

Segmentation Région-Contour des Contours des Lèvres

Christian Bouvier

Gipsa-lab
Institut Polytechnique de Grenoble

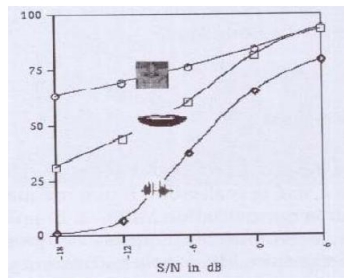
LVSN
Université Laval

2 Février 2010



Lèvres et parole

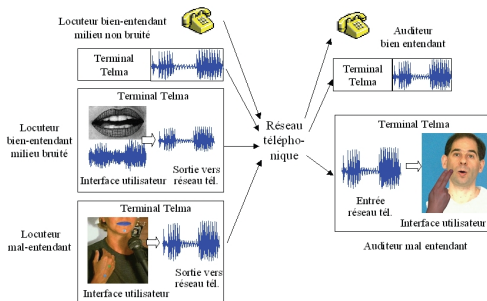
- La zone de la bouche est liée à la communication et aux émotions.
- Aspect bimodale de la parole : L'information visuelle contribue à la compréhension de la parole.



(Le Goff, 1995)

Applications de l'analyse labiale

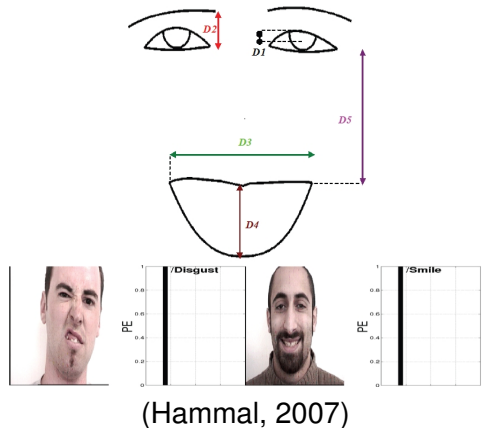
- Reconnaissance automatique de la parole
- Animation d'avatars



Projet Telma (Beautemps, 2007)

Applications de l'analyse labiale

- Reconnaissance automatique de la parole
- Animation d'avatars
- Reconnaissance d'émotions
- Biométrie

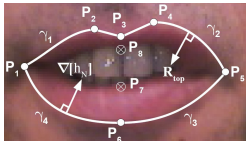


Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Méthodes de modélisation des lèvres

- Modèles paramétriques
 - "+" : Robuste.
 - "-" : Moins flexible.



(Eveno, 2004)

(Stillitano, 2008)

Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 **Études préliminaires**
 - Séparation peau/lèvres : Modalité visible
 - Séparation peau/lèvres : Modalité infrarouge
 - Gradients multi-échelles
- 3 Modélisation de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 **Études préliminaires**
 - **Séparation peau/lèvres : Modalité visible**
 - Séparation peau/lèvres : Modalité infrarouge
 - Gradients multi-échelles
- 3 Modélisation de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Algorithme allongement/décorrélation

- L'algorithme allongement-décorrélation permet d'accentuer les différences entre les canaux des images produites par des systèmes multi-spectraux.

Algorithme allongement-décorrélation



Image d'entrée (*RGB*)



Image traitée (*RGB*)

Séparation peau/lèvres : Modalité infrarouge

Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
 - Séparation peau/lèvres : Modalité visible
 - Séparation peau/lèvres : Modalité infrarouge
 - Gradients multi-échelles
- 3 Modélisation de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Séparation peau/lèvres : Modalité infrarouge

Système d'acquisition IR

- Caméra FLIR Phoenix® avec capteur InSb refroidi opérant dans la bande 3-5 μ m.

FLIR Phoenix®



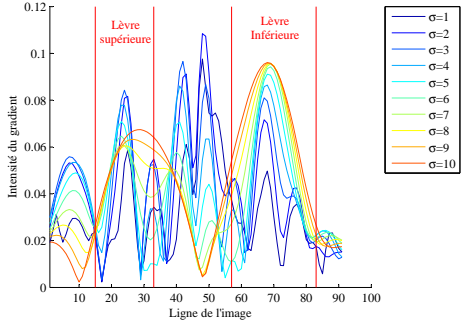
- Contraste thermique fort dans la bande 3-5 μ m.
- Le capteur InSb refroidi est très sensible.
- Capteur de résolution 512x640.
- Capteur très rapide.

Gradients multi-échelles

Gradients γ -normalisés



Intensité du gradient le long de la coupe centrale de l'image de bouche pour des valeur de σ ($t-\sigma^2$) de 1 à 10



Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche**
 - Localisation de la bouche
 - État de la bouche
 - Segmentation du contour externe de la bouche
 - Segmentation du contour interne de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Localisation de la bouche

Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche**
 - Localisation de la bouche
 - État de la bouche
 - Segmentation du contour externe de la bouche
 - Segmentation du contour interne de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Détection du visage

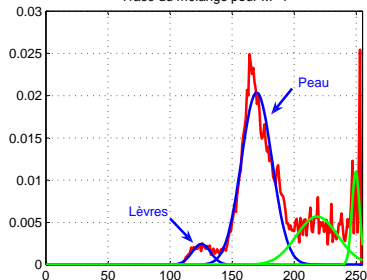
- Méthode itérative d'estimation du mélange de gaussiennes de la teinte \hat{U} par l'algorithme *EM*.

$$f(\hat{u}) = \sum_{i=1}^M w_i G_i(\hat{u})$$

 \hat{U} 

Masque

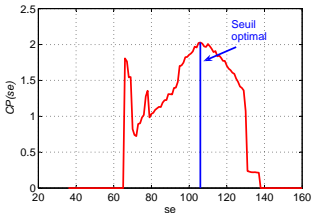
Tracé du mélange pour M=4



Localisation de la bouche

Détection du masque des lèvres

- Recherche du seuil optimal :



Masque des lèvres optimal

Localisation de la bouche

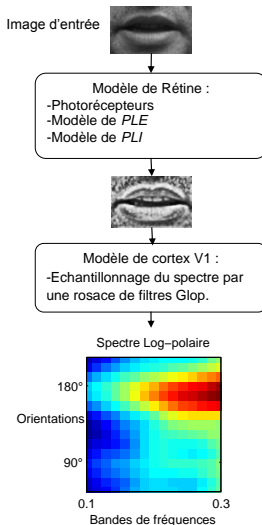
Exemple de segmentation du masque des lèvres



Sommaire

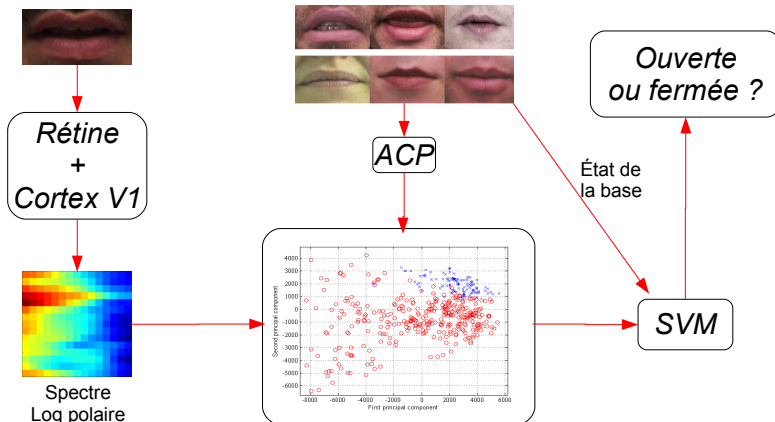
- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche**
 - Localisation de la bouche
 - **État de la bouche**
 - Segmentation du contour externe de la bouche
 - Segmentation du contour interne de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Modèle du SVH



État de la bouche

Classification des images de bouche



Résultats expérimentaux

- 230 images de bouches fermées et 670 images de bouches ouvertes provenant de 20 sujets.

Apprentissage global 98.2% de classification correcte		Résultats de classification	
		ouvert	fermé
Vérité terrain	ouvert	664	6
	fermé	5	225

Test du "leave-one-out" 96.4% de classification correcte		Résultats de classification	
		ouvert	fermé
Vérité terrain	ouvert	646	24
	fermé	8	222

Résultats expérimentaux : Validation

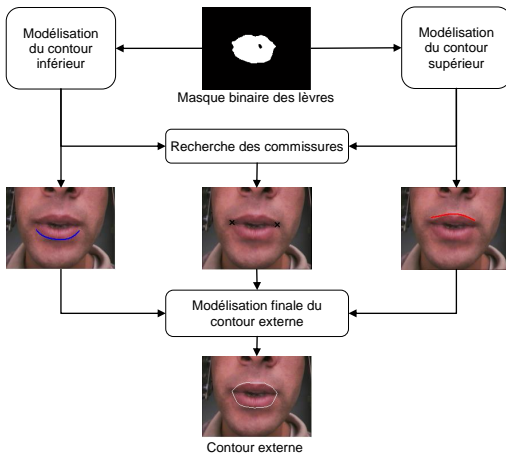
- 473 images de bouches fermées et 507 images de bouches ouvertes provenant de 120 sujets de la base AR.

Images de la base AR 98.5% de classification correcte		Résultats de classification	
		ouvert	fermé
Vérité terrain	ouvert	503	4
	fermé	10	463

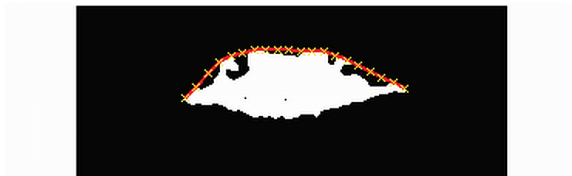
Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche**
 - Localisation de la bouche
 - État de la bouche
 - Segmentation du contour externe de la bouche**
 - Segmentation du contour interne de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Méthodologie



Modélisation du contour externe supérieur



- Courbe polynomiale de degré d_{sup} .
- Optimisation du degré d_{sup} de la courbe polynomiale.
- Maximisation des flux des gradients γ -normalisés de \hat{U} pour les $N_{echelle}$.

$$FL = \sum_{\sigma=1}^{N_{echelle}} \int_{C_{sup}} \nabla_{norm} \hat{U}(x, y, \sigma) dn$$

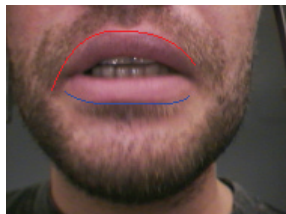
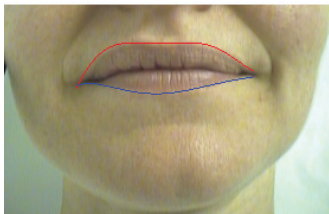
Segmentation du contour externe de la bouche

Modélisation du contour externe supérieur



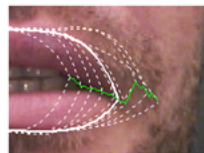
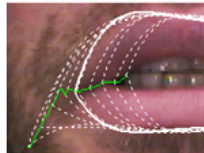
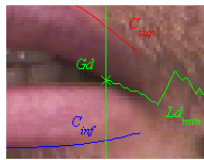
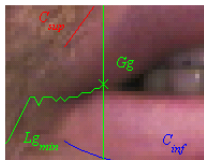
Optimisation des contours externes

- On applique une procédure analogue pour optimiser le contour externe inférieur.



Recherche des commissures externes

- Hypothèse : Les commissures sont se trouvent sur des lignes de minimum de luminance initialisées aux extrémités de la bouche.



Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche**
 - Localisation de la bouche
 - État de la bouche
 - Segmentation du contour externe de la bouche
 - Segmentation du contour interne de la bouche**
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Cas des bouches ouvertes

- 2 Contours à modéliser.
- Principe : Recherche du masque binaire de la zone interne de la bouche.
- Segmentation Région-Contour basée sur les grandeurs R , Cr et \hat{U} décorréliées.



RGB



R_{decorr}



Cr_{decorr}

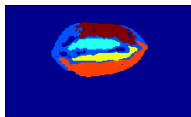


\hat{U}_{decorr}

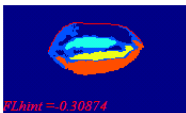
$$F_{int} = \sum_{\sigma=1}^{N_{echelle}} \int_{C_{int}} [\nabla_{norm} \hat{U}(x, y, \sigma) - \nabla_{norm} R(x, y, \sigma) - \nabla_{norm} Cr(x, y, \sigma)] dn$$

Bouches ouvertes : Recherche du masque

- Segmentation de la région bouche par K-moyennes basée sur R , Cr et \hat{U} décorréliées.
- Éliminer les sous-régions périphériques correspondant aux lèvres.



- Contour interne supérieur.



$FL_{hint} = -0.30874$



$FL_{hint} = 0.18889$

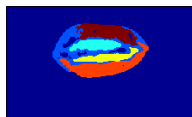


$FL_{hint} = -0.19981$

Segmentation du contour interne de la bouche

Bouches ouvertes : Recherche du masque

- Segmentation de la région bouche par K-moyennes basée sur R , Cr et \hat{U} décorréliées.
- Éliminer les sous-régions périphériques correspondant aux lèvres.



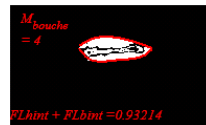
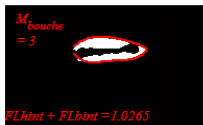
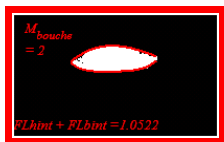
- Masque des zones internes de la bouche.



Segmentation du contour interne de la bouche

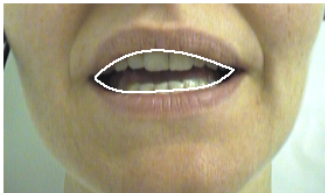
Bouches ouvertes : Recherche du masque

- On initialise M_{bouche} à 2.
- On incrémente M_{bouche} tant que $FL_{hint} + FL_{bint}$ augmente.



Bouches ouvertes : Contour interne final

- Optimisation de C_{hint} et C_{bint} de analogue à C_{sup} et C_{inf} .
- Recherche des commissures internes analogue au cas externe.

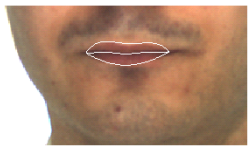
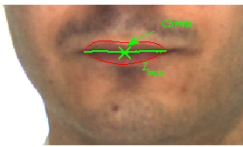


Exemple de contour interne final

Segmentation du contour interne de la bouche

Bouches Fermées : Contour interne

- L_{min} chaine les pixels sombres de la bouche entre les 2 commissures externes.
- Le contour interne est modélisé pour une courbe cubique.

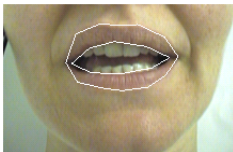


Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche
- 4 Évaluation**
 - Évaluation quantitative
 - Évaluation subjective
 - Discussion
- 5 Conclusion et perspectives

Base d'images

- Série 1 : 6 séquences de 25 images de 6 sujets.
- Série 2 : 100 images d'un même locuteur.
- Série 3 : 8 séquences de 25 images de 5 sujets.
- Série 4 : 507 images de 125 sujets différents de la base AR (Martinez, 1998).



Annotation manuelle
(Série 1,2,3)



Annotation semi-automatique
(Série 4)

Évaluation basée sur une aire relative

- Aire σ entre le contour de la vérité-terrain et le contour donné par notre algorithme normalisé par l'aire totale définie par le contour de la vérité-terrain.



Vérité-terrain



Contour segmenté



$$\sigma_{ext} = 0.096$$

Évaluation basée sur une aire relative

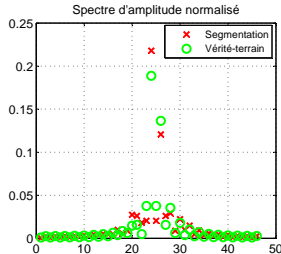
- Nous avons calculé les moyennes $\bar{\sigma}_{ext}$ et $\bar{\sigma}_{int}$ pour le cas du contour externe et interne de la bouche sur les 450 images de notre base et les 507 images de la base AR.

$\bar{\sigma}_{ext}$ séries 1,2,3	10.2 ± 5 %
$\bar{\sigma}_{ext}$ séries 4	8.5 ± 6.5 %

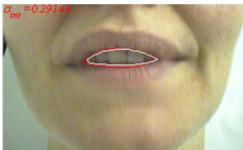
$\bar{\sigma}_{int}$ séries 1,2,3	23 ± 9 %
$\bar{\sigma}_{int}$ séries 4	17.2 ± 12.5 %

Évaluation basée sur les descripteurs de Fourier

- 3 critères pour comparer 2 contours :
 - Erreur en pixel $|Cv_{t_0} - Cs_0|$.
 - Erreur en pixel $|Cv_{t_1} - Cs_1|$.
 - Calcul de la corrélation entre les spectres d'amplitude normalisés des 2 contours.



Évaluation basée sur les descripteurs de Fourier



$$\sigma_{int} = 0.29$$

$ Cv_{t_0} - Cs_0 $	2.1
$ Cv_{t_1} - Cs_1 $	2.14
Corrélación	0.99



$$\sigma_{int} = 0.17$$

$ Cv_{t_0} - Cs_0 $	3.37
$ Cv_{t_1} - Cs_1 $	4.67
Corrélación	0.78

Évaluation basée sur les descripteurs de Fourier

- Évaluation pour les séries 4

Contour externe	
$ Cvt_0 - Cs_0 $	2.7 ± 2.1
$ Cvt_1 - Cs_1 $	1.1 ± 1.2
Corrélation moyenne	0.98 ± 0.026
Contour interne	
$ Cvt_0 - Cs_0 $	2.8 ± 2.53
$ Cvt_1 - Cs_1 $	2.9 ± 2.3
Corrélation moyenne	0.97 ± 0.036

Exemples de segmentation



Évaluation subjective

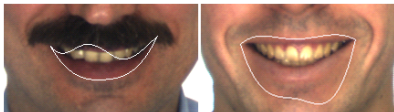
Exemples de segmentation



Discussion

Cas limites

- Échec de la segmentation du contour externe.



- Échec de la segmentation du contour interne.



Sommaire

- 1 État de l'art et objectifs
- 2 Études préliminaires
- 3 Modélisation de la bouche
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion et perspectives

Questions ?

