

OTELO : UN ROBOT PORTABLE DE TELE-ECHOGRAPHIE MOBILE

**Lama Al Bassit, Natalie Smith-Guérin, Cyril Novales, Pierre Vieyres,
Gérard Poisson**

*Laboratoire Vision & Robotique, IUT de Bourges
63 avenue de Lattre de Tassigny
F-18020 Bourges cedex
Email : {Prenom.Nom}@bourges.univ-orleans.fr*

Résumé

Otelo (mobile tele-echography using an ultra-light robot) est un système robotisé portable, pour la télé-échographie. Il permet à un médecin expert, spécialiste en échographie, de proposer un pré-diagnostic à distance. Un robot esclave déplace une sonde échographique sur le corps du patient. Ce système, piloté à distance, reproduit les mouvements de la main de l'expert médical. Un module de communication envoie à l'expert au poste maître, « en temps réel », une image échographique de bonne qualité interprétable pour le pré-diagnostic.

Mots clés : Télé-échographie, Robotique médicale, retour d'effort, communication mobile, transmission d'image.

Introduction

La qualité d'une échographie ultrasonore dépend de la compétence et de la précision du geste du spécialiste qui manipule la sonde. Dans le cadre de la médecine de proximité (hôpitaux régionaux), pour des interventions d'urgence ou sur des sites difficiles d'accès, le manque de spécialistes en échographie rend délicat la pratique de cette technique non-invasive et d'importance croissante en milieu médical. La télé-échographie apporte une solution à ce type de situations.

Notre laboratoire est impliqué dans divers projets de télé-échographie robotisée depuis 1995. Un premier prototype de robot porte-sonde

échographique a été conçu et entièrement réalisé sur le site de l'IUT de Bourges (Gourdon, 1999). Ce prototype a été testé en 1998 entre Bourges et le Népal lors de l'expédition « *Shisha 98* », ce qui a permis de valider le concept de télé-échographie robotisée (Gourdon, CNR'IUT 2000).

Cette validation a permis également l'émergence au laboratoire, d'une thématique « télé-échographie » au travers de deux projets complémentaires (TER et Teresa) supportés par le MENRT entre 1999 et 2001 (Gonzales, 2001) et l'Agence Spatiale Européenne en 2000 (Courreges, 2001). Dans ce cadre, deux robots prototypes ont été conçus et réalisés.

La force du concept de télé-échographie robotisée, les divers résultats obtenus et les enjeux prometteurs de ce projet ont contribué à l'acceptation par la Commission Européenne, en 2001, du financement « d'Otelo » (*mObile Tele-Echography using an ultra-Light rObot*) dont le LVR est « *project Manager* ».

Les objectifs sont de développer le prototype pré-industriel d'un système robotisé dédié et portable permettant la réalisation d'un acte d'échographie sur des patients éloignés des centres d'expertise en échographie. Le site « expert » et le site « patient » seront reliés par des moyens de communication terrestre ou satellite.

Dans cet article, nous présentons le concept d'Otelo. Après un bref état de l'art sur la télé-échographie, nous décrivons les spécifications générales et l'architecture d'Otelo. Un aspect particulier est développé : la structure cinématique du robot à 6 degrés de liberté qui va être réalisé dans ce cadre.

1. Etat de l'art de la télé-échographie

Plusieurs laboratoires mènent des projets de télé-échographie :

- MIDSTEP (De Cunha, 1998) est un projet européen dont le but est de montrer la faisabilité de la chirurgie à distance par la réalisation de deux systèmes de télé-échographie pour la télé-manipulation locale ou à distance ;

- TeleInVivo (Kontaxakis, 2000) est un projet européen d'échographie 3D. L'expert qui se trouve près du patient, réalise son examen d'échographie par des dispositifs portables. Les images ultrasonores sont envoyées, via satellite, à une base de données où la représentation 3D s'établit ;

- TER (Gonzales, 2001) est un système où un robot esclave, à 6 d.d.l., porteur de la sonde ultrasonore, est motorisé par des muscles artificiels pneumatiques « actionneurs McKibben » et piloté à distance ;

- Teresa (Courreges, 2001) est un robot de télé-échographie à 4 d.d.l pour le spatial (3 d.d.l. en rotation et 1 en translation suivant l'axe de la sonde) ;

- trois autres projets de télé-échographie ont pour principe des systèmes maîtres-esclaves utilisant des robots industriels. L'un est dédié à

l'échographie artérielle (Salcudean, 1999), les deux autres sont utilisés entre deux sites proches où les communications se font par lien terrestre (Masuda, 2001), (Mitsubishi, 2001).

2. Spécifications générales et architecture du système

Dans le système Otelo on distingue **trois sous-systèmes** (figure 1.) : la **station maître** qui se situe dans un centre hospitalier où l'expert médical rend son diagnostic ; la **station esclave** qui se situe dans un site isolé, près du patient, et qui est positionnée et maintenue par un assistant non-expert en échographie ; le **réseau de communication** terrestre ou satellite.

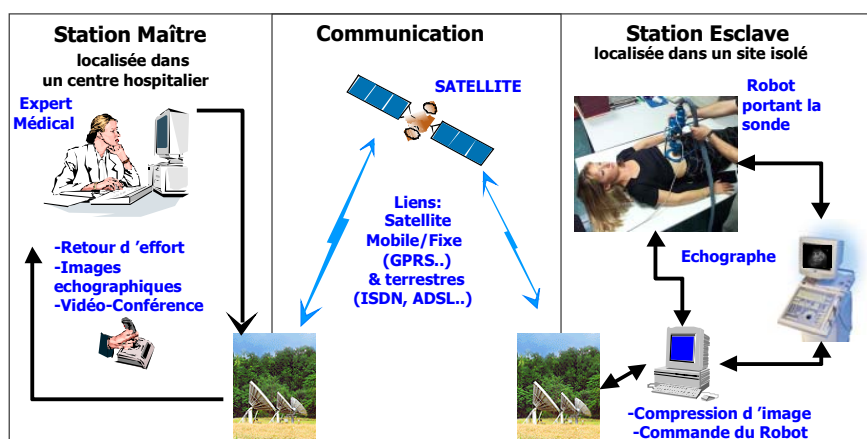


Figure 1. L'architecture du système Otelo

2.1 Station maître

L'expert médical contrôle la position et l'orientation de la sonde échographique sur la peau du patient en manipulant une sonde fictive équipée d'un capteur de localisation 6D. Cet expert reçoit, grâce au capteur d'efforts installé sur le robot esclave, des informations représentant la force de contact entre la sonde ultrasonore et le patient. Il peut contrôler, modifier et ressentir cette force grâce à un système haptique intégrant les retours d'efforts. Il reçoit, « en temps réel », les images ultrasonores du patient sur son écran de contrôle. Un système de vidéo conférence entre les deux stations, maître et esclave, permet à l'expert et au patient de communiquer pendant l'acte médical. Toutes les informations reçues au poste maître (images, retour d'effort...) sont intégrées dans une interface homme-machine dont l'objectif est de faciliter l'utilisation du système.

2.2 Station esclave

Cette station portable est constituée d'un échographe, d'un module de commande et communication et du robot à 6 d.d.l. portant la sonde ultrasonore.

2.2.1 La structure cinématique du robot

Des études cliniques ont permis de déterminer les caractéristiques du mouvement de la sonde ultrasonore pendant un examen échographique ainsi que les spécifications du robot porte-sonde. Le prototype Otelo1 sera réalisé sur ces bases dans le premier semestre 2002, il servira à la validation clinique du concept.

Le robot est à 6 d.d.l. (3 d.d.l. en rotation permettent de reproduire toutes les inclinaisons et les rotations de la main du médecin, 2 d.d.l. en translation permettent de reproduire la translation de la sonde sur la peau du patient et 1 d.d.l. en translation permet de contrôler la force de contact).

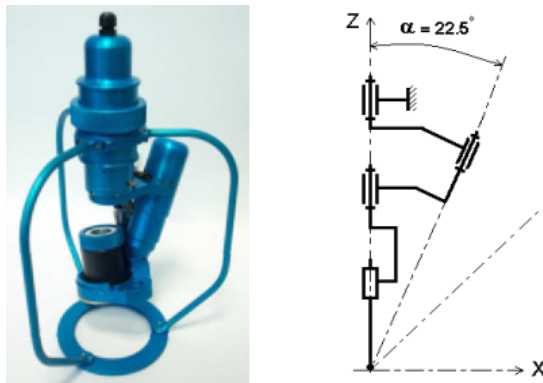


Figure 2. Photo et schéma cinématique du robot Teresa

La première structure proposée s'inspire de celle du robot Teresa (Courrèges, 2001) complétée de deux translations auxiliaires (figure 2.). D'importantes modifications ont été proposées par rapport à Teresa :

- l'inclinaison par rapport à la normale, Z, est augmentée de 45° à 60° ,
- la fixation de la sonde a été déportée du 3^{ème} axe de rotation pour faciliter l'emploi de sondes de formes variées.

Plusieurs structures cinématiques (figure 3.) ont été étudiées d'un point de vue espace de travail, configurations singulières et d'autres contraintes mécaniques. La solution (2) a été adoptée.

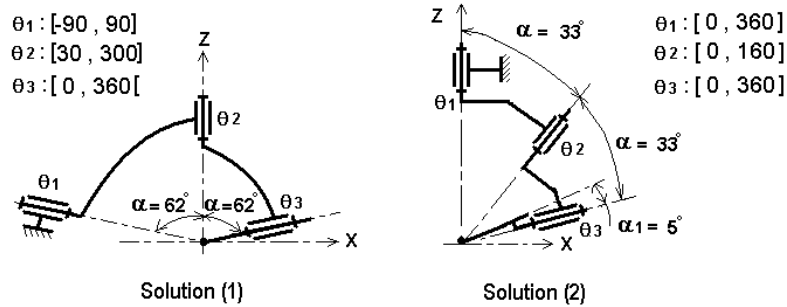


Figure 3. Deux exemples de structures cinématiques étudiées

2.2.2 La compression d'images

La transmission des images échographiques au poste maître est précédée d'une étape de compression à la station esclave. Les séquences d'images qui apparaissent au poste maître sont de deux natures. Lorsque l'expert médical cherche l'organe qui doit être examiné (foie, cœur...) il n'a pas besoin d'image échographique de très bonne qualité. Dans ce cas, une méthode de compression simple ou irréversible suffit. Une fois que l'organe en question apparaît, il est nécessaire d'utiliser une méthode de compression délivrant des images de bonne qualité. Un travail a débuté, concernant une étude comparative des différentes techniques de compression d'images ultrasonores (Delgorge, 2001).

2.3 Communication

La transmission de données entre les deux sites (images ultrasonores, contrôle du robot, informations haptiques, images vidéo, son) se fait via des liens terrestres ou satellite. Dans ce deuxième cas, deux possibilités se présentent :

- utilisation classique de satellite géostationnaire (INMARSAT);
- utilisation d'une constellation de satellite (Global Star) ; c'est la solution qui offrira le maximum de bande passante pour le contrôle du robot et la transmission des données et des images.

Conclusion

Dans cet article nous présentons le projet de télé-échographie « Otelo ». Le système permet aux patients dans des sites isolés de bénéficier de prédiagnostic ultrasonore fait, à distance, par un expert médical. Nous avons développé un système robotisé porte-sonde innovant, dédié et portable, à 6

d.d.l., qui, situé près du patient, reproduit les mouvements de la main de l'expert médical situé dans un centre hospitalier. L'expert reçoit, sur son poste maître et en temps réel, les images échographiques du patient distant et propose un premier diagnostic.

Dans le cadre des perspectives de ces travaux nous poursuivons par l'étude de la précision du mécanisme réalisé et du choix des lois de contrôle-commande pour un meilleur suivi du geste médical.

Contrat n° IST-2001-32516 financé par la Commission Européenne

Références bibliographiques

Courreges F., Smith N., Poisson G., Vieyres P., Gourdon A., Szpieg M., Merigeaux O. (2001) « Real-time exhibition of a simulated space tele-echography using an ultra-light robot », ISAIRAS, Canada.

De Cunha D., Gravez P. (1998) « The MIDSTEP system for ultrasound guided remote telesurgery », 20th annual intelligent of the IEEE EMBS, Hong-Kong.

Delgorge C., Vieyres P., Poisson G., Rosenberger C., Arbeille P., (2001) « Comparative survey of ultrasound images compression methods dedicated to a tele-echography robotic system », IEEE EMBS, Turkey.

Gonzales A.V. & Consortium TER (2001) « TER : a system for robotic tele-echography », MICCAI, Holand.

Gourdon A., Poignet Ph., Poisson G., Vieyres P., Marché P., (1999) « A new robotic mechanism for medical application, ASME, USA.

Gourdon A., Poisson G., Poignet Ph., Vieyres P., Marché P. (2000) « SYRTECH Système robotisé de télé-échographie, CNR'IUT, France.

Kontaxakis G., Walter S., Sakas G. (2000) « EU-TeleInViVo :An integrated portable telemedicine workstation featuring acquisition, processing and transmission over low-bandwidth lines of 3D ultrasound volume images”, Information Technology Applications in Biomedicine, USA.

Masuda K., Kimura E., Tateishi N., Ishihara K. (2001) « Three dimensional motion mechanism of ultrasound probe and its application for tele-echography system », IROS, Hawaii

Mitsuishi M., Warisawa S., Tsuda T., Higuchi T., Koizumi N., Hashizume H., Fujiwara K. (2001) « Remote Ultrasound Diagnostic system », IEEE ICRA, Korea.

Salcudean S.E., Zhu W.H., Abolmaesumi P., Bachmann S., Lawrence P.D. (1999) « A robot system for medical ultrasound », ISRR, USA.