

Claude Delannoy

---

# Programmer en Fortran

**Fortran 90 et ses évolutions  
Fortran 95, 2003 et 2008**

EYROLLES

---



2-005-883-1

cla

# Programmer en Fortran

**2<sup>e</sup> édition**

**Fortran 90 et ses évolutions  
Fortran 95, 2003 et 2008**

**EYROLLES**

# TABLE DES MATIERES

<b>I. GENERALITES SUR FORTRAN 90 .....</b>	<b>1</b>
1 - PRESENTATION PAR L'EXEMPLE DE QUELQUES instructions DE FORTRAN 90 .....	2
1.1 Un exemple de programme en Fortran 90 .....	2
1.2 Structure générale d'un programme en Fortran 90.....	3
1.3 Déclarations de type .....	3
1.4 Pour écrire des informations : l'instruction print.....	4
1.5 Pour faire une répétition : l'instruction do .....	5
1.6 Pour lire des informations : l'instruction read.....	6
1.7 Pour faire des choix : l'instruction if.....	6
1.8 Différences avec Fortran 77.....	7
2 QUELQUES REGLES D'ECRITURE .....	8
2.1 Les identificateurs .....	8
2.2 Les mots-clés .....	9
2.3 Le "format libre" .....	9
2.4 Les commentaires .....	12
2.5 Le "format fixe" .....	13
<b>II. LES TYPES DE BASE DE FORTRAN 90 : INTEGER, REAL, DOUBLE PRECISION ET LOGICAL .....</b>	<b>15</b>
1 - LA NOTION DE TYPE .....	16
2 - LE TYPE INTEGER .....	17

3 - LE TYPE REAL.....	18
3.1 La représentation en mémoire du type real .....	18
3.2 Notation des constantes de type réel.....	19
4 - LE TYPE DOUBLE PRECISION .....	20
5 - LE TYPE LOGICAL .....	21
6 - LE TYPAGE IMPLICITE DES VARIABLES.....	23
<b>III. LES EXPRESSIONS ET L'INSTRUCTION D'AFFECTATION .....</b>	<b>25</b>
1 - LES EXPRESSIONS ARITHMETIQUES.....	26
1.1 Les opérateurs arithmétiques usuels .....	26
1.2 L'opérateur d'élévation à la puissance : ** .....	27
1.3 Les priorités relatives .....	28
1.4 Les expressions mixtes : les conversions implicites .....	30
1.5 Les conversions forcées par une affectation.....	31
2 - LES EXPRESSIONS LOGIQUES .....	33
2.1 Les comparaisons.....	33
2.2 Les opérateurs logiques .....	34
3 - LES EXPRESSIONS CONSTANTES .....	36
3.1 Notion de constante symbolique .....	36
3.2 Notion d'expression constante.....	36
3.3 Utilisation d'une expression constante.....	37
EXERCICES.....	38
<b>IV. LES INSTRUCTIONS DE CONTROLE .....</b>	<b>41</b>
1 - L'INSTRUCTION IF STRUCTURE.....	42
1.1 Réalisation d'une alternative (ou choix simple).....	43
1.2 Bloc, instruction simple et instruction structurée .....	44
1.3 Les alternatives imbriquées .....	45
1.4 L'instruction else if.....	46
1.5 Syntaxe de l'instruction if .....	48
2 - UN CAS PARTICULIER D'ALTERNATIVE : L'INSTRUCTION "IF LOGIQUE".....	49
3 - L'INSTRUCTION SELECT CASE.....	50
3.1 Exemple d'instruction select case .....	50
3.2 D'une manière générale .....	52
3.3 Syntaxe de l'instruction select case .....	53
4 - LA BOUCLE AVEC COMPTEUR.....	55
4.1 Introduction .....	55
4.2 Syntaxe de la boucle avec compteur (do) .....	56
4.3 Rôle précis de la boucle avec compteur .....	56
5 - LA BOUCLE "TANT QUE" : L'INSTRUCTION DO WHILE.....	58
5.1 Exemple d'introduction de l'instruction do while.....	58
5.2 Syntaxe de l'instruction do while.....	60

6 - POUR MODIFIER LE DEROULEMENT D'UNE BOUCLE : LES INSTRUCTIONS EXIT ET CYCLE.....	61
6.1 Sortie anticipée de boucle : l'instruction exit .....	61
6.2 Bouclage anticipé : l'instruction cycle .....	64
7 - LA STRUCTURE DE BOUCLE INFINIE : L'INSTRUCTION DO .....	65
7.1 Introduction .....	65
7.2 Syntaxe .....	66
7.3 Exemples .....	66
8 - LES INSTRUCTIONS GO TO ET STOP .....	67
8.1 L'instruction go to et la notion d'étiquette .....	67
8.2 L'instruction stop .....	69
EXERCICES.....	71
<b>V. LES TABLEAUX.....</b>	<b>73</b>
1 - DECLARATION ET UTILISATION CLASSIQUE D'UN TABLEAU A UNE DIMENSION.....	74
1.1 Exemple introductif .....	74
1.2 D'une manière générale .....	75
2 - LES TABLEAUX A PLUSIEURS DIMENSIONS .....	78
2.1 Déclaration et utilisation de tableaux à plusieurs dimensions .....	78
2.2 Rang, étendue, taille et profil d'un tableau .....	78
2.3 Remarque à propos des déclarations de tableaux en Fortran 77 .....	79
3 - LES OPERATIONS GLOBALES RELATIVES AUX TABLEAUX .....	80
3.1 Affectation collective d'une valeur à tous les éléments d'un tableau.....	80
3.2 Les "expressions tableau" .....	82
3.3 Application des fonctions élémentaires à un tableau.....	87
3.4 Les fonctions portant sur des tableaux.....	88
4 - CONSTRUCTION ET INITIALISATION DE TABLEAUX .....	88
4.1 Construction de tableaux à une dimension.....	89
4.2 Initialisation de tableaux à une dimension.....	93
4.3 Construction et initialisation de tableaux à plusieurs dimensions .....	94
5 - LES SECTIONS DE TABLEAU.....	95
5.1 Sections régulières d'un tableau à une dimension .....	96
5.2 Section quelconque d'un tableau à une dimension à l'aide d'un vecteur d'indices.....	100
5.3 Sections de tableaux à plusieurs dimensions .....	103
5.4 Les sections de tableaux en général.....	104
5.5 Exemples .....	104
6 - L'INSTRUCTION WHERE .....	106
6.1 Introduction .....	106
6.2 Syntaxe de l'instruction where .....	107
6.3 Quelques commentaires.....	108

7 - ENTREES-SORTIES DE TABLEAUX .....	109
7.1 Dans une liste, un nom de tableau est équivalent à la liste de tous ses éléments .....	109
7.2 Cas des sections de tableaux .....	110
7.3 D'une manière générale .....	110
7.4 Utilisation de listes implicites .....	111
EXERCICES .....	112
<b>VI. LES ENTREES-SORTIES STANDARDS .....</b>	<b>115</b>
1 - LE FORMAT LIBRE EN LECTURE .....	116
1.1 Ecriture des informations .....	116
1.2 Séparation des informations .....	117
1.3 On peut omettre des informations .....	118
1.4 On peut mettre des informations "en facteur" .....	119
2 - LE FORMAT LIBRE EN ECRITURE .....	119
3 - UTILISATION D'UN FORMAT DANS UNE INSTRUCTION D'ENTREE-SORTIE .....	120
4 - LES PRINCIPAUX DESCRIPTEURS DE FORMAT EN ECRITURE .....	121
4.1 Pour écrire des entiers : le descripteur Iw .....	121
4.2 Pour écrire des réels en notation flottante : le descripteur Fw.d .....	122
4.3 Pour écrire des réels en notation exponentielle : le descripteur Ew.d .....	122
4.4 Pour introduire des libellés dans le format .....	123
4.5 Pour introduire des espaces : le descripteur wX .....	124
4.6 Pour écrire des valeurs logiques : le descripteur Lw .....	124
4.7 Pour se "positionner" dans le "tampon" : le descripteur Tp .....	124
4.8 Pour "changer de ligne" : le descripteur / .....	126
4.9 Attention aux erreurs de descripteurs .....	127
4.10 Cas particulier de certains périphériques d'impression .....	127
5 - LES PRINCIPAUX DESCRIPTEURS DE FORMAT EN LECTURE .....	128
5.1 Lecture d'entiers : le descripteur Iw .....	128
5.2 Lecture de réels : les descripteurs Fw.d et Ew.d .....	129
5.3 Pour "sauter" des informations : le descripteur wX .....	130
5.4 Pour se positionner dans le "tampon" : le descripteur Tp .....	130
5.5 Pour lire une nouvelle ligne : le descripteur / .....	131
5.6 Cas des espaces figurant à l'intérieur d'une donnée .....	131
5.7 Quand on fournit trop ou trop peu d'informations .....	132
6 - LA SYNTAXE DES INSTRUCTIONS D'ENTREES-SORTIES (PREMIERE FORME) .....	132
7 - LE FORMAT D'UNE MANIERE GENERALE .....	133
7.1 Utilisation de facteur de répétition de descripteurs .....	134
7.2 Règles de correspondance entre le format et la liste .....	134
EXERCICES .....	138

<b>VIII. LES CHAINES DE CARACTERES .....</b>	<b>185</b>
1 - EXEMPLE D'INTRODUCTION .....	186
2 - DECLARATION ET UTILISATION DE CHAINES.....	187
2.1 Déclaration de variables de type chaîne .....	187
2.2 Ecriture des constantes de type chaîne.....	188
2.3 Affectation entre chaînes .....	189
2.4 Comparaisons entre chaînes.....	190
2.5 Chaînes et initialisations.....	191
3 - ENTREES-SORTIES DE CHAINES .....	192
3.1 Entrées-sorties en format libre.....	192
3.2 Entrées-sorties avec un format : les descripteur A et Aw.....	193
4 - LES SOUS-CHAINES .....	194
4.1 Notion de sous-chaîne .....	194
4.2 La sous-chaîne en général.....	194
4.3 En cas de recoupement .....	195
4.4 Exemples .....	196
5 - OPERATIONS REALISABLES AVEC DES CHAINES .....	197
5.1 La concaténation et la fonction trim .....	197
5.2 Longueur d'une chaîne : les fonctions len et len_trim .....	198
5.3 Recherche d'une sous-chaîne dans une chaîne : la fonction index .....	199
6 - TRANSMISSION DE CHAINES EN ARGUMENT .....	200
6.1 Argument muet de longueur fixe .....	200
6.2 Argument muet de taille variable.....	201
7 - LES CHAINES AUTOMATIQUES.....	202
8 - FONCTION FOURNISSANT UNE CHAINE EN RESULTAT .....	203
9 - TABLEAUX DE CHAINES .....	205
9.1 Notion de tableau de chaînes .....	205
9.2 Construction et initialisation de tableaux de chaînes.....	205
9.3 Tableaux ajustables et chaînes variables .....	206
EXERCICES.....	207
<b>IX. LES STRUCTURES (OU TYPES DERIVES) .....</b>	<b>209</b>
1 - DECLARATION D'UNE STRUCTURE .....	210
2 - UTILISATION DE STRUCTURES .....	210
2.1 Utilisation des champs d'une structure.....	211
2.2 Utilisation globale d'une structure.....	211
3 - CONSTRUCTION ET INITIALISATION DE STRUCTURES.....	212
4 - IMBRICATION DE STRUCTURES .....	214
4.1 Structure comportant des tableaux ou des chaînes de caractères.....	214
4.2 Tableaux de structures .....	215
5 - STRUCTURES ET PROCEDURES.....	217
5.1 Transmission d'une structure en argument .....	217

5.2	Transmission en argument d'un tableau de structures.....	219
5.3	Fonction fournissant un résultat de type structure.....	220
	EXERCICES.....	221
<b>X.</b>	<b>LA GESTION DYNAMIQUE ET LES POINTEURS.....</b>	<b>223</b>
1 -	LES TABLEAUX DYNAMIQUES.....	224
1.1	Introduction .....	224
1.2	Exemple d'utilisation d'un tableau dynamique .....	225
1.3	D'une manière générale .....	226
1.4	Tableaux automatiques et tableaux dynamiques.....	230
2 -	PRESENTATION DE LA NOTION DE POINTEUR DANS LE CAS DE VARIABLES SIMPLES .....	231
2.1	Premier exemple.....	231
2.2	Deuxième exemple .....	233
3 -	POINTEURS SUR DES CHAINES .....	235
3.1	Premier exemple.....	235
3.2	Application : tri de chaînes.....	236
4 -	POINTEURS SUR DES STRUCTURES .....	237
5 -	POINTEURS SUR DES TABLEAUX .....	238
5.1	Exemple.....	238
5.2	D'une manière générale .....	239
6 -	RECAPITULATIF : AFFECTATION D'UNE VALEUR A UN POINTEUR.....	241
7 -	POINTEURS ET GESTION DYNAMIQUE .....	241
7.1	Premier exemple.....	242
7.2	Pour permuter deux chaînes.....	243
7.3	Syntaxe générale des instructions allocate et deallocate .....	244
7.4	L'instruction nullify et la fonction associated.....	244
8 -	POINTEURS ET PROCEDURES.....	246
9 -	EXEMPLE D'APPLICATION DE LA GESTION DYNAMIQUE : LA LISTE CHAINEE .....	249
	EXERCICES.....	252
<b>XI.</b>	<b>LES MODULES ET LA GENERICITE.....</b>	<b>255</b>
1 -	NOTION DE MODULE.....	256
1.1	Premier exemple de module : définition d'un type.....	256
1.2	Deuxième exemple de module : définition d'une procédure .....	258
1.3	Troisième exemple de module : partage de données.....	259
1.4	Dépendances entre modules .....	260
1.5	Procédures internes aux procédures de module.....	261
1.6	Contrôle de l'accès aux ressources du module .....	262
1.7	La syntaxe générale de l'instruction use.....	263
1.8	Privatisation de certaines ressources d'un module.....	263

2 - LES PROCEDURES GENERIQUES .....	265
2.1 Le principe .....	265
2.2 Exemple de mise en oeuvre, sans utiliser un module .....	266
2.3 Exemple de mise en oeuvre avec un module .....	267
2.4 D'une manière générale .....	269
3 - SURDEFINITION D'OPERATEURS .....	270
3.1 Le principe .....	270
3.2 Exemples .....	270
3.3 Priorités des opérateurs surdéfinis .....	273
4 - SURDEFINITION DE L'AFFECTATION .....	273
5 - EXEMPLES D'UTILISATION DE MODULES .....	275
5.1 Bibliothèques de procédures .....	275
5.2 Création d'un type abstrait de données .....	276
5.3 Exemple de type abstrait : nombres rationnels .....	277
5.4 Création d'objets .....	279
<b>XII. LES FICHIERS.....</b>	<b>281</b>
I - GENERALITES.....	282
1.1 Notion d'enregistrement.....	282
1.2 Accès séquentiel et accès direct.....	282
1.3 Entrées-sorties formatées ou non formatées.....	283
1.4 Numéro d'unité associé à un fichier .....	284
2 - LES ENTREES-SORTIES SEQUENTIELLES NON FORMATEES.....	285
2.1 Exemple de création d'un fichier séquentiel non formaté.....	285
2.2 Exemple de lecture d'un fichier séquentiel non formaté.....	289
3 - LES ENTREES-SORTIES SEQUENTIELLES FORMATEES .....	292
3.1 Les entrées-sorties séquentielles formatées usuelles .....	292
3.2 Les entrées-sorties standards .....	295
3.3 Pour n'accéder qu'à une partie d'enregistrement : le paramètre advance .....	296
4 - L'ACCES DIRECT .....	299
4.1 Création d'un fichier non formaté à accès direct .....	299
4.2 Utilisation d'un fichier non formaté à accès direct .....	302
5 - GESTION DES ERREURS DANS LES INSTRUCTIONS D'ENTREES-SORTIES.....	303
5.1 Le paramètre iostat.....	304
5.2 Les paramètres end, err et eor .....	304
5.3 Exemples de gestion de fichier avec prise en compte des erreurs .....	305
5.4 Exemple de lecture conversationnelle avec gestion des erreurs.....	308
6 - LES FICHIERS INTERNES .....	309
6.1 Notion de fichier interne .....	309
6.2 Exemples .....	310
6.3 D'une manière générale .....	310

---

7 - SYNTAXE GENERALE DES INSTRUCTIONS D'ENTREES-SORTIES .....	311
8 - LES INSTRUCTIONS OPEN ET CLOSE .....	313
8.1 L'instruction open .....	313
8.2 L'instruction close .....	316
9 - L'INSTRUCTION INQUIRE.....	317
10 - LES INSTRUCTIONS DE POSITIONNEMENT A L'INTERIEUR D'UN FICHIER.....	319
<b>ANNEXE A : LES PROCEDURES INTRINSEQUES DE FORTRAN 90.....</b>	<b>321</b>
1 - LES FONCTIONS D'INTERROGATION UTILISABLES POUR TOUS LES TYPES.....	322
2 - LES FONCTIONS NUMERIQUES .....	322
2.1 Les fonctions numériques élémentaires .....	322
2.2 Les fonctions numériques d'interrogation .....	329
2.3 Les fonctions numériques de transformation.....	330
3 - LES FONCTIONS RELATIVES AUX CHAINES.....	331
3.1 Les fonctions élémentaires relatives aux chaînes.....	331
3.2 Les fonctions d'interrogation relatives aux chaînes.....	333
3.3 Les fonctions de transformation relatives aux chaînes.....	334
4 - LA FONCTION LOGIQUE ELEMENTAIRE : LOGICAL.....	334
5 - LES FONCTIONS DE MANIPULATION DE BITS .....	334
5.1 La fonction d'interrogation : bit_size .....	334
5.2 Les fonctions élémentaires de manipulation de bits .....	335
5.3 Le sous-programme élémentaire : mvbits.....	336
6 - LES FONCTIONS RELATIVES AUX TABLEAUX.....	337
6.1 Les fonctions de multiplication de vecteurs et de matrices.....	337
6.2 Les fonctions de transformation qui réduisent les tableaux.....	338
6.3 Les fonctions d'interrogation relatives aux tableaux .....	340
6.4 Les fonctions de construction et de manipulation de tableaux.....	341
7 - PROCEDURES DIVERSES.....	345
7.1 La fonction transfer .....	345
7.2 Les sous-programmes non élémentaires.....	346
<b>ANNEXE B : LES VARIANTES DES TYPES DE BASE .....</b>	<b>349</b>
1. Généralités .....	349
2. Déclaration des variables .....	350
3. Notation des constantes .....	350
4 Les variantes du type integer .....	351
5. Les variantes du type real .....	351
6. Les variables du type complex.....	352
7. Les variantes du type logical.....	352
8. Les variantes du type character.....	352

<b>ANNEXE C : LE TYPE COMPLEX</b> .....	<b>353</b>
1. Constantes de type complex .....	353
2. Entrées-sorties de complexes .....	354
3. Les opérateurs .....	354
4. Les expressions mixtes.....	354
5. Conversions forcées par affectation.....	354
6. Les fonctions usuelles relatives aux complexes.....	355
7. Les variantes du type complex .....	355
8. Exemple récapitulatif.....	355
<b>ANNEXE D : LES DESCRIPTEURS DE FORMAT</b> .....	<b>357</b>
1. LES DESCRIPTEURS NUMERIQUES .....	358
1.1 Règles générales concernant la lecture.....	358
1.2 Les descripteurs actifs relatifs aux entiers.....	358
1.3 Les descripteurs actifs relatifs aux réels.....	358
1.4 Les descripteurs passifs d'édition de signe .....	359
1.5 Les descripteurs passifs de facteur d'échelle.....	360
1.6 Les descripteurs passifs relatifs aux espaces en lecture.....	360
2 - LES DESCRIPTEURS LOGIQUES.....	361
3 - LES DESCRIPTEURS POUR LES CHAINES DE CARACTERES.....	361
4 - LES AUTRES DESCRIPTEURS PASSIFS .....	362
4.1 Les descripteurs agissant sur le pointeur du tampon .....	362
4.2 Le descripteur de changement d'enregistrement :/ .....	362
4.3 Le descripteur de fin d'exploitation d'un format " : " .....	362
TABLEAU RECAPITULATIF .....	363
<b>ANNEXE E : LES PRIORITES DES OPERATEURS</b> .....	<b>364</b>
<b>ANNEXE F : LES INSTRUCTIONS DE DECLARATION</b> .....	<b>365</b>
I - LA FORME FORTRAN 90 DE LA DECLARATION DES VARIABLES .....	366
II - LES AUTRES FORMES DE DECLARATIONS.....	368
2.1 Déclaration par attribut .....	368
2.2 Cas des dimensions de tableaux.....	369
2.3 Cas des chaînes.....	369
III - TYPAGE IMPLICITE .....	370
<b>ANNEXE G : ORDRE DES INSTRUCTIONS</b> .....	<b>372</b>

<b>ANNEXE H : LA PROGRAMMATION ORIENTEE OBJET AVEC FORTRAN 2003.....</b>	<b>373</b>
1. LE CONCEPT D'OBJET : ASSOCIATION DE PROCEDURES A UN TYPE.....	373
1.1 Introduction .....	373
1.2 Présentation du mécanisme sur un exemple .....	374
1.3 Constructeur de classe.....	377
1.4 Objets transmis en argument d'une méthode.....	379
1.5 Action sur l'argument implicite fourni à une méthode : pass .....	380
1.6 Les différentes façon d'attacher une méthode à un type .....	381
2 – L'HERITAGE.....	383
2.1 Le mécanisme.....	384
2.2 Redéfinition de méthodes .....	386
2.3 Quelques règles .....	389
3 – LE POLYMORPHISME .....	389
3.1 Exemple introductif.....	390
3.2 Les variables polymorphiques en Fortran.....	391
3.3 Une autre situation exploitant le polymorphisme .....	392
3.4 Polymorphisme universel.....	395
4 – L'INSTRUCTION SELECT TYPE.....	396
5 – LES CLASSES ABSTRAITES ET LES METHODES RETARDEES.....	397
 <b>ANNEXE I : FORTRAN 95, 2003, 2008 .....</b>	<b>401</b>
1. LA BOUCLE FORALL POUR LES TABLEAUX .....	401
1.1 L'instruction forall.....	401
1.2 La construction forall.....	402
2 – AMELIORATION DE LA GESTION DYNAMIQUE.....	403
2.1 Tableaux dynamiques en argument muet .....	403
2.2 Variables dynamiques.....	404
3 – AMELIORATION CONCERNANT LES POINTEURS .....	408
3.1 Pointeurs de procédures .....	408
3.2 Amélioration des pointeurs sur des tableaux .....	410
4 – LES TYPES PARAMETRES.....	411
5 – AMELIORATION DES ENTREES-SORTIES.....	412
5.1 Types dérivés.....	412
5.2 Entrées-sorties asynchrones.....	412
5.3 Entrées-sorties en mode « stream » (flux).....	412
6 – INTEROPERABILITE AVEC LE LANGAGE C.....	413
7 – DIVERSES AUTRES FONCTIONNALITES .....	413
7.1 Standard IEE et gestion des exceptions.....	413
7.2 Structure de bloc.....	413
7.3 Co-tableaux .....	414
7.4 Sous-modules .....	414

<b>ANNEXE J : LES INSTRUCTIONS OBSOLETES .....</b>	<b>415</b>
1 – L’INSTRUCTION EQUIVALENCE.....	415
2 – L’INSTRUCTION COMMON.....	416
3 – L’INSTRUCTION DATA.....	417
4 – L’INSTRUCTION BLOCK DATA.....	418
5 – L’INSTRUCTION GO TO CALCULE .....	418
6 – ANCIENS NOMS DE PROCEDURES INTRINSEQUES .....	419
7 – LA DIRECTIVE INCLUDE.....	420
8 – L’INSTRUCTION IF ARITHMETIQUE .....	420
9 – INSTRUCTIONS ASSIGN ET GO TO ASSIGNE .....	420
10 – L’INSTRUCTION NAMELIST .....	421
<b>CORRECTION DES EXERCICES.....</b>	<b>423</b>
<b>INDEX .....</b>	<b>445</b>