

English Version below

Optimisation de l'élaboration de produits céramiques par micro-extrusion à partir de pâtes éco-responsables

Etablissement : Université de Limoges

École doctorale : SCIENCES ET INGENIERIE

Spécialité : Matériaux céramiques et traitements de surface

Equipe : IRCER AXE 1 PROCEDES CERAMIQUES

Unité de recherche : Institut de Recherche sur les Céramiques

Encadrement de la thèse : Pierre-Marie Geffroy ; co-encadrant : Julie Bourret, Vincent Pateloup

Financement du 01-10-2022 au 30-09-2025 : concours pour un contrat doctoral

Début de la thèse : 1 octobre 2022

Date limite de candidature (à 23h59) : 13 juin 2022

Candidature sur le site :

https://www.adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?langue=&site=unilimSI&matricule_prop=43653#version

Contacts :

Julie Bourret : julie.bourret@unilim.fr 05 87 50 23 96

Pierre-Marie Geffroy : pierre-marie.geffroy@unilim.fr 05 87 50 23 39

Vincent Pateloup : vincent.pateloup@unilim.fr 05 87 50 24 40

Mots clés

Procédé céramique de micro-extrusion, Chaîne numérique

Profil et compétences recherchées

Un profil « science des matériaux » ou « science de l'ingénieur », ayant une formation généraliste Bac+5 solide en sciences des matériaux ou sciences de l'ingénieur, et un fort attrait pour le travail expérimental.

Résumé du projet de thèse

Cette thèse porte principalement sur le développement du procédé de micro-extrusion pour la mise en forme de matériaux céramiques. D'une part, elle concerne l'élaboration de pâtes céramiques (oxydes ou non oxydes) éco-responsables concentrées ($> 45\%$ vol) novatrices et prêtes à l'emploi. Leur comportement rhéologique doit être adapté au procédé de micro-extrusion et assurer une cohésion suffisante de la pièce céramique crue. D'autre part, elle consiste à développer, à l'IRCER, une chaîne numérique spécifiquement dédiée à la production de pièces en céramique. A l'opposé de la fabrication de produits métalliques ou plastiques via des procédés de fabrication additive, aucun logiciel spécialisé pour la micro-extrusion de pièces céramiques, qui serait capable de calculer un programme de fabrication directement à partir d'un modèle CAO, n'est disponible sur le marché. Ainsi, la seule solution viable consiste à utiliser et à adapter les éléments de la chaîne numérique déjà existants pour d'autres processus de prototypage. Les travaux menés concernant ce dernier point devraient permettre de micro-extruder tout objet à partir d'un modèle numérique de manière quasi-automatique, en ayant paramétré les différents maillons de la chaîne numérique, dont la stratégie de dépôt, en fonction des caractéristiques d'extrudabilité des pâtes développées et des propriétés structurales et microstructurales finales souhaitées.

Objectif et contexte

Les objectifs de cette thèse sont :

- d'élaborer des pâtes céramiques éco-responsables de références, prêtes à l'emploi et
- de fabriquer des pièces denses, sans défauts, avec des propriétés mécaniques comparables à celles de la littérature, en optimisant les formulations des pâtes et la chaîne numérique (choix des paramètres de la machine et stratégie de chemin).

Depuis quelques années au sein de l'Institut de Recherche sur les Céramiques à Limoges, une équipe de chercheurs et d'enseignants-chercheurs déploie une thématique concernant l'élaboration de pâtes céramiques éco-responsables pour l'impression 3D.

Le but est de développer le procédé de micro-extrusion, selon une approche innovante liée au respect des principes de la chimie verte.

Précision sur l'encadrement

La thèse se déroule en 3 ans à l'Institut de Recherche sur les Céramiques (IRCER), à Limoges, au sein de l'axe 1 'Procédés céramiques'. Le doctorant suivra les modules de la formation doctorale obligatoire de l'Université de Limoges, afin d'enrichir sa formation :

- Formations scientifiques thématiques
- Formations scientifiques spécialisées proposées par l'IRCER
- Formations professionnalisantes autour des outils numériques, de la diffusion scientifique, de l'entrepreneuriat, des langues...

Le doctorant pourra s'appuyer sur les compétences du personnel de l'IRCER et sur les moyens qui y sont développés. Il bénéficiera du suivi régulier d'une équipe encadrante (discussions sur les

avancements scientifiques, problèmes rencontrés, solutions envisagées...). Au cours de la thèse, une participation à au moins deux congrès dont un, international, est envisagée.

Conditions scientifiques matérielles (conditions de sécurité spécifiques) et financières du projet de recherches

Le financement serait assuré, grâce à la réussite un appel à projet de la Région Nouvelle-Aquitaine en 2022 et un financement d'un projet ANR JCJC.

La thèse sera menée à l'Institut de Recherches sur les Céramiques (IRCER), à Limoges, au sein de l'axe 1 'Procédés céramiques'. Le laboratoire IRCER est l'un des leaders européens dans le domaine des procédés céramiques parce qu'il s'attache à maîtriser toutes les étapes de la mise en forme des céramiques en partant de la matière première jusqu'à l'objet aux propriétés visées.

D'un point de vue général, les travaux menés à l'IRCER ont pour objet l'étude des transformations de la matière intervenant dans la mise en œuvre de procédés céramiques et de procédés de traitements de surface. L'activité du laboratoire s'inscrit ainsi à l'intersection du domaine des matériaux - céramiques - et de l'ingénierie des procédés. Les activités du laboratoire s'appuient principalement sur les matériels et les compétences d'une plateforme technique, CARMALIM (CARactérisation des Matériaux de LIMoges), spécialement dédiée à la caractérisation physico-chimique des matériaux. Pour des mesures plus spécifiques concernant par exemple la caractérisation des polymères naturels (mesures de masses molaires, etc), le doctorant pourra s'appuyer également sur les compétences des laboratoires PEREINE à Limoges ou PBS à Rouen.

Enfin, dans ce projet, des partenaires industriels sont identifiés et associés : les entreprises IMERYS Tableware France et ALTEO pour fournir des matières premières céramiques et pour les valoriser, et Lynxter et le Centre de Transfert de Technologies Céramiques (CTTC), acteurs locaux de la fabrication additive, intéressés par le développement de nouveaux marchés concernant la production de nouvelles pâtes ou bien l'optimisation de machines d'impression et dont le rôle sera de favoriser l'accélération de la montée en maturité, par exemple en mettant à disposition des équipements dédiés au scale-up.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle, ...

Les travaux de recherche du doctorant seront valorisés, notamment à travers la rédaction d'articles scientifiques à comité de lecture dans des journaux internationaux à fort impact tels que le 'Journal of European Ceramic Society' (JECS), la participation à des congrès, nationaux et internationaux, etc.

Références bibliographiques

- Micro extrusion of innovative alumina pastes based on aqueous solvent and eco-friendly binder. J. Bourret, El Younsi I, M. Bienia, A. Smith, P-M. Geffroy, J. Marie, Y. Ono, T. Chartier, and V. Pateloup. *Journal of the European Ceramic Society*, 38 (7):2802–2807, 2018.
- Impact of bio-based binders on rheological properties of aqueous alumina slurries for tape casting,” Jérémy Marie, Julie Bourret, Pierre-Marie Geffroy, Thierry Chartier, Marguerite Bienia, Vincent Chaleix, Luc Picton, Agnès Smith “*J. Eur. Ceram. Soc.*, 2021, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2021.03.049.
- S. S. L. Chan, M. L. Sesso, and G. V. Franks. Direct ink writing of hierarchical porous alumina-stabilized emulsions: Rheology and printability. *Journal of the American Ceramic Society*, 103(10):5554–5566, 2020.
- J Cesarano III. A review of robocasting technology. *Materials, Research Society Symposium - Proceedings*, 542:133–139, 1999.
- J. Jiang and Y. Ma. Path planning strategies to optimize accuracy, quality, build time and material use in additive manufacturing: A review. *Micromachines*, 11(633), 2020.

Optimization of the development of ceramic products by micro-extrusion from eco-responsible pastes

Establishment: Université de Limoges

Doctoral school: SCIENCES ET INGENIERIE

Speciality : Matériaux céramiques et traitements de surface

Team : IRCER AXE 1 PROCEDES CERAMIQUES

Research unit: Institut de Recherche sur les Céramiques

Thesis supervision: Pierre-Marie Geffroy ; co-encadrant : Julie Bourret, Vincent Pateloup

Funding from 01-10-2022 to 30-09-2025 : concours pour un contrat doctoral

Start of the thesis: 1 october 2022

Application deadline (à 23h59) : 13 june 2022

Website :

https://www.adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?langue=&site=unilimSI&matricule_prop=43653#version

Contacts :

Julie Bourret : julie.bourret@unilim.fr 05 87 50 23 96

Pierre-Marie Geffroy : pierre-marie.geffroy@unilim.fr 05 87 50 23 39

Vincent Pateloup : vincent.pateloup@unilim.fr 05 87 50 24 40

Keywords

Micro-extrusion ceramic process, Digital chain

Profile and skills required

A “materials science” or “engineering science” profile, with a solid background in science, or engineering science, and a strong willing and taste for experimental work.

Project description

This thesis mainly focuses on the development of the micro-extrusion process for shaping ceramic materials. On the one hand, it concerns the development of eco-responsible concentrated (> 45% vol) innovative and ready-to-use ceramic pastes (oxides or non-oxides). Their rheological behavior must be adapted to the micro-extrusion process and ensure sufficient cohesion of the green ceramic part. On the other hand, it consists in developing, at IRCER, a digital chain

specifically dedicated to the production of ceramic parts. Unlike the manufacture of metal or plastic products via additive manufacturing processes, no specialized software for the micro-extrusion of ceramic parts, which would be able to calculate a manufacturing program directly from a CAD model, is available in the market. Thus, the only viable solution is to use and adapt the already existing digital chain elements for other prototyping processes. The work carried out on this last point should make it possible to micro-extrude any object from a digital model in a quasi-automatic way, having parameterized the various links of the digital chain, including the deposit strategy, according to the characteristics of the extrudability of the developed pastes and the desired final structural and microstructural properties.

References

- Micro extrusion of innovative alumina pastes based on aqueous solvent and eco-friendly binder. J. Bourret, El Younsi I, M. Bienia, A. Smith, P-M. Geffroy, J. Marie, Y. Ono, T. Chartier, and V. Pateloup. *Journal of the European Ceramic Society*, 38 (7):2802–2807, 2018.
- Impact of bio-based binders on rheological properties of aqueous alumina slurries for tape casting,” Jérémy Marie, Julie Bourret, Pierre-Marie Geffroy, Thierry Chartier, Marguerite Bienia, Vincent Chaleix, Luc Picton, Agnès Smith “*J. Eur. Ceram. Soc.*, 2021, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2021.03.049.
- S. S. L. Chan, M. L. Sesso, and G. V. Franks. Direct ink writing of hierarchical porous alumina-stabilized emulsions: Rheology and printability. *Journal of the American Ceramic Society*, 103(10):5554–5566, 2020.
- J Cesarano III. A review of robocasting technology. *Materials, Research Society Symposium - Proceedings*, 542:133–139, 1999.
- J. Jiang and Y. Ma. Path planning strategies to optimize accuracy, quality, build time and material use in additive manufacturing: A review. *Micromachines*, 11(633), 2020.