

DMS Formation

L'ingénierie créative pour un enseignement de qualité

En partenariat



Robot industriel
d'assistance à la chirurgie
laparoscopique

Suivi d'image



EVOLAP



DESRIPTIF



Le robot EVOLAP est un robot industriel d'assistance à la chirurgie laparoscopique développé par l'Université Catholique de Louvain (UCL). Ce système a été conçu en collaboration avec différents praticiens et testé sur patients.

La laparoscopie est une technique chirurgicale mini-invasive de diagnostic et d'intervention abdominale. Une ou plusieurs petites incisions sont réalisées dans la paroi abdominale pour y insérer, au travers de canules appelées trocars, de longs instruments chirurgicaux et un endoscope rigide - appelé laparoscope - équipé d'une caméra. Ce laparoscope est également connecté à une source de lumière froide pour éclairer la cavité abdominale.

Le robot EVOLAP a pour objectif d'automatiser une tâche opératoire de maintien et suivi d'image anciennement réalisée manuellement par un assistant.

Le robot EVOLAP doit satisfaire des contraintes de précision et de fiabilité inhérentes à toute intervention chirurgicale.

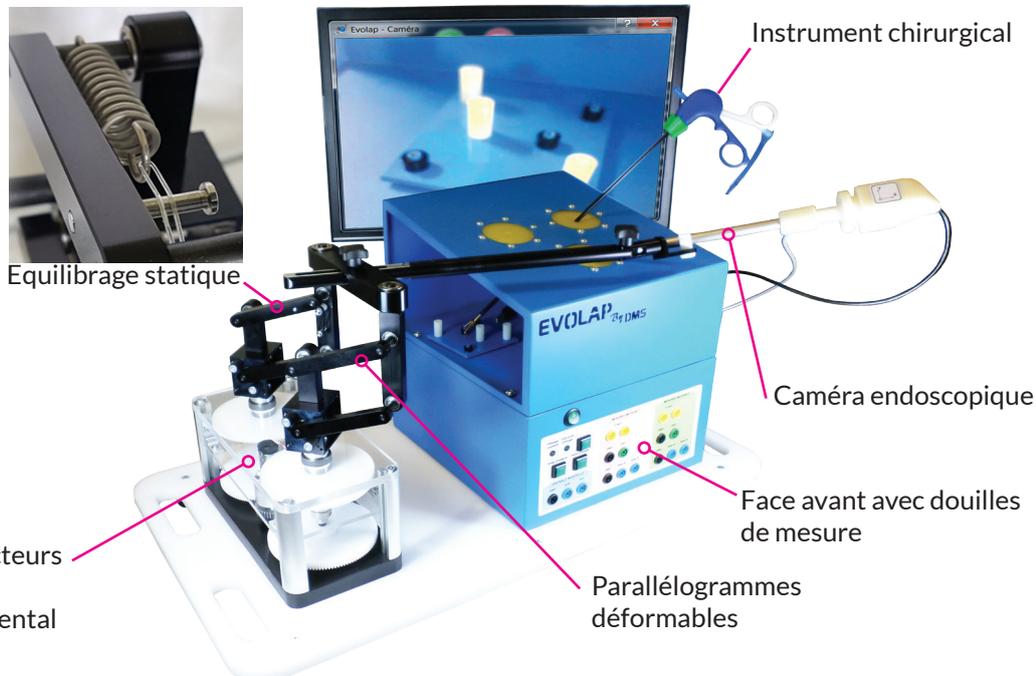
La structure et les fonctionnalités d'EVOLAP en font un système unique pour faire acquérir aux étudiants la grande majorité des connaissances et compétences du programme de SII des CPGE.

La partie matérielle du système EVOLAP est constituée :

- D'une chaîne d'énergie composée d'une alimentation de puissance, de deux ensembles variateurs de vitesse et moteurs à courant continu permettant de mettre en mouvement une structure brevetée de plusieurs parallélogrammes déformables par l'intermédiaire d'un différentiel. Une solution technique d'équilibrage statique a été mise en place pour assurer la sécurité et réduire le couple des moteurs.
- D'une chaîne d'information composée d'une carte d'acquisition et de pilotage, de deux codeurs incrémentaux et deux capteurs de courant. Le système didactisé est équipé de deux capteurs mesurant l'inclinaison du laparoscope et d'un bouton permettant de passer du mode de déplacement manuel au mode pilotage par le joystick ou au mode de suivi d'image automatisé.

Les modes de fonctionnement d'EVOLAP :

- **Manuel** : l'assistant manipule le laparoscope directement pour le placer dans la position souhaitée en fonction des consignes données par le chirurgien ; le système d'équilibrage statique assure le maintien en position de la structure.
- **Pilotage par joystick** : L'assistant ou le chirurgien appuie sur le bouton de commande : le robot est contrôlé par un joystick bidimensionnel pour obtenir les mouvements gauche/droite et bas/haut. Ce mode permet d'éviter à l'assistant de gêner le chirurgien.
- **Suivi d'outils** : Dans ce mode, le robot va suivre la trajectoire de l'outil pendant l'opération afin de garder la meilleure vue possible de la zone d'opération pour le chirurgien.



Moteurs-réducteurs avec codeur incrémental

Parallélogrammes déformables



Le système EVOLAP permet d'aborder les **compétences** et **connaissances** des programmes, et plus particulièrement :

	Désignation séquence	Compétences	Description	
1 ^{ère} Année - PCSI / PTSI	Analyser les systèmes Multiphysiques	A1 - Identifier les exigences A3 - Appréhender les analyses fonctionnelles et structurelles A4 - Caractériser les écarts D1 - S'appropriier le fonctionnement d'un système pluritechnologie	L'élève découvre les exigences (maintien, réglage, sécurité, pilotage) données dans un diagramme des exigences et les solutions techniques mises en œuvre pour y répondre en s'appuyant sur des démarches expérimentales et de simulation.	
	Modéliser les systèmes Multiphysiques	B2 - Proposer un modèle B3 - Valider un modèle	Un asservissement de vitesse de chaque moteur est indispensable au bon fonctionnement du système. Après une découverte de la problématique, les élèves vont modéliser la chaîne directe (hacheur, motoréducteur, structure) pour le mouvement gauche-droite et valider le modèle en boucle ouverte. La boucle fermée de vitesse est ensuite modélisée pour observer l'influence du correcteur sur le comportement du système.	
	Modéliser un système mécanique complexe	B2 - Proposer un modèle C3 - Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution mécanique	La cinématique de l'ensemble robot + laparoscope est particulière. Pour pouvoir piloter correctement les mouvements haut-bas et gauche-droite, il est indispensable de déterminer les lois reliant les degrés de liberté au niveau du laparoscope à ceux des moteurs. Un modèle cinématique est mis en place et utilisé en simulation pour déterminer ces lois qui sont également validées expérimentalement.	
	Valider les performances cinématiques des mécanismes	B2 - Proposer un modèle C2 - Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution analytique D1 - S'appropriier le fonctionnement d'un système pluritechnologique	Pour obtenir les deux mobilités, deux moteurs sont utilisés et placés verticalement dans le système didactisé ce qui simplifie les connectiques. La commande est cependant plus complexe car les moteurs sont alors couplés par un différentiel. Une schématisation du système et une étude cinématique permettent de déterminer le rapport nécessaire entre la vitesse des moteurs et les axes des parallélogrammes.	
	Décrire le comportement d'un système à événements discrets	D1 - S'appropriier le fonctionnement d'un système pluritechnologique D3 - Mettre en œuvre le protocole expérimental E-Concevoir F-Réaliser (PTSI)	Le robot Evolap propose plusieurs modes de fonctionnement qui correspondent à l'évolution de la technique laparoscopique. L'assistant peut maintenir le laparoscope et le bouge en fonction de ce que fait le chirurgien, le système ne doit pas être alimenté dans ce cas. En appuyant sur un bouton, l'assistant peut déplacer le laparoscope à l'aide d'un joystick ce qui lui évite de maintenir à bout de bras le laparoscope et simplifie son travail. Un autre bouton permet de passer dans un mode où le laparoscope suit automatiquement l'outil chirurgical. Les élèves pourront découvrir et programmer en python ces différents modes dans cette activité. Ce tp peut être réalisé par plusieurs groupes en parallèle compte-tenu du mode client-serveur.	
	Valider les performances statiques d'un mécanisme complexe	B2 - Proposer un modèle D2 - Proposer et justifier un protocole expérimental C2 - Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution analytique C3 - Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution numérique	Pour assurer la sécurité du patient, en cas de coupure d'énergie, le laparoscope doit rester en position quelle que soit l'orientation et la position de celui-ci. Il s'agit de justifier la solution technique retenue pour réaliser cet équilibrage statique à travers des études théoriques et expérimentales.	
2 ^{ème} Année - PSI / PT	Valider le modèle d'un système Multiphysique	B2 - Proposer un modèle B3 - Valider un modèle	La structure du robot Evolap doit permettre une implantation aisée sans contrainte sur n'importe quelle table d'opération. Les élèves doivent donc construire un modèle du système et valider l'exigence de simplicité de montage. Ils déterminent également la relation entre les commandes des axes et les mouvements du laparoscope.	
	Déterminer les performances dynamiques des systèmes de solides	D1 - S'appropriier le fonctionnement d'un système pluritechnologique, E-Concevoir	Dans certaines positions (laparoscope quasi vertical), le mouvement gauche-droite nécessite une bonne dynamique des moteurs. Les élèves vont utiliser les informations cinétiques recueillies par simulation ou expérimentalement pour valider le choix du moteur dans ces conditions.	
	Régler la commande d'un système	E-Concevoir C3 - Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution numérique D3 - Mettre en œuvre le protocole expérimental	Le pilotage en boucle ouverte n'est pas acceptable compte-tenu des nombreuses perturbations sur le système. Il faut donc concevoir un asservissement de vitesse qui soit performant. A l'aide d'un modèle du système, les élèves choisiront le correcteur adéquat et les valeurs des coefficients à imposer pour respecter le cahier des charges.	
IPT	Réaliser un suivi d'image		Le laparoscope peut suivre un repère défini sur les images. Le traitement du flux vidéo se fait image par image en continu. Après avoir analysé comment interagir avec une image et repérer un élément dans celle-ci, les élèves pourront proposer un algorithme simple de commande permettant le suivi d'un repère. Ce tp peut être commun à tout le groupe TP avec l'utilisation du mode client-serveur.	

DOCUMENTS D'ACCOMPAGNEMENTS

Le système à enseigner EVOLAP est fourni avec des documents d'accompagnement sous forme numérique :

- Un **dossier technique** avec une contextualisation précise de la problématique médicale, une comparaison aux systèmes existants, le cahier des charges, la description de l'architecture du système, des modélisations mécaniques et de commande, des modèles de simulation (Scilab, Solidworks) et les caractéristiques propres à la didactisation.
- Un **dossier pédagogique** complet, avec des tableaux récapitulatifs des TP par séquences. Le parcours de formation proposé comprend deux types d'activités pratiques :
 - Des activités pratiques organisées en îlots au sein du laboratoire de SI. Elles se déroulent dans le cadre d'une séquence comprenant : cours, TD, TP. En TP la demi classe est répartie par groupe de 4 à 5 étudiants, chaque groupe étant affecté à un îlot et un rôle (modélisateur, expérimentateur, chef de projet...) est attribué à chaque élève. Chaque îlot utilise un système support de formation différent des autres. A la fin de la séquence, chaque élève de la demi section devra avoir acquis les mêmes compétences et connaissances du programme.
 - Des activités pratiques utilisant la **solution clients-serveur**, développée par DMS, permettant à chaque étudiant de la demi classe de conduire simultanément la même activité pratique sur EVOLAP. Ces activités sont en lien direct avec le cours et les TD. Cela permet d'augmenter le nombre de TP réalisés par chaque étudiant pendant la durée du parcours de formation.

La solution client-serveur de DMSeducation permet de faire travailler plusieurs élèves simultanément sur un même système. Chaque élève peut lancer une acquisition ou bien piloter un système depuis son PC client sans transférer de fichiers ou changer d'ordinateur, à travers le réseau de son lycée.

- Un **dossier ressources** contenant des ressources **pédagogiques** destinées à l'élaboration des fiches de formalisation et des ressources **technologiques**, présentant des informations complémentaires susceptibles d'enrichir la culture scientifique et technologique des étudiants.

Le mode clients-serveurs pourra être utilisé dans le cadre de la rédaction d'un TIPE.



POUR COMMANDER

- La référence **CPGE2700** comprend le Robot Endoscopique EVOLAP, ses accessoires ainsi que les documents d'accompagnements CPGE.

