

# Optimisation de la configuration d'un instrument superspectral aéroporté pour la classification en milieu urbain

Arnaud LE BRIS <sup>(1)</sup>, Nesrine CHEHATA <sup>(1,3)</sup>, Xavier BRIOTTET <sup>(2)</sup>, Nicolas PAPANODITIS <sup>(1)</sup>

(1) Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), Laboratoire MATIS  
(2) ONERA, The French Aerospace Lab  
(3) EA 4592 G& E, Bordeaux-INP/Université Bordeaux Montaigne

## Des besoins pour des cartes de matériaux en milieu urbain

- pour dériver des indicateurs de suivi de politique publique
- en tant que données d'entrée de simulateurs modélisant la ville (micro-climatologie, micro-hydrologie, ...)
- Suivi de flux de polluants
  - éléments issus de la corrosion de matériaux de toiture
  - interaction de polluants (trafic routier) avec l'environnement
- Surveillance de matériaux dangereux
- Perméabilité des sols
  - Suivi de l'imperméabilisation des sols au bénéfice d'une politique publique
  - indicateur de qualité environnementale + conformité à la législation
  - Pour la modélisation hydrologique fine
- Revêtement routier : état des routes + alimentation de simulateurs
- Photovoltaïque : analyse du potentiel solaire + suivi du développement du photovoltaïque

## Perspective : une caméra superspectrale dédiée aux zones urbaines

- Identifier les **bandes spectrales les plus utiles** (position dans le spectre + largeur) pour l'identification des matériaux urbains dans l'optique d'une caméra superspectrale dédiée aux applications d'occupation du sol fine en milieu urbain
- Avantages potentiels d'une telle caméra :
    - moins de données
    - bandes spectrales plus larges (moins de bruit, meilleure résolution spatiale)
    - capteur matriciel au lieu de barrette : un système photogrammétrique (possibilité d'en déduire des données 3D (MNS), dépendance moindre au géoréférencement direct)
    - une fauchée plus large
    - acquisition d'images multivue : exploitation possible de ce caractère multiangulaire, calcul de BRDF
  - ... Mais limité au domaine visible - proche infrarouge. Est-ce suffisant ?
  - **Objectif** : sélection d'un nombre limité (jusqu'à 20) de bandes spectrales les plus appropriées  
→ **Mise en œuvre d'une méthodologie de sélection automatique d'attributs.**



## Constitution d'un jeu de données de référence

Travail à partir d'une collection de spectres de réflectance issus de bibliothèques spectrales existantes (ASTER, MEMOIRS, SLUM, DESIREX, SantaBarbara, ...)

Limites :  
- matériaux inégalement représentés  
- des matériaux importants sont insuffisamment représentés

### En pratique : génération de jeux de données synthétiques à partir des spectres de références

Fichier requête définissant une classe XXXX :

Ex : TuileRouge  
Classe=Tuile  
Couleur=Rouge

**BD de spectres**

Sélection des spectres vérifiant la requête

Liste des spectres vérifiant la requête

Tirage aléatoire (avec remise) de n spectres parmi ceux sélectionnés

Spectres tirés au sort

"Bruitage / simulation de variabilité"  
Application à chaque spectre d'un facteur multiplicatif aléatoire

Rééchantillonnage spectral  
Suppression des mauvaises bandes

n spectres appartenant à la classe XXXX

Nomenclature utilisée pour les expériences :

- Ardoise
- Tuile
- Métal
- Shingle
- Asphalte
- Ciment
- Gravier
- Pavés en pierre
- Terre

Travail à une résolution de 10 nm

## Optimisation spectrale : sélection de bandes individuelles

Jeu de données hyperspectrales

(1) Détermination du nombre de bandes utiles  
Utilisation d'un algorithme incrémental (SFFS)

Nombre de bandes à sélectionner

(2) Sélection d'un nombre fixé de bandes  
Proposition de plusieurs jeux de bandes solutions  
Utilisation d'un algorithme stochastique (AG)

Différents jeux de bandes proposés comme solutions

Profils d'importance des bandes

Solution finale  
Évaluation quantitative

Analyse qualitative

### (2) Sélection de jeux de 10 bandes

dans le domaine VNIR+SWIR (420 - 2400 nm)

dans le domaine VNIR (420 - 1000 nm)

Profil d'importance

Jeux de bandes sélectionnés

4-5 groupes de bandes jugées importantes

- Certaines parties du spectre jugées peu intéressantes
- Certaines bandes importantes dans le VNIR et le SWIR

Score à optimiser de type wrapper basé sur la confiance (marge) d'un classifieur forêt aléatoire :

- favorise les échantillons bien classés avec une forte marge
- pénalise les échantillons bien classés avec une faible marge
- pénalise les échantillons mal classés avec une forte marge

### Evaluation des performances (F-score et Kappa) de classification d'un jeu optimal de 10 bandes

de 10 bandes

de 4 bandes

Classifieur : SVM RBF

Classifieur : RF

■ Hyperspectral ■ Configuration spectrale Worldview3 ■ 10 bandes VNIR+SWIR (420-2400 nm) ■ 10 bandes VNIR (420-1000 nm)

■ 4 bandes VNIR+SWIR (420-2400 nm) ■ 4 bandes VNIR (420-1000 nm) ■ Configuration spectrale Pléiades

→ Confirmation de l'intérêt de bandes issues du SWIR

## Optimisation spectrale : sélection de bandes larges

Fusion progressive de bandes adjacentes  
critère de fusion = erreur de reconstruction du spectre par une fonction constante par morceaux

Hiérarchie de bandes fusionnées

Sélection de n bandes fusionnées à chaque niveau de la hiérarchie

Jeux de n bandes fusionnées

### Jeux de bandes sélectionnées aux différents niveaux de la hiérarchie

Evaluation par un classifieur svm à noyau gaussien des configurations spectrales proposées

Performance de classification à peu près constante → intérêt du superspectral

## Conclusion / perspectives

- Confirmation qu'un jeu limité de bandes spectrales peut suffire
- Vérification de l'apport du SWIR
- Possibilité d'utiliser des bandes plus larges
- Limites de l'étude : en particulier lié au jeu de données test
  - jeux de données très limités → ne reflète pas complètement la variabilité des matériaux
  - données en réflectance issues de mesures terrain ou laboratoire → peu de bruit dû au capteur ou à l'atmosphère
  - résultats des évaluations "optimistes" et à nuancer
  - à tester sur des données réelles plus réalistes : images hyperspectrales aéroportées de la campagne UMBRA

Bâtiments

- Tuile
- Ardoise
- Métal
- Métal acier
- Graviers
- Plastique / caoutchouc
- Fibro-ciment

Sol

- Pavés
- Asphalte
- Voie ferrée
- Graviers
- Végétation basse
- Végétation haute
- Eau
- Ombres