

Thèse de doctorat

Reconstruction tomographique d'objets déformables pour la microscopie électronique à particule isolée

Encadrement

Mohamed TAJINE (tajine@unistra.fr, 33 (0)3 68 85 45 73) ICube, équipe MIV

Étienne BAUDRIER (baudrier@unistra.fr, 33 (0)3 88 24 44 94) ICube, équipe MIV

Loïc MAZO (mazo@unistra.fr, 33 (0)3 68 85 44 96) ICube, équipe MIV

Laboratoire d'accueil

ICube (UMR 7357) CNRS-UdS

Parc d'Innovation,

Boulevard Sébastien Brant, BP 10413,

67412 Illkirch Cedex

Mots-clefs : réduction de dimension, reconstruction tomographique, déformation

Cadre général

Ce sujet de thèse est financé dans le projet RHODES¹ sur la tomographie appliquée à la microscopie électronique avec comme objectif l'amélioration des méthodes de reconstruction spatiale de protéines en biologie moléculaire (voir figure 1).

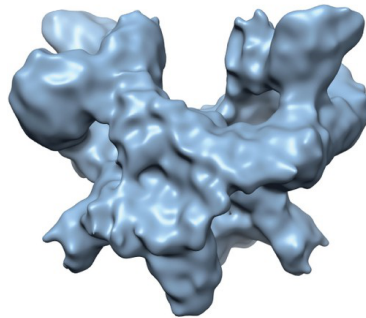


FIGURE 1 – Exemples d'objets 3D à reconstruire (protéine TAF4) [P.Schultz]

La tomographie permet de reconstituer un objet (2D ou 3D) à partir d'un ensemble de projections de cet objet selon différentes orientations. Elle est notamment utilisée dans les scanners médicaux. Dans ce cas, l'orientation correspondant à chaque projection est connue et utilisée pour la reconstruction de l'objet. Dans certaines applications (dont la microscopie électronique), les projections sont obtenues sans avoir d'information sur les orientations de projection correspondantes. Or ces orientations constituent une information sans laquelle la reconstruction est impossible. La recherche des orientations de projection représente donc une étape importante et elle a été largement étudiée sans pour autant aboutir à une solution universelle.

Le cas de la tomographie où les projections sont orientées est déjà bien traité, mais le cas où leurs orientations ne sont pas connues est un champ de recherche actif. Elle a lieu en particulier dans le domaine de la cryo-microscopie

1. <http://rhodes.unistra.fr>

électronique dont le but est de reconstruire la structure tridimensionnelle de macromolécules. Une des principales limitations à la qualité de la reconstruction en microscopie électronique tient au fait que les macromolécules observées se déforment en permanence, de la simple vibration jusqu'au mouvement articulé d'un sous-ensemble de la macromolécule. Parmi les macromolécules étudiées, beaucoup connaissent plusieurs conformations qui participent à leur rôle biologique. Pour améliorer la qualité et pour la compréhension des mécanismes moléculaires, il est donc important de séparer et reconstruire les différentes conformations existantes. Cependant, il n'est pas toujours possible de séparer les conformations physiquement avant l'acquisition au microscope électronique. Il est alors nécessaire de le faire lors de la phase de reconstruction. Nous nous intéressons dans ce travail au cas où l'ensemble des conformations proviennent d'une déformation continue de la macromolécule. Dans ce cas nous proposons de d'utiliser des méthodes de réduction de dimension afin d'estimer les orientations des projections et les paramètres de la déformation ?

L'estimation des orientations par réduction de dimension a déjà été étudiée par Singer et Wu [SW13] dans le cas 2D bruité. Cependant le cas des déformations continues n'est pas traité actuellement dans la littérature et c'est le cadre de ce sujet de thèse. La macromolécule ayant une déformation continue est vue comme un objet déformable.

Objectif scientifique

Dans un premier temps, le but est d'obtenir une représentation des images de projection par un ensemble de points dans un espace de faible dimension. Pour cela, on se base sur le travail de thèse de MS Phan [PBMT14] et sur le rapport de stage de Z. Zouch. Il s'agit ensuite de faire l'estimation des orientations et paramètres des images de projection. Dans un deuxième temps, on s'intéressera à la reconstruction de l'objet formé par la molécule en se déformant. Cette étude sera faite d'abord sur des données synthétiques, puis sur des données réelles.

Plan de travail proposé

- Etude bibliographique ;
- Cas 2D
 - influence de l'échantillonnage sur la réduction de dimension ;
 - paramétrisation des projections ;
 - expérimentation et validation (différentes tailles d'image) ;
 - robustesse au bruit ;
- cas 3D ;
- cas déformable ;
- reconstruction dans le cas déformable.

Compétences souhaitées

Cette thèse s'adresse à un étudiant en mathématiques appliquées avec un intérêt pour l'informatique ou à un étudiant en informatique ayant de solides bases mathématiques.

Références

- [PBMT14] M. Phan, É. Baudrier, L. Mazo, and M. Tajine. Angular difference measure between tomographic projections taken at unknown directions in 2d. In *International conference on Image Processing 2014*. IEEE, Oct 2014.
- [SW13] A. Singer and H. Wu. Two-dimensional tomography from noisy projections taken at unknown random directions. *SIAM J Imaging Sc*, 6(1) :136–175, 2013.