

V/Réf. :

GIF, le 17 octobre 2002

N/Réf. :

Objet :

## Sujet de stage et de thèse

### Fusion de données en restauration et reconstruction d'image

La reconstruction d'une image à partir de données de source et de nature différentes est devenue une nécessité dans divers domaines d'application : imagerie médicale, contrôle non destructif (CND), imagerie multispectrale en radio astronomie ou en géophysique ainsi qu'en diverses techniques de contrôle de processus en chimie (process tomography).

L'approche estimation et inférence bayésienne est un outil tout à fait naturel et efficace en fusion de données. Dans le domaine de l'imagerie, cette approche avec une modélisation markovienne hiérarchique permet le développement de méthodes réalistes et a déjà montré son efficacité en reconstruction tomographique d'image. Par exemple, dans des travaux récents, nous avons développé des méthodes pour fusionner des données radio-graphiques (rayons X ou gamma) et des données échographiques (ultrasonore) ou des données géométriques ou anatomiques.

Le principe de base est de modéliser l'objet  $\mathbf{o}$  par un champ de Markov composite et hiérarchique, par exemple, un champ  $\mathbf{x}$  représentant la variation de la densité de la matière et un champ  $\mathbf{r}$  représentant la variation de la réflectivité de la matière dans l'objet et les lier par des modèles physiques des données. Par exemple en radiographie X on a  $\mathbf{y} = \mathbf{H}_1\mathbf{x} + \epsilon_1$  et en échographie ultrasonore  $\mathbf{z} = \mathbf{H}_2\mathbf{r} + \epsilon_2$ , où  $\mathbf{H}_1$  et  $\mathbf{H}_2$  représentent les fonction de transfert des deux systèmes de mesure et  $\epsilon_1$  et  $\epsilon_2$  les erreurs de modélisation et de mesure associées. Ensuite, en définissant des lois  $p(\mathbf{y}|\mathbf{x})$ ,  $p(\mathbf{z}|\mathbf{r})$  et  $p(\mathbf{o}) = p(\mathbf{x},\mathbf{r})$ , on trouve l'expression de la loi *a posteriori*  $p(\mathbf{x},\mathbf{r}|\mathbf{y},\mathbf{z})$ . C'est à partir de cette expression qu'on définit alors des estimateurs pour  $\mathbf{x}$  et  $\mathbf{r}$ . Plusieurs points délicats et interdépendants qui se trouvent au cœur d'un grand nombre d'investigations et de recherches actuelles au niveau national et international sont :

- La traduction en loi de probabilité  $p(\mathbf{x},\mathbf{r})$  du lien entre deux grandeurs physiques différentes  $\mathbf{x}$  et  $\mathbf{r}$ . Une solution est de modéliser leurs liens par l'intermédiaire des lois  $p(\mathbf{x}|\mathbf{r})p(\mathbf{r}|\mathbf{q})p(\mathbf{q})$  ou  $p(\mathbf{r}|\mathbf{x})p(\mathbf{x}|\mathbf{q})p(\mathbf{q})$  où  $\mathbf{q}$  représente une grandeur intermédiaire commune (par exemple les contours des différentes régions).
- La définition d'un estimateur à partir de  $p(\mathbf{x},\mathbf{r}|\mathbf{y},\mathbf{z})$  ou de  $p(\mathbf{x},\mathbf{r},\mathbf{q}|\mathbf{y},\mathbf{z})$  pour les différentes inconnues  $\mathbf{x},\mathbf{r},\mathbf{q}$  et les hyperparamètres  $\theta$  qui décrivent les différentes lois  $p(\mathbf{y}|\mathbf{x})$ ,  $p(\mathbf{z}|\mathbf{r})$ ,  $p(\mathbf{x}|\mathbf{r})$ ,  $p(\mathbf{r}|\mathbf{q})$ ,  $p(\mathbf{r}|\mathbf{x})$ ,  $p(\mathbf{x}|\mathbf{q})$  et  $p(\mathbf{q})$ .
- La mise en œuvre algorithmique, calcul efficace en fonction des contraintes imposées par des applications et l'étude des performances de ces estimateurs et leur application dans divers domaines du traitement de données (signaux et images).

Le sujet du stage, puis la thèse, est la poursuite de ces travaux, et en particulier, le raffinement des critères et des algorithmes proposés pour des situations de données incomplètes, l'étude de leurs mise en œuvre efficace, ce qui est essentiel pour l'application de ces techniques dans différents domaines d'imagerie : ultrasonore, microondes, par courant de Foucault, en optiques de diffraction, en tomographie d'impédance, en tomographie de la distribution de conductivité ou de capacité utilisée en contrôle de processus en chimie.

Ces travaux seront menés dans un cadre collaboratif, d'une part à l'intérieur du laboratoire avec le département de recherche en électromagnétisme (DRÉ) pour des applications en imagerie microondes et d'autre part à l'extérieur avec l'université de Notre Dame et l'université de Boston aux États Unis pour des aspects méthodologiques.

**Lieu :** Laboratoire des Signaux et Systèmes (CNRS-SUPÉLEC-UPS)  
Supélec, Plateau de Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France

**Contact :** Ali Mohammad-Djafari  
Tél. 01 69 85 17 41 Courriels: [djafari@lss.supelec.fr](mailto:djafari@lss.supelec.fr)