

STAGE DE MASTER
OLIVIER LIOT
TÉRENCE DESCLAUX

Toulouse, France

PRINTEMPS - ÉTÉ 2021
MORGAN DELARUE
PIERRE JOSEPH

Étude numérique d'un agrégat de levures sous contraintes fluides

Lorsqu'une suspension traverse un milieu poreux, les particules peuvent être retenues et former un bouchon. Cela augmente la résistance à l'écoulement, jusqu'à bloquer presque totalement le flux. Mieux comprendre les processus en jeu est alors essentiel pour l'industrie, notamment pour dimensionner et améliorer les membranes de filtration utilisées dans le traitement de l'eau ou pour la dépollution des sols. De plus, la présence d'objets biologiques dans les bouchons engendre des questions de recherche d'actualité et à l'interface entre plusieurs communautés (mécanique, physique, génie des procédés, chimie, biologie) (Dressaire et Sauret, 2017). En effet, les cellules vivantes ont des propriétés particulières qui peuvent modifier le comportement des agrégats formés : ce sont des objets déformables, anisotropes, dotés de mécanismes d'adhésion spécifiques et de comportements propres au vivant (reproduction, respiration, différenciation, mort...). Ainsi, **l'objectif de ce stage est d'étudier les propriétés physiques et biophysiques d'un agrégat de cellules vivantes forcé et traversé par un fluide.**

Dans ce cadre, l'approche numérique semble très prometteuse. En effet, d'un côté la mécanique des cellules de levures *Saccharomyces cerevisiae* est bien documentée (Vella et al., 2012 ; El-Kirat-Chatel et al., 2015). D'un autre côté, des modèles permettent de simuler la mécanique d'une assemblée de particules, notamment en présence d'un écoulement (Trofa et al. 2019). Par ailleurs, les recherches autour du colmatage et du comportement de levures sous forçage mécanique font partie de l'expertise des équipes MPB de l'IMFT et MILE du LAAS. Un premier travail a d'ailleurs été initié en interne et a permis une première reproduction assez prometteuse des expériences (cf. figure 1). Mais il a été conduit avec des hypothèses fortes, qui limitent sa portée : (i) les forces de contact entre cellules (adhésion, compressibilité / déformabilité) ont été paramétrées grossièrement, (ii) la rétroaction du bouchon sur l'écoulement a été négligée, (iii) les aspects biologiques des cellules (reproduction, diversité) n'ont pas été pris en compte. L'enjeu de ce stage est donc de lever l'ensemble de ces limitations. **L'analyse des résultats obtenus permettra de quantifier l'importance de processus locaux – comme la compressibilité individuelle des cellules ou les mouvements de réarrangements dans le bouchon – pour expliquer des propriétés globales – comme la compressibilité de l'ensemble du bouchon, la microstructure ou la perméabilité.** Parallèlement, des expériences de laboratoire explorent les mêmes questions. Le travail de stage sera donc en lien direct avec celles-ci, ce qui guidera à la fois les calculs et les protocoles d'expériences.

Le candidat.e sera localisé.e principalement à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (proche du centre-ville). Le code est développé dans le langage MATLAB, et sera déployé sur un super-calculateur. Le temps de travail sera de 35 heures par semaine et la gratification de 560 euros net par mois. Pour plus de renseignements et pour candidater, merci de contacter (en joignant CV et une courte lettre de motivation) :

- Olivier Liot (olivier.liot@imft.fr)
- Térence Desclaux (tdesclaux@laas.fr)
- Morgan Delarue(morgan.delarue@laas.fr)
- Pierre Joseph (pierre.joseph@laas.fr)

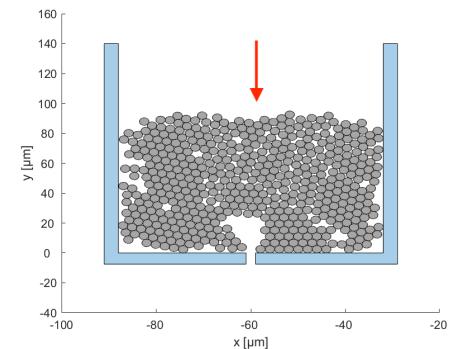


Figure 1: Résultat d'une simulation. Les levures sont représentées par des cercles gris, et les bords du dispositif en bleu. Un écoulement traverse le bouchon de haut en bas (flèche rouge).

MASTER TRAINEESHIP
 OLIVIER LIOT
 TÉRENCE DESCLAUX

Toulouse, France

SPRING - SUMMER 2021
 MORGAN DELARUE
 PIERRE JOSEPH

Numerical study of a yeast aggregate under fluid constraints

When a suspension passes flows a porous medium, the particles can be retained and form a clog. This increases the hydraulic resistance, almost completely blocking the flow. A better understanding of the processes involved is therefore essential for the industry, in particular to dimension and improve the filtration membranes used in water treatment or for soil remediation. In addition, the presence of biological objects in clogs generates topical research questions, at the interface between several communities (mechanics, physics, process engineering, chemistry, biology) (Dressaire and Sauret, 2017). Indeed, living cells have particular properties which can modify the behavior of the aggregates formed : they are deformable and anisotropic objects, endowed with specific adhesion mechanisms and behaviors specific to living organisms (reproduction, respiration, differentiation, death...). Thus, **the objective of this internship is to study the physical and biophysical properties of an aggregate of living cells forced and crossed by a fluid.**

In this context, a numerical approach seems very promising. Indeed, on the one hand, the mechanics of yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*) is well documented (Vella et al., 2012; El-Kirat-Chatel et al., 2015). On the other hand, models can simulate the mechanics of an assembly of particles, especially in the presence of a flow (Trofa et al. 2019). In addition, research on the clogging and behavior of yeasts under mechanical forcing is part of the expertise of the MPB team of IMFT and MILE, of LAAS. A first work has been internally initiated and allows a fairly promising reproduction of the experiments (see figure 2). But it was carried out with strong assumptions, which limit its scope: (i) the contact forces between cells (adhesion, compressibility / deformability) are roughly parameterized, (ii) the feedback of the clog on the flow is neglected , (iii) the biological aspects of cells (reproduction, diversity) have not been taken into account. The challenge of this internship is therefore to remove all of these limitations. **The analysis of the results obtained will allow to quantify the importance of local processes - such as the individual compressibility of cells or the rearrangement movements in the plug - to explain global properties - such as the compressibility of the entire clog, microstructure or permeability.** The internship work will therefore be directly linked to these manipulations, which will guide both the calculations and the experimental protocols.

The candidate will be mainly located at the Institute of Fluid Mechanics of Toulouse (near the city center). The code is developed in the MATLAB language, and will be deployed on a supercomputer. The working time will be 35 hours per week and the stipend of 560 euros net per month. For more information and to apply, please contact (attaching CV and a short cover letter):

- Olivier Liot (olivier.liot@imft.fr)
- Térence Desclaux (tdesclaux@laas.fr)
- Morgan Delarue(morgan.delarue@laas.fr)
- Pierre Joseph (pierre.joseph@laas.fr)

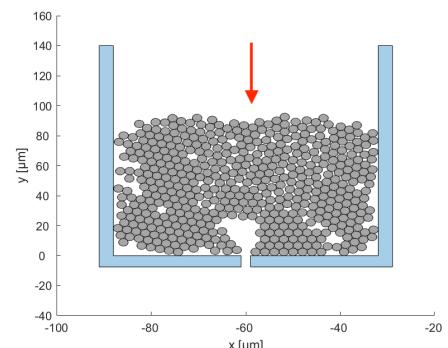


Figure 2: Result of a simulation. The yeasts are represented by gray circles, and the edges of the device in blue. A flow passes through the plug from top to bottom (red arrow).