

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

LABORATOIRE d'AUTOMATIQUE et d'ANALYSE des SYSTEMES

7, avenue du Colonel Roche - 31077 TOULOUSE CEDEX
Tél : 31 33 62 00 - Téléfax : 61 55 35 77 - Telex : LAASTSE 520930F

Rapport sur le mémoire de thèse de

Monsieur Vincent RODIN

par Maurice BRIOT

Le mémoire de thèse de Vincent Robin a pour titre "Stéréovision axiale : calibrage, appariement et reconstruction tridimensionnelle. Application en coelochirurgie".

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de "vision par ordinateur André BRUEL" de l'IRIT. Il se situe dans le cadre de la vision tridimensionnelle obtenue par traitement des informations fournies par une seule caméra en mouvement de translation soit réel, soit simulé par un zoom. L'application visée avec le dispositif étudié concerne le domaine de l'endoscopie opératoire.

Le mémoire de thèse est structuré en trois grandes parties, chacune d'elles comprenant plusieurs chapitres.

La première partie, qui comprend deux chapitres expose le principe de la stéréovision axiale.

Dans le premier chapitre, l'auteur présente le modèle géométrique d'un système de stéréovision axiale et les équations de triangulation en découlant, les problèmes liés à la mise en correspondance des amers et termine par une étude bibliographique sur les principaux travaux menés dans ce domaine.

Le second chapitre traite de l'étude théorique des erreurs présentes dans ce type de système. Pour cela l'auteur s'appuie sur une rapide étude bibliographique sur ses propres résultats. Cette étude, qui est particulièrement intéressante, permet de fixer les idées sur les conditions expérimentales et sur la précision des mesures de distance.

La deuxième partie, qui comprend quatre chapitres traite du calibrage d'un système de stéréovision axiale.

Le premier chapitre présente l'état de l'art des méthodes de calibrage et le choix des procédures correspondantes.

Le deuxième chapitre traite de la mise en oeuvre de la procédure de calibrage de la caméra basée sur l'utilisation du modèle de la projection centrale. Deux cas sont envisagés : lorsque la caméra est munie d'un zoom et lorsqu'elle se déplace sur un rail de guidage. Cette étude montre qu'un système physiquement axial n'existe pratiquement pas et pour remédier à cet inconvénient l'auteur propose la mise en oeuvre d'une rectification géométrique des images (changement de repère) qui est développée dans le chapitre 3.

Une validation expérimentale des études théoriques précédentes, qui porte sur les erreurs et sur les mesures 3D dans le cas du zoom et dans le cas du déplacement du rail, est présentée dans le chapitre 4. Ce travail expérimental permet ainsi de fixer le domaine de validité de stéréovision axiale dans ces deux approches.

Enfin, la troisième partie qui comprend deux chapitres, est consacrée à la mise en correspondance des amers (chapitre 3) et à la reconstruction 3D des objets perçus (chapitre 2).

Dans le premier chapitre, après une étude bibliographique sur les méthodes de mise en correspondance, l'auteur propose un nouvel algorithme basé sur l'exploitation des profils d'intensité dans le cas d'images noir et blanc (points de fort gradient, pics et vallées). Cette méthode a été étendue au cas des images couleur en traitant chacune des composantes des systèmes R, V, B et L, T, S. Naturellement dans ce dernier cas le nombre de mise en correspondance est légèrement supérieur à ceux obtenus dans le cas d'images noir et blanc.

Le second et dernier chapitre traite tout d'abord de la possibilité de reconstruction 3D à partir de points de mesure 3D obtenus par la méthode précédente dans le cas d'images issues d'une caméra noir et blanc se déplaçant sur le rail. Cette expérimentation permet à l'auteur de valider son algorithme de mise en correspondance.

Pour terminer, l'auteur regarde la possibilité d'appliquer la stéréovision axiale au domaine de l'endoscopie opératoire.

Le travail réalisé par Vincent RODIN est particulièrement intéressant d'une part par son étude théorique des erreurs et le calibrage d'un système de stéréovision axiale et d'autre part par son algorithme original de mise en correspondance. Toutefois, sur ce dernier point un travail complémentaire sur le choix du nombre de lignes de profil épipolaires à prendre en compte pour une reconstruction 3D reste à faire.

Je tiens à souligner tout l'intérêt d'une telle recherche finalisée intégrant des aspects pratiques et théoriques.

Compte-tenu de la qualité et de l'importance du travail ainsi que de la clarté du mémoire qui met en valeur l'aspect conceptuel, je donne un avis très favorable pour que ce mémoire puisse être présenté par Vincent RODIN en vue de l'obtention du doctorat de l'INPT (spécialité : Informatique).

Toulouse, le 20 septembre 1993



Maurice BRIOT

Professeur à l'Université Paul Sabatier



Rapport sur la thèse

**Stéréovision axiale:
Calibrage, Appariement et Reconstruction Tridimensionnelle.
Application en coelochirurgie**

Candidat : M. RODIN Vincent
Thèse présentée en vue d'obtenir le Titre de
Docteur de l'Institut National Polytechnique de Toulouse

date de soutenance prévue : 8. octobre 1993

1. Sujet

M. Rodin travaille sur un sujet d'un grand intérêt aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan de l'application pratique. L'acquisition et le traitement de l'image numérique en 3D connaît une grande activité depuis quelque temps. L'information supplémentaire fournie par la description tridimensionnelle comparée à une image 2D ouvre toute une gamme de nouvelles possibilités pour la reconnaissance de la forme et pour la modélisation des scènes. En ce qui concerne les applications industrielles et médicales, l'image 3D est primordiale pour la navigation autonome, la mesure des volumes et des formes libres et le prototypage rapide.

La stéréovision axiale est une approche particulièrement intéressante qui n'a pas encore connue jusqu'à ce jour des applications pratiques, contrairement à la stéréovision binoculaire passive et aux systèmes actifs comme les systèmes de projection de franges. Ceci est d'autant plus surprenant que la stéréovision axiale présente, à première vue, des avantages certains grâce à la simplicité de son système optique passif et monoculaire.

M. Rodin a bien fait de s'attaquer à ce sujet en vue de mieux comprendre la stéréovision axiale, de décrire ses avantages et limites et d'établir des règles pour l'application industrielle et médicale.

2. Approche et structure

M. Rodin présente une thèse particulièrement bien structurée en suivant une approche logique et conséquente:



1. la stéréovision axiale
 - > modélisation théorique générale
 - > différences entre les modèles idéalisés et réels
 - > méthodes pour pallier ces différences
 - > expérimentation pratique pour prouver les règles établies
2. les problèmes et les solutions pour l'appariement automatique des paires d'images de stéréo axiale
3. la reconstruction 3D dans les applications pratiques, surtout médicales

Cette structure logique, claire et l'usage de nombreux graphiques rendent particulièrement agréable et intéressante une lecture même rapide de la thèse.

3. Niveau scientifique et conséquences pour la pratique

Le rapporteur a hautement apprécié la balance entre niveau et profondeur du traitement scientifique/théorique et la discussion des règles et conséquences pratiques qui en résultent.

La discussion de la littérature existante est claire; les défauts de certaines approches existantes sont bien mises en évidence. Le modèle élaboré par M. Rodin d'un système de stéréovision générale ainsi que son approche pour traiter les systèmes "presque" axiaux sont intelligents et convaincants.

Le chapitre sur l'appariement des images stéréo est intéressant et produit des algorithmes de filtrages et de corrélation claires. La reconstruction 3D décrite dans le dernier chapitre est une preuve du bien fondé et de la nouvelle théorie de la stéréovision axiale et des nouveaux algorithmes d'appariement.

Conclusion

La thèse de M. Rodin traite un sujet bien choisi et d'un grand intérêt scientifique et pratique. La thèse est particulièrement bien structurée; la matière est couverte d'une façon très complète. Les résultats théoriques et pratiques sont convaincants et constituent une base excellente pour le développement concret de systèmes industriels et médicaux de stéréovision axiale. La thèse et le travail de M. Rodin méritent une mention " excellent ".

Prof. Dr. Ing. Robert Massen
Directeur
Centre de Transfert de Constance
Traitement de l'Image

Constance, le 23.8.1993

THESE DE DOCTORAT DE L'I.N.P.T.

présentée par Monsieur Vincent RODIN

RAPPORT DE SOUTENANCE

dans lequel le jury s'attachera à donner le maximum d'appréciations, entre autres, sur les points suivants :

- Durée des recherches (dans le temps)
- Densité de recherche (productions scientifiques)

Le candidat a fait un exposé succinct et précis de son travail. Il a su mettre en valeur son apport personnel, faisant preuve de qualités pédagogiques certaines. Il a répondu aux nombreuses questions du jury montrant ainsi sa parfaite maîtrise du domaine.

Ses trois années de thèse lui ont permis d'effectuer quatre communications dans des congrès internationaux et nationaux avec comité de lecture.

C'est à l'unanimité que le jury lui décerne le grade de Docteur de l'I.N.P.T. avec la mention TRES HONORABLE.



R. Masseu



Jeanes L. CROWLEY



S. CASTAN



J.T. LAPRESTÉ



M. BRIOT



A. AYHEUR



J. BURON

Compte-tenu du caractère qui doit être exceptionnel pour leur attribution, les mentions "Très Honorable avec Félicitations" et "Honorable" font impérativement l'objet d'un vote à bulletin secret consigné dans le procès-verbal de soutenance.

Si un membre du jury de thèse devait s'opposer à l'une ou l'autre des mentions, "Honorable" ou "Très Honorable avec Félicitations" la mention "Très Honorable" sera retenue dans les deux cas, étant bien entendu que l'abstention ne veut pas dire opposition.