Imagerie par impulsions laser ultracourtes

François Amblard, Laboratoire de Physico-Chimie, Institut Curie, Paris

L'imagerie optique est utilisée pour le diagnostic et la recherche biomédicale, comme un outil privilégié donnant accès à la structure intime des tissus et des cellules avec une résolution de l'ordre du micromètre. Quelles que soient les modalités employées, les informations fournies par ces images proviennent des propriétés physiques des tissus vis-à-vis de la lumière, touchant à sa propagation (absorption, polarisation, biréfringence, ...) ou à des propriétés de photoémission (fluorescence, phosphorescence).

L'avènement des lasers a ouvert de nouvelles possibilités pour la mise en œuvre de ces modalités d'imagerie, comme l'imagerie confocale, les applications destinées à la recherche en biologie étant progressivement mises au service de la pratique médicale. En particulier, les lasers à impulsions ultracourtes (avec une durée typique de 50-100 femtosecondes, 10^{-13} s) ont fait irruption en biologie en 1990, en apportant des innovations radicalement nouvelles : l'intensité considérable des impulsions donne naissance à des effets non-linéaires dont les conséquences sont particulièrement utiles en biologie. L'imagerie que ces effets permettent est dite « non-linéaire » ou, de façon équivalente, « imagerie multiphotonique ». Il devient possible de « voir » dans la profondeur d'un tissu, et de pratiquer des « biopsies optiques » à la façon d'une tomographie, ce qui est impossible en optique linéaire.

Pour la médecine, et au-delà des applications à la recherche en biologie, nous ferons état de résultats très récents obtenus par notre laboratoire en collaboration avec l'Hôpital de l'Institut Curie, montrant que l'imagerie multiphotonique ouvre la voie à de nouvelles méthodes pour le diagnostic médical et la recherche pharmaceutique.

Notre cours présentera les bases physiques des processus non-linéaires d'interaction entre la lumière et la matière vivante, les principes essentiels de la mise en œuvre de l'imagerie, et les applications illustrées par nos premiers résultats. Nous illustrerons enfin les exigences pluridisciplinaires du défi scientifique et technologique posé : passer des idées de la physique à un instrument et des méthodes utiles à la médecine.