

Analyse fractale du lignage de l'écriture par la méthode du « block counting »

B. TACONET¹, A. ZAHOUR¹

¹ Equipe de recherche Gestion Electronique de Documents

Université du Havre, IUT, Place Robert Schuman 76600 LE HAVRE

[bruno.taconet, zahoura]@univ-lehavre.fr

Résumé – Classiquement, l'analyse fractale repose sur la propriété d'auto-similarité isotrope ou d'auto-affinité ; l'étalon de mesure est carré ou rectangulaire dans le cas 2D pour la méthode du box counting. Dans notre méthode, que nous appelons « block counting », l'étalon de mesure est un bloc rectangulaire dont seul un côté est soumis à l'homothétie, l'autre s'adaptant à la forme géométrique découpée dans la bande verticale. On en déduit un nouvel outil d'analyse fractale : le « block counting ». Cet outil est expérimenté sur des images de synthèse puis sur des images réelles. Le « block counting » appliquée à l'analyse du lignage de l'écriture fournit deux caractéristiques nouvelles : la dimension fractale du « block counting » qui vaut 1 seulement lorsque les lignes sont séparables par projection horizontale, et la mesure de Hausdorff modifiée qui s'interprète comme la longueur du lignage. Ces deux paramètres ont été exploités avec succès pour la segmentation en lignes d'images de textes manuscrits arabes extraits de la bibliothèque nationale tunisienne.

Abstract – Classically, fractal analysis rests on isotropic self-similarity or self-affinity; the ruler is square or rectangular in the 2D case for the method of the box counting. In our method, that we call Block Counting, the ruler is a rectangular block whose only side is subjected to homothety, the other adapting to the geometrical form cut out inside the vertical strip. A new tool of fractal analysis derives from this construction : the block counting. This tool is applied first on synthesized writing images, then on real writing images. The block counting applied to writing analysis provides two new characteristics : block counting fractal dimension which is worth 1 only when the lines are separable by horizontal projection, and modified Hausdorff measure which can be seen as the whole length of lines. These two parameters are exploited successfully for line segmentation in images of ancient Arabic handwritten texts extracted from the Tunisian Historical Archives.

1. Introduction

La segmentation en lignes de l'image d'une page d'écriture se fait classiquement par des méthodes de projection et d'analyse d'histogramme, ou par extraction des composantes connexes et recherche d'alignement de celles-ci par la transformation de Hough. Cependant, lorsque les lignes d'écriture sont imbriquées ou même jointives, par exemple parce qu'un jambage de la ligne supérieure chevauche ou touche une hampe de la ligne inférieure, elles ne sont plus séparables simplement par l'analyse des projections. Les méthodes de segmentation en lignes qui reposent sur l'analyse des composantes connexes, ne sont pas sensibles au chevauchement mais demeurent vulnérables aux liaisons entre éléments graphiques de lignes adjacentes. Dans le but de résoudre plus efficacement ce problème, nous nous sommes tournés vers l'analyse fractale, puisque celle-ci a comme propriété de mesurer la façon dont les formes composées de traits remplissent l'espace.

Cependant, l'analyse fractale classique, et avec elle la méthode du box counting, repose sur la propriété d'auto-similarité (généralement isotrope) ou, un peu moins contraignante, d'auto-affinité. L'analyse fractale a déjà été utilisée dans ce cadre et a porté des fruits dans l'analyse de l'écriture : elle permet de distinguer des familles d'écriture linguistique (discrimination arabe/latin), des types de police, des familles d'écriture manuscrite[1][2][3][8]. Mais, du fait de l'homothétie interne demandée dans toutes les directions de l'espace métrique, elle ne nous semble pas convenir en l'état pour l'analyse du lignage de l'écriture.

2. Le Bloc-étalon de mesure

Nous proposons une méthode d'analyse fractale nouvelle en changeant la définition de l'étalon de mesure. La notion d'étalon de mesure est en effet fondamentale dans la démonstration du théorème de l'existence de la dimension de Hausdorff-Besicovitch [7]. Pour simplifier, nous nous plaçons dans l'espace vectoriel \mathbb{R}^n . Notre étalon

de mesure n'est pas astreint à devenir petit dans toutes les directions de \mathbb{R}^n . Nous maîtrisons la dimension de l'étalon, nous le contraignons par exemple à devenir tout petit selon la construction de Hausdorff, mais *dans un sous-espace seulement*, qui constitue ce que nous appelons « le sous-espace de mesure » ; dans le sous-espace supplémentaire choisi, que nous appelons « sous-espace d'accompagnement », la position et la dimension de l'étalon s'adapte automatiquement à la forme : la projection du fragment de la forme découpée dans le sous-espace supplémentaire doit être compacte, et achève de définir l'étalon. Seule la projection de l'étalon dans le sous-espace de mesure sera exploitée quantitativement. Pour distinguer cet étalon de l'étalon « classique » de Hausdorff, nous l'appelons dans la suite bloc-étalon. Dans l'espace 2D propre aux images, et afin de traiter la disposition naturelle de l'écriture en lignes horizontales, un bloc-étalon a une largeur r (soumise en théorie à la contrainte $r \rightarrow 0$ si l'on suit la démarche de Hausdorff), mais sa hauteur s'ajuste à la forme qu'il recouvre et de ce fait n'est pas du tout astreinte à devenir infinitésimale.

Il faudrait définir ici tout un formalisme pour fixer cette apport du bloc-étalon à la théorie de la mesure de Hausdorff dans le rigoureux langage mathématique ; nous ne le présentons pas ici, nous avons préféré donner la place aux images. Dans ce formalisme, l'étalon de Hausdorff doit apparaître comme un cas particulier du bloc-étalon, pour lequel le sous-espace de mesure se confond avec l'espace d'origine, et le sous-espace supplémentaire d'accompagnement est de dimension topologique 0.

La théorie de la mesure avec l'étalon de Hausdorff débouche sur la méthode pratique du « box counting » pour calculer la dimension fractale [5][6]. Par analogie, nous appelons méthode du « block counting » la méthode pratique de comptage qui s'appuie sur notre définition du bloc-étalon.

3. Méthode du « Block Counting »

Dans la méthode du « box counting » on partitionne l'image en pavés identiques selon une grille régulière. Dans la méthode du « block counting » (la direction horizontale est pour notre application la « direction de mesure », la direction verticale est la « direction d'accompagnement ») on découpe l'image en bandes de même largeur ; les blocs étalons sont composés de segments horizontaux ayant la largeur de la bande, adjacents, et possédant au moins un pixel appartenant à la forme : la hauteur d'un bloc-étalon s'ajuste à la projection de la forme. A la fin de la construction, à l'intérieur d'une bande, les blocs vides alternent avec les blocs-étalons. Un exemple est donné dans la figure 1 : en vert, une bande de largeur r ; en rouge, un bloc-étalon.

La formule qui relie la dimension fractale D à la mesure de Hausdorff H pour le « block counting » ressemble à celle du « box counting » :

$$H = \sum_{i=1}^{i=i} N_B(i) r^D$$

où $N_B(i)$ est le nombre de blocs découpés dans la i ème bande ; r est la largeur d'une bande, $1/r$ est le nombre de bandes, la largeur de l'image est normalisée à 1.

Dans le cas de l'autosimilarité directionnelle (dans la direction de r), D est constante et représente une dimension fractale, que nous appelons dimension fractale du Block Counting ; H correspond à la mesure de Hausdorff au sens du Block Counting. Le graphe représenté par l'équation ci-dessous est linéaire.

$$\log N_B = \log H + D \log \left(\frac{1}{r}\right)$$

4. Analyse fractale d'images de synthèse par « block counting »

Les images de synthèse que nous avons soumises au Block Counting sont des images simplifiées de l'écriture.

Outre les deux images composées de bandes parallèles régulières d'épaisseurs différentes d'une ligne à l'autre mais uniforme, pour l'une horizontales (figure 2) et pour l'autre inclinées, nous avons construit et analysé une base de 64 images synthétiques présentant à des déformations d'intensité progressive, mélangeant tout ou partie des irrégularités suivantes :

- lignes interrompues simulant des mots alignés
- lignes incomplètes.
- ondulation de la ligne
- présence de picots verticaux simulant les hampes et jambages, allant jusqu'à provoquer chevauchement ou liaison avec la ligne voisine.
- présence de points simulant des symboles diacritiques

Nous sommes parvenu aux résultats suivants, démontrés dans certains cas de figure :

1) pour les images dont les lignes sont séparables par projection horizontale, les points du graphe sont tous alignés. La dimension fractale au sens du Block Counting est très voisine de 1 (en théorie égale à 1), se confond avec la dimension topologique : ainsi la mesure H représente la longueur du lignage (longueur cumulée des lignes de texte), avec pour unité la largeur de l'image.

2) pour les images dont les lignes ne sont pas séparables par projection horizontale, les points sont alignés seulement lorsque r devient assez petit. La dimension fractale partielle notée D_0 calculée sur ces points est voisine de 1, et la mesure H_0 (ordonnée à l'origine sur une échelle \log) représente donc la longueur du lignage. Mais la dimension fractale moyenne notée D (pente de la droite au sens des moindres carrés calculée sur tous les points, en partant de $r=1$) est sensiblement supérieure à 1. L'ordonnée à l'origine H ne peut plus s'interpréter en terme de

dimension topologique et diffère sensiblement de H_0 . (figure 3a et 3b).

5. Analyse fractale du lignage d'images de documents textuels par « block counting »

Les images réelles de l'écriture sont comparables à des images de scènes naturelles en raison de la distribution aléatoire des irrégularités en grand nombre [4]. On peut espérer que les mêmes propriétés se manifestent que pour les images de synthèse complexes. C'est en effet ce que nous avons observé sur des images variées de texte imprimé et manuscrit, latin ou arabe. Les figures 4 et 5 illustrent ce résultat qui semble très robuste. Par exemple, nous avons analysé aussi plus de 100 images de manuscrits arabes anciens extraits de la bibliothèque des Archives Nationales de Tunis (A.N.T.). Toutes ont présenté la même propriété.

Ce module d'analyse fractale a été incorporé dans une chaîne de traitement complète de segmentation pour traiter à titre expérimental un échantillon de plus d'une centaine de documents arabes anciens issus de l'A.N.T.

Nous avons retenu les deux paramètres D et $\log(H_0/H)$, issus de l'analyse par Block Counting, pour classer les automatiquement les documents en deux catégories : TSD (Tightly Spaced Document) et WSD (Widely Spaced Document). L'apprentissage a été fait par l'algorithme de classification non supervisé des k-moyennes floues (FCM) sur un ensemble restreint jugé représentatif. La reconnaissance est faite selon le critère de la distance de Mahalanobis. Les résultats de cette classification en deux classes sont excellents et avoisinent les 100%. La suite du traitement est un traitement statistique et géométrique sur un découpage optimal de l'image en blocs, qui diffère selon la classe (TSD ou WSD), non développé ici. Le résultat est un alignement correct pour environ 97% des blocs.

6. Conclusion

Nous avons présenté les grandes lignes théoriques d'une nouvelle méthode d'analyse fractale qui repose sur une modification de l'étalon de mesure de Hausdorff, le bloc-étalon. A la méthode classique isotropique du box counting, nous substituons la nouvelle méthode directionnelle du "block counting". L'analyse fractale d'une image de document composé de lignes de texte fait toujours apparaître une zone d'autosimilarité de dimension fractale D égale à 1, qui se manifeste par une portion linéaire du graphe caractéristique. Pour un document au lignage séparable, l'autosimilarité se manifeste sur tout le graphe. Dans le cas de document au lignage non séparable, la zone d'autosimilarité est réduite et ne commence qu'à partir d'un découpage en bandes verticales serrées. En exploitant la zone d'autosimilarité, on trouve la longueur du

lignage. La méthode qui a donné satisfaction pour l'analyse des documents textuels, a certainement d'autres champs d'application notamment la séparation texte/graphique.

7. Références

- [1] S. Ben Moussa, A. Zahour, M. A. Alimi, A. Benabdelhafid, " Can Fractal Dimension Be Used In Font Classification ", ICDAR'2005, Séoul, 2005
- [2] Boulétreau, V., Vincent, N., Emptoz, H. and Sabourin, R., "How to use fractal dimension to qualify writings and writers". Fractals, complex geometry, Patterns and scaling in nature and society. Vol. 8, N° 1, (2000) 85-98.
- [3] Frêche, T., Vincent, N., "Gray level use in a Handwriting fractal approach and morphological properties quantification", ICDAR'01. Seattle USA (2001)
- [4] Keller J.M, Chen.S, Crownover R.M, "Texture description and segmentation through fractal geometry", J. Comput. Vis. Graphics Image Process. 45 (1998) 150-160.
- [5] Mandelbrot B.. The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman and Co, New York, rev. 1983.
- [6] Mandelbrot B., "Fractales, hasard et finance", Flammarion, France, Paris, 1997.
- [7] Rogers C.A, "Hausdorff Measures", Cambridge mathematical library
- [8] Vincent N., Emptoz H., "A classification of writing based on fractals", Fractal Reviews in the Natural and Applied Sciences, M.M. Novak Editors, Chaman & Hall, London, pp. 320-331, 1995.

J'ai l'honneur de vous inviter à la réunion du conseil d'école qui se tiendra le samedi 27 octobre 2001 de 8h30 à 10h et dont voici l'ordre du jour :

- l'ouverture de la 5e classe
- les problèmes de sécurité des au manque de personnel municipal (ATSEM)
- les projets pour l'année 2001/2002
- les problèmes de toiture et de fenêtres
- les questions diverses.

Je vous prie de bien vouloir accepter l'expression de mes sentiments respectueux

madame

FIG. 1: bande découpée et bloc-étalon

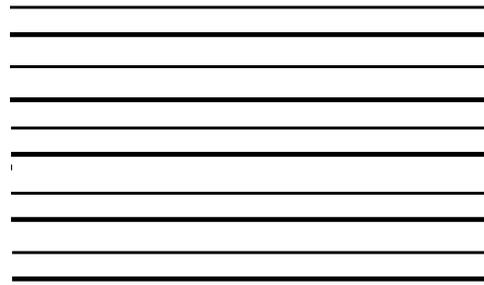
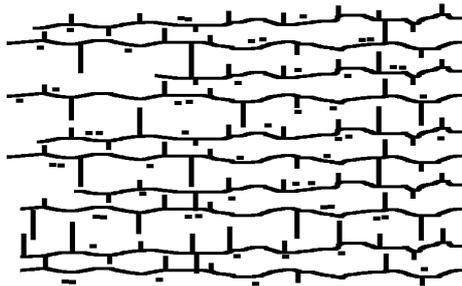
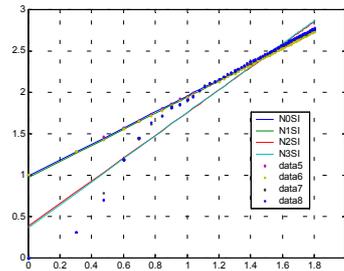


FIG. 2: image de synthèse de base D=1, H=10



3a. image



3b. graphe

FIG. 3: analyse d'une image de synthèse complexe : ligne ondulée, grand picots, diacritiques, incomplète

They applied the FD for the handwritten outline lines of the writing, they showed the various steps of the calculation of fractal dimension and the choices of the interesting properties of stabilities which made it possible parameters to be retained. Four parameters are then defined: fractal Dimension of writing, secondary dimension, the index of application as well as the index of image legibility. The technique used in this work is that of the elementary dilation of the image.

Images of the same text digitized from 300 to 1500 dpi of 300 dpi step, to studied the influence of the resolution on their parameters [22]. The combined use of the DF and Dim2 made it possible to define a legibility graph of the writings [21]. The authors concluded that the linear writing can describe as malformed corresponds a small DF. Conversely writing with the well formed characters is characterized by a high fractal dimension,

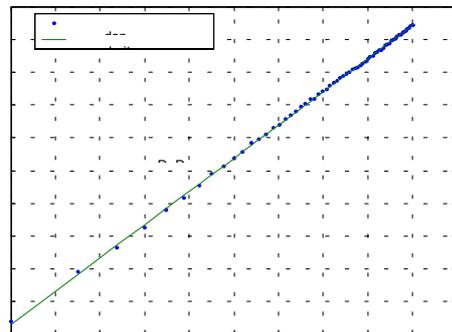


FIG. 4: analyse d'un texte à lignage séparable et graphe associé : $D=D_0=1$, $\log H_0/H = 0$

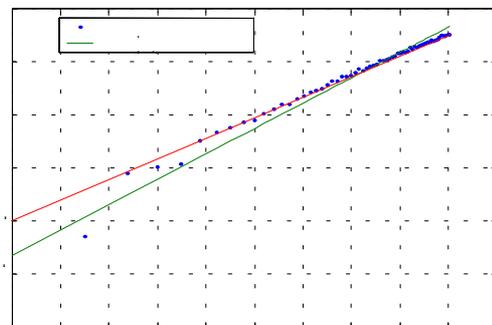
J'ai l'honneur de vous inviter à la réunion du conseil d'école qui se tiendra le samedi 27 octobre 2001 de 8h30 à 10h et dont voici l'ordre du jour :

- l'ouverture de la 5e classe
- les problèmes de sécurité des au manque de personnel municipal (ATSEM)
- les projets pour l'année 2001/2002
- les problèmes de toiture et de fenêtres
- les questions diverses.

Je vous prie de bien vouloir accepter l'expression de mes sentiments respectueux

madame

5a. image brute



5b. graphe

Figure 5 : analyse d'un texte à lignage non séparable : $D=1$ et $D \neq 1$, $\log H_0/H \neq 0$