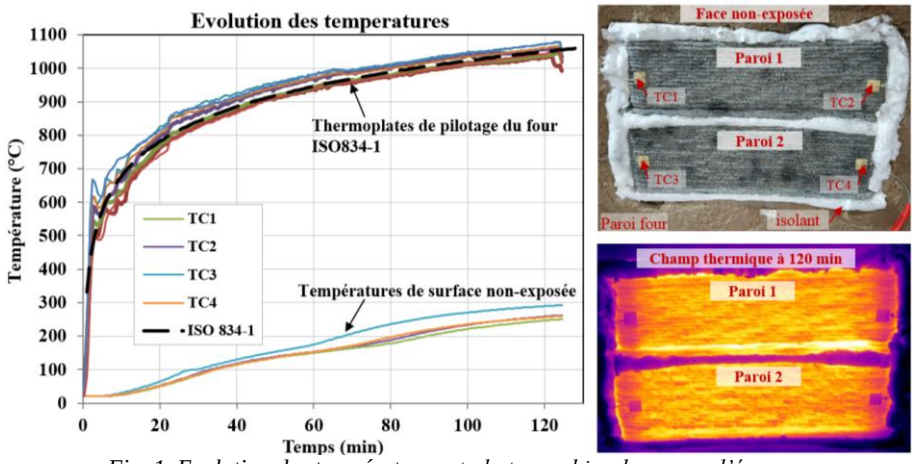

Fig. 1. Evolution des températures et photographies des corps d'épreuve

Les résultats d'essai mettent en évidence une tenue au feu du matériau sans phénomène d'écaillage ou de fissuration marquée. Les mesures de températures dans le four et sur la face non exposée (fig. 1) indiquent la présence d'un gradient thermique élevé (supérieur à 100°C/cm) dans l'épaisseur de la paroi (d'environ 5 cm). Ce gradient thermique a provoqué une courbure thermique du corps d'épreuve avec une flèche avoisinant les 3 mm (orientée vers le four). Le matériau a présenté une intégrité structurale ainsi qu'une étanchéité après 120 minutes de chauffage et après refroidissement. Les observations post-refroidissement ont mis en évidence la présence de microfissures au voisinage des interfaces horizontales entre les cordons sur la hauteur des parois. Un effritement progressif caractérisé par la perte de matière en poudre sur la face exposée a été remarqué au fil du temps après le refroidissement et stockage du corps d'épreuve. L'ensemble de ces phénomènes sont répétables entre les 2 parois suggérant ainsi une uniformité des propriétés régissant le comportement au feu.

Ce premier retour d'expérience sera complété pour établir une méthodologie d'évaluation dans l'optique d'accompagner le développement de l'impression 3D sur le marché vis-à-vis du risque incendie. Cette méthode ambitionne d'une part la qualification du matériau et du procédé de mise en œuvre et d'autre part l'évaluation de l'élément de structure (intégrant la géométrie et d'éventuelles sollicitations mécaniques appliquées).

Remerciements
Les auteurs remercient l'équipe technique (Léo Gontier, Jean-François Moller et Stéphane Charuel) du laboratoire de résistance au feu du CSTB pour la réalisation de l'essai ainsi que M. Maxime Rosambère pour l'analyse des résultats d'essai.

Références

[1] Défis techniques et réglementaires à relever pour les procédés de construction imprimés en 3D, Projet MATRICE, Philippe Leblond, CSTB, 2017
[2] N. Khalil, G. Aouad, K. El Cheikh, S. Rémond, Use of calcium sulfoaluminate cements for setting control of 3D-printing mortars, Construction and Building Materials 157 (2017) 382-391.
[3] Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete – a new processing route for architects and builders, C. Gosselin, R. Duballet, Ph. Roux, N. Gaudillière, J. Dirrenberger, Ph. Morel, *Materials and Design*, 2016, 100, pp.102-109.
[4] CEN. (2002). EN 1991-1-2. Eurocode 1, Part 1-2: Actions on structures: general actions – actions on the structures exposed to fire. Brussels, Belgium 2002.