

Extraction de formes dans des images complexes basée sur des propriétés du système visuel. Intégration dans un système de reconnaissance.

Justin Plantier, Laurent Boutté, Jean-Pierre Menu

Département Sciences Cognitives et Ergonomie
IMASSA / CERMA
BP 73
91223 BRETIGNY / ORGE

RESUME

La méthode d'extraction de formes dans des images complexes développée, s'appuie sur des propriétés de fonctionnement du système visuel humain. Elle comporte plusieurs modules séquentiels:

- 1) analyse spatiale du contraste de luminance calculée en appliquant une fonction non linéaire de type logarithmique sur l'image, puis en réalisant une décomposition multi-échelle de l'image résultante,
- 2) seuillage des cartes de contrastes suivant la Fonction de Sensibilité aux Contrastes,
- 3) segmentation en régions
- 4) description géométriques et structurelles des régions obtenues
- 5) exploration des grandes échelles vers les petites échelles pour représenter les régions sous forme d'arbre et d'obtenir les détails fins permettant d'identifier ces formes.

L'intégration de cette extraction comme un prétraitement dans un système de reconnaissance de formes est envisagée.

1 Introduction

La méthode d'extraction de formes développée a pour but d'individualiser des formes dans des images complexes provenant du monde réel en vue de les reconnaître et de les identifier. Cette méthode utilise des propriétés fonctionnelles bas niveau du système visuel, ces propriétés font appel à l'analyse spatiale du contraste de luminance. Cette analyse étudie les variations spatiales de l'intensité lumineuse qui portent une information très riche sur l'environnement, beaucoup plus que l'intensité elle-même. Notre sensibilité vis-à-vis de ces variations est fortement non-linéaire, cependant son analyse en harmoniques a permis de montrer que l'information visuelle est acquise par des mécanismes distincts en fonction de son contenu fréquentiel. Ces différents mécanismes ont été qualifiés de canaux sensoriels [1][2]. Un canal sensoriel se caractérise par un ensemble de détecteurs élémentaires qui capturent l'information lumineuse au travers des filtres spatiaux. Au niveau de la rétine, un tel filtrage est réalisé par les champs récepteurs des cellules ganglionnaires qui sont concentriques, qui ont différentes tailles et qui ont une partie activatrice (resp. inhibitrice) au centre et une partie inhibitrice (resp. activatrice) en périphérie [3]. La mesure de la Fonction de Sensibilité aux Contrastes (F.S.C.) est bien adaptée pour caractériser la vision du contraste. Le contraste perçu visuellement dépend des niveaux de luminance décrivant

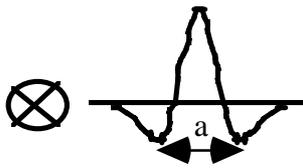
ABSTRACT

The developed form extraction method in complex images is based on functioning properties of human visual system. It includes several sequential processing :

- 1) spatial analysis of contrast luminance based on the application of logarithmic function on the image, then the computation of a multi-scale decomposition.
- 2) thresholding of contrast maps following the Contrast Sensitivity Function,
- 3) region segmentation
- 4) geometrical and structural description of obtained regions,
- 5) coarse to fine scales exploration to describe the regions under tree shape and to get the fine details allowing to identify this regions with objects.

The integration of this extraction as a pre-processing in a object recognition system is suggested.

une stimulation et des fréquences spatiales contenues dans celle-ci. Les seuils de sensibilité aux contrastes déterminés avec des stimulations en forme de DOG (Difference Of Gaussians ou chapeau mexicain) ont été mesurés au laboratoire sur une population de sujets normaux d'un point de vue ophtalmologique. A partir de ces mesures, une définition des contrastes locaux contenus dans une stimulation statique complexe à partir de la transformée en ondelettes a été mis en place. Le modèle de contraste proposé est la combinaison d'un modèle non-linéaire de transduction de l'intensité lumineuse par les photorécepteurs et d'une analyse par transformée en ondelettes [4]. Le calcul du contraste se fait en effectuant la convolution du signal ayant subi la transformation non-linéaire [5] par une base d'ondelettes qui sont des fonctions de type D.O.G..

$$C_a(x,y) = R(x,y) \otimes \text{DOG}(x,y)$$


avec $R(x,y) = \text{Log}(c+I(x,y)/d)$

Les paramètres c et d de la fonction R sont deux constantes numériques qui dépendent de l'environnement global d'observation. Ces valeurs sont déterminées à partir des expérimentations sur la Fonction de Sensibilité aux Contrastes.

Les résultats de l'analyse spatiale du contraste sur un exemple sont présentés sur la figure n° 1.



Image initiale



a = 2

a = 1

Fig. 1 : Décomposition en contraste



a = 128

a = 64



a = 32

a = 16



a = 8

a = 4

2 Extraction de formes

- Les différents étapes pour extraire et décrire les formes sont :
- le seuillage des cartes de contrastes à partir des seuils obtenus pour la fonction de sensibilité aux contrastes.
 - une segmentation pour obtenir des primitives de type régions
 - une description géométrique et structurale des régions
 - une exploration inter-échelle en allant des basses fréquences spatiales vers les hautes fréquences spatiales [6].

2.1 Seuillage des cartes de contrastes

Dans les différentes décompositions d'une image obtenue par l'analyse spatiale du contraste de luminance, il est réalisé un seuillage à trois niveaux, le niveau intermédiaire représente les points où le contraste est nul ou inférieur au seuil de contraste mesuré pour l'échelle étudiée (type 0), les deux niveaux extrêmes -1 et 1 représentent les formes présentes et visibles sur l'image, les zones dont la valeur est 1 sont des formes dont le contraste est positif donc l'objet est plus clair que le fond ; les zones dont la valeur est -1 définissent les objets plus sombres que le fond. L'application de seuils obtenus lors de la détermination de la Fonction de Sensibilité aux Contrastes permet d'éliminer l'information inutile et le bruit contenues dans les petites échelles (figure n° 2).

Images seuillées avec seuil nul Images seuillées selon la FSC

a = 64 = 64



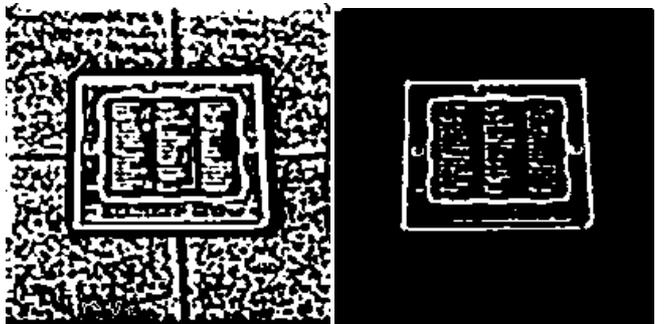
a = 32 = 32



a = 16 = 16



a = 8 = 8



a = 4 = 4

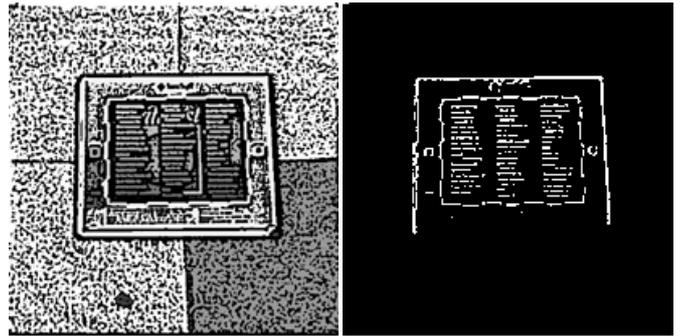


Fig. 2 : Apport du seuillage selon la FSC par rapport à un seuillage avec des seuils nuls

2.2 Segmentation des images seuillées

Une segmentation en régions a été choisie plutôt qu'une extraction de discontinuités, afin de manipuler à chaque échelle des primitives dont la taille est comparable à la taille du filtre utilisé. Cette relation entre l'échelle et la dimension des formes extraites ne sont pas immédiates avec une méthode d'extraction de discontinuités locales de type zero-crossings. Une segmentation des images provenant de l'analyse du contraste, en régions 4-connexes caractérisées par le signe du contraste local tel qu'il a été défini précédemment est réalisée. La segmentation se fait par croissance de régions 4-connexes avec comme critère de croissance. En pratique, on utilise une procédure récursive de recherche de voisins de même type selon les quatre directions cardinales principales.

2.3 Description des formes

La segmentation permet de localiser des régions à chaque échelle, ainsi une description multi-échelle exhaustive des formes est faite. Cette description multi-échelle est basée sur l'extraction de deux types de caractéristiques : caractéristiques de structures géométriques simples et des caractéristiques de structures photométriques. Les caractéristiques de type photométriques fournissant les orientations privilégiées et les indices de texture sont les caractéristiques étudiées à l'heure actuelle ; les traitements sont effectués à partir de la modélisation des cellules simples du cortex cérébral.

2.4 Exploration inter-échelle

Il s'agit d'une progression du plus grossier vers le plus fin ou "Coarse-to-Fine" [7]. Une région de base à une grande échelle est sélectionnée, puis une recherche récursive de voisins à la même échelle est lancée, puis à l'échelle inférieure, jusqu'à une petite échelle. Les relations entre échelle sont basées sur des critères de voisinage qui sont les suivants :

- critère d'inclusion,
- critère de recouvrement
- critère de 4-connexité avec même signe de contraste.

A partir d'un traitement global de la scène, cette exploration récursive permet d'arriver à un traitement local de l'information [8] et fournir ainsi, les détails plus ou moins fins associés à une région de départ (fig. 3).

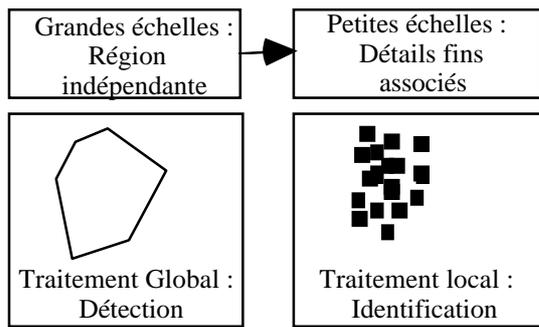


Fig. 3 : Apport de la segmentation et de l'exploration

La figure n° 4 présente un exemple de la détection de régions à une grande échelle ($a = 32$) et pour chaque région obtenue, le résultat à l'échelle " $a = 2$ " de l'exploration inter-échelle donnant les détails fins connectés aux régions d'origine.

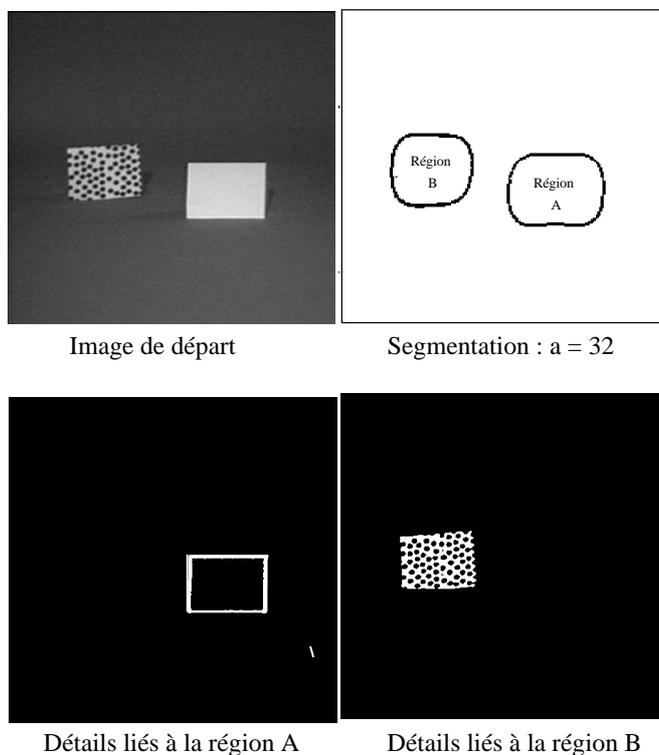


Fig. 4 : Exploration Inter-échelle

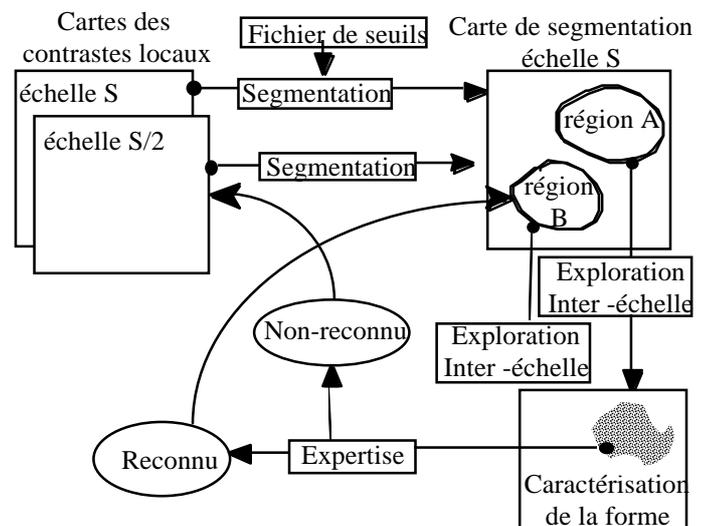
3 Intégration dans un système de reconnaissance de formes

La méthode d'exploration inter-échelle pour l'extraction de formes s'intègre dans un plan général d'analyse multi-échelle de l'image dans un objectif de reconnaissance de formes. L'algorithme s'appuie sur plusieurs modules :

-module SEGMENTATION et le module EXPLORATION décrits auparavant

-module EXPERTISE : A partir du nuage de points, ce module pouvant être un réseaux de neurones rend une réponse de type OUI / NON qui peut correspondre à une reconnaissance de tel ou tel objet. Il doit envisager la combinaison de différents éléments identifiés afin de reconstruire et reconnaître l'objet complet. Le principe de l'algorithme générique retenu est le suivant : si la segmentation de la carte de contrastes locaux à l'échelle initiale S a permis d'extraire 2 régions A et B. Pour chaque région trouvée,

une exploration inter-échelle est faite pour obtenir un nuage de points contenant les détails fins permettant la reconnaissance, les nuages de points sont envoyés au module expertise qui peut être un réseau de neurones. Si pour une région donnée (par exemple la région B), le module expertise ne reconnaît pas cette forme, on sélectionne la carte de contrastes locaux de l'échelle inférieure suivante $S/2$ et la segmentation en régions est de nouveau effectuée. Dans cette nouvelle carte de segmentation, on extrait les régions qui sont placées géométriquement dans la même zone que la région B de la carte de segmentation à l'échelle S . Ayant obtenu les régions à l'échelle $S/2$, l'exploration multi-échelle est réalisée pour chacune des régions, et les nuages de points sont envoyés au module expertise qui est chargé d'associer une région ou un groupe de régions à un objet faisant partie de sa base de connaissances.



4 Références

[1] H.R. WILSON, J.R. BERGEN, "A four mechanism model for spatial vision", Vision Research, Vol.19, pp. 19-32, 1979.
 [2] D. MARR, "Vision", W.H. Freeman and Company, New York, 1982.
 [3] C. ENROTH-CUGELL, J. G. ROBSON, "The contrast sensitivity of retinal ganglion cells in the cat", J. of Physiology, London, Vol. 187, p. 517-552, 1966.
 [4] J. PLANTIER, J.P. MENU, "Analyse des contrastes locaux de luminance dans les images complexes", Rapport CERMA 93-12, Août 1993.
 [5] J. PLANTIER, S. WEIBEL, "Apport des contrastes locaux de luminance dans l'extraction de formes", Rapport CERMA n° 96-05, 1996
 [6] M. HAYHOE, N. BENIMOFF, D. HOOD, "The time-course of multiplicative and subtractive adaptation process", Vision Research, Vol. 27, N° 11, p. 1981-1996, 1987.
 [7] A. OLIVA, P. G. SCHYNS, "Analyse multi-échelle de la perception de scènes", 7ièmes Journées Neurosciences et Sciences de l'Ingénieur, Chamonix, 2-5 Mai 1994.
 [8] R. SEKULER, R. BLAKE, "Perception", Ed. Mc GRAW HILL Publishing Company, p. 163, 1990.