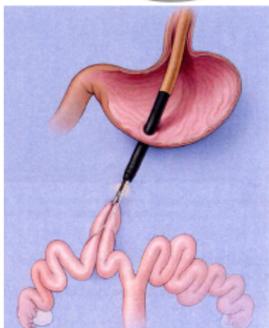


Développement d'un assistant robotique pour la chirurgie transluminale

Bérengère Bardou, Laurent Ott, Florent Nageotte
Philippe Zanne, Michel de Mathelin

Projet Anubis
Equipe Automatique, Vision et Robotique

15 juin 2010



But

Traitement des organes de la cavité abdominale

Principe

- Orifices et conduits naturels + Incision d'une paroi interne
- Utilisation d'un guide flexible + micro-instruments au travers du guide



Difficultés

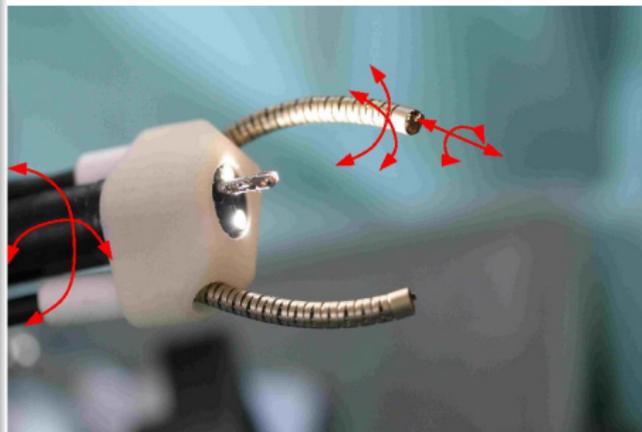
- Instrumentation mal adaptée (manque de degrés de liberté (DDLs), mauvaise manipulabilité, mauvaise triangulation)
- Manipulation complexe des endoscopes
 - Nombre de mobilités élevés
 - Interface peu intuitive
- Plusieurs praticiens : coordination, partage d'un faible espace de travail
- Environnement de travail soumis aux mouvements physiologiques

Solutions envisagées

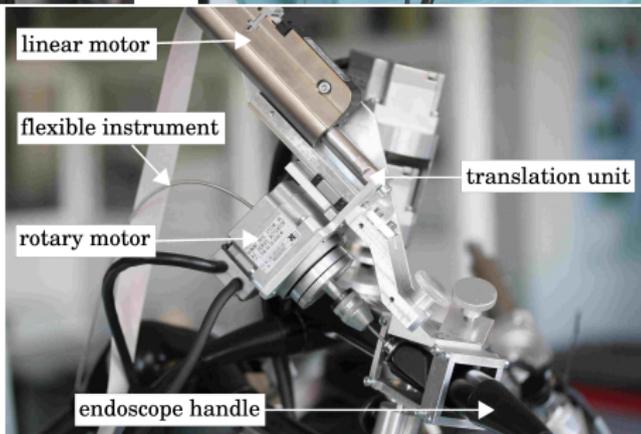
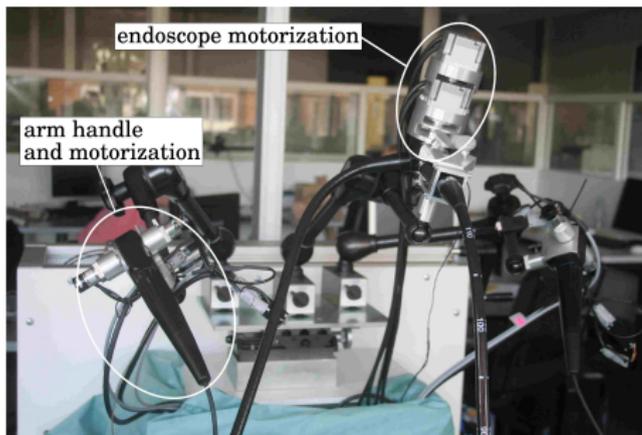
- Développement d'une instrumentation spécifique (Storz)
- Robotisation + télémanipulation par interface maître
- Robotisation + compensation automatique des mouvements respiratoires (thèse de Laurent Ott)

Constitution

- 1 endoscope flexible avec caméra distale et éclairage (2DDLs)
- 2 bras flexibles creux articulés en bout à 2DDLs chacun
- 1 embout permettant de fixer bras et endoscope et assurant une triangulation
- des instruments passifs pouvant passer dans les bras et dans les canaux de l'endoscope (translation + rotation)
- 12 DDLs motorisés : endoscope (2) + bras (2×2) + instruments (3×2)

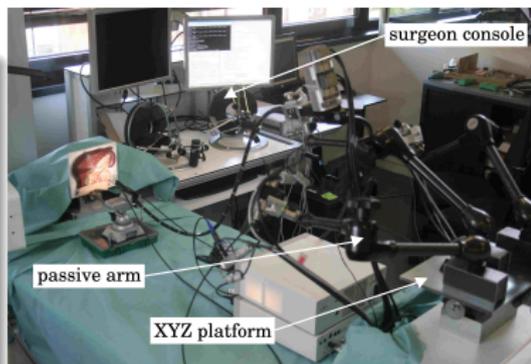


Motorisation



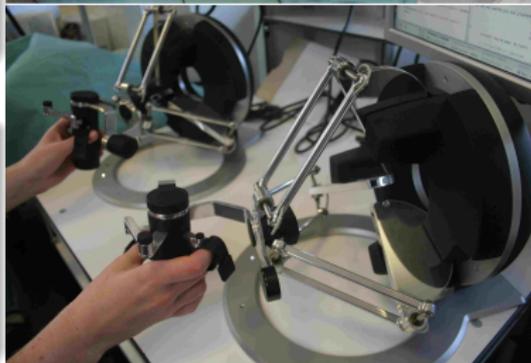
Système esclave

- Console de transport : bras passifs de positionnement + armoire électrique + contrôleurs bas niveau
- Translation et rotation de l'ensemble non motorisés
- Mise en place manuelle



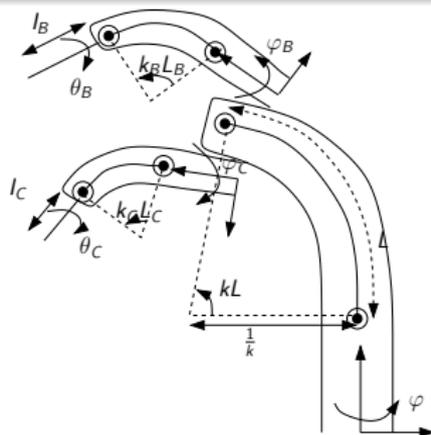
Système maître

- 2 interfaces Omega 7DDLs (Force Dimension)
- Ecrans de retour visuel
- Contrôleurs haut niveau



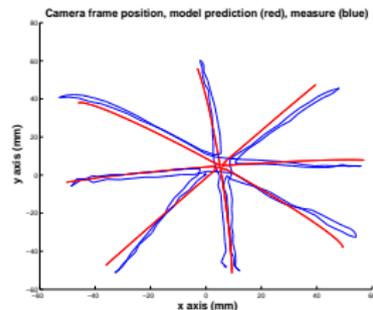
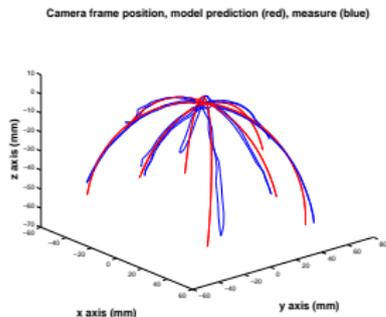
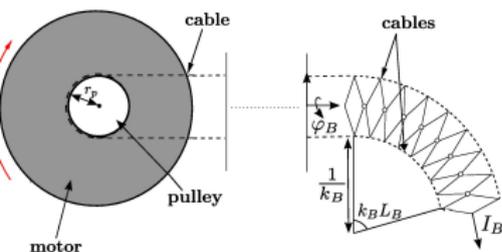
Caractéristiques

- Système arborescent sous actionné : 10DDLs actionnés pour 12 DDLs à contrôler
- Robot continu à courbure constante
- \implies MGI non calculable analytiquement. Solutions numériques mais sans preuve de domaine de convergence



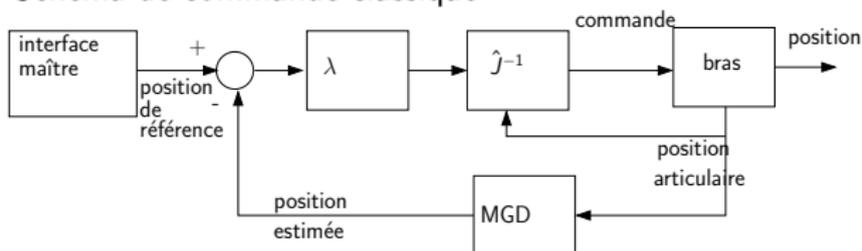
Caractéristiques

- Système arborescent sous actionné : 10DDLs actionnés pour 12 DDLs à contrôler
- Robot continu à courbure constante
- \implies MGI non calculable analytiquement. Solutions numériques mais sans preuve de domaine de convergence



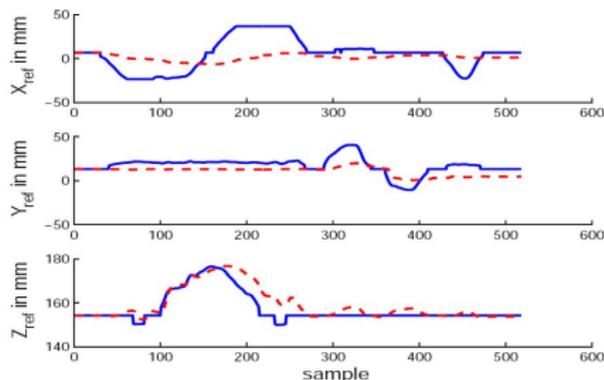
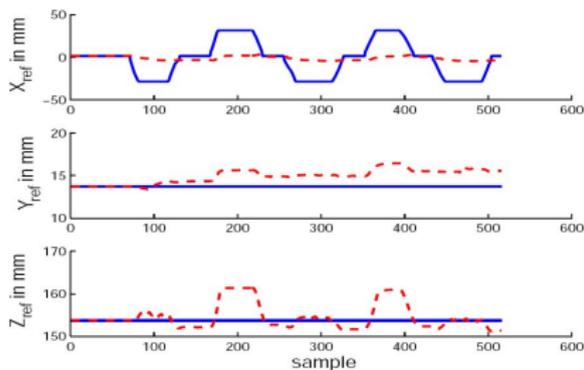
- Commande axe par axe impossible (non intuitive)
- Information de retour de l'utilisateur : caméra endoscopique
- \implies commande opérationnelle dans le repère de la caméra endoscopique

Schéma de commande classique

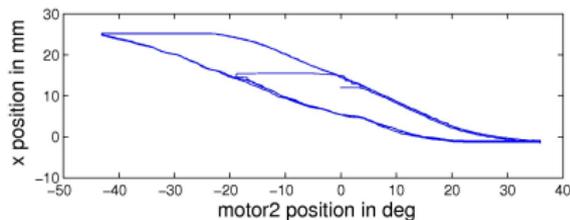
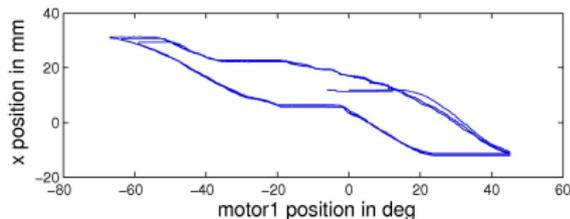
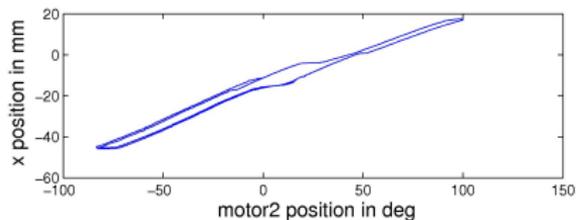
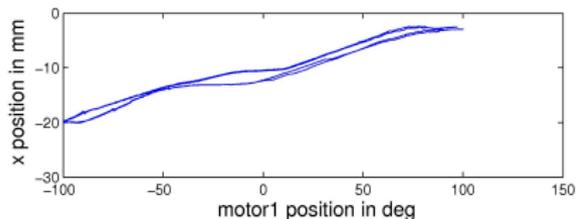


- J jacobien du système, dépendant de la position
- \hat{J} estimée du Jacobien

Estimation de l'erreur en BO + estimation du jacobien à partir des codeurs



Système soumis à des jeux très importants



Origine

- câbles détendus : permet de déformer à volonté le corps de l'endoscope
- frottements

Difficile d'estimer la position opérationnelle à partir des données codeurs

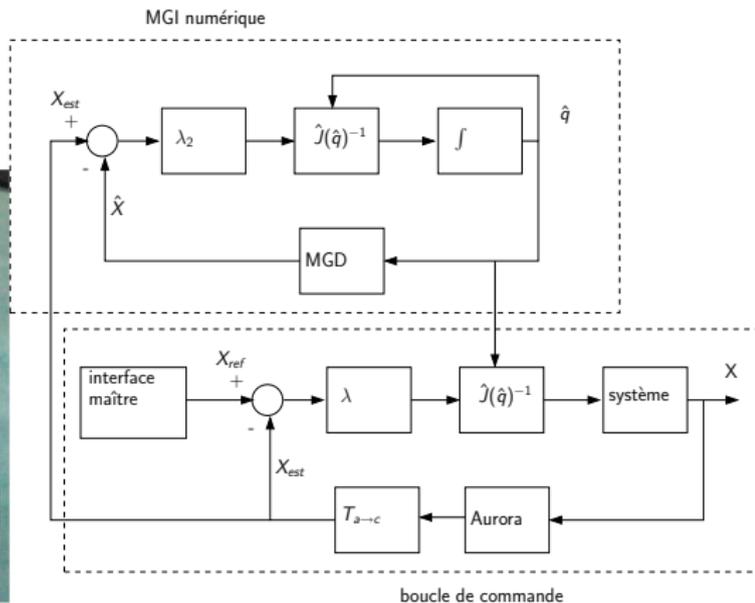
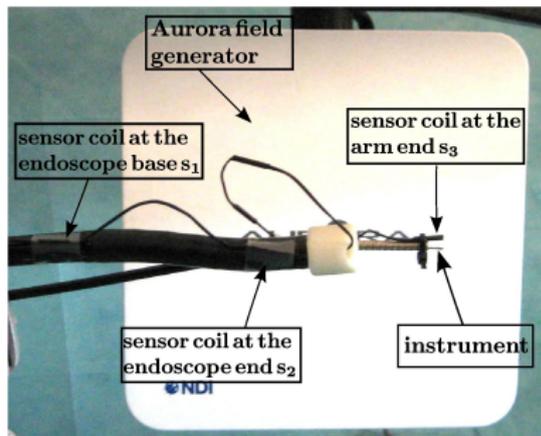
Hystérésis : Mauvaise estimation de la position courante

- \implies Mauvaise estimation de l'erreur de positionnement
 - \implies L'instrument ne converge pas vers la position attendue
- \implies Mauvaise estimation du Jacobien
 - \implies l'instrument ne suit pas la bonne direction et peut diverger
- **Utiliser une mesure extéroceptive et / ou compenser les jeux**

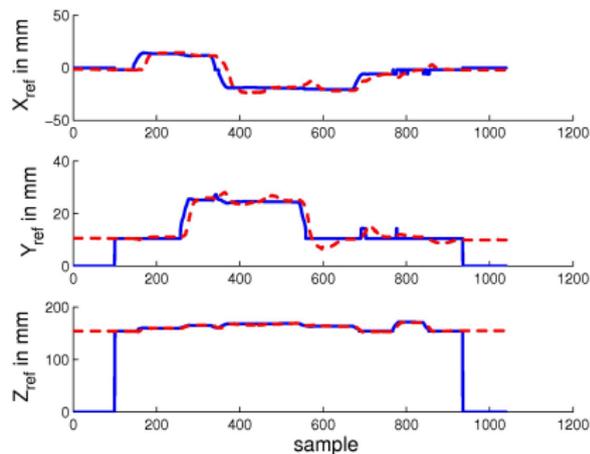
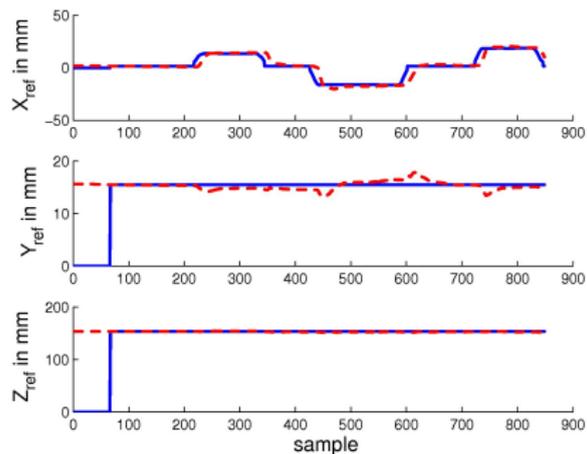
Non linéarités : Mauvaise estimation des gains du jacobien

- \implies L'instrument ne suit pas la bonne direction et peut diverger
- \implies La réponse dynamique du système est variable
- **Compenser les non linéarités**

Commande utilisant des capteurs magnétiques

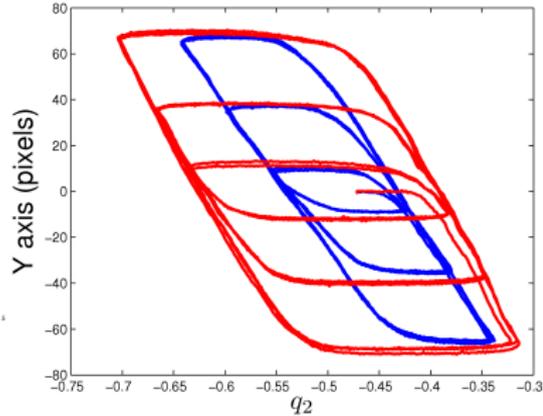
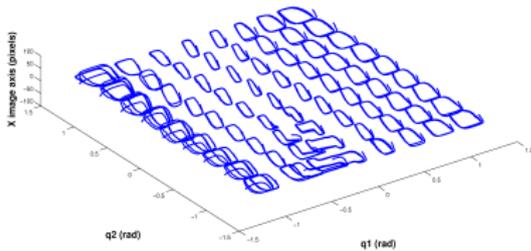


Commande utilisant des capteurs magnétiques

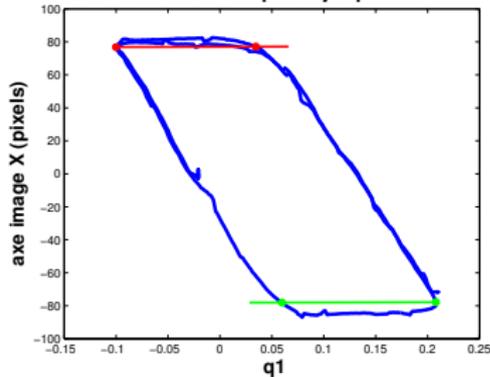


- Bande passante insuffisante : gains fixes non adaptés aux non linéarités
- Précision dynamique insuffisante

Pistes pour la correction des non-linéarités



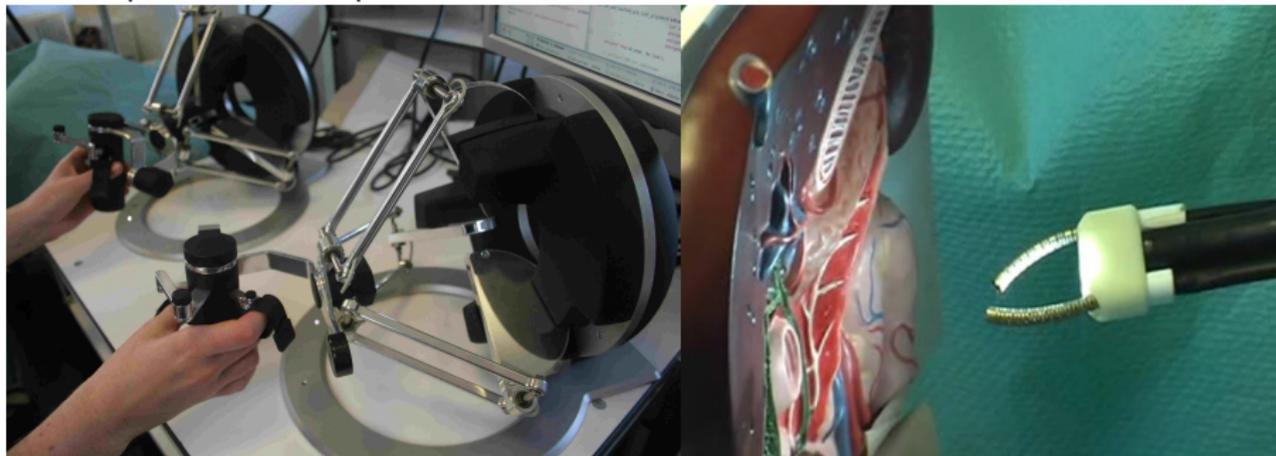
Estimation automatique du jeu pour l'axe 1



Non-linéarités

- Dépendent de la configuration et de la forme du corps
- apprentissage possible autour d'un point de fonctionnement \iff bien adapté pour des tâches répétitives (suivi de respiration)
- Adaptations de gains + apprentissage

Télemanipulation + compensation de mouvement



Travaux en cours et futurs

- Motorisation du système Storz : système intégré, étanche, utilisable in vivo
- Asservissements visuels des instruments : marqueurs + stéréoscopie
- Compensation matériel des jeux
- Lois de commande adaptatives