Extension du concept de courant en géométrie à la modélisation et l'appariement d'objets anatomo-fonctionnels. Quelques perspectives en imagerie médicale.

Nicolas CHARON,

Avec le développement de nouveaux outils d'acquisition de plus en plus performants, en particulier dans le domaine de la neuro-imagerie, il est désormais fréquent d'avoir à traiter des données non plus purement anatomiques mais plutôt de type 'anatomo-fonctionnel', c'est dire présentant une certaine forme (courbe, faisceaux de courbes, surface, volume, etc...) sur laquelle on dispose d'un signal. On peut citer, entre autres exemples, les cartes d'activation sur la surface corticale obtenues par IRM fonctionnelle ou encore les champs de tenseur dans des volumes cérébraux en imagerie tenseur-diffusion. Du fait de la variabilité la fois anatomique et fonctionnelle d'un individu à l'autre, se posent des problèmes de recalage (difféomorphique) entre deux individus et d'estimation d'un atlas moyen à l'échelle d'une population. Les travaux les plus récents en la matière consistent, pour la plupart, à découpler signal et géométrie. L'approche que nous envisageons se base plutôt sur la modélisation des objets de type géométrie-signal en tant que tels et la définition d'une attache aux données adaptée à de tels objets. L'intérêt aussi bien que la difficulté tient à la généralité de la représentation que nous proposons autant au niveau anatomique que fonctionnel.

D'un point de vue purement géométrique, l'utilisation des courants en anatomie numérique pour représenter les variétés différentiables orientées date des travaux de Glaunès et Trouvé en 2005. Cette approche consiste à voir des variétés comme des objets sur lesquels on peut intégrer des formes différentielles donc comme des éléments du dual de l'espace fonctionnel des formes diffrentielles. Elle s'est avérée un cadre d'étude intéressant de par sa grande généralité et la possiblité, via la théorie des espaces à noyaux reproduisants, de définir une structure hilbertienne sur les espaces de formes, à la fois robuste, compatible avec les déformations géométriques et enfin particulièrement adaptée au calcul numérique de termes d'attache au données (cf Durrleman[2008]). Tout ceci motive une extension du concept de courant dans l'idée de pouvoir y inclure les objets géométrico-fonctionnels de type variété + fonction (rélle, vectorielle, tensorielle...) définie sur cette variété.

Le nouvel espace qui est ainsi défini dans [1], l'espace dit des *courants fonctionnels*, fournit une généralisation assez naturelle des courants classiques. On peut à nouveau définir des structures de noyaux reproduisants dont la distance résultante entre deux 'formes fonctionnelles' peut être contôlée à la fois par rapport aux variations géométriques et fonctionnelles. Les propriétés d'une telle distance en font donc un bon candidat dans des algorithmes d'appariements entre objets anatomo-fonctionnels. La structure hilbertienne obtenue sur les courants fonctionnels permet en outre d'adapter les algorithmes classiques de *matching-pursuit* de manière à effectuer des approximations parcimonieuses dans cet espace, ce qui s'avère particulièrement utile numériquement dans le calcul de moyennes de tels objets.

Enfin, dans l'étude d'objets purement géométriques cette fois, on présentera une autre utilisation intéressante des courants fonctionnels, à mettre en relation avec quelques développements récents sur les *cycles normaux* : la représentation de variétés non orientées. Ceci permettrait de résoudre de nombreux problèmes d'orientation inhérents à l'utilisation des courants dans certaines applications, par exemple dans l'étude des faisceaux de fibres neuronales extraites de l'imagerie tenseur-diffusion.

Références

[1] Charon N., Trouvé A. , *Functional currents : a new mathematical tool to model and analyse functional shapes*, preprint, 2011

Nicolas CHARON, CMLA, 61 avenue du président Wilson, 94235 Cachan
Nicolas.Charon@cmla.ens-cachan.fr