

Vie artificielle

Où la biologie rencontre l'informatique

Illustré avec Java

Jean-Philippe Rennard



Préface de Daniel Mange

Vuibert Informatique

TABLE DES MATIÈRES

Préface	xi
Avant-propos	xiii
Remerciements	xvii
PREMIÈRE PARTIE	
CONCEPTS 1	
CHAPITRE 1 VIE ET VIE ARTIFICIELLE 3	
Qu'est-ce que la vie?	7
<i>La vie: un ensemble de propriétés</i>	7
<i>Approche thermodynamique de la vie</i>	9
<i>Vie et autopoïèse</i>	13
Alan TURING et la machine universelle	19
Alan TURING	19
<i>La machine universelle</i>	21
La vie artificielle	31
<i>L'interprétation forte de la vie artificielle</i>	32
<i>Une extension de la biologie</i>	34
<i>Une méthode</i>	35
<i>Une boîte à outils</i>	37
Annexe Java, le paquetage <i>vabase</i>	39
CHAPITRE 2 ÉMERGENCES 47	
Présentation: non-linéarité et émergence	49
<i>De l'analyse à la synthèse</i>	49
<i>Le concept d'émergence</i>	55
Émergence et complexité	59
Automates cellulaires	63
Historique	63
<i>Jeu de la vie</i>	65
<i>Dynamique du jeu de la vie</i>	68
<i>Jeu de la vie et émergence</i>	71
<i>Autres automates cellulaires</i>	76

TABLE DES MATIÈRES

Applications des automates cellulaires 83
Un automate cellulaire en Java 86

CHAPITRE 3 UNIVERSALITÉ ET AUTORÉPLICATION 99

Universalité et automates cellulaires 100
Universalité dans le jeu de la vie 101
Classification de Stephen WOLFRAM 109
Classification de Christopher LANGTON 114
Classification de Jean-Claude HEUDIN 117

Autoreproduction et autoréplication 118
Automates autoréPLICATEURS de John VON NEUMANN 119
Boucles de LANGTON 127

Un automate cellulaire autoréPLICATEUR en Java 132

CHAPITRE 4 GÉNÉRATION ET RÉCURSION 139

Récurtivité 140
Richard DAWKINS et les biomorphes 145
Aristid LINDENMAYER et les L-systèmes 152
Des L-systèmes en Java 162

SECONDE PARTIE

BIOMIMÉTISME 173

CHAPITRE 5 ÉVOLUTION ET OPTIMISATION 175

Algorithmes génétiques 178
Présentation 179
Construction d'un algorithme génétique 183
Parallélisation 193
Schémas et parallélisme implicite 194

Programmation évolutionnaire 196
Stratégies évolutionnaires 199
Programmation génétique 201
Ordinateurs évolutifs 205
BioWatch: l'axe ontogénétique 206
L'axe phylogénétique 209

Applications biologiques 210
Le principe de BALDWIN 211
Echo 212
Les mécanismes de communication 213

Applications artistiques 214

Un algorithme génétique en Java	216
CHAPITRE 6 DISTRIBUTION ET BIOMIMÉTISME	233
Comportements sociaux et émergence	235
<i>Les boids de Craig REYNOLDS</i>	235
<i>Optimisation par essaim de particules</i>	239
<i>L'algorithme des mouches</i>	241
Insectes sociaux et intelligence en essaim	243
<i>Évolution et eusocialité</i>	244
<i>Auto-organisation et stigmergie</i>	247
<i>L'optimisation par colonie de fourmis</i>	250
Intelligence artificielle distribuée (IAD)	253
Animats	256
<i>Les véhicules de BRAITENBERG</i>	256
<i>L'approche animat</i>	258
<i>Structure d'un animat</i>	261
Robots	266
<i>Robotique collective</i>	267
<i>Robotique évolutionnaire</i>	272
Des boids en Java	277
CHAPITRE 7 CRÉATION	289
Virus informatiques et vie artificielle	290
Core War	291
Soupe primitive et apparition de la vie	298
Venus : la matière programmable	300
Amoeba	305
Tierra	306
Des créatures vivantes ?	312
CONCLUSION	317
ANNEXES	
ANNEXE BIOLOGIQUE	323
Évolutions	324
LAMARCK	325
DARWIN	328
<i>L'évolutionnisme moderne</i>	333
Hérédité et variabilité	341
MENDEL	342
<i>La molécule d'ADN</i>	344

TABLE DES MATIÈRES

<i>Les chromosomes</i>	350
<i>Transmission héréditaire de l'ADN et variabilité génétique</i>	353
ANNEXE GRAPHIQUE	359
<i>Des coordonnées logiques aux coordonnées physiques</i>	359
<i>Classe Cvue</i>	362
<i>Animations</i>	366
<i>Exemple d'implémentation : la classe vueBoid</i>	367
GLOSSAIRE	371
BIBLIOGRAPHIE	377
INDEX	399
CHAPITRE 4 GÉNÉRATION ET ÉCARTILLAGES	
<i>Écarterilages</i>	410
<i>Richard Dawkins et le Boid</i>	414
<i>Adaptation et la Boid</i>	417
<i>Des Boides en Java</i>	421
SECONDE PARTIE	
BIOMIMÉTISME	473