

# Un système de vision pour l'interprétation des clichés moiré rachidiens

## THÈSE

présentée le 31 Mars 1993

Pour l'obtention du

**Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine**  
(Spécialité Informatique)

par

**Mohamed Batouche**

Composition du jury :

*Président :* Roger Mohr

*Rapporteurs :* Serge Castan  
Gérard Giraudon  
Jean-Claude Paul

*Examineurs :* Pierre Leduc  
Karl Tombre

## Résumé

Les déformations du dos peuvent s'aggraver rapidement lors des poussées de croissance. A l'adolescence, il est utile de reconnaître les déformations discrètes susceptibles de s'aggraver afin de les traiter à temps. L'imagerie moiré est simple, peu coûteuse, non agressive et détecte bien les gibbosités. Un outil informatique d'interprétation aiderait à l'utiliser pour le dépistage de masse.

Dans cette thèse, nous présentons un système de vision pour l'analyse et l'interprétation des clichés moiré rachidiens. Pour réaliser ce système, notre approche consiste tout d'abord à extraire les lignes significatives de l'image correspondant aux frontières entre les franges de moiré. Vient ensuite l'étape de reconstruction du relief du dos, qui s'appuie sur la connaissance *a priori* disponible sur ce type d'images. Pour cela, il faut localiser des éléments remarquables tels que : sommets des omoplates, creux lombaire et ligne des épineuses. Ces indices servent de base pour l'étape de reconstruction du relief du dos proprement dite, en vue de l'interprétation et du diagnostic.

L'originalité de notre approche réside dans le fait que nous avons utilisé la connaissance *a priori* et la relation de parallélisme pour reconstruire le relief des images de moiré par propagation de contraintes en présence de franges bruitées. Nous avons également proposé une méthode de fermeture de contours bien adaptée aux images de moiré. En plus, les méthodes utilisées sont très générales et peuvent être réutilisées dans beaucoup d'autres systèmes similaires.

**Mots clés :** Reconstruction 3D, Diagnostic médical, Imagerie moiré, Fermeture de contours, Détection de contours, Scolioses, Relaxation discrète, Interprétation d'images, Vision par ordinateur.

## Abstract

For young people, spinal deformations are an evolving process which must be detected and treated as early as possible. The moiré technique is quite simple, not expensive, not aggressive and especially convenient to detect spinal rotations. Therefore, a computer vision system for recognition of spinal deformations would be very useful for mass tracking down.

In this thesis, we present a computer vision system for diagnosing spinal deformations. To realize this computer system, our approach consist in extracting contours from moiré image, then we localize some relevant elements, and reconstruct the 3-D image of human back, and finally we have the interpretation and diagnostic stages which use all these features.

The originality of our approach is that we have used a priori knowledge and the parallelism relationships to reconstruct the human back by constraints propagation from noisy images. We have also presented a method for edge closing well suited with moiré images. In addition, The methods used are general methods which can be used in many similar systems.

**Keywords:** 3D Reconstruction, Medical Diagnosis, Moiré Technique, Contours Closing, Edges Detection, Scoliosis, Discrete Relaxation, Image Interpretation, Computer Vision.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
1.1	Motivations et problématique . . . . .	5
1.2	De l'image au diagnostic . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Systèmes d'acquisition de données 3D</b>	<b>11</b>
2.1	Systèmes actifs . . . . .	12
2.1.1	Télémétrie . . . . .	12
2.1.2	Capteurs à lumière structurée . . . . .	14
2.1.3	Méthodes de moiré . . . . .	18
2.2	Systèmes passifs . . . . .	19
2.2.1	Stéréovision . . . . .	19
2.2.2	Techniques <i>shape from X</i> . . . . .	21
2.3	La topographie moiré . . . . .	22
2.4	Conclusion . . . . .	31
<b>3</b>	<b>Segmentation des images à niveaux de gris</b>	<b>33</b>
3.1	Extraction des indices visuels . . . . .	33
3.1.1	Détection de contours . . . . .	34
3.1.2	Détection de régions homogènes . . . . .	47
3.2	Segmentation des images de moiré . . . . .	50
3.2.1	Détection et localisation des franges de moiré . . . . .	52
<b>4</b>	<b>Groupement des indices visuels</b>	<b>55</b>
4.1	Chaînage des points de contours . . . . .	56
4.2	Approximation polygonale des chaînes de contours . . . . .	59
4.2.1	Approximation polygonale par divisions récursives . . . . .	60

4.2.2	Algorithme de Wall et Danielsson . . . . .	61
4.2.3	Méthode d'approximation retenue . . . . .	62
4.3	Groupements perceptuels . . . . .	63
4.4	Fermeture des contours des franges de moiré . . . . .	65
4.4.1	Relations entre chaînes . . . . .	66
4.4.2	Construction des relations de voisinage . . . . .	69
4.4.3	Fusion de chaînes . . . . .	70
4.4.4	Méthode générale de fusion de chaînes . . . . .	72
<b>5</b>	<b>Optimisation et propagation des contraintes</b>	<b>75</b>
5.1	Méthodes de résolution des problèmes de satisfaction de contraintes	76
5.1.1	Recherches arborescentes . . . . .	77
5.1.2	Relaxation . . . . .	78
5.1.3	Discussion . . . . .	84
5.2	Méthodes d'analyse de segmentations ambiguës . . . . .	85
5.2.1	Position du problème . . . . .	85
5.2.2	Réduction d'ambiguïté par des méthodes de recherches arborescentes . . . . .	86
5.2.3	Réduction d'ambiguïté par relaxation . . . . .	91
<b>6</b>	<b>Interprétation et diagnostic</b>	<b>103</b>
6.1	Introduction . . . . .	103
6.2	L'expertise . . . . .	104
6.3	Diagnostic . . . . .	111
6.3.1	Le calcul des différences de profondeur . . . . .	111
6.3.2	Dépistage d'une mauvaise position . . . . .	115
6.3.3	Le diagnostic des gibbosités . . . . .	116
6.3.4	Le diagnostic de la scoliose et des déformations dans le plan sagittal . . . . .	124
6.3.5	Le système à base de connaissances . . . . .	125
<b>7</b>	<b>Résultats expérimentaux et évaluations</b>	<b>129</b>
7.1	Description globale du système de vision . . . . .	129
7.1.1	Extraction des indices visuels . . . . .	131
7.1.2	Localisation des éléments remarquables . . . . .	132

<i>Table des matières</i>	3
7.1.3 Reconstruction du relief du dos humain . . . . .	137
7.1.4 Diagnostic et interprétation . . . . .	138
<b>8 Conclusion Générale</b>	<b>141</b>
8.1 Améliorations . . . . .	142
8.2 Perspectives . . . . .	143
<b>Bibliographie</b>	<b>145</b>