

ROBOTIQUE GÉNÉRALE

ALAIN PRUSKI

ellipses

ECT 21

ROBOTIQUE GÉNÉRALE

ALAIN PRUSKI

Maître de Conférence
à l'Université de Metz



10898

1/1



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	5
CHAPITRE 1	
INTRODUCTION A LA ROBOTIQUE	13
I-INTRODUCTION	13
II-TERMINOLOGIE ET CLASSIFICATION DES ROBOTS	13
1-Le manipulateur à cycles pré-réglés	13
2-Le télémanipulateur	14
3-L'automate industriel	14
4-Le robot industriel	14
III-CONSTITUTION D'UN ROBOT INDUSTRIEL	14
1-La structure mécanique articulée	16
1.1-Représentation d'un mécanisme	16
1.2-Les degrés de liberté d'un système mécanique articulé	17
1.3-Constitution d'une structure mécanique articulée	18
1.3.1-Le véhicule	18
1.3.2-Le porteur	19
1.3.3-L'organe terminal	21
2-L'unité de contrôle, commande et gestion des tâches	21
3-Le dialogue homme/machine	21
4-L'environnement	22
IV-CONCLUSION	22
CHAPITRE 2	
ACTIONNEURS ET EFFECTEURS	23
I-INTRODUCTION	23
II-LES ACTIONNEURS	23
1-L'énergie pneumatique	23
1.1-Généralités	23
1.2-Les actionneurs	24
1.2.1-Les vérins linéaires	24
1.2.2-Les vérins rotatifs	24
1.2.3-Le vérin incrémental	24
1.2.4-Les moteurs	25
1.2.4.1-Les moteurs à pistons	25
1.2.4.2-Les moteurs à palettes	25
1.2.4.3-Le moteur à engrenages	26
1.3-Les organes de commande	26
1.3.1-Les distributeurs	26
1.3.2-Les cellules logiques	26
2-L'énergie hydraulique	27
2.1-Généralités	27
2.2-Les actionneurs	27
2.2.1-Les vérins linéaires	27
2.2.1.1-Les vérins à double effet symétrique	27
2.2.1.2-Le vérin numérique	28
A-La commande absolue	28
B-La commande incrémentale	29

2.2.2-Les vérins rotatifs	29
2.2.3-Les moteurs	30
2.2.3.1-Le moteur à pistons radiaux	30
2.2.3.2-Le moteur à pistons axiaux	30
2.3-Les organes de commande - La servo-valve	31
3-L'énergie électrique	32
3.1-Généralités	32
3.2-Les actionneurs	32
3.2.1-Les moteurs à courant continu	32
3.2.2-Les moteurs discoïdaux	33
3.2.3-Les moteurs pas à pas	33
3.2.3.1-Les moteurs à aimants permanents	34
3.2.3.2-Le moteurs à reluctance variable	35
3.2.3.3-Le moteur hybride	35
3.2.3.4-La commande des moteurs pas à pas	35
4-Les actionneurs thermo-mécaniques	37
III-LES EFFECTEURS	38
1-Les préhenseurs	38
1.1-La préhension par serrage mécanique	38
1.2-La préhension par dépression	39
1.3-Le préhenseur magnétique	40
1.4-Autres types de préhenseurs	40
1.4.1-Les crochets	40
1.4.2-Le préhenseur électrostatique	40
1.4.3-Les cuillères	40
1.4.4-Les bandes adhésives	40
1.4.5-Les plateformes ou spatules	41
1.5-Les terminaux d'assemblage	41
2-Les outils	41
IV-CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	42
CHAPITRE 3	
MODELISATION ET COMMANDE	43
I-INTRODUCTION	43
II-MODELISATION GEOMETRIQUE	44
1-Introduction	44
2-Les variables articulaires	44
3-Les variables géométriques	45
3.1-L'orientation	45
3.1.1-Les matrices de rotations	45
3.1.2-Les cosinus directeurs	45
3.1.3-Les angles de Bryant	46
3.1.4-Les angles d'Euler	46
3.2-La position	47
3.2.1-Les coordonnées cartésiennes	47
3.2.2-Les coordonnées cylindriques	48
3.2.3-Les coordonnées sphériques	48
4-Détermination de l'orientation d'un vecteur	48
5-Détermination de la position	49
6-Exemple du robot TH8	50
7-Modélisation par les paramètres de Denavit-Hartenberg	52
7.1-Les coordonnées homogènes	52
7.2-La transformation homogène	52
7.2.1-Description de la position	53
7.2.2-Description de la rotation	53
7.2.3-Les paramètres de Denavit-Hartenberg	53
III-MODELISATION GEOMETRIQUE INVERSE	55
1-Résolvabilité des systèmes mécaniques articulés	56
1.1-Absence de solutions	56
1.1.1-Origine géométrique	56
1.1.2-Origine mécanique	56
1.1.3-Origine mathématique	57
1.2-Infinité de solutions	57
1.3-Nombre fini de solutions	58

2-Calcul du modèle inverse	58
2.1-La méthode analytique	58
2.2-La méthode itérative	59
2.2.1-Résolution d'un système d'équations linéaires	60
2.2.1.1-La méthode de Gauss	60
2.2.1.2-Méthodes des inverses généralisées et pseudo-inverses	64
IV-LA MODELISATION DYNAMIQUE	68
V-LA COMMANDE DES ROBOTS	69
1-La commande en position	69
2-Commande en vitesse	70
3-La commande dynamique	71
3.1-La simplification du modèle	71
3.2-Méthodes utilisées au niveau du logiciel	71
3.3-Amélioration des performances du matériel	71
VI-CONCLUSION	71
BIBLIOGRAPHIE	72
CHAPITRE 4	
LES CAPTEURS EN ROBOTIQUE	73
I-INTRODUCTION	73
II-LES CAPTEURS PROPRIOCEPTIFS	74
1-Les capteurs de position	74
1.1-Les fins de courses	74
1.2-Les capteurs potentiométriques	74
1.3-Les capteurs optiques	75
1.3.1-Les composants	76
1.3.1.1-L'émetteur d'énergie lumineuse	76
1.3.1.2-Le récepteur de lumière	76
1.3.1.3-Le transmetteur. La fibre optique	77
1.3.2-Le codeur absolu	79
1.3.3-Le codeur incrémental	80
1.4-Les résolveurs	81
1.4.1-La démodulation par multiplication	82
1.4.2-Démodulation par détecteur de crête	83
1.4.3-Les résolveurs multipolaires	83
1.5-Les inductosyns	84
2-Les capteurs de vitesse	84
2.1-La génératrice tachymétrique	85
2.2-Les capteurs de vitesse linéaire	85
3-Les capteurs d'accélération	85
3.1-La piézoélectricité	86
3.1.1-Le phénomène physique	86
3.1.2-L'électronique de mesure	86
3.1.3-Le capteur	87
III-LES CAPTEURS EXTEROCEPTIFS	87
1.Les capteurs à contact	88
1.1-Le modèle humain	88
1.2-Les capteurs tactiles	89
1.2.1-Généralités	89
1.2.2-Le capteur matriciel binaire	90
1.2.3-Les peaux artificielles	90
1.2.3.1-Principes	90
1.2.3.2-Mesure de la conductivité	92
1.2.3.3-Autre méthode de mesure	95
1.2.4-Autres capteurs à élastomères conducteurs	95
1.2.4.1-Structure à mailles conductrices	95
1.2.4.2-Structure à mailles isolantes	96
1.2.5-Les capteurs à éléments piézoélectriques	97
1.2.6-Les capteurs optiques	98
1.2.6.1-Les capteurs à écran	98
1.2.6.2-Capteurs à ondes réfléchies	99
1.2.7-Les capteurs magnétiques	100

1.2.7.1-Le capteur à magnétorésistances	100
1.2.7.2-Le capteur à champ inducteur	101
1.2.8-Les capteurs thermiques	101
1.3-Les capteurs de relief	102
1.3.1-La mesure statique	102
1.3.2-La mesure dynamique	102
1.4-Les capteurs de glissement	103
1.4.1-Détection par rouleau ou sphère	103
1.4.1.1-La mesure optique	103
1.4.1.2-La mesure par contact flexible	104
1.4.1.3-La mesure par variation de capacité	104
1.4.2-Détection par capteur tactile	104
1.4.2.1-Capteur à élastomère conducteur	104
1.4.2.2-Capteur à fibres conductrices	105
1.5-Les capteurs d'effort	106
1.6-Les capteurs de sécurités	107
2-Les capteurs sans contact	108
2.1-Les capteurs de proximité	108
2.1.1-Le capteur magnétique	109
2.1.1.1-Le capteur à oscillateur bloqué	109
2.1.1.2-Le capteur à reluctance variable	109
2.1.2-Les détecteurs capacitifs	110
2.1.3-Les détecteurs photoélectriques	111
2.1.3.1-La détection proximétrique	111
2.1.3.2-La détection de passage	111
2.1.4-Les détecteurs à effet Hall	113
2.1.5-Les capteurs à ultra-sons	113
2.1.5.1-Le transducteur électrostatique	114
2.1.5.2-Caractéristiques des transducteurs à ultra-sons	115
2.1.5.3-Amplitudes des distances mesurées	115
2.1.5.4-Réflexion de l'onde sur un objet	116
2.1.5.5-Autres techniques de mesure par ondes acoustiques	116
2.2-Les capteurs d'images	116
2.2.1-Les capteurs CCD	116
2.2.1.1-La génération des charges électriques	116
2.2.1.2-Circuit de lecture des informations	117
2.2.2-Le tube vidicom	118
IV-CONCLUSION	120
BIBLIOGRAPHIE	120
CHAPITRE 5	
LA PROGRAMMATION DES ROBOTS	125
I-INTRODUCTION	125
II-LE MANIPULATEUR A CYCLES PREREGLES	125
1-Description du problème par grafcet	125
1.1-Généralités	126
1.2-Matérialisation des éléments du grafcet	126
1.3-Règles d'évolution	127
1.4-Exemple	127
2-Matérialisation pratique	128
2.1-Le séquenceur câblé asynchrone	129
2.2-L'automate programmable	130
III-LE ROBOT INDUSTRIEL	130
1-La programmation par apprentissage	131
1.1-L'apprentissage en continu	131
1.1.1-L'enregistrement des données	131
1.1.1.1-Méthode de l'enregistrement relatif	131
1.1.1.2-Méthode de linéarisation	132
1.1.2-Les techniques d'apprentissage	132
1.1.2.1-L'apprentissage direct	132
1.1.2.2-L'apprentissage par pantin	132
1.1.2.3-L'apprentissage par télécommande	133
1.2-L'apprentissage point par point	133
1.2.1-Commande axe par axe	134
1.2.2-La commande cartésienne	134

2-Les méthodes informatiques de programmation	135
2.1-Programmation par langage	135
2.1.1-Le niveau actionneur	135
2.1.2-Le niveau effecteur	135
2.1.3-Le niveau objet	135
2.1.4-Le niveau objectif	136
2.2-Exemple de langage : LM	136
2.2.1-Caractères non spécifiques à la robotique	136
2.2.2-Caractères spécifiques à la robotique	136
2.3-Programmation par CAO	138
 IV-CONCLUSION	 139
 BIBLIOGRAPHIE	 140
 CHAPITRE 6	
PERCEPTION ET RECONNAISSANCE DE FORMES	141
 I-INTRODUCTION	 141
 II-PRETRAITEMENT DES INFORMATIONS	 142
1-Introduction	142
2-L'approche de la vision	142
2.1-La vision binaire	142
2.1.1-L'accroissement des contrastes	142
2.1.1.1-La silhouette	142
2.1.1.2-Discrimination de la longueur d'onde	143
2.1.1.3-Illumination directionnelle	143
2.1.2-Le seuillage	143
2.1.2.1-Référence arbitraire	143
2.1.2.2-L'histogramme	143
2.1.2.3-Sélection par statistique du premier ordre	144
2.2-Traitement des niveaux de gris	146
2.2.1-Le lissage	146
2.2.2-Le filtrage	146
2.2.2.1-La méthode du gradient	146
2.2.2.2-Le filtrage	146
A-Quelques rappels	149
B-Application au filtrage de l'image	149
2.3-La segmentation des images	153
2.3.1-L'extraction de contour	154
2.3.2-Par topologie des régions	154
2.4-La modélisation de l'image	155
2.4.1-Le codage de Freeman	155
2.4.2-Description par caractéristiques géométriques	156
2.4.3-Description par caractéristiques structurelles	157
2.4.4-La signature polaire	158
2.4.5-L'histogramme des rayons croissants	158
2.4.6-Conclusion	158
2.5-Reconnaissance de formes	158
2.5.1-Position du problème	158
2.5.2-Comparaison avec un modèle	159
2.5.3-L'arbre de décision	160
2.5.4-Classification de l'objet	161
2.5.4.1-Codage binaire de la représentation paramétrique	161
2.5.4.2-Représentation par grandeurs inhomogènes	162
2.5.4.3-Classification probabiliste	163
2.6-La vision tridimensionnelle	164
2.6.1-La télémétrie	165
2.6.1.1-La triangulation	165
2.6.1.2-Mesure du temps de vol	166
2.6.2-La stéréoscopie	166
 III-CONCLUSION	 167
 BIBLIOGRAPHIE	 168

CHAPITRE 7	
LES ROBOTS MOBILES	169
I-INTRODUCTION	169
II-CLASSIFICATION	169
III-APPLICATIONS	170
1-Le convoyage	170
2-Le nettoyage	171
3-L'agriculture	171
4-Le bâtiment et les travaux publics	171
5-Surveillance-Assistance	171
IV-L'ARCHITECTURE DES ROBOTS MOBILES	171
1-La structure mécanique et motricité	172
1.1-Les mobiles à roues	172
1.2-Les mobiles à chenilles	173
1.3-Les mobiles marcheurs	173
1.4-Les robots rampants	174
1.5-La motricité et l'énergie	174
2-Le système de localisation	174
2.1-La localisation du mobile	174
2.1.1-La localisation relative	175
2.1.1.1-Les systèmes inertiels	175
2.1.1.2-L'odométrie	175
2.1.2-La localisation absolue	177
2.1.2.1-Les balises	177
2.1.2.2-Le marquage de l'espace	180
2.1.3-La localisation partielle	182
2.1.3.1-Le gyroscope	182
2.1.3.4-Le magnétomètre	182
2.1.4-Conclusion	182
2.2-La localisation de l'environnement	182
2.2.1-Les systèmes télémétriques	183
2.2.2-L'analyse d'images	183
2.2.3-La localisation par contact	183
3-Les organes de sécurité	183
4-Traitement des informations et gestion des tâches	184
4.1-La stratégie de navigation	185
4.2-Modélisation de l'espace	186
4.2.1-L'expansion des obstacles	186
4.2.2-Partition de l'espace	187
4.2.2.1-Par grille	187
4.2.2.2-Par quadtree	187
4.2.2.3-Par cônes généralisés	188
4.2.2.4-Par grille inhomogène	189
4.2.2.5-Par polygones convexes	191
4.2.2.6-Modélisation par points de passage	192
4.2.2.7-Modélisation par isolignes	193
4.2.2.8-Les champs de potentiels	193
4.3-La planification	194
4.3.1-Rappel de terminologie de la théorie des graphes	194
4.3.2-Planification avec connaissance à priori	194
4.3.2.1-La procédure GRAPHSEARCH	195
4.3.2.2-Les procédures de recherches exhaustives	195
4.3.2.3-Les procédures de recherche heuristique	200
4.3.3-Planification sans connaissance à priori	201
4.3.3.1-Algorithme ROBNAV	201
4.3.3.2-La modélisation dynamique	203
V-CONCLUSION	204
BIBLIOGRAPHIE	205