

1170

# THESE

présentée à

**Université Scientifique et Médicale de Grenoble**  
**Institut National Polytechnique de Grenoble**

*pour obtenir le grade de*  
**DOCTEUR D'ETAT ES- SCIENCES**  
Mathématiques

*par*

**Pierre - Claude SCHOLL**



**VERS UNE PROGRAMMATION SYSTEMATIQUE :**  
**ETUDE DE QUELQUES METHODES , TECHNIQUES ET OUTILS.**



Thèse soutenue le 29 Juin 1979 devant la commission d'examen.

**L. BOLLIET**                      Président

**M. GALINIER**

**M. GRIFFITHS**

**P. JORRAND**

**M. LUCAS**                      Examineurs

**M. SAKAROVITCH**

**M. SINTZOFF**

**G. VEILLON**

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

1979/11/29

## TABLE DES MATIERES

### AVANT-PROPOS

INTRODUCTION	2
0. NOTATIONS	9
0.1 Notation algorithmique	9
0.1.1. - Génération de valeurs	9
0.1.2. - Procédures	10
0.1.3. - Instructions	11
0.1.4. - Mise en page	12
0.2 Evaluation des algorithmes	12
0.2.1. - Rôle des évaluations	12
0.2.2. - Présentation des évaluations	12

### PREMIERE PARTIE : LE TRAITEMENT SEQUENTIEL

INTRODUCTION	14
1. PRINCIPES DU TRAITEMENT SEQUENTIEL	16
1.1 Généralités sur les files	17
1.1.1. - Définition	17
1.1.2. - Structuration d'une information en file	18
1.1.3. - Description d'une file : un modèle de notations	19
1.1.4. - Files vides	21
1.1.5. - Exemples de descriptions de files	22
1.1.6. - Analyse récurrente et traitement de files	25
1.1.7. - Exemple ; mots palindromes	26
1.1.8. - Conclusion	29
1.2 Algorithmes de traitements de files	30
1.2.1. - Parcours d'une file	31
1.2.2. - Parcours d'une sous-file	32
1.2.3. - Recherche d'un élément dans une file	34
1.2.4. - Quelques exemples d'application de la recherche associative	37
1.3 Conclusion	41

2. <u>PROGRAMMATION DU TRAITEMENT SEQUENTIEL</u> -----	42
2.1 Accès séquentiel à la file : deux modèles de "machines séquentielles" -----	43
2.1.1. - Machines séquentielles -----	43
2.1.2. - Description générale de deux modèles de machines séquentielles -----	45
2.1.3. - Exemple de description d'un accès séquentiel -----	48
2.1.4. - Construction d'une machine séquentielle -----	49
2.1.5. - Conclusion -----	51
2.2 Schémas de traitement séquentiel -----	52
2.2.1. - Principes de construction et d'évaluation -----	52
2.2.2. - Parcours d'une file -----	54
2.2.3. - Parcours d'une sous-file -----	57
2.2.4. - Recherche d'un élément dans une file -----	69
2.3 Etude de cas particuliers -----	70
2.3.1. - Accès séquentiel initialisé par une action d'"ouverture" -----	70
2.3.2. - Cas particulier pour le parcours d'une sous-file et la recherche -----	73
2.3.3. - Raffinement des programmes -----	75
2.4 Conclusion : un résumé du traitement séquentiel -----	75
2.4.1. - Récapitulatif des modèles et outils présentés -----	75
2.4.2. - Etapes du processus de construction de programmes ---	76
3. <u>APPLICATION SYSTEMATIQUE DU TRAITEMENT SEQUENTIEL</u> -----	78
3.1 Premier exemple : énumération partielle d'une file -----	79
3.1.1. - Application directe d'un algorithme de parcours à la file donnée -----	80
3.1.2. - Définition de la file des éléments vérifiant la propriété P -----	80
3.1.3. - Regroupement des éléments consécutifs vérifiant P ---	83
3.1.4. - Discussion -----	84
3.1.5. - Conclusion -----	85
3.2 Deuxième exemple : fusion de fichiers -----	86
3.2.1. - Notations -----	86
3.2.2. - Première approche : file de couples -----	89
3.2.3. - Deuxième approche : parcours de l'un des deux fichiers	92
3.2.4. - Application d'une technique de sentinelle -----	93
3.2.5. - Discussion -----	94
3.2.6. - Conclusion -----	96

3.3 Troisième exemple : taille moyenne des identificateurs d'un programme -----	97
3.3.1. - Principe de la construction -----	97
3.3.2. - Premier niveau d'abstraction ; moyenne des longueurs d'identificateurs -----	99
3.3.3. - Deuxième niveau d'abstraction ; constitution des identificateurs à partir des caractères effectifs -----	100
3.3.4. - Troisième niveau d'abstraction ; élimination des commentaires et des littéraux -----	108
3.3.5. - Discussion -----	112
3.3.6. - Conclusion -----	112
3.4 Conclusion -----	113
<b>4. <u>ANALYSE RECURRENTE ET TRAITEMENT SEQUENTIEL</u> -----</b>	<b>115</b>
4.1 Forme générale des algorithmes considérés -----	116
4.2 File associée à l'appel d'un algorithme récursif -----	117
4.3 Traitement séquentiel associé à un algorithme récursif -----	117
4.4 Réalisation de la primitive PREDECESSEUR -----	119
4.5 Cas particuliers -----	119
4.6 Fonctions récursives -----	120
4.7 Exemple -----	121
4.8 Conclusion -----	124
<b><u>CONCLUSION</u> - ASPECTS PRATIQUES ET METHODOLOGIQUES DU TRAITEMENT SEQUENTIEL -----</b>	<b>125</b>
 <b><u>DEUXIEME PARTIE : LE TRAITEMENT ARBORESCENT</u></b>	
<b><u>INTRODUCTION</u> -----</b>	<b>128</b>
<b>5. <u>PRINCIPES DU TRAITEMENT ARBORESCENT</u> -----</b>	<b>130</b>
5.1 Généralités sur les arbres -----	131
5.1.1. - Définitions -----	131
5.1.2. - Structuration d'une information en arbre -----	132
5.1.3. - Description d'un arbre ; un modèle de notations -----	134
5.1.4. - Exemples de descriptions d'arbres -----	137
5.1.5. - Structuration d'un arbre non binaire en un arbre binaire -----	141
5.1.6. - Analyse récurrente et traitements d'arbres -----	142
5.1.7. - Conclusion -----	146

5.2 Algorithmes de traitement d'arbres -----	146
5.2.1. - Parcours d'arbres -----	147
5.2.2. - "Enumération partielle" d'un arbre -----	155
5.2.3. - Recherche d'un élément dans un arbre -----	160
5.2.4. - Conclusion -----	165
5.3 Un exemple d'application du traitement arborescent : étude d'un modèle de réduction logarithmique -----	165
5.3.1. - Le problème considéré -----	165
5.3.2. - Application du traitement séquentiel -----	165
5.3.3. - Application du traitement arborescent -----	166
5.3.4. - Exemples -----	170
5.3.5. - Une autre forme d'accélération logarithmique -----	172
5.3.6. - Conclusion -----	174
5.4 Conclusion -----	174
<b>6. APPLICATION DU TRAITEMENT SEQUENTIEL AU TRAITEMENT D'ARBRES -----</b>	<b>176</b>
6.1 "Accès arborescent": un modèle de "machine arbre" -----	177
6.1.1. - "Machine arbre" -----	177
6.1.2. - Un modèle de machine arbre -----	178
6.1.3. - Réalisation de certaines primitives de la machine arbre -----	181
6.1.4. - Quantités intervenant dans l'évaluation des algo- rithmes -----	183
6.2 Etude des formes itératives des parcours d'arbres -----	184
6.2.1. - Construction d'un algorithme itératif de parcours en préordre -----	184
6.2.2. - Sept variantes pour l'algorithme de parcours en préordre -----	192
6.2.3. - Etude du parcours en ordre symétrique -----	205
6.2.4. - Etude du parcours en ordre terminal -----	211
6.2.5. - Conclusion -----	215
6.3 Utilisation des parcours d'arbres dans un traitement arborescent	216
6.3.1. - Exemple : profondeur d'un arbre -----	217
6.3.2. - Enumération des feuilles d'un arbre binaire -----	219
6.3.3. - Evaluation postfixée d'un arbre binaire -----	221
6.3.4. - Enumération partielle d'un arbre -----	222
6.3.5. - Recherche d'un élément dans un arbre -----	223
6.4 Conclusion : un résumé du traitement arborescent -----	223
6.4.1. - Récapitulatifs des modèles et outils présentés -----	224
6.4.2. - Etapes du processus de construction de programmes --	225

7, APPLICATION DU TRAITEMENT ARBORESCENT A L'ETUDE D'ALGORITHMES

RECURSIFS ----- 226

7.1 Traitement arborescent associé à un algorithme récursif ----- 226

7.1.1. - Forme générale des algorithmes considérés ----- 226

7.1.2. - Arbre associé à un algorithme récursif ----- 227

7.1.3. - Traitement de l'arbre associé à un algorithme récursif ----- 228

7.1.4. - Cas des algorithmes récursifs engendrant plus de deux appels récursifs ----- 229

7.1.5. - Exemples ----- 231

7.2 Exemple 1 : permutations ----- 232

7.2.1. - Algorithme de départ ----- 232

7.2.2. - Une autre forme de l'action récursive PERMUTATIONS - 233

7.2.3. - Application du traitement arborescent ----- 233

7.2.4. - Réalisation de la pile ----- 236

7.2.5. - Simplification de l'algorithme ----- 238

7.2.6. - Conclusion ----- 239

7.3 Exemple 2 : un algorithme de tri ----- 240

7.3.1. - Algorithme de départ ----- 240

7.3.2. - Application du traitement arborescent ----- 242

7.3.3. - Simplification ; une autre structuration en arbre -- 242

7.3.4. - Une autre forme d'algorithme ----- 245

7.3.5. - Discussion ----- 247

7.4 Conclusion ----- 248

CONCLUSION : ASPECTS PRATIQUES ET METHODOLOGIQUES DU TRAITEMENT ARBORESCENT ----- 249

TROISIEME PARTIE : NOTATIONS ALGORITHMIQUES ET PROGRAMMATION SYSTEMATIQUE

INTRODUCTION ----- 250

8, LANGAGES DE PROGRAMMATION ET NOTATIONS ALGORITHMIQUES ----- 252

8.1 Quelques remarques sur les langages de programmation actuels 252

8.2 Notations algorithmiques : introduction ----- 255

8.3 Notations algorithmiques : caractères généraux ----- 257

8.4 Conclusion ----- 260

9. <u>UN EXEMPLE DE NOTATION ALGORITHMIQUE</u> -----	261
9.1 Abstraction -----	262
9.1.1. - Action nommée -----	262
9.1.2. - Information nommée -----	265
9.1.3. - Dualité algorithmes-informations ; notions d'"univers"	270
9.1.4. - Discussion -----	273
9.2 Réduction des problèmes, composition des actions -----	274
9.2.1. - Composition simple -----	274
9.2.2. - Analyse par cas et schéma de choix -----	275
9.2.3. - Traitement séquentiel et itération -----	278
9.3 Conclusion -----	281
 <u>CONCLUSION</u> : LE PROJET MEFIA : UN POINT DE DEPART DANS L'ELABORATION D'UN SYSTEME D'AIDE A LA PROGRAMMATION SYSTEMATIQUE	283
 <u>CONCLUSION</u> -----	288
 <u>ANNEXE A</u> : EVOLUTION DE L'ENSEIGNEMENT DE L'ALGORITHMIQUE ET DE LA PROGRAMMATION	290
 <u>ANNEXE B</u> : CLASSEMENT PAR THEMES DES OUVRAGES CITES EN BIBLIOGRAPHIE	292
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u> -----	294