

**IO2**  
SYSTÈMES  
AUTOMATISÉS

Information - Commande - Communication

# Applications non manufacturières de la robotique

*sous la direction de*  
Pierre Dauchez

*Hermès*

---

ECT 23

Applications non manufacturières  
de la robotique

# Applications non manufacturières de la robotique

sous la direction de  
Pierre Dauchez



**Hermes**  
**Science**  
— publications —

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	15
Pierre DAUCHEZ	
<b>Chapitre 1. Robotique sous-marine</b> .....	17
Vincent RIGAUD	
1.1. Introduction : typologie.....	17
1.2. Les secteurs d'application de la robotique sous-marine.....	18
1.2.1. Applications militaires (0-X00m d'immersion).....	18
1.2.2. Le domaine Offshore (de 0 à 1 500 m / 3 000 m d'immersion).....	22
1.2.3. Le domaine scientifique (de 0 à 11 000 m d'immersion).....	25
1.2.4. Des applications aux technologies.....	28
1.3. Revue des technologies de base.....	29
1.3.1. Préambule : les engins habités pionniers et matures.....	29
1.3.2. Les engins remorqués pour la cartographie.....	31
1.3.3. Maturité des ROVs guidée par l'Offshore.....	32
1.3.4. Les engins libres : confidentiels, émergents, en quête de marchés, souvent préprogrammés, à la recherche d'un lien avec la surface.....	34
1.3.5. Cas particulier des engins libres profonds : d'Epaulard à SIRENE, prédominance des engins téléopérés par acoustiques.....	37
1.4. Conclusion.....	39
1.5. Bibliographie.....	40
<b>Chapitre 2. Robotique agricole</b> .....	45
Philippe MARCHAL, Marc RICHTIN, Gilles RABATEL, Antoine BOURELY, Christophe DEBAIN, Michel BERDUCAT, Philippe MARTINET, Pierre BONTON, Guylaine COLLEWET, Christophe COLLEWET, Laurence WALLIAN, Vincent DE RUDNICKI, Marc ROMBAUT, Bernard BONICELLI	

2.1. Introduction.....	45
2.2. Récolte automatisée des pommes et des agrumes.....	47
2.2.1. Le contexte initial.....	47
2.2.2. Les verrous technologiques.....	47
2.2.3. Détection et localisation des fruits.....	48
2.2.3.1. Principe de la liaison vision-bras.....	48
2.2.3.2. Détection en conditions extérieures naturelles.....	49
2.2.3.3. Autres aspects.....	50
2.2.4. La préhension des fruits.....	51
2.2.5. Le bras manipulateur.....	52
2.2.6. L'architecture du véhicule porteur.....	53
2.2.7. Le guidage dans l'allée.....	53
2.2.8. Une valorisation industrielle indirecte.....	54
2.3. Automatisation de la traite des vaches laitières.....	55
2.3.1. Introduction.....	55
2.3.2. Problématique.....	56
2.3.3. Mise en œuvre.....	56
2.3.3.1. La stalle.....	57
2.3.3.2. Les bras manipulateurs.....	57
2.3.3.3. Le système de localisation.....	59
2.3.3.4. L'architecture informatique.....	61
2.3.4. Résultats expérimentaux.....	61
2.3.5. Perspectives.....	63
2.3.6. Conclusion.....	64
2.4. Exemple d'un système d'aide au guidage de véhicules agricoles.....	64
2.4.1. Enjeux socio-économiques et motivations.....	64
2.4.2. Problématiques scientifiques et technologies.....	65
2.4.3. Développements méthodologiques et technologiques.....	66
2.4.3.1. Perception et traitements.....	66
2.4.3.2. Lois de commande pour engins agricoles.....	70
2.5. Conclusions.....	75
2.6. Robot de désherbage non chimique en cultures maraîchères.....	75
2.6.1. Contexte.....	75
2.6.2. Problématiques technologiques.....	76
2.6.3. Destruction de l'herbe.....	76
2.6.3.1. Choix et évaluation d'un principe de désherbage non chimique.....	76
2.6.3.2. Outil électrique et générateur associé.....	77
2.6.4. Détection et localisation de l'herbe adventice à détruire.....	78
2.6.4.1. Liaison caméra-bras.....	78
2.6.4.2. Traitement de l'image.....	79
2.6.5. Conception du bras manipulateur.....	80
2.6.5.1. Choix de la structure.....	80
2.6.5.2. Conception et réalisation.....	81

2.6.6. Tâche au vol.....	82
2.6.6.1. Compensation par centrale inertielle.....	82
2.6.6.2. Recalage final par vision.....	84
2.6.7. Architecture de l'ensemble, intégration.....	84
2.6.8. Conclusion et valorisation.....	85
2.7. Bibliographie.....	86
<b>Chapitre 3. Robotique de chantier routier.....</b>	<b>91</b>
Gaëtan GARCIA, Francois PEYRET	
3.1. Spécificité des chantiers routiers : notion de modèle continu et importance de la fonction localisation.....	91
3.2. Description des principales tâches de construction et d'entretien des routes.....	93
3.2.1. Introduction.....	93
3.2.2. Travaux de terrassement.....	93
3.2.3. Travaux de construction et de réparation structurelle de la chaussée.....	94
3.2.4. Travaux d'installation des équipements de la route.....	97
3.2.5. Tâches d'auscultation des chaussées.....	97
3.2.6. Travaux d'entretien courant des routes.....	98
3.3. Etat de l'art en matière d'automatisation des travaux routiers.....	98
3.3.1. Travaux de terrassement.....	98
3.3.2. Travaux de construction de la chaussée.....	100
3.3.3. Tâches d'auscultation des chaussées.....	102
3.3.4. Travaux d'entretien courant : les opérations de repassage des peintures.....	103
3.4. Recherches sur l'automatisation des finisseurs.....	103
3.4.1. Modélisation du processus de répandage.....	103
3.4.2. Commande en nivellement de l'outil du finisseur.....	108
3.5. Les recherches sur la localisation précise des engins mobiles lents.....	109
3.5.1. Solution à base de GPS.....	109
3.5.2. Le « Laserguide » de l'Université d'East London.....	111
3.5.3. Exemple de système multicapteur.....	111
3.6. Les recherches sur l'automatisation des compacteurs.....	120
3.6.1. Les différents prototypes de systèmes d'aide à la conduite.....	121
3.6.2. La localisation multicapteur pour les compacteurs.....	122
3.7. Les recherches sur l'automatisation des machines de peinture.....	129
3.8. Les recherches sur le colmatage des fissures.....	130
3.9. Bibliographie.....	131

### **Chapitre 4. Robotique nucléaire.....**

Raymond FOURNIER

4.1. Introduction.....	133
------------------------	-----

4.2. Domaines d'applications .....	134
4.2.1. Contraintes spécifiques .....	135
4.2.2. La maintenance .....	136
4.2.2.1. La maintenance programmée .....	136
4.2.2.2. La maintenance exceptionnelle .....	136
4.2.2.3. La maintenance des installations futures .....	136
4.2.3. Le démantèlement .....	138
4.2.4. L'intervention en conditions postaccidentelles .....	138
4.2.5. Perspectives .....	139
4.3. Les systèmes de téléopération .....	143
4.3.1. Les bras manipulateurs de nouvelle génération .....	144
4.3.2. Porteurs .....	145
4.3.2.1. Le porteur articulé pour inspection en cellule .....	145
4.3.2.2. Le poste de travail mobile .....	145
4.3.3. Contrôleurs embarqués .....	146
4.4. Contrôle-commande .....	147
4.4.1. Téléopération assistée par ordinateur. Présentation .....	147
4.4.2. Fonctions de base .....	149
4.4.3. Automatique de la TAO ; mécanismes virtuels .....	150
4.5. Communication homme-machine .....	151
4.5.1. Supervision .....	152
4.5.2. Apport des techniques de la réalité virtuelle .....	154
4.5.3. Organes de commande .....	155
4.5.4. Apprentissage de trajectoires .....	157
4.5.5. Langage graphique de commande .....	157
4.6. Modélisation d'environnement .....	160
4.7. Conclusion .....	162
4.8. Bibliographie .....	163
<b>Chapitre 5. Robotique médicochirurgicale .....</b>	<b>165</b>
Jocelyne TROCCAZ	
5.1. Introduction aux systèmes d'assistance chirurgicale .....	165
5.1.1. La chirurgie minimalement invasive .....	165
5.1.2. Gestes médicochirurgicaux assistés par ordinateur .....	166
5.2. Systèmes de guidage de gestes .....	168
5.2.1. Besoins .....	168
5.2.2. Typologie des systèmes .....	170
5.2.3. Spécificités de la robotique médicochirurgicale .....	170
5.3. Exemples de systèmes .....	171
5.3.1. Les systèmes de guidage passifs .....	171
5.3.2. Les systèmes de guidage actifs .....	174
5.3.3. Les systèmes de guidage semi-actifs .....	178

5.3.4. Les systèmes synergiques .....	179
5.3.5. Les systèmes de téléchirurgie .....	182
5.3.6. Les microsystèmes robotisés médicaux .....	184
5.4. Discussion et conclusion .....	185
5.4.1. Problèmes communs aux systèmes de guidage robotisés .....	185
5.4.2. Conclusion .....	187
5.5. Bibliographie .....	188
<b>Chapitre 6. Robotique d'aide aux personnes handicapées .....</b>	<b>193</b>
Guy BOURHIS, Rodolphe GÉLIN, Alain PRUSKI	
6.1. Introduction .....	193
6.2. Spécificité du domaine .....	194
6.3. Bras manipulateurs sur station de travail .....	195
6.3.1. Introduction .....	195
6.3.2. Architecture des systèmes .....	196
6.3.2.1. Mécanique .....	196
6.3.2.2. Contrôle-commande .....	197
6.3.2.3. Capteurs .....	197
6.3.3. Coopération homme-machine .....	199
6.3.3.1. Interface homme-machine .....	199
6.3.3.2. Modes de commande coopérative .....	202
6.3.3.3. Programmation .....	203
6.3.4. Quelques projets pilotes .....	204
6.3.4.1. Handy 1 .....	204
6.3.4.2. ProVar .....	206
6.3.4.3. MASTER .....	206
6.3.4.4. Manus .....	208
6.3.5. Evaluations cliniques de la station MASTER .....	208
6.3.6. Conclusion .....	211
6.4. Robotique mobile de réadaptation .....	213
6.4.1. Introduction .....	213
6.4.2. Fauteuils roulants semi-autonomes .....	213
6.4.2.1. Introduction .....	213
6.4.2.2. Spécificités .....	215
6.4.2.3. Coopération homme-machine .....	217
6.4.2.4. Architecture globale .....	219
6.4.2.5. Projets pilotes du domaine .....	226
6.4.2.6. Conclusion .....	231
6.4.3. Aides à la préhension à distance .....	231
6.4.3.1. Introduction .....	231
6.4.3.2. Projets pilotes .....	231
6.4.3.3. Discussion .....	233

## 14 Applications non manufacturières de la robotique

6.4.4. Aides aux personnes handicapées visuelles .....	233
6.5. Conclusion .....	234
6.6. Bibliographie .....	235

## **Chapitre 7. Robotique de divertissement.....** 239

Dominique DUHAUT, Erwann LAVAREC, Emmanuel MATÉO,

Denis MONTILLET

7.1. Introduction.....	239
7.2. Le divertissement éducatif .....	240
7.2.1. Les systèmes de simulation.....	241
7.2.1.1. Virtual fish tank .....	241
7.2.1.2. Un rapide survol de Starlogo .....	242
7.2.1.3. Créatures .....	243
7.2.1.4. Ce qui se cache derrière Créatures .....	244
7.2.2. Les systèmes réels.....	248
7.2.2.1. Lego Mindstorms .....	248
7.2.2.2. Le Kit-robot .....	252
7.2.3. Conclusion sur les interfaces de programmation .....	256
7.3. Le divertissement émotionnel .....	257
7.3.1. Introduction.....	257
7.3.2. Les origines de la robotique de divertissement à caractère émotionnel .....	258
7.3.2.1. L'évolution technologique .....	258
7.3.2.2. L'état actuel de la recherche .....	259
7.3.2.3. Les facteurs sociologiques .....	260
7.3.2.4. Les compétitions robotiques .....	262
7.3.2.5. La médiatisation de la robotique.....	263
7.3.2.6. Les exemples du marché naissant de la robotique de divertissement à caractère émotionnel .....	265
7.3.3. L'avenir de la robotique de divertissement émotionnelle .....	277
7.4. Bibliographie .....	277

<b>Index .....</b>	<b>279</b>
--------------------	------------

Le traité Information, Commande, Communication répond au besoin de disposer d'un ensemble complet des connaissances et méthodes nécessaires à la maîtrise des systèmes technologiques.

Conçu volontairement dans un esprit d'échange disciplinaire, le traité IC2 est l'état de l'art dans les domaines suivants retenus par le comité scientifique :

- Réseaux et télécoms
- Traitement du signal et de l'image
- Informatique et systèmes d'information
- Systèmes automatisés
- Productique

Chaque ouvrage présente aussi bien les aspects fondamentaux qu'expérimentaux. Une classification des différents articles contenus dans chacun, une bibliographie et un index détaillé orientent le lecteur vers ses points d'intérêt immédiats : celui-ci dispose ainsi d'un guide pour ses réflexions ou pour ses choix.

Les savoirs, théories et méthodes rassemblés dans chaque ouvrage ont été choisis pour leur pertinence dans l'avancée des connaissances ou pour la qualité des résultats obtenus dans le cas d'expérimentations réelles.