



Irstea – Centre de Rennes
17 avenue de Cucillé
35700 Rennes
tél. +33 (0)223482121
www.irstea.fr

Proposition de stage :

Modélisation 3D de la croissance de bulles dans un matériau viscoélastique

Contexte :

Le stage s'inscrit dans un projet regroupant plusieurs laboratoires et un industriel du secteur laitier. Il porte sur l'étude des mécanismes et l'évolution des ouvertures (bulles) dans les fromages à pâte pressée non cuite (de type Comté, Leerdammer, etc.). Les laboratoires impliqués développent des compétences en imagerie IRM, en génie des procédés, en modélisation et simulation ainsi qu'en caractérisation des aliments. Le/la stagiaire recruté(e) bénéficiera des compétences des équipes impliquées dans le projet. Ce stage s'inscrit dans une démarche de conception produit et d'optimisation de procédé à l'aide de simulation numérique.

Objectif :

Modéliser la croissance de bulles dans un matériau viscoélastique sous **COMSOL Multiphysics** fait déjà l'objet de plusieurs développements. Mais les modélisations effectuées jusqu'à ce jour n'ont que partiellement abordé l'étude de plusieurs cavités gazeuses interagissant entre elles. Or les résultats préliminaires portant sur l'interaction entre deux cavités montrent que cela influence la hiérarchisation des phénomènes de transport établie dans le cas d'une bulle isolée. D'où l'introduction de nouveaux paramètres pouvant piloter la croissance des bulles, comme par exemple : la taille initiale et la distance séparant les bulles. Il est clair que ces deux paramètres géométriques pourraient jouer un rôle aussi important que le taux de production ou de diffusion du CO₂ dans la croissance des bulles. Ainsi, seule une approche **3D** permettrait de mieux cerner les problèmes inhérents à l'échelle de plusieurs bulles et de poser les bases d'un véritable outil de simulation à l'échelle d'une meule de fromage.

Dans le cadre du développement numérique à grande échelle (bloc fromage, 2^{ème} partie du stage), il faudrait idéalement intégrer au modèle, la prise en compte d'un film plastique entourant le bloc fromage (les propriétés mécaniques du film et les propriétés sous la surface du film, seront fournies au stagiaire). La prise en compte de ce film permettra de reproduire l'évolution de la forme du bloc de fromage au cours de l'affinage.

Les objectifs du stage seront :

- D'abord : **de prendre en main le code multiphysique (production de CO₂, transport et lois d'équilibre aux interfaces, déformation mécanique) dans sa version 2D** avec 2 cavités gazeuses (modèle développé par l'IRSTEA). Il sera pour cela encadré par son responsable ;
- Ensuite : **de développer un modèle 3D**, représentant le **block de fromage industriel sans son film d'emballage**. Ce modèle intègrera, pour la première fois dans le domaine agroalimentaire, la prise en



compte de quelques bulles (jusqu'à 10) dans le but d'étudier leurs interactions mutuelles et les conséquences sur le volume, la forme et la pression des bulles ;

- Enfin, si cette première partie du travail est réalisée avec succès, **l'étudiant intégrera au modèle 3D, la notion de film plastique entourant le bloc de fromage industriel** pour se rapprocher encore plus des conditions rencontrées en milieu industriel et reproduire au mieux la déformation du bloc fromage contraint par le film qui l'entoure.

L'étudiant apportera à l'équipe ses compétences dans le domaine numérique pour résoudre les problèmes de convergence ou de maillage éventuellement rencontrés dans les étapes de construction du modèle 3D.

Profil :

Bonne connaissance de la modélisation numérique, une expérience de la programmation et si possible avoir déjà travaillé sous **COMSOL Multiphysics**.

Compétences en mécanique des milieux continus et comportement des matériaux. Le sujet s'adresse à des candidats de niveaux Master 2.

Informations pratiques :

Le stage est situé au centre IRSTEA-Rennes pour un démarrage en février ou mars 2016 et pour une durée de quatre à six mois. Indemnités : ~550 € par mois.

Merci d'envoyer lettre de motivation et CV détaillé à Georges Fokoua (georges.fokoua@irstea.fr, +33(0)299299151).