Proposition de stage M1 ou M2

Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon

Effet de la morphologie des particules sur les propriétés rhéologiques de gels de nanocristaux de cellulose

Encadrants : Sébastien Manneville (professeur ENS), Thibaut Divoux (CNRS) et Lise Morlet-Decarnin (Doctorante)

Contacts : sebastien.manneville@ens-lyon.fr, thibaut.divoux@ens-lyon.fr, lise.morlet-decarnin@ens-lyon.fr

Polymère naturel le plus abondant sur Terre, la cellulose est utilisée depuis des millénaires comme source d'énergie ou comme matériau de construction. Biocompatibles, biodégradables et facilement recyclables, les dérivés de la cellulose constituent une alternative séduisante aux polymères de synthèse issus de la pétrochimie. En particulier, les "nanocristaux de cellulose" (NCC) offrent des possibilités prometteuses grâce à leur dureté exceptionnelle et à leurs propriétés optiques remarquables [1]. Ces cristaux nanométriques, extraits des plantes par hydrolyse acide, sont des bâtonnets cylindriques d'une longueur typique de 200 nm et d'un diamètre d'environ 20 nm, variables selon leur source. Une fois mis en solution en présence de sel, ils forment un gel réversible, pouvant se reconstruire spontanément à l'identique après avoir été cassé.

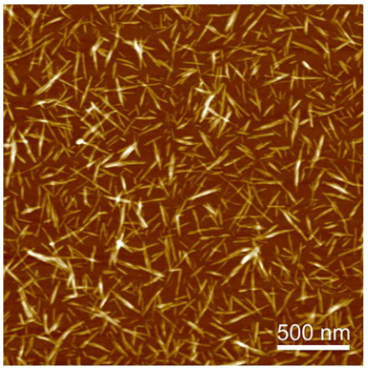

Image de NCC par microscopie à force atomique [1].

Malgré de nombreux travaux antérieurs, la compréhension de la structure et des propriétés mécaniques des suspensions de NCC reste très sommaire. La rhéologie est un bon moyen pour enrichir cette compréhension des gels de NCC. Elle consiste à étudier la réponse mécanique de matériaux mous lorsque ceux-ci sont soumis à différentes déformations, dans des conditions bien contrôlées en température, humidité, etc.

L'objectif du stage sera donc de compléter l'étude de la réponse mécanique des gels de NCC en mettant en évidence le rôle de l'anisotropie des particules sur leurs propriétés rhéologiques. En effet, il a été remarqué que les gels de NCC présentent des comportements rhéologiques assez singuliers, répondant à des principes d'universalité robustes avec les concentrations en sel et en NCC. En particulier, la dynamique de reformation des gels de NCC après fluidification par un fort cisaillement présente un découplage de temps caractéristiques très inattendu, non observé dans les systèmes classiques de particules isotropes [2, 3]. Ce stage permettrait donc de comprendre l'origine physique de cette spécificité (provenant des NCC en soit, ou simplement de leur forme anisotrope), en effectuant des expériences avec des NCC de différentes tailles, ou d'autres particules ayant les mêmes dimensions mais des intéractions interparticulaires différentes. Les suspensions de NCC seront fabriquées de manière très simple, en utilisant une dispersion commerciale qu'il suffira de diluer dans de l'eau salée, à des concentrations en NCC et en sel données. Les mesures rhéologiques se feront à l'aide d'un rhéomètre, et le contrôle en température est assuré par un module Peltier. Le traitement des données rhéologiques sera effectué en Matlab et en Python. Ce projet convient à un stage de niveau M1 ou M2.

[1] Klemm, D. ; others Nanocellulose as a natural source for groundbreaking applications in materials science : Today's state. *Materials Today* **2018**, *21*, 720–748.

[2] Morlet-Decarnin, L. ; Divoux, T. ; Manneville, S. Slow dynamics and time–composition superposition in gels of cellulose nanocrystals. *The Journal of Chemical Physics* **2022**, *156*, 214901.

[3] Morlet-Decarnin, L. ; Divoux, T. ; Manneville, S. Critical-like gelation dynamics in cellulose nanocrystal suspensions. *arXiv preprint arXiv :2309.05116* **2023**,