

Sujet de stage de master : Caractérisation physico-chimique multi-échelle de la dégradation du collagène – Application aux parchemins

Préparés à partir de peaux animales, les parchemins sont constitués essentiellement de fibres de collagène et sont sensibles à divers facteurs d'altération, principalement l'eau (hydrolyse) et la chaleur (oxydation). Un défi crucial pour définir des traitements ou des conditions de conservation adaptées est de déterminer l'état de conservation du collagène de manière non invasive et ainsi prévenir une dégradation irrémédiable du parchemin, la gélatinisation. Le but de ce projet est de mesurer et caractériser les modifications physico-chimiques et morphologiques du collagène en fonction des conditions de température et d'humidité et de comprendre leurs origines à l'échelle de la fibre de collagène. Notre approche est basée sur la microscopie optique non-linéaire (NLO), également appelée microscopie multiphoton, technique non invasive à l'échelle micrométrique pour caractériser l'état de conservation du collagène sous forme fibrillaire. Nous avons montré que la microscopie NLO présente l'avantage majeur d'être sensible à l'altération du collagène [1]. Un fort signal de génération de seconde harmonique (SHG), caractéristique du collagène intact, est obtenu sur les zones préservées des parchemins, tandis que ce signal diminue et peut même disparaître au profit d'un signal de fluorescence dans les zones altérées (Fig. 1a). Par ailleurs, l'analyse polarimétrique des signaux SHG (p-SHG), qui est une sonde du désordre local à l'échelle du volume focal, c'est-à-dire à l'échelle des fibrilles de collagène, montre une sensibilité aux premiers stades de dégradation des parchemins [2,3] (Fig. 1b).

L'enjeu principal de ce projet est de faire le lien à la fois entre différentes échelles sondées (la fibre isolée et le parchemin intact) et les différents signaux d'optique non-linéaire collectés issus du collagène dans les parchemins. Les objectifs sont :

1. d'identifier, pour différentes conditions d'altération (hydrolyse, oxydation), les caractéristiques physico-chimiques associées : diminution du signal SHG, augmentation du signal de fluorescence, désordre local des fibrilles de collagène constituant les fibres,
2. de suivre et d'interpréter plus finement l'évolution des signaux optiques à l'échelle d'une fibre isolée au cours de l'altération.

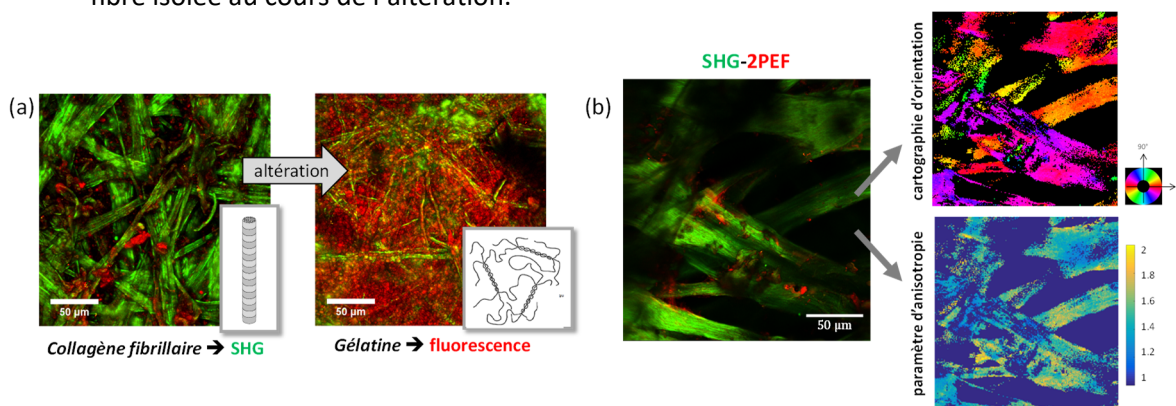


Figure 1 : (a) Imagerie avant et après altération d'un parchemin : les signaux SHG (vert) sont émis par le collagène fibrillaire et la fluorescence (rouge) apparaît au cours de la dégradation. (b) Imagerie p-SHG d'un parchemin, deux types d'information sont extraits : l'orientation locale du collagène fibrillaire et le désordre à l'échelle du volume focal.

- [1] G. Latour et al., Scientific Reports (2016) - <https://doi.org/10.1038/srep26344>
 [2] M. Schmeltz et al., Science Advances (2021) - <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg1090>
 [3] G. Galante et al., APL Photonics (2025) - <https://doi.org/10.1063/5.0250484>

Contact

LATOUR Gaël, gael.latour@universite-paris-saclay.fr

Enseignant-chercheur, Université Paris-Saclay, Laboratoire d'Optique et Biosciences

<https://portail.polytechnique.edu/lob/recherche/microscopies-avancees/advanced-imaging-cultural-heritage-artefacts>

Master's internship offer : Multiscale physico-chemical characterization of collagen degradation – Application to parchment

Prepared from animal skins, parchments consist essentially of collagen fibers and are sensitive to various degradation factors, mainly water (hydrolysis) and heat (oxidation). A crucial challenge in defining appropriate treatments or conservation conditions is to determine the state of preservation of collagen non-invasively, and thereby prevent irreversible degradation of the parchment, namely gelatinization. The aim of this project is to measure and characterize the physico-chemical and morphological changes in fibrillar collagen as a function of temperature and humidity conditions, and to understand their origins at the scale of the collagen fiber. Our approach is based on nonlinear optical (NLO) microscopy, also known as multiphoton microscopy, a non-invasive technique at the micrometer scale for characterizing the state of preservation of collagen in its fibrillar form. We have shown that NLO microscopy offers the major advantage of being sensitive to collagen alteration [1]. A strong SHG signal, characteristic of intact collagen, is obtained in well-preserved areas of the parchment, whereas this signal decreases and may even vanish in favor of a fluorescence signal in degraded areas (Fig. 1a). Moreover, polarization-resolved SHG (p-SHG), which probes local disorder at the submicrometer scale, i.e., at the scale of collagen fibrils, shows sensitivity to the early stages of parchment degradation [2,3] (Fig. 1b).

The main challenge of this project is to establish the link both between the different scales probed (isolated fiber and intact parchment) and between the different non-linear optical signals arising from collagen in parchments. The objectives are:

1. to identify, for each alteration condition (hydrolysis, oxidation), the associated physico-chemical characteristics: decrease in the SHG signal, increase in the fluorescence signal and local disorder of the collagen fibrils making up the fibers;
2. to follow and to interpret more finely the evolution of the optical signals at the scale of an isolated fiber during alteration.

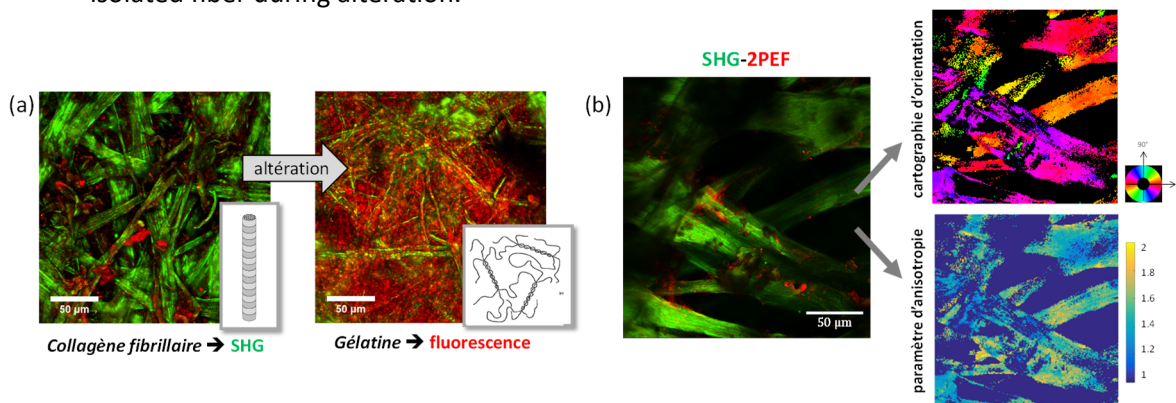


Figure 1: (a) Imaging of a parchment before and after degradation: SHG signals (green) are emitted by fibrillar collagen, and fluorescence signals (red) appear during degradation. (b) p-SHG imaging of parchment; two types of information are extracted: the local orientation of fibrillar collagen and disorder within the focal volume.

- [1] G. Latour et al., Scientific Reports (2016) - <https://doi.org/10.1038/srep26344>
 [2] M. Schmeltz et al., Science Advances (2021) - <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg1090>
 [3] G. Galante et al., APL Photonics (2025) - <https://doi.org/10.1063/5.0250484>

Contact

LATOUR Gaël; gael.latour@universite-paris-saclay.fr

Associate Professor, Paris-Saclay University, Laboratoire d'Optique et Biosciences

<https://portail.polytechnique.edu/lob/recherche/microscopies-avancees/advanced-imaging-cultural-heritage-artefacts>