

Le contrôle dans les systèmes à base de connaissances

contribution à l'épistémologie
de l'intelligence artificielle

2^E ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

Bruno Bachimont



HERMES

Table des matières

1	Contrôle, connaissance et représentation	1
1	Connaissances	3
2	Modélisation et connaissances	7
3	Cognitivismes et connaissances	8
4	Résolution informatique de problèmes	13
5	Connaissance et représentation	15
5.1	Informatique et information	16
5.2	Informatique et connaissance	17
5.3	Intelligence artificielle et connaissance	18
5.3.1	Cognitivisme computationnel et simulation	18
5.3.2	Artefacture et interprétation	23
5.3.3	Cognitivisme computationnel et artefacture	27
6	Contrôle et connaissance	28
6.1	Le problème du contrôle	29
6.2	Les connaissances de contrôle	31
6.3	Les architectures de contrôle	31
6.4	Intelligence artificielle et contrôle	32
7	Contrôle, connaissance et représentation	32
7.1	Le syndrome de Sisyphe	32
7.1.1	Un fil conducteur : les tableaux noirs	33
7.1.2	Une épistémologie de l'intelligence artificielle	34
7.2	Structure de l'ouvrage	34
7.2.1	Eléments méthodologiques et épistémologiques	35
7.2.2	Section scientifique	35
7.2.3	Section philosophique	36
2	Eléments pour une méthodologie et une épistémologie du contrôle	41
1	Les problèmes de l'IA	42
2	Méthodes universelles de résolution	45
3	Méthodes distribuées de résolution	48
3.1	Le modèle du tableau noir	49

- 3.2 Le contrôle des tableaux noirs 51
- 3.3 Le modèle et ses instances 52
 - 3.3.1 Le modèle 52
 - 3.3.2 Le contrôle séquentiel 53
 - 3.3.3 Instancier le modèle 55
- 3.4 Un moule générique : BB-1 57
- 4 Méthodologie du contrôle 59
 - 4.1 Le contrôleur et ses connaissances 61
 - 4.2 La nature des connaissances de contrôle 62
 - 4.3 La représentation des connaissances de contrôle 63
 - 4.4 L'utilisation des connaissances de contrôle 65
 - 4.5 Spécifications du contrôle 67
- 5 Typologie et évaluation des contrôleurs 70
- 6 Conclusion 72

Première Partie : Contrôle et Représentation 73

- 3 Caractérisations 75**
 - 1 Le contrôle des tableaux noirs 75
 - 2 Nature des connaissances de contrôle 76
 - 2.1 Les connaissances concernées 77
 - 2.1.1 Leur objet 77
 - 2.1.2 Leur structure 78
 - 2.2 Tableau, objets et solutions 80
 - 2.2.1 Le tableau et les niveaux hiérarchiques 80
 - 2.2.2 Les objets 80
 - 2.2.2.a La signification des objets 82
 - 2.2.2.b La structure des objets 84
 - 2.2.2.c Les relations entre les objets 84
 - 2.2.3 Les solutions 85
 - 2.2.4 En conclusion 86
 - 2.3 Le comportement des modules 86
 - 2.3.1 Les conflits entre ksars 86
 - 2.3.2 Une typologie des connaissances 88
 - 2.3.3 Détection et contenu 89
 - 2.4 Les stratégies d'utilisation 90
 - 2.4.1 Les focalisations d'attention 90
 - 2.4.2 Les stratégies de planification 91
 - 3 Représentation des connaissances de contrôle 91
 - 3.1 Tableau, objets et solution 92
 - 3.1.1 Représentation des objets et des niveaux du tableau 92

3.1.2	La représentation des solutions	93
3.2	Le comportement des modules	93
3.2.1	La contribution des modules	93
3.2.2	La coopération des modules	94
3.2.3	La compétition des modules	95
3.3	Les stratégies d'utilisation	95
4	Utilisation des connaissances de contrôle	96
5	Conclusion	97
4	Réalisations	99
1	Utilisation implicite de codes	99
1.1	Principe	99
1.2	Hearsay-II	100
1.2.1	La nature des connaissances de contrôle	101
1.2.1.a	Tableau, objets et solutions	101
1.2.1.b	Le comportement des modules	101
1.2.1.c	Les stratégies d'utilisation	103
1.2.2	La représentation des connaissances de contrôle	104
1.2.2.a	Tableau, objets et solutions	104
1.2.2.b	Le comportement des modules et les stratégies d'utilisation	104
1.2.3	L'utilisation des connaissances de contrôle	105
1.2.4	Bilan d'Hearsay-II	105
2	Utilisation implicite de représentations	106
2.1	Principe	106
2.2	Crysalis	107
2.2.1	La nature des connaissances de contrôle	107
2.2.1.a	Tableau, objets et solutions	107
2.2.1.b	Le comportement des modules	109
2.2.1.c	Les stratégies d'utilisation	110
2.2.2	La représentation des connaissances de contrôle	110
2.2.2.a	Tableau, objets et solutions	110
2.2.2.b	Le comportement des modules et les stratégies d'utilisation	110
2.2.3	L'utilisation des connaissances de contrôle	111
2.3	Bilan de Crysalis	111
3	Utilisation informelle de représentations	113
3.1	Principe	113
3.2	Contrôle à base de tableau noir : BB-1	113
3.2.1	La nature des connaissances de contrôle	114
3.2.1.a	Tableaux, objets et solutions	114

3.2.1.b	Le comportement des modules et les stratégies d'utilisation	115
3.2.2	La représentation des connaissances de contrôle	116
3.2.3	L'utilisation des connaissances de contrôle	118
3.2.4	Bilan de BB-1	119
4	Utilisation formelle de représentations	121
4.1	Conception générale d'Abacab	122
4.2	Hearsay-II et Abacab	123
4.3	Abacab	124
4.4	La nature des connaissances de contrôle	125
4.4.1	Tableau, objets et solutions	125
4.4.2	Le comportement des modules	126
4.4.3	Les stratégies	128
4.5	La représentation des connaissances de contrôle	128
4.5.1	Les contraintes.	129
4.5.2	Les prédictions	130
4.5.3	La planification	130
4.5.4	Les stratégies	131
4.5.5	La représentation dynamique de l'utilisation des connaissances	133
4.5.5.a	Les solutions partielles	134
4.5.5.b	Les synthèses.	134
4.5.5.c	Les mondes stratégiques.	134
4.6	L'utilisation des connaissances de contrôle	138
4.6.1	Utilisation des représentations dynamiques	138
4.6.2	Le cycle de base	140
4.7	Evaluation et conclusion	143
5	Conclusion	145
5	Spécifications	147
1	Spécification logicielle	148
1.1	Principe	148
1.2	Application	148
1.3	Conclusion	154
2	Spécification formelle	154
2.1	Principe	154
2.2	Application	155
2.3	Un modèle simplifié	156
2.4	Les problèmes de la cohérence et de la convergence	157
2.5	Une formalisation constructive de la cohérence	159
2.5.1	Les contraintes	160
2.5.2	Les contraintes canoniques	160

2.5.3	Une définition des hypothèses	161
2.6	Le DOTMS	162
2.6.1	La structure classique des ATMS	162
2.6.2	Structure des objets pour le DOTMS	163
2.6.3	Saturations et environnements	164
2.6.3.a	Le treillis de contradiction	165
2.6.3.b	Saturations	165
2.6.4	Utilisation du treillis et des saturations	166
2.6.5	Conclusion	167
2.7	Formalisation du tableau noir	167
2.7.1	La logique <i>HI</i>	168
2.7.2	Les interprétations de <i>HI</i>	168
2.7.3	Incompatibilités formelle et canonique	169
2.8	Une formalisation descriptive de la convergence	170
2.8.1	Une sémantique des mondes possibles	170
2.8.2	Les opérateurs d'exécution	172
2.8.3	Les opérateurs de planification	173
2.8.4	Les connaissances de contrôle	173
2.8.5	Le contrôleur comme démonstrateur	175
3	Spécification rationnelle	176
3.1	Principe	176
3.2	IA et spécification rationnelle	176

Deuxième Partie : Connaissance et Représentation 179

6	Cognitivism computationnel	181
1	Du cognitivism à l'artefacture	182
2	Connaissance et psychologie scientifique	186
2.1	Le fonctionnalisme	188
2.2	Psychologie intentionnelle	193
2.3	Psychologie scientifique et simulation	197
3	De l'informatique au symbole	198
3.1	Sémantique formelle	200
3.1.1	Sémantique dénotationnelle	200
3.1.2	Sémantique fonctionnelle	200
3.2	Les systèmes symboliques physiques	201
3.2.1	Désignation	202
3.2.2	La thèse des systèmes symboliques physiques	203
3.2.3	Représentation et connaissance	206
3.3	Le niveau des connaissances	207
3.3.1	L'explication des comportements	207

3.3.2	L'explication des programmes	208
3.3.3	Niveau des connaissances	208
4	Du symbole à l'informatique	210
4.1	Qu'est-ce qu'un symbole ?	211
4.2	Le triangle sémantique	213
4.3	Le problème de la catégorisation	214
4.4	Le renversement phénoménologique	216
5	Transduction et dualisme	216
5.1	La transduction : du physique au symbolique	216
5.2	Le dualisme du cognitivisme computationnel	218
5.2.1	Le dualisme ontologique	218
5.2.2	Le dualisme logique	219
5.2.3	La stratégie intentionnelle de Dennett	221
6	Les critiques naturalistes du cognitivisme computationnel	223
6.1	La critique physicaliste	224
6.2	La critique syntaxique	224
6.2.1	La critique du niveau des connaissances	225
6.2.2	Le langage de la pensée	225
7	Critique des critiques naturalistes	226
8	Contrôle et connaissance	227
9	Conclusion	229
7	Phénoménologie et épistémologie transcendantales	231
1	La différence phénoménologique	232
2	Aristote et la fondation logique	235
2.1	Aristote et la connaissance phénoménologique	235
2.2	Aristote et la science	236
2.2.1	Matière et forme	236
2.2.2	Connaissances normatives et descriptives	240
2.2.3	Science et perception	240
2.3	Aristote et le langage	242
2.3.1	Phénoménologie et catégories	242
2.3.2	La théorie aristotélicienne du langage	244
2.4	L'héritage aristotélicien	245
2.4.1	Sémantique formelle	246
2.4.2	La tripartition du langage	246
2.4.3	La représentation des connaissances en IA	248
2.5	Les confusions modernes	248
2.5.1	La confusion syntaxique/ catégorial	248
2.5.2	La confusion descriptif/normatif	249
3	Descartes et la mathématisation de la nature	252
3.1	L'abandon de la logique	252

3.2	Le doute hyperbolique	253
3.3	Du Cogito au monde réel	255
3.4	Le dualisme	259
3.4.1	L'apparence phénoménologique, monde du sens commun	260
3.4.2	L'être, monde de la science	260
3.5	Le mécanisme de la nature et de la pensée	262
3.6	L'intelligence artificielle n'est pas cartésienne	264
4	Leibniz et l'universalisme logique	266
4.1	Leibniz, critique de Descartes	266
4.2	Cognitivisme et leibnizianisme	268
5	Kant et la fondation de la pensée	270
5.1	Le but de la critique	270
5.2	La méthode de la critique	273
5.3	Le contenu de la critique	274
5.3.1	Sensibilité et entendement	274
5.3.2	Du concept à l'objet	277
5.3.3	Le rôle des mathématiques	279
5.4	Le projet d'une psychologie scientifique	283
5.5	Phénoménologie et finalité	285
5.6	Criticisme et stratégie épistémologique	287
6	Husserl et la fondation de la science	291
6.1	Intentionnalité et constitution	293
6.2	Monde de la vie et monde de la science	296
6.3	L'interprétation cognitiviste de Husserl	298
6.4	L'interprétation analytique de Husserl	300
6.4.1	Husserl et le cognitivisme : la filiation dreyfusienne	300
6.4.2	Réfutation de l'interprétation analytique	301
6.5	Ontologies formelle et matérielle	302
6.6	Phénoménologie et stratégie cognitive	305
7	IA et différence phénoménologique	306
8	Vers un programme de recherche	307
8	Artefacture	309
1	L'apport du cognitivisme computationnel	310
2	Un schéma régulateur	311
2.1	La description sémiotique	313
2.2	La construction scientifique	315
2.3	L'évaluation sémiotique	316
3	Programme scientifique de l'IA	317
3.1	Méthodologie et description sémiotique	318
3.1.1	Phénoménologie et structuralisme	319
3.1.2	Acquisition des connaissances et description sémiotique	321

3.2	Méthodologie et construction scientifique	323
3.3	Méthodologie et évaluation sémiotique	324
4	Différence phénoménologique et artefacture	327
4.1	Le symbole comme fondation	327
4.2	Langues et herméneutiques	328
4.3	L'artefacture comme philosophie	330
4.3.1	Intuition et symbole	330
4.3.2	Herméneutique de l'intersubjectivité	331
4.3.3	Herméneutique de l'objectivité	333
4.3.4	Informatique et artefacture	334
4.3.5	Cognitivisme et artefacture	335
5	De l'artefacture au contrôle	336
5.1	Connaissance, représentation et contrôle	337
5.2	Méthodologie pour le contrôle	338
9	Conclusion	341
	Références bibliographiques	345
	Index des notions	357