

Activité Robotique développée à l'Institut de Recherche en communication et cybernétique de Nantes (IRCCyN)

Les activités robotique de l'ircyn sont développées au sein des équipes Robotique et Méthode de Conception Mécanique suivant quatre axes principaux : Modélisation, identification et commande des robots manipulateurs articulés, Robotique mobile. (robots mobiles, automobiles, robots marcheurs, robots volants, robot anguille}, Télé robotique et Réalité virtuelle, Conception de robot.

Les vidéos présentées concernent un robot manipulateur parallèle l'Orthoglide, deux robots marcheurs Semi-Quad et Rabbit et le développement d'un robot anguille.

L'Orthoglide

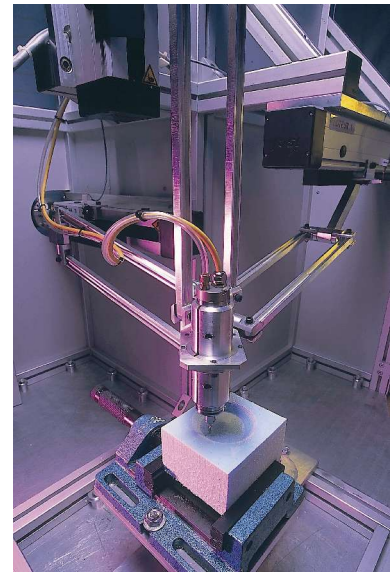
L'usinage à grande vitesse ou l'assemblage de précision réclament des propriétés que les architectures sérielles ne peuvent plus toujours offrir. Les machine-outils classiques doivent être massives pour augmenter leur rigidité. Elles souffrent alors d'inerties très importantes qui limitent leurs performances dynamiques. Les architectures cinématiques parallèles permettent de limiter les masses en mouvement mais compliquent les relations d'entrées-sorties et présentent des pertes de rigidité au voisinage de singularités. De plus, ces architectures ont la plupart du temps un espace de travail de forme complexe où les performances varient beaucoup d'un point à l'autre et d'une direction à l'autre en un point donné, ce qui est néfaste pour l'usinage.

Pour palier ce problème, des critères de conception centrés sur l'isotropie de la matrice jacobienne et sur les facteurs de transmissions des vitesses et des efforts ont été développés. La mise en œuvre de ces critères dans la conception de mécanismes parallèles a conduit au projet Orthoglide et à la réalisation d'un prototype.

L'Orthoglide est un robot parallèle qui permet de déplacer un outil en translation dans l'espace. Trois liaisons glissières motorisées, disposées orthogonalement, déplacent chacune un chariot. Ces chariots transmettent le mouvement à l'outil par l'intermédiaire de trois parallélogrammes articulés. Les actionneurs sont donc fixes, ce qui limite les masses en mouvement. De plus, cette caractéristique rend possible l'utilisation de moteurs linéaires et permet d'évacuer plus facilement la chaleur consécutive à l'échauffement des actionneurs.

L'Orthoglide possède une configuration isotrope (lorsque les trois parallélogrammes sont orthogonaux). En cette configuration, les vitesses des chariots sont exactement les vitesses de l'outil. Il en est de même pour la transmission des efforts. En dehors de la configuration isotrope, des distorsions existent mais restent très limitées. Le volume de travail est de forme quasi-cubique. Au final, l'Orthoglide a un volume de travail régulier au sein duquel les performances varient très peu.

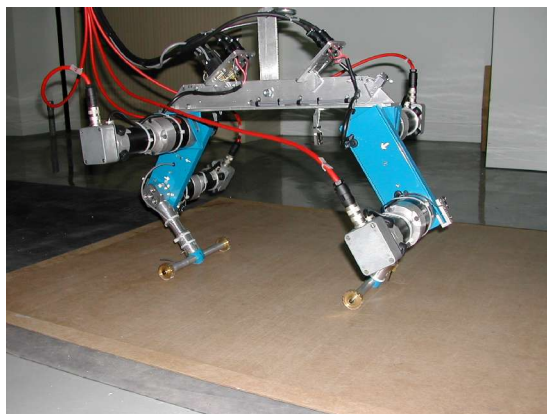
Nous travaillons actuellement sur des versions à 5 et 6 degrés de liberté (brevet en PCT publié). Ces travaux s'effectuent dans le cadre d'un projet national ROBEA du CNRS (projet MAX puis MP2). L'orthoglide a suscité un vif intérêt chez un industriel mexicain qui veut l'utiliser pour usiner des panneaux décoratifs en marbre. Un prototype préindustriel est en cours de fabrication par cet industriel.



Les robots marcheurs :

Semi-Quad

Avec l'aide de la région et du CNRS l'équipe robotique de l'IRCCyN a débuté en 1999 la construction d'un robot marcheur composé d'une plate-forme et de deux pattes. Les axes des articulations des hanches ne sont donc pas confondus, et donc chaque demi-pas courant n'est pas le symétrique du précédent. L'objectif de ce premier prototype est de reproduire le comportement d'un quadrupède dont les mouvements des pattes avant (respectivement des pattes arrière) sont identiques lors d'une allure de marche. D'où le nom qui lui a été donné : Semi-Quad. Les chevilles de Semi-Quad ne sont pas actionnées. Il peut tourner librement en simple support autour de la tige transversale de sa patte en contact avec le sol. Il a effectué ses premiers pas au début de l'été 2003. La hauteur maximale au garrot est 30 cm. Son poids est d'environ 16 Kg. Chaque demi-pas de l'allure de marche comprend une phase de double support, une phase de simple support et un impact. Cette allure de marche



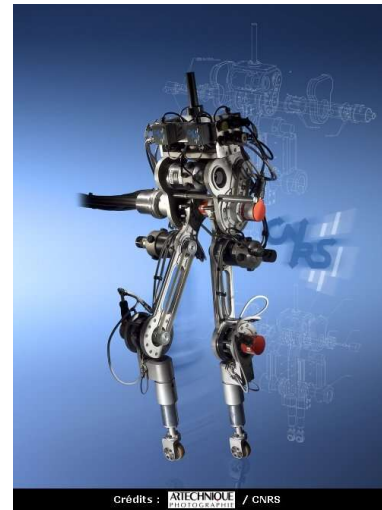
cyclique est intuitive dans le sens le cycle de marche est décomposé en une séquence imposée pour faciliter la marche. En fin de double appui, un déplacement du robot permet d'alléger la jambe à décoller, puis une flexion extension de celle-ci permet son décollage. Cette allure de marche a été adaptée expérimentalement. En simple support, les trajectoires de références des degrés de liberté motorisés sont des polynôme en temps choisis de telle sorte que le robot atteigne une configuration constante avant l'impact pour être sûr d'atteindre la configuration désirée à l'impact. Notre but dorénavant est d'étendre notre travail à des robots à pattes évoluant en 3D. Notre objectif à moyen terme est de transformer *SemiQuad* en un véritable quadrupède. Ainsi, pour des raisons théoriques, il sera le lien, le banc d'essai idéal entre un bipède plan comme Rabbit et un bipède 3D, qui des mouvements dans les plans sagittal et frontal.

Rabbit

Dans le cadre d'un groupe de travail puis d'un projet ROBEA huit laboratoires français se sont regroupés pour développer un robot bipède capable de marcher et de courir. La plupart des robots marcheurs ont des allures pataudes et peu efficaces énergétiquement. Il est possible que ceci soit dû à la recherche d'équilibre du robot alors que la marche humaine comprend probablement des phases de déséquilibres. Pour étudier cet aspect, un robot qui ne peut être qu'en déséquilibre puisque le contact entre le pied et le sol est ponctuel a été développé. Pour ce robot différentes lois de commande ont été conçues pour la marche et la course, ces lois de commande ont été étudiées théoriquement pour aboutir à des conditions de stabilité.

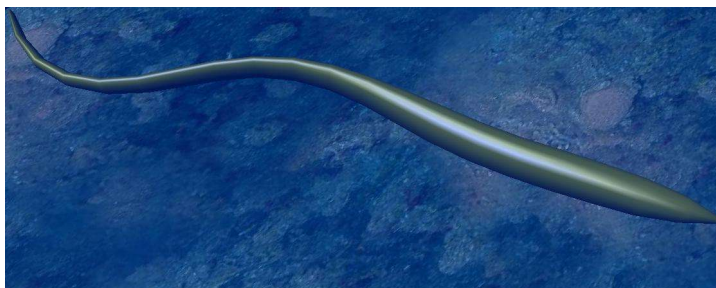
La stratégie mise en place pour la course est la suivante, en phase de simple appui, les consignes des articulations motorisées sont définies en fonction de l'inclinaison de l'axe cheville en support-hanche qui n'est pas motorisé, et non du temps. Le décollage du robot est imposé par la commande lorsque l'inclinaison cheville-hanche atteint une valeur prédéfinie. En phase de vol, les consignes sont modifiées en ligne pour qu'après l'atterrissage le robot soit dans la meilleure configuration possible pour aborder le simple support suivant. L'analyse de stabilité a été menée pour une commande non-linéaire permettant de suivre au mieux les consignes. Pour les tests expérimentaux la commande a été dégradée pour aboutir à un simple régulateur PD indépendant sur chaque axe. Six pas de course ont été réalisés, ce résultat montre que Rabbit est capable de courir mais la commande doit être améliorée pour aboutir à une course sur une longue distance.

Des travaux visant le franchissement de petits obstacles sont à cours ainsi que l'extension de cette approche de commande à des déplacements dans l'espace.



Le robot Anguille

Nous étudions également la locomotion des robots sous l'angle du bio-mimétisme. Dans ce cas de figure, la mobilité des robots est vue comme celle plus générale des animaux se déplaçant dans leur environnement. Aussi la question fondamentale est la suivante: quelles lois de mouvement faut-il imprimer aux degrés de liberté internes d'un système poly-articulé afin qu'en s'appuyant sur son environnement via le contact avec un fluide tel que l'eau, ou l'air, ou un solide tel que la terre le dit système déplace ses degrés de liberté externes (par exemple la situation de sa "tête") de manière attendue. C'est dans cet ordre d'idée que l'IRCCyN réalise et étudie, dans le cadre d'un projet ROBEA, un prototype de robot anguille. Dans ce domaine, qui relève de la robotique sous-marine, les performances des poissons en terme de manœuvrabilité et d'efficacité sont bien supérieures à celles de nos sous-marins conventionnels. Dans le cas de l'anguille c'est avant tout la manœuvrabilité qui est recherchée.



En effet la forte redondance de ses degrés de liberté internes en faisant un animal quasi-continu, lui permet de se déplacer dans des environnements extrêmement encombrés telles que les cavités rocheuses ou autres cavernes. Le but du projet est de réaliser, sur la base d'une modélisation continue de type "poutre actionnée en grandes transformations", un prototype consistant en l'empilement sériel de plates-formes parallèles. Les plates-formes seront

de type "rotule" et permettront de ce fait d'investir la nage trois-D, domaine encore mal connu pour ces systèmes. L'assemblage modulaire de ces plates-formes bio-mimant l'empilement des vertèbres de l'animal sera connecté à une tête rigide instrumentée de manière extéroceptive. Enfin, le prototype sera gainé d'un organe flexible continu garantissant un bon rendement de la nage.