

Propriétés rhéologiques de solutions de collagène : Principe de superposition temps-contrainte et déformation seuil.

S. Asnacios¹, F. Gobeaux², E. Belamie³, G. Mosser², P. Davidson⁴

Laboratoire Matière et Systèmes Complexes (MSC), UMR 7057 CNRS & Université Paris Diderot, UPMC

²*Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris,*

³*Laboratoire "Matériaux du Vivant et Vectorisation" de l'École Pratique des Hautes Etudes, Montpellier*

⁴*Laboratoire de Physique des Solides, Orsay.*

Les tissus conjonctifs comme la cornée, les os les tendons sont principalement constitués de triples hélices de collagène qui, auto-assemblées en structures supramoléculaires organisées, forment la matrice extracellulaire. In vitro, les solutions acides de collagène neutralisées sont considérées comme des modèles raisonnables du procollagène, précurseur neutro-soluble du collagène sécrété par les cellules. Nous nous intéressons aux propriétés rhéologiques de telles solutions sur une large gamme de concentration et au couplage entre propriétés mécaniques et structuration.

Aux faibles concentrations, on observe des réponses caractéristiques de solutions diluées et semi-diluées de macromolécules. De manière inattendue, les solutions de plus forte concentration présentent des modules viscoélastiques évoluant en loi de puissance de la fréquence de sollicitation, révélant ainsi un spectre continu de temps de relaxation (G' , $G'' \sim \omega^\alpha$ ($\alpha=0.15-0.3$)). Ce comportement est similaire à celui des réseaux d'actine, des cellules vivantes et plus généralement des vitreux mous. Des mesures en SAXS suggèrent une corrélation entre l'apparition de cette réponse mécanique en loi de puissance et un ordre local d'orientation des triples hélices.

D'autre part, nous avons montré que l'évolution temporelle de la déformation sous différentes contraintes (σ) pouvait être décrite par une courbe maîtresse révélant ainsi un principe original de superposition « temps-contrainte » (TSS), analogue au principe de superposition « temps-température » (TTS), bien établi dans le domaine des polymères. Cette courbe maîtresse montre qu'une solution concentrée de collagène s'écoule à partir d'une déformation seuil et non d'une contrainte seuil comme c'est le cas pour une large catégorie de fluides complexes. L'existence d'une déformation seuil et l'application du TSS se généralisent-ils à d'autres systèmes ? Quels sont les éléments structuraux et les mécanismes sous-jacents ? Comment ce type de comportement se compare-t-il à celui du fluide à contrainte seuil dont la description suscite encore des polémiques ?