



EXTRACTION DES CONTOURS DE LA TEXTURE MUSCULAIRE ANIMALE A L'AIDE
D'ALGORITHMES LINEAIRES ET MORPHOLOGIQUES.

*EDGE DETECTION OF ANIMAL MUSCULAR TEXTURE USING LINEAR AND MORPHOLOGICAL
ALGORITHMS*

*A. DENIZON, P. BONTON, J. ALIZON, J. GALLICE, J.P. IMBAUD

* Station de Recherche sur la Viande, INRA de THEIX, 63122 CEYRAT
- LERM, ERA n° 90, Université de Clermont II, BP. 45, 63170 AUBIERE.

RESUME

THEME : T2, A5

Nous décrivons dans cet article une combinaison d'opérateurs linéaires classiques d'extraction de contour et d'opérateurs morphologiques permettant d'apporter une solution à des problèmes liés à l'acquisition d'images par un processeur de vision.

A l'aide de ces algorithmes, implantés sur notre Processeur d'Images Vidéo d'Evaluation, nous avons pu obtenir une binarisation correcte de la trame conjonctive d'une coupe transversale microscopique de muscle sur support photographique vue à travers une caméra vidéo standard.

MOTS CLES : Extraction de contour - Morphologie mathématique - texture musculaire.

SUMMARY

THEME : T2, A5

We describe in this paper an association of usual linear operators for edge detection and morphological operators enable to give a solution to some problems related to picture acquisition by computer vision system.

By soft implementation of these algorithms, it has been possible to get an accurate binary quantization of connective network of muscular microscopic cross section, from video camera photograph.

INDEX TERMS : Edge detection - Mathematical Morphology - Muscular texture.



EXTRACTION DES CONTOURS DE LA TEXTURE MUSCULAIRE ANIMALE A L'AIDE D'ALGORITHMES
LINEAIRES ET MORPHOLOGIQUES.
EDGE DETECTION OF ANIMAL MUSCULAR TEXTURE USING LINEAR AND MORPHOLOGICAL ALGORITHMS

A. DENIZON, P. BONTON, J. ALIZON, J. GALLICE, J.P. IMBAUD.

INTRODUCTION

Les travaux qui sont menés conjointement par la Station de Recherche sur la Viande, INRA de THEIX et le Laboratoire d'Electronique et Résonance Magnétique (LERM) de l'Université de Clermont II ont pour but d'apprécier certains critères morphologiques de la texture musculaire.

L'étude de paramètres caractéristiques de la trame conjonctive sera un atout supplémentaire dans la compréhension de la biochimie animale et dans l'évolution de la technologie carnée.

Tout réseau musculaire, pour être analysé doit satisfaire à deux exigences particulières :

- il doit être binarisé (les 256 niveaux de gris de l'image initiale sont transformés en noir et blanc)
- il ne doit présenter aucun problème de discontinuité dans sa trame ni artefact quelconque.

En effet, les mesures qui seront faites ultérieurement ont besoin d'être prises sur un réseau conforme à la réalité de l'image de départ pour ne pas fausser les résultats.

En présentant le matériel de notre étude, nous expliquerons les problèmes particuliers auxquels nous avons été confrontés. Après avoir montré que les techniques classiques les plus courantes se sont révélées peu efficaces, nous exposerons l'algorithme spécifique qui a été expérimenté au Laboratoire.

I - ASPECTS MATERIELS ET INSTRUMENTAUX

Le tissu musculaire étudié est une coupe perpendiculaire à l'axe principal d'orientation d'un muscle de bovin. Un traitement histologique met en valeur le tissu conjonctif (teinte rouge sur fond jaune).

Une diapositive de cette coupe microscopique est numérisée par le système PRIVE (1) avec une résolution effective de 512 x 512 points et 256 niveaux de gris. L'image originale, Photo 1, peut être stockée sur disque ou sur bande.

Cette procédure entraîne des distorsions instrumentales, principalement à deux niveaux :

- une première étape est le passage de la coupe originale à la diapositive à travers l'optique du microscope, avec une uniformité d'éclairage et un contraste mal contrôlés.

- une deuxième étape est le passage de la diapositive à la mémoire d'image par l'intermédiaire de la caméra vidéo. Ce capteur, bien que de bonne qualité, introduit une distorsion importante due principalement au tube newicon et accessoirement à l'optique.

La photographie 2 montre les profils d'une ligne et d'une colonne d'une image uniforme numérisée.

II - RESULTATS OBTENUS PAR LES METHODES CLASSIQUES

Les méthodes usuelles d'extraction de contours décrites par (2) ne nous ont pas permis d'obtenir des résultats satisfaisants.

2.1 - Seuillage d'image

Le profil du signal vidéo d'une ligne présente une forme bombée ; un seuillage général sur toute l'image ne peut pas être efficace :

- un seuillage correct sur les bords droit et gauche est inopérant au centre (photo 3)
- inversement, un seuillage correct au centre ne donne aucun résultat sur les bords (photo 4).

Un seuillage adaptatif travaillant par région n'a pas donné de résultats suffisamment reproductibles.

2.2 - Extraction de contours par gradient

Les méthodes de Sobel, Laplace, Roberts ou de Kirsch (Photo 5) n'ont pas apporté de réponses satisfaisantes.

III - ALGORITHME PROPOSE

L'algorithme que nous proposons pour l'extraction des contours est bien adapté aux problèmes d'altération de l'image et à ce type d'image.

Nous pouvons constater sur la photo 2 que les profils de ligne et de colonne sont très différents.

Le traitement décrit par la suite tient compte de cette particularité et se décompose en 3 étapes :

- la première travaille ligne à ligne et fait une extraction des contours à prédominance verticale.
- la seconde travaille colonne par colonne et fait une extraction des contours essentiellement horizontaux.
- dans la troisième étape, nous réunissons les deux images précédentes pour avoir tous les contours.

Ces trois étapes sont suivies d'un traitement morphologique mathématique approprié pour éliminer les artefacts et fermer les contours.

3.1 - Algorithme d'extraction des contours verticaux

i, j = numéro de ligne et de colonne (1 à 512)
 $f(i, j)$ = niveau de gris au point de coordonnées i, j

sur chaque ligne $f(i, j)$ nous effectuons les traitements suivants :

- calcul de la dérivée

$$f'(i, j) = f(i, j+1) - f(i, j) \text{ pour } j = 1 \text{ à } 511$$

- seuillage de la dérivée suivant la relation :

$$g(i, j) = \begin{cases} f'(i, j) & \text{si } |f'(i, j)| \geq C \\ 0 & \text{si } |f'(i, j)| < C \end{cases}$$



EXTRACTION DES CONTOURS DE LA TEXTURE MUSCULAIRE ANIMALE A L'AIDE D'ALGORITHMES
LINEAIRES ET MORPHOLOGIQUES.
EDGE DETECTION OF ANIMAL MUSCULAR TEXTURE USING LINEAR AND MORPHOLOGICAL ALGORITHMS

A. DENIZON, P. BONTON, J. ALIZON, J. GALLICE, J.P. IMBAUD.

C est une constante de seuil de dérivée, la valeur 7 a été retenue pour les traitements verticaux.

- Extraction des points d'inflexion correspondant aux transitions entre le tissu musculaire et le conjonctif :

Pour toute suite $g(i,j)$ strictement négative, nous extrayons la valeur minimale et lui affectons la valeur -1 ; tous les autres points sont mis à zéro.

Pour toute suite $g(i,j)$ strictement positive, nous recherchons le maximum et lui affectons la valeur +1 ; tous les autres points sont mis à zéro.

- Reconnaissance des contours d'après l'algorithme décrit au paragraphe 3.3.

- Succession des opérations morphologiques :

2 érosions - 3 dilatations - 1 érosion

avec les deux plus proches voisins verticaux comme élément structurant.

Cette dernière opération permet de supprimer tous les contours qui ont été détectés par erreur.

Les résultats sont montrés sur les photos 7 et 8.

3.2 - Algorithme d'extraction des contours horizontaux

Sur chaque colonne $f(i,j)$ nous effectuons les traitements suivants :

- Moyennage sur trois points de la colonne pour $i = 2$ à 511

$$f_1(i,j) = \frac{f(i-1,j) + f(i,j) + f(i+1,j)}{3}$$

- Calcul de la dérivée pour $i = 1$ à 511

$$f'_1(i,j) = f_1(i+1,j) - f_1(i,j)$$

- Seuillage de la dérivée et extraction des points d'inflexion :

La méthode est identique à celle décrite précédemment. Par contre la valeur de la constante C de seuil de dérivée est ici prise à 5.

- Succession des opérations morphologiques : 2 érosions - 3 dilatations.

avec les deux plus proches voisins horizontaux comme élément structurant.

Les résultats sont montrés sur les photos 9 et 10.

3.3. - Algorithme de reconnaissance des contours

Dans la fonction g , les $g(i,j)$ peuvent prendre les valeurs -1, 0 ou 1. Le 1 signifie que l'on est sur une transition conjonctif \rightarrow tissu musculaire et le -1 que l'on est sur une transition tissu musculaire \rightarrow conjonctif.

Chaque fois que la suite (-1, 1) est détectée, en faisant abstraction des zéros éventuels entre ces deux valeurs, nous dirons qu'il existe un contour entre ces deux points.

Si la suite est (1,1), nous cherchons si entre ces deux valeurs il existe une valeur de dérivée $f'(i,j)$ égale à $(-C + 1)$:

Dans ce cas, le premier 1 correspond à une fin de contour et il y a un deuxième contour entre la valeur trouvée et le deuxième 1.

Si la suite est (-1,+1), nous cherchons si entre ces deux valeurs il existe une valeur de dérivée $f'(i,j)$ égale à $(C - 1)$:

- Dans l'affirmative, le contour existe entre le premier -1 et la valeur trouvée. Le second -1 correspond au début d'un deuxième contour.

- Dans le cas contraire, le premier -1 sera le début d'un contour et nous ne tiendrons pas compte du deuxième -1.

3.4. - Assemblage des résultats

Nous effectuons la réunion logique des images obtenues par les programmes des paragraphes 3-1 et 3-2 et nous appliquons 2 érosions, puis de 2 dilatations avec les quatre plus proches voisins comme élément structurant, et enfin une complémentation.

La photo 11 montre le résultat final de l'opération de binarisation de la trame conjonctive.

Enfin, la photo 12 représente la squelettisation de l'image précédente obtenue par le lieu des centres des disques maximaux.

IV - DEVELOPPEMENT DES TRAITEMENTS DE MORPHOLOGIE MATHEMATIQUE UTILISES

Les opérateurs morphologiques (3) utilisés dans notre application ont été implantés (4) sur le minicalcateur EXORMACS de MOTOROLA couplé au système de traitement d'image PRIVE (1) développé au Laboratoire.

Ils font appel à un programme interactif. La souplesse d'utilisation qui en résulte permet de tester de nombreuses combinaisons d'opérations morphologiques. Toute association des huit plus proches voisins est possible pour définir un élément structurant ainsi que celle de deux points quelconques de l'image traitée.

Des opérations morphologiques de type binaire et celles portant sur des niveaux de gris ont été développées.

4.1 - Opérateurs binaires

Z = plan de l'image discrétisée

x = point de Z

X = $\{x \in Z : x = 1\}$

B_x = élément structurant appliqué au point x de Z



4.1.1 - Erosion

$X \ominus B$: érodé d'une image binaire X par un élément structurant B

$$X \ominus B = (x : B_x \subset X)$$

4.1.2 - Dilatation

$X \oplus B$: dilaté d'une image binaire X par un élément structurant B

$$X \oplus B = (x : B_x \cap X \neq \emptyset)$$

Ces deux opérateurs ont été réalisés au moyen d'algorithmes du "ET" logique (Erosion) ou du "OU" logique (Dilatation).

Pour chaque point de l'image, une suite de "OU" ou une suite de "ET" est effectuée entre le point considéré et les points associés par ceux de l'élément structurant.

4.1.3 - Extraction de contour

$$X \text{ extrac } B = X / (X \oplus B)$$

Il s'agit ici de la différence ensembliste entre l'image originale X et le dilaté de l'image par B. Ce contour peut être obtenu par une seule opération de "OU exclusif" entre le point considéré et les points associés par ceux de l'élément structurant.

4.1.4 - Squelettisation

Le squelette $S_{(x)}$ d'un ensemble X est le lieu des centres des disques maximaux (5).

C'est aussi l'union des intersections de l'érodé par le complément de l'ouvert de ce même érodé. L'élément structurant (ρB) est ici un disque de rayon ρ .

$$S_{(x)} = \bigcup_{\rho > 0} \left[(X \ominus B) \cap \overline{(X \oplus \rho B)} \right]$$

4.1.5 - Autres opérateurs réalisés

Ouverture, fermeture, filtrage binaire (4)

4.2 - Opérateurs à niveaux de gris

4.2.1 - Opérateurs INF et SUP

Dans de nombreux cas, et notamment pour l'application envisagée dans cet article, une image acquise sur n niveaux de gris conduit par seuillage binaire à un résultat peu exploitable. Des distorsions apparaissent sur les niveaux de gris pour des raisons expérimentales (éclairage non uniforme, bruits, déformation par le capteur,...)

Il est alors avantageux d'améliorer l'image avant seuillage : les opérateurs morphologiques à niveaux de gris peuvent y contribuer, en particulier INF et SUP.

$$\text{INF de } X_f \text{ par } B : X_f \ominus B = (x : B_x \subset X_f)$$

$$\text{SUP de } X_f \text{ par } B : X_f \oplus B = (x : B_x \cap X_f \neq \emptyset)$$

B = élément structurant

X_f = image à niveaux de gris

INF et SUP sont obtenus par une seule opération de comparaison (4) contrairement à d'autres algorithmes itératifs agissant sur des images seuillées (6).

4.2.2 - Gradient morphologique

On montre (4) et (5) que :

$$P_x = \frac{1}{n} \frac{n \text{ fois SUP } X_f - n \text{ fois INF } X_f}{2}$$

P_x : projection du gradient d'une image sur l'axe des intensités.

L'application de cet opérateur à une coupe transversale de muscle de bovin donne le résultat rapporté sur la photo 6.

V - CONCLUSION

L'algorithme que nous avons développé et mis en oeuvre sur notre processeur de vision (PRIVE) apporte une solution aux problèmes soulevés au départ.

Toutefois, quelques contours ne sont pas encore fermés et en particulier ceux détectés sur les bords de l'image. Des points parasites subsistent aussi.

Nous espérons cependant résoudre assez rapidement ces imperfections par l'amélioration de notre algorithme et en particulier par la mise en oeuvre d'opérateurs morphologiques plus judicieux.

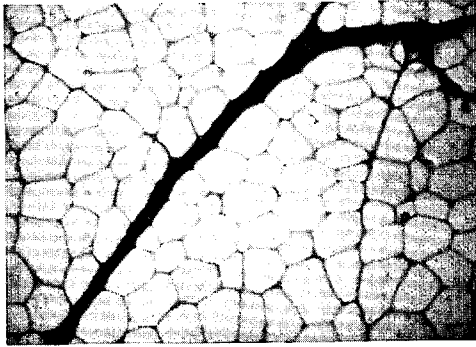
Ensuite ce travail sera poursuivi dans le but d'extraire les paramètres les plus discriminants de la trame conjonctive afin de les corrélérer avec d'autres informations obtenues par ailleurs (propriétés biologiques, technologiques, zootechniques...). Ceci devrait permettre une meilleure évaluation de la tendreté de la viande ainsi qu'une classification automatique des muscles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

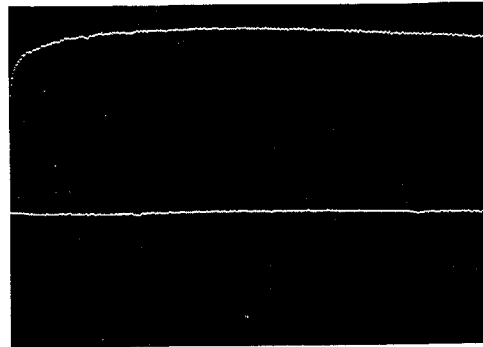
- (1) Architecture d'un système temps réel pour Traitement d'image vidéo.
J.P. DERUTIN, J. ALIZON, J. GALLICE
4è Congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle, Paris, janvier 1984.
- (2) Détection de contours : méthodes et études comparatives
M. BASSEVILLE
Ann. Télécommunic., 34, n°11-12, p. 559-579, 1979
- (3) Image Analysis and Mathematical Morphology
J. SERRA, Academic Press, 1982
- (4) Intégration d'un logiciel de Morphologie Mathématique dans un système de traitement d'images à plusieurs niveaux de gris
P. BONTON, Thèse de Docteur-Ingénieur
Université de Clermont II, 1984
- (5) Cytologie quantitative et Morphologie Mathématique
F. MEYER, Thèse de Docteur-Ingénieur,
Ecole des Mines de Paris, 1979
- (6) Conception et réalisation d'une unité logique pour l'analyse quantitative d'images
J.C. KLEIN, Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Nancy, 1976



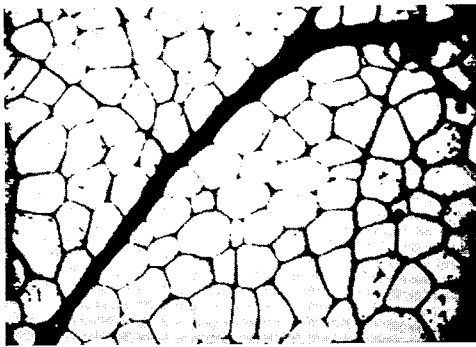
EXTRACTION DES CONTOURS DE LA TEXTURE MUSCULAIRE ANIMALE A L'AIDE D'ALGORITHMES
 LINEAIRES ET MORPHOLOGIQUES.
 EDGE DETECTION OF ANIMAL MUSCULAR TEXTURE USING LINEAR AND MORPHOLOGICAL ALGORITHMS
 A. DENIZON, P. BONTON, J. ALIZON, J. GALLICE, J.P. IMBAUD.



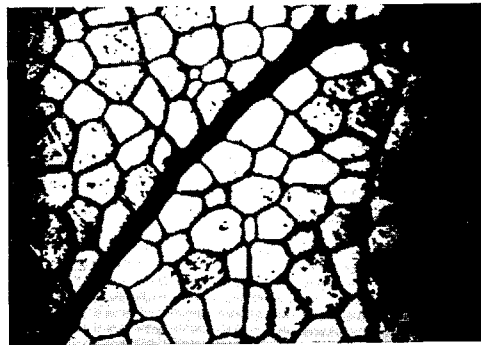
Photo_1 : Image originale numérisée
 512 x 512 points de 8 bits.



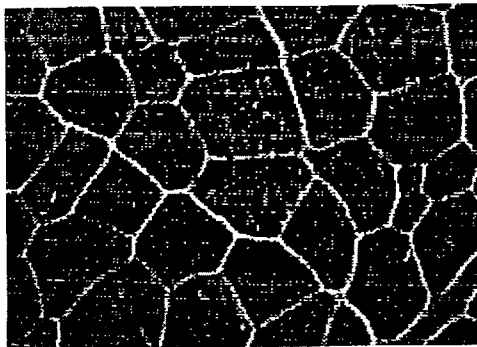
Photo_2 : - Profil d'une ligne (haut)
 - Profil d'une colonne (bas)
 (image uniforme)



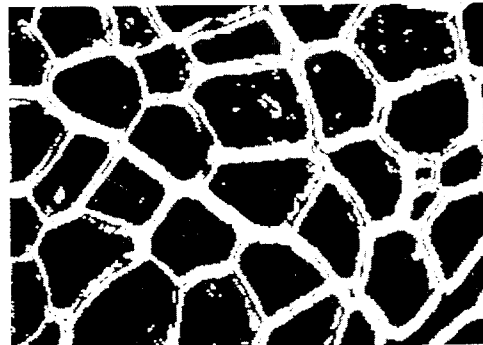
Photo_3 : Seuillage général discriminant les contours
 sur les bords.



Photo_4 : Seuillage général discriminant les contours
 au centre.



Photo_5 : Gradient de KIRSCH seuillé.



Photo_6 : Gradient morphologique seuillé.



EXTRACTION DES CONTOURS DE LA TEXTURE MUSCULAIRE ANIMALE A L'AIDE D'ALGORITHMES LINEAIRES ET MORPHOLOGIQUES.
 EDGE DETECTION OF ANIMAL MUSCULAR TEXTURE USING LINEAR AND MORPHOLOGICAL ALGORITHMS
 A. DENIZON, P. BONTON, J. ALIZON, J. GALLICE, J.P. IMBAUD.

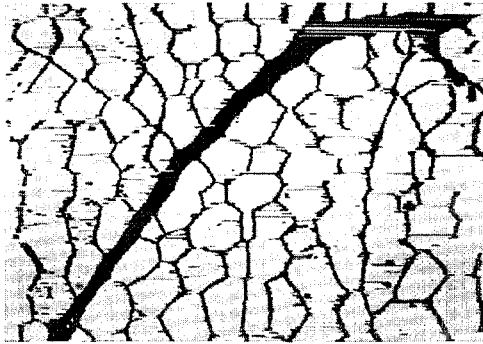


Photo 7 : Extraction linéaire des contours verticaux.

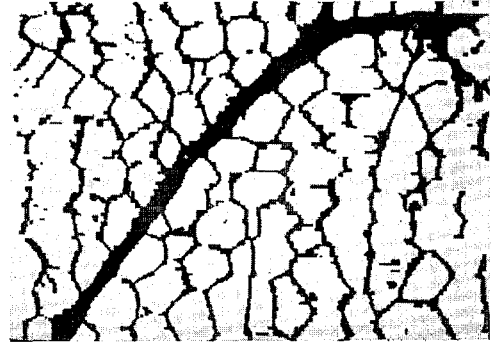


Photo 8 : Résultat du traitement morphologique appliqué sur la photo 7.

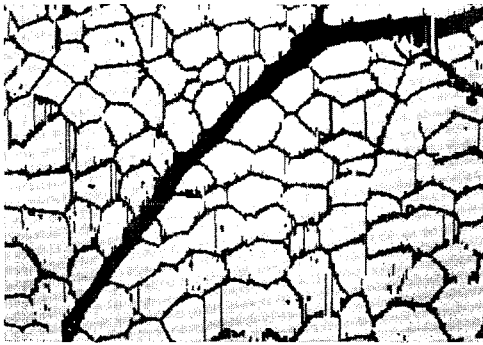


Photo 9 : Extraction linéaire des contours horizontaux.

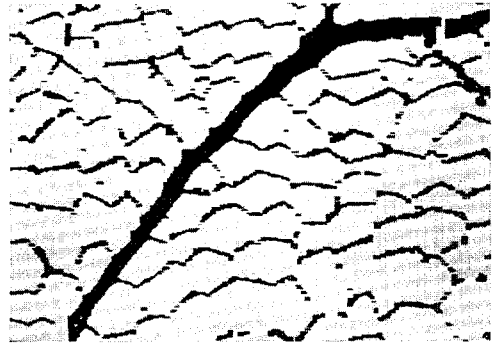


Photo 10 : Résultat du traitement morphologique appliqué sur la photo 9.

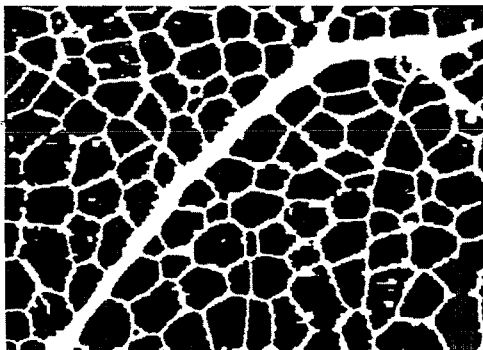


Photo 11 : Résultat final de binarisation de la trame conjonctive.

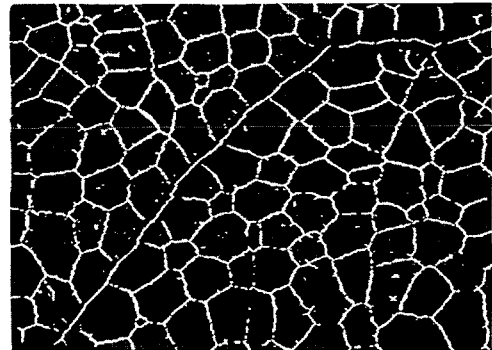


Photo 12 : Squelettisation de la photo 11.