

**THÈSE**

pour obtenir le grade de  
DOCTEUR  
en  
INFORMATIQUE

présentée et soutenue publiquement par

**David SARRUT**

le 25 JANVIER 2000

**Recalage multimodal et  
plate-forme d'imagerie médicale à  
accès distant**

préparée au sein du laboratoire ERIC  
sous la direction de  
Serge Miguet

**COMPOSITION DU JURY**

Mme.	Jocelyne Troccaz	Rapporteur	(Directeur de Recherche CNRS)
M.	Christian Roux	Rapporteur	(Professeur)
Mme.	Isabelle Magnin	Examineur	(Directeur de Recherche INSERM)
M.	Ehoud Ahronovitz	Examineur	(Maître de conférences)
M.	Bernard Tourancheau	Examineur	(Professeur)
M.	Serge Miguet	Directeur de thèse	(Professeur)

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>I Recalage d'images. Application au positionnement de patient</b>	<b>5</b>
<b>1 Recalage d'images</b>	<b>7</b>
1.1 Domaines d'application . . . . .	8
1.2 Classification des techniques de recalage . . . . .	10
1.3 Les méthodes iconiques . . . . .	20
1.4 Conclusion . . . . .	22
<b>2 Mesures de similarité</b>	<b>23</b>
2.1 Principes de base . . . . .	24
2.2 Classification des mesures . . . . .	28
2.3 Expérimentations . . . . .	42
2.4 Conclusion . . . . .	57
<b>3 Interpolations</b>	<b>61</b>
3.1 Introduction . . . . .	62
3.2 Étude de procédures d'interpolation . . . . .	64
3.3 Autres procédures d'interpolation . . . . .	69
3.4 Expérimentations . . . . .	72
3.5 Conclusion . . . . .	82
<b>4 Transformations géométriques d'images</b>	<b>83</b>
4.1 Transformations d'images . . . . .	84
4.2 Principe de la nouvelle méthode . . . . .	86
4.3 Modèle d'exécution de l'algorithme . . . . .	90
4.4 Expérimentations . . . . .	93
4.5 Discussion et conclusion . . . . .	96
<b>5 Positionnement de patients</b>	<b>97</b>
5.1 Description de la problématique . . . . .	98
5.2 Travaux préalables . . . . .	99
5.3 Principe . . . . .	101
5.4 Justification géométrique . . . . .	105
5.5 Évaluations expérimentales . . . . .	109

5.6	Conclusion . . . . .	120
<b>II</b>	<b>Santé et calculs haute-performance</b>	<b>121</b>
<b>6</b>	<b>ARAMIS : une plate-forme d'imagerie médicale à accès distant</b>	<b>123</b>
6.1	Contexte . . . . .	124
6.2	Principes généraux . . . . .	127
6.3	Coeur du système . . . . .	134
6.4	Conclusion . . . . .	136
<b>7</b>	<b>Approche surface</b>	<b>137</b>
7.1	Extraction de surface triangulée . . . . .	138
7.2	Détermination de la relation d'adjacence . . . . .	140
7.3	Complexité et tests expérimentaux . . . . .	145
7.4	Conclusion . . . . .	149
	<b>Conclusion générale</b>	<b>151</b>
<b>III</b>	<b>Annexes</b>	<b>167</b>
<b>A</b>	<b>Transformations affines et modèle sténopé</b>	<b>169</b>
A.1	Matrices des transformations affines . . . . .	169
A.2	Modèle sténopé . . . . .	170
<b>B</b>	<b>Modalités d'acquisition d'images médicales</b>	<b>173</b>
B.1	Modalités d'acquisition . . . . .	173
B.2	Nomenclature des données . . . . .	175
<b>C</b>	<b>Index des auteurs cités</b>	<b>177</b>

# Résumé

Ces recherches s'insèrent dans le projet *Santé et Calculs Haute-Performance* de la région Rhône-Alpes qui vise à apporter des techniques informatiques performantes dans les environnements hospitaliers. Dans ce cadre là, nous avons étudié le recalage d'image et développé une plate-forme permettant un accès distant à des ressources de calcul.

Problématique centrale en traitement et analyse d'images médicales, le recalage multimodal consiste à mettre en correspondance un couple d'images de façon à pouvoir fusionner les informations de chacune d'elles. Les travaux présentés dans ce document étudient différents aspects de cette tâche. Tout d'abord, de nombreuses mesures de similarité sont présentées dans une classification synthétique. L'accent est mis sur les hypothèses sous-jacentes à la nature des liens entre les distributions d'intensités. Une série d'expérimentations illustre les différences entre les mesures, et les présente dans un autre cadre que le recalage, celui d'une recherche dans un ensemble d'images. Ensuite, nous proposons plusieurs procédures d'interpolation en les comparant aux méthodes usuelles du point de vue de la précision, de la rapidité et de la robustesse vis-à-vis de la stratégie d'optimisation du critère de similarité. Comme les étapes les plus coûteuses en temps de calcul sont les évaluations du critère à travers les transformations d'images (ici rigides uniquement), nous proposons ensuite un algorithme original permettant d'accélérer substantiellement le processus global.

Par la suite, ces techniques de recalage sont appliquées dans le cadre du positionnement de patient en radiothérapie conformationnelle. Nous développons une nouvelle approche permettant une évaluation précise du placement du patient grâce à une recherche par le contenu dans une série d'images pré-calculées. Les résultats obtenus sont encourageants puisque des déplacements importants, typiquement comportant des rotations hors-plan, sont correctement estimés.

Dans la deuxième partie de cette thèse, nous étudions un système permettant d'activer à distance et à partir d'un poste de travail banalisé, des calculs parallèles de traitements d'images médicales. Le prototype développé est nommé ARAMIS (*A Remote Access Medical Imaging System*) et permet de réutiliser un ensemble de bibliothèques de traitements d'images préalablement développées. Parmi les outils intégrables dans ARAMIS, nous présentons un algorithme original permettant de calculer en temps linéaire la relation d'adjacence dans une surface triangulée générée par l'algorithme des Marching-Cubes.

**Mots clés :** recalage multimodal, mesures de similarité, transformation d'images, radiothérapie conformationnelle, positionnement, plate-forme à accès distant, relation d'adjacence,