

Apports de la simulation de capteurs pour l'analyse et le clustering collaboratif de bibliothèques spectrales

Germain Forestier

Université de Strasbourg
(France)

Pierre Gancarski, Cédric Wemmert, Université de Strasbourg
Jordi Inglada, CNES

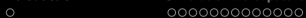


Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télé-détection

Journées Informations Géographiques et Observation de la terre Toulouse, 9 et 10 novembre 2009

Plan

- 1 Introduction
- 2 Simulation de capteurs
- 3 Comparaison de capteurs
- 4 Application multisource
- 5 Conclusion



1 Introduction

2 Simulation de capteurs

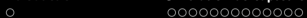
3 Comparaison de capteurs

4 Application multisource

5 Conclusion

Introduction

- ▶ Travaux centrés sur l'utilisation de **librairies spectrales**
- ▶ Travaux principalement réalisés lors d'un **séjour au CNES**
- ▶ L'objectif est d'étudier des librairies spectrales en effectuant de la **simulation de capteurs**
- ▶ Les données utilisées lors de ces simulations ont ensuite été utilisées pour **comparer les capteurs** et pour effectuer de la **classification multisource**



● Introduction

● 2 Simulation de capteurs

● Comparaison de capteurs

● Application multisource

● Conclusion

Simulation de capteurs

- ▶ Chaque surface peut être associée à sa **courbe de réflectance** spectrale caractéristique
- ▶ Ce sont les **variations spectrales** de la réflectance qui donnent aux objets une couleur
- ▶ La couleur de la surface, perçue par un observateur n'est qu'une **manifestation visuelle** de cette réflectance
- ▶ Ces courbes de réflectance, ou **signatures spectrales**, peuvent être mesurées à l'aide d'instruments de **télé-détection**

Simulation de capteurs

- ▶ Exemples de signatures spectrales :

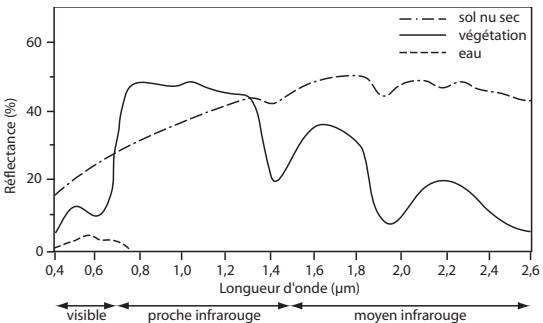


Fig.: Exemples de signatures spectrales.

Simulation de capteurs

précision de la donnée

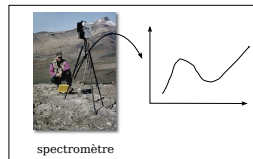
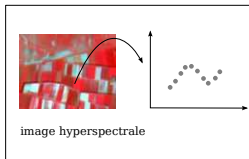
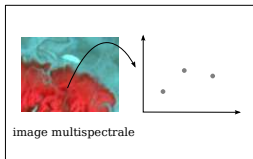


Fig.: Illustration de la simulation.

Simulation de capteurs

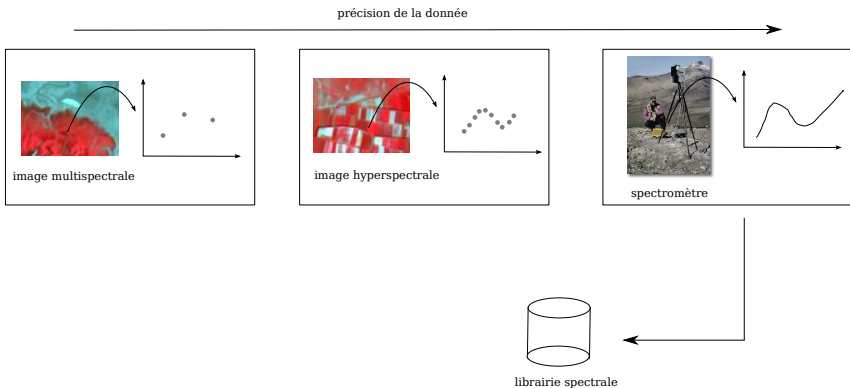


Fig.: Illustration de la simulation.

Simulation de capteurs

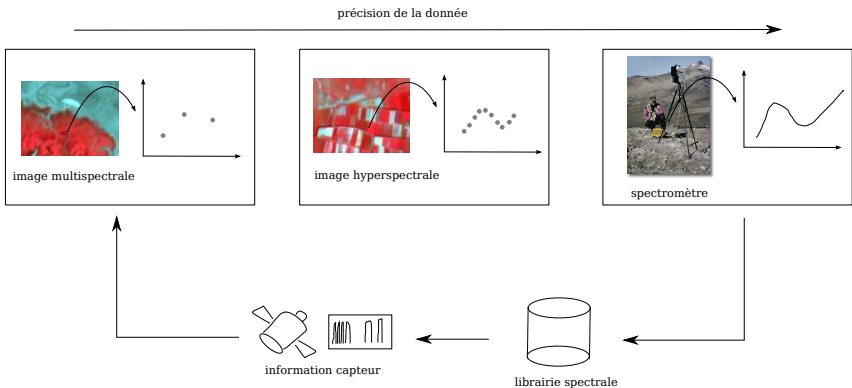


Fig.: Illustration de la simulation.

Simulation de capteurs

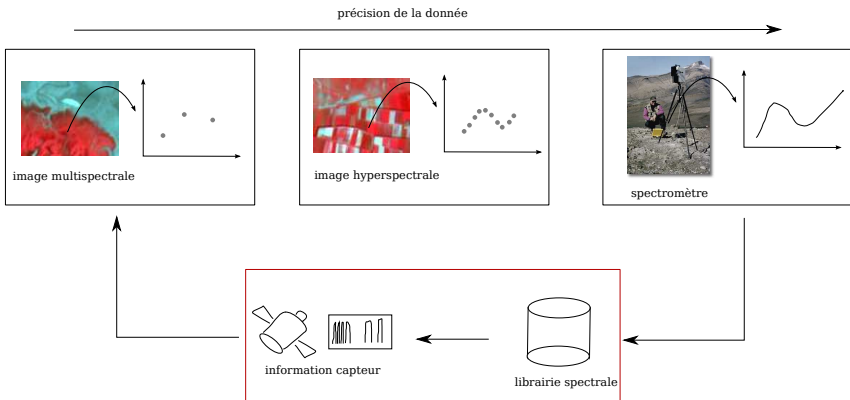
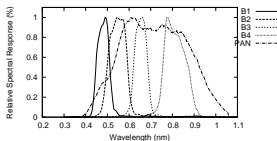


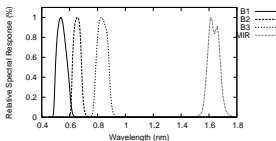
Fig.: Illustration de la simulation.

Simulation de capteurs

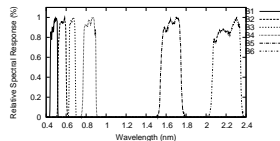
- ▶ Les spectres peuvent être utilisés pour **simuler** les réponses spectrales de différents capteurs
- ▶ La simulation prend en compte les **caractéristiques spécifiques** de chaque capteur : **Relative Spectral Response (RSR)**



(a) Quickbird



(b) SPOT 5



(c) Landsat

Fig.: Exemple de trois *Relative Spectral Response* (RSR).

Simulation de capteurs

- ▶ Aggrégation de plusieurs bandes fines pour simuler une bande plus large
- ▶ Prise en compte des réponses spectrales spécifiques à chaque capteur à travers les **Relative Spectral Response (RSR)**

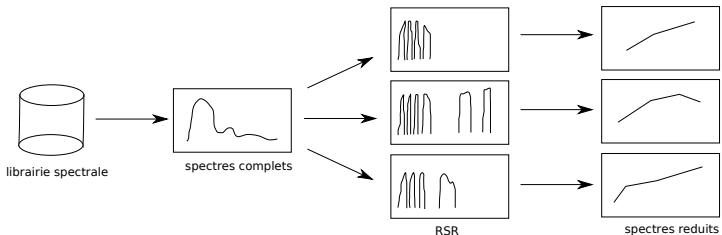


Fig.: Réduction des spectres à la résolution spectrale des différents capteurs.

Simulation de capteurs

- ▶ Dans chaque librairie les groupes naturels de spectres proposés ont été utilisés pour créer des **classes**
- ▶ L'objectif est d'étudier la **séparabilité** et la **qualité de classification** de ces classes en fonction de différents capteurs et d'étudier l'intérêt de **l'utilisation conjointe** de ces données

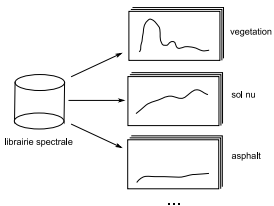


Fig.: Classes présentes dans les bibliothèques.

Simulation de capteur

► Etude bibliographique :

● Utilisation pour la calibration

- Green et al. (1997) *On-orbit calibration of a multi-spectral satellite sensor using a high altitude airborne imaging spectrometer*, Advances in Space Research
- Chandler et al. (2004) *Cross calibration of the Landsat-7 ETM+ and EO-1 ALI sensor*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing

● Utilisation pour la simulation

- Salvatore et al. (1999) *Simulation of the spectral bands of the CCD and WFI cameras of the CBERS satellite using AVIRIS data*, NASA JPL Technical report
- Jarecke et al. (2001) *Aggregation of Hyperion hyperspectral spectral bands into Landsat-&ETM+ spectral bands*, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium
- Trishchenko et al. (2002) *Effects of spectral response function on surface reflectance and NDVI measured with moderate resolution satellite sensors*, Remote Sensing of Environment
- Herold et al. (2003) *Spectral resolution requirements for mapping urban areas*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing
- Franke et al. (2006) *Assessment of NDVI- Differences Caused by Sensor Specific Relative Spectral Response Functions*, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium
- Meyer et al. (2007) *The effect of variations in relative spectral response on the retrieval of land surface parameters from multiple sources of remotely sensed imagery*, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium
- Kruse et al. (2009) *Improving multispectral mapping by spectral modeling with hyperspectral signatures*, Journal of Applied Remote Sensing

Données disponibles

Nom	# Classes	# Spectres	# Niveaux	Longueurs d'onde
ASTER/JHU	3/5/12	270	3	[0.4 ;14.0] μm
USGS	4	860	1	[0.35 ;2.5] μm
NCGIA	7	133	1	[0.37 ;2.5] μm
HEROLD	4/8/19/26	956	4	[0.37 ;2.5] μm
LIVE	7	138	1	[0.32 ;0.95] μm

Tab.: Librairies spectrales disponibles.

ASTER/JHU

- ▶ Environ 2000 spectres, plutôt spécifiques géologie
- ▶ Trois contributeurs :
 - Johns Hopkins University (JHU)
 - Jet Propulsion Laboratory (JET)
 - United States Geological Survey (USGS)
- ▶ Utilisation de la partie provenant de la JHU

Level I	Level II	Level III
Man-made (44)	Man-made (44)	Road (5) Concretes (4) Constructions (17) Roof (18)
Rocks (189)	Igneous (70) Metamorphic (72) Sedimentary (47)	Igneous (70) Metamorphic (72) Sedimentary (47)
Soils (37)	Soils (37)	Alfisol (9) Aridisol (10) Entisol (3) Inceptisol (6) Mollisol (9)

Référence : Baldridge et al. (2008) *The ASTER Spectral Library Version 2.0*, Remote Sensing of Environment



Autres librairies

- ▶ Certaines autres tentatives de librairie spectrale existent
- ▶ Surtout des propositions de plate-forme pour organiser et partager
- ▶ Absence totale de spécification rigoureuse des formats

- <http://www.cocoon.caf.dlr.de>

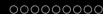
- <http://www.hyperspectral.info>

- **Ferwada (2006)** *A free online reference library for hyperspectral reflectance signatures*, SPIE Newsroom

- <http://www.specchio.ch>

- **Hueni et al. (2009)** *The spectral database SPECCHIO for improved long-term usability and data sharing*, Computers & Geosciences

- Introduction
- Simulation de capteurs
- 3** Comparaison de capteurs
- Application multisource
- Conclusion



Comparaison de capteurs

- ▶ Utilisation d'**indices de séparabilité** (Bhattacharyya, Jeffreys-Matusita, Divergence) pour étudier la séparabilité théorique des différentes classes (Σ, μ)
- ▶ Utilisation de la **précision d'une classification** supervisée pour apprécier la séparabilité et la qualité des données
- ▶ Utilisation de **plusieurs méthodes** de classification combinées sous forme de vote (*ensemble classifier*) (1PP, Bayésien naif, C4.5) en validation croisée (*cross-validation*)

Résultats

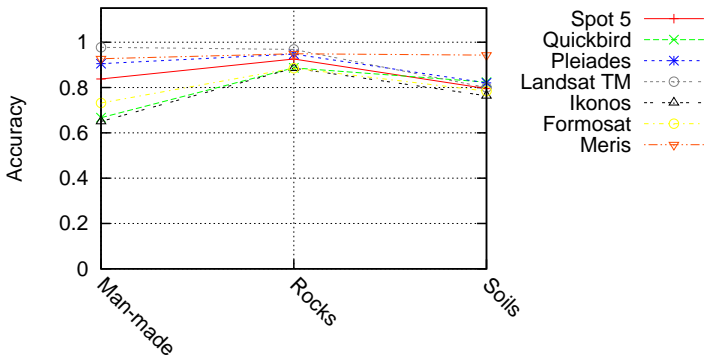


Fig.: ASTER/JHU Level 1

Résultats

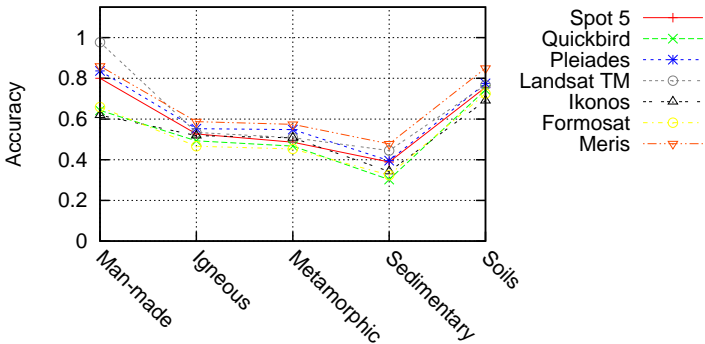


Fig.: ASTER/JHU Level 2

Résultats

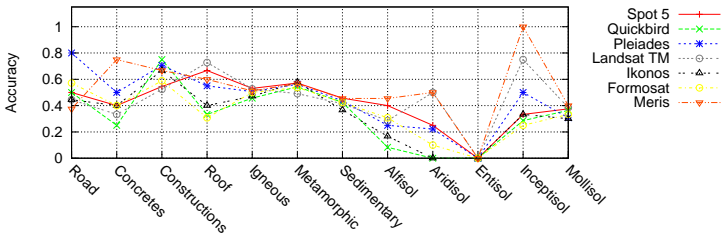


Fig.: ASTER/JHU Level 3

Comparaison de capteurs

- ▶ **Comparaison** des capteurs entre eux
- ▶ Etude sur l'utilisation **d'indices spectraux** (NDVI)
- ▶ Simulation de capteurs : **ajout/retrait** de bandes

Forestier et al. (2009) *Mining spectral libraries to study sensors' discrimination ability*, SPIE Europe International Symposium on Remote Sensing, 2009

-
-
-
-
- 4** Application multisource
- Conclusion

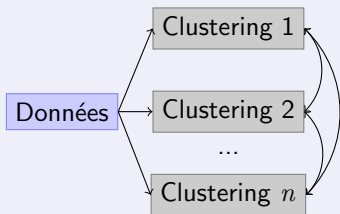
Le clustering collaboratif

- ▶ **Objectif** : évaluer si l'utilisation conjointe de **plusieurs sources d'information** simultanément peut améliorer les performances
- ▶ Utiliser **plusieurs “vues”** des bibliothèques spectrales par **différents capteurs** et étudier leur utilisation
- ▶ Evaluer l'intérêt de la collaboration entre **couples de capteurs**
- ▶ Utilisation du **clustering collaboratif**
- ▶ Utilisation de la bibliothèque **ASTER**

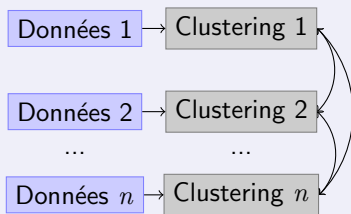
Le clustering collaboratif multisource

- ▶ Le **clustering collaboratif** consiste en un raffinement mutuel et itératif de différents résultats de clustering
- ▶ Il est utilisé initialement pour classer la même donnée (monosource) en utilisant plusieurs méthodes

Deux types de classification : monosource et multisource



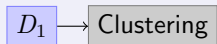
(a) Monosource



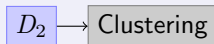
(b) Multisource

Evaluation

Configurations évaluées :



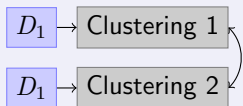
(a) D_1



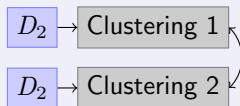
(b) D_2



(c) $D_1 + D_2$



(d) $D_1 \circ D_1$



(e) $D_2 \circ D_2$

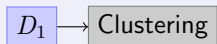
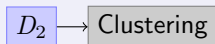
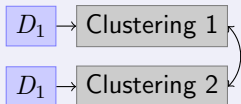
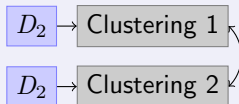
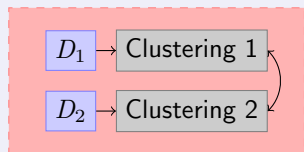


(f) $D_1 \circ D_2$

- ▶ **Objectif** : comparer si les résultats de $D_1 \circ D_2$ sont supérieurs aux autres configurations

Evaluation

Configurations évaluées :

(a) D_1 (b) D_2 (c) $D_1 + D_2$ (d) $D_1 \circ D_1$ (e) $D_2 \circ D_2$ (f) $D_1 \circ D_2$

- **Objectif** : comparer si les résultats de $D_1 \circ D_2$ sont supérieurs aux autres configurations

Résultats

		D_1	D_2	$D_1 + D_2$	$D_1 \cup D_1$	$D_2 \cup D_2$	$D_1 / D_1 \cup D_2$	$D_2 / D_1 \cup D_2$	
$D_1 = \text{pleiades}$	J	0.283 (0.002)	0.283 (0.003)	0.281 (0.001)	0.272 (0.056)	0.295 (0.042)	0.291 (0.094)	0.292 (0.093)	○
$D_2 = \text{formosat}$	FM	0.447 (0.002)	0.445 (0.003)	0.444 (0.002)	0.438 (0.059)	0.464 (0.043)	0.460 (0.099)	0.461 (0.098)	○
$D_1 = \text{pleiades}$	J	0.282 (0.001)	0.283 (0.001)	0.283 (0.001)	0.214 (0.083)	0.183 (0.018)	0.465 (0.099)	0.465 (0.098)	●
$D_2 = \text{spot5}$	FM	0.446 (0.002)	0.448 (0.001)	0.448 (0.001)	0.387 (0.079)	0.365 (0.023)	0.653 (0.111)	0.654 (0.109)	●
$D_1 = \text{pleiades}$	J	0.285 (0.004)	0.285 (0.002)	0.283 (0.005)	0.211 (0.033)	0.262 (0.065)	0.311 (0.073)	0.311 (0.077)	●
$D_2 = \text{ikonos}$	FM	0.449 (0.004)	0.447 (0.002)	0.445 (0.005)	0.390 (0.030)	0.426 (0.064)	0.484 (0.071)	0.483 (0.076)	●
$D_1 = \text{pleiades}$	J	0.284 (0.001)	0.288 (0.001)	0.287 (0.002)	0.258 (0.044)	0.263 (0.060)	0.408 (0.074)	0.406 (0.073)	●
$D_2 = \text{landsat}$	FM	0.449 (0.002)	0.454 (0.001)	0.452 (0.002)	0.432 (0.037)	0.445 (0.056)	0.586 (0.085)	0.584 (0.084)	●
$D_1 = \text{pleiades}$	J	0.285 (0.002)	0.283 (0.001)	0.284 (0.005)	0.272 (0.085)	0.239 (0.068)	0.236 (0.054)	0.234 (0.055)	○
$D_2 = \text{quickbird}$	FM	0.450 (0.002)	0.445 (0.001)	0.446 (0.005)	0.446 (0.082)	0.407 (0.065)	0.397 (0.054)	0.394 (0.056)	○
$D_1 = \text{formosat}$	J	0.283 (0.003)	0.286 (0.001)	0.282 (0.002)	0.226 (0.042)	0.208 (0.058)	0.359 (0.015)	0.357 (0.013)	○
$D_2 = \text{spot5}$	FM	0.446 (0.003)	0.451 (0.001)	0.446 (0.002)	0.391 (0.044)	0.386 (0.056)	0.531 (0.018)	0.528 (0.016)	●
$D_1 = \text{formosat}$	J	0.283 (0.003)	0.283 (0.001)	0.284 (0.000)	0.211 (0.073)	0.224 (0.066)	0.252 (0.048)	0.253 (0.048)	○
$D_2 = \text{ikonos}$	FM	0.445 (0.002)	0.445 (0.001)	0.446 (0.000)	0.379 (0.073)	0.397 (0.060)	0.419 (0.047)	0.420 (0.047)	○
$D_1 = \text{formosat}$	J	0.281 (0.001)	0.287 (0.001)	0.287 (0.002)	0.298 (0.027)	0.258 (0.032)	0.399 (0.035)	0.391 (0.043)	●
$D_2 = \text{landsat}$	FM	0.443 (0.001)	0.453 (0.002)	0.452 (0.003)	0.465 (0.029)	0.443 (0.033)	0.577 (0.041)	0.568 (0.050)	●
$D_1 = \text{formosat}$	J	0.283 (0.004)	0.285 (0.003)	0.285 (0.002)	0.215 (0.062)	0.259 (0.064)	0.223 (0.057)	0.226 (0.057)	○
$D_2 = \text{quickbird}$	FM	0.445 (0.004)	0.448 (0.003)	0.447 (0.002)	0.387 (0.062)	0.420 (0.066)	0.388 (0.061)	0.392 (0.061)	○
$D_1 = \text{spot5}$	J	0.285 (0.001)	0.286 (0.004)	0.282 (0.002)	0.250 (0.044)	0.204 (0.052)	0.422 (0.092)	0.421 (0.093)	●
$D_2 = \text{ikonos}$	FM	0.450 (0.001)	0.448 (0.004)	0.446 (0.002)	0.426 (0.045)	0.368 (0.056)	0.603 (0.106)	0.601 (0.107)	●
$D_1 = \text{spot5}$	J	0.285 (0.001)	0.288 (0.002)	0.288 (0.001)	0.217 (0.054)	0.246 (0.023)	0.281 (0.093)	0.279 (0.095)	○
$D_2 = \text{landsat}$	FM	0.450 (0.002)	0.453 (0.002)	0.453 (0.002)	0.392 (0.055)	0.429 (0.020)	0.455 (0.091)	0.451 (0.094)	○
$D_1 = \text{spot5}$	J	0.285 (0.001)	0.287 (0.004)	0.280 (0.001)	0.285 (0.041)	0.192 (0.047)	0.365 (0.042)	0.367 (0.045)	●
$D_2 = \text{quickbird}$	FM	0.450 (0.002)	0.449 (0.004)	0.444 (0.002)	0.453 (0.039)	0.360 (0.048)	0.539 (0.047)	0.542 (0.050)	●
$D_1 = \text{ikonos}$	J	0.284 (0.003)	0.288 (0.001)	0.288 (0.001)	0.273 (0.068)	0.207 (0.045)	0.366 (0.039)	0.363 (0.043)	●
$D_2 = \text{landsat}$	FM	0.446 (0.003)	0.453 (0.002)	0.453 (0.002)	0.444 (0.064)	0.394 (0.049)	0.539 (0.046)	0.535 (0.050)	●
$D_1 = \text{ikonos}$	J	0.286 (0.004)	0.284 (0.003)	0.283 (0.001)	0.205 (0.058)	0.196 (0.036)	0.227 (0.081)	0.230 (0.084)	○
$D_2 = \text{quickbird}$	FM	0.448 (0.004)	0.446 (0.003)	0.445 (0.001)	0.366 (0.059)	0.358 (0.036)	0.396 (0.080)	0.400 (0.084)	○
$D_1 = \text{landsat}$	J	0.289 (0.001)	0.284 (0.001)	0.287 (0.002)	0.271 (0.040)	0.252 (0.037)	0.398 (0.080)	0.399 (0.078)	●
$D_2 = \text{quickbird}$	FM	0.455 (0.001)	0.446 (0.002)	0.452 (0.003)	0.459 (0.042)	0.422 (0.033)	0.575 (0.093)	0.576 (0.090)	●

Tab.: Evaluation de la collaboration entre couples de capteurs.

Résultats

- ▶ Utilisation du clustering collaboratif avec un couple de méthodes (KMeans) utilisant un couple de données (D_1, D_2)
- ▶ ↗ indique que $D_1 \circlearrowleft D_2$ est meilleur, ↘ le contraire

$D_1 \backslash D_2$	formosat	pleiades	quickbird	spot5	landsat	ikonos
formosat	-	↘	↘	↗	↗	↘
pleiades		-	↘	↗	↗	↗
quickbird			-	↗	↗	↘
spot5				-	↘	↗
landsat					-	↗
ikonos						-

Tab.: Evaluation de la collaboration de couples de capteurs

Résultats

- Utilisation de deux classifieurs supervisés (Bayésien Naïf) et comparaison de l'accord entre les prédictions (p_1, p_2) des deux capteurs :

$$pr = \sum_{i=0}^N (p_1(o_i) = p_2(o_i)) / N$$

$D_1 \backslash D_2$	formosat	pleiades	quickbird	spot5	landsat	ikonos
formosat	100	91,85	97,78	85,93	80,74	99,26
pleiades		100	94,07	92,59	83,7	92,59
quickbird			100	88,15	82,96	98,52
spot5				100	91,11	86,67
landsat5					100	81,48
ikonos						100

Tab.: Pourcentage du nombre de fois où les deux classifieurs sont en accord.

Résultats

$D_1 \backslash D_2$	formosat	pleiades	quickbird	spot5	landsat	ikonos
formosat	-	↘	↘	↗	↗	↘
pleiades		-	↘	↗	↗	↗
quickbird			-	↗	↗	↘
spot5				-	↘	↗
landsat					-	↗
ikonos						-

Tab.: Evaluation de la collaboration de couples de capteurs

$D_1 \backslash D_2$	formosat	pleiades	quickbird	spot5	landsat	ikonos
formosat	100	91,85	97,78	85,93	80,74	99,26
pleiades		100	94,07	92,59	83,7	92,59
quickbird			100	88,15	82,96	98,52
spot5				100	91,11	86,67
landsat					100	81,48
ikonos						100

Tab.: Pourcentage du nombre de fois où les deux classifieurs sont en accord.

Résultats

- Calcul de la corrélation moyenne entre les attributs des différentes vues

$$V_1 = (a_1, \dots, a_{n_1}), V_2 = (a_1, \dots, a_{n_2}) :$$

$$\mu_{corr} = \frac{\sum_i^{n_1} \sum_j^{n_2} \rho(a_i, a_j)}{(n_1 * n_2)}$$

$D_1 \backslash D_2$	formosat	pleiades	quickbird	spot5	landsat	ikonos
formosat	-	0,630	0,642	0,592	0,632	0,643
pleiades		-	0,640	0,590	0,631	0,641
quickbird			-	0,602	0,628	0,632
spot5				-	0,676	0,654
landsat					-	0,653
ikonos						-

Tab.: Corrélation moyenne entre les différentes vues.

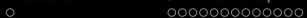
Résultats

$D_1 \backslash D_2$	formosat	pleiades	quickbird	spot5	landsat	ikonos
formosat	-	↘	↘	↗	↗	↘
pleiades		-	↘	↗	↗	↗
quickbird			-	↗	↗	↘
spot5				-	↘	↗
landsat					-	↗
ikonos						-

Tab.: Evaluation de la collaboration de couples de capteurs

$D_1 \backslash D_2$	formosat	pleiades	quickbird	spot5	landsat	ikonos
formosat	-	0,630	0,642	0,592	0,632	0,643
pleiades		-	0,640	0,590	0,631	0,641
quickbird			-	0,602	0,628	0,632
spot5				-	0,676	0,654
landsat					-	0,653
ikonos						-

Tab.: Corrélacion moyenne entre les différentes vues.



1 Introduction

2 Simulation de capteurs

3 Comparaison de capteurs

4 Application multisource

5 Conclusion

Conclusion

- ▶ La simulation de capteurs permet d'**étudier des capteurs** à partir de bibliothèques spectrales
- ▶ Cependant la simulation ne prend pas en compte de nombreux **paramètres**
- ▶ Difficulté d'obtenir **une masse de données importante**
- ▶ L'utilisation de ces données en multisource est prometteur : permet d'étudier la **collaboration** entre les capteurs
- ▶ Travaux futurs :
 - Tester la collaboration avec d'**autres bibliothèques**
 - Augmenter le **nombre de méthodes** de collaboration
 - Tester d'autres manières d'**évaluer la similarité** entre les jeux de données
 - Inclure des **méta-connaissances** sur les données
- ▶ Forestier et al. (2009) *Mining spectral libraries to study sensors' discrimination ability*, SPIE Europe International Symposium on Remote Sensing, 2009
- ▶ Forestier et al. (2009) *Mining Multiple Satellite Sensor Data Using Collaborative Clustering*, IEEE ICDM, Workshop on Mining Multiple Information Sources, 2009

Conclusion

- ▶ Merci !
- ▶ Questions ?



contact : forestier@unistra.fr

site web : <http://lsiit-cnrs.unistra.fr/fdbt>

google : "germain forestier"