PROLEGOMENES PRObLEmes de GéOmétrie pour les MEcanismes: Les NouvellES

Numéro 17, 13 Juin 1996

Editorial

Au sommaire de ce numéro: trois compte-rendu de conférence, deux annonces de publication, une thèse. Mais j'ai de la peine à croire que depuis le mois de Mars, date du dernier numéro, il y ait eu aussi peu de publications, de thèses etc.. Envoyer une contribution, poser des problèmes, sont aussi une manière de faire vivre cette communauté. D'ailleurs les problèmes ouvert exposés ici dans le passé ont presque tous été résolus, ce qui a permis à leur auteur de progresser...

Compte rendu

IEEE ICRA

La conférence IEEE on Robotics and Automation s'est tenue à Minneapolis du 24 au 26 Avril 1996. Comme d'habitude énormément de sessions en parallèle et 4 gros tomes de proceedings. Difficile dans ces conditions de faire un compte-rendu complet... Je me bornerais donc à vous présenter un résumé de quelques présentations. *Chirikjian* continue son travail sur les robots binaires (des manipulateurs constitués d'un empilement de modules de type parallèle dont chaque actionneur ne présente que deux états: étendu ou contracté). Il s'est intéressé à la planification de trajectoire et aux modèles géométriques (en particulier en utilisant une méthode reposant sur une notion de densité dans l'espace de travail) et nous a présenté un prototype plan dont le fonctionnement est impressionnant. Toujours dans le domaine des robots exotiques il a aussi étudié les robots "métamorphiques": il s'agit de manipulateurs constitués de modules élémentaires qui peuvent se déplacer les uns sur les autres, s'accrocher et se décrocher. Notons aussi un mécanisme pour robots à pattes de *Berkemeier* qui a l'originalité de permettre de stocker de l'énergie par un système de ressorts, ainsi que le robot anthropomorphe de *Rosheim*. *Gosselin* s'est attaqué à l'équilibrage statique de robot parallèle plan soit à l'aide de contrepoids, soit avec des ressorts. Il a aussi exposé le principe de fonctionnement d'un nouveau robot parallèle plan dont chaque chaîne est du type PRR. *Bessala* est intervenu sur le problème de la détermination de l'espace de travail de robot parallèle avec une approche purement algébrique. *Tsai* a présenté un nouveau translateur parallèle dont l'architecture est proche de celle d'un robot Δ, dont *Maurine* a étudié la calibration. Le concept de "calibration autonome" est à l'ordre du jour: il s'agit d'utiliser des capteurs articulaires redondants pour calibrer le robot sans nécessité de mesures externes comme l'a montré *Zhuang*. La détermination des meilleures postures pour calibrer un robot est le thème du papier de *Nahvi*.

Renseignements : Jean-Pierre Merlet, INRIA, BP 93, 06902 Sophia-Antipolis cedex. Tel : 93657761. Fax : 93657643.
E-mail : Jean-Pierre.Merlet@inria.fr
http://www.inria.fr:/prisme/personnel/merlet/merlet.html

Zanganeh a élucidé les modèles géométriques d'un joystick à 6 ddl d'architecture mécanique hybride, parallèle-série. Dans le domaine des joystick *Stocco* a fait une comparaison intéressante entre les espaces de travail de diverses architectures parallèles.

Khatib s'est intéressé à la conception de manipulateur pour obtenir des performances optimales du point de vue dynamique. Le nombre minimum de paramètres nécessaires à l'établissement du modèle dynamique de robots est le sujet d'étude de *Kawasaki*: pour cela il décrit la dynamique sous la forme d'une matrice de polynômes qu'il réduit par les bases de Gröbner, les paramètres surabondants disparaissant dans le processus. *Nenchev* a présenté une méthode pour la commande et la planification de trajectoire des robots parallèles au voisinage des singularités alors que *Kosuge* s'est intéressé au problème de la commande en force de robots parallèles à actionneurs hydrauliques. Il a été aussi présenté une méthode permettant, sous certaines hypothèses simplificatrices, de trouver l'ensemble des géométries de robots parallèles dont l'espace de travail contient un espace de travail donné. Enfin il y a eu un article montrant que le modèle géométrique de tous les types possibles de robot parallèles plans se réduisait à l'étude d'un nombre faible de chaînes typiques. A noter aussi de nombreux articles sur les robots travaillant en coopération, sur la planification de trajectoires (en particulier un travail très propre de *Zefran*) ainsi que de nombreux papiers sur la conception de systèmes de fixation de pièces mécaniques et sur des organes terminaux pour la micro-chirurgie.

J-P. Merlet

Compte rendu

ISRAM

L'International Symposium on Robotics and Manufacturing s'est tenu à Montpellier du 28 au 30 Juin. En l'absence des proceedings et en raison de multiples sessions en parallèle il est difficile d'en faire un compte-rendu complet. Un point important qui se dégage est l'utilisation du "kinematics mapping" remis au goût du jour par *Husty*. Cet atlas permet de représenter tout déplacement d'un solide dans l'espace par un vecteur de dimension 8, dont les composantes satisfont deux relations de contraintes. Il permet des manipulations plus simples des déplacements car les relations manipulées sont algébriques. Cet outil a été utilisé par *Angeles* pour l'analyse de l'espace de travail de robot parallèle de type sphérique. Pour chaque chaîne indépendante on écrit l'atlas et l'espace de travail est obtenu comme l'intersection des relations algébriques obtenues pour chaque chaîne. Dans le cas particulier considéré par Angeles il est possible de procéder à de l'élimination entre les relations pour ramener le problème à l'intersection de trois hyperboloïdes. Mais il ne lui a pas été possible de poursuivre plus avant l'élimination. Le "kinematic mappping" a aussi été utilisé par Husty pour procéder à l'analyse de l'espace de travail de robots parallèles plans. Là aussi l'atlas conduit à calculer l'intersection de six hyperboloïdes, qui ont la particularité d'avoir une section circulaire lorsqu'on les coupe par un plan qui correspond à une orientation constante de l'organe terminal. On retrouve ainsi un résultat bien connu: l'espace de travail à orientation constante est l'intersection de trois couronnes articulaires.*Bidard* a présenté une analyse de l'espace de travail d'un robot série à 4 articulations à partir d'une analyse des singularités. *Lenarcic* a abordé le problème de l'optimisation de l'espace de travail non seulement à partir de l'analyse du volume mais aussi de sa compacité et de l'évolution de l'ellipsoïde de maneuvrabilité. *Cecarelli* a présenté un nouveau poignet à 3 d.d.l. dont le principe de fonctionnement est similaire au robot de Romiti à l'Université de Turin. *Angeles* a aussi exposé le principe de fonctionnement d'un nouveau robot parallèle à 6 d.d.l: chacune des 6 chaînes est constituée d'un cardan, dont un axe est motorisé, relié à un ensemble de deux segments connectés par une articulation rotoïde passive. *Cléroux* nous a montré des résultats sur la modélisation de robots parallèles flexibles. *Lallemand* nous a exposé le principe de fonctionnement de son robot parallèle à 6 d.d.l. dit 2-Δ: comme son nom l'indique il s'agit de deux robots Δ imbriqués, l'un permettant le contrôle des translations, l'autre des orientations. *Uchiyama* a décrit l'application de l'HEXA pour les mouvements dextres. *Legay* nous a entretenu d'un poignet sphérique redondant.*Dunlop* s'est intéressé à l'équilibrage statique d'un robot parallèle positionneur d'antenne pour le suivi de satellite. Cet équilibrage est obtenu en plaçant des contrepoids aux extrémités des segments. La disposition et la masse de ceux-ci sont obtenus par optimisation numérique. Enfin *Pernelle* a rendu compte des travaux de l'EPFL dans le domaine des micro-mécanismes. De nombreux problèmes technologiques sont à résoudre pour obtenir des mécanismes ayant un fonctionnement satisfaisant. Un des plus difficiles à résoudre est le problème des articulations passives: s'il est possible de réaliser de telles articulations fonctionnant par déformation élastique des matériaux leur amplitude de débattement est encore trop faible. Pernelle nous a présenté différentes réalisations impressionnantes comme un robot parallèle plan, un robot de Lee. A noter une présentation intéressante de *Roth* sur le rôle des paramètres géométriques dans les performances des robots ainsi que des papiers passionnants sur la robotique médicale et la calibration de robots.

J-P. Merlet

Compte rendu

ISATA

La conférence sur les technologies de l'automobile s'est tenue à Florence du 3 au 6 juin 1996. En fait ce sont de multiples conférences tenues en parallèle: mécatronique, simulation, système de freinage etc.. C'est aussi une conférence où les recherches présentées sont bien sur très applicatives mais aussi exposées avec beaucoup de prudence....

Clairement le domaine le plus ouvert est celui de l'analyse géométrique des suspensions. Ce sont en général des mécanismes en chaînes fermées à un degré de liberté mais dont les points d'articulation liés au chassis sont montés sur des joints élastiques. La méthode actuelle d'analyse fonctionne en trois étapes: 1) calcul du modèle géométrique en ne prenant pas en compte les élasticités, 2) calcul des forces crées par le pneu sur le mécanisme, 3) bouclage sur le modèle géométrique jusqu'à convergence. Le plus surprenant est que le point 1) est résolu avec une méthode itérative de type Newton-Raphson: il n'y a donc aucune garantie que la solution du modèle géométrique ne saute pas d'une branche à une autre en cours de résolution. Il semblerait aussi qu'il existe dans la pratique des problèmes pour certaines suspensions lorsque l'on approche une singularité (deux ou plusieurs branches se confondent).

La simulation est très active dans le domaine: SABER pour le domaine électrique et ADAMS pour la cinématique et la dynamique. Mais ce dernier semble trouver ces limites sur les problèmes de suspension. La simulation du comportement des pneumatiques semble être aussi un gros problème avec de nombreux logiciels qui lui sont dédiés. On a pu aussi noter une émergence des micro-systèmes: actionneurs piézoélectriques, capteurs d'accélérations multi-composantes etc..

Pour ce qui concerne les systèmes de simulation on peut noter que la tendance est à l'ouverture pour permettre à l'utilisateur de définir ses propres modules ou pour permettre la communication avec différents logiciels plus ou moins spécialisés afin d'exploiter au mieux les spécificités de chacun d'entre eux. Ainsi le système de simulation électrique/électronique SABER communique avec MATHLAB pour étudier en particulier la stabilité de système en boucle fermée.

Ce congrès a été aussi l'occasion d'entendre certaines reflexions étonnantes comme celle-ci: un retard à la livraison de votre produit vous coûtera 33 % de vente annuelle en moins alors que l'amélioration de votre produit ne vous apportera que 5 % de vente en plus....

J-P. Merlet

Thèses

Intérêt d'une redondance cinématique pour la commande en effort d'un robot manipulateur. Application à un robot parallèle et redondant : SPEED-R-MAN

par **Jean-Christophe SANCHEZ**
ENSAE
soutenue le 11 Juin 1996

Le but de la thèse est de mesurer l'intérêt d'une cinématique redondante pour le contrôle d'effort en robotique, particulièrement dans le cas de robots parallèles.

Un robot redondant possède par définition plus d'actionneurs que de degrés de liberté (d.d.l.). On analyse d'abord les conséquences de cette propriété sur le comportement et la commande du robot. Il apparaît que la redondance affecte non seulement les propriétés cinématiques mais également dynamiques du robot. Or les techniques classiques de gestion des d.d.l. redondants agissent essentiellement au niveau cinématique. En outre, elles sont fondées sur des méthodes d'optimisation très lourdes à mettre en œuvre.

On passe ensuite en revue les schémas de commande les plus utilisés pour la réalisation de tâches robotiques avec contact. Cette étude permet de mesurer l'importance des performances dynamiques pour la maîtrise des efforts de contact. On propose alors une méthode originale d'exploitation de la redondance dans ce sens : il s'agit d'utiliser la dynamique de certains d.d.l. pour améliorer les performances cartésiennes. Cette méthode est fondée sur l'implantation d'un retour d'effort cartésien suivant les d.d.l. redondants. Elle se distingue ainsi des méthodes classiques où ces d.d.l. sont pilotés en vitesse. En outre, elle est assez simple à mettre en œuvre.

C'est un prototype développé par le CERT (ONERA) qui a servi de cadre à cette thèse : le robot Speed-R-Man. Sa structure parallèle lui confére des qualités de rigidité et de légèreté favorables au contrôle d'effort. Une étude en simulation montre que sa cinématique redondante permet d'améliorer notablement ses performances dans ce domaine. La méthode d'exploitation de la redondance proposée permet d'utiliser les capacités dynamiques d'un groupe d'actionneurs pour réaliser la partie haute fréquence d'un asservissement d'effort; les autres actionneurs, plus lents, sont utilisés pour réaliser la partie basse fréquence de la tâche cartésienne. Le site peut alors être vu comme une extension originale du concept macro-micro.

Un capteur d'effort a été installé sur le site expérimental et un schéma de commande hybride position-force a été implanté. Des travaux sont en cours pour valider les résultats obtenus en simulation.

Publication

Isotropic coordinates, circularity, and Bezout numbers: planar kinematics from a new perspective
par C. Wampler
General Motors RR 8188

Ce rapport de recherche paraîtra aussi dans la prochaine conférence de l'ASME sur le "Design Engineering" C. En voici le résumé: Il est bien connu qu'il est commode de décrire les problèmes de mécanique plane en considérant les segments comme des vecteurs dans le plan complexe. Mais peu d'attention a été portée sur l'interprétation de ces vecteurs comme coordonnées isotropes. Ces coordonnées, qui ont été souvent utilisées comme astuce pour analyser les mécanismes à 4 barres, sont en fait particulièrement appropriées pour l'emploi de deux techniques modernes d'analyse des systèmes d'équations algébriques: la borne BKK et celle de la décomposition en produit. Une formulation fondamentale pour l'analyse des mécanismes plans est présentée et utilisée pour prouver ne nombreux résultats nouveaux, concernant principalement le degré et la circularité des courbes de coupleur des mécanismes plans. Cette approche facilite les preuves théoriques et la résolution numérique et sera utile à la fois pour l'analyse et la synthèse.

Modélisation géométrique de mécanismes de suspension automobile
par J-P. Merlet
Rapport INRIA 2817, Mars 1996

Les mécanismes utilisés pour les suspensions automobiles sont en général des mécanismes en chaînes fermées à un degré de liberté. La modélisation géométrique consiste à déterminer la posture du corps terminal du mécanisme en fonction de la valeur d'un des paramètres du système, appelé le paramètre fixe. De part la nature des mécanismes employés ce problème n'a pas une solution unique alors qu'usuellement on utilise pour le résoudre une procédure numérique de type Newton-Raphson avec estimée initiale, sans qu'il y ait garantie sur l'obtention d'un résultat et qui ne fournira de toute façon qu'une seule solution. Nous considérons différents mécanismes qui ont été proposés comme suspension soit avant, soit arrière, et nous proposons pour chacun d'entre eux un algorithme permettant de calculer toutes les solutions. Dans certains cas on pourra même établir un majorant du nombre maximal de solutions réelles.

Rendez-vous

Nom: MARAS'96 : 2nd International Conference on Mobile and Rapidly Assembled Structures
Date et Lieu: 17-19/06/1996
Contact: Wessex Institute of Technology, Ashurst Lodge Ashurst Southampton SO40 7AA,RU

Nom: 11th RoManSy
Date et Lieu: 1-4/7/96, Udine
Contact: Pr. Bianchi, CISM, Piazza Garibaldi 18 33100 Udine, Italie

Nom: Computational Engineering in Systems Applications
Date et Lieu: 9-12/7/96, Lille
Contact: E-mail : `cesa96@lails1.ec-lille.fr`

Nom: Ecole "Modelling and control of mechanisms and robots"
Date et Lieu: 22-26/7/1996, Bologne
Contact: http://deis58.deis.unibot.it/RoboticsSchool

Nom: 12th Int. Conf. on CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future

Date et Lieu: 14-16/08/1996, Londres
Contact: Fax:0181 361 1726

Nom: ASME Design Engineering Conf.
Date et Lieu: 18-22/8/96, Irvine, CA
Contact: E-mail : `cabechte@uci.edu`

Nom: Symp. on Trends in Applications of mathematics to mechanics
Date et Lieu: 2-7/09/1996, Varsovie
Contact: E-mail : `azachara@ippt.gov.pl`

Nom: Summit of robotics scientist
Date et Lieu: 09/1996, Tahiti
Contact: J-G. Fontaine, LRP, 10-12 Av. de L'Europe 78140 Velizy

Nom: Advances in robot kinematics
Date et Lieu: 22-26/06/1996, Portoroz-Bernadin, Slovénie
Contact: J. Lenarcic, Jozef Stefan Institute Jamova 39, Ljubljana, Slovénie

Nom: Algorithmic foundation of robotics
Date et Lieu: 3-5/07/1996, Toulouse
Contact: Pr. Overmars, Dpt of Computer Science Utrecht Univ, mailmarkov@cs.ruu.nl

Nom: 7eme Int. Meeting,Society for Minimal invasive therapy
Date et Lieu: 18-19/9/1996, Cernobbio, Italie
Contact: Congressi Meeting Incentive Piazza Malpighi 3/A, 40121 Bologne

Nom: Strucome (Analyse des Structures)
Date et Lieu: 2-3/10/1996, Paris
Contact: APCAS 12 Rue de Chanteloup, 78570 Andresy

Nom: 27th ISIR
Date et Lieu: 6-8/10/1996, Milan
Contact: E-mail : `molfino@dimec.unige.it`

Nom: Int. Symp. on Humanoid Robots
Date et Lieu: 30-31/10/1996, Tokyo
Contact: http://www.shirai.info. waseda.ac.jp/humanoid/huro96/

Nom: IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems: IROS 96,
Date et Lieu: 4-8/11/96, Osaka
Contact: G. Sandini,E-mail : `giulo@dist.unige.it`

Appels aux communications

Voir aussi http://www.cee.hw.ac.uk/~acc/conf-list.html

Conférence: Int. Symposium on Machine and Mechanisms
Date et Lieu: 2-5/09/1996, Belgrade
Date limite: ?
Contact: Faculty of Mechanical Eng. 27, marta 80, 11000 Belgrade

Conférence: Int. Conf. on Manufacturing Automation: ICMA'97
Date et Lieu: 28-30/04/1997, Hong Kong
Date limite: 31/07/1996
Contact: E-mail : `hkucon@hkucc.hku.hk`

Conférence: International Conference on Rehabilitation Robotics
Date et Lieu: 14-15/4/1997
Date limite: ?
Contact: E-mail : `bime@bath.ac.uk`

Conférence: Congrès Français de Mécanique
Date et Lieu: 1-5/09/1997, Poitiers
Date limite: 15/10/1996
Contact: E-mail : `doan@univ-poitiers.fr`

Conférence: International Conference on Rehabilitation Robotics
Date et Lieu: 14-15/04/1997
Date limite: ?
Contact: http://www.bath.ac.uk/ mpsbime/icorr97.htm

Conférence: SYROCO
Date et Lieu: 3-5/09/1997, Nantes
Date limite: 15/12/1996
Contact: http://www.ec-nantes.fr

Conférence: IROS
Date et Lieu: 8-13/09/1997, Grenoble
Date limite: 1/12/1996
Contact: E-mail : `giralt@laas.fr`

Conférence: Int. Conf. on Mechanical Transmissions and Mechanisms
Date et Lieu: 1-4/7/1997, Tianjin, Chine
Date limite: 31/12/1996
Contact: MTM'97, Tianjin University Tianjin, R.P. de Chine

Conférence: Advanced Intelligent Mechatronics
Date et Lieu: 16-20/6/1997, Tokyo
Date limite: 31/1/1997
Contact: http://dfs.iis.u-tokyo.ac.jp/AIM97/.

Conférence: World Automation Congress
Date et Lieu: 9-13/5/1998, Anchorage
Date limite: ?
Contact: ?

Brèves

↗: le programme SMT (Standard, Measurements and Testing) de la Communauté Européenne a distribué un questionnaire pour l'amélioration de la standardisation des robots industriels