

## Stage de Master 2 et proposition de thèse

Encadrants : Thomas Gibaud, Thibaut Divoux & Sébastien Manneville

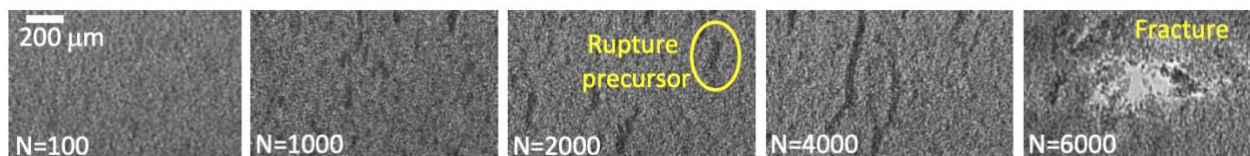
Lieu : Laboratoire de Physique, École Normale Supérieure de Lyon & CNRS, France

---

### Précurseurs de rupture dans les gels de protéines sous fatigue

---

Les gels de protéines sont constitués d'assemblages de protéines dispersés dans l'eau et liés par des interactions attractives en un réseau de brins micrométriques s'étendant dans l'espace. Ces solides mous sont utilisés dans des applications très variées, allant des produits alimentaires aux produits cosmétiques et pharmaceutiques. Leur résistance mécanique à une contrainte oscillante est essentielle à leur utilisation pratique. Malgré d'importants progrès récents [1,2], les mécanismes fondamentaux qui sous-tendent la rupture des gels restent mal compris. **Ce stage vise à identifier les précurseurs microscopiques de la rupture dans les gels de protéines grâce à des expériences combinant rhéologie et microscopie confocale sous cisaillement ou compression oscillante.** Nous quantifierons l'accumulation de l'endommagement à travers les réarrangements de particules et les variations locales de la concentration en protéines conduisant à la rupture finale (voir images préliminaires ci-dessous).



Images microscopiques successives d'un gel de protéines endommagé par  $N$  oscillations de déformation d'amplitude 80%.

Ce stage pourra se poursuivre par une **thèse financée par le projet ANR "MICROFAT"** (2023-2027), dont l'objectif général est de caractériser, modéliser et prédire la rupture des gels de protéines. Notre équipe collaborera avec (i) l'unité de recherche SayFood d'AgroParisTech (Paul Menut et Cassandre Leverrier) pour la conception de gels de protéines à base de protéines laitières et végétales, (ii) le CEA Marcoule (Arnaud Poulesquen) pour la caractérisation microstructurale par diffusion de lumière et de rayons X, et (iii) le laboratoire 3SR de l'Université Grenoble Alpes (Mehdi Bouzid) pour les simulations numériques.

**Compétences** – Nous recherchons un.e candidat.e formé.e en matière molle avec une formation générale en physique, physico-chimie ou science des matériaux. Une connaissance préalable de la rhéologie, de la microscopie et de l'analyse d'image (ImageJ, Matlab ou Python) sera un bon atout. Une expérience supplémentaire en formulation ou en diffusion du rayonnement sera appréciée.

**Dates** – Stage de M2 : 3 à 6 mois entre février 2023 et août 2023

Thèse : 3 ans démarrant entre septembre 2023 et octobre 2024 (salaire : 2135 € brut par mois)

**Contact** – Encadrement par Thomas Gibaud, Thibaut Divoux et Sébastien Manneville au Laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon. Merci d'envoyer CV, lettre de motivation et une ou deux lettres de recommandation par e-mail à : [thomas.gibaud@ens-lyon.fr](mailto:thomas.gibaud@ens-lyon.fr).

[1] S. Aime, L. Ramos, L. Cipelletti, Microscopic dynamics and failure precursors of a gel under mechanical load, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **115**(14), 3587-3592 (2018)

[2] T. Gibaud, T. Divoux, S. Manneville, Nonlinear mechanics of colloidal gels: creep, fatigue, and shear-induced yielding, in *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, Springer (2020), [arXiv link](#)