

# Indexation d'Images Multispectrales par une Approche Conjointe dans les Domaines Spatial et Compressé

R. Bensalma

M.-C. Larabi

Laboratoire SIC, Université Poitiers

France

{bensalma, larabi}@sic.univ-poitiers.fr

## Résumé

*Nous nous intéressons au problème de la recherche d'images aériennes, acquises dans le cadre du projet européen PIMHAI<sup>1</sup>, par leur contenu, en travaillant directement dans le domaine compressé, avec la norme de compression JPEG2000. Dans ce travail, nous cherchons à caractériser chaque image par une signature basée sur des paramètres de bas niveau de leur contenu numérique. Celle-ci sera composée de deux types d'attributs : un ensemble d'attributs propre au domaine spatial calculé sur la sous bande LL, et un ensemble d'attributs propre au domaine compressé calculé sur les sous-bandes de hautes fréquences. La mesure de similarité entre images est calculée grâce à la fusion des attributs effectuée par le biais d'une pondération.*

## Mots clefs

Indexation d'images, recherche d'images par le contenu, JPEG-2000, ondelettes.

## 1 Introduction

L'analyse et l'interprétation d'images aériennes constituent un champ important de recherche et d'études scientifiques. Plusieurs applications en tirent profit. En conséquence, il y a une croissance considérable de ce type d'information qui doit être transmis, traité, et stocké efficacement.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de projet Européen PIMHAI et dans le domaine de l'indexation et de la recherche d'images aériennes à partir du contenu. Dû à leur grande taille, les images aériennes sont souvent manipulées sous forme compressée, pour l'archivage et la transmission. Nous avons exploré des méthodes permettant de travailler directement dans le domaine compressé. L'idée sous-jacente est d'exploiter l'information pertinente retenue dans les images compressées. Ce choix permet de calculer les signatures directement sur le flux JPEG2000. Parmi les approches de compression, les méthodes basées sur les ondelettes ont pris une grande importance.

Pour cette raison, nous avons étudié des signatures extraites des images compressées suivant la norme JPEG 2000. La transformée en ondelettes (DWT) permet d'obtenir trois sous-bandes contenant les détails hautes fréquences de l'image et une quatrième contenant les basses fréquences. Pour obtenir une décomposition à plusieurs niveaux de résolution, il suffit de décomposer de la même façon la sous bande LL, qui représente l'image filtrée passe-bas en horizontal et vertical, considéré dans notre cas comme une version miniature de l'image originale. Un tel procédé permet une représentation multi-résolution de l'image originale. Pour le choix et le calcul des signatures, nous avons proposé une nouvelle approche basée autour de l'utilisation conjointe des attributs propres au domaine spatial et des attributs propres au domaine compressé. Ainsi, nous avons mis en oeuvre des attributs travaillant directement sur les coefficients d'ondelettes issus du codage JPEG2000. Le domaine spatial est représenté par la sous bande LL de basse fréquence, quant au domaine compressé il est représenté par l'ensemble des sous bandes de haute fréquence.

Cet article est organisé comme suit : La section 2 décrit les travaux précédents liés à la recherche d'images multispectrale. La section 3 présente l'approche proposée avec les attributs utilisés pour le domaine spatial et le domaine compressé. Dans la section 4, Les expérimentations sont expliquées et les résultats sont discutés. Cet article se termine avec quelques conclusions.

## 2 État de l'art

Quelques travaux réalisés dans le domaine d'indexation et de la recherche d'images multispectrales par le contenu seront cités dans ce qui suit. En 1994, Barros *et al.* [5] ont expliqué les inconvénients de l'indexation textuelle des images multispectrales, et l'importance de focaliser les recherches, sur les mécanismes de recherche et d'indexation par le contenus. Ainsi, ces chercheurs ont proposé une méthode d'indexation et de recherche des régions d'images multispectrales, basée sur des attributs de bas niveau. En 1995, Barros *et al.* [6], dans la continuité de leurs travaux ont proposé un mécanisme d'indexa-

<sup>1</sup>Plate-forme d'Imagerie Multi et Hyperspectrale de l'Acquisition à l'interprétation pour l'expertise et l'aide à la décision en gestion de l'environnement

tion, d'organisation et d'utilisation efficace de l'information spectrale dans un environnement dynamique où le système est alimenté continuellement avec de nouvelles régions d'images. Ces dernières sont représentées par un ensemble de propriétés spectrales des régions d'image. Ces propriétés sont considérées comme un type complexe d'attributs à qui ils ont associé des mesures de similarité adaptées.

Dans la même période, *Vellaikal et al.* [3] ont proposé une méthode d'indexation des images multispectrales en utilisant conjointement l'information spectrale. Cette approche consiste à rechercher n'importe quelle région d'une image en la décomposant en plusieurs régions secondaires, sachant que, les attributs de bas niveau des régions secondaires sont déjà calculés. En 1996, *Vellaikal et al.* [4] ont retravaillé la même méthode mais sur des images compressées avec le standard JPEG ; les attributs utilisés sont de types couleur, texture, et forme ; l'objectif de cette approche est de montrer la richesse d'informations contenues dans les images compressées. En 2004, *Newsam et al.* [8] ont réalisé une recherche préliminaire sur un ensemble d'images multispectrales relativement faible. Ces images ont été indexées avec des attributs de bas niveau de type texture, comme la matrice de cooccurrences, le filtre de Gabor et la matrice LDP. Ces attributs sont testés sur l'ensemble des bandes spectrales, ensuite sur les bandes contenant le maximum d'information.

Parmi les travaux réalisés en utilisant le standard JPEG2000, nous trouvons : En 1999, *Do et al.* [10] ont proposé l'attribut mélange gaussien généralisé utilisé avec la mesure de similarité Kullback. En 2000, *Liu et al.* [7] ont proposé l'histogramme bidimensionnel de bits significatifs calculé sur les bandes d'ondelettes. En 2001, *Liu et al.* ont proposé dans le même cadre, d'indexer l'image avec les moments invariants calculés sur tous les plans de bits. En 2002, *Ziyou et al.* [1] ont utilisé la variance, calculée sur les coefficients d'ondelettes, afin de rendre la recherche moins coûteuse en termes de ressource.

### 3 Approche proposée

Afin de mieux exploiter les informations retenues dans les images multi-spectrales compressées et de déterminer le meilleur ensemble de caractéristiques à extraire pour les indexer, nous avons proposé une approche permettant l'exploitation des données compressées, pour nous de fournir des attributs discriminants.

L'approche proposée, comme le montre la Figure 1, consiste à exploiter les images multispectrales compressées comme nous l'avons déjà précisé. Ainsi, l'information de basse fréquence est contenue dans la sous-bande LL que nous considérons comme une version miniature de l'image spatiale de laquelle nous extrayons les attributs de bas niveau spatiaux. Les autres sous-bandes de la DWT de JPEG2000 servent à l'extraction des attributs dans le domaine compressé. La deuxième étape consiste à assigner à chaque type d'attributs de bas niveau une mesure de si-

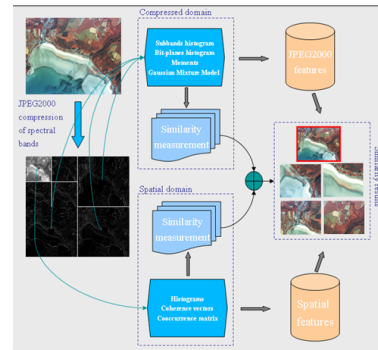


Figure 1 – Les différentes phases de l'approche

milarité adaptée afin d'exploiter au mieux leur pouvoir de discrimination.

#### 3.1 Attributs du domaine spatial

La première représentation utilisée est l'histogramme de coefficients, calculé sur les coefficients de la sous bande LL. L'inconvénient majeur de cet attribut est qu'il ne prend pas en compte l'information spatiale dans l'image. La petite taille des bandes LL permet une utilisation optimisée de cet attribut. Pour palier l'inconvénient de l'histogramme, deux autres attributs sont proposées : Le premier consiste à calculer les moments d'inerties et les centres de gravité, qui décrivent bien la représentation spatiale des coefficients dans la sous bande LL. Le deuxième attribut, consiste à calculer la matrice de cooccurrences, elle représente les caractéristiques de type texture de l'image, grâce aux attributs d'*Haralick* [9].

#### 3.2 Attributs du domaine compressé

Pour la représentation des attributs propres au domaine compressé, nous employons l'histogramme de bits significatifs. Après l'application de la transformée en ondelettes discrètes (DWT), l'image est représentée par des sous bandes étalées sur plusieurs résolutions. Les coefficients d'ondelette de chaque sous bande sont représentés sous forme cubique est chacun des cubes est représenté sous forme d'une combinaison de bits qui sont distribués dans un ensemble de plans superposés . Le calcul de l'histogramme est réalisé sur les plans de bit de toute les sous bandes de haute fréquence. Cela est réalisé en parcourant les plans de bits du poids fort *MSB* au poids faible *LSB*, en calculant le nombre de bits significatif retenu dans chaque plan.

La deuxième représentation est les moments invariants. Plus précisément, nous utilisons le centre de gravité et le moment d'inertie de toutes les sous bandes de l'image. Cependant, ces moments seront exploités de deux manières : la première approche calcule ces moments directement sur les coefficients d'ondelette ; la deuxième approche les calcule sur les différents plan de bits de chaque sous-bande d'une image.

Finalement, nous avons mis oeuvre le mélange gaussien généralisé (MGG). Comme mentionné précédemment l'histogramme des coefficients est une approximation de la distribution des coefficients. Cette information est globale puisqu'elle élimine l'information spatiale. Cette façon d'indexer une image peut s'interpréter en terme de mélange probabiliste. Pour cela, nous avons introduit le modèle de mélange gaussien comme une solution possible. Les sous-bandes d'ordre supérieur représentent des données filtrées par passage horizontal et/ou vertical élevé et donc ces sous-bandes contiennent les détails de l'image.

### 3.3 Mesures de similarité

Pour la recherche des images, la signature de l'image requête est comparée aux signatures des images dans la base. Dans notre cas, l'image n'est pas indexée par un seul attribut, mais par un ensemble d'attributs. Ainsi, se pose le problème de fusion d'informations issues de modèles d'attributs distincts. L'approche appliquée dans notre cas consiste à traiter chaque espace d'attributs indépendamment. La similarité globale est calculée en fusionnant les résultats de similarités relatifs à chaque attribut, cette fusion est classiquement réalisée par une simple combinaison linéaire (somme pondérée). Afin de mieux exploiter les attributs. Nous avons sélectionné cinq distances, que nous avons jugé adapter aux attributs employés. La distance de Hamming la distance de Minkowski et l'intersection des histogrammes sont sélectionnées car elles sont faciles et simples à mettre en oeuvre. Cependant, ces distances présentent des inconvénients particulièrement quand elles sont appliquées sur les histogrammes, car elles ne prennent pas en compte le poids relatif de chaque coefficient dans les deux images. Pour pallier ce problème, Huang a proposé de calculer une métrique basée sur la norme L1 Huang et al[11], que nous avons employé.

## 4 Expérimentation

Notre méthode d'indexation et de recherche d'images multispectrales, utilisant conjointement des attributs propre au domaine spatial et compressé, a été testée sur une base d'images de littorale atlantique acquises dans l'été 2005, dans le cadre du projet PIMHAI. Ces images de type multispectral ont une résolution moyenne égale à  $19500 \times 678$  et 15 bandes spectrales. L'évaluation de l'approche proposée se réalise en trois étapes :

- Choix d'une distance adaptée pour chaque attribut
- Utilisation des attributs de domaines spatial et compressé séparément
- Utilisation conjointe des attributs (spatiaux et compressés). Trois configurations sont définies empiriquement en utilisant les ensemble de poids :

$$W = (w_s, w_c) \in \{(0.5, 0.5), (0.2, 0.8), (0.4, 0.6)\}.$$

Pour des besoins liés aux contraintes d'affichage, nous ne présenterons que les trois bandes, les plus significatives, de chaque image afin de reconstruire une image couleur. Après le choix de l'image requête, une série de testes est

réalisée avec une dizaine d'utilisateurs afin d'ordonner les images de la base selon leur degré de similarité par apport à l'image requête. Ce degré tend à être jugé différemment par les différents utilisateurs. Les résultats obtenus avec le système proposé sont comparés avec le résultat subjectif, réalisé par les utilisateurs. Dans les sections qui suivent nous présentons les évaluations réalisées sur les différentes expériences. Ces dernières sont effectuées en utilisant des critères de précision/rappel définis comme suit :

$$Precision = \frac{r}{N}, \quad (1)$$

$$Recall = \frac{r}{R}, \quad (2)$$

Où  $N$  est le nombre d'images,  $r$  le nombre d'images appropriées recherchées et  $R$  le nombre d'images appropriées dans la base de données. Le Tableau 1 récapitule les attributs utilisés dans la signature des images multispectrales dans les domaines compressé et spatial.

| Domain spatial attributs        | Domain compressé attributs     |
|---------------------------------|--------------------------------|
| $SF_1$ : Histogramme coef       | $CF_1$ : hist de bits signif.  |
| $SF_2$ : Moments coef           | $CF_2$ : Moment de bits signif |
| $SF_3$ : Matrix de cooccurrence | $CF_3$ : moments coefficients  |
|                                 | $CF_4$ : GGM                   |

Tableau 1 – Attributs propres au domaine spatial et compressé utilisés

### 4.1 Sélection des couples Attribut/Distance

Afin de mieux exploiter les attributs, nous avons réalisé plusieurs tests afin de valider le choix, des mesures de similarité. Après une série d'expériences sur chaque attribut avec les cinq distance sélectionnées, un ensemble de couple attribut/distance est défini. Pour l'histogramme de coefficients et le mélange gaussien généralisé la distance de Huang amélioré a donné le meilleur résultat, les moments d'inerties et les centres de gravités sont mieux exploités avec la distance de Minkowski et enfin l'histogramme de bits significatifs avec les attributs d'Haralick avec la distance de Hamming.

### 4.2 Utilisation séparée des deux types d'attributs

Les tableaux 2 et 3 donnent les configurations respectives, pour le domaine spatial et compressé. Les courbes de la figure 3 permettent de faire une comparaison entre les résultats obtenus avec toutes les combinaisons possibles entre les attributs propres au domaine spatial. Ainsi, les meilleurs résultats sont obtenus par  $S_2$  et  $S_4$ . En comparant ces deux dernières, nous constatons que le résultat de la signature  $S_4$  est légèrement meilleur que celui obtenu par la signature  $S_2$ . La figure 5 représente les résultats obtenus avec douze meilleurs combinaisons, en terme de résultat, sur seize combinaisons entre les attributs propre au domaine compressé. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les

signatures  $C_{11}$  et  $C_3$ . Les figures 2, 4 montrent quelques résultats obtenus.

|        | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | $S_4$ | $S_5$ | $S_6$ | $S_7$ |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $SF_1$ | X     |       |       | X     | X     |       | X     |
| $SF_2$ |       | X     |       | X     |       | X     | X     |
| $SF_3$ |       |       | X     |       | X     | X     | X     |

Tableau 2 – Différentes combinaisons d'attributs du domaine spatial

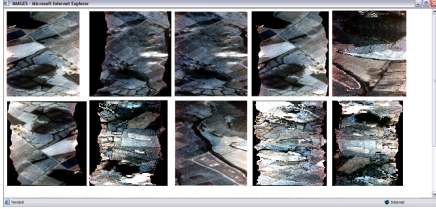


Figure 2 – Exemples de résultats pour les différentes combinaisons d'attributs du domaine spatial

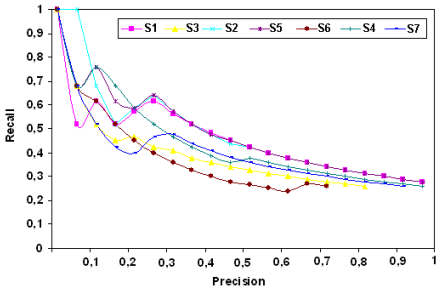


Figure 3 – Courbes précision/rappel pour toutes les combinaisons obtenues à partir des attributs du domaine spatial

### 4.3 Utilisation conjointes des deux types d'attribut

A partir des combinaisons précédemment testées (cf. tab.2, 3) un ensemble de combinaisons est construit. Douze des meilleurs combinaisons ( $JS^*$ ), en terme de résultats, sont montrés sur le tableau 4. Chaque combinaison est testée avec trois configurations de coefficients de pondération. Les résultats obtenus en utilisant la première configuration de coefficients de pondération sont représentés par le Figure 7-a et sont meilleurs que ceux obtenus avec les deux types d'attributs testés séparément. Cependant, si nous comparons ces résultats entre eux, nous pouvons noter les résultats ce  $JS_3$  et  $JS_{12}$  (cf. tab.4) sont très intéressants. La figure 7-b représente les résultats obtenus avec la deuxième configuration de coefficients de pondération. Nous pouvons noter qu'il n'y a pas une grande différence avec les résultats obtenus précédemment. Néanmoins, il y a une amélioration avec la signature  $JS_8$ . La signature  $JS_2$  donne des résultats meilleurs dans ce cas-ci. Les résultats de la dernière configuration de coefficients de pondération

|        | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $C_7$ | $C_8$ | $C_9$ | $C_{10}$ | $C_{11}$ | $C_{12}$ |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| $CF_1$ | X     | X     | X     | X     | X     | X     |       |       |       |          |          | X        |
| $CF_2$ | X     |       | X     |       | X     | X     |       |       |       | X        | X        | X        |
| $CF_3$ |       | X     |       |       |       |       | X     | X     | X     | X        | X        | X        |
| $CF_4$ | X     |       | X     | X     |       |       | X     |       | X     |          | X        | X        |

Tableau 3 – Différentes combinaisons d'attributs propres au domaine compressé

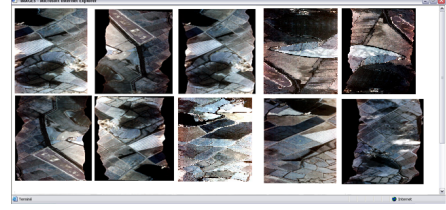


Figure 4 – Exemples de résultats pour les différentes combinaisons d'attributs propres au domaine compressé

sont présentés par la figure 7-c. On constate une légère amélioration par apport aux résultats déjà obtenus. La figure 6 donne un exemple de résultats sur l'interface de navigation développée dans le cadre du projet de PIMHAI.

## 5 conclusion

Nous avons proposé une méthode d'indexation d'images qui exploite la norme de compression JPEG2000, en extrayant de l'information spectrale des coefficients d'ondelettes pour créer les signatures. L'ajout d'information retenue dans la sous bande LL aux signatures via des attributs propres au domaine spatial, améliore d'une manière significative les résultats par rapport aux attributs calculés également dans le domaine compressé. De nombreuses perspectives s'ouvrent à nous de cette contribution. D'une part, nous voulons élaborer une série de tests psychophysiques pour définir les meilleurs taux de compression et le meilleur pas de quantification pour les différents niveaux. D'autre part, à partir des paramètres déjà calculés, nous essaierons de définir des règles de combinaison d'attributs selon les besoin des utilisateurs.

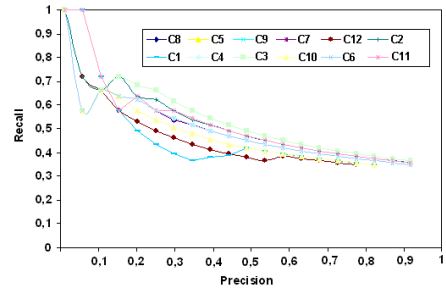


Figure 5 – Courbes précision/rappel pour toutes les combinaisons obtenues à partir des attributs du domaine compressé

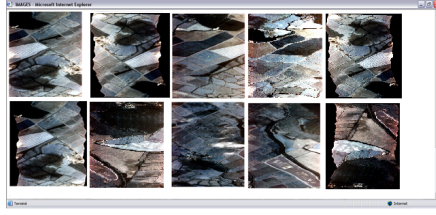


Figure 6 – Exemples de résultats pour les différentes combinaisons conjointes

|        | $JS_1$ | $JS_2$ | $JS_3$ | $JS_4$ | $JS_5$ | $JS_6$ | $JS_7$ | $JS_8$ | $JS_9$ | $JS_{10}$ | $JS_{11}$ | $JS_{12}$ |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|
| $SF_1$ |        | X      | X      | X      |        | X      |        | X      |        |           | X         | X         |
| $SF_2$ | X      | X      | X      | X      | X      |        | X      | X      | X      | X         |           |           |
| $SF_3$ |        |        | X      |        |        |        |        |        |        |           |           |           |
| $CF_1$ |        |        |        |        |        |        |        | X      |        |           |           |           |
| $CF_2$ |        |        |        |        |        | X      | X      | X      | X      |           |           |           |
| $CF_3$ |        |        |        | X      | X      | X      | X      |        | X      |           | X         |           |
| $CF_4$ | X      | X      | X      | X      |        |        |        |        |        | X         |           | X         |

Tableau 4 – Signatures conjointes ( $JS_*$  : signatures conjointes,  $SF_*$  : Attributs du domaine spatial,  $CF_*$  : Attributs du domaine compressé).

## Références

- [1] Z. Xiong and T. S. Huang, "Subband-based, memory-efficient JPEG2000 images indexing uncompressed-domain", IEEE Symp. on IAI, 2002.
- [2] C. Liu and M. Mandal, "Fast image indexing based on JPEG2000 packet header Full text", International Multimedia Conference, Ottawa, 46-49, 2001.
- [3] A. Vellaikal and C.-C. Kuo and S. Dao, "Content-Based Retrieval of Color and Multispectral Images Using Joint SpatialSpectral Indexing," SPIE Digital Im. Stor. and Archiv Sys., 2606, 232-243, 1996.
- [4] A. Vellaikal and C.-C. Kuo, "Joint Spatial-Spectral Indexing For Image Retrieval", ICIP96, 867-870, 1996.
- [5] J. Barros and J. French and W. Martin and P. Kelly and J. M. White, "Indexing Multispectral Images for Content-Based Retrieval", AIPR Workshop on Image and Information Systems, 1994.
- [6] J. Barros and J. C. French and W. N. Martin and P. M. Kelly, "System for Indexing Multispectral Satellite Images for Efficient Content-Based Retrieval", Storage and Retrieval for Image & Video DBs, 228-237, 1995.
- [7] C. Liu et M. Mandal. Image Indexing in the JPEG2000 Framework. SPIE Internet multimedia management systems, 272-280, Boston, 2000.
- [8] S. D. Newsam, C. Kamath, Retrieval using texture features in high-resolution multispectral satellite imagery, Data Mining and Knowledge Discovery : Theory, Tools, and Technology VI, 21-32, 2004.
- [9] R. M. Haralick, "Statistical and structural approaches to texture," IEEE ICPR, vol. 67, 786-804, 1979.

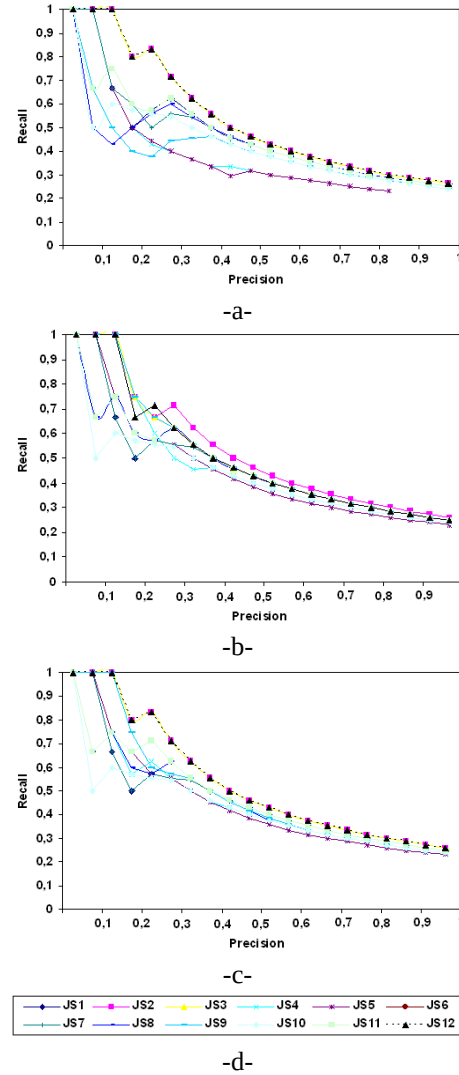


Figure 7 – Les courbes précision/rappel pour toutes les combinaisons avec les différentes configurations : a-(0.5, 0.5), b-(0.2, 0.8) et c- (0.4, 0.6). d) légende des courbes.

- [10] M. N. Do and M. Vetterli. Wavelet-Based Texture Retrieval Using Generalized Gaussian Density and Kullback-Leibler Distance. In IEEE Transactions on Image Processing, vol. 11, 146-157, 2002.
- [11] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, and W. J. Zhu, "Spatial color indexing and applications" in Proc. 6th Int. Conf. Computer Vision, Jan. 1998, pp. 602-607.
- [12] ISO/IEC IS15444-1, "JPEG 2000 Image Coding System", Tech report.