

Classification par Lacunarité Fractale de la Texture de l'Os Trabéculaire

S.Zehani⁽¹⁾, M.Khider⁽²⁾, A.Taleb Ahmed⁽³⁾ & M.Mimi⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Université Kasdi Merbeh Ouargla, Département de Génie électrique, Faculté des Sciences et de Technologie et Science de la Matière, Ouargla 30000 Algérie.

⁽²⁾ Université USTHB, LTIR, Alger, Algérie.

⁽³⁾ LAMIH UMR CNRS-UVHC 8530, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, France.

⁽⁴⁾ Département de Génie électrique, Université Abdel Hamid Ben Badis Mostaganem, Algérie.

Zehani.so@univ-ouargla.dz

ABSTRACT— Si l'analyse fractale est une méthode qui caractérise les formes complexes comme la structure de la texture de l'os trabéculaire. On trouve un autre paramètre complémentaire qui est la lacunarité fractale, c'est une mesure multi-résolution de texture décrivant le mélange de complexe de forme et de la distribution d'écart (trous) dans une image.

Les mesures de la lacunarité peuvent être décrites comme les approches de reconnaissance de texture qui fournissent un moyen de caractériser la morphologie des modèles à travers les différentes échelles. Cet article porte sur l'analyse fractale de la texture, et en particulier l'utilisation de la lacunarité fractale pour décrire les distances de séparations entre travées osseuse. L'objectif de notre papier est d'appliquer la classification de texture par la lacunarité fractale en utilisant les textures au niveau du gris et après binarisation et faire une comparaison entre les résultats trouvés,

Et comme application, nous avons utilisé la base de données d'INSERM U 703 Lille, constitué d'un ensemble d'images IRM et CT-Scan de textures prises dans des ROI (Region Of Interest) des os trabéculaire normales et pathologiques.

Key-Words— Analyse Fractale, Lacunarité Fractale, Classification de Texture, Os Trabéculaire, Ostéoporose.

I. INTRODUCTION

L'analyse de texture regroupe un ensemble de techniques permettant de quantifier les différents niveaux de gris présents dans une image en termes d'intensité et de distribution dans un but d'extraire un certain nombre de paramètres caractéristiques de la texture à étudier. Elle joue un rôle important en analyse d'images, comme dans le cas des applications de classification. Bien que la notion de texture soit naturelle pour l'être humain, elle résiste depuis longtemps à toute tentative de définition. On peut s'en approcher en disant qu'une texture est une zone de l'image qui présente certaines caractéristiques d'homogénéité qui la font apparaître comme une zone unique. Nous pouvons aussi la décrire comme étant un ensemble de primitives de taille et de forme variables, présentant une organisation spatiale particulière [1].

Les observations de scientifiques ont conduit à constater que dans la nature, les objets varient de taille depuis l'échelle sub-atomique jusqu'à la taille de l'univers.

Traditionnellement, la géométrie Euclidienne a servi comme la base de la connaissance intuitive de la géométrie de la nature. Elle a été utilisée pour décrire la structure des objets physiques [2], mais désormais cette méthode s'avère limitée.

Plus particulièrement pour étudier les formes irrégulières voir pathologiques, ce qui a ramené Mandelbrot (1975, 1977, 1983) à introduire le concept de fractal pour désigner ces objets qui ont une forme très irrégulière, très interrompue ou fragmentée (de géométrie complexe). La géométrie fractale caractérise ces objets aux propriétés inhabituelles en géométrie classique [2] [4].

La dimension fractale est le premier paramètre de la géométrie fractale, et avant tout un paramètre permettant de quantifier la complexité d'une image. On peut par exemple utiliser ce paramètre pour classer des images en fonction de leurs complexités. Elle est utilisée dans divers domaines, tel que la biologie, la thermochimie, l'analyse d'écriture, l'imagerie médicale [3] [4].....

Le concept de lacunarité a été établi et développé afin de répondre au besoin des scientifiques pour analyser des modèles de textures naturelles (principalement dans la recherche médicale et biologique), comme une possibilité d'associer des modèles spatiaux à plusieurs diagnostics liés. La lacunarité peut être définie comme une mesure complémentaire de dimension fractale, elle caractérise les écarts ou les déviations d'une structure géométrique. Les écarts (trous) dans une image peuvent être compris comme des pixels avec une valeur spécifique (par exemple pixels de premier plan dans images binaires) ou un certain intervalle de valeurs (dans les images de niveau de gris) [5]. La lacunarité peut aussi décrire la distribution spatiale d'ensemble de données réels. Ceci est un avantage sur la dimension fractale, cette dernière est généralement utilisée comme un descripteur de texture d'image qui utilise le plus souvent un exposant l'auto-similarité limitée [9].

C'est dans ce contexte que nous proposons dans cet article la classification par lacunarité fractale d'images textures en binaire et en niveau du gris, il s'agit de texture trabéculaire ostéoporotique et saine de type IRM de la base de données d'INSERM.

Cet article est structuré en sections. La deuxième section présente la définition de l'os et l'ostéoporose, ensuite présenté la base de données utilisée ; en section 3. La section 4 est consacrée à l'étude de l'analyse fractale, en présentons les paramètres fractals; la dimension et la lacunarité fractale. Nous terminerons notre article par une présentation des résultats préliminaires obtenus; suivie d'une discussion des ces résultats et une conclusion sur notre méthode de classification proposée.

II. DEFINITION DE L'OS

L'os est un élément dur, rigide et fortement minéralisé (calcifié) entrant naturellement dans la composition du squelette du corps humain. Sa structure est faite de deux types : l'os cortical appelé os compact qui se trouve à la périphérie de l'os, et constitue 80% de la masse osseuse, et l'os spongieux (appelé os trabéculaire) formé de tiges et de travées de soutien, ce dernier constitue 20% de la masse osseuse, mais occupe une surface plus importante et il est plus sensible aux variations métaboliques. La texture trabéculaire osseuse est la partie de l'os qui est mise à l'épreuve dans l'étape de classification : elle représente la région d'intérêt (ROI) [4].

A. Définition de L'ostéoporose

L'ostéoporose est une maladie dite « silencieuse » puisque aucun symptôme n'accompagne la perte osseuse. C'est la plus répandue des maladies osseuses chez les adultes, et plus particulièrement dans la période de la vieillesse. Elle s'accompagne par une réduction de la masse osseuse totale avec des pertes dans la matrice organique et une déminéralisation de l'os.

L'ostéoporose est caractérisée par une fragilité osseuse due à un aminuement des lamelles osseuse, donnant aux tissus osseux un caractère poreux [6].

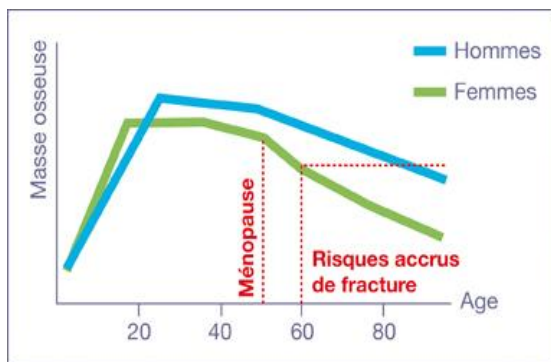
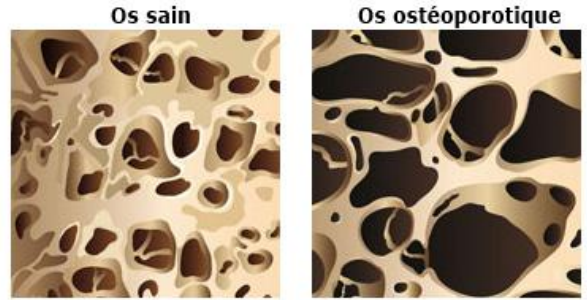


Fig. 1, Evolution de la masse osseuse en fonction de l'âge.



La vitamine D fixe le calcium sur les os, ce qui favorise le maintien de leur solidité.

Fig. 2, Image d'un Os Sain et Ostéoporotique.

III. BASE DE DONNEES

Nous avons utilisé la base de données d'INSERM, U 703 Lille (Medical images of bone trabeculations) qui contient des images texture osseuses trabéculaire IRM et CT-Scan en niveau du gris, dont 20 normales (saines) et 20 pathologiques où la pathologie est l'ostéoporose. Les images de cette base sont des ROI (Region Of Interest) des cas sains et pathologiques de tailles différentes.

Dans notre application, nous avons choisis 5 ROI IRM saines et 5 pathologiques.

IV. ANALYSE FRACTALE

Le concept de fractale été proposé par Mandelbrot pour décrire la géométrie complexe des objets naturels. Le mot fractal vient du latin "fractus" et qui signifie fragmenter, irrégulier. Généralement, un fractal est un objet composé de plusieurs sous-objets. La caractéristique globale de l'objet est similaire à la caractéristique locale de chacun des sous-objets. Un objet est auto similaire si c'est l'union des copies de lui-même à différentes échelles où le processus est isotrope ou uniforme en toutes directions. Dans le cas d'autosimilarité exacte, l'objet fractal est un objet mathématique qui est issu d'un processus itératif et qui présente un caractère d'autosimilarité. [2] [4].

A. Dimension Fractale

La dimension fractale (D_f) (Mandelbrot 1984) est le premier paramètre fractal, c'est un nombre réel qui décrit la propriété fractale de l'objet. Contrairement à la dimension euclidienne, la D_f d'un objet n'est pas limité pour être un entier; c'est un nombre réel dont la valeur dépend de la propriété de l'objet. Elle caractérise le comportement auto-similaire de la surface, c'est un nombre qui quantifier le degré d'irrégularité et de fragmentation d'un ensemble géométrique. La dimension fractale est aussi une mesure qui d'écrit la façon dont l'objet fractal occupe l'espace. Un objet est fractal si sa dimension fractale dépasse sa dimension topologique. Des valeurs de D_f différentes indiquent des structures de texture différentes dans l'image. D'habitude, la

structure la plus complexe de texture a une valeur de Df plus haut. La Df a été exploitée avec succès dans des domaines d'analyse d'images médicales différentes ; comme l'évaluation de la complexité corticale et la détection de petite tumeur de poumon [7].

B. Lacunarité Fractale [8]

Des objets fractals de natures très différentes donnent parfois la même dimension fractale. La mesure de la Lacunarité vient pour pallier cette insuffisance de la dimension de fractale pour caractériser seule les ensembles fractals. La lacunarité est le deuxième paramètre fractal, utilisée pour analyser la répartition spatiale des trous (vide) dans un objet fractal binaire. Le terme Lacunarité vient du mot latin « Lacunas » qui veut dire trous. Elle n'est pas exprimée avec un seul nombre comme la dimension fractale mais varie en fonction de l'échelle d'analyse.

Le rapport entre la variance $var(r)$ sur le carré de la moyenne $moy(r)$ donne la Lacunarité fractale de la taille r . L'opération est répétée autant de fois que nécessaire pour déduire toutes les valeurs de la courbe de la lacunarité $L(r)$, sa formule est donnée par :

$$L(r) = \frac{var(r)}{moy^2(r)} \quad (1)$$

La lacunarité est de valeur très petite lorsque l'objet fractal est invariant par translation, en présence des vides de taille relativement faible. Par contre, elle prend des valeurs significatives pour des vides de tailles importantes.

L'étude de lacunarité fractale nécessite la binarisation de l'image. Plusieurs méthodes de binarisation sont possibles. Ce qui se traduit par une segmentation de l'image en deux classes ou son codage avec 1 bit par pixel. Notre choix s'est porté sur la méthode de seuillage d'histogramme.

V. RESULTATS DE SIMULATION

Dans cette partie, nous présentons les résultats de notre méthode issues de l'analyse fractale appliquée dans un but de classifier les textures trabéculaire ostéoporotiques de type IRM de la base de données d'INSERM, tel que les ROI saines sont notées par les lettres {G, S, O, B et T} et les ROI pathologiques par les lettres {C, U, K, M et E}.

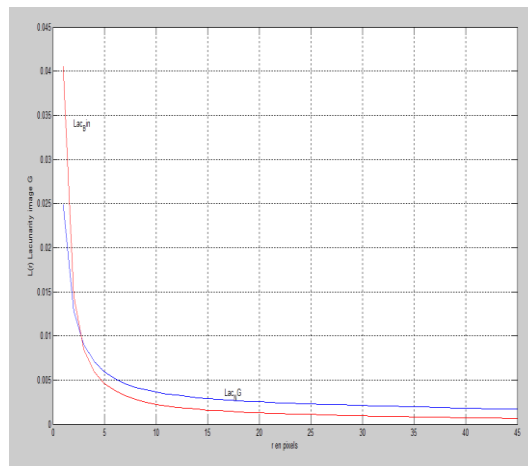


Fig. 3, Lacunarité de la ROI G en niveau du gris (bleu) et en binaire (rouge) Segmentée (ici la segmentation pour la binarisation(2 classes = 2 régions)).

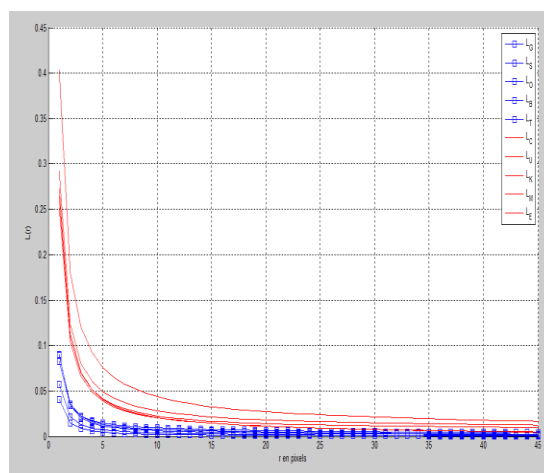


Fig. 4, lacunarité de la base de test en binaire.

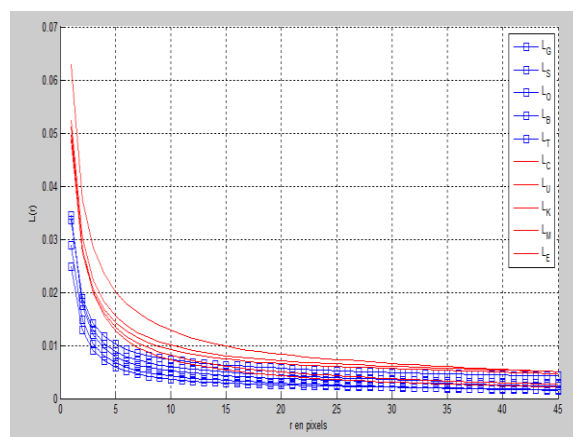


Fig. 5, Lacunarité de la base de test en niveau du gris.

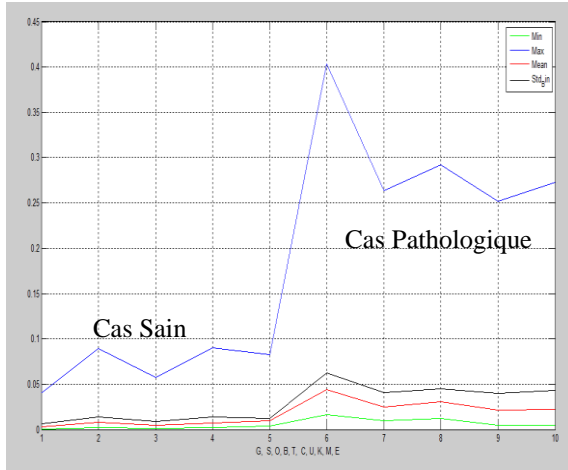


Fig. 6 , Statistique de la lacunarité en binaire.

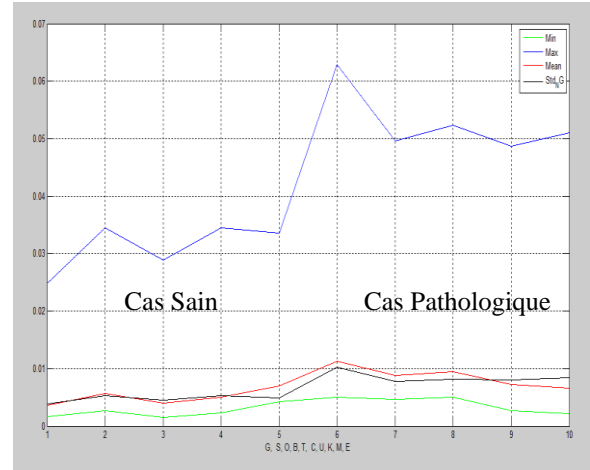


Fig. 7 , Statistique de la lacunarité en niveau du gris.

Table 1. Statistique de la lacunarité en binaire et en niveau du gris.

Cas	ROI	Lacunarité en Niveau du Gris			Lacunarité en Binaire		
		Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne
Saine	G	0.0017	0.0248	0.0036	0.0007	0.0405	0.0028
	S	0.0027	0.0345	0.0056	0.0024	0.0893	0.0081
	O	0.0015	0.0288	0.0040	0.0008	0.0575	0.0042
	B	0.0023	0.0345	0.0050	0.0019	0.0897	0.0072
	T	0.0042	0.0336	0.0069	0.0042	0.0822	0.0094
Pathologique	C	0.0051	0.0629	0.0112	0.0166	0.4033	0.0440
	U	0.0046	0.0496	0.0088	0.0096	0.2633	0.0250
	K	0.0050	0.0524	0.0094	0.0124	0.2919	0.0302
	M	0.0027	0.0487	0.0072	0.0049	0.2517	0.0214
	E	0.0021	0.0511	0.0066	0.0047	0.2729	0.0223

VI. DISCUSSION DES RESULTATS

Nous avons utilisé la classification par lacunarité fractale d'images ROI de textures osseuse de type IRM de la base de données d'INSERM.

Nous avons calculé la lacunarité des ROI en niveau du gris et en binaire, et nous avons obtenues des résultats proches ; ce qui est illustré dans la figures (3) la lacunarité pour la ROI G en niveau du gris (en bleu) et en binaire (en rouge).

D'après la littérature, la lacunarité est calculée sur des images en binaire, ce qui nécessite la binarisation des images en niveau du gris. Dans notre cas, il n'a pas été nécessaire de binariser le gris pour obtenir les mêmes résultats. Ce que nous avons utilisées les images en niveau du gris qui ont abouties sensiblement aux mêmes résultats que les images en binaires (vois figure (4) pour le cas binaire, et (5) pour le cas niveau du gris) la seule différence dans ces figures c'est dans

les valeurs de la lacunarité.

Le tableau 1 résume les résultats trouvés de la lacunarité ; la valeur maximal, minimal et la moyenne de chaque image ROI en binaire et en niveau du gris, et les figures (6 et 7) illustrent les résultats de ce tableau en binaire et en niveau du gris respectivement tel que la courbe en couleur bleu pour les valeurs max, le min en vert, la moyenne en rouge et l'écart-type en noir, et cela pour les premières valeurs de (1 à 5) pour le cas sain (G à T), et les valeurs de (6 à 10) pour le cas pathologique (C à E).

D'après ces résultats, nous pouvons classer les images saines des images pathologiques, ce qui est bien indiqué par les courbes de la lacunarité (figures 4 et 5) où les lignes en bleu représentent la variation de la lacunarité des images saines, alors que les lignes en rouge représentent les cas des images pathologiques,

Pour la lacunarité des images en binaire (figure 4), nous pouvons faire la séparation entre les images saines des



The INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS & OIL: FROM THEORY TO APPLICATIONS

March 05-06, 2013, Ouargla, Algeria



images pathologique pour la variation de la taille de 1 pixel jusqu'à 20 à 25 pixels, alors que pour le cas de la lacunarité des images en niveaux du gris (figure 5), nous pouvons faire la séparation entre les images saines des images pathologiques pour une variation de la taille de 1 pixel jusqu'à 10 pixels.

D'après ces résultats, nous pouvons constater que la classification par lacunarité fractale est sensible au type d'image (en niveau du gris ou en binaire), et à la taille en pixels, tel qu'elle a comme valeur maximal pour la petite taille choisis (très lacunaire) et comme valeur minimal pour des tailles grandes (moins lacunaire), mais dans les deux cas en binaire ou en niveau du gris, nous avons bien classifiées les images saines des images pathologiques.

VII. CONCLUSION

La lacunarité comme une mesure de multi- résolution de texture fournit des informations sur la distribution des écarts (trous) et la complexité sous-jacente des images. La lacunarité était fréquemment appliquée aux images binaires obtenues par seuillage [9]. Cependant, elle peut être directement calculé on utilisant les valeurs de pixel d'image de niveaux de gris ce qui est bien indiqué par les courbes obtenues de la base de test en niveau du gris et en binaire, les résultats sont proches (presque les mêmes), et dans les deux cas en binaire et en niveau du gris, nous avons bien classifié notre base de test.

REFERENCES

- [1] Sahbani Mahersia Hela & Hamrouni Kamel, "Segmentation d'images texturées par transformée en ondelettes et classification C-moyenne floue", SETIT 2005, 3rd International Conference: Sciences of Electronic Technologies of Information and Telecommunications, March 27-31, 2005 – TUNISIA.
- [2] Jose MACOR. "Développement de Technique de Prévision de Pluie Basée sur les Propriétés Multiéchelles des données Radar et satellites", Thèse de doctorat de l'école nationale des ponts et chaussées, Oct 2007.
- [3] Yohann TETART & Mohamed OUAHI. "Caractérisation de Motifs de Dentelles par la Dimension Fractale", Master ASE SII, USTL, Février 2007.
- [4] S.Zehani, M.Khider, A.Tleb Ahmed, M.Mimi. "Analyse Fractale de la Texture: Application à l'Image IRM et CT-Scan de l'Os Trabéculaire", Courrier du Savoir – N°12, Octobre 2011, pp.57-61, Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2011.
- [5] M. N. Barros Filho & F. J. A. Sobreira, "ACCURACY OF LACUNARITY ALGORITHMS IN TEXTURE CLASSIFICATION OF HIGH SPATIAL RESOLUTION IMAGES FROM URBAN AREAS", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3b. Beijing 2008.
- [6] Nouveau Larousse médical, librairie Larousse, Canada 1981.
- [7] Khan M. Iftakharuddin, Jing Zheng, Mohammad A. Islam and Robert J. Ogg, "Fractal-based brain tumor detection in multimodal MRI", Applied Mathematics and Computation 207 (2009), pp 23–41.
- [8] Mohamed KHIDER, "Analyse multifractale par MMTO-2D : Évaluation sur des images radar et médicales", thèse de Doctorat en électronique, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene USTHB, 2011.
- [9] Nektarios A. Valous, Da-Wen Sun, Paul Allen, and Fernando Mendoza, "The use of lacunarity for visual texture characterization of pre-sliced cooked pork ham surface intensities", Food Research International 43 (2010), pp 387–395