

Proposition de stage de Master 2 ou 3e année d'Ecole d'Ingénieur :

Méthodes de séparation aveugle de sources et application à l'observation de la Terre

Domaine d'étude :

Le stage proposé concerne la “séparation aveugle de sources” (aussi appelée “démélange spectral non supervisé” en observation de la Terre), qui est un problème générique pouvant être résumé de la manière suivante. On suppose qu'on dispose d'un ensemble de signaux observés, fournis typiquement par un ensemble de capteurs. Chacun de ces signaux est un “mélange” spécifique d'un ensemble de signaux sources inconnus. Divers cas sont envisageables pour la nature de ce mélange, en particulier :

- Mélanges “convolutifs” : dans ce cas, chaque signal de capteur est une superposition de signaux résultant du passage des sources à travers des filtres. Ceci se produit par exemple pour les signaux acoustiques, les capteurs mentionnés plus haut étant alors des microphones.
- Mélanges “linéaires instantanés” : dans ce cas, chacun des filtres mentionnés ci-dessus est remplacé par un simple coefficient scalaire. Ceci se produit par exemple pour certains signaux radio-fréquences, les capteurs étant alors des antennes radio-fréquences.

Les valeurs des paramètres du mélange (coefficients des filtres ou scalaires) sont également supposées inconnues.

Partant des signaux de capteurs observés, l'objectif est alors :

- “d'extraire” les signaux sources dont ils découlent,
- et/ou de déterminer les valeurs des paramètres du mélange.

Dans le cadre de ce stage, l'étudiant développera des méthodes originales liées à la séparation de sources à partir de celles déjà mises au point par notre équipe et appliquera ces méthodes (et possiblement des méthodes de la littérature) essentiellement à des données concernant le domaine de l'observation de la Terre.

Étude à réaliser :

Le stage que nous proposons dans ce contexte concerne le domaine de l'imagerie hyperspectrale en observation de la Terre. De telles images sont fournies par des capteurs embarqués sur des satellites ou des avions, ces capteurs étant pointés en direction du sol. Après pré-traitement, une image ainsi obtenue est constituée d'un ensemble de pixels et, pour chacun de ses pixels, elle comprend une série de valeurs, appelée “spectre de réflectance” et composée de la réflectance du sol sur d'étroites bandes de longueurs d'onde adjacentes. Dans le cas simple où la surface du sol correspondant à un pixel donné n'est occupée que par un seul matériau pur, le spectre de réflectance obtenu pour ce pixel est directement égal au spectre de réflectance de ce matériau pur. Au contraire, dans le cas où la surface du sol correspondant à un pixel donné est occupée par plusieurs matériaux

purs, le spectre de réflectance obtenu pour ce pixel et une combinaison des spectres de réflectance de ces matériaux purs. La modélisation la plus simple largement employée dans la littérature pour cette situation est fondée sur les hypothèses suivantes :

- toute l'image observée ne met en jeu qu'un très petit nombre de spectres de matériaux purs. Par exemple, pour une image acquise au-dessus d'une ville, on considère un spectre pour les tuiles des toits, un spectre pour l'asphalte, un spectre pour la végétation...
- Le spectre observé pour chaque pixel est une combinaison linéaire de ces spectres de matériaux purs, avec des coefficients de pondération définis par les surfaces au sol (pour la partie du sol associée à ce pixel) occupées respectivement par chacun des matériaux purs.

Des méthodes de séparation de sources ont été développées pour traiter des spectres observés répondant à ce modèle, afin d'en extraire les spectres de matériaux purs (ce qui permet par exemple de déterminer les types de matériaux présents dans la scène observée) et les coefficients de mélange associés (afin de déterminer les surfaces occupées par chacun des matériaux).

Le modèle de mélange défini ci-dessus est cependant une approximation très simplifiée de la réalité : en pratique, pour une classe de matériaux purs donnée (par exemple de la tuile), même si seule cette classe de matériaux est présente dans divers pixels d'une image, les spectres observés pour ces pixels ne sont pas rigoureusement identiques. En effet, à l'intérieur d'une telle classe, les représentants de cette classe présents en divers points de l'espace sont sensiblement différents : par exemple, les tuiles présentes sur divers toits n'ont pas exactement la même couleur. De manière générale, les spectres de matériaux purs possèdent donc une variabilité à l'intérieur de chaque classe ("variabilité intra-classe"). Notre équipe a donc développé récemment des méthodes capables de réaliser la séparation de sources en présence d'une telle variabilité intra-classe. Ces méthodes ont été appliquées à des scènes urbaines.

Partant de ces méthodes, les objectifs de ce stage sont les suivants :

- Développer diverses extensions de ces méthodes, dont nous avons commencé à définir les principes.
- Appliquer ces extensions à des scènes urbaines.
- En fonction de l'avancement de ce stage et du projet ASTRID HypFoM auquel nous participons, étendre l'étude au cas de zones côtières, c.-à-d. adapter si nécessaire les méthodes définies ci-dessus au modèle de données pertinent pour les zones côtières, puis appliquer les méthodes retenues à des données simulées et/ou réelles pour les zones côtières.

Moyens disponibles pour le stage :

- Moyens matériels : PC sous LINUX ou Windows
- Moyens logiciels : MATLAB
- Signaux : en premier lieu, spectres d'observation de la Terre

Poursuite en Thèse :

Le stage pourra être poursuivi par la préparation d'une thèse dans le domaine de la séparation de sources (sous réserve d'obtention d'un financement : des possibilités existent

au niveau de notre équipe de recherche et ce point sera détaillé pendant le stage).

Encadrant :

Yannick Deville
Responsable du Groupe Thématique “Signal-Image en Sciences de l’Univers”
Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP)
Université Paul Sabatier, CNRS, Observatoire Midi-Pyrénées
14 Av. Edouard Belin, 31400 Toulouse
yannick.deville@irap.omp.eu