

Jean-Louis Roos

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

*Intelligence  
artificielle en*  
**LANGAGE C**

**INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
EN LANGAGE C**

**BIBLIOTHEQUE DU CERIST**

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

---

J.L. LAURIERE  
**INTELLIGENCE ARTIFICIELLE**  
*2.Représentation des connaissances*

E. DAVALO  
P. NAIM  
**DES RESEAUX DE NEURONES**

PH. DAX  
**LANGAGE C**

C. DELANNOY  
**EXERCICES EN LANGAGE C**

C. DELANNOY  
**C NORME ANSI**  
*Guide complet de programmation*

C. DELANNOY  
**APPRENDRE A PROGRAMMER EN TURBO C**

G. LEBLANC  
**TURBO/BORLAND C++**

6.22.03

# INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN LANGAGE C



**Jean-Louis ROOS**  
*Docteur d'État*

BIBLIOTHEQUE DU CERIST



**LES ÉDITIONS EYROLLES**  
vous proposent  
deux services gratuits

---

**1 - UN CATALOGUE COMPLET**  
de la discipline qui vous intéresse :

vous nous écrivez en nous précisant cette discipline et votre adresse

**2 - UN SERVICE PERMANENT D'INFORMATIONS**  
sur nos nouvelles parutions :

vous retournez la carte postale que vous trouverez dans ce livre

ÉDITIONS EYROLLES - Service "Lecteurs"  
61, Bld Saint Germain - 75240 Paris Cedex 05  
Tél. : (1) 44.41.11.54.



5578

---

En application de la loi du 11 mars 1957 (articles 40 et 41 ; Code pénal, article 425), il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de Copie, 6 bis rue Gabriel Laumain, 75010 Paris.

© Editions EYROLLES, 1992  
ISBN - 2-212-08252-5

# TABLE DES MATIERES

---

<b>CHAPITRE 1 - INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 2 - LES ENTIERS, LES CARACTERES ET LES POINTEURS</b> .....	<b>9</b>
1. LES ENTIERS ET LES CARACTERES .....	9
2. LES TABLEAUX D'ENTRIERS ET DE CARACTERES .....	11
3. LES POINTEURS D'ENTRIERS ET DE CARACTERES .....	12
3.1. Créer des pointeurs .....	13
3.2. Les pointeurs ne forment pas un type mais sont typés .....	14
3.3. Exercice: pointeur de pointeur! .....	14
3.4. Résumé .....	16
3.5. Tableaux et pointeurs .....	17
3.6. Affectation de pointeurs .....	18
4. COMPLEMENTS SUR LE LANGAGE C .....	19
4.1. Les fonctions .....	19
4.2. Le programme principal .....	22
4.3. Les opérateurs .....	22
4.4. Les structures de contrôle simples .....	24
4.5. Quelques fonctions C .....	25
5. UNE REPRESENTATION EN MEMOIRE INDEPENDANTE .....	26
5.1. Position du problème .....	26
5.2. Organisation générale de la mémoire dans CIA .....	27
5.3. Allocation de blocs de mémoire .....	27

<b>CHAPITRE 3 - LES STRUCTURES ET LES UNIONS</b> .....	<b>31</b>
<b>1. LES STRUCTURES</b> .....	<b>31</b>
1.1. Créer des structures .....	31
1.2. Manipulation d'éléments dans une structure .....	32
1.3. Structure de bits .....	33
1.4. Tableaux de structures et structures de structures .....	34
1.5. Alignement .....	35
1.6. Conversions .....	36
<b>2. LES UNIONS</b> .....	<b>38</b>
<b>3. RETOUR SUR LA GESTION DE MEMOIRE DANS CIA</b> .....	<b>39</b>
3.1. Objectifs .....	39
3.2. Déclarations .....	40
3.3. Autres choix possibles .....	41
3.4. Utilisation de portions de mémoire .....	41
3.5. Lecture de portions de mémoire .....	44
<b>CHAPITRE 4 - CHAINES DE CARACTERES ET SYMBOLES</b> .....	<b>47</b>
<b>1. LES CHAINES DE CARACTERES</b> .....	<b>47</b>
1.1. Les chaînes de caractères en langage C .....	48
1.2. Les principales fonctions de manipulation de chaînes .....	49
<b>2. LE CONCEPT DE SYMBOLE DANS CIA</b> .....	<b>52</b>
2.1. Structure d'un symbole .....	52
2.2. Dictionnaire de symboles .....	53
<b>3. MANIPULER DES SYMBOLES</b> .....	<b>55</b>
3.1. Principe général .....	55
3.2. Recherche dans le dictionnaire .....	57
3.3. Création dans le dictionnaire .....	58
<b>CHAPITRE 5 - C FACILE</b> .....	<b>61</b>
<b>1. COMPLEMENTS SUR LE LANGAGE</b> .....	<b>61</b>
1.1. Éléments lexicaux .....	61

1.2. Quelques définitions .....	62
1.3. Classes de mémorisation .....	63
1.4. Les ordres de traitement .....	68
1.5. La fonction de début de programme: main() .....	71
<b>2. LES LIBRAIRIES DU LANGAGE C .....</b>	<b>71</b>
2.1. Manipuler les caractères: ctype.h .....	72
2.2. Entrées et sorties: stdio.h .....	72
2.3. Librairie standard: stdlib.h .....	76
2.4. Librairie d'allocation malloc.h ou alloc.h .....	76
2.5. Manipuler des chaînes: string.h .....	77
2.6. Librairie mathématique: math.h .....	78
2.7. Divers: setjmp.h, time.h .....	78

**CHAPITRE 6 - LES TYPES ABSTRAITS DE CIA ..... 79**

<b>1. LES TYPES DANS CIA .....</b>	<b>80</b>
1.1. Organisation des types .....	80
1.2. Détail des types .....	81
<b>2. LES TYPES RECONNUS EN LECTURE .....</b>	<b>87</b>
2.1. Les règles syntaxiques de CIA .....	87
2.2. La création des types abstraits .....	89
<b>3. LES TYPES RECONNUS EN TRAITEMENT .....</b>	<b>92</b>
3.1. Le traitement des nouveaux types .....	92
3.2. La création des nouveaux types .....	94

**CHAPITRE 7 - CREATION D'UN DICTIONNAIRE DE SYMBOLES ..... 97**

<b>1. DEFINITION D'UNE FONCTION EXTERNE CIA .....</b>	<b>97</b>
1.1. Les fonctions initiales .....	98
1.2. Créer des fonctions dynamiquement .....	99
<b>2. CREATION D'UNE FONCTION CIA .....</b>	<b>100</b>
2.1. Déclarer la fonction écrite en C .....	101
2.2. Créer un symbole .....	101



2.3. Transformer un symbole en fonction .....	103
<b>3. LES AUTRES ELEMENTS DU DICTIONNAIRE .....</b>	<b>103</b>
3.1. Le symbole nil .....	104
3.2. Les symboles auto-évaluables .....	104
3.3. Les variables globales .....	104
3.4. Initialisation d'externes: les chemins vers nil, t, zéro .....	104
<b>4. L'INITIALISATION DE CIA .....</b>	<b>105</b>
<b>5. UTILISER uinit() .....</b>	<b>105</b>
5.1. Principe général .....	106
5.2. Exemple simple: la fonction lisse() .....	106
<b>CHAPITRE 8 - CONSTRUIRE UN INTERPRETEUR .....</b>	<b>109</b>
<b>1. GESTION DES ARGUMENTS .....</b>	<b>110</b>
1.1. Les arguments sont dans une FILE .....	110
1.2. Le contenu d'un argument .....	110
1.3. Déclarations .....	111
1.4. Schémas d'organisation .....	112
1.5. Gestion de la FILE .....	113
<b>2. LE LECTEUR .....</b>	<b>114</b>
2.1. La lecture du flux d'entrée dans une zone tampon .....	115
2.2. La codification .....	117
<b>3. L'EVALUATION .....</b>	<b>121</b>
3.1. Règles d'évaluation .....	121
3.2. Les deux évaluateurs .....	122
<b>4. L'IMPRESSION .....</b>	<b>123</b>
4.1. La fonction printl() .....	124
4.2. L'imprimeur .....	124
4.3. zprintl() .....	127
<b>5. LA GESTION DES ERREURS .....</b>	<b>127</b>
5.1. La table des messages d'erreur .....	127
5.2. L'enchaînement des programmes .....	128
<b>6. CIA ET LE TOPLEVEL .....</b>	<b>128</b>

6.1. La fonction main() .....	129
6.2. La boucle "read, eval, print" .....	131
6.3. Le toplevel .....	132
<b>7. FONCTIONNEMENT DE L'INTERPRETEUR .....</b>	<b>132</b>
7.1. Traitement des entités non fonctionnelles .....	132
7.2. Traitement des fonctions .....	132

**CHAPITRE 9 - LE PREPROCESSEUR .....** **137**

<b>1. LES MACRO DEFINITIONS .....</b>	<b>137</b>
1.1. Les définitions de constantes .....	137
1.2. Les définitions de fonctions .....	138
<b>2. LES INCLUSIONS .....</b>	<b>138</b>
2.1. Le fichier d'inclusions ciah.h .....	139
2.2. Le fichier d'inclusions ciax.h .....	141
<b>3. LA COMPILATION CONDITIONNELLE .....</b>	<b>142</b>
3.1. Le "magic number" .....	142
3.2. Position des compilations conditionnelles .....	143
3.3. Exemples d'application avec Sas-C .....	144

**CHAPITRE 10 - LES UTILITAIRES POUR CREER DES FONCTIONS .....** **147**

<b>1. LES UTILITAIRES TRES GENERAUX .....</b>	<b>147</b>
1.1. Les utilitaires liés au symboles .....	147
1.2. Utilitaire lié aux adresses .....	149
1.3. Utilitaires liés aux vecteurs .....	149
1.4. Création de chaînes de caractères .....	151
<b>2. LES SOUS-PROGRAMMES .....</b>	<b>152</b>
2.1. Analogie de deux vecteurs .....	152
2.2. Copie de séquences .....	153
2.3. Construire une sous-séquence .....	154
2.4. Longueur de séquences .....	156
2.5. Recherche dans une arborescence .....	157

2.6. Evaluation d'une chaîne ..... 158

**CHAPITRE 11 - LES FONCTIONS MATHÉMATIQUES ..... 159**

**1. REPRESENTATION DES NOMBRES ..... 159**  
1.1. Création d'un chemin complet contenant un entier ..... 160  
1.2. Création d'un "double" ..... 160  
1.3. Traitement d'un nombre à partir du chemin complet ..... 161  
**2. OPERATIONS MATHÉMATIQUES SIMPLES ..... 162**  
**3. OPERATIONS VECTORIELLES ..... 164**  
3.1. minimum et maximum d'un vecteur ..... 164  
3.2. Cumul d'un vecteur de nombre ..... 166  
3.3. Tri d'un vecteur: sort() ..... 167  
**4. AUTRES OPERATIONS ..... 168**  
4.1. Traitements de symboles: symbolvar() ..... 168  
4.2. Nombre aléatoire: random() ..... 169  
4.3. Evaluation d'une formule mathématique ..... 169  
**5. LES PREDICATS ..... 173**

**CHAPITRE 12 - DETAIL DE QUELQUES FONCTIONS  
SIMPLES DANS CIA ..... 175**

**1. FONCTIONS SANS UTILITAIRES ..... 176**  
1.1. Quelques fonctions élémentaires ..... 177  
1.2. Quelques fonctions de "oplevel" ..... 180  
1.3. Les prédicats simples ..... 183  
1.4. Les fonctions sur symboles et sur chaînes ..... 185  
1.5. Les fonctions simples avec longjmp() ..... 187  
**2. LES FONCTIONS PLUS COMPLEXES ..... 188**  
2.1. La liste des symboles ..... 188  
2.2. Le typage ..... 189  
2.3. Les prédicats complexes ..... 191  
**3. LES FONCTIONS AVEC UTILITAIRES ..... 192**  
3.1. Fonctions sur vecteurs ..... 192

3.2. Fonctions sur chaînes ..... 194

**CHAPITRE 13 - ETUDE DE QUELQUES FONCTIONS COMPLEXES ..... 197**

**1. COMPILER ..... 197**  
    1.1. La compilation ..... 197  
    1.2. L'exécution ..... 199

**2. LE PROCESSUS D'INFERENCE ..... 201**  
    2.1. Règles et inférence, principe général ..... 201  
    2.2. Créations de règles ..... 201  
    2.3. Inférer ..... 203  
    2.4. Le "break" ..... 206

**3. GESTION DE TABLEAUX ..... 206**  
    3.1. Définition ..... 206  
    3.2. Impression ..... 207

**4. LES FRAGMENTS ..... 208**  
    4.1. Création de fragments ..... 208  
    4.2. Utilisation de fragments ..... 211

**5. FORMATER UNE CHAINE DE CARACTERES ..... 212**  
    5.1. Le traitement principal du format ..... 212  
    5.2. Les insertions et les conversions ..... 213

**6. LES STRUCTURES DE CONTROLE ..... 213**  
    6.1. La fonction ifx() ..... 213  
    6.2. La fonction whilex ..... 215

**7. LES APPLICATIONS AU SENS DE LISP ..... 216**  
    7.1. La fonction map ..... 216  
    7.2. map-array ..... 218  
    7.3. map-setq ..... 218

**CHAPITRE 14 - LES FICHIERS ..... 219**

**1. ORGANISATION GENERALE DE LA GESTION DE FICHIERS ..... 219**  
    1.1. Table d'attachement ..... 219

1.2. Ouverture de fichiers .....	223
1.3. Fermeture de fichiers .....	225
<b>2. LECTURE DE CIA SUR UN FICHIER .....</b>	<b>228</b>
2.1. La lecture du flux d'entrées .....	228
<b>3. FONCTIONS DE LECTURE .....</b>	<b>230</b>
<b>4. FONCTIONS DE TRAITEMENT .....</b>	<b>231</b>
4.1. Chargement simple .....	231
4.2. Chargements spécifiques .....	232
4.3. Chargements avec transformation .....	235
<b>5. LES FONCTIONS D'ECRITURE .....</b>	<b>235</b>
5.1. Ecriture sur fichier .....	235
5.2. Copie de fichiers .....	236
<b>6. LES FONCTIONS D'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>238</b>
6.1. Sauvegarde de la mémoire .....	239
6.2. Restitution de la mémoire .....	241
<b>7. GESTION DU MANUEL .....</b>	<b>243</b>
7.1. Utilisation en ligne .....	243
7.2. Utilisation en manuel .....	244
<b>CHAPITRE 15 - MANUEL DE REFERENCE DE CIA .....</b>	<b>245</b>
<b>1. FONCTIONS D'AFFECTATION .....</b>	<b>246</b>
<b>2. GESTION DES SEQUENCES .....</b>	<b>246</b>
2.1. Création et accès .....	247
2.2. Transformations de séquences .....	248
2.3. Gestion diverse .....	250
2.4. Héritage et recherche .....	250
<b>3. FONCTIONS LIEES A L'EVALUATEUR .....</b>	<b>251</b>
<b>4. FONCTIONS DE LECTURE ET D'IMPRESSION .....</b>	<b>253</b>
<b>5. FONCTIONS DIVERSES .....</b>	<b>254</b>
5.1. Les compilations et les structures de contrôle .....	254
5.2. Les fonctions système .....	256
<b>6. LES FONCTIONS D'APPLICATION .....</b>	<b>257</b>

<b>7. LES FONCTIONS MATHÉMATIQUES</b> .....	258
7.1. Les opérateurs .....	259
7.2. Les autres fonctions .....	259
<b>8. LES PREDICATS</b> .....	260
8.1. Les prédicats numériques .....	260
8.2. Les prédicats non numériques .....	261
<b>9. LES FONCTIONS SPECIFIQUES</b> .....	264
<b>10. LES FONCTIONS D'AIDE</b> .....	267
<b>11. LES FICHIERS</b> .....	268
11.1. La gestion des fichiers .....	268
11.2. Les commandes sur fichiers en lecture .....	269
11.3. Les commandes sur fichiers en écriture .....	271
11.4. Copie de fichier .....	272
<b>12. SAUVEGARDE D'ENVIRONNEMENT</b> .....	272
12.1. La sauvegarde .....	272
12.2. La restitution .....	272
<b>13. LES ERREURS</b> .....	273

## **CHAPITRE 16 - COMPILATION ET MISE EN ŒUVRE**

<b>1. PRINCIPES GÉNÉRAUX</b> .....	275
1.1. Les fichiers en présence ... ..	276
1.2. Les fichiers sources .....	276
1.3. Le magic number .....	277
1.4. L'exécution et le passage d'arguments à l'appel .....	278
<b>2. INSTALLATION SOUS UNIX</b> .....	279
2.1. Installation sous SUN Sparc .....	279
2.2. Installation sous SUN 386 .....	281
2.3. Installation sous SPIX .....	281
2.4. Installation sous R6000 .....	281
<b>3. INSTALLATION SOUS MVS</b> .....	281
3.1. Préparation du transfert .....	282
3.2. Recodage de l'Ascci en Ebcidic .....	282

3.3. Suppression des commentaires .....	284
3.4. Utilisation du compilateur SAS-C .....	286
3.5. Utilisation du compilateur C-370 .....	287
3.6. Les spécificités du "magic number" .....	287
3.7. Compilation, édition de liens et exécution avec SAS-C .....	289
3.8. Compilation, édition de liens et exécution avec C-370 .....	291
<b>4. INSTALLATION SOUS MS-DOS .....</b>	<b>291</b>
4.1. Avec Turbo-C++ ou Borland-C++ .....	292
4.2. Avec Zortech .....	293
4.3. Avec C MICROSOFT .....	296
<b>5. INSTALLATION SOUS OS-2 .....</b>	<b>297</b>

**CHAPITRE 17 - UN EXEMPLE DE PROGRAMMATION  
SIMPLE EN CIA ..... 299**

<b>1. L'OBJECTIF: LA GESTION D'UN PORTEFEUILLE DE TITRES .....</b>	<b>300</b>
1.1. Les fichiers cia .....	300
1.2. Le tableau de synthèse .....	300
1.3. Les menus du système .....	303
<b>2. LA REALISATION EN CIA .....</b>	<b>307</b>
2.1. La base de données .....	307
2.2. Les menus et les fonctions associées .....	308
2.3. L'initialisation .....	313
2.4. L'analyse .....	318
2.5. L'impression des résultats .....	319
<b>3. LA FONCTION TCAM() .....</b>	<b>323</b>

**CHAPITRE 18 - UNE APPLICATION AVEC INFERENCE  
ET GESTION D'OBJETS ..... 327**

<b>1. L'OBJECTIF: UN CONSEILLER EN OPERATIONS FINANCIERES</b>	
1.1. Sur l'avenir bien fou qui se fera! .....	327
1.2. Présentations des résultats .....	328
1.3. Les menus et les possibilités du système .....	329

<b>2. LES OBJETS</b> .....	<b>331</b>
2.1. L'objet titre .....	332
2.2. Le modèle .....	333
2.3. Les bases .....	333
2.4. Les formules de calcul .....	334
<b>3. LES REGLES</b> .....	<b>334</b>
3.1. Forme des règles .....	334
3.2. Les règles d'analyse tendancielle .....	335
3.3. Les autres règles possibles .....	336
<b>4. LA REALISATION EN CIA</b> .....	<b>336</b>
4.1. Les menus .....	336
4.2. L'initialisation .....	343
4.3. L'impression des résultats .....	346
4.4. L'analyse financière .....	348
 <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	 <b>353</b>
<b>1. SUR LE LANGAGE C</b> .....	353
<b>2. SUR UNIX</b> .....	354
<b>3. SUR LISP ET L'IA</b> .....	354
<b>4. PROGRAMMATION ET INTERPRETEURS</b> .....	355
 <b>INDEX DES FIGURES</b> .....	 <b>357</b>
 <b>INDEX GENERAL</b> .....	 <b>359</b>
 <b>INDEX INTERNE</b> .....	 <b>361</b>
 <b>INDEX EXTERNE</b> .....	 <b>363</b>
 <b>COMMANDE DE LA DISQUETTE</b> .....	 <b>365</b>