



Asservissement visuel à partir de droites et auto-étalonnage pince-caméra

Nicolas Andreff

Thèse réalisée dans les équipes BIP et MOVI
des laboratoires INRIA Rhône-Alpes et GRAVIR-
IMAG

sous la direction de Bernard Espiau et Radu Horaud



L'équipe BIP

L'équipe MOVI

- Roger Mohr
- Patrick Gros, Long Quan, Bill Triggs, Peter Sturm, Cordelia Schmidt, Edmond Boyer
- Danièle Herzog
- Mais aussi des “p'tits jeunes”
 - Gabriella Csurka, Sylvaine Picard et Andreas Ruf, mes co-bureaux
 - Bart Lamiroy, Stéphane Christy, Jérôme Blanc, les cadres
 - David Demirdjian, Adrien Bartoli, Frédérick Martin, les vraiment p'tits jeunes
- Et bien sûr, Radu !

Quelle belle histoire pour aujourd'hui ?

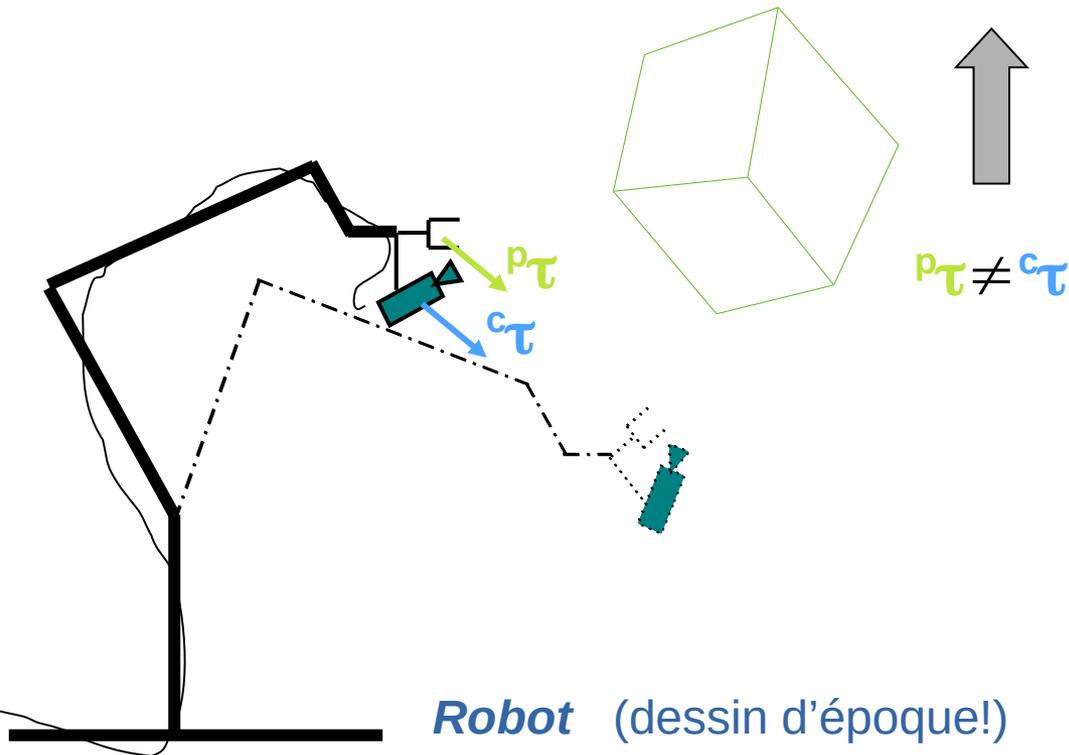
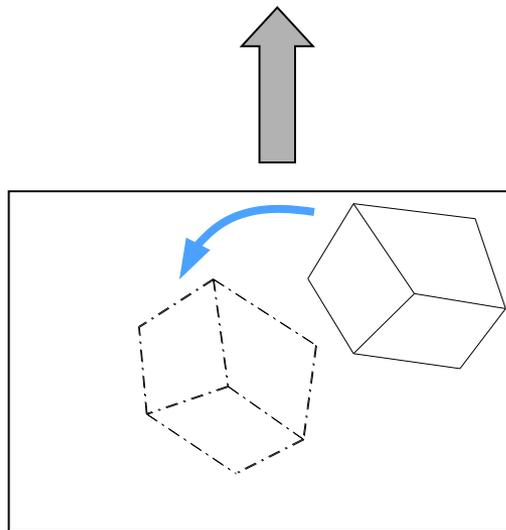
- Avant tout, trouver un fil rouge...
- ... permettant de répondre à la problématique posée :
Qu'ai-je appris dans ma thèse qui ait influencé ma carrière ?
- ... en cohérence avec l'état de l'art
- ... de manière à bien mettre en évidence ses contributions



Des boucles que l'on ferme : robotique, vision, géométrie

Asservissement visuel à partir de droites

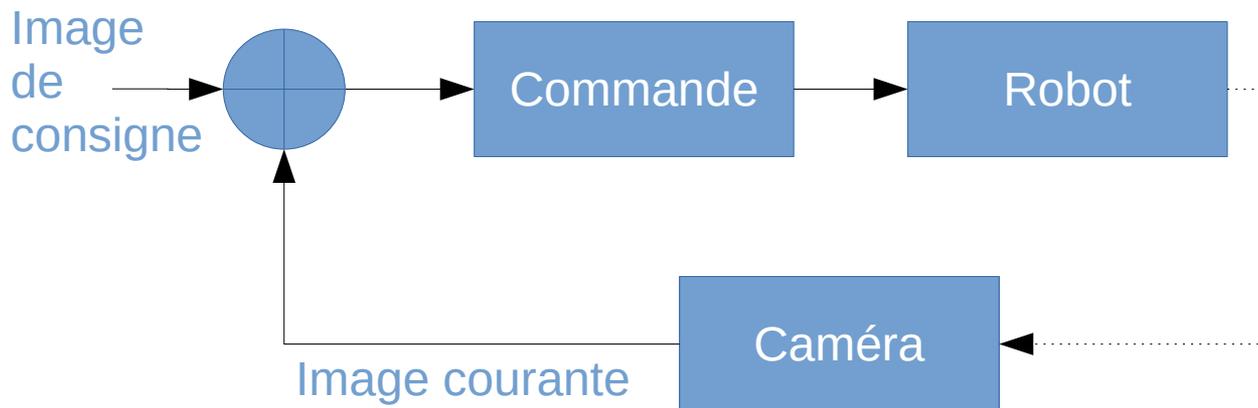
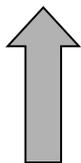
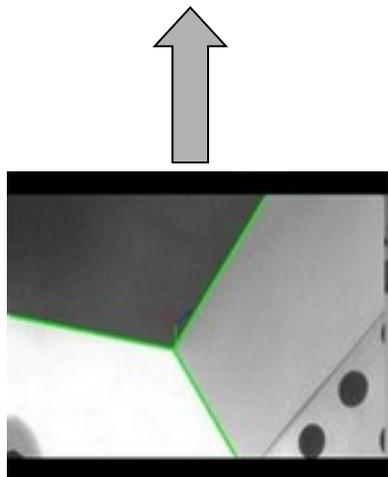
Auto-étalonnage pince-caméra



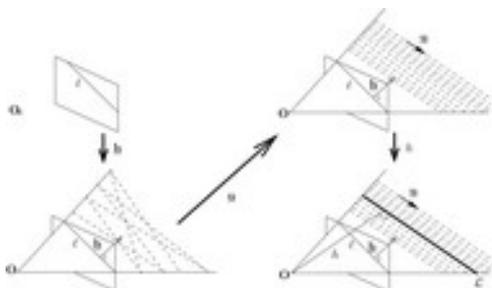
Système de *vision*
(250x250 pix!)

Robot (dessin d'époque!)

Asservissement visuel à partir de droites

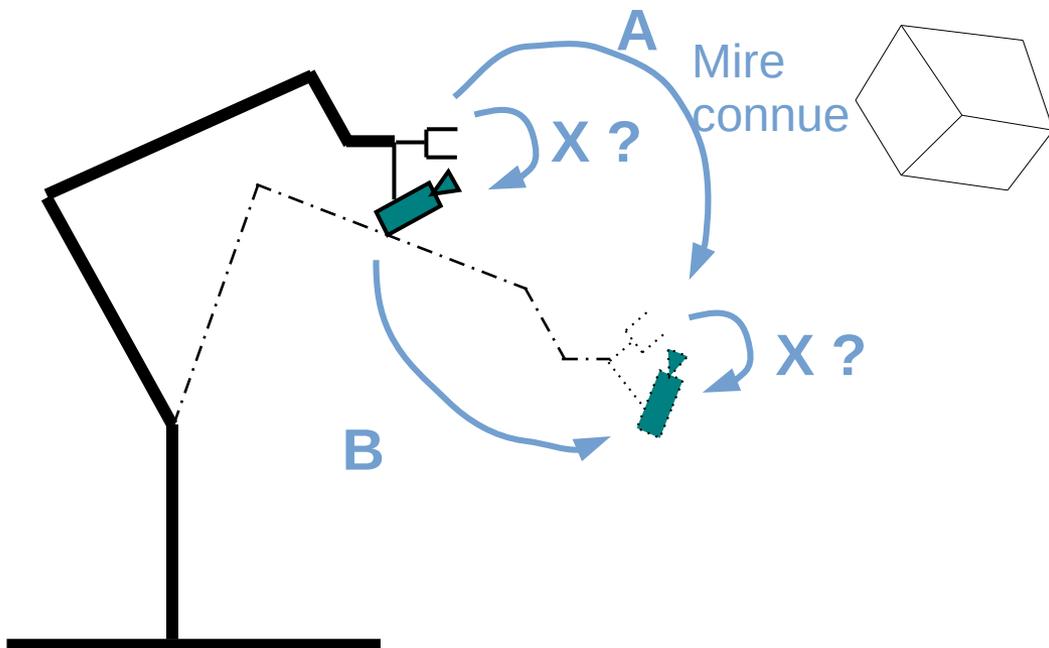


Commande en **boucle fermée**



Géométrie projective des droites

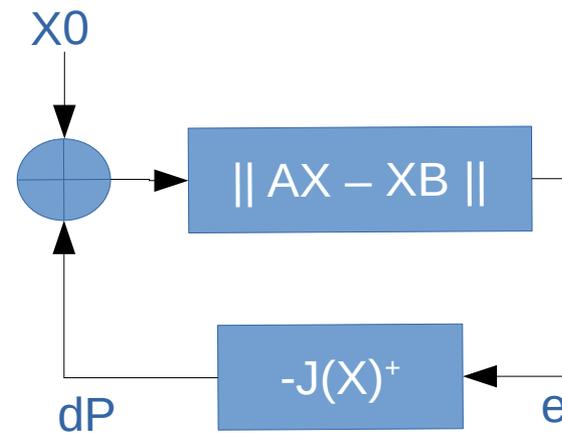
Étalonnage pince-caméra



Contrainte géométrique
 $AX=XB$

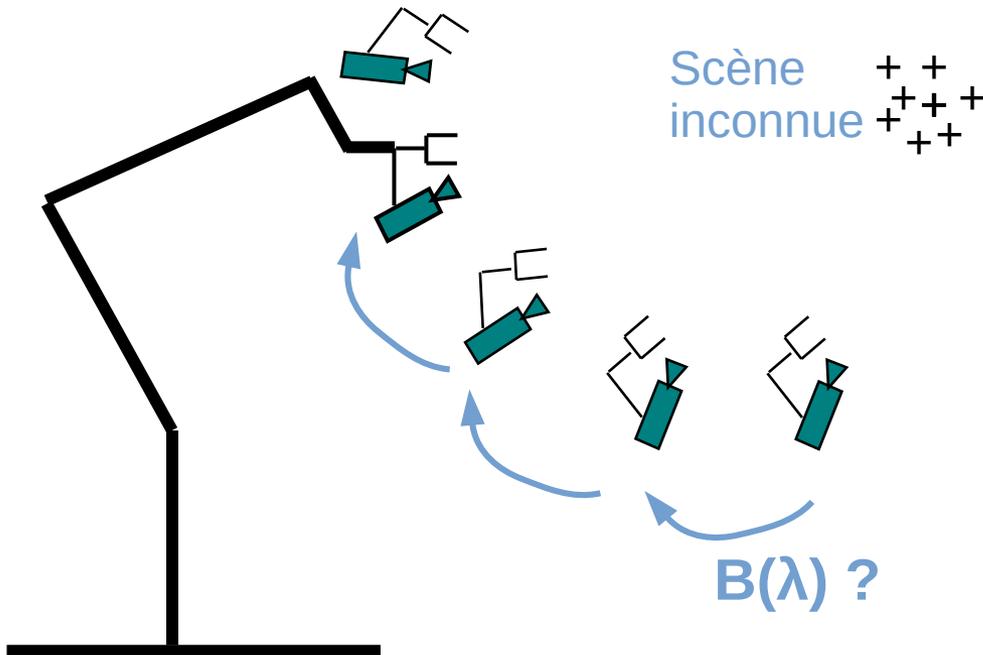
OpenCV : méthode HORAUD
Modélisation des rotations par quaternions
B obtenue par estimation de pose

Optimisation non linéaire



Résolution en *boucle fermée*

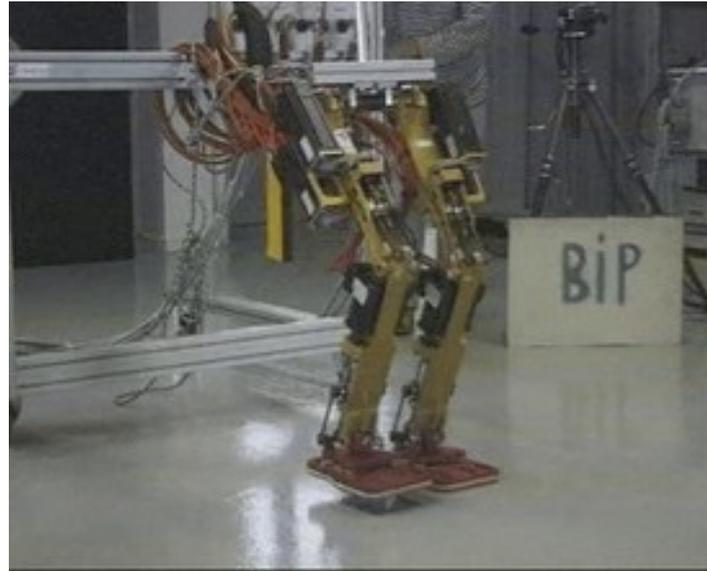
Auto-étalonnage pince-caméra



Contrainte géométrique
 $AX=XB(\lambda)$

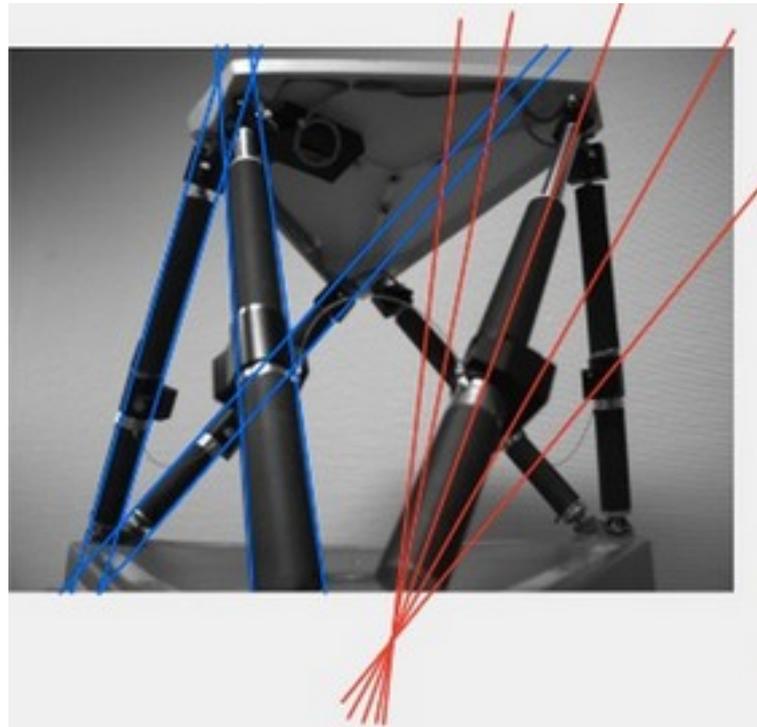
**$B(\lambda)$ obtenues par
reconstruction par le
mouvement**
(Thèse S. Christy)

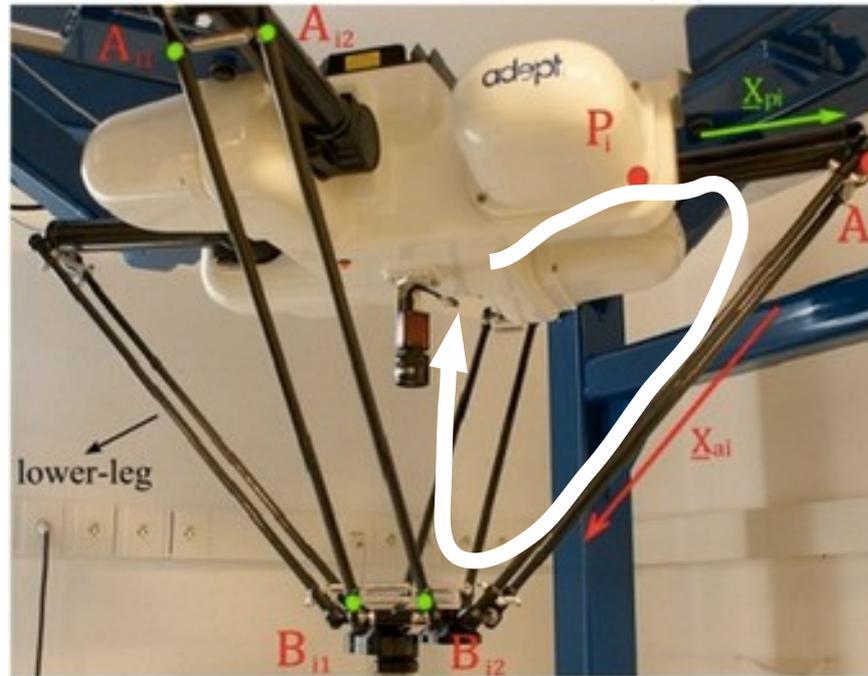
Stay Around A Little Longer



Vad hände sen i rum nummer fem ?

- Maître de Conférences à l'Institut Français de Mécanique Avancée
- Travaux au LaRAMA + LASMEA avec Philippe Martinet et al.
- Étalonnage de robots à cinématique parallèle





Loop-closure equation
Contrainte (géométrique) de fermeture de boucle !

I've Got my Mojo Working

Contrainte (géométrique) de fermeture de boucle



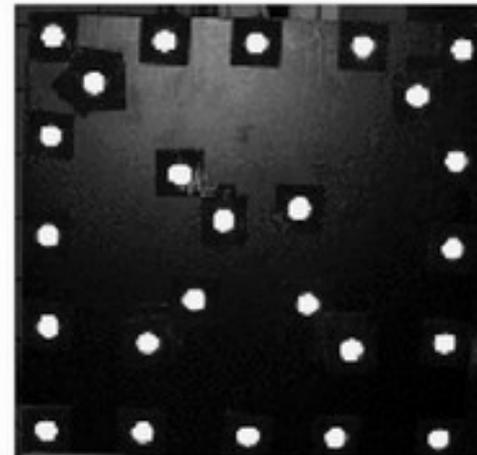
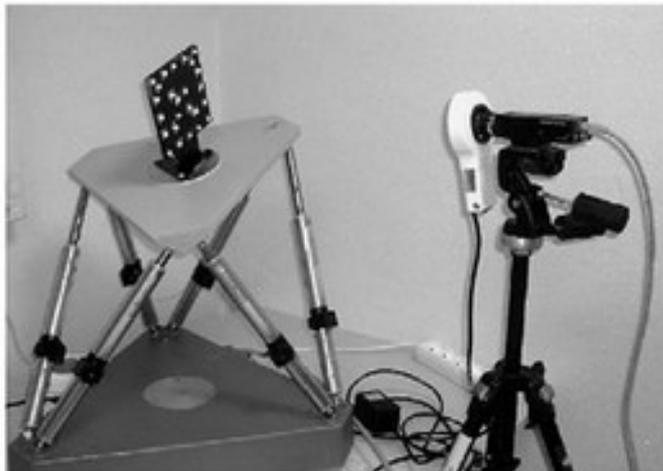
Étalonnage de robots parallèles par observation d'une mire

$$MGImpl({}^c T_m, \vec{q}, \vec{p}) = 0$$

Mesurée par **vision**
 (estimation de pose
 + mire avec birapport)

Paramètres géométriques ?
 Codeurs du **robot**

Résolution par une **boucle** d'optimisation non-linéaire



Guess What

Contrainte (géométrique) de fermeture de boucle



Étalonnage de robots parallèles par observation des jambes

Exploitation des invariants mécaniques
Exploitation des boucles cinématiques internes

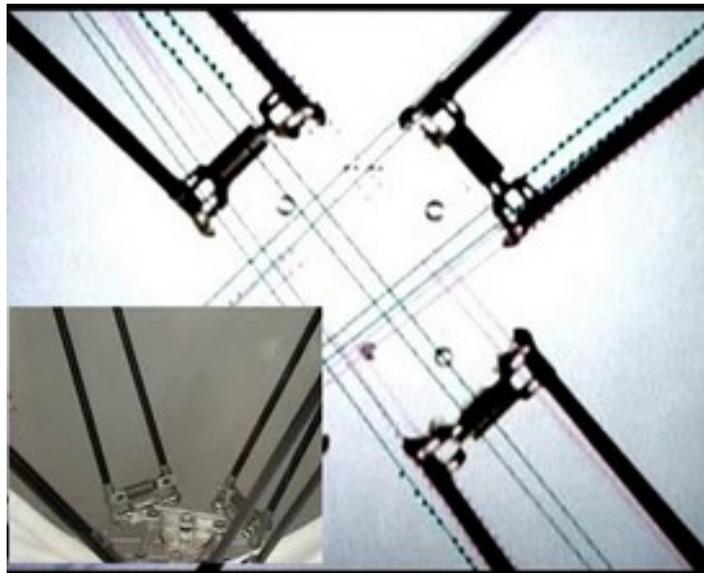


Somebody's Acting like a Child

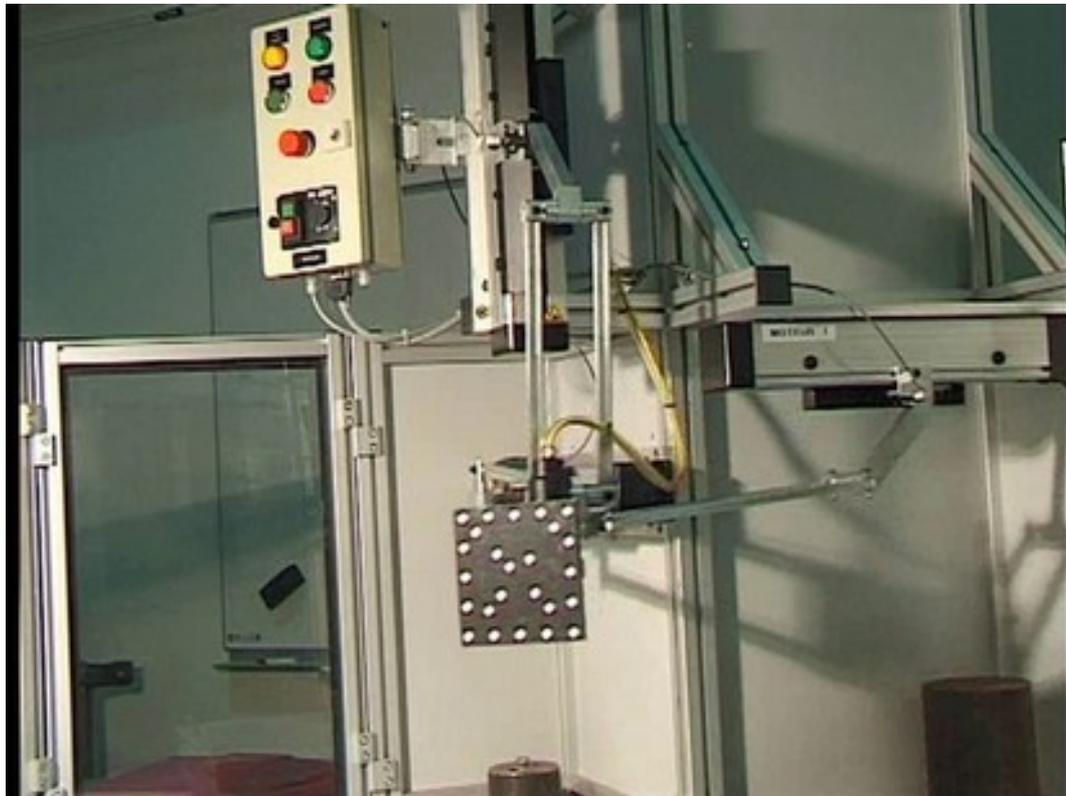
Contrainte (cinématique) de fermeture de boucle



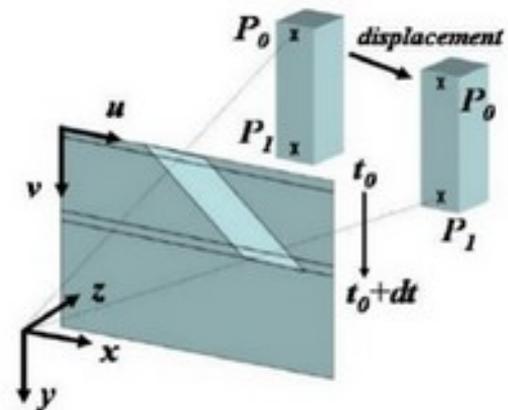
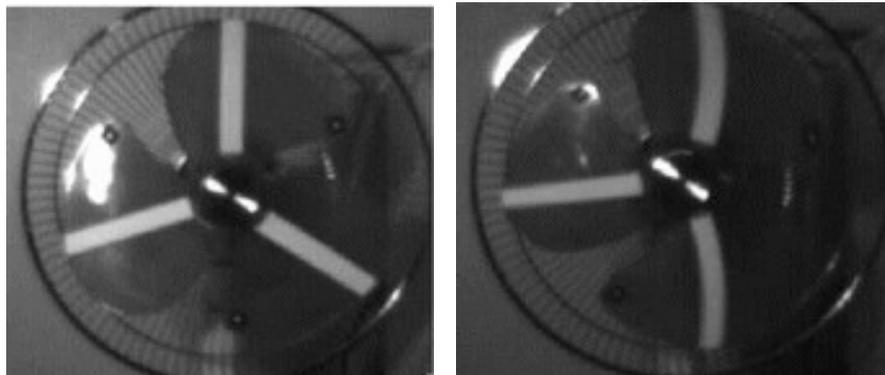
Commande de robots parallèles par observation des jambes



Commande dynamique de robots parallèles



Estimation de pose et vitesse par caméra à acquisition séquentielle



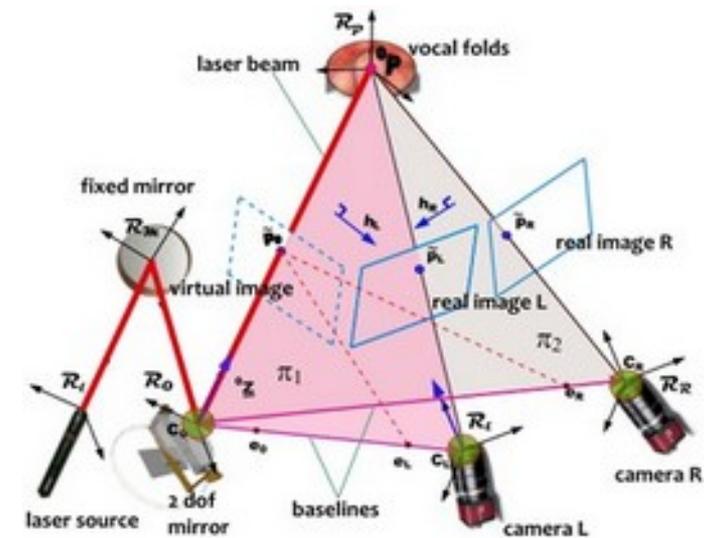
Estimation initiale par homographie
Boucle numérique d'ajustement de faisceaux

- Professeur de Microrobotique médicale à l'Université de Franche-Comté
- Travaux au département AS2M de l'institut femto-st

Asservissement visuel d'un laser pour la chirurgie des cordes vocales

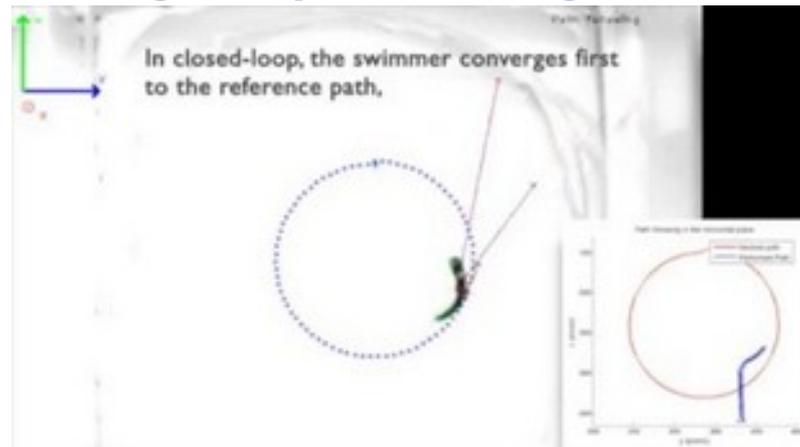


Illustration of the flexible endoscopy system insertion



Analogie laser ↔ caméra à 1 pixel
 Exploitation géométrie trifocale

- **Travaux au Département AS2M, femto-st**
Suivi virtuellement non-holonome de chemin pour laser
Asservissement visuel à base d'ondelettes
Asservissement visuel sur images OCT
Guidage d'instrument en chirurgie de l'oreille par vision
Guidage de nageurs magnétiques le long de chemin 3D



Reconstruction par le mouvement du tube digestif
Vision plénoptique

- **Comme tous les docteurs...**
- **Une influence considérable**
 - Approche géométrique de la commande référencée vision des robots
 - Culture scientifique irremplaçable en vision
 - Ouverture à l'international
 - Rigueur mathématique et rédactionnelle
 - Science en T-shirt, mal rasé et mal coiffé
 - Liberté intellectuelle absolue

- **Tous les “petits-enfants” scientifiques de Radu dont**
 - Pierre Renaud, Tej Dallej, Omar Ait-Aider
 - Mouloud Ourak, Bassem Dahroug, Tiantian Xu, Ali Oulmas, Marie Daubresse--Chasle, Hermes McGriff
- **Toute la “famille” scientifique de Radu dont**
 - Philippe Martinet
 - Youcef Mezouar, Adrien Bartoli
 - Brahim Tamadazte, Kanty Rabenoroso
 - Stéphane Régnier, Cédric Demonceaux



Too Soon