

SYSTEME D'AIDE A LA SELECTION AUTOMATIQUE D'UN DETECTEUR DE CONTOURS: ETUDE ET EVALUATION DE PERFORMANCES

Reçu le 15/11/1999 - Accepté le 07/11/2001

Résumé

Le problème auquel se trouvent confrontés les concepteurs de système de vision est le choix du détecteur de contours à utiliser dans l'application envisagée. En effet, les algorithmes de détection de contours proposés dans la littérature sont multiples et diffèrent par leurs propriétés mathématiques et algorithmiques et par le type de contours auquel ils sont destinés. En outre, ces algorithmes ne donnent aucune information ni sur le contexte précis dans lequel ils peuvent être utilisés avec succès, ni sur les règles de calcul de leurs paramètres d'échelle. Par conséquent, il est difficile de trouver un détecteur de contours qui s'exécute mieux que les autres sur toutes les images. Ce problème nous a conduit à mener une étude à la fois théorique et expérimentale pour rassembler un maximum d'expertises indispensables pour aborder le problème d'évaluation des performances des détecteurs de contours et de leur sélection. Plus précisément, notre contribution principale réside dans la conception et l'implantation d'un système d'aide à la sélection de détecteurs de contours et à la spécification de la relation de cause à effet entre les caractéristiques d'un contour, le contexte d'utilisation de l'image contours, les propriétés algorithmiques et mathématiques d'un détecteur et les performances de ce détecteur.

Mots clés: Limite de détection, performance des détecteurs, comparaison et sélection des détecteurs.

Abstract

A problem encountered by vision systems developers is the selection of an edge detector to be used in the considered application. In fact, there are several edge detectors, often different by their mathematical and algorithmic properties and the characteristics of the edge which they are able to extract. Consequently, it is difficult to find one detector which perform well in many contexts. The selection of one edge detector must be primarily based on the definition of the influence of image characteristics and properties of detectors on their performance, which we call the performance evaluation of edge detectors. There is no standard method of objectively and accurately evaluating the performance of an edge detector. In this paper, we propose one approach to evaluate and select detectors. So, we present one method to evaluate the mutual influence between edges and performances of the detectors of the proposed system library. That has behaved us to lead a study both theoretical and experimental to implement one approach that is not combinative using several sources of knowledge that are: the image, properties of detectors and their effective results.

Key words: Edge detection, performance of detectors, comparison of detectors, selection of detectors.

S.F. KHELIFI¹
N.E. BOUDHIR²
N. BENAMRANE³

¹ King Fayçal University
Demmam

Arabia Saoudia

² Intelligent Control and
Electrical

Power Systems Laboratory
Centre de Recherche

Université Djilali Liabes

Sidi Bel Abbed 22000, Algeria

³ Institut d'Informatique

Université d'Oran (USTO)

BP1505 El-M'Naouer (Oran)

ملخص

يستعرض هذا البحث كافة المشكلات المتعلقة بعملية تحديد الإطار الخارجي للأشكال المختلفة في معالجة الصور، كما أنه يعتمد على دراسة الأساليب المستخدمة في هذا المجال وكيفية ايجاد نظام تلقائي يساعد في عملية اختيار وتحديد أفضل هذه الأساليب وتقييمها وذلك من خلال مجموعة من المقاييس الأساسية.

الكلمات المفتاحية: معالجة الصور- تحديد إطارات الأشكال- تقييم أساليب تحديد إطارات الأشكال- مقاييس التقويم.

Lors du développement d'une application de vision, on est souvent confrontés au problème de choix du détecteur de contours approprié parmi l'ensemble des détecteurs rencontrés dans la littérature. Des efforts considérables se sont orientés dans cette direction. Or, en général, un détecteur de contours ne donne aucune information ni sur le contexte précis dans lequel il peut être utilisé avec succès, ni sur les règles de calcul de ses paramètres d'échelle. L'approche la plus répandue consiste à choisir un détecteur de façon arbitraire et à l'utiliser pour extraire tous les contours dans toutes les images traitées dans le système de vision. Les valeurs des paramètres d'échelle sont fixées par expérience et réutilisées pour toutes les images traitées. Il est évident que cette approche ne peut pas conduire à des résultats satisfaisants pour les raisons suivantes:

- Les algorithmes proposés dans la littérature sont multiples et souvent destinés à un contour de type particulier, de forme particulière, dans une image particulière. De plus, l'utilisation d'une seule échelle ne peut produire un détecteur optimal pour tous les contours de l'image.

- Les détecteurs d'un même type de contours possèdent des propriétés différentes et peuvent fournir des contours différents.

- Il n'existe pas d'algorithme qui s'exécute mieux que les autres sur toutes les images: ils ont chacun leur domaine d'application pour lequel ils fournissent de bons résultats.

- La plus part des détecteurs sont caractérisés par la non détection de vrais points de contours, l'étiquetage erroné de faux points, et enfin une

Source et Auteurs	Détecteurs comparés	Images utilisées	Ground-Truth	Commentaires
Fram & Deutsch 1975 [5]	Rosenfeld, Hueckel et Macleod	1 synth. 1 réelle	Oui	Images réelles évaluées à l'œil humain, contours d'orientation diverses. Utilisation de 2 critères.
Abdou & Pratt 1978 [17]	Sobel, Prewitt, Roberts, Kirsh	1 synth. 3 réelles	Oui	Utilisation de contours vertical, horizontal et diagonal. Utilisation d'un seul critère comme mesure. Difficile à appliquer aux détecteurs récents.
Kitchen & Rosenfeld 1981 [10]	Sobel, Prewitt, Roberts, Kirsh, 3level, 5level, compass gradient.	2 synth.	Non	Méthode démontrée uniquement sur des images de synthèse. Utilisation de 2 mesures de qualité.
Ramesh & Haralick 1992 [8]	Sobel, Prewitt, Canny	1 synth. 2 réelles	Oui	Simplicité du modèle mathématique utilisé pour présenter le contour et le bruit. Difficile à appliquer aux détecteurs récents.
Venkatesh & Kitchen 1992 [16]	Sobel, Prewitt, Roberts, Tree-point	2 synth.	Non	Utilisation d'un contour vertical et un contour orienté. Construction d'un modèle de 4 mesure de qualité.
Heath <i>et al.</i> 1996 [Hea 96]	Iverson, Canny, Rothwell	08 réelles	Non	Utilisation de scènes complexes contenant un objet apparent.
Zhu 1996 [7]	Sobel, Prewitt, Canny	2 synth. 2 réelles	Non	Méthode similaire à celle utilisée dans [16].
Palmer <i>et al.</i> 1996 [12]	Petrou et Kittler	1 synth. 5 réelles	Non	Evaluation fondé sur un système de détection de lignes, critère basé sur la continuation des contours.
Heath <i>et al.</i> 1997 [9]	Iverson, Canny, Rothwell, Bergholm, Nalwa	28 réelles et synth.	Non	Evaluation basée sur un système visuel humain. Utilisation d'images réelles complexes et variées.
Dougherty & Bowyer 1998 [6]	Sobel, Canny, Rothwell, Heitger-Bergholm, Sarkar-Bouges	12 réelles	Oui	Construction d'un modèle d'évaluation graphique. Utilisation de contours de type variés.
Nguyen & Ziou 1999 [11]	Sobel, Prewitt, Canny, Deriche, Shen	1 synth.	Oui	Utilisation d'une image de synthèse contenant des contours de type marche, escalier et crête. Construction d'un modèle d'évaluation basé sur six mesures de qualité.
Nguyen & Ziou 1999 [11]	Sobel, Prewitt, Canny, Deriche, Shen	3 synth. 5 réelles	Oui	Les performances d'un détecteur dépendent de l'erreur quadratique évaluée en comparant l'image originale à l'image reconstruite par diffusion à partir de l'image contours.

Table 1: Tableau récapitulatif des méthodes d'évaluation de détecteurs de contours rencontrés dans la littérature.

mauvaise estimation dans la position des contours détectés. Ces erreurs proviennent essentiellement de la présence du bruit dans l'image. Or, le bruit est un élément de l'image difficile à caractériser et donc difficile à éliminer en préservant les contours [1,2].

- L'approche de détection de contours multi-échelle telle qu'elle a été présentée par Tabbone *et al.* [3] et Y. Lu *et al.* [4] présente une solution particulière au problème de choix de l'échelle d'un détecteur. Or, cette approche est insuffisante pour une description complète de l'image, puisqu'elle se limite à l'utilisation d'un seul détecteur.

Par conséquent, il devient primordial de pouvoir étudier le comportement d'un détecteur de contours dans des contextes différents et évaluer la qualité de ses résultats afin de le comparer avec d'autres détecteurs différents par leurs propriétés mathématiques et algorithmiques et par le type du contour pour lequel il sont destinés. Plusieurs techniques d'évaluation de détecteurs de contours ont été proposées dans la littérature (Table 1) [5-16]. Or, il n'existe pas de méthode standard d'évaluation objective et précise de détecteurs de contours. L'étude des performances d'un algorithme de détection de contours est un problème complexe dans sa généralité dans le sens où elle dépend de plusieurs facteurs et doit tenir compte des problèmes que l'on peut regrouper en cinq classes :

- Problème lié à l'algorithme lui-même.
- Problème lié à la définition du contour.
- Problème lié au type d'images utilisées pour mesurer les performances de l'algorithme de détection.
- Problème lié aux paramètres utilisés dans l'évaluation des détecteurs de contours.
- Problème lié à la technique utilisée dans l'évaluation.

L'objectif de cet article est de rassembler un maximum d'expertises indispensables pour aborder le problème de la sélection automatique d'un détecteur de contours. C'est pourquoi, nous consacrons le 1^{er} paragraphe à présenter le principe général de l'approche de sélection automatique d'un algorithme de détection de contours, le 2^{ème} paragraphe à présenter l'approche d'évaluation des performances des détecteurs de contours que nous avons adoptée ainsi qu'à mettre en évidence la notion de relation de cause à effet entre les performances d'un détecteur de contours, les caractéristiques du contour recherché et les propriétés algorithmiques et mathématiques des détecteurs du système, le 3^{ème} paragraphe sera consacré à décrire l'ensemble des règles de sélection sur lesquelles est fondé l'algorithme de sélection d'un détecteur de contours. Et enfin, nous concluons par une présentation des limitations du système proposé et des solutions envisageables.

1- DESCRIPTION DU SYSTEME D'AIDE A LA SELECTION DE DETECTEURS DE CONTOURS

L'architecture du système que nous proposons est constituée essentiellement des modules suivants:

- Bibliothèque des détecteurs de contours du système.
- Module d'analyse des caractéristiques de l'image.
- Module de sélection d'un détecteur de contours.

Le système a pour donnée un objectif fourni par l'utilisateur et décrit par le contexte d'utilisation ultérieure de l'image de contours. Les sorties du système sont les détecteurs qui sont susceptibles de fournir les résultats les plus performants (Fig. 1).

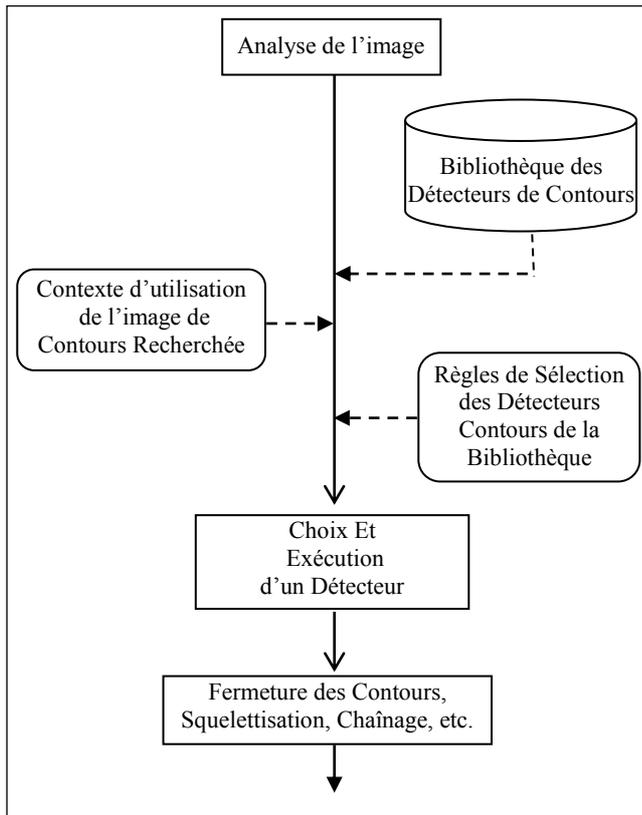


Figure 1: Structure générale du système de sélection proposé.

1.1- La bibliothèque des détecteurs de contours du système

La bibliothèque du système est constituée de cinq détecteurs informels classiques : Sobel, Prewitt, Roberts, Kirsch, et Compass-Gradient [17]; et de cinq détecteurs optimaux récursifs et séparables de type marche: le détecteur de Canny [18], le détecteur gradient de Deriche [19, 6], le détecteur Laplacien et le détecteur Gradient de Shen [20], le détecteur zéros de la dérivée seconde « zero-crossing » et le détecteur de crêtes de Ziou [21] (table 1). Un détecteur de cette bibliothèque est considéré comme étant un triplet (*algorithme, paramètres, pré-condition*). La pré-condition est représentée par le contexte dans lequel le couple (*algorithme, paramètres*) s'exécute correctement. Tout détecteur appartenant à la bibliothèque est doté de l'analyse de ses propriétés mathématiques et algorithmiques (Table 2). et de l'évaluation quantitative de ses performances. Cette évaluation est effectuée en considérant pour chaque détecteur de la bibliothèque, plusieurs valeurs de ses paramètres et plusieurs images de caractéristiques différentes.

1.2. Module d'analyse des caractéristiques de l'image

Ce module a pour objectif l'extraction des différents attributs de l'image originale. La définition de ces attributs est difficile du fait que l'image est bruitée. Aussi, nous ne prenons en considération que les deux classes d'attributs suivants:

- Les attributs relatifs à la structure du contour recherché, c'est-à-dire ceux qui peuvent être calculés à partir de l'intensité de l'image. On distingue les attributs qui caractérisent le modèle du contour et plus précisément son rapport signal/bruit et sa netteté, et les attributs relatifs à la nature de la courbe support du contour (contour rectiligne, courbe lisse, courbe fermée, etc.). On suppose que ces données sont fixées *a priori* par l'utilisateur.
- Les attributs relatifs au contexte d'utilisation de l'image de contours (contours efficacement détectés, contours correctement localisés, compromis entre la détection et la localisation).

	Canny	Deriche	GEF de Shen	DRF Shen	Ziou
Filtrage	Support limité	Support infini	Support limité	Support limité	Support infini
Opérateur de Lissage f(x)	$-\frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$	$k(\alpha x + 1)e^{-\alpha x }$	$ab^{ x }$ $0 < b < 1$ $a = (-\ln b)/2$	$ab^{ x }$ $0 < b < 1$ $a = (-\ln b)/2$	$(-c\alpha \sin \omega x + c\omega \cos \omega x) e^{-\alpha x }$
Op. Dérivation	Gradient	Gradient	Gradient	Laplacien	Laplacien
Linéarité	Non linéaire	Non linéaire	Non linéaire	Linéaire	Non linéaire
Invariance par Rotation	Invariant par rotation	Variante par rotation	Variante par rotation	Variante par rotation	Variante par rotation
Type du contour	Marche simple	Marche	Marche	Multi marche	Crête
Temps machine	6 multip. et 5 additions	8 multip. et 7 additions	4 multip. et 3 additions		28 additions et 32 multiplications

Table 2: Attributs intrinsèques des détecteurs de contours optimaux de la bibliothèque du système.

	Détecteur de Canny	Détecteur de Deriche	Détecteur gradient de Shen
Rapport signal/bruit	$RSBC(\theta) = \sqrt{2\pi}A\sigma^3$	$RSBD(\theta) = 4KA \frac{1+3\sin(\theta)\cos(\theta)}{\alpha^5(\sin(\theta)+\cos(\theta))^3}$	$RSBS(\theta) = \frac{1}{\cos(\theta) + \cos(\theta)}$
Localisation	$LOCANY(\theta) = \sqrt{2\pi}A\sigma\sqrt{\sin^6(\theta)+\cos^6(\theta)}$	$LOCDER(\theta) = 4KA \frac{\sqrt{\sin^6(\theta)+\cos^6(\theta)}}{\alpha^3(\sin(\theta)+\cos(\theta))^3}$	LOCSHE = 0

Figure 2a: Le rapport signal/bruit et la localisation en fonction de l'orientation du contour des détecteurs de Canny, Deriche et GEF de Shen.

1.3. Module de sélection d'un détecteur de contours

Partant d'une bibliothèque de détecteurs de contours, il s'agit de choisir le meilleur pour mettre en évidence un contour donné. Le module de sélection se charge d'affecter au contour un ensemble de détecteurs applicables, c'est-à-dire ceux dont les pré-conditions sont validées par les caractéristiques de ce contour et de choisir dans l'ensemble des détecteurs applicables le meilleur détecteur qui possède les meilleures performances et qui peut détecter le maximum de vrais points de contours.

L'approche de sélection que nous proposons nécessite la définition de la relation de causes à effets entre les propriétés mathématiques et algorithmiques d'un détecteur, les caractéristiques du contour recherché et les performances de ce détecteur. Un détecteur est représenté par une fonctionnelle: $f(I(x,y), p_1, p_2, \dots, p_n)$ où $I(x,y)$ est l'image à traiter et p_1, p_2, \dots, p_n sont les paramètres d'échelle. Le principe consiste à établir une relation de cause à effet entre les caractéristiques du contour et ce détecteur. Une règle de sélection s'impose:

*Si (situation₁) V...V (situation_n)
Alors (algorithme, paramètres)*

où *situation* est une conjonction de prédicats portant sur les caractéristiques du contour recherché et le contexte d'utilisation de l'image de contours.

2- PRINCIPE DE LA METHODE ADOPTEE DANS L'EVALUATION DES DETECTEURS DE CONTOURS DU SYSTEME PROPOSE

L'objectif de ce paragraphe est de rassembler un maximum d'expertises indispensables pour aborder le problème de sélection de détecteurs de contours. Ce qui nous a conduit à mener une étude à la fois théorique et expérimentale pour mettre en oeuvre une approche d'évaluation de performances de détecteurs qui soit non combinatoire et fondée, utilisant plusieurs sources de connaissances qui sont les caractéristiques de l'image, les propriétés des détecteurs et le contexte d'utilisation de l'image de contours.

Nous nous proposons donc d'étudier l'influence des attributs intrinsèques (table 2) pour chacun des détecteurs de la bibliothèque du système sur ses attributs de performance qui sont l'erreur d'omission, l'erreur de sensibilité et l'erreur de localisation.

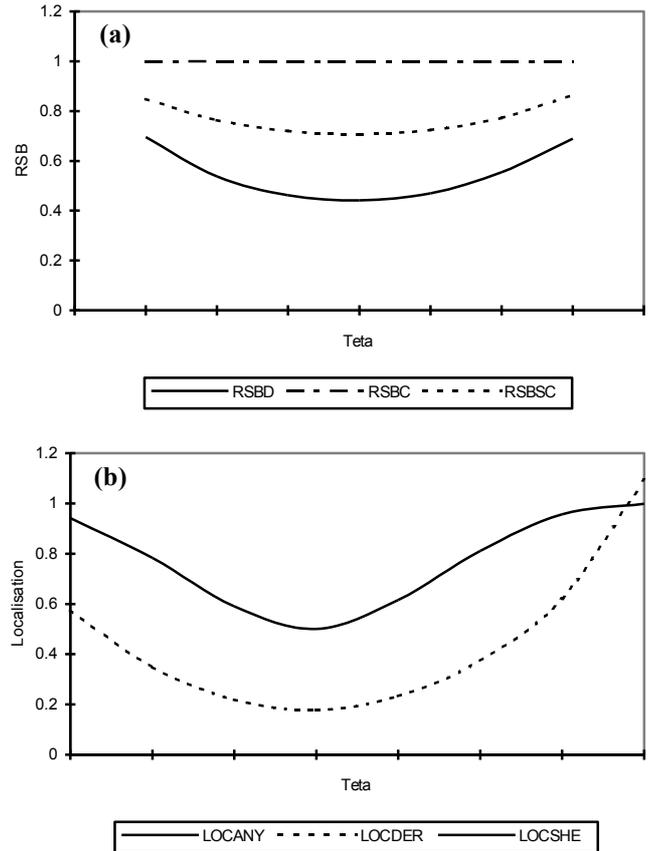


Figure 2b: (a) Le rapport signal/bruit en fonction de l'orientation du contour des détecteurs de Canny, Deriche et GEF de Shen. (b) La localisation en fonction de l'orientation du contour des détecteurs de Canny, de Deriche et GEF de Shen.

2.1- Evaluation théorique

2.1.1- Influence de l'orientation du contour sur les performances d'un détecteur

Soit un contour $c(x, y, \theta)$ d'orientation $\theta \in [0, \pi/2]$. Nous proposons d'étudier, en fonction de θ , les deux critères de performances de Canny [18], le rapport signal/bruit Σ et l'erreur de localisation Λ qui ont été étendus en 2D par Ziou [21,14] et nous étudierons trois détecteurs gradient: Canny, Deriche et le détecteur GEF de Shen (Fig.2.a et 2.b). Ces critères sont définis respectivement par les deux formules suivantes:

$$\Sigma = \frac{\left(f_x(x,y) * c(x,y,\theta) \Big|_{(x,y)=(0,0)} \right)^2}{\eta_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_x^2(x,y) dx dy} + \frac{\left(f_y(x,y) * c(x,y,\theta) \Big|_{(x,y)=(0,0)} \right)^2}{\eta_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_y^2(x,y) dx dy}$$

$$\Lambda = \frac{\left(f_{xx}(x,y) * c(x,y,\theta) \Big|_{(x,y)=(0,0)} \right)^2}{\eta_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_{xx}^2(x,y) dx dy} + \frac{\left(f_{yy}(x,y) * c(x,y,\theta) \Big|_{(x,y)=(0,0)} \right)^2}{\eta_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_{yy}^2(x,y) dx dy}$$

où f_{xx} et f_{xxx} (resp. f_{yy} et f_{yyy}) sont respectivement la 1^{ère} et la 2^{ème} dérivée de f_x par rapport à x (resp. f_y par rapport à y).

2.1.2- Influence de la netteté du contour sur les performances d'un détecteur

Soit un modèle 1D de contour bruité de type marche formé par le signal $F(x)$ et un bruit blanc additif où μ représente la netteté du contour.

$$F(x) = \begin{cases} A \left(1 - \frac{1}{2} e^{-\mu x} \right) & \text{si } x \geq 0 \\ \frac{A}{2} e^{\mu x} & \text{si non} \end{cases}$$

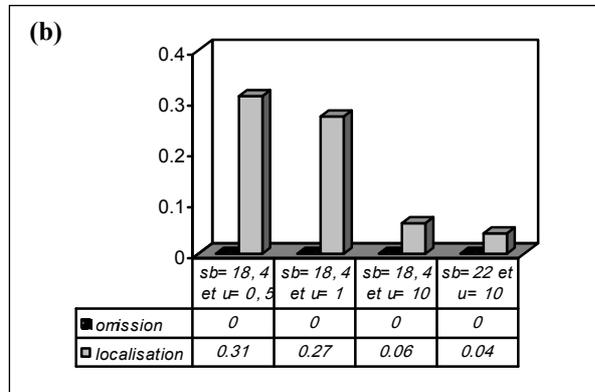
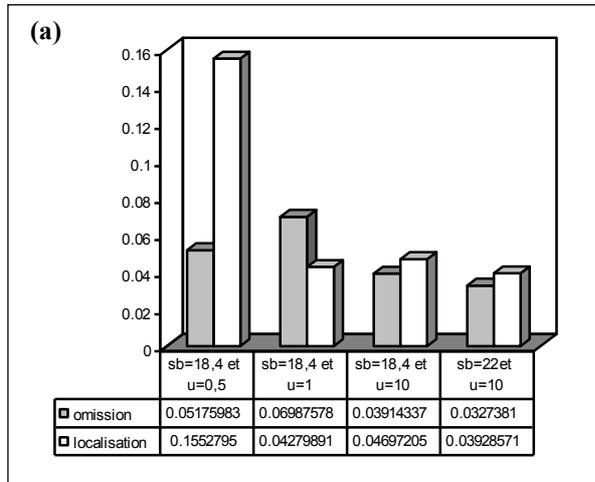


Figure 3: Influence de la netteté du contour (μ , A/η_0) sur les performances d'un détecteur. (a) Le détecteur de Deriche. (b) Le détecteur DRF de Shen pour $\alpha=0,2$.

Examinons à titre d'exemple le détecteur de Deriche avec $\alpha=1$ et le détecteur DRF de Shen avec $\alpha=0.2$ en fonction de μ (Fig. 3) [21,14,23-27].

$$\Sigma = \frac{A}{\eta_0} \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\alpha}} - \alpha \sqrt{2\alpha} \frac{1}{(\alpha + \mu)^2} \right)$$

où $\frac{A}{\eta_0}$ est le rapport signal/bruit sb de l'image originale et η_0 est l'énergie du bruit.

2.1.3- Influence des paramètres d'échelle sur les performances d'un détecteur

Pour étudier l'influence des paramètres d'échelle sur les détecteurs de Deriche [22], DRF de Shen [20] (Fig. 4) et celui de Ziou [14], nous allons examiner à titre d'exemple le rapport signal/bruit RSB, l'erreur de localisation LOC et la réponse multiple K du détecteur de Ziou qui sont données par les expressions suivantes:

$$RSB = \frac{2\sqrt{2\alpha}}{(\alpha + 1)^2 + \omega^2}$$

$$K = \sqrt{\frac{\alpha}{5\alpha^2 + \omega^2}}$$

$$LOC = 2\alpha\sqrt{2} \left(\frac{\omega^2(2\alpha - 1) + \alpha^2(2\alpha + 3)}{(\alpha + 1)^2 + \omega^2} + \alpha \right) \frac{1}{\sqrt{5\alpha^2 + \omega^2}}$$

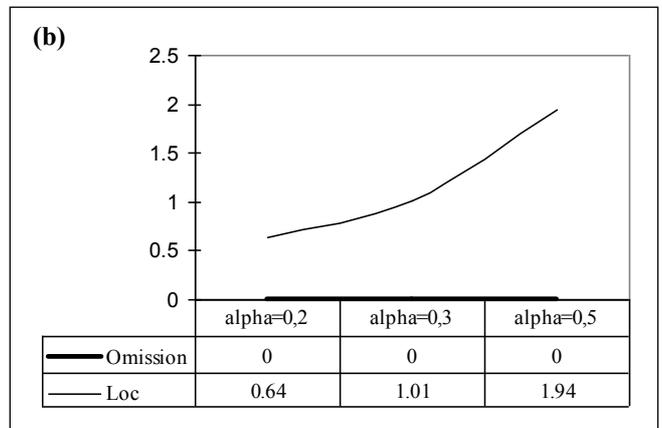
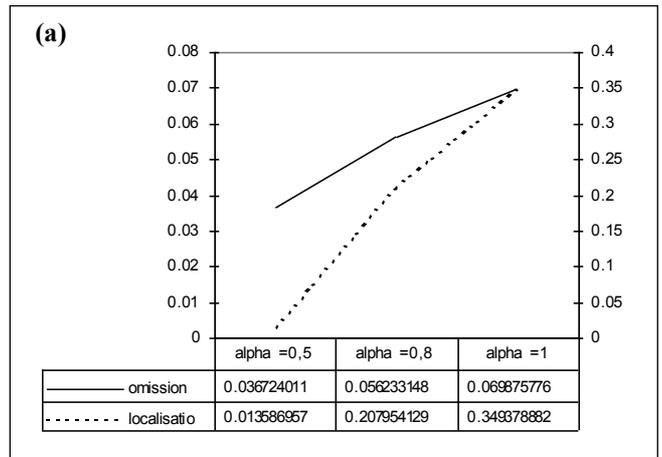


Figure 4: Influence du paramètre d'échelle avec $sb=18,4$ et $\mu=0,5$. (a) Sur le détecteur de Deriche. (b) Sur le détecteur DRF de Shen.

Trois cas se présentent [14,19,21-25]:

Cas 1 ($\alpha \gg \omega$): Plus l'échelle augmente, plus le détecteur est performant.

Cas 2 ($\alpha \ll \omega$): Le rapport signal/bruit est peu affecté par l'augmentation de l'échelle. Par contre, LOC et K augmentent sensiblement.

Cas 3 ($\alpha \approx \omega$): Dans ce cas, les performances sont très affectées par les variations de l'échelle. Elles diminuent lorsque l'échelle augmente.

2.2- Evaluation expérimentale

Nous avons sélectionné une grande variété d'images (20 images): images de scènes d'intérieur, images de scène d'extérieur, images aériennes, images médicales (pathologiques, échographiques, IRM), etc. Les images utilisées (fig. 6 et 7) sont obtenues en prenant des photos d'objets communs pris dans leur contexte naturel au moyen d'un appareil photo numérique 35-mm. Chaque image est ensuite convertie en une image à niveaux de gris de taille 256x256 et de format 8 bits/ pixel. A chaque image sont appliqués les détecteurs de contours du système proposé avec différentes valeurs des paramètres d'échelles. Les résultats effectifs de cette phase expérimentale (Fig. 5, 6) sont soumis à une évaluation subjective qui prend en compte le contexte d'utilisation de l'image de contours ainsi que l'objectif visé par l'utilisateur.

$\alpha=1/9$	$d_i = 0$	$d_i = 1$	$d_i = 2$	$d_i = 3$
F Roberts	0.963	0.865	0.6707	0.5016
F Sobel	0.983	0.885	0.6807	0.5206
F Prewitt	0.967	0.87	0.6692	0.5118

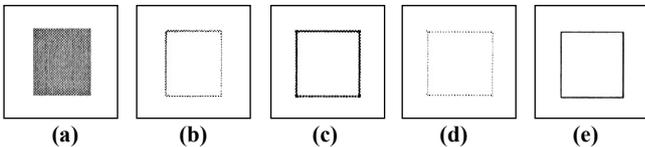


Figure 5: Critère F de Pratt en fonction de la localisation du contour pour les détecteurs de Roberts, Sobel et Prewitt. (a) Image de synthèse originale 128x128. (b) Image contours Prewitt. (c) Image contours Sobel. (d) Image contours Roberts. (e) Image contour exemple.

2.3- Synthèse des résultats

D'après les résultats obtenus aux étapes précédentes (Fig. 2 à 7), on constate que:

- Les erreurs de localisation et d'omission sont affectées par l'opérateur de différentiation et par le filtre de lissage. Plus précisément, dans le cas d'un contour de type marche simple, un opérateur gradient fournit des contours de meilleure localisation. Par contre, un Laplacien possède une meilleure précision. En revanche, un Laplacien semble être mieux adapté du point de vue localisation à la détection de contours de type double marche. Le filtre gradient de Deriche possède une meilleure précision.
- La localisation et le rapport signal bruit de tout détecteur invariant ou non par rotation utilisant comme opérateur de différentiation le gradient sont affectés par l'orientation du contour.
- Un détecteur directionnel semble être mieux adapté à la

détection de contours rectilignes.

- Les filtre utilisé par Deriche et Canny fournissent des contours mieux localisés dans le cas des contours de type marche.
- Le filtre utilisé par le détecteur DRF fournit des contours mieux localisés dans le cas des contours de type marche simple, il engendre aussi une très faible erreur d'omission.
- Un détecteur utilisant l'opérateur gradient semble être mieux adapté à la mise en évidence de contours peu nets et de contours bruités.
- Pour le détecteur de Deriche, les erreurs d'omission et de localisation augmentent lorsque l'échelle augmente. Le détecteur possède la plus faible erreur de localisation. Pour le détecteur DRF de Shen, l'erreur de localisation augmente lorsque l'échelle augmente alors que l'erreur d'omission est peu affectée par le changement d'échelle.
- Un contour de type marche bruitée ou possédant une faible netteté, nécessite l'utilisation d'une échelle élevée. Cependant, un contour net et non bruité nécessite l'utilisation d'une échelle basse. Dans le cas des doubles marches, l'échelle du détecteur doit être très petite par rapport à la largeur de cette double marche pour diminuer l'influence de la détection d'une marche sur l'autre.
- Le détecteur de Ziou est mieux adaptée à la détection multi-échelle puisque ses performances sont très sensibles à la variation de l'échelle.
- Un détecteur Laplacien semble être mieux adapté à la mise en évidence des jonctions, des contours lisses, des doubles marches et à la détection multi-échelle des contours car ses performances sont plus sensibles à la variation de l'échelle.

- Dans le cas des jonctions, le détecteur de Canny laisse des trous sur les coins de contours.

- D'une manière générale, les masques de taille 3x3 sont très nettement supérieurs à ceux de taille 2x2. Les opérateurs de Prewitt et Sobel sont plus performants que l'opérateur de Roberts vis-à-vis du rapport signal/bruit (Fig. 5). L'opérateur de Prewitt est légèrement meilleur que celui de Sobel pour les contours verticaux, cette différence disparaissant pour les contours diagonaux. Les performances des trois opérateurs se détériorent lorsque le bruit augmente. Un masque directionnel, le masque de Kirsch par exemple, est recommandé pour les contours diagonaux.

En conclusion, nous avons constaté qu'en augmentant la valeur des paramètres d'échelle, on augmente l'efficacité du détecteur au détriment de la précision de la localisation. Lorsque les caractéristiques de bruit de l'image ne sont pas connues *a priori*, il est prudent de choisir une valeur minimale pour le paramètre d'échelle qui garantisse un bon RSB. On augmentera ensuite la taille de l'opérateur afin de détecter les objets de plus grandes tailles. Le choix du paramètre d'échelle doit donc s'effectuer en fonction des compromis liant RSB à la précision de la localisation.

3- MODULE DE SELECTION D'UN DETECTEUR DE CONTOURS

L'objectif de ce paragraphe est de décrire l'ensemble des règles de sélection sur lesquelles est fondé l'algorithme

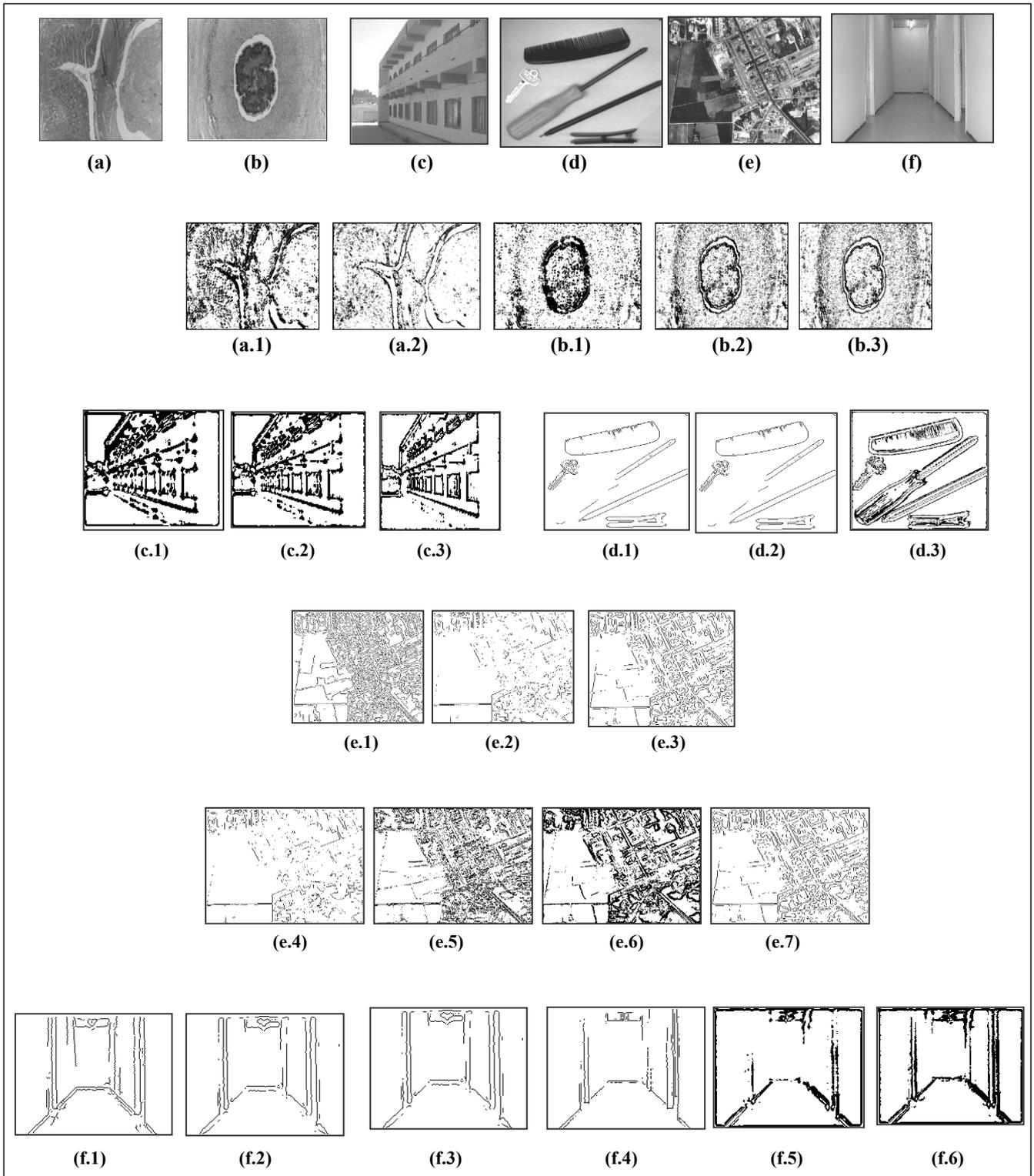


Figure 6: (a) Image d'une coupe transversale d'une appendicite avec un grossissement x40. (b) Image de lésion d'une actinomycose avec un grossissement x200. (c) Image Originale de scène d'extérieur. (d) Image originale d'objets. (e) Image Originale de scène Aérienne (corniche de la ville d'Oran). (f) Image Originale de scène d'intérieur. (a.1) Image contours Deriche $\alpha=0,5$. (a.2) Image contours Deriche $\alpha=1$. (b.1) Image contours Deriche $\alpha=0,5$. (b.2) Image contours Deriche $\alpha=1$. (b.3) Image contours Deriche $\alpha=1,5$. (c.1) Image contours Deriche $\alpha=0,8$. (c.2) Image contours Deriche $\alpha=1$. (c.3) Image contours Deriche $\alpha=1,5$. (d.1) Image contours Canny $\alpha=1$. (d.2) Image contours Sobel. (d.3) Image contours Deriche $\alpha=1$. (e.1) Image contours Canny $\alpha=1$. (e.2) Image contours Sobel. (e.3) Image contours zéro de la dérivée seconde. (e.4) Image contours Prewitt. (e.5) Image contours Ziou $\omega=0,75$ et $\alpha=1$. (e.6) Image contours Deriche $\alpha=1$. (e.7) Image contours Laplacien de la gaussienne. (f.1) Image contours Canny $\alpha=1$. (f.2) Image contours Laplacien de la gaussienne $\alpha=1$. (f.3) Image contours zéro de la dérivée seconde. (f.4) Image contours Prewitt. (f.5) Image contours Deriche $\alpha=0,8$. (f.6) Image contours Deriche $\alpha=1$.

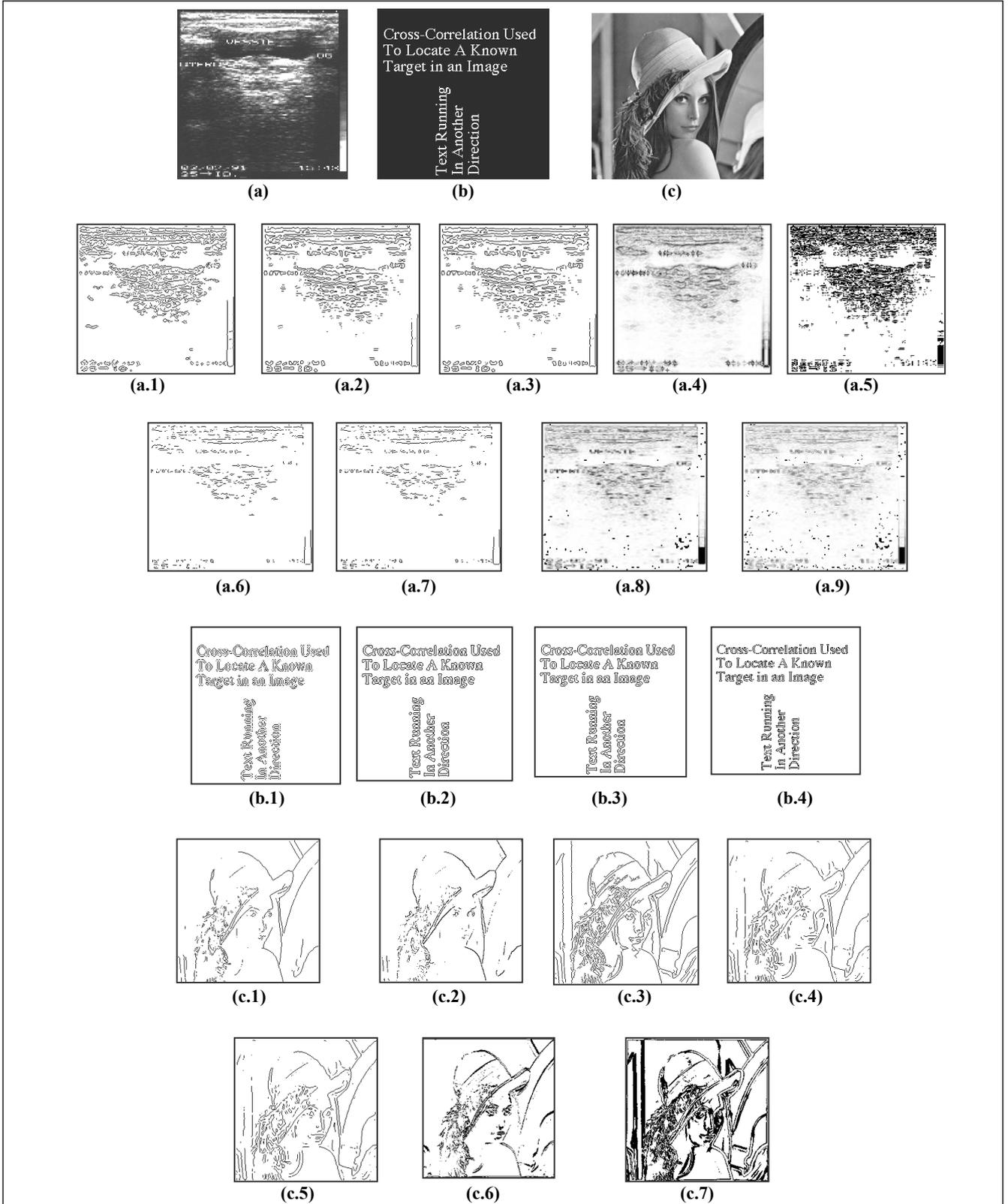


Figure 7: (a) Image échographique (utérus). (b) Image originale texte. (c) Image Lena. (a.1) Image contours Canny $\alpha=1$. (a.2) Image contours Laplacien de la gaussienne $\alpha=1$. (a.3) Image contours zéros de la dérivée seconde. (a.4) Image contours Deriche $\alpha=1$. (a.5) Image contours Ziou $\omega=0,7$ et $\alpha=1$. (a.6) Image contours Prewitt. (a.7) Image contours Sobel. (a.8) Image contours Kirsch. (a.9) Image contours Compass-gradient. (b.1) Image contours Canny $\alpha=1$. (b.2) Image contours Laplacien de la gaussienne $\alpha=1$. (b.3) Image contours zéros de la dérivée seconde. (b.4) Image contours Roberts. (c.1) Image contours Sobel. (c.2) Image contours Roberts. (c.3) Image contours Canny $\alpha=1$. (c.4) Image contours Laplacien de la gaussienne $\alpha=1$. (c.5) Image contours zéros de la dérivée seconde. (c.6) Image contours Ziou $\omega=0,7$ et $\alpha=1$. (c.7) Image contours Deriche $\alpha=1$.

de sélection d'un détecteur de contours. En effet, l'heuristique utilisé pour sélectionner un détecteur de contours est la suivante:

Chercher le détecteur validé par les caractéristiques de l'image qui répond au contexte d'utilisation de l'image de contours qui possède les meilleures performances et qui peut détecter le maximum de vrai points de contours.

Le contexte est défini par l'objectif visé par l'utilisateur et le type de l'image à traiter. Cet objectif est caractérisé par la qualité du contour recherché (contour efficacement détecté, contour correctement localisé, ou un compromis entre la détection et la localisation). La difficulté principale de la mise en oeuvre de cette heuristique, réside essentiellement dans la recherche du détecteur qui assure un compromis entre la localisation et la détection qui sont en général deux variables antagonistes.

Il importe de signaler que les règles de sélection de

détecteurs de contours sont déduites à partir des heuristiques validées par les résultats retenus dans le paragraphe précédent. Rappelons qu'il est difficile de distinguer avec certitude et d'une manière analytique une relation de cause à effet entre les attributs d'un détecteur, les caractéristiques du contour recherché et les performances de ce détecteur. C'est pourquoi nous avons procédé de manière à combiner l'empirique en se basant sur un ensemble de mesures expérimentales et analytiques en se référant à un ensemble de résultats analytiques. Ainsi nous proposons de considérer le contexte d'utilisation de l'image contours et les caractéristiques de l'image originale comme étant deux attributs dominants, en ce sens qu'il s'agit d'affecter un détecteur en favorisant ces deux attributs.

Dans ce qui suit, nous présentons un échantillon de critères et de règles de sélection.

Critère 1:

*Si l'image à traiter est de type aérienne
Et l'objet à traiter est de type bâtiments
Alors utiliser un détecteur favorisant les contours rectilignes fermés
Et assurant une bonne localisation*

Critère 2:

*Si l'image à traiter est de type aérienne
Et l'objet à traiter est de type routes ou rivières
Alors utiliser un détecteur favorisant les contours rectilignes ouverts
Et assurant une bonne localisation*

Critère 3:

*Si l'image à traiter est de type médicale IRM
Alors utiliser un détecteur directionnel favorisant le type du contour recherché par l'expert humain (contour fermé lisse, contour rectiligne ouvert)
Et assurant l'objectif visé par l'expert humain (objet correctement localisé, objet efficacement détecté, compromis entre les deux)*

Règle 1:

*Si le contour est de type marche simple
Et le contour est non bruité
Et net
Et de forme rectiligne
Alors Si Objectif = Localisation
 Alors utiliser le détecteur Gardient de Shen avec $\alpha=1$
 Ou utiliser le détecteur Laplacien de la Gaussienne de Shen avec $\alpha=2$
Sinon Si Objectif = Détection
 Alors utiliser le détecteur Gradient de Canny avec $\alpha=2$
 Ou le détecteur Zéro de la dérivée Seconde avec un seuillage très faible (0,009)
 Ou l'opérateur de Sobel avec un seuillage par hystérésis
 Ou l'opérateur de Prewitt avec un seuillage par hystérésis
Sinon Si Objectif = Localisation/Détection
 Alors utiliser le détecteur de Deriche avec $\alpha=1,5$*

Règle 2:

*Si le contour est non bruité
Et net
Et de forme fermée
Alors Si Objectif = Localisation
 Alors utiliser le détecteur Laplacien de la Gaussienne de Shen avec $\alpha=1$
 Ou utiliser le détecteur de Ziou avec $\alpha=1$ et $\omega=0,75$
 Ou l'opérateur Compass-Gradient avec un seuillage par hystérésis
 Ou utiliser le détecteur de Canny avec $\alpha=2$
Sinon Si Objectif = Détection
 Alors utiliser le détecteur Laplacien de la Gaussienne de Shen avec $\alpha=2$
 Ou utiliser le détecteur Gradient de Deriche avec $\alpha=1$
Sinon Si Objectif = Localisation /Détection
 Alors utiliser le détecteur de Deriche avec $\alpha=1,5$*

CONCLUSION

Pour conclure, la sélection des détecteurs appropriés pour traiter une image est un problème important, peu étudié et vaste. Notre contribution reste modeste et ne peut être considérée que comme étant un début vu que nous sommes encore loin d'une sélection correcte de détecteurs. Le problème majeure de notre approche est qu'elle ne permet aucune évaluation de l'image contours obtenue ce qui ne peut être réalisé que si l'on connaît *a priori* le contour exemple attendu pour pouvoir le comparer avec le contour fourni par le système. Ceci est dû au fait que le système n'est pas destiné uniquement à des images de synthèse mais plutôt à des images naturelles de scènes complexes et variées. Il reste donc à apporter de nombreuses améliorations concernant essentiellement l'introduction des techniques de type intelligence artificielle comme l'apprentissage numérique pour combler aux inadéquations des approches mathématiques reposant souvent sur des hypothèses simplificatrices. L'objectif est de maintenir un historique sur les exécutions de chaque détecteur. Pour ce faire, l'approche connue sous le nom de « Apprentissage par Récompense et Puniton » semble être possible à appliquer.

REFERENCES

- [1]- Torre V. and Poggio T.A., "On Edge Detection", *IEEE Transactions on PAMI*, 8(2), Mars (1986), pp.147-163.
- [2]- Chen J.S. and Medioni G., "Detection, Localisation and Estimation of Edges", *IEEE Transactions on PAMI*, 11(2), (1989), pp.191-198.
- [3]- Tabbone S. and Ziou D., "A Multi-Scale Edge Detection", *Pattern Recognition*, 26(9), (1993), pp. 305-314.
- [4]- Lu Y. and Jain R.C., "Reasoning About Edges in Scale Space", *IEEE Transactions on PAMI*, 14(4), (1992), pp.450-468.
- [5]- Basseville M., "Détection de contours : méthodes et études comparatives", *ANN. Telecommunic.* Vol 34, N°11-12, (1979), pp. 559-579.
- [6]- Dougherty S. and Bowyer K.W., "Objective evaluation of edge detectors using a finally defined framework. To appear in Empirical evaluation techniques in computer vision", K.W. Bowyer and P.J. Phillips Editors, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA. (1998).
- [7]- Eichel P.H., "Quatitative Analysis of Moment-Based Edge Operator", *IEEE Trans. on Systems. MAN. and Cybernetics.* Vol 20, N°1, (1990).
- [8]- Haralick R.M., "Propagating Covariance in Computer Vision", Rapport de recherche, Intelligent System Laboratory. University of Washington, Seattle WA98195.
- [9]- Heath M.D., Sarkar S., Sanocki T. and Bowyer K.W., "A Robust Visual Method for Assessing the Relative Performance of Edge Detection Algorithms" *IEEE Transactions on PAMI*, 19(12), Dec. (1997), pp. 1338-1358.
- [10]- Kitchen L. and Rosenfield A., "Edge Evaluation Using Local Edge Coherence", *IEEE Transaction on Systems. MAN. and Cybernetics.* Vol. SMC-11, N° 9, (1981), pp. 597-605,
- [11]- Nguyen T.B. and Ziou D., "Contextuel and non Contextuel Performance Evaluation of Edge Detectors", Rapport de recherche, Dept de Mathématique et d'Informatique, Université de Sherbrooke, Canada, Nov. (1998), soumis au VIAV' 99.
- [12]- Palmer P.L., Dabis H. and Kittler J., "A Performance Measure for Bondary Detection Algorithm", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.63, N°3, (1996), pp. 476-494.
- [13]- Tan H.L. and Delp E.J., "A Comparative Cost Function Approach to Eedge Detection", *IEEE. Trans. On systems. MAN. And Cybenetics*, Vol 19, Nov./ Dec. (1989), pp.1337-1349.
- [14]- Ziou D. and Tabobone S., "Edge Detection Technics-An Overview", Rapport N°195, Université de Sherbrooke, May (1997).
- [15]- Tchir R. and Yeh C.L., "Quantitative Evaluation of some Edge-Preserving noise-Smoothing Techniques", *Computer Vision. Graphics and Image Processing*, Vol. 23, (1983), pp. 67-91.
- [16]- Venkatesch S., "Edge Evaluation Using Necessary components", *Graphical Models and Image Processing*, Vol. 54, N°1, Jan., (1992), pp. 23-30.
- [17]- Pratt W.K., "Image Processing", A Wiley Interscience Publication, (1978).
- [18]- Canny J., "A Computational Approach to Edge Detection", *IEEE Transactions on PAMI*, 8(6), Nov. (1986), pp.679-698..
- [19]- Deriche R., "Optimal Edge Detection Using Recursive Filtering", *in Proceedings of the international conference on computer vision*, pp.501-505, Londres (1987).
- [20]- Shen J., "Multi Edge Detection by Isotropical 2-D ISEF Cascade", *Pattern Recognition.* 28(12), Apr. (1995), pp.1871-1885..
- [21]- Ziou D., "La détection de Contours : Images à niveaux de gris", Thèse Doctorat d'état, Université de Nancy (1992).
- [22]- Deriche R., "Fast Algorithm for low-Level Vision", *IEEE Transactions on PAMI*, 12(1), (1990), pp.78-87.
- [23]- Khelifi S., Boudihir M.E., Benamrane N., Nourine R. and Tou A., "Etude de l'Influence des Attributs d'un Détecteurs de Contours sur ses Performances". JECHM' 98, pp. 175-187, I.N.I., Alger, Algérie, Déc. (1998).
- [24]- Khelifi S., Boudihir M.E., Benamrane N., Nourine R. and Tou A., "Approche de Sélection Automatique d'un Algorithme de Détection de Contours : Etude des Performances", Conférence Internationale sur l'électronique et l'Automatique, pp. 185-195, Blida, Algérie, Mai (1999).
- [25]- Khelifi S., Boudihir M.E., Benamrane N., "Approche de Sélection Automatique d'un Détecteur de Contours : Etude et Evaluation de Performances". Mémoire de Magister, USTO, Oran, Algérie Juillet (1999).
- [26]- Khelifi S., Boudihir M.E., Benamrane N., "Approche d'Evaluation et de Sélection d'un Algorithme de Détection de Contours", Conférence Nationale sur l'Imagerie et la Transmission SIT'99, CDTA, Alger, Déc. (1999), Algérie.
- [27]- Khelifi S., Boudihir M.E., Benamrane N., "Système d'aide à la sélection d'un détecteur de contours: Etude et évaluation de performances", 3^{ème} Séminaire National en Informatique de Biskra, pp. 205-218, SNIB'2000, Biskra, Algérie, Mai (2000). □