

Étude Comparative en Indexation Appliquée à l'Image Médicale

N. Bourkache^{#1}, S. Sidhom^{*2} et M. Laghrouche^{#3}

[#] LAMPA, FGEL, UMMTO Algerie.

¹ nourbourkache@yahoo.fr

³ larouche_67@yahoo.fr.

^{*} LORIA-Nancy University France.

² sahbi.sidhom@loria.fr

Résumé:

Nous avons vu dans un travail antérieur¹ une méthode d'indexation d'image et de recherche d'information sur un fond d'images mammographiques. Les images sont représentées par leur contenu numérique en plus des attributs sémantiques. La première technique se base sur l'extraction des paramètres de texture en utilisant les ondelettes de Gabor. La seconde se base sur une indexation textuelle : représentation par concepts sémantiques. Les résultats obtenus étaient relativement satisfaisants mais restreints à un type spécifique d'images: les mammographies. Nous avons donc pensé à tester la robustesse de notre algorithme dans à un éventail plus élargie d'images. Nous l'avons alors adapté à d'autres types d'image autre que mammographiques: cérébrales et autres images non médicales utilisées comme "parasites" afin de mieux évaluer les performances. Nous exposerons dans ce papier l'approche utilisée ainsi que les différents résultats obtenus. Une comparaison des résultats sera alors réalisée à la fin de ce papier avant de terminer par une conclusion.

Mots clés: Recherche d'images par le contenu, Signature numérique d'image, Paramètres de texture, Filtre de Gabor, Concepts sémantiques, Indexation textuelle.

Abstract :

We saw in a former work a method of images indexing and information research on mammographic image-scanner databases. The images are represented by their digital component in addition to the semantic attributes. The first technique is based on the extraction of the texture parameters by using the Gabor's Wavelets. The second is based on a textual indexing: representation by semantic concepts. The obtained results were relatively satisfactory but restricted with a specific type of images: mammographies. We thus thought of testing the robustness of our algorithm in to a range more widened of images. We then adapted it to other types of image other than mammographic: cerebral and other nonmedical images used like "parasites" for better evaluating the performances. We will expose in this paper the approach used as well as the various results obtained. A comparison of the results will then be carried out at the end of this paper before finishing by a conclusion.

Key words: Images indexing, Textual information

retrieval, Content image retrieval, numerical signature of image, Gabor filter, conceptual description, medical images.

I. INTRODUCTION

Dans le domaine de l'imagerie, différentes techniques d'indexation et de recherche d'informations ont été proposé ces dernières années.

Il s'avère que les méthodes de référencement par mots clés utilisées depuis les années 70 ne suffisent généralement pas pour la représentation des images. [1] [2]. Depuis les années 90, de nouveaux systèmes se basant sur le contenu numérique de l'image sont alors apparus [3].

Dans un travail antérieur [4], nous avons élaboré un algorithme d'indexation en exploitant à la fois l'information textuelle et numérique d'un certain type d'images. Il s'agissait d'une base d'image d'apprentissage contenant 320 mammographies préalablement diagnostiquées par des spécialistes et accompagnées pas des notices décrivant chaque cas pathologique.

Dans ce travail, nous allons adapter notre algorithme à une gamme plus élargie d'images. Notre base élargie sera indexée (*en Offline*) selon les deux modes: textuel et par le contenu. Puis, par la suite (*en Online*), notre système offre toujours la possibilité d'effectuer trois types d'approche de recherche, à savoir :

- Une recherche textuelle: par mots-clés décrivant le contenu visuel de l'image ;
- Une recherche par le contenu numérique de l'image: par image-requête ;
- Une recherche combinée (hybride): Combinaison des deux approches précédentes.

Dans ce qui suit nous présenterons un état de l'art dans le domaine de l'indexation d'image et les systèmes de recherche d'information. Suivi de la section III qui portera sur les différentes techniques d'indexation d'images utilisées dans notre approche avec les résultats obtenus à chaque phase. Dans la section IV une étude de performances sera réalisée suivie d'une synthèse comparative des différentes méthodes. Enfin, nous terminons par une conclusion

¹ Article disponible sur : <https://hal.inria.fr/hal-00927280/document>

II. ETAT DE L'ART

Afin d'optimiser l'accès aux quelques milliards d'images stockées un peu partout dans le monde, plusieurs systèmes de recherche d'images ont vu le jour ces dernières années.

Les premiers systèmes largement élaborés sont les TBIR: Text-based Image Retrieval. Ce sont des systèmes de recherche d'images basés seulement sur le texte. Il s'agit donc d'une indexation par des descripteurs sémantiques. Dans ce type de systèmes, les images indexées sont représentées dans la base de données par des descripteurs visuels. Ce procédé est, généralement, effectué en se basant sur la partie texte décrivant l'image. À défaut, l'image est représentée par une description textuelle relatant son contenu visuel. Suivant quelques modèles conceptuels d'indexation [5] le texte soit analysé et simplifié puis l'image soit représentée par une liste de descripteurs simples.

Certaines analyses se basent, à la fois, sur des attributs thématique et visuelles [6] mais le bon compromis Précision-Rappel n'est pas toujours assuré.

Par ailleurs, et quoique cette tâche soit souvent réalisée manuellement, l'automatisation à l'aide d'un "robot-indexeur" s'avère inévitable lorsque le nombre d'images soit important. C'est ce mode justement qui est adapté par la majorité des moteurs de recherche sur le Web. Comme par exemple: Google, Altavista, Yahoo ...etc. Ces moteurs de recherche (et d'indexation d'ailleurs) effectuent le repérage des images depuis le code HTML de la page dont elles se trouvent. Sachant que les deux balises *SRC* et *ALT* se réfèrent directement à l'image: la balise *SRC* contient l'URL de l'image et donc le nom du fichier suivi de son extension (PNG, JPG, BPM ...etc.). La balise *ALT* est censée contenir aussi un texte descriptif de l'image. (Quoiqu'elle ne soit pas forcément renseignée)

La fig.1 présente l'architecture d'un système d'indexation et de recherche d'images par mots-clés.

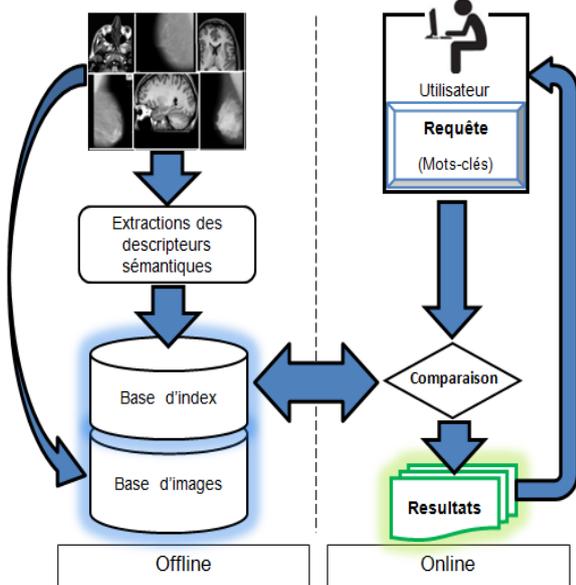


Fig.1 Architecture typique d'un système d'indexation d'images par les descripteurs sémantiques.

Pourtant, depuis le début des années 90 la

communauté scientifique a élaboré d'autres systèmes qui tiennent en compte le contenu numérique des images. Ces systèmes sont communément appelés CBIRS (Content-Based Image Retrieval System) [1], [2], [7], [8]. Aujourd'hui on trouve sur le web ce nouveau type de systèmes qui permettent de trouver une image cible par une autre image requête. C'est le cas par exemple : *tineye.com*, *cydral.fr*, *gazopa.com* ...etc. ces dernières années, certains moteurs de recherche, à l'instar de *Google* par exemple, ont opté pour l'introduction de la recherche d'image par le contenu numérique. Désormais, sur *Google*, en plus de la recherche textuelle, la recherche d'image par l'image est aussi possible.

Dans ce type de systèmes, les images sont représentées par leurs propres contenus numériques. Ces derniers sont souvent sous forme de vecteurs de caractéristiques stockés dans un espace d'attributs. Ce dernier est pratiquement concrétisé par une table ou un ensemble de tables sauvegardées quelque part dans une base de données. Par la suite, lors de la recherche, la mesure de similarité entre images est alors possible en calculant une certaine distance entre vecteurs (requête et cible) dans ce même espace d'attributs [7]. La fig.2 illustre l'architecture de base d'un système d'indexation d'images par le contenu numérique.

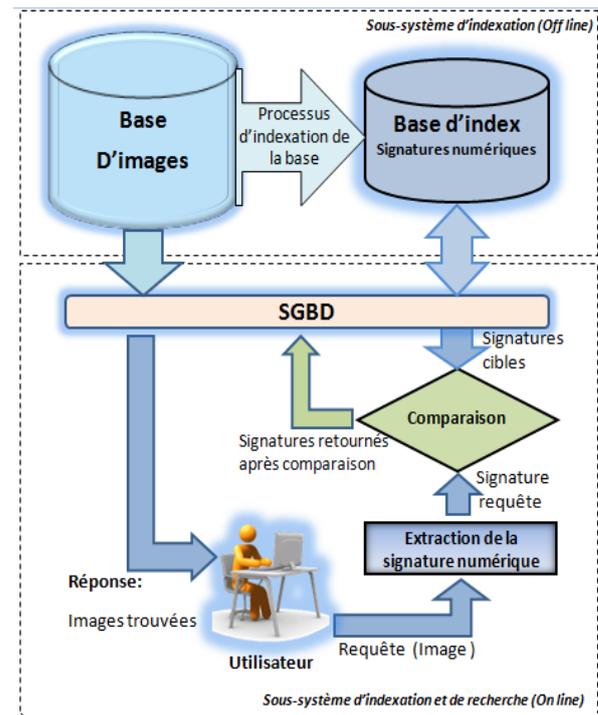


Fig.2 Architecture typique d'un système d'indexation d'images par le contenu. (Signature numérique)

Ce système s'exécute aussi en deux principales étapes:

1. l'étape d'indexation : s'exécute généralement en *Offline* afin d'en extraire les vecteurs de caractéristiques des images.
2. l'étape de recherche : Cette étape s'exécute en *Online*. C'est à cette étape que la mesure de similarité soit effectuée.

III. EXPÉRIENCES ET RÉSULTATS

Pour mieux évaluer notre approche, et afin de déterminer l'efficacité de notre algorithme, nous allons effectuer trois expériences sur les trois systèmes de recherche d'information :

- Par des mots-clés: Système I;
- Par le contenu: Système II;
- Par l'approche combinée (hybride): Système III

A. Système d'indexation par les attributs sémantiques

Dans ce présent travail, nous avons testé nos trois systèmes sur une base d'images relativement hétérogène. En fait, nous avons toujours gardé note base de mammographies en l'occurrence, la base *MIAS*² contenant 320 mammographies diagnostiquées par des spécialistes. Cette base a été enrichie par d'autres images: une cinquantaine d'images cérébrales (pour rester dans le même contexte d'imageries médicales). Et aussi, quelques images IRM abdominales (Visuellement proches des mammographies, afin de créer une certaine confusion pour le système II).

Nous avons aussi incéré d'autres images ayant un contenu quelconque, mais proche du domaine médicale. Leur indexation textuelle provoquera, hypothétiquement, une confusion au système I. Autrement dit, ces images non médicales sont simplement utilisées comme "parasites" afin de mieux évaluer notre approche.

Notre indexation textuelle se construit sur la base du contenu visuel de l'ensemble des images. Après ce travail qui s'effectue en *Offline*, les attributs sémantique seront sauvegardés dans une table de notre base de données.

Ultérieurement (en online) la requête est donc formulée sous forme de mots-clés selon le modèle de la fig.1 ci-dessus.

La fig.3 montre la réponse obtenue suite à une requête formulée en utilisant des attributs sémantiques.



Fig.3 Exemple de requête textuelle avec les mots-clés: "image médicale")

Dans ce cas nous avons soumis la requête avec les mots-clés: "image" & "médicale".

Les images retournées présentent un ensemble hétérogène. Elles correspondent particulièrement aux images possédant les deux mots clés de la requête dans leurs index sémantique.

Nous avons changé les mots-clés de la requête en la formulant avec un seul mot-clé spécifique: "mammographie". Les résultats sont illustrés dans la fig.4 ci-dessous. Les images retrouvées sont plus spécifiques. Du point de vu sémantique, elles sont toutes acceptables or la majorité d'entre elles correspondent exactement à la spécification demandée "mammographie". Les autres sont dans le même contexte et véhiculent un sens proche de la mammographie. Toutefois, du point de vu contenu, ces dernières sont considérées non-pertinentes.

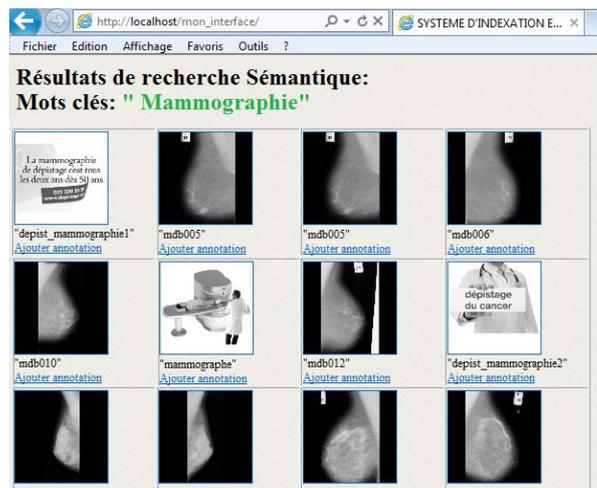


Fig.4 Exemple de requête textuelle avec le mot-clé: "mammographie"

Dans le paragraphe suivant, nous exploiterons justement le contenu numérique des images.

B. Système d'indexation par le contenu numérique

Paramètres de texture

L'indexation du contenu numérique des images se base sur leurs caractéristiques texturales. Ce sont ces mêmes caractéristiques qui seront codées sous forme de "Signatures numériques" ou encore "Vecteurs de caractéristiques". Puis, tout sera gardé dans une table de notre base de données.

Filtre de Gabor

Afin d'extraire les paramètres de textures à partir des images, nous avons opté pour l'ondelette de Gabor. Cette dernière s'avère être un outil intéressant d'analyse de texture et prouvant ainsi son efficacité de ce domaine (Elle est d'ailleurs largement adoptée dans la littérature). Dans l'ensemble, les paramètres de texture sont déterminés en calculant la moyenne et l'écart type des niveaux de gris des images tel que:

- La moyenne μ_{mn} : Caractérise l'intensité lumineuse de l'image correspondant au

² Mammographic Image Analysis Society: <http://www.mammoimage.org/databases/> dernière visite le : 08.10.2015

niveau de gris moyen de l'ensemble des pixels de l'image;

- L'écart-type σ_{mn} : Caractérise la variation de l'intensité moyenne de l'ensemble des pixels. Elle correspond au changement du contraste de l'image.

La fig.5 illustre les principales étapes de la recherche images par le contenu en utilisant le Filtre de Gabor. Ce système procède naturellement suivant le même principe présenté dans la fig.2 précédente.

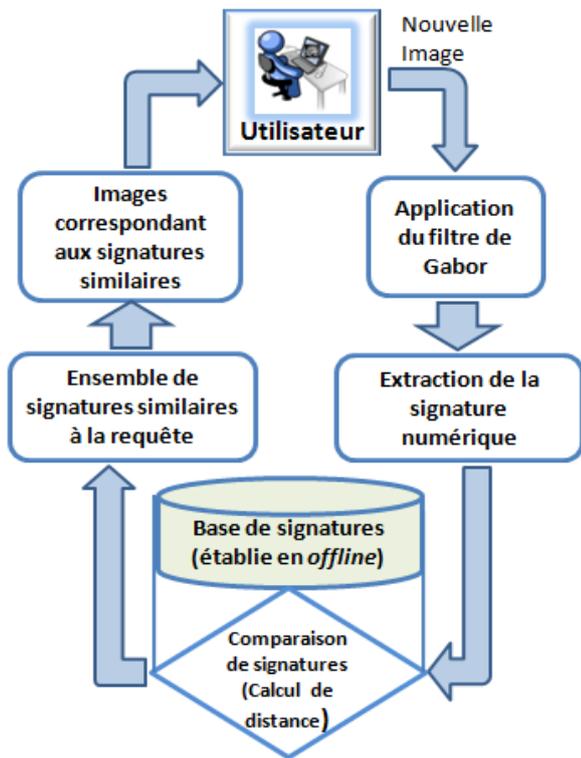


Fig.5 Principales étapes de la recherche par le contenu des images indexées par l'ondelette de Gabor

À l'étape de recherche, lorsqu'on veut trouver des images similaires T_i (indexées en *offline*) par rapport à une nouvelle image Q (requête), il est nécessaire d'appliquer le filtre de Gabor sur cette dernière (fig.5).

Ainsi, la mesure de similarité d'une image requête Q avec une image cible T est effectuée en calculant, la distance $D(Q, T)$ [9], [10] telle que :

$$D(Q, T) = \sum_m \sum_n d_{mn}(Q, T)$$

Où :

$$d_{mn} = \sqrt{(\mu_{mn}^Q - \mu_{mn}^T)^2 + (\sigma_{mn}^Q - \sigma_{mn}^T)^2}$$

Cette distance représente l'écart en moyenne et en écart type entre les deux vecteurs (Et donc les deux signatures) correspondant à l'image requête et cible.

La fig.6 montre les résultats d'un exemple d'une recherche par le contenu d'une image cérébrale.



Fig.6 Résultats de la recherche par le contenu

L'image requête étant une image cérébrale interrogeant la base de données globale. Quoique les images retrouvées sont proches du côté visuel, beaucoup d'entre elles ne sont pas pertinentes.

Les estimations de précision seront données dans la prochaine section.

C. Système d'indexation hybride

Notre système d'indexation hybride (intermodal) est réalisé à partir des deux systèmes précédents. Ces derniers présenteront désormais deux sous-systèmes complémentaires (fig. 7).

Les résultats retournés à l'utilisateur correspondent donc l'intersection des deux sous-systèmes et suivant un paramétrage prédéfini.

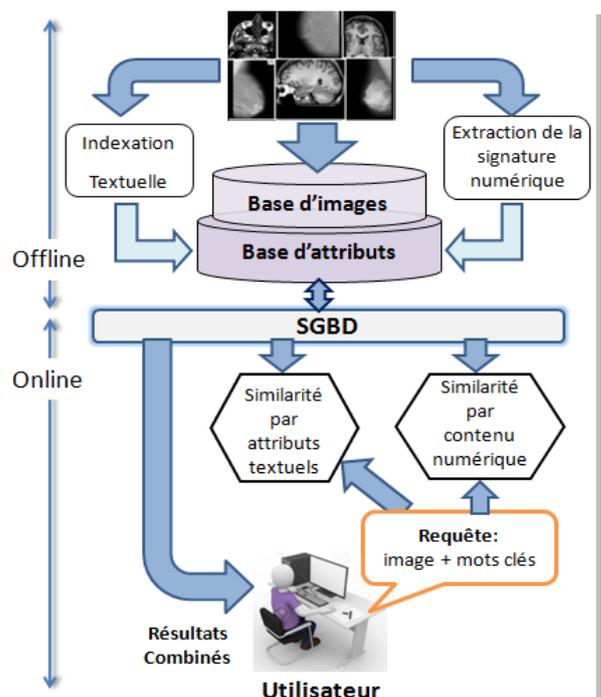


Fig.7 Système hybride d'indexation et de recherche d'image

Dans ce système la requête est alors formulée, à la fois, par des mots clés ainsi qu'une image requête. Les éléments de la requête peuvent être, par exemple: "image cérébrale" (comme mots clés) accompagnés par une image cérébrale (fichier ou URL). Autrement dit: je demanderai au système de trouver les images cérébrales les plus proches de celle chargée (en fichier ou en URL).

La figure 8 montre les résultats d'un exemple d'une recherche basée à la fois sur les attributs textuels ainsi que le contenu numérique de la requête. Afin d'améliorer les conditions de comparaison, nous avons choisis la même image requête que précédemment (image cérébrale). Dans ce cas, bien sûr, nous avons rajouté l'attribut sémantique se résumant au mot clé: "cérébrale".

La réponse à la requête hybride montre, à première vue (fig.8) un ensemble d'images homogène représentant toutes des cas cérébraux.



Fig.8 Résultats de la recherche hybride

Nous pouvons dire, à ce niveau, que le résultat est amélioré comparativement aux phases précédentes.

La section suivante exposera les différentes précisions obtenues.

IV. PERFORMANCES ET SYNTHÈSE

Pour évaluer l'efficacité de notre système, Nous avons procédé au calcul des deux mesures les plus couramment utilisées en matière d'évaluation des performances des systèmes RI : la Précision et le Rappel. [11]

Le tableau.1 résume les valeurs moyennes des précisions obtenues par les trois systèmes présentés plus haut.

	Système I <i>Sémantique</i>	Système II <i>Contenu</i>	Système III <i>Hybride</i>
Rappel	Précision	Précision	Précision
0,25	0,84	0,65	0,98
0,50	0,71	0,51	0,87
0,75	0,49	0,26	0,76

Tab.1 Les précisions moyennes obtenues en fonction des trois principales valeurs du rappel : 0.25, 0.5 et 0.75

Il est à noter que, dans ce présent travail, la notion de pertinence des images soit adaptée au nouveau contexte de recherche. Comparativement à un travail antérieur [4] où le système est testé avec une base d'image homogène (mammographies), le système actuel est testé sur une base relativement hystérogène (quoiqu'on est resté jusque-là dans le domaine de l'imagerie médicales). Dans le premier système, le critère de pertinence est exprimé suivant un certain diagnostic de la mammographie: Le cas pathologique par exemple. Par contre dans ce travail, l'image est considérée pertinente, si son contenu visuel global satisfait les critères de recherche exprimés dans la requête. Si par exemple on recherchait une mammographie parmi toutes les autres images de la base, dans ce cas, toutes les mammographies seraient considérées comme pertinentes (indépendamment de leurs cas pathologique...etc.)

Les différentes valeurs obtenues des précisions moyennes en fonction des rappels des trois systèmes sont exprimées dans la fig.9 tel que:

- Le graphe 1 (vert) correspond au 1^{er} système (sémantique)
- Le graphe 2 (bleu) correspond au 2^{ème} système (signature numérique)
- Le graphe 3 (rouge) correspond au 3^{ème} système (Hybride)

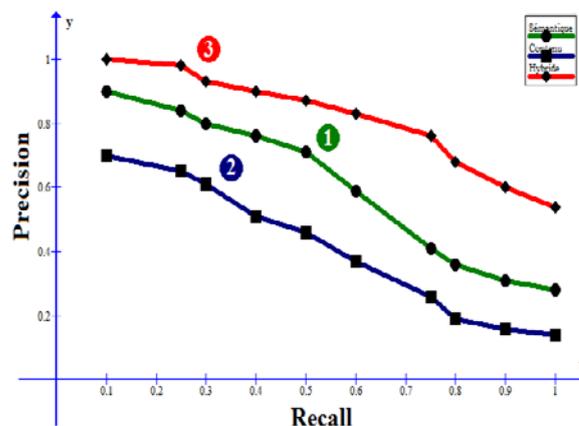


Fig.9 Résultats obtenus. Représentés par la précision moyenne en fonction du Rappel pour les trois systèmes

Ces graphes nous montrent clairement la différence de performances entre les trois systèmes. Sachant que, lors des recherches d'images, le critère de précision soit primordial d'autant plus que le rappel d'ailleurs. Généralement lorsqu'un utilisateur soumet sa requête, il attend instinctivement des réponses précises et nombreuses à la fois. Il devient donc inévitable qu'un système de recherche d'information ait un compromis entre la "quantité" et la "qualité" d'images trouvées. Ce qui impose un compromis entre la précision et le rappel. D'après les valeurs exprimées dans le tab.1 et illustrées en fig.09. Il est formellement constatable que le système hybride soit le plus performant des trois. Afin de pouvoir retrouver 50 % des images pertinentes de la base de test (Rappel= 0,5) le système de recherche par le contenu n'offre qu'une précision de 0,51 (seulement une image sur deux qui est pertinente) à ce niveau le système de recherche sémantique est déjà mieux avec une précision de 0,71 alors que le troisième système offre une précision de 0,87.

Quoique les conditions d'évaluation des performances diffèrent d'un test à un autre, nous pouvons conclure d'ores et déjà, que le système hybride soit beaucoup plus performant que les deux autres systèmes. Quant aux performances de ces deux derniers, ils peuvent basculer selon les conditions d'indexation des images ou encore selon la base de test. Si on prend l'exemple d'une base d'images hétérogène avec une grande variété d'images (plusieurs couleurs, formes et textures) le système de recherche par le contenu peut s'avérer plus performant que le premier système.

V. CONCLUSION

Nous avons présenté dans ce papier la synthèse d'une deuxième partie de notre travail, après une première étude effectuée sur un échantillon d'images homogène.

Nous avons commencé par la présentation des trois systèmes proposés, à savoir le système d'indexation par les attributs sémantiques, le système d'indexation par le contenu numérique et le système hybride (combinaison des deux). Pour chaque système nous avons données les résultats de recherche obtenus.

Le test des trois systèmes s'est effectué sur une base d'images médicale et quelques images parasites pour mieux évaluer les performances.

Dans le premier système, nous avons procédé à l'indexation textuelle des images en se basant seulement sur l'aspect visuel de celles-ci. Dans la phase de recherche, la requête est exprimée en utilisant des mots-clés plus proches que possible des attributs sémantiques d'indexation.

Dans le deuxième système nous avons caractérisé l'image par son propre contenu. Cela est réalisé grâce à l'application du filtre de Gabor où les paramètres de textures ont été extraits et représentés sous formes de vecteurs dans notre base d'attributs. Ces derniers sont appelés : Signatures numériques des images. C'est en se basant justement sur ces signatures que la recherche d'images par le contenu nous est possible.

Le troisième système, dit hybride, est réalisé grâce à une combinaison appropriée des deux premiers systèmes. Dans la phase de recherche, la requête est formulée, simultanément, par des mots-clés et une image requête.

Les résultats obtenus sont différents pour les trois systèmes. Par conséquent, une évaluation des performances a été accomplie. Nous avons bien conclu que le système hybride offre des performances plus satisfaisantes.

En perspectives, nous envisageons de procéder à l'indexation d'un nombre plus important d'images hétérogènes. Par ailleurs, en se basant sur ces expériences, nous tentons d'améliorer notre application et la restructurer sous forme d'un moteur de recherche.

RÉFÉRENCES

- [1] Filip Florea, Alexandrina Rogozan, Abdelaziz Bensrhair, Jean-Nicolas Dacher, Stefan Darmoni, 2005. *Recherche des images médicales par contenu et type de ressource dans un catalogue de santé en ligne*. Laboratoire Perception, Systèmes et Information, CNRS FRE-2645, INSA & Université de Rouen.
- [2] Júlia de Oliveiraa, Alexei M.C. Machadob, Guillermo C. Chaveza. 2010. *MammoSys: A content-based image retrieval system using breast density patterns*. Computer methods and programs in biomedicine.
- [3] Reza Ravani, Mohamad Reza Mirali, Maryam Baniasadi. 2010. *Parallel CBIR System Based on Color Coherence Vector*. 17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing.
- [4] Bourkache N. S. Sidhom; M. Laghrouche. 2013. "Apprentissage numérique pour la recherche d'informations en imagerie médicale : Modélisation des filtres de Gabor". *Electronique Journal* ISSN 1776-2960 Issue N° 37 <http://scientifics.fr/ejde/English/prog/Revue/article.asp?NoRevue=37>
- [5] Sahbi SIDHOM. 2002. *Plate-forme d'analyse morpho-syntaxique pour l'indexation automatique et la recherche d'information : de l'écrit vers la gestion des connaissances*. Thèse de Doctorat, Pages: 29-77
- [6] Gérald DUFFING 2006. *Analyse et organisation de corpus pour une recherche thematico-visuelle d'images*. XVIIème Congrès d'Informatique des Organisations et Systèmes d'Information et de Décision – <https://hal.inria.fr/inria-00098747/file/99-R-046.pdf>
- [7] Bikesh Kr. Singh & Bidyut Mazumdar. 2010. *Content Retrieval From X-RAY Images Using Color & Texture Features*. Department of Biomedical Engg. National Institute of Technology, Raipur (C.G), India International Journal of Electronics Engineering.
- [8] C BAKgöl, D L. Rubin, Sandy Napel, C F. Beaulieu, H Greenspan, and B Acar. 2011 *Content-Based Image Retrieval in Radiology: Current Status and Future Directions*. Journal of Digital Imaging, Vol 24, No 2 pp 208Y222

[9] Bikesh Kr. Singh & Bidyut Mazumdar. 2010. *Content Retrieval From X-RAY Images Using Color & Texture Features*. Department of Biomedical Engg. National Institute of Technology, Raipur (C.G), India International Journal of Electronics Engineering.

[10] H. B. Kekre , Dhirendra Mishra. 2010. *CBIR using Upper Six FFT Sectors of Color Images for Feature Vector Generation*. International Journal of Engineering and Technology.

[11] Henning Muller, Wolfgang Muller 1, David McG. *Performance Evaluation in Content-Based Image Retrieval: Overview and Proposals* Computer Vision Group, University of Geneva 24 Rue du Général Dufour, CH-1211 Genève 4, Switzerland