

Table des matières

Préface	5
1 Introduction	13
Perception	17
2 Le point sur la commande proximétrique	19
2.1 Introduction	19
2.2 Position du problème	21
2.2.1 Introduction	21
2.2.2 Variation du signal s	24
2.3 Une analogie cinématique	33
2.3.1 Interprétation du couple (u, r)	33
2.3.2 Dualité	34
2.3.3 Application à la conception de tâches référencées capteurs	36
2.3.4 Principaux types de primitives standard	45
2.3.5 Primitives et commande	51
2.3.6 En pratique	56
2.4 Quelques exemples commentés	60
2.4.1 Exemple 4 : Evitement d'obstacles multicapteurs	60
2.4.2 Exemple 5 : Suivi de surface plane	64
2.4.3 Exemple 6 : Suivi de surface Cylindrique	67
2.4.4 Exemple 7 : Poursuite planaire d'une cible ponctuelle	73
2.5 Conclusion	78
2.6 Bibliographie	80
3 Utilisation du retour d'efforts dans la commande des robots	87
3.1 Introduction	87
3.2 Les capteurs de force	89
3.2.1 Utilisation des couples moteurs	89

3.2.2	Capteurs de poignets	90
3.2.3	Table de mesure d'efforts	92
3.2.4	Capteurs tactiles	93
3.2.5	Liaison et fréquence d'échantillonnage	94
3.3	Mécanique de l'assemblage	96
3.3.1	Les besoins	96
3.3.2	L'assemblage : un problème délicat	98
3.4	La compliance	100
3.5	Compliance passive	100
3.6	Compliance active	103
3.7	Feedback explicite	103
3.7.1	Retour par matrice de raideur	103
3.7.2	Méthode de l'amortisseur généralisé	106
3.7.3	Avantages et inconvénients de ces méthodes	107
3.8	Contrôle hybride	108
3.8.1	Espace de configuration et C-surfaces	110
3.8.2	Différents contrôleurs hybrides	112
3.9	Etude simplifiée de stabilité	118
3.9.1	Commande par matrice de raideur	118
3.9.2	Influence de la fréquence d'échantillonnage	118
3.9.3	Influence de la raideur du manipulateur	119
3.9.4	Influence du gain en force	120
3.9.5	Commande par amortisseur généralisé	120
3.9.6	Stabilité des autres méthodes	121
3.10	Résultats expérimentaux	122
3.10.1	Suivi de contour	122
3.10.2	Assemblage	128
3.10.3	Autres expériences	130
3.11	Conclusion et perspectives	130
3.12	Bibliographie	134
4	Quelques pas vers la vision artificielle en trois dimensions	141
4.1	Introduction	141
4.2	Obtention des données 3D	142
4.2.1	Calibration	142
4.2.2	Primitives et attributs	150
4.2.3	Contraintes	154
4.2.4	Recherche des correspondances stéréo	160
4.2.5	Ajoutons la contrainte de planarité	167
4.2.6	Utilisation de trois caméras	173

4.2.7	Mouvement et Structure à partir du mouvement	179
4.2.8	Vision 3D active	197
4.2.9	Ce qu'il faut faire	198
4.3	Représentation des formes	199
4.3.1	Interpolation à l'aide de la triangulation de Delaunay	201
4.3.2	Triangulation de Delaunay contrainte	203
4.4	Recherche d'éléments importants sur une surface	207
4.4.1	Bords	209
4.4.2	Recherche de morceaux de surface	216
4.4.3	Croissance de région	219
4.4.4	Travaux de recherche à mener	222
4.5	Reconnaissance et localisation de formes	222
4.5.1	Position du problème	222
4.5.2	La méthode de recherche	224
4.5.3	Localisation d'objets 3D à partir de mesures 3D	225
4.5.4	Contrôle de la recherche	230
4.5.5	Formulation d'hypothèses	230
4.6	Directions futures de recherche	234
4.7	Bibliographie	244

Planification **253**

5	Outils d'aide à la conception de cellules robotisées 255
5.1	Introduction 255
5.2	Modélisation des robots en base de données 256
5.3	Modélisation des tâches 258
5.3.1	Fonction apprentissage 258
5.3.2	Description des mouvements 259
5.3.3	Optimisation des tâches 263
5.4	Génération d'un programme de commande 264
5.4.1	Principe 264
5.4.2	Problèmes liés à ce type de programmation 267
5.4.3	Comparaison programmation par CAO/langages textuels. 269
5.5	Développements actuels 271
5.5.1	Conception de cellules robotisées 271
5.5.2	Aide à la programmation hors-ligne 278
5.6	Conclusion 285
5.7	Bibliographie 288

6	Complexité géométrique et robotique	293
6.1	Introduction	293
6.2	Rappels d'algorithmique	294
6.2.1	Algorithmes et complexité	294
6.2.2	Problèmes NP-Complets	295
6.3	Structures de données et algorithmes fondamentaux	297
6.3.1	Diagramme de Voronoï et triangulation de Delaunay	297
6.3.2	Sommes de Minkowski	303
6.3.3	Séquences de Davenport-Schinzel	306
6.4	Planification de trajectoires en présence d'obstacles	308
6.4.1	Introduction	308
6.4.2	Bornes inférieures	309
6.4.3	Une méthode générale pour la planification de trajectoires : la décomposition cylindrique des ensembles semi-algébriques	311
6.4.4	Méthodes directes	313
6.4.5	Méthodes de projection	314
6.4.6	Méthodes de rétraction	316
6.4.7	Variantes du problème de la planification de trajectoires sans collision	320
6.5	Représentation et reconnaissance des formes	323
6.5.1	Introduction	323
6.5.2	Reconstruction de formes	324
6.5.3	Reconnaissance et localisation d'objets	333
6.6	Conclusion	336
6.7	Bibliographie	338
7	Planification de trajectoires et systèmes multi-robots	349
7.1	Introduction	349
7.2	Les méthodes globales	351
7.2.1	Principe	351
7.2.2	Cas des robots mobiles	352
7.2.3	Cas des manipulateurs	357
7.3	Les méthodes locales	370
7.3.1	Introduction	370
7.3.2	La méthode du champ de potentiel	371
7.3.3	Construction d'un modèle local de l'espace libre	372
7.3.4	Description d'une tâche	375
7.3.5	Application à la coopération	377
7.4	Une approche mixte pour l'évitement d'obstacles	381
7.4.1	Point de vue	381

7.4.2	Le graphe d'états	385
7.4.3	Planification d'un chemin dans le graphe d'états	386
7.4.4	Génération locale de trajectoires	387
7.4.5	Mise à jour des probabilités en cours d'exécution de la trajectoire : apprentissage	388
7.4.6	L'algorithme d'apprentissage	390
7.4.7	Raisonnement sur la connaissance globale	391
7.4.8	Résultats	394
7.5	Conclusion	396
7.6	Bibliographie	399
8	Programmation et contrôle d'exécution d'une Cellule Flexible d'Assemblage	403
8.1	Introduction	403
8.2	Le système NNS	405
8.3	La Modélisation	407
8.3.1	Représentation d'un processus d'assemblage	408
8.3.2	Représentation de l'évolution des pièces dans une cellule	410
8.3.3	Les Actions élémentaires	414
8.3.4	Modèle fonctionnel et spatial	414
8.4	L'environnement de programmation	415
8.4.1	Outils pour la programmation avancée des tâches de manipulation	415
8.4.2	Le modèle d'exécution	418
8.4.3	Elaboration du modèle d'exécution	421
8.5	Le système de conduite	425
8.5.1	Le niveau tâche	426
8.5.2	Le niveau action	428
8.6	Conclusion et perspectives	428
8.7	Bibliographie	430
9	Traitement des incertitudes en programmation automatique des robots	435
9.1	Introduction	435
9.1.1	Les incertitudes en robotique	435
9.1.2	Principe de modélisation des incertitudes de position	438
9.1.3	La présentation	439
9.2	Intégration des incertitudes dans le processus de programmation d'un robot	440
9.2.1	Approche traditionnelle et programmation automatique	440
9.2.2	Analyse d'un exemple de planification	441

9.2.3	Travaux antérieurs	447
9.3	Planification des mouvements fins	450
9.3.1	Présentation du problème et de l'approche	450
9.3.2	Spécification symbolique des contacts	452
9.3.3	Contraintes de mouvements associées aux contacts	456
9.3.4	Graphe d'états associé aux mouvements fins	462
9.3.5	Recherche d'une stratégie de mouvements fins	466
9.4	Vérification/correction de plans	471
9.4.1	Présentation du problème et de l'approche	471
9.4.2	Modélisation des incertitudes et des opérateurs associés	474
9.4.3	Modélisation des actions du robot	481
9.4.4	Principe de vérification/correction	483
9.5	Conclusion	488
9.6	Bibliographie	490

Index des Auteurs	495
--------------------------	------------