PROLEGOMENES PROBLEmes de Géométrie pour les MEcanismes: Les NouvellES

Numéro 6, 3 Janvier 1994

Editorial

Voici le premier numéro de l'année de Prolégomènes. Souhaitons une bonne année 1994 à la géométrie pour les mécanismes ainsi qu'à tous les lecteurs de Prolégomènes.

Ce numéro contient le compte-rendu du congrès SEA93 à Marseille sur la résolution des systèmes d'équations algébriques ainsi qu'une réponse à un problème ouvert proposé dans le n° 5.

Comptes rendus

Conférence SEA93 Luminy, Marseille 15-19/11/1993

Le thème du congrès SEA était la résolution au sens large des systèmes d'équations polynomiales. Son but était de réunir des mathématiciens, des chercheurs dans le domaine du calcul formel ainsi que des chercheurs travaillant dans des domaines applicatifs où ce type de système est courant (robotique et vision par ordinateur).

Angeles a présenté un état de l'art sur les méthodes de résolutions des systèmes d'équations non linéaires: solutions analytiques (rares) ou solutions numériques ou mixtes (élimination, méthode de Newton, bases de Gröbner, homotopie). Après une rétrospective des méthodes graphiques (cercle de Mohr, nomographie, anamorphose) il a présenté sa méthode des contours dont nous avons parlé dans Prolégomènes n° 1 illustrée par des exemples d'applications sur le problème du modèle géométrique inverse du robot 6R, pour la synthèse du mécanisme de Stephenson ainsi que pour le modèle géométrique direct des robots parallèles.

Michael Shub et Steve Smale nous ont ensuite fait un exposé sur une méthode permettant de déterminer k racines d'un système d'équations polynomiales qui se veut rapide, robuste, et a «une bonne chance de succès». Ils ont expliqué en termes plus mathématiques la signification de ces divers termes. Leur méthode est robuste car la détermination finale des racines repose sur la méthode de Newton à partir d'une estimée qui est assurément dans le domaine de convergence: on peut ainsi garantir l'exactitude de la solution. L'algorithme est aussi rapide car la complexité en moyenne de l'algorithme est polynomiale en temps. Plus précisément les solutions sont trouvées en effectuant k^2N^4 opérations arithmétiques avec N égal au nombre de coefficients nécessaires pour définir le système d'équations. Le principe de l'algorithme est un judicieux mélange d'une méthode d'homotopie et de méthode de Newton. Un programme est disponible par ftp anonyme.

A. Bellido a ensuite exposé différentes méthodes de calcul simultané des inconnues. Deux méthodes ont été plus particulièrement considérées: celle de Frommer-Weierstrass et celle de Ehrlich-Alberth. Dans le premier cas la convergence locale est quadratique et la convergence globale est probable et dans le second cas la convergence locale est cubique et la convergence globale semble aussi assurée. Des résultats de test semble montrer qu'en général la méthode d'Erhlich donne de meilleurs résultats en terme de nombre d'itérations.

Gleyse s'est intéressé à la détermination des racines d'une équation polynomiale qui sont dans ou sur le cercle unité.

L'équipe du LIF de Lille (Guyon, Jacob, Boulier) a présenté ses travaux sur la planification de trajectoire de certains systèmes dynamiques (comme celui de la pièce de monnaie qui roule et dont on commande la rotation propre et la rotation autour de l'axe vertical). Ils ont montré qu'une bonne commande pourra être calculée si l'on arrive à résoudre un système particulier d'équations polynomiales et ont exhibé certaines méthodes de résolution.

Rojas a proposé une généralisation de la méthode du polygone de Newton en montrant différents résultats qui lie le nombre de racines d'un système d'équations polynomiales au volume mixte d'un polytope construit à partir de points dont les coordonnées correspondent aux coefficients du système.

Giusti a montré que si les polynômes sont stockés de manière dense (c'est-à-dire représenté par leurs coefficients) on peut déterminer leurs solutions isolés avec une complexité polynomiale.

Dedieu a proposé un algorithme semi-numérique pour résoudre un système d'équations polynomiales. Son premier outil est une fonction d'exclusion qui permet de définir en un point une boule qui ne contient pas de racine réelle. Ensuite il définit un test d'unicité qui permet de déterminer une boule dans lequel il existe une et une seule racine réelle. Enfin son troisième outil est simplement une méthode de Newton dans une boule pour laquelle la convergence sera quadratique vers une solution unique. Son algorithme consiste alors simplement a examiner des boules, et de déterminer si ces boules contiennent des solutions. Si non les boules sont exclues, sinon elle sont divisées jusqu'à obtenir des sous-boules qui ne contiennent pas de solution (la boule est alors exclue) ou qui en contienne une seule (dans ce cas on peut utiliser la méthode de Newton pour déterminer la racine à ϵ près. La complexité de son algorithme est en $O(log(|log\epsilon|))$.

Coste-Roy a présenté un algorithme pour transformer un système d'équations polynomiales selon une approche monovariable. Si l'on considère un tel système le calcul de la base de Gröbner selon un ordre lexicographique permet théoriquement d'obtenir un polynôme $P(x_1) = 0$ puis des polynômes tels que $x_i = P_i(x_1)$. Le problème est que si les coefficients du polynôme P sont petits ceux des polynômes P_i sont au contraire très grands. Elle a alors montré que l'on pouvait obtenir des coefficients beaucoup plus petits si l'on représente les variables x_i sous la forme d'un quotient

Renseignements : Jean-Pierre Merlet, INRIA, BP 93, 06902 Sophia-Antipolis cedex. Tel : 93657761. Fax : 93657643.
E-mail : Jean-Pierre.Merlet@inria.fr

$x_i = G_i(x_1)/G1(x_1)$ dont le dénominateur sera identique pour tous les x_i. Cependant à l'heure actuelle elle ne sait calculer les polynômes G_i qu'à partir des polynômes P_i.

Wampler a dressé un état de l'art sur la méthode d'homotopie pour la résolution des systèmes d'équations polynomiales. Il a montré que les points durs des méthodes générales d'homotopie peuvent être contournés dans le cas particulier des systèmes polynomiaux.

Vershelde a montré que l'on pouvait développer une méthode d'homotopie régionale, c'est-à-dire déterminer les zéros d'un système polynomial dans une région, ceci en utilisant le théorème de Rouche.

Pietrus nous a présenté une méthode de résolution des systèmes polynomiaux triangularisé. Dans le principe il s'agit d'un algorithme itératif mais sur l'ensemble des variables. On évite ainsi la propagation des erreurs numériques. Le point faible de cette méthode reste bien sur la nécessité de triangulariser; en effet les méthodes connues ont la propriété d'élever sensiblement le degré des équations traitées.

Duval nous a présenté une nouvelle méthode de triangularisation des systèmes polynomiaux.

Malajovich a proposé une méthode de type Newton permettant d'obtenir les zéros approchés d'un système polynomial générique (la condition est que le système ne doit pas appartenir à une certaine variété algébrique) à coefficients gaussiens entiers. Il a réussi à évaluer la complexité de cet algorithme en terme de nombre d'opérations.

Gibson a montré comme la théorie des singularités trouvait une application même pour les plus simples des mécanismes comme le mécanisme à quatre barres.

Yakoubsohn a introduit une nouvelle constante pour la méthode de Newton. Il montre que si un point de départ satisfait une certaine condition dans laquelle intervient cette constante alors la convergence du schéma de Newton sera super-quadratique. On peut ainsi caractériser les bonnes estimées initiales.

Lopez s'est intéressée à l'application du calcul formel pour les problèmes de modèle géométrique direct et inverse de robot. L'utilisation de base de MacKauley permet ainsi de retrouver très rapidement des résultats maintenant classiques pour divers manipulateurs (robot 6R général, plate-forme de Gough), ceci sur un ordinateur de type portable.

Micelluci a montré comment la théorie des graphes permet de décomposer un système bien contraint en un système irréductible.

Van Effelterre a montré que la précision des calculs algébriques était cruciale dans le calcul des graphes d'aspect pour la vision par ordinateur.

Le sentiment général qui se dégage après la tenue de cette conférence particulièrement animée est que l'effervescence est grande dans ce domaine. Diverses méthodes numériques d'obtention des racines de systèmes polynomiaux ont été proposées et testées sur des systèmes de taille significative (d'ailleurs souvent issus de problèmes de la théorie des mécanismes) Les méthodes de calcul formel sont elles aussi en plein essor avec des progrès significatifs.

J-P. Merlet

Note historique

Dans le n° 5 de Prolégomènes le Pr. Dijksman avait attribué la découverte de l'inverseur dit de Peaucellier a L. Lipkin en 1781. Le Pr. Dijksman fondait cette affirmation sur le livre **College Geometry** de N. Altshiller pour ce qui concerne la date et sur le livre **Geometry Revisited** de Coxeter et Greitzer où il est écrit: «ce mécanisme, découvert par Lipkin en 1781 a été redécouvert par Peaucellier 90 ans plus tard...». Le Pr. Dijksman m'informe que le Dr. Koetsier de la faculté des Mathématiques d'Amsterdam a établi que Lipkin a en fait présenté son mécanisme en 1873 à l'exposition universelle de Vienne et en a présenté le concept pour la première fois le 22 Décembre 1870 à l'Académie des Sciences de St Petersbourg, soit 4 ans **après** Peaucellier. Le nom d'inverseur de Peaucellier est donc parfaitement justifié.

Note sur le problème de Prolégomènes n° 5

par Gabriela Danescu, Marc Dahan, Laboratoire de Mécanique Appliquée, 25030 Besançon Cedex

Le texte suivant contient quelques résultats qui répondent partiellement à un «problème ouvert » énoncé dans Prolégomènes n° 5. Les éléments géométriques du robot plan que nous analysons sont décrits dans la figure 1. L'une des

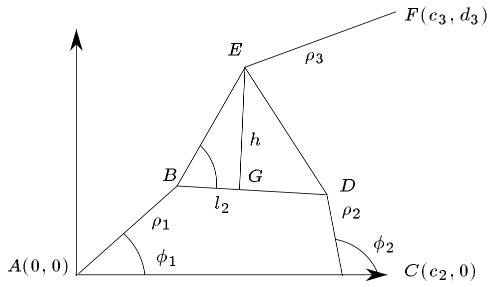

Figure 1:

6 configurations possibles du robot plan présentée ci-dessus est déterminée par la valeur de l'angle ϕ_1.

On appelle *robot miroir* le robot plan obtenu en prenant comme plate-forme mobile l'image miroir de la plate-forme mobile BED du robot initial par rapport à la ligne BD. Le problème posé est:

Existe t'il un mécanisme à 4 barres tel que la courbe de son coupleur coupe un cercle donné en 6 points et que la courbe du coupleur du mécanisme miroir coupe ce même cercle en 6 autres points?

Nous répondrons à cette question en plusieurs étapes:

tout d'abord nous discutons sur le mécanisme à 4 barres $ABCDE$; ensuite nous choisissons l'emplacement du point F pour que le cercle de rayon EF coupe la réunion entre la courbe de coupleur du mécanisme $ABCDE$ et la courbe de coupleur du mécanisme miroir $ABCDE'$ (E' étant le symétrique de E par rapport au segment BD) en 12 points.

Pour éliminer les homothéties possibles (qui ne modifieront pas les aspects qualitatifs du problème) nous fixons $c_2 = 1$. Soient G la projection orthogonale de E sur BD, a le rapport orienté BG/GD et h la hauteur du triangle BDE. Nous notons par $g = (\rho_1, \rho_2, l_2, a, h)$ la géometrie du mécanisme à 4 barres. Notons par $c(g)$ la courbe de coupleur du mécanisme $ABCDE$ et $c(g')$ la courbe de coupleur du mécanisme $ABCDE'$ (déterminé par $g = (\rho_1, \rho_2, l_2, a, -h)$) et par $card$(X) le nombre d'éléments d'un ensemble X. Nous démontrons les résultats suivants:

Théorème 1: Il existe un mécanisme à 4 barres, de géométrie g et une constante positive r_0 tels que pour tout $r > r_0$, il existe un point F pour lequel :

$$card\{C(F,r) \cap \{c(g) \cup c(g')\}\} = 12$$

où $C(F,r)$ signifie le cercle de centre F et rayon r

Théorème 2:Il existe un mécanisme à 4 barres, de géométrie g et une constante positive d_0 tels que pour tout $d > d_0$, il existe un point F situé à la distance d de la droite AC pour lequel:

$$card\{C(F,r) \cap \{c(g) \cup c(g')\}\} = 12$$

où r est une constante qui ne dépend que de d.

Remarque 1: Les deux théorèmes précédents présentent des résultats pour lesquels $\rho_1 \neq \rho_2$. De plus, F peut être situé à une distance arbitraire par rapport à la droite AC.

Remarque 2: Les deux théorèmes précédents montrent que l'exemple de Lazard est un cas singulier. Il est facile de voir (par continuité) que si $g = (\rho_1, \rho_2, l_2, a, h)$ est la géométrie d'un quatre barres qui possède la propriété demandée, alors toute géométrie «proche » de g, possède la même propriété. Cette remarque montre que *l'exemple de Lazard implique qu'il y a des solutions pour lesquelles* $|BE| \neq |ED|$.

Démonstration du théorème 1:

Soit $g = (\rho_1, \rho_2, l_2, a, h)$ la géométrie d'une quatre barres. La courbe de son coupleur $c(g)$ contient tous les points $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ pour lesquels:

$$x = a\rho_1 \cos\phi_1 + (1-a)(\rho_2 \cos\phi_2 + 1) - h(\rho_2 \cos\phi_2 + 1 - \rho_1 \cos\phi_1)/l_2 \quad (1)$$

$$y = a\rho_1 \sin\phi_1 + (1-a)\rho_2 \sin\phi_2 - h(\rho_2 \sin\phi_2 - \rho_1 \sin\phi_1)/l_2 \quad (2)$$

et

$$\rho_1^2 + \rho_2^2 - l_1^2 + 1 - 2\rho_1\rho_2 \cos(\phi_1 - \phi_2) + 2\rho_2 \cos\phi_2 - 2\rho_1 \cos\phi_1 = 0 \quad (3)$$

La courbe de coupleur du mécanisme miroir sera donnée par les équations (1),(2) et (3) où nous remplaçons h par $-h$.

Considérons un 4 barres g pour lequel une droite $x = x_0$ coupe la courbe de coupleur en 6 points. Cette propriété est invariante par rapport à la réflexion $y \to -y$ et donc le mécanisme miroir aura la propriété: $card\{c(g') \cap \{(x_0, y)| y \in \mathbb{R}\}\} = 6$. Les résultats suivants complétent la démonstration du théorème.

Lemme 1 Supposons donné un 4 barres de géométrie g, pour lequel une droite $x = x_0$ coupe la courbe de son coupleur en 6 points. Alors il existe $\epsilon > 0$ et $\delta > 0$ tels que pour tout $k \in (x_0 - \epsilon, x_0 + \epsilon)$, le système (1)-(2)-(3) a 6 solutions (k, y_i) où:

$$-\delta < y_1 < y_2 < y_3 < y_4 < y_5 < y_6 < \delta$$

On peut choisir ϵ suffisamment petit pour que l'intersection de la courbe du coupleur avec le rectangle $[x_0 - \epsilon, x_0 + \epsilon] \times [-\delta, \delta]$ contienne 6 composantes connexes, chacune correspondant à une solution y_i (voir figure 2(1)). La démonstration est évidente en utilisant un simple argument de continuité.

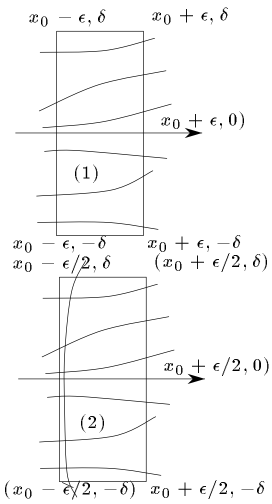

Figure 2:

Lemme 2: Dans les hypothèses du Lemme 1, soient $\epsilon > 0, \delta > 0$ avec les propriétés données dans le Lemme 1 et soit $r_0 = (\epsilon^2 + \delta^2)/(2\epsilon)$. Alors pour tout $r > r_0$ il existe un point F tel que $card\{c(g) \cap C(F,r)\} = 6$.

Démonstration: Soit $r > r_0$ et soit F=$(x_0 - \epsilon/2 + r, 0)$; il résulte que les points d'intersection entre le cercle C(F,r) et le rectangle $[x_0 - \epsilon/2, x_0 + \epsilon/2] \times [-\delta, \delta]$ sont :

$$(x_0 - \epsilon, 0), (x_0 - \epsilon/2 + r - \sqrt{r^2 - \delta^2}, -\delta), (x_0 - \epsilon/2 + r - \sqrt{r^2 - \delta^2}, \delta)$$

Puisque $r > r_0$ nous avons $x_0 - \epsilon/2 + r - \sqrt{r^2 - \delta^2} < x_0 + \epsilon/2$ ce qui montre que le cercle coupe le rectangle $[x_0 - \epsilon/2, x_0 + \epsilon/2] \times [-\delta, \delta]$ comme le montre la figure 2(2). Le cercle C(F,r) divise le rectangle $[x_0 - \epsilon, x_0 + \epsilon] \times [-\delta, \delta]$ en deux composantes connexes et donc par continuité, il coupe chaque composante connexe de la courbe de coupleur $c(g)$ en exactement un point. En plus les 6 points d'intersection sont distincts (si non, deux composantes connexes de la courbe du coupleur s'intersectent) et la démonstration du théorème 1 est complète.

Nous avons donc démontré que pour une géométrie g donnée, pour laquelle il existe une droite $x = x_0$ qui coupe $c(g)$ en 6 points il existe $r_0 > 0$ tel que pour tout $r > r_0$ il existe un point F avec la propriété $card\{c(g) \cap C(F,r)\} = 6$. Il résulte immédiatement que $card\{c(g') \cap C(F,r)\} = 6$ et donc nous avons obtenu une famille d'exemples qui vérifient les hypothèses demandées.

Comme il est facile de remarquer que la démonstration du théorème 1 repose sur le fait qu'il y a des géométries g pour lesquelles il existe une droite $x = x_0$ qui coupe $c(g)$ en 6 points on peut approcher la droite par des cercles suffisamment grands. On considère l'exemple :

$$\rho_1 = 1 \ \rho_2 = 1.2 \ l_1 = 0.95 \ a = 0.25 \ h = 0.5 \ x_0 = 0.25$$

nous choisissons $\epsilon = 0.04, \delta = 1.7$ ce qui donne $r_0 = 36.145$; dans ce cas F aura l'abscisse 36.375. La figure 3 montre la courbe qui correspond à cette géométrie et la figure 4 montre le cercle $C(F, 36.145)$ pour F=(36.375,0).

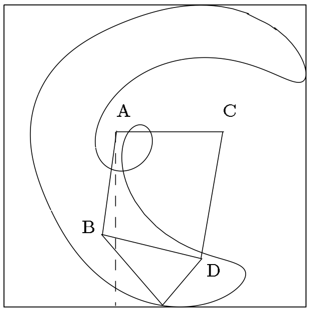

Figure 3:

Démonstration du théorème 2: Soient ϵ et δ donnés par le Lemme 1 et les points $P_i, (i = 1,4)$ de coordonnées $P_1 = (x_0 + \epsilon/2, k\delta), P - 2 = (x_0 - \epsilon/2, k\delta)$, $P_3 = (x_0 - \epsilon/2, -k\delta)$ et $P_4 = (x_0 + \epsilon/2, k\delta)$. Soient $R_1 = (x_0 + \epsilon/2, \delta)$, $R_3 = (x_0 - \epsilon/2, -\delta)$ et R_2, R_4 les projections de R_1 sur P_1R_3 et respectivement de R_3 sur P_3R_1. Il résulte que R_1, R_2, R_3 et R_4 forment un rectangle avec la propriété suivante : tout segment parallèle à R_4R_1 coupe la courbe $c(g)$ en 6 points distincts (comme le montre la figure 5). Mais la construction est faite de tel sorte que tout segment parallèle à R_4R_1 qui coupe R_1R_2 coupe aussi la courbe $c(g')$ en 6 points distincts. La suite de la démonstration utilise les idées exposées dans la démonstration du théorème 1; soit R_0, le milieu du segment R_2R_3. Le centre du cercle qui passe par les points R_1, R_0 et R_4 est situé à la distance

$$d_0 = \frac{\delta^2(1+k^2) + \epsilon^2 k^2}{2\delta(1+k^2)(1-k)}$$

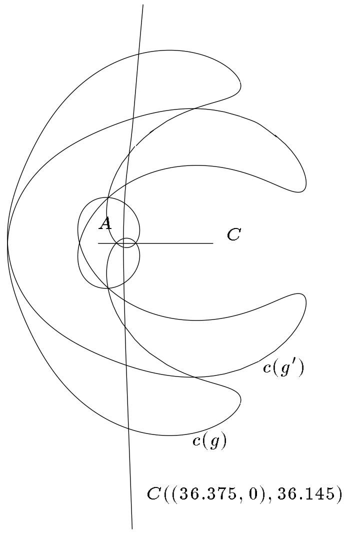

Figure 4:

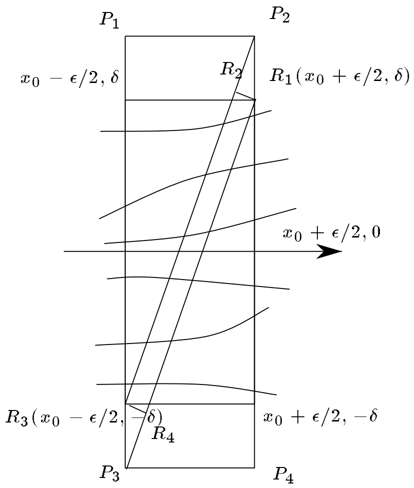

Figure 5:

de la droite AC et son rayon est

$$r(d_0) = \frac{d_0}{\epsilon}\sqrt{\delta^2(1+k)^2+\epsilon^2}$$

Il résulte que pour tout $d > d_0$ le cercle de rayon $r(d)$ avec le centre situé à la distance $|d|$ de l'axe déterminé par A et C et qui passe par R_0, coupe $c(g) \cup c(g')$ en 12 points. La vérification est immédiate. Pour l'exemple donné en (4) et pour $k = 1.1$ nous obtenons $d_0 = 8.5012912$ et $r_0 = 758.77972$.

En conclusion, nous avons montré *que les restrictions géométriques « F proche de AC » et BE=DE ne sont pas nécessaires.* Il est bien évident que la solution présentée n'est pas exploitable pour une application en robotique en raison des grandeurs dimensionnelles résultantes.

Présentation

Equipe Mécanismes et Robotique du *Laboratoire de Mécanique Appliquée R. Chaleat*, associé au CNRS

Composition: Marc Dahan (directeur de recherche CNRS), 2 techniciens électroniciens, 1 technicien mécanicien, 4 thésards.

Dans le cadre de nos activités liées à la théorie des mécanismes, nous développons une étude qualitative du mouvement relatif d'un ensemble de corps rigides. Nous établissons des règles de composition d'une logique binaire adaptée aux torseurs cinématiques. Ainsi, nous pouvons modéliser les associations de liaisons mécaniques sans perte d'informations. L'idée est d'associer une structure algébrique à un ensemble de mécanismes composés d'articulations élémentaires. Une association de liaisons en série ou en parallèle est représentée par des fonctions adéquates dont on déduit un graphe qui contient toutes les informations qualitatives liées aux liaisons. La mise au point d'une nouvelle structure (architecture de robot par exemple), à laquelle certaines mobilités seraient imposées, reviendrait à trouver un chemin dans le graphe construit. C'est dans cet esprit qu'a été définie l'architecture d'un robot spatial à 6 degrés de liberté (Brevet CNRS 92-02917). Ce manipulateur comprend une plate-forme liée à une base par 6 membres polyarticulés eux-mêmes liés à la base et à la plate-forme par des liaisons passives de type rotule ou cardan et par un actionneur à un degré de liberté (moteur électrique ou vérin). En vue de son industrialisation, nous en avons réalisé un prototype que nous voulons motoriser puis asservir (toute coopération nous serait très utile!).

Rendez-vous

Nota: Le calendrier des conférences est établi à partir du fichier des manifestations de l'INRIA et de la lettre d'information de l'IFToMM qui est à nouveau publiée (contact E-mail : `iftomm@cim.mcgill.ca`).

Nom: Tampere Int. Conf. on Machine Automation
Date et Lieu: 16-18/02/1994 Tampere, Finlande
Contact: Tampere University of Technology, Ms. Raili Siekkinen, P.O. Box 527, 33101 Tampere, Finlande

Nom: IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation
Date et Lieu: 8-13/05/1994 San-Diego, USA
Contact: H. Stephanou,RPI, Troy, New-York, 12180-8652 ,USA

Nom: Japan-USA Symp. on Flexible Automation
Date et Lieu: 11-13/7/94, Kobe
Contact: D. Hardt, Dept. of Mech. Eng., MIT, Room 35-324 Cambridge, MA 02139, USA

Nom: ISRAM'94
Date et Lieu: 15-17/08/94 Hawai,USA
Contact: E-mail : `isram@houdini.unm.edu`

Nom: Joint Hungarian-British Mechatronics Conf.
Date et Lieu: 21-23/09/1994 Budapest
Contact: Liza Hearst, Institution of Mechanical Engineer 1 Birdcage Walk, London SW1

Nom: 12th Symp. on Engineering Applications of Mechanics
Date et Lieu: Montréal, 27-29/6/1994
Contact: Pr. Price,McGill University

Nom: National Robotics Conf.
Date et Lieu: Varna, Bulgarie, 9/1994
Contact: Dr. Nenchev, Robotics Dpt, Technical University of Sofia, 1756 Sofia

Nom: ASME Design Technical Conf.
Date et Lieu: Minneapolis, 11-14/9/1994
Contact: Pr. T.R. Chase, E-mail : `trchase@staff.tc.umn.edu`

Nom: IROS'94
Date et Lieu: 12-16/9/94, Munich
Contact: IROS'94 Secretariat, c/o UniBw, Munich, 85577 Neubiberg, Allemagne

Nom: Symposium on Robot Control
Date et Lieu: 19-21/09/1994 Capri
Contact: E-mail : `syroco@disna.dis.unina.it`

Nom: V. Symp. on Industrial Robots
Date et Lieu: Bucarest, 10/1994
Contact: Pr. Kovacs, Polytechnic Institue, Timisoara

Nom: 15th Canadian Congress of applied mechanics
Date et Lieu: Victoria,28/5-2/6/1995
Contact: Conference Secretariat, Fax:1 604 721 6051

Appels aux communications

Conférence: Advance in Robot Kinematics
Date et Lieu: 4-6/07/1994, Lubjana
Date limite: 15/02/1994
Contact: J-P. Merlet

Conférence: 5th IFIP Conf. on computer applications in

production and engineering
Date et Lieu: 25-27/09/94
Date limite: 1/02/94
Contact: PO Box 30 24 80,W-2000 Hambourg 36

Conférence: RoManSy
Date et Lieu: 12-15/9/1994, Gdansk
Date limite: 15/04/93
Contact: J-C Guinot, IMTA, 4 Place Jussieu 75230 Paris Cedex 05

Conférence: 5th Int. Conf. on Adaptive Structures
Date et Lieu: 7-9/11/94, Sendai
Date limite: 30/4/94
Contact: Pr. Breitbach, DLR Inst. of Structural Mechanics Flughafen D-3300, Braunschweig, Allemagne

Conférence: 3rd Int. Conf on Automation, Robotics and Computer Vision
Date et Lieu: 8-11/11/94
Date limite: 30/4/94
Contact: ICARCV'94 Secretariat, The Institution of Engineers ,Singapore, 70 Bukit Tinggi Road, Singapore 1128

Conférence: 4th Pan American Congress of Applied Mechanics
Date et Lieu: 01/95, Buenos Aires
Date limite: 30/4/1994
Contact: Pr. Sergio Idelsohn,
E-mail : `rnsergio@arcride.edu.ar`

Conférence: 26th ISIR
Date et Lieu: 4-5/10/95, Singapour
Date limite: 30/08/94
Contact: 26th ISIR Secretariat, Asia-Pacific Exhibitions 122 Middle Road,#08-09 Midlink Plaza, Singapore 0718

Conférence: 9th World Congress on the theory of machines and Mechanisms
Date et Lieu: 29/8-1/9/1995, Milan
Date limite: 05/1994
Contact: Pr. Rovetta,E-mail : `Rovetta@lpmcc2.Polimi.It`

Problème ouvert

Soit un triangle $B_1B_2B_3$ et deux points fixes A_1, A_2. Les points B_1, A_1 et B_2, A_2 sont reliés par des segments de longueur fixe et des articulations de type rotule permettent toutes les rotations des segments autour des points A_i, B_i. On suppose que le point B_3 du triangle est astreint à se déplacer dans un plan horizontal. Quelle est l'équation de la frontière du domaine atteignable par le point B_3 ?

Rectificatif

Dans le n° 5 de Prolégomènes le Pr. Dijksman a présenté une généralisation de l'inverseur de Peaucellier. Lors de la transcription du manuscript une erreur a été commise sur les dessins, dans lesquels on ne peut plus faire de différence entre les articulations rotoïdes ordinaires et celles fixes. Voici les dessins corrigés.