

sommaire

	Pages
INTRODUCTION	9
CHAPITRE 7 COMMUNICATION HOMME-MACHINE PROGRAMMATION	13
7.1 - Introduction	13
7.2 - Communication homme-machine	13
L'échange d'information entre l'homme et le système	13
Adaptation de l'interface homme-machine	14
7.3 - Communication homme-machine en langage oral	16
Communication en langage naturel	16
Communication en langage mélodique	17
Communication en langage écrit et choix du modèle de CHM	18
7.4 - Programmation des tâches	20
Programmation par apprentissage	20
Programmation par langage de haut niveau	23
Niveaux de programmation d'une tâche	23
7.5 - Principaux langages de programmation utilisés en robotique	29
7.6 - Conclusion	29
Références	32
CHAPITRE 8 COORDINATION DES MOUVEMENTS, CONSIGNES DES ASSERVISSEMENTS, COMMANDES EN POSITION, EN VITESSE ET DYNAMIQUE	33
8.1 - Introduction	33
8.2 - Problème de l'élaboration des consignes des asser- vissements pilotant les mouvements des articulations du robot (coordination des mouvements)	34
8.3 - Commande en position-coordination à partir du modèle géométrique	35

8.4 - Commande en vitesse d'un SMA	
Coordination à partir du modèle cinématique	40
Principe de la commande en vitesse	40
Conditions de réalisabilité de la commande en vitesse	42
8.5 - Modélisation et commande des SMA dans le domaine des "grandes vitesses"	44
Modèle dynamique	45
Elaboration du modèle dynamique	51
Commande dynamique	53
8.6 - Conclusion	57
Références	58
CHAPITRE 9	MODELISATIONS ET COMMANDES DANS LE FORMALISME DES TRANSFORMATIONS HOMOGENES, COMPLIANCE ET COMMANDE EN EFFORT, ASSERVISSEMENTS
	59
9.1 - Introduction	59
9.2 - Modélisations et commandes dans le formalisme des transformations homogènes	59
Résultats importants	60
Modélisation géométrique et commande en position à partir des transformations homogènes	65
Equations variationnelles et modèle cinématique à partir des transformations homogènes	72
Description de la tâche, coordination des mouvements en termes de transformations homogènes	76
Modélisation dynamique en termes de transformations homogènes	81
Forces généralisées statiques	83
9.3 - Compliance et coordination en effort	86
Repères de coordonnées utilisés en présence de compliance	86
Arrêt en force entre effecteur et environnement	88
Force généralisée (force ou couple) exercée sur l'objet	88
Coordination en effort	88
9.4 - Asservissements (corrections et mise en oeuvre)	90
Modélisation de la commande du mouvement d'une articulation par un actionneur	90
Commande des asservissements de position (ou de vitesse) d'un SMA	92
Commande d'un asservissement en couple (en force ou en pression)	93
Mise en oeuvre des asservissements	94
9.5 - Conclusion	96
Références	97

ANNEXE 6	COORDINATION ET COMMANDE DYNAMIQUE DES SYSTEMES MECANQUES ARTICULES	99
1 -	Coordination des mouvements	99
	Loi de coordination à partir du modèle géométrique (commande en position)	99
	Loi de coordination à partir du modèle cinématique (commande en vitesse)	103
2 -	Commande dynamique	104
	Obtention du modèle dynamique par les équations de Lagrange	105
	Calcul des forces généralisées par les équations de Euler-Newton	109
	Principe des travaux virtuels de D'Alembert	111
	Notion "d'énergie d'accélération" ou fonction de Gibbs	112
	Discussion	112
3 -	Exemples de pilotage de systèmes robotiques	113
	Application de la loi de coordination par le modèle cinématique	113
	Commande dynamique du robot MA23	116
4 -	Discussion	120
	Références	121
ANNEXE 7	POSITIONNEMENT ET PILOTAGE DU VEHICULE, CAS DES TELEOPERATIONS SOUS-MARINES	123
1 -	Présentation du problème	123
2 -	Méthodologies de positionnement	123
	Positionnement visuel	124
	Positionnement par ultrasons	124
	Techniques inertielles	127
	Techniques particulières	128
3 -	Méthodologies de pilotage	128
	Pilotage manuel	129
	Pilotage en mode automatique	131
	Ancrage dynamique (positionnement dynamique)	132
4 -	Principales applications	132
	Robot d'inspection japonais	132
	Eric II	132
	Consub I	133
	Divers	133
5 -	Problèmes à résoudre - prospective	134
6 -	Discussion	135
	Références	135

ANNEXE 8	COMPLEMENTS SUR LES COMMANDES PAR APPRENTISSAGE ET GENERATIONS DES TRAJECTOIRES SUIVIES PAR L'ORGANE TERMINAL	137
1 - Commande par apprentissage		137
Modes d'enregistrement des trajectoires dans la commande par apprentissage manuel		137
Commandes manuelles mises en jeu dans l'apprentissage (ou dans la commande effective lors de la "reprise en main" de la tâche ou lors des téléopérations)		139
2 - Génération des trajectoires par le calculateur		140
Génération de la trajectoire par interpolation entre les configurations importantes (il n'y a pas de générateur de plans d'action)		141
Principe de la génération de trajectoire par le générateur de plans d'action (cf chapitre 7)		142
Références		142
ANNEXE 9	SPECIFICATIONS DE QUELQUES ROBOTS COMMERCIAUX, PERFORMANCES DES ROBOTS INDUSTRIELS	143
1 - Spécification des robots et manipulateurs commercialisés		143
Définitions des spécifications utilisées		143
Comparaison de quelques robots commercialisés		146
2 - Extrait de la norme robot industriel NFE 61-103		146
Performances - définitions des robots industriels		146
Index (français/anglais)		149
Références		149
ANNEXE 10	EXEMPLES DE PROBLEMES D'EXAMEN DE TRAVAUX DIRIGES ET DE TRAVAUX PRATIQUES	151
1 - Introduction		151
2 - Exemples de problèmes et de travaux dirigés		151
2.1 - Modes de fonctionnement, ddl, classe, modélisation géométrique, changements de coordonnées, modélisation cinématique, résolvabilité, choix technologiques, fonction décision, fonction action, modélisation et commande dynamique, génération de trajectoire par interpolation		152
2.2 - Modélisations d'un système mécanique articulé et de l'interaction avec l'environnement : modélisation géométrique, modélisation cinématique, modélisation dynamique, interaction robot/pesanteur, interaction robot/charge, équilibrage		162

2.3 - Mise sous tension et interface calculateur/ SMA, modélisation de Khalil, calcul de la configuration d'effecteur en fonction des variables articulaires, implantation d'une commande en position, implantation d'une commande en vitesse	173
2.4 - Interaction environnement/robot : contact ponctuel entre effecteur et objet ; détermination du point de contact et de la force de réaction ; expression de la force de réaction en fonction des couples moteurs, des forces dues à la pesanteur et de la matrice jacobienne ; application à un robot de classe 3 dans son contact avec l'objet dans une tâche d'assemblage	178
2.5 - Appareil sensoriel - peau artificielle : évaluation de la répartition de pression appliquée	185
2.6 - Robotisation d'un assemblage : évaluation des efforts mécaniques et des coordonnées des points d'application	188
2.7 - Modélisations dans le formalisme des transformations homogènes. Prise en compte de la caméra fixée sur le porteur dans la réalisation du contact effecteur/objet. Force et couple exercés par l'extrémité du porteur sur l'objet. Evaluation de la charge soulevée par le SMA. Sélection d'une articulation dans une compliance selon un axe. Evaluation de la force généralisée à appliquer aux articulations	192
3 - Exemples de travaux pratiques	205
Enoncés des TP	205
Support expérimental : le manipulateur Mini-mover-5 (Microbot, Inc.)	206
Préparation des TP	210
Résultats	212
Références	227
ANNEXE 11	DEMARCHE A SUIVRE DANS LA REALISATION D'UN PROJET "ROBOTIQUE" EN RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT
	229
	Références
	231
ANNEXE 12	VOCABULAIRE DE BASE : MECANIQUE ET GEOMETRIQUE, COMMANDE ET PROGRAMMATION, DESIGNATION DES AXES GEOMETRIQUES ET DES MOUVEMENTS, REPRESENTATION GRAPHIQUE DE LA CHAINE CINEMATIQUE
	233
1 - Extrait de la norme robot industriel NFE 61-100	233
Définitions	233
Terminologie	233
Index (français/anglais)	236

2 - Extrait de la norme robot industriel NFE 61-101	236
Position de référence géométrique	236
Axes géométriques des parties mobiles du robot industriel	237
Orientation du poignet et du terminal	239
3 - Extrait de la norme robot industriel NFE 61-102	239
Représentation graphique de la chaîne cinématique	239
Représentation littérale de la chaîne cinématique	241
Références	241
CONCLUSION GENERALE	243
Références	248
BIBLIOGRAPHIE	249
INDEX GENERAL	263