



Modélisation numérique et analytique du procédé d'impression 3D par liaison sélective de granulats

Alexandre Pierre, Daniel Weger, Arnaud Perrot, Dirk Lowke

► To cite this version:

Alexandre Pierre, Daniel Weger, Arnaud Perrot, Dirk Lowke. Modélisation numérique et analytique du procédé d'impression 3D par liaison sélective de granulats. DiXite3dPrint : Fabrication Additive pour la Construction. Quelle Actualité Nationale?, École des Ponts ParisTech, Jan 2019, Champs-sur-Marne, France. hal-02119399

HAL Id: hal-02119399

<https://enpc.hal.science/hal-02119399>

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.

Modélisation numérique et analytique du procédé d'impression 3D par liaison sélective de granulats

Numerical and analytical modelling of the 3D printing process by selective binding of aggregates

Alexandre Pierre¹, Daniel Weger², Arnaud Perrot³, Dirk Lowke⁴

¹: L2MGC EA4114, Université de Cergy-Pontoise, 5 mail Gay-Lussac – Neuville-sur-Oise, 95031 Cergy-Pontoise, France.
alexandre.pierre@u-cergy.fr

²: Technical University of Munich, Centre for Building Materials (cbm), Munich, Germany

³: Univ. Bretagne Sud, FRE CNRS 3744, IRDL, F-56100 Lorient, France

⁴: University of Braunschweig, Institute of Building Materials, Concrete Construction and Fire Safety (iBMB), Braunschweig, Germany

La fabrication additive de béton et de matériaux cimentaires pourrait révolutionner la conception et la réalisation des structures et ouvrage du génie civil. Des procédés d'impression 3D de dépôt de matière par extrusion ont récemment permis de réaliser des ouvrages et éléments de structure à l'échelle de quelques mètres [1]. Il existe néanmoins d'autres techniques ou procédés de fabrication additive pour le domaine du génie civil telle que la méthode de liaison sélective de granulats par intrusion de pâte cimentaire. Dans le cas cette technique, la buse de l'imprimante 3D applique le liant composé d'eau, de matières minérales et d'adjuvants sur un lit de particules composé de sable et de granulats. L'avantage de cette dernière méthode est que des structures très complexes peuvent être produites sans avoir besoin de structures de soutien [2].

Pour atteindre une résistance mécanique élevée en utilisant cette méthode de pénétration localisée de pâte, la couche d'agrégat appliquée doit être complètement pénétrée par la pâte de ciment pour se lier avec les couches inférieures [2]. Ce n'est que lorsque les couches sont complètement remplies de la pâte de ciment qu'une structure monolithique et homogène avec un comportement mécanique de qualité, peut être fabriquée (cf. figure 1) [3]. Ainsi, l'écoulement de pâte de ciment à travers la couche de sable doit être maîtrisé.

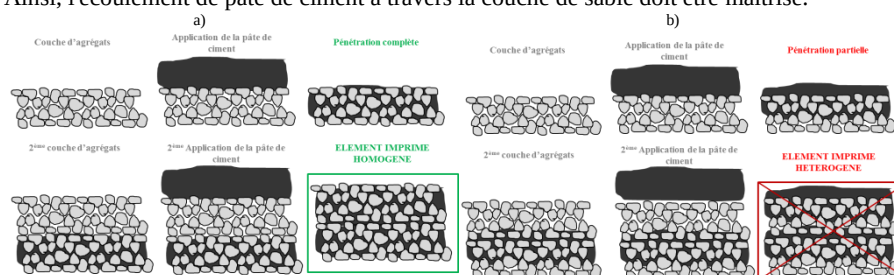


Fig. 1. Schématisation de la pénétration de pâte de ciment. Cas a) Pénétration complète ; Cas b) Pénétration incomplète.

Ce travail vise à fournir et à valider la pénétration de pâtes cimentaires à travers des couches de particules de sable en utilisant un outil de simulation numérique. Dans cet objectif, une méthode de suivi d'interface et un modèle viscoplastique continu ont été utilisés pour

simuler la pénétration de la pâte cimentaire et comparer les résultats numériques avec des modèles analytiques issus de la littérature [3]. Nous discutons d’abord de l’influence des conditions aux limites à l’interface sable - pâte sur la profondeur de pénétration car l’absorption du sable peut empêcher la diminution de la teneur en eau de la pâte de ciment. Nous décrivons ensuite la pénétration en fonction de la contrainte seuil (τ_c) de la pâte cimentaire, du diamètre moyen des particules de sable (D_{50}) et de la porosité du lit de particules. Nous montrons que la modélisation numérique permet de prédire la valeur de la profondeur de pénétration de la pâte en fonction de la contrainte seuil de la pâte de ciment et des propriétés du lit de sable (cf. figure 2). Enfin, nous évaluons également l’effet du comportement thixotrope de la pâte et du comportement en cisaillement pendant la pénétration.

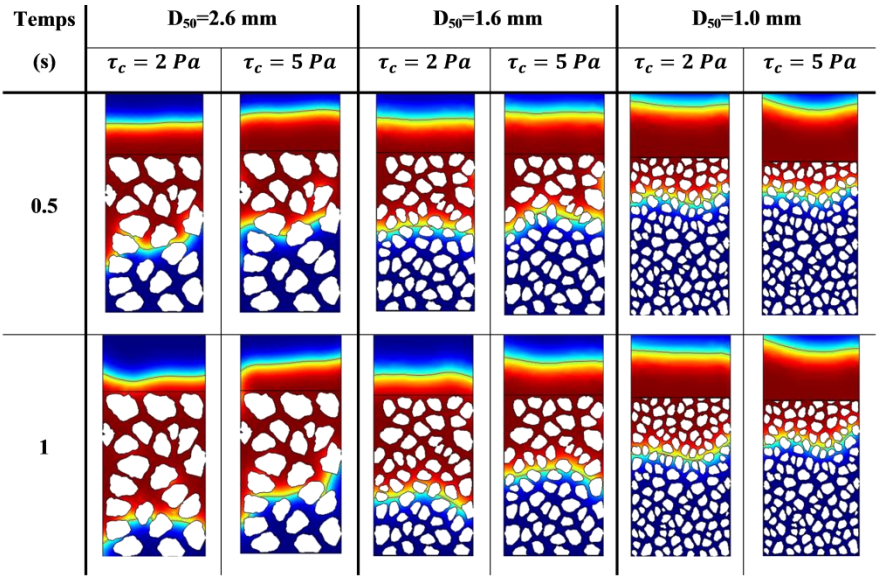


Fig. 2. Suivi de la pénétration de pâte de ciment dans un assemblage granulaire obtenu par simulation numérique.

[1] “Special Issues, Cement and Concrete research 112 (2018) 1-4.”
[2] “Dirk Lowke, Enrico Dini, Arnaud Perrot, Daniel Weger, Christoph Gehlen, Benjamin Dillenburger, Particle-bed 3D printing in concrete construction – Possibilities and challenges, Cement and Concrete Research, Volume 112, 2018, Pages 50-65, ISSN 0008-8846.”
[3] “A. Pierre, D.Weger, A. Perrot, D. Lowke, Penetration of cement pastes into sand packings during 3D printing: analytical and experimental study, Materials and Structures (2018) 51:22.”