

Le langage Algol W – Initiation aux algorithmes.

Ce document est disponible dans la collection de l'ACONIT, Association pour un conservatoire de l'informatique et de la télématique, Grenoble, fiche n°22091

Auteurs : Jean S. Chion et Edouard F. Cleemann

Ils sont enseignants à l'IMAG, l'Institut des Mathématiques Appliquées de Grenoble.

Edition : Presses Universitaire de Grenoble, 1973

ISBN 2.7061.0018.4

Document de 292 pages.

Le présent fichier PDF fournit une copie des pages de :

- couverture, de 4^{ème} de couverture, de tête,
- de préface et d'avant-propos,
- de table des matières (qui est très détaillée)

Pour utiliser ce document, mentionnez l'IMAG, ainsi que ACONIT n° 22091.

Il est rappelé que la loi sur les droits d'auteur n'autorise que les reproductions partielles de documents à titre individuel et pour des motifs de recherche.

Fiche rédigée le 2/10/2018 par Jean Ricodeau.

Jean S. CHION et Edouard F. CLEEMANN

LE LANGAGE ALGOL W
INITIATION
AUX ALGORITHMES



PRESSES UNIVERSITAIRES DE GRENOBLE

Cet ouvrage porte l'empreinte des nombreuses expériences pédagogiques réalisées à l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble, tant aux premiers cycles scientifiques qu'en maîtrise d'informatique ou à l'Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble, par ses auteurs.

Un premier chapitre présentant de façon simple le concept d'information et le codage de celle-ci en mémoire, la description d'un ordinateur, les notions de langage machine et de langage de programmation, la description du travail d'un assembleur, etc., la présence très fréquente, sous forme d'exemples, d'algorithmes essentiellement "informatique" comme l'emploi de la technique des piles, la postfixation, les tris, le chaînage des informations etc., constituent une initiation à l'informatique autant qu'une démystification de cette science aux yeux des débutants. Des exemples très variés au cours des 9 chapitres, la présence d'une annexe de problèmes aux thèmes très diversifiés (depuis l'exploitation des résultats d'une compétition à skis, jusqu'au jeu de belote, en passant par le problème du plus court chemin pour un voyageur représentant placier etc.), montrent concrètement l'impact de l'informatique et familiarisent le lecteur avec la notion d'algorithme.

Les grandes options pédagogiques de cet ouvrage peuvent se résumer ainsi :

- importance primordiale de la notion d'algorithme,
- introduction très précoce des procédures et de la notion de programmation structurée,
- hiérarchisation des instructions montrant que, fondamentalement, les instructions tantque et conditionnelle permettent de décrire presque tous les processus algorithmiques.

La méthode de travail proposée découle naturellement de ces options ; elle consiste, après une étude nécessaire des 3 premiers chapitres en vue d'une initiation à l'informatique et aux algorithmes et de l'acquisition des notions fondamentales ci-dessus, à utiliser l'annexe des problèmes et à n'aborder les autres notions qu'au fur et à mesure des besoins suscités par ces problèmes, d'une façon "étoilée" et non linéaire.

Cet ouvrage espère donc apporter une réponse aux problèmes de contenu et de pédagogie posés par l'initiation à l'informatique, en particulier dans les sections du premier cycle de l'Enseignement Supérieur.

AC 22091



LE LANGAGE ALGOL W

INITIATION AUX ALGORITHMES

par

Jean S. CHION et Edouard F. CLEEMANN

Maitres-Assistants à l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble

Préface de

Jean-Claude BOUSSARD

Professeur à l'Université de Nice

PRESSES UNIVERSITAIRES DE GRENOBLE

1973

*Guillaume Guichard
Costa*

PRÉFACE

Démythifier le jargon informatique des années soixante pour en démystifier les innombrables victimes, tel est le premier but avoué — et combien avouable — des auteurs du présent ouvrage. La guerre est ouvertement déclarée à certains techniciens jaloux de leur savoir, qui n'hésitent pas à vous scrattecher des dèques de djobs parcequ'ils comportent trop de suberoutines ou qu'ils outteputtent (sic) trop souvent sur un même dissepague. On préfère ici parler de paquets de cartes et de trains de travaux. Nationalisme mal venu ? Evidemment non. Mais juste remise des choses à leur place par l'emploi de termes simples et objectifs, rappelant au profane que rien ici n'est mystérieux. Ce souci de clarté donne à l'ouvrage une de ses qualités primordiales, et permet aux auteurs de prétendre à une initiation exemplaire à l'art de programmer. Cette initiation passe par l'apprentissage progressif des notions d'information, de codage, de calculateur et de langage de programmation. C'est donc pratiquement toute l'informatique qui est couverte, et comme tel, ce livre est appelé à devenir l'ouvrage de base indispensable à tout débutant dans ce domaine : étudiant de n'importe quel premier cycle universitaire, apprenti programmeur, spécialiste d'une autre discipline désirant recourir aux services de l'ordinateur, ou tout simplement honnête homme en mal de culture.

Il serait faux toutefois de croire que les auteurs se contentent de nous apprendre ici à rédiger des programmes syntaxiquement corrects dans un langage particulier. C'est en fait, dans une seconde démarche pédagogique, à une vaste réflexion sur la notion d'algorithme que nous sommes invités : une partie du premier chapitre est consacrée à ce concept, et dans la suite du livre de nombreux exemples, exercices et travaux pratiques montrent à la fois l'étendue des domaines concernés (de l'exploitation des résultats d'une compétition sportive à l'émission de billets à ordre par une entreprise, etc.) et celle des techniques employées (tris, empilages, notation postfixée, structuration des données, dichotomie, adressage dispersé, parcours d'arborescences, simulations, etc.). L'importance ainsi donnée à l'algo-

rithmique amène naturellement les auteurs à introduire les notions du langage utilisé dans un ordre qui ne laisse pas d'être agréable aux yeux d'un informaticien moderne, et qui fait écho aux travaux de N. Wirth et de E.W. Dijkstra. C'est ainsi que procédures et programmation structurée, instructions tant que et instructions conditionnelles font l'objet des développements les plus fondamentaux, dans le même temps qu'organigrammes et branchements inconditionnels sont renvoyés au rang d'accessoires, qu'ils n'auraient jamais dû quitter. Le choix même du langage Algol W pour illustrer ces notions n'est pas le fruit du hasard : ce langage, pour lequel il existe depuis longtemps des compilateurs d'une efficacité remarquable, constitue à l'heure actuelle le seul langage de description algorithmique répondant, aux yeux des auteurs, aux exigences de cette initiation. La description exhaustive du langage, est d'ailleurs menée avec suffisamment de prudence, notamment en ce qui concerne la récursivité et le traitement de listes, et la méthode de travail proposée est suffisamment efficace, pour que le lecteur adepte d'un autre langage tire dans tous les cas le plus grand profit de l'ouvrage, même s'il n'a pas accès à un compilateur Algol W.

Il est bon de rappeler enfin que ce livre s'appuie sur une expérience de plusieurs années d'enseignement de la programmation et de l'informatique fondamentale, et que les directions pédagogiques adoptées ont été testées progressivement devant un grand nombre de débutants. L'informatique française est à l'heure actuelle le théâtre d'une lutte sourde, mais terriblement meurtrière, entre les partisans d'un renouveau tel qu'il se présente ici et ceux d'un conservatisme apeuré, désireux notamment de cantonner l'enseignement de notre discipline dans l'apprentissage d'un vernis trompeur s'apparentant le plus souvent à une simple leçon de vocabulaire et de syntaxe. L'enjeu de cette lutte n'est rien moins que la suppression progressive, déjà amorcée, des enseignements sérieux d'informatique en tant que discipline à part entière — maîtrises et troisième cycle pour ne parler que de l'Université — au profit exclusif de l'informatique qualifiée — l'indéfinissable "informatique de gestion" par exemple. A plus long terme, c'est toute la recherche fondamentale en informatique qui est en cause dans notre pays. Pour des raisons de politique générale et financière, d'une clarté toute relative, les plus hautes autorités nationales en la matière ont déjà à maintes reprises apporté leur soutien sans réserve à ce processus de démantèlement du travail effectué depuis plus de dix ans par nos scientifiques les plus compétents. Ces derniers ne doivent donc compter que sur eux-mêmes pour affirmer leur existence et leur volonté de voir définitivement l'informatique en tant que telle acquérir pignon sur rue dans notre pays. Le présent ouvrage œuvre à l'évidence dans ce sens et je ne saurais trop remercier ses auteurs pour ce travail. Puisse le succès couronner cet effort et notre cause s'en trouver renforcée.

J.C. BOUSSARD

AVANT-PROPOS

Nous proposons au débutant utilisant cet ouvrage, le schéma de travail suivant :

1/ la lecture attentive des trois premiers chapitres et la réflexion sur les exemples et exercices y figurant nous semble constituer une première phase nécessaire. Ce travail préalable permettra au lecteur :

- de se faire une idée générale de la science informatique et de la notion d'algorithme.

- d'acquérir l'attitude saine consistant à considérer un algorithme globalement pour pouvoir le structurer en les différents sous-algorithmes qui le composent, de façon à ne jamais être noyé par le détail.

- de connaître les notions fondamentales du langage Algol W (procédures, instructions d'entrées-sorties, instructions itératives et conditionnelles) et l'étendue de la gamme des algorithmes qu'il permet de décrire.

2/ Ceci étant fait, l'étudiant peut continuer à travailler chapitre par chapitre. Cependant, nous lui conseillons une méthode de travail qui nous semble plus fructueuse et consistant à centrer son étude sur les problèmes proposés dans l'annexe 1, et à n'aborder les autres paragraphes ou chapitres du cours qu'au fur et à mesure des besoins, et pas nécessairement dans l'ordre de l'exposé. Cette série de problèmes étant divisée en deux groupes, le lecteur arrivé à ce stade n'abordera vraisemblablement que le premier, l'appartenance aux groupes 1 ou 2 étant décidée d'après le niveau de difficulté algorithmique. Nous voyons à cette manière de travailler plusieurs avantages :

- ramener les choses à leur juste place, l'important étant la notion d'algorithme.

- acquérir une formation à la fois "pratique et théorique" et une aisance de plus en plus grande vis à vis des algorithmes.

- motiver l'existence des différents éléments du langage ; ainsi la nécessité des variables indicées, l'utilité de l'instruction pour, seront-elles

ressenties dès le premier problème, et nous pensons que cette façon de procéder amènera le lecteur à "recréer" le langage, voire à en critiquer telle ou telle notion — aucun langage de programmation ne pouvant prétendre à la perfection — et à faire un effort de réflexion sur la manière d'adapter un outil aux problèmes qu'il se propose de résoudre.

— le regroupement des notions en chapitres correspond plus à l'optique "facilité de révision ou de recherche d'un élément quand on connaît déjà l'ensemble" qu'à un souci pédagogique. Nous pensons d'ailleurs à ce sujet que l'étude des algorithmes et de la programmation se fait beaucoup mieux d'une façon "étoilée" que linéaire, et que vouloir enchaîner les notions les unes après les autres semble assez illusoire. Ainsi le chapitre 4 regroupe-t-il tous les types d'expressions mais on peut parfaitement avoir besoin des fonctions procédures ou de la structure générale de blocs, bien avant les expressions binaires.

Pour permettre d'utiliser au mieux ces énoncés de problèmes, nous nous sommes efforcés d'indiquer, après chacun d'eux, la liste des principales connaissances à acquérir pour les résoudre. Cette façon de procéder reste bien entendu subjective : les auteurs, s'étant, penchés eux-mêmes sur l'algorithme, font nécessairement passer dans cette liste leur façon de voir la question ; aussi serait-il utile que le lecteur dresse lui même, pour comparaison, après réflexion sur le problème, un catalogue approximatif des outils de programmation nécessaires.

3/ Enfin le deuxième groupe de problèmes permettra, par un processus analogue, mais plus approfondi, d'atteindre un niveau plus élevé, sur le plan des algorithmes essentiellement, mais aussi sur le plan de la maîtrise de la programmation (par contre, le nombre des notions syntaxiques à utiliser ne sera guère plus grand).

Dans ces conditions, il nous paraît que l'ensemble de la méthode de travail proposée constitue un moyen terme efficace entre le directivisme et la tentation de recreation utopique.

Nous tenons enfin à remercier Monsieur le Professeur Boussard pour avoir bien voulu rédiger la préface de cet ouvrage et surtout pour l'aimable critique constructive qu'il fit des ébauches de notre travail, ainsi que N. Balacheff, J.P. Cahen, A. Guyot, A. Landelle, M. Lucas, J. Mossière, D. Portal et F. Rechenmann pour leur contribution amicale sous forme de conseils ou de textes de problèmes.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PREFACE	III
AVANT-PROPOS.....	V
CHAPITRE 1. – INTRODUCTION A LA PROGRAMMATION ET A L'INFORMATIQUE.....	1
1.1 Algorithmes	1
1.1.1 Définition – Exemples	1
1.1.2 Nécessité d'un langage algorithmique	4
1.2 Les ordinateurs	6
1.2.1 Schéma général d'un ordinateur	6
1.2.2 L'information.....	7
1.2.3 L'information "donnée"	8
1.2.3.1 Information utilisable par une agence de voyage	8
1.2.3.2 Données entières	8
1.2.3.3 Données réelles	9
1.2.3.4 Codage des caractères	10
1.2.4 L'information "Programme". Notion de langage ma- chine.....	10
1.2.5 Précisions sur le rôle de chaque partie de l'ordinateur.	14
1.2.5.1 Organes d'entrée ; organes de sortie	14
1.2.5.2 L'unité de traitement.....	15
1.2.5.3 L'unité de contrôle.....	15
1.2.6 Mémoire centrale et mémoires de réserve.....	16
1.2.6.1 Pourquoi des mémoires de réserves ?	16
1.2.6.2 Qualités que l'on peut demander aux diffé- rents dispositifs de mémorisation.....	17
1.2.6.3 Exemples de dispositifs de mémorisation...	19

	Pages
1.2.7 Les langages de programmation.....	21
1.2.7.1 Généralités.....	21
1.2.7.2 Les langages d'assemblage.....	22
1.2.7.3 Les langages évolués.....	26
1.2.8 Les systèmes d'exploitation des ordinateurs.....	28
1.3 Critères de choix d'un algorithme.....	29
1.3.1 Calcul d'une valeur approchée d'une intégrale par la méthode des trapèzes.....	30
1.3.2 Deux algorithmes de tri.....	30
1.3.3 Le schéma de Horner.....	32
CHAPITRE 2. — PRESENTATION DU LANGAGE ALGOL W...	35
2.1 Alphabet.....	35
2.2 Les différents types d'objets manipulables en Algol W.....	36
2.3 Comment obtenir une valeur.....	36
2.3.1 Les constantes.....	36
2.3.2 Les variables simples.....	37
2.3.3 Allons au fond des choses.....	38
2.4 Ecriture des constantes dans les programmes Algol W.....	38
2.4.1 Constantes logiques.....	38
2.4.2 Constantes binaires.....	38
2.4.3 Constantes chaînes de caractères.....	39
2.4.4 Constantes numériques.....	39
2.4.4.1 Constantes entières.....	39
2.4.4.2 Constantes réelles.....	39
2.4.4.3 Constantes complexes.....	40
2.5 Structure d'un programme Algol W.....	40
2.5.1 Généralités — Exemple : programme du calcul de e^x	40
2.5.2 Les déclarations de variables simples.....	41
2.6 Instruction d'affectation.....	42
2.7 Instructions d'entrée — Instructions de sortie.....	44
2.7.1 Importance de ces instructions.....	44
2.7.2 Lecteur de carte, imprimante et entrées-sorties.....	46
2.7.2.1 Disposition des données sur les cartes don- nées.....	47
2.7.2.2 L'instruction ENTRER.....	47
2.7.2.3 L'instruction ENTREC.....	49
2.7.2.4 L'introduction SORTIR.....	50
2.7.2.5 L'instruction SORTIREC.....	52

	Pages
2.8 Notion de procédure	52
2.8.1 Procédures sans paramètres	52
2.8.2 Procédures avec paramètres	54
2.9 Exercices	55
CHAPITRE 3. – INSTRUCTIONS FONDAMENTALES	59
3.1 Importance de la notion d'itération	59
3.2 L'instruction TANTQUE	60
3.2.1 Une première définition des blocs	60
3.2.2 Syntaxe et fonctionnement de l'instruction TANTQUE	61
3.3 L'instruction conditionnelle	63
3.3.1 Instructions simples, instructions non simples	63
3.3.2 Nécessité de l'instruction conditionnelle	63
3.3.3 Syntaxe et fonctionnement de l'instruction condi- tionnelle	64
3.3.4 L'instruction si	66
3.4 Programmation structurée	68
3.4.1 Attitude à avoir face à un problème algorithmique ..	68
3.4.2 Les procédures au service de la structuration des algorithmes	69
3.5 Exercices	71
3.5.1 Exercice 1 : Calcul d'impôts	71
3.5.2 Exercice 2 : Programme complet de l'algorithme de tri par sélection-échange appliqué à une liste de mille mots	72
3.6 Enoncés d'exercices	73
CHAPITRE 4. – EXPRESSIONS SIMPLES	75
4.1 Introduction	75
4.2 Variables indicées	75
4.2.1 Nécessité des variables indicées	75
4.2.2 Notation des variables indicées – déclarations de tableaux	76
4.2.3 Premiers exemples d'utilisation des variables indicées	79
4.2.3.1 Introduction de données dans un tableau par instruction d'entrée	79

	Pages
4.2.3.2 Introduction de valeurs par l'instruction d'affectation	81
4.2.3.3 Sortie du contenu des tableaux	81
4.3 Procédures et fonctions standards	83
4.3.1 Procédures standards	83
4.3.2 Fonctions standards	83
4.4 Généralités sur les expressions simples	84
4.4.1 Notions indispensables	85
4.4.2 Précisions supplémentaires	86
4.4.2.1 Expressions dans lesquelles n'interviennent que des opérateurs binaires	87
4.4.2.2 Expressions dans lesquelles interviennent des opérateurs unaires	89
4.5 Expressions arithmétiques simples	90
4.5.1 Fonctions standards arithmétiques	90
4.5.1.1 Fonctions standards utiles en calcul numériques	90
4.5.1.2 Fonctions standards de conversion	91
4.5.2 Opérateurs arithmétiques — type d'une expression arithmétique simple	92
4.5.3 Conversions implicites dans les instructions d'affectation et d'entrée	94
4.5.4 Enoncés d'exercices	96
4.6 Expressions chaînes simples	96
4.6.1 Fonctions standards liées au type chaîne	97
4.6.2 Indicateur de sous-chaîne	97
4.6.3 Particularités concernant les instructions d'affectation et d'entrée	98
4.6.4 Exercice : simulation du travail de la procédure ENTRER	101
4.6.5 Enoncés d'exercice	102
4.7 Expressions binaires simples	104
4.7.1 Présentation	104
4.7.2 Fonctions standards liées au type bits	105
4.7.3 Opérateurs	106
4.7.4 Exercices	108
4.7.4.1 Organisation d'une compétition de natation	108
4.7.4.2 Simulation du travail d'un transcodeur	110
4.7.5 Enoncés d'exercices	111

	Pages
4.8 Expressions logiques simples	112
4.8.1 Présentation	112
4.8.2 Opérateurs logiques	112
4.8.3 Opérateurs de relation	113
4.8.3.1 Relations construites avec les opérateurs $= \neq$..	114
4.8.3.2 Relations construites avec les opérateurs $< \leq \geq >$	114
4.8.4 Exercices	115
4.8.4.1 Algorithme de recherche dans une liste non classée	116
4.8.4.2 Un algorithme de recherche dans une liste classée	116
4.8.5 Enoncés d'exercices	116
4.9 Classement des opérateurs Algol W	117
CHAPITRE 5. – INSTRUCTIONS UTILES	119
5.1 Instructions pour	119
5.1.1 Utilité des instructions pour	119
5.1.2 Les deux formes d'instructions pour	120
5.1.2.1 Syntaxe	120
5.1.2.2 Fonctionnement	120
5.1.2.3 Remarques et commentaires	122
5.2 Exercices	124
5.2.1 Résolution d'un système linéaire triangulaire d'équa- tions	124
5.2.2 Passage d'une expression infixée complètement pa- renthésée à l'expression postfixée correspondante. . .	125
5.2.3 Evaluation d'une expression postfixée	128
5.2.4 Algorithme de recherche dichotomique dans une liste classée	129
5.3 Enoncés d'exercices	130
5.4 Instruction choix	132
5.5 Enoncé d'exercice	133
CHAPITRE 6. – STRUCTURE DE BLOCS	137
6.1 Un problème à résoudre : les tableaux a bornes variables . . .	137
6.2 Forme syntaxique la plus générale pour un bloc	139
6.3 Structuration d'un programme par la notion de bloc	140

	Pages
6.4 Niveaux de déclarations dans un programme	141
6.4.1 Règle générale sur la portée des identificateurs....	141
6.4.2 Conflits de déclarations	142
6.4.2.1 Règlement normal des conflits	142
6.4.2.2 Conflits concernant les bornes de tableaux ..	143
6.5 Gestion par le compilateur des différents blocs d'un programme.....	144
6.6 Aspect dynamique des réservations correspondant aux déclarations d'un programme	147
6.7 Exercice: permutations circulaires dans un tableau a une entrée.....	148
6.8 Enoncés d'exercices	149
 CHAPITRE 7. – LA NOTION DE PROCEDURE	 151
7.1 Rappel du rôle fondamental de la notion de procédure ...	151
7.2 Procédures sans paramètres	152
7.2.1 Exemple	152
7.2.2 Commentaires	153
7.3 Procédures avec paramètres	154
7.3.1 Rappels et précisions sur la syntaxe et sur les méca- nismes	154
7.3.1.1 Les déclarations de procédures avec para- mètres	155
7.3.1.2 Les instructions procédures avec paramètres ..	155
7.3.2 Exemples illustrant les points délicats du paragraphe précédent	156
7.4 Exercice	157
7.5 Fonctions définies à l'aide de la notion de procédure ...	159
7.5.1 Présentation	159
7.5.2 Syntaxe et fonctionnement.....	159
7.5.2.1 Déclaration d'une fonction procédure	159
7.5.2.2 Activation d'une fonction procédure	160
7.5.3 Exemples	161
7.5.4 Enoncé d'exercice	162
7.6 Appel par nom, appel par valeur	163
7.6.1 Exemples de problèmes pouvant naître au moment de l'activation d'une procédure ou d'une fonction procédure	163
7.6.2 Un remède à ces problèmes	165
7.6.3 Appel par valeur	166

	Pages
7.6.4 L'appel par valeur doit être employé à bon escient . .	168
7.7 Appel par résultat	170
7.7.1 Problème posé	170
7.7.2 Le remède à ce problème : l'appel par résultat	172
7.8 Enoncés d'exercices : étude de la spécification valeur résultat	174
7.9 Procédures en paramètres	174
7.10 Indicateur de sous-tableau	177
7.10.1 Exposé de la notion	177
7.10.2 Exercice	178
7.10.3 Enoncé d'exercice	178
CHAPITRE 8. – QUELQUES FACILITES SUPPLEMENTAIRES OFFERTES PAR LE LANGAGE	179
8.1 Double précision	179
8.1.1 Nécessité de la double précision	179
8.1.2 Variables et constantes en double précision	180
8.1.3 Conversions implicites dans les instructions d'affec- tation ou d'entrée	181
8.1.4 Incidence de la double précision sur les expressions arithmétiques simples	182
8.1.4.1 Opérateurs long et court	182
8.1.4.2 Fonctions standards relatives à la double précision	183
8.1.4.3 Incidence sur le type d'une expression arith- métique simple	183
8.2 Expression conditionnelle	183
8.2.1 Syntaxe et procédé d'évaluation	183
8.2.2 Exemples	185
8.2.3 Enoncés d'exercices	186
8.3 Expression choix	186
8.3.1 Syntaxe et procédé d'évaluation	186
8.3.2 Exemples – Exercices	187
8.3.3 Enoncés d'exercices	188
8.4 Instruction allera	189
CHAPITRE 9. – ENREGISTREMENTS ET POINTEURS	191
9.1 Insuffisances relatives des variables simples et des tableaux ..	191

	Pages
9.2 Exemple de structure d'informations composites	192
9.3 Déclaration et utilisation des pointeurs et des classes d'enregistrements	193
9.3.1 Déclaration de classe d'enregistrements	193
9.3.2 Création d'enregistrements et variables de type pointeur	194
9.4 Expressions de type pointeur	197
9.5 Chaînage des enregistrements	198
9.5.1 Premier contact avec cette notion	198
9.5.2 Problèmes d'adjonction ou de suppression d'éléments	200
9.5.3 Exemple d'adjonction dans un arbre généalogique ...	202
9.5.4 Exemple de création d'un ensemble d'enregistrements chaînes	209
9.6 Relation d'appartenance	212
9.7 La fonction procédure parcours de l'arbre généalogique — Introduction à la récursivité	213
 ANNEXE 1. — PROBLEMES DE REFLEXION SUR LES ALGORITHMES. ALGORITHME A PROGRAMMER ...	 221
Groupe 1. — Algorithmes simples	221
Problème n° 1	223
Problème n° 2	224
Problème n° 3	228
Problème n° 4	230
Problème n° 5	233
Groupe 2. — Algorithmes nécessitant une plus grande initiative.	235
Problème n° 6	237
Problème n° 7	239
Problème n° 8	241
Problème n° 9	243
Problème n° 10	246
Problème n° 11	248
Problème n° 12	252
Problème n° 13	254
 ANNEXE 2. — DEFINITION SYNTAXIQUE FORMELLE DU LANGUAGE ALGOL W	 257
1 Introduction	257
2 Index alphabétique des entités syntaxiques	259

	Pages
3 Syntaxe du langage	260
3.1 Symboles de base	260
3.2 Identificateurs	260
3.3 Types d'objets manipulables	261
3.3.1 Nombres	261
3.3.2 Valeurs logiques	261
3.3.3 Valeurs binaires	261
3.3.4 Valeurs de type chaîne	261
3.3.5 Valeur de type pointeur	262
3.4 Déclarations	262
3.4.1 Déclarations de variables simples	262
3.4.2 Déclarations de tableaux	262
3.4.3 Déclarations de procédures et de fonctions pro- cédure	262
3.4.4 Déclarations de classes d'enregistrements	263
3.5 Expressions	263
3.5.1 Syntaxe générale des expressions	263
3.5.2 Variables	264
3.5.3 Indicateurs de fonctions	264
3.5.4 Expressions arithmétiques simples	264
3.5.5 Expressions binaires simples	267
3.5.6 Expressions simples de type chaîne	267
3.5.7 Expressions simples de type pointeur	267
3.5.8 Expressions logiques simples	267
3.6 Instructions	268
3.6.1 Blocs	268
3.6.2 Instructions d'affectation	269
3.6.3 Instruction allera	269
3.6.4 Instruction de vérification	269
3.6.5 Instruction vide	269
3.6.6 Instructions procédure	269
3.6.7 Instructions itératives	270
3.6.8 Instructions conditionnelles	270
3.6.9 Instructions choix	270
4 Procédures et fonctions standards	271
4.1 Procédures standards d'entrées-sorties	271
4.1.1 Procédures standards d'entrées	271
4.1.2 Procédures standards de sorties	272
4.2 Fonctions standards mathématiques	272
4.3 Fonctions standards de conversions explicites de types ..	273
4.4 Fonction de temps	274

	Pages
ANNEXE 3. — TABLE DE CORRESPONDANCE ANGLAIS-FRANCAIS DES MOTS RESERVES DU LANGUAGE ALGOL W	275
BIBLIOGRAPHIE	277
INDEX ALPHABETIQUE	279