Cours Fortran 90/95

Patrick Corde et Hervé Delouis

12 juin 1998

Version 4.4

Constitué à partir des *transparents* du cours Fortran 90/95 de l'IDRIS, ce manuel ne traite que des nouveautés importantes apportées par la norme. Il suppose donc une bonne connaissance préalable de Fortran 77. Pour une étude exhaustive, consulter les manuels référencés aux paragraphes 1.9 et 1.10.

Patrick CORDE <corde@idris.fr>

Hervé DELOUIS <delouis@idris.fr>

© Institut du Développement et des Ressources
en Informatique Scientifique (C.N.R.S.)
Boîte postale 167 – 91403 ORSAY CEDEX

12 juin 1998

Reproduction totale de ce document interdite sans autorisation des auteurs.
Reproduction partielle autorisée pour l'usage du copiste.

I001 252p

Table des matières

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

1 Introduction

1.1 Historique

1.2 Compatibilité norme 77/90

1.3 Apports de Fortran 90

1.4 Aspects obsolètes

1.5 Évolution : nouveautés Fortran 95

1.6 Fortran 90 sur Cray C90 : CF90

1.7 Fortran 90 sur IBM-RS6000 : xlf90

1.8 Fortran 90 sur Fujitsu VPP : frt

1.9 Bibliographie

1.10 Documentation

1.1 – Introduction : historique

- Code machine (notation numérique en octal).
- Assembleurs de codes mnémoniques.
- 1954–Projet création du premier langage symbolique par John Backus d'IBM $\Longrightarrow$ **FORTRAN** (*Mathematical* **FOR***mula* **TRAN***slating System*) :
  1. Efficacité du code généré (performance).
  2. Langage quasi naturel pour scientifiques (productivité, maintenance, lisibilité).
- 1957–Livraison des premiers compilateurs.
- 1958–**Fortran II** (IBM) $\Longrightarrow$ sous-programmes compilables de façon indépendante.
- Généralisation aux autres constructeurs mais :
  - divergences des extensions $\Longrightarrow$ nécessité de **normalisation**,
  - ASA *American Standards Association* ($\Longrightarrow$ ANSI *American Nat. Standards Institute*). Comité chargé du développement d'une norme Fortran $\Longrightarrow$ 1966.

1.1 – Introduction : historique

- 1966–**Fortran 66** (Fortran IV). Première norme.
- Évolution par extensions divergentes. . .
- 1977–**Fortran 77** (Fortran V). Quasi compatible : aucune itération des boucles *nulles* $\Longrightarrow$ `DO I=1,0`
  - Nouveautés principales :
    - type caractère,
    - IF-THEN-ELSE,
    - E/S accès direct et OPEN.
- Travail des comités X3J3/ANSI et WG5/ISO pour moderniser Fortran 77 :
  - Standardisation : inclusion d'extensions.
  - Développement : nouveaux concepts déjà exploités par langages plus récents APL, Algol, PASCAL, Ada,. . .
  - Performances en calcul scientifique
  - Totalement compatible avec Fortran 77
- 1991/1992–Norme ISO et ANSI $\Longrightarrow$ **Fortran 90**
- 1994 – Premiers compilateurs Cray et IBM.

1.2 – Introduction : compatibilité

- La norme 77 est totalement incluse dans la norme 90.
- Quelques comportements différents :
  - beaucoup plus de fonctions/sous-progr. intrinsèques $\Longrightarrow$ risque d'homonimie avec procédures externes Fortran 77 et donc de résultats différents ! $\Longrightarrow$ `EXTERNAL` recommandé pour les procédures externes non intrinsèques,
  - attribut `SAVE` automatiquement donné aux variables initialisées à la déclaration ou par `DATA`,
  - E/S - En lecture avec format, si *Input list* > *Record length* :
    - ▷ OK en Fortran 90 car au niveau de l'*open*, `PAD="YES"` pris par défaut.
    - ▷ Erreur en Fortran 77 !

1.3 – Introduction : apports

- Procédures internes (`CONTAINS`), **modules** (`USE`).
- "Format libre", identificateurs, déclarations, `!`, `&`, `;`.
- Précision des nombres : `KIND` $\Longrightarrow$ portabilité.
- *Objets* de types dérivés.
- `DO--END DO, SELECT CASE, WHERE`.
- Extensions tableaux : profil, conformance, manipulation, fonctions.
- Allocation dynamique de mémoire (`ALLOCATE`).
- Pointeurs.
- Arguments : `OPTIONAL, INTENT, PRESENT`.
  Passage par mot-clé.
- Bloc interface, interface générique, surcharge d'opérateurs.
- Procédures récursives.
- Nouvelles fonctions intrinsèques.

1.4 – Introduction : aspects obsolètes

1. IF arithmétique : `IF (ITEST) 10,11,12`

   ⟹ `IF--THEN--ELSE IF--ELSE--ENDIF`

2. Branchement au `END IF` depuis l'extérieur

   ⟹ se brancher à l'instruction suivante.

3. Boucles `DO` pilotées par réels : `DO 10 I=1., 5.7, 1.3`

4. Partage d'une instruction de fin de boucle :

```
      DO 1 I=1,N
        DO 1 J=1,N
          A(I,J)=A(I,J)+C(J,I)
    1 CONTINUE
```

   ⟹ autant de `CONTINUE` que de boucles.

5. Fins de boucles autres que `CONTINUE` ou `END DO`

6. `ASSIGN` et le `GO TO` assigné :

```
   ASSIGN 10 TO intvar
   ....
   ASSIGN 20 TO intvar
   ....
   GO TO intvar
```

   ⟹ `SELECT CASE` ou `IF/THEN/ELSE`

7. `ASSIGN` d'une étiquette de `FORMAT` :

```
                                  CHARACTER(7),DIMENSION(4)::CFMT
ASSIGN 2 TO NFMT                  I=2
2 FORMAT (F10.2)       ==>        CFMT(2)='(F10.2)'
PRINT NFMT,TRUC                   PRINT CFMT(I),TRUC
```

8. `RETURN` multiples

```
       CALL SP1(X,Y,*10,*20)
       ..
    10 .........
       ..
    20 .........
       ..
       SUBROUTINE SP1(X1,Y1,*,*)
       ..
       ..
       RETURN 1
       ..
       RETURN 2
       ..
```

$\Longrightarrow$ `SELECT CASE` sur la valeur d'un argument retourné

9. `PAUSE 'Montez le lecteur de cartouches SVP'`

   $\Longrightarrow$ `READ` qui attend les données

10. `FORMAT(9H A éviter)`

    $\Longrightarrow$ Constante littérale : `FORMAT(' Recommandé')`

Norme 95 : les aspects 2, 3, 6, 7, 9, 10 sont exclus de la norme.

1.5 – Introduction : évolution

Le processus de normalisation (comité X3H5 de l'ANSI) se poursuit ; notamment des extensions seront proposées pour machines parallèles à mémoire distribuée (HPFF : *Hight Performance Fortran Forum*).

Principales nouveautés de la norme 95

- `FORALL (i=1:n, j=1:m, y(i,j)/=0.) x(i,j)=1./y(i,j)`
- L'attribut `PURE` pour des procédures $\Longrightarrow$ Pas d'effet de bord.
- L'attribut `ELEMENTAL` pour des procédures sans effet de bord avec arguments muets élémentaires mais appel possible avec arguments de type tableaux.
- Fonction intrinsèque `NULL()` pour forcer un pointeur à l'état nul y compris lors de sa déclaration (cf. chap. 7.1 page 110).
- Libération automatique des tableaux dynamiques locaux n'ayant pas l'attribut `SAVE` (cf. chap. 6.2 page 107).
- Valeur initiale par défaut pour les composantes d'un type dérivé (cf. chap. 3.1 page 48).
- Fonction intrinsèque `CPU_TIME` (cf. chap. 14.6 page 193).
- Bloc `WHERE` : imbrication possible (cf. chap. 5.6 page 102).
- Expressions d'initialisation étendues (cf. Annexe E page 243).
- `MAXLOC/MINLOC` : ajout argument `dim` (cf. Chap. 5.5.1 page 82).
- Suppressions (cf. page 14)... et nouveaux aspects obsolètes.

1.6 – Introduction Fortran 90 sur Cray C90

- **Système de compilation CF90** (sous UNICOS) :
  - compilateur **CF90** (commande `f90`),
  - chargeur **ld**,
  - générateur de listages **cflist**,
  - disparition des pré-processeurs **fpp** et **fmp** de CF77.
- **Le compilateur CF90** :
  - mixité admise avec CF77 (avec extensions),
  - meilleure optimisation scalaire et vectorielle (boucles plus complexes vectorisées),
  - *autotasking* intégré,
  - compatible **cdbx** et outils d'analyse de performances,
  - compatible bibliothèques et E/S existantes,
  - option `-Oinline`*x* d'insertion automatique (*inlining*)
  - option `-Rb` de test de débordement de tableaux (*bounds checking*),
  - bientôt disponible sur T3E (et VPP) : HPF (de la société *Applied Parallel Research*).

1.6 – Introduction Fortran 90 sur Cray C90

- **Migration CF77 $\Longrightarrow$ F90**
  - CF77 n'évolue plus (sauf corrections d'erreurs).
    Disparition fin 1996...
  - CF90 – Évolution prévue en terme d'optimisation :
    - Version 1 : début 1994 (inférieure à CF77),
    - Version 2 : mi 1996 (niveau CF77),
    - Version 3 : 1997 (supérieure à CF77).
- **Environnement de programmation :**
  - Compilateur CF90
  - CrayTools :
    cdbx $\Longrightarrow$ **totalview** (débogage),
    xbrowse, **cflist** et **cflint**,
    lint, **cif**,
    tooltalk (outil de développement orienté objet).
  - CrayLibs :
    libm : la bibliothèque mathématique de base et
    libsci : la bibliothèque scientifique
    (Blas, Linpack, Eispack, Lapack)
  - Analyse de performances : Flowview, Profview, Perfview,...

- **Appel du système de compilation**
  - **xlf** ou **f77** : compatibilité maximale avec anciennes versions
    $\Longrightarrow$ (`-qfixed`)
  - **xlf90** : conformance Fortran 90 $\Longrightarrow$ (`-qfree`)
- **Quelques options :**
  - `-qlanglvl=77std/90std/90pure/90ext`
  - `-qsource/nosource`
  - `-C` $\Longrightarrow$ *bounds checking*
  - `-Q` $\Longrightarrow$ insertion automatique (*inlining*)
  - `-qfixed` ou `-qfree`
  - `-qdbg` ou `-g` $\Longrightarrow$ débogueur symbolique **dbx**
  - `-Wl`, *opt-loader* $\Longrightarrow$ **ld**
- **Directives par @PROCESS**
  Action prioritaire sur les options de la ligne de commande.

Pour plus d'informations :

- `http://www.idris.fr/docs/docu/support_cours/pascal.html`

- `http://www.idris.fr/faqs/rs6k.html`

1.8 – Introduction Fortran 90 sur Fujitsu VPP

- **Appel du système de compilation**
  - **frt prog.f** : pour compiler un programme en "format fixe " et strictement à la norme Fortran 77 $\Longrightarrow$ (`-Fixed` + `-X7`)
  - **frt prog.f90** : conformance Fortran 90 $\Longrightarrow$ (`-Free` + `-X9`)
- **Quelques options :**
  - `-On` $\Longrightarrow$ Pas d'optimisation
  - `-Psia` $\Longrightarrow$ Listage indenté avec infos sur vectorisation
  - `-Dsu` $\Longrightarrow$ *bounds checking + undefined variables*
  - `-Ne` $\Longrightarrow$ insertion automatique (*inlining*)
  - `-Po` $\Longrightarrow$ liste des options activées
  - `-Wl,`*opt-loader* $\Longrightarrow$ **ld**
- **Directives par !OCL**
  Action prioritaire sur les options de la ligne de commande.
- **Bibliothèques mathématiques**
  - SSL, LAPACK, BLAS, ScaLAPACK,
  - NAG (mono et bientôt //), IMSL (mono et //)
- **Outils d'analyse et de débogage**
  - `MPtools` et `totalview`

Pour plus d'informations :

- `http://www.idris.fr/data/cours/vecto/vect_o/comp_bib/cours.html`

Bibliographie :

- ABERTI C., *Fortran 90, Initiation à partir de Fortran 77*, Série Informatique, 1992, (144 pages), ISBN 2-909615-00-6.
- ADAMS, BRAINERD, MARTIN, SMITH et WAGENER,
  - *Fortran 90 Handbook*, Mc. GRAW-HILL, 1992, (740 pages), ISBN 0-07-000406-4.
  - *Fortran 95 Handbook*, MIT PRESS, 1997, (711 pages), ISBN 0-262-51096-0.
- BRAINERD, GOLDBERG, ADAMS, *Programmer's guide to Fortran 90*, 3e édit. UNICOMP, 1996, (408 pages), ISBN 0-07-000248-7.
- CHAMBERLAND Luc, *Fortran 90 : A Reference Guide*, Prentice Hall, ISBN 0-13-397332-8.
- DELANNOY Claude, *Programmer en Fortran 90 – Guide complet*, Eyrolles, 1997, (413 pages), ISBN 2-212-08982-1.
- DUBESSET M., VIGNES J., *Les spécificités du Fortran 90*, Éditions Technip, 1993, (400 pages), ISBN 2-7108-0652-5.
- ELLIS, PHILLIPS, LAHEY, *Fortran 90 Programming*, Addisson-Wesley, 1994, (825 pages), ISBN 0-201-54446-6.
- HAHN B.D., *Fortran 90 for the Scientist & Engineers*, Edward Arnold, London, 1994, (360 pages), ISBN 0-340-60034-9.
- KERRIGAN James F., *Migrating to Fortran 90*, O'REILLY & Associates Inc., 1994, (389 pages), ISBN 1-56592-049-X.
- LIGNELET P., *Fortran 90 : approche par la pratique*, Éditions Studio Image (série informatique), 1993, ISBN 2-909615-01-4.

1.9 – Introduction : bibliographie

- Lignelet P., *Manuel complet du langage Fortran 90 et Fortran 95*, calcul intensif et génie logiciel, Col. Mesures physiques,Masson, 1996, (320pages), ISBN 2-225-85229-4.
- Lignelet P., *Structures de données et leurs algorithmes avec Fortran 90 et Fortran 95*, Masson, 1996, (360pages), ISBN 2-225-85373-8.
- Metcalf M., Reid J.,
  - *Fortran 90 explained*, Science Publications, Oxford, 1994, (294 pages), ISBN 0-19-853772-7.
  Traduction française par Pichon B. et Caillat M., *Fortran 90 : les concepts fondamentaux*, Éditions AFNOR, 1993, ISBN 2-12-486513-7.
  - *Fortran 90/95 explained*, Oxford University Press, 1996, (345 pages), ISBN 0-19-851888-9.
- Morgan and Schoenfelder, *Programming in Fortran 90*, Alfred Waller Ltd., 1993, ISBN 1-872474-06-3.
- Olagnon Michel, *Traitement de données numériques avec Fortran 90*, Masson, 1996, (364 pages), ISBN 2-225-85259-6.
- Redwine Cooper, *Upgrading to Fortran 90*, Springer, 1995, ISBN 0-387-97995-6.

- Documentation Cray C90
  - CF90 *READY Reference* (SQ-3900)
  - CF90 *Commands and Directives Ref. Manual* (SR-3901)
  - CF90 *Fortran Language Ref. Manual* (SR-3902/3/5)
  - `docview` et `man f90`
  - Serveur IDRIS :
    - support de cours :
      `http://www.idris.fr/docs/docu/support_cours/atlas.html`
    - FAQ : `http://www.idris.fr/faqs/c90.html`
- Documentation IBM (RS6000)
  - *Language Reference* – SC09-1611
  - *AIX XL Fortran Compiler USER's Guide* – SC09-1610
  - *Optimiz./Tuning guide Fortran/C/C++* – SC09-1705
  - *ESSL Library Guide and Ref.* – SC23-0526
  - *IBM AIX RS6000 Commands Ref.* – GBOF-1802 (**ld**)
  - *IBM AIX RS6000 Tech. Ref.: ...* (BLAS) – SC23-2382
  - Serveur IDRIS :
    - support de cours :
      `http://www.idris.fr/docs/docu/support_cours/pascal.html`
    - FAQ : `http://www.idris.fr/faqs/rs6k.html`

1.10 – Introduction : documentation

- Documentation Fujitsu VPP
  - *Fortran 90 messages* – J2U5-0060-02EN
  - *Fortran 90/VP User's Guide* – J2U5-0050-02EN
  - *Fortran 90/VPP User's Guide* – J2U5-0080-02EN
  - *SSLII User's Guide* – 99SP4020E1
  - *SSLII Extended Cap. User's Guide* – 99SP4070E2
  - *Analyser User's Guide* – J2U5-0130-01EN
  - Serveur IDRIS :
    - support de cours :
      `http://www.idris.fr/docs/docu/support_cours/shine.html`
    - FAQ : `http://www.idris.fr/faqs/vpp300.html`
- Via Internet - WWW/Netscape/Mosaic/...
  - Support de cours Fortran 90 IDRIS
    $\Longrightarrow$ `http://www.idris.fr/data/cours/lang/f90/`
  - *Fortran Market Index*
    $\Longrightarrow$ `http://www.fortran.com/fortran/`

2 Généralités

2.1 Structure d'un programme

2.2 Éléments syntaxiques

2.2.1 Les identificateurs

2.2.2 Le "format libre"

2.2.3 Les commentaires

2.2.4 Le "format fixe"

2.2.5 Les déclarations

2.2.6 Typage et précision des nombres : paramètre KIND

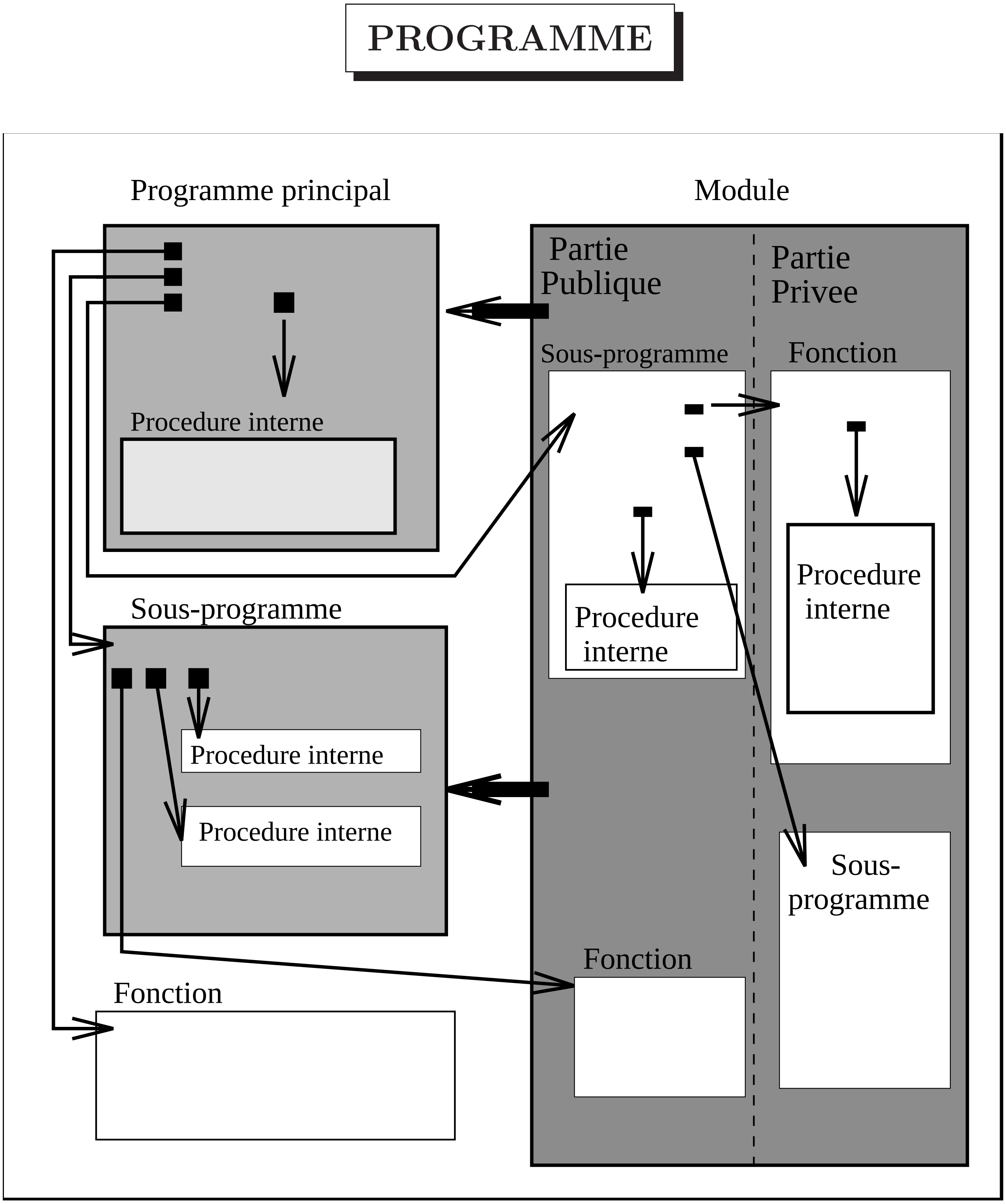
2.3 Compilation, édition des liens, exécution

2.3.1 Sur Cray C90

2.3.2 Sur station IBM RS6000

2.3.3 Sur Fujitsu VPP

2.1 – Généralités
Structure d'un programme



INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

2.2.1 – Généralités : syntaxe Les identificateurs

Un identificateur est formé d'une suite de caractères choisis parmi les **lettres** (non accentuées), les **chiffres** et le **blanc souligné**. Le premier d'entre eux doit être obligatoirement une lettre.
La longueur d'un identificateur est limitée à **31** caractères.
On ne distingue pas les **majuscules** des **minuscules**.

Attention : en "format libre", les blancs sont significatifs.

Exemples d'identificateurs :

- `compteur`
- `Compteur`
- `fin_de_fichier`
- `montant_annee_1993`

En **Fortran 90** il existe un certain nombre de **mots-clés** (`real`, `integer`, `if`, `logical`, `do`, ...), mais qui ne sont pas réservés comme dans la plupart des autres langages. On peut donc, dans l'absolu, les utiliser comme identificateurs personnels. Cependant, pour permettre une bonne lisibilité du programme on évitera de le faire.

2.2.2 – Généralités : syntaxe Le “format libre”

Dans le mode “**format libre**” les lignes peuvent être de longueur quelconque à concurrence de **132** caractères.
Il est également possible de coder plusieurs instructions sur une même ligne en les séparant avec le caractère **;**.

Exemple :

```
print *, ' Entrez une valeur :'; read *,n
```

Une instruction peut être codée sur plusieurs lignes : on utilisera alors le caractère **&**.

Exemple :

```
print *, 'Montant  HT :', montant_ht,  &
         '         TVA :', tva        ,  &
         'Montant TTC :', montant_ttc
```

Lors de la coupure d'une chaîne de caractères la suite de la chaîne doit obligatoirement être précédée du caractère `&`.

Exemple :

```
print *, 'Entrez un nombre entier &
         &compris entre 100 & 199'
```

2.2.3 – Généralités : syntaxe Les commentaires

Le caractère $\boxed{!}$ rencontré sur une ligne indique que ce qui suit est un commentaire. On peut évidemment écrire une ligne complète de commentaires : il suffit pour cela que le 1^er^ caractère non blanc soit le caractère $\boxed{!}$.

Exemple :

```
if (n < 100 .or. n > 199)   ! Test cas d'erreur
  . . . .
! On lit l'exposant
read *,x
! On lit la base
read *,y
if (y <= 0) then    ! Test cas d'erreur
    print *,'La base doit être un nombre >0'
else
    z = y**x        ! On calcule la puissance
end if
```

Notez la nouvelle syntaxe possible des opérateurs logiques :

```
.LE. --> <=        .LT. --> <        .EQ. --> ==
.GE. --> >=        .GT. --> >        .NE. --> /=
```

Les opérateurs `.AND.`, `.OR.`, `.NOT.` ainsi que `.EQV.` et `.NEQV.` n'ont pas d'équivalents nouveaux.

2.2.3 – Généralités : syntaxe Les commentaires

Par contre, il n'est pas possible d'insérer un commentaire entre deux instructions situées sur une même ligne. Dans ce cas la 2e instruction ferait partie du commentaire.

Exemple :

```
i=0      ! initialisation ; j = i + 1
```

Attention :

```
C----- Commentaire Fortran 77
c----- Commentaire Fortran 77
*----- Commentaire Fortran 77
```

ne sont pas des commentaires Fortran 90 en "**format libre**" et génèrent des erreurs de compilation.

2.2.4 – Généralités : syntaxe Le “format fixe”

Le “**format fixe**” de **Fortran 90** correspond à l'ancien format du **Fortran 77** avec deux extensions :

- plusieurs instructions possibles sur une même ligne,
- nouvelle forme de commentaire introduite par le caractère $\boxed{!}$.

Son principal intérêt est d'assurer la compatibilité avec **Fortran 77**.

Structure d'une ligne en “format fixe” :

- zone étiquette (colonnes 1 à 5)
- zone instruction (colonnes 7 à 72)
- colonne suite (colonne 6)

Les lignes qui commencent par **C, c, *** ou **!** en colonne 1 sont des commentaires.

2.2.5 – Généralités : syntaxe Les déclarations

Forme générale d'une déclaration

type[, liste_attributs ::] liste_objets

Différents types :

- real
- integer
- double precision
- complex
- character
- logical
- type

2.2.5 – Généralités : syntaxe Les déclarations

Différents attributs :

parameter	constante symbolique
dimension	taille d'un tableau
allocatable	objet dynamique
pointer	objet défini comme pointeur
target	objet accessible par pointeur (cible)
save	objet statique
intent	vocation d'un argument muet
optional	argument muet facultatif
public ou **private**	visibilité d'un objet défini dans un module
external ou **intrinsic**	nature d'une procédure

2.2.5 – Généralités : syntaxe Les déclarations

Exemples de déclarations :

```
integer nbre, cumul
real x, y, z
integer, save :: compteur
integer, parameter :: n = 5
double precision a(100)
double precision, dimension(100) :: a
complex, dimension(-2:4, 0:5) :: c
real, dimension(:), pointer :: ptr
real, pointer :: ptr(:) ! non recommandé
```

On *peut* donner le type et les différents attributs d'un objet sur plusieurs instructions (non recommandé) :

Exemple :

```
integer tab
dimension tab(10)
target tab
```

2.2.5 – Généralités : syntaxe
Les déclarations

Il est possible d'initialiser un objet au moment de sa déclaration. C'est d'ailleurs obligatoire si cet objet a l'attribut `parameter`.

Exemples :

```
character(len=4), dimension(5) ::  notes =  &
          (/ 'do# ','re  ','mi  ','fa# ','sol#' /)
integer, dimension(3) :: t_entiers = (/ 1, 5, 9 /)
```

<u>**Attention**</u> : en **Fortran 77** toute variable initialisée (via l'instruction `DATA`) n'est permanente que si l'attribut `save` a été spécifié pour cette variable, ou bien si la compilation a été faite en mode **static**.

Par contre, en **Fortran 90** toute variable initialisée est permanente ; elle reçoit l'attribut `save` implicitement.

<u>**Typage par défaut**</u> : mêmes règles qu'en **Fortran 77**

- il est vivement recommandé d'utiliser l'instruction `IMPLICIT NONE`
- types prédéfinis (ou intrinsèques) : `REAL, INTEGER, COMPLEX, LOGICAL, CHARACTER`
- types-dérivés définis par le développeur.

2.2.6 – Généralités : syntaxe La précision des nombres (kind)

Réel	simple précision	4 ou 8 octets
Réel	double précision	8 ou 16 octets
Réel	quadruple précision	32 octets?

Les types prédéfinis en **Fortran 90** sont en fait des noms génériques renfermant chacun un certain nombre de **variantes** ou **sous-types** que l'on peut sélectionner à l'aide du paramètre `KIND` lors de la déclaration des objets.
Ce paramètre est un **mot-clé** à valeur entière. Cette valeur désigne la **variante** souhaitée pour un **type** donné.

Les différentes valeurs du paramètre `KIND` sont dépendantes du système utilisé. Elles correspondent, en général, au nombre d'octets désirés pour coder l'objet déclaré.

En ce qui concerne les chaînes de caractères, cette valeur peut indiquer le nombre d'octets utilisés pour coder **chaque** caractère :

- 2 octets seront nécessaires pour coder les idéogrammes des alphabets chinois ou japonais,
- 1 seul octet suffit pour coder les caractères de notre alphabet.

Exemples :

- `real(kind=8) x`

  Réel double précision sur IBM RS/6000 ou Fujitsu VPP et simple précision sur Cray C90.

  C'est l'équivalent du `real*8` souvent utilisé en Fortran 77.

- `integer(kind=2), target, save :: i`

  équivalent de l'extension `integer*2` en Fortran 77.

À chaque type correspond une **variante** par défaut, sélectionnée en l'absence du paramètre `KIND` : c'est par exemple, la simple précision pour les réels.
(⟹ Voir tableau des sous-types sur C90, VPP et RS6000 en annexe A page 198)

2.2.6 – Généralités : syntaxe La précision des nombres (kind)

On a la possibilité d'indiquer le **sous-type** désiré lors de l'écriture des constantes.

Il suffira, pour cela, de les suffixer (pour les constantes numériques) ou de les préfixer (pour les constantes chaînes de caractères) par la valeur du **sous-type** voulu en utilisant le caractère _ comme séparateur.

Exemples de constantes numériques :

```
23564_4
12.879765433245_8
```

ou ce qui est plus portable :

```
integer, parameter :: short = 2, long = 8
1234_short
12.879765433245_long
```

Exemples de constantes chaînes de caractères :

```
1_'wolfy'
2_"wolfy"
integer(kind=short), parameter :: kanji = 2
kanji_"wolfy"
```

Fonction intrinsèque KIND

Cette fonction renvoie une valeur entière qui correspond au **sous-type** de l'argument spécifié.

Exemples :

`kind(1.0)`	retourne la valeur associée au **sous-type** réel simple précision.
`kind(1.0d0)`	retourne la valeur associée au **sous-type** réel double précision.
`real(kind=kind(1.d0))`	permet de déclarer un réel double précision quelle que soit la machine utilisée.
`integer(kind=kind(0))`	pour déclarer un entier correspondant au **sous-type** entier par défaut.
`character(kind=kind('A'))`	pour déclarer une variable caractère avec le **sous-type** `character` par défaut.

2.2.6 – Généralités : syntaxe
La précision des nombres (kind)

Fonction intrinsèque `SELECTED_INT_KIND(r)`

Cette fonction reçoit un nombre entier **r** en argument et retourne une valeur qui correspond au **sous-type** permettant de représenter les entiers **n** tels que :

$$-10^r < n < 10^r$$

Elle retourne **-1** si aucun **sous-type** ne répond à la demande.

Fonction intrinsèque `SELECTED_REAL_KIND(p,r)`

Cette fonction admet deux arguments **p** et **r** indiquant respectivement la **précision** (nombre de chiffres décimaux significatifs) et l'**étendue** (*range*) désirées. Elle retourne une valeur entière (`kind`) qui correspond au **sous-type** permettant de représenter les **réels x** répondant à la demande avec :

$$10^{-r} < \mid x \mid < 10^r$$

Les arguments **p** et **r** sont optionnels, toutefois l'un des deux doit obligatoirement être fourni.
Cette fonction retourne **-1** si la **précision** demandée n'est pas disponible, **-2** si l'**étendue** désirée n'est pas disponible, et **-3** si ni la **précision** ni l'**étendue** ne sont disponibles.

Exemple :

```
integer, parameter   :: prec = &
                        selected_real_kind(p=12, r=50)
integer, parameter   :: iprec = &
                        selected_int_kind(r=2)
integer(kind=iprec)  :: k=1_iprec
real(kind=prec), save:: x
real(prec),      save:: y
x = 12.765_prec
  . . . .
```

Autres exemples d'appel :

```
selected_int_kind(30) ! Certainement impossible -> -1
selected_real_kind(8)
selected_real_kind(9, 99)
selected_real_kind(r=50)
```

À noter que la **précision** et l'**étendue** peuvent être évaluées en utilisant les fonctions `PRECISION` et `RANGE` vues ci-après.

2.2.6 – Généralités : syntaxe La précision des nombres (kind)

Fonctions intrinsèques RANGE et PRECISION

Pour le **sous-type** de l'argument *entier* ou *réel* fourni, la fonction `RANGE` retourne la valeur entière maximale de l'exposant décimal **r** telle que tout entier ou réel satisfaisant :

$$\mid entier \mid < 10^r$$

$$10^{-r} < \mid réel \mid < 10^r$$

est représentable.

La fonction `PRECISION` retourne la précision décimale (nombre maximum de chiffres significatifs décimaux — mantisse) pour le **sous-type** de l'argument réel fourni.

Exemples :	**Cray C90**	**IBM RS6000**	**Fujitsu VPP**
`range(1_2)`	4	4	4
`range(1_4)`	9	9	9
`range(1_8)`	18	18	18
`range(1._8)`	2465	307	307
`range(1.0)`	2465	37	37
`precision(1.0)`	13	6	6
`range(1.d0)`	2465	307	307
`precision(1.d0)`	28	15	15

Sur Cray C90

Le compilateur crée pour chaque fichier source contenant des modules un fichier objet de même nom suffixé par `.o` ; il contient à la fois la partie *descripteur* destinée au compilateur et la partie *module objet* destinée au chargeur.

---

1. Compilation préalable des modules :

   `cd rep_mod`

   `f90 -c -ffree mod1.f mod2.f` ou bien,

   `f90 -c  mod1.f90 mod2.f90`

   Attention : si un module fait appel (`USE`) à d'autres modules, ces derniers doivent avoir été précédemment compilés pour pouvoir être utilisés par le compilateur.

2. Compil./*link* de `prog.f90` utilisant ces modules :

   `f90 prog.f90`

3. Idem à partir d'un autre répertoire :

   `f90 -p $HOME/rep_mod prog.f90`

4. Exécution : `a.out`

5. Passer des options au compilateur et au chargeur :

   `f90 -rm -Ovector2,task0 -dp -Wl"-lnag" prog1.f90`

   `cat prog1.l` $\Longrightarrow$ listage produit par `-rm`

   Directives $\Longrightarrow$ `!DIR$ NOVECTOR`, `!DIR$ FIXED`

2.3.2 – Généralités : compilation, édition de liens, exécution

Sur station IBM RS/6000

- Le compilateur crée pour chaque fichier source :
  - un fichier objet de même nom suffixé par `.o`,
  - autant de fichiers *nom_module*`.mod` qu'il y a de modules (la commande **`what`** permet de savoir, entre autres, de quel fichier source ils sont issus).
- Si un module fait appel (`USE`) à d'autres modules, ces derniers doivent avoir été précédemment compilés.

---

1. Compilation préalable des sources contenant les modules :
   `xlf90 -c  mod1.f mod2.f`
2. Compil./*link* de `prog.f` utilisant ces modules :
   `xlf90 prog.f mod1.o mod2.o`
   les fichiers `.mod` (contenant la partie *descripteur*) sont automatiquement trouvés s'ils se trouvent dans le répertoire courant ou dans celui du source. L'option `-I` permet de spécifier d'autres répertoires de recherche prioritaires.
3. Exécution : `a.out`
4. Passer des options au compilateur :
   `xlf90 -qsource -C prog.f mod1.o mod2.o`

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

Sur Fujitsu VPP

- Avec l'option `-Am`, le compilateur crée pour chaque fichier source :
  - un fichier objet de même nom suffixé par `.o`,
  - autant de fichiers *nom_module*`.mod` qu'il y a de modules.

---

1. Compilation préalable des sources contenant les modules :

   `frt -c -Am  mod1.f90 mod2.f90`

2. Compil./*link* de `prog.f` utilisant ces modules :

   `frt -Am prog.f90 mod1.o mod2.o`

   les fichiers `.mod` (contenant la partie *descripteur*) sont automatiquement trouvés dans le répertoire courant. L'option `-I` permet de spécifier d'autres répertoires de recherche. Par exemple, si les modules se trouvent dans un autre répertoire `rep_mod` :

   `frt -Am -Irep_mod prog.f90 rep_mod/mod*.o`

3. Exécution : `a.out`

4. Passer des options au compilateur :

   `frt -Free -X9 -On -Po -Psia -Dsu prog.f`

   Directives ⟹ `!OCL SCALAR`, `!OCL NOVREC`

Pour plus d'informations :

- `man frt`,

- `http://www.idris.fr/data/cours/vecto/vect_o/comp_bib/cours.html`

3 Types dérivés

3.1 Définition et déclaration de structures

3.2 Initialisation (constructeur de structure)

3.3 Opérateur % d'accès à un champ

3.4 Types dérivés et procédures

3.5 Conclusion et rappels

3.1 – Types dérivés : définition

- **Tableau** : *objet* regroupant des données de même type repérées par un/des indices numériques.
- Nécessité de définir un objet composite (**structure de données**) regroupant des données (**champs** ou **composantes**) hétérogènes. Chaque champ est identifié par son nom. Sa déclaration nécessite la définition préalable du **type dérivé** étendant les types prédéfinis.

Exemple : manipuler des couleurs en composantes additives RVB ...

1. Définition du type dérivé `COULEUR` :

```
type COULEUR
  character(len=16) :: nom
  real,dimension(3) :: compos
end type COULEUR
```

   Norme 95 : possibilité d'initialisation des champs.

2. Déclaration du tableau `TABRVB` des 3 couleurs de base et initialisation :

```
type(COULEUR),dimension(3),parameter :: TABRVB=&
   (/ couleur('rouge',(/ 1.,0.,0. /)),   &
      couleur('vert ',(/ 0.,1.,0. /)),   &
      couleur('bleu ',(/ 0.,0.,1. /)) /)
```

Dans l'expression

```
(/ couleur('rouge',(/ 1.,0.,0. /) ),&...
```

bien distinguer :

1. Notion de *constructeur de structure* (*Structure Constructor*) : fonction (ici `couleur`) de même nom que le type dérivé ayant pour arguments les valeurs à placer dans les divers champs. Automatiquement créée, elle permet l'initialisation ou l'affectation globale d'une structure de données.

2. Notion de *constructeur de tableau* (*Array Constructor*) : agrégat vectoriel (séquence de valeurs scalaires sur une seule dimension) délimité par les caractères `(/` et `/)` permettant l'initialisation ou l'affectation globale d'un tableau de rang 1.

Exemples :

```
real,dimension(3) :: TJ
type(couleur),dimension(5) :: TC
TC(1)=couleur('gris_fonce',(/ 0.2,0.2,0.2 /) )
TC(2)=couleur('gris_clair',(/ 0.8,0.8,0.8 /) )
TJ=(/ 1.0,1.0,0.0 /)
TC(3)=couleur('jaune',TJ)
```

3.3 – Types dérivés : opérateur % d'accès à un champ

- `TC` $\Longrightarrow$ tableau de structures de données de type dérivé `COULEUR`.
- `TC(2) et TABRVB(3)` $\Longrightarrow$ structures de type `COULEUR`.
- `TC(1)%nom` $\Longrightarrow$ champ `nom` (`"gris_fonce"`) de `TC(1)`.
- `TC(1)%compos` $\Longrightarrow$ tableau de 3 réels contenant les composantes RVB de la teinte `gris_fonce`.
- `TC(2)%compos(2)` $\Longrightarrow$ réel : composante verte du `gris_clair`.
- `TC%compos(2)` $\Longrightarrow$ tableau de 5 réels : composantes vertes. **Attention** : dans le cas où l'opérande de gauche est un tableau (ici `TC`), l'opérande de droite ne doit pas avoir l'attribut `pointer` !
- `TC%compos` $\Longrightarrow$ INCORRECT !! car au moins une des deux entités encadrant le `%` doit être un scalaire (rang nul) sachant qu'une structure est considérée comme un scalaire. Dans ce cas, `TC` et `compos` sont des tableaux de rang 1.
- Voici une nouvelle définition de la couleur jaune (Rouge + Vert) :

```
TC(4)=couleur('jaune',&
  (/ tabrvb(1)%compos(1) + tabrvb(2)%compos(1),&
     tabrvb(1)%compos(2) + tabrvb(2)%compos(2),&
     tabrvb(1)%compos(3) + tabrvb(2)%compos(3) /) )
```

ou plus simplement :

```
TC(4)=couleur('jaune',&
     tabrvb(1)%compos    + tabrvb(2)%compos)
```

3.4 Types dérivés et procédures

Une structure de données peut être transmise en argument d'une procédure et une fonction peut retourner un résultat de type dérivé.
Si le type dérivé n'est pas défini via un module (situation à éviter), le type paramètre et le type argument doivent :

- posséder tous les deux l'attribut `SEQUENCE` (pour assurer un stockage dans le même ordre des champs en mémoire),
- être identiques. Le nom du type et celui de la structure peuvent différer mais pas le nom et la nature des champs.

Exemples :

```
type(COULEUR)    :: demi_teinte
..........
TC(5)=demi_teinte(TC(1))
..........
end

function demi_teinte(col_in)
implicit none
!------------------------------------------------
type COLOR  !<--- au lieu de COULEUR
  SEQUENCE  !<--- ne pas oublier dans l'appelant
  character(len=16) :: nom
  real,dimension(3) :: compos
end type COLOR
!------------------------------------------------
type(COLOR) :: col_in, demi_teinte
demi_teinte%nom=trim(col_in%nom)//'_demi'
demi_teinte%compos=col_in%compos/2.
end function demi_teinte
```

3.4 Types dérivés et procédures

```
program geom3d
  implicit none
  integer :: i
  type VECTEUR
    real        :: x,y,z
  end type VECTEUR
  type CHAMP_VECTEURS ! >>>> avec type dérivé imbriqué
    integer     :: n  ! nombre de vecteurs
    type(VECTEUR),dimension(20) :: vect !taille max.
  end type CHAMP_VECTEURS
!-------------------------Déclarations ---------
  type(VECTEUR)                :: u,v,w
  type(CHAMP_VECTEURS)         :: champ
  real                         :: ps
!-------------------------------------------------
  u=vecteur(1.,0.,0.)  ! >>>>> Constructeur Struct.
  w=u                  ! >>>>> Affectation
! champ=u              ! >>>>> ERREUR
! if(u==v) then        ! >>>>> ERREUR
   ........
  ps=prod_sca(u,v)
  champ%n=20
  champ%vect=(/ u,v,(w,i=1,18) /)!>>Construct. tableau
  .........
contains
  function prod_sca(a,b)
    type(VECTEUR)      :: a,b
    real               :: prod_sca
    prod_sca=a%x*b%x + a%y*b%y + a%z*b%z
  end function prod_sca
end program geom3d
```

Exemple de définition d'un type dérivé `MATRICE` et d'une fonction `som_mat` réalisant la somme de deux structures de ce type :

```
program testmat
  implicit none
  type MATRICE
    integer :: N, M   ! >>>> Matrice ( N x M )
    real, dimension(:,:),allocatable :: A !>>>> ERREUR
  end type MATRICE
  !-----------------------Déclarations ---------
  type(MATRICE)                  :: MAT1, MAT2, MAT3
  integer                        :: NL,NC
  !------------------------------------------------
  read *, NL, NC
  MAT1%N=NL  ; MAT1%M=NC ; allocate(MAT1%A(NL,NC))
  MAT2%N=NL  ; MAT2%M=NC ; allocate(MAT2%A(NL,NC))
  read *, MAT1%A, MAT2%A
  MAT3 = som_mat(MAT1,MAT2)
contains
  function som_mat(mat1,mat2)
    type(MATRICE),intent(in) :: mat1,mat2
    type(MATRICE)            :: som_mat
    if (mat1%M /= mat2%M .or. mat1%N /= mat2%N) then
      stop ' ERREUR: matrices de profils differents'
    else
      som_mat%N=mat1%N ; som_mat%M=mat1%M
      allocate(som_mat%A(mat1%N , mat1%M))
      som_mat%A = mat1%A + mat2%A
    end if
  end function som_mat
end program testmat
```

Attention : attribut `ALLOCATABLE` $\Longrightarrow$ solution via pointeur et allocation dynamique (cf. remarque en fin de chapitre).

3.5 – Types dérivés : conclusion

Pour faciliter la manipulation des structures de données (objets de type dérivé) nous verrons qu'il est possible par exemple :

- de définir d'autres fonctions de manipulation de matrices (addition, soustraction, multiplication, inversion, etc.).
- d'*encapsuler* le type et les fonctions opérant dessus dans un **module** séparé pour pouvoir y accéder plus facilement et plus sûrement dans toutes les unités de programme en ayant besoin,
- de définir des opérateurs génériques plus naturels en surchargeant les opérateurs + , - , * ou même de nouveaux tels que `.TRANSP.` (pour une expression du type `B=X+(.TRANSP.A)`, en les associant aux fonctions correspondantes (`interface OPERATOR`),
- de redéfinir le symbole d'affectation = pour créer une matrice à partir d'un vecteur ou obtenir sa taille (`interface ASSIGNMENT`),
- de cacher (`PRIVATE`) les composantes internes d'une structure.

Sans être un vrai *langage orienté objet*, Fortran 90 fournit ainsi des *extensions objet* bien utiles pour le confort et la fiabilité. Les notions manquantes de *classe* (hiérarchie de types dérivés extensibles avec héritage) et de *polymorphisme dynamique* applicable aux objets et aux méthodes/opérateurs relatifs à une *classe* font partie des propositions de la future **norme Fortran 2000**.

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

3.5 – Types dérivés : conclusion

Rappels :

- chaque champ peut être constitué d'éléments de type intrinsèque (`real, integer, logical, character`, etc.) ou d'un autre type dérivé imbriqué,
- l'attribut `PARAMETER` est interdit au niveau d'un champ,
- l'initialisation d'un champ ne sera possible qu'en Fortran 95,
- l'attribut `ALLOCATABLE` est interdit au niveau d'un champ, mais un tableau de structures peut avoir l'attribut `ALLOCATABLE` pour être alloué dynamiquement,
- un *objet* de type dérivé est considéré comme un **scalaire** mais :
  - un champ peut avoir l'attribut `DIMENSION`,
  - on peut construire des tableaux de structures de données.
- l'attribut `SEQUENCE` pour un type dérivé est obligatoire si une structure de ce type est passée en argument d'une procédure externe au sein de laquelle une re-définition du type est nécessaire.
- un champ peut avoir l'attribut `POINTER` mais pas `TARGET`.

3.5 – Types dérivés : conclusion

L'attribut pointer appliqué au champ d'une structure permet :

- la déclaration de *tableaux* de pointeurs via un tableau de structures contenant un champ unique ayant l'attribut `pointer` — cf. paragraphe *"Tableaux de pointeurs"* du chapitre 7 page 121 ;
- la gestion de *listes chaînées* basées sur des types derivés tels :

```
type cell
  real,dimension(4)   :: x
  character(len=10)   :: str
  type(cell),pointer :: p
end type cell
```

  cf. exemple simple en annexe F et le corrigé de l'exercice 7 en annexe B ;

- l'allocation dynamique de mémoire appliquée à un champ de structure (l'attribut `allocatable` y étant interdit) — cf. paragraphe *Allocation dynamique de mémoire* du chapitre 7 *Pointeurs* et l'exemple du chapitre 10 *Surcharge d'opérateurs*.
- À noter : lors de l'affectation entre 2 structures (de même type), le compilateur réalise effectivement des affectations entre les composantes sauf pour celles ayant l'attribut `pointer` pour lesquelles il réalise une association.

4 Programmation structurée

4.1 Introduction

4.2 Boucles DO

4.3 Construction SELECT-CASE

4.1 – Programmation structurée
Introduction

Structure habituelle d'un programme en blocs :

Exemple :

```
IF (expression logique) THEN
     bloc1
ELSE IF (expression logique) THEN
       bloc2
     ELSE
       bloc3
END IF
```


INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

Forme générale :

```
[étiquette:] DO [contrôle de boucle]
                  bloc
             END DO [étiquette]
```

1re forme :

```
[étiquette:] DO variable = expr1, expr2[,expr3]
                  bloc
             END DO [étiquette]
```

Nombre d'itérations :

$$max\left(\frac{expr_2 - expr_1 + expr_3}{expr_3}, 0\right)$$

Exemple :

```
DO I=1,N
  C(I) = SUM(A(I,:)*B(:,I))
END DO
```

4.2 – Programmation structurée
Boucles DO

2e forme :

```
DO WHILE (condition)
      bloc
END DO
```

Exemple :

```
read(unit=11,iostat=eof)a, b, c
do while(eof == 0)
   . . . .
   . . . .
   read(unit=11, iostat=eof)a, b, c
end do
```

3^e forme :

Ce sont des boucles DO sans contrôle de boucle.

Pour en sortir $\Longrightarrow$ instruction conditionnelle avec instruction `EXIT` dans le corps de la boucle.

```
DO
   séquence 1
   IF (condition ) EXIT
   séquence 2
END DO
```

Exemple :

```
do
   read(*, *) nombre
   if (nombre == 0) EXIT
   somme = somme + nombre
end do
```

4.2 – Programmation structurée Boucles DO

Bouclage anticipé $\Longrightarrow$ instruction CYCLE

Elle permet d'abandonner le traitement de l'itération courante et de passer à l'itération suivante.

Exemple :

```
do
   read(*, *, iostat=eof)x
   if (eof /= 0) EXIT
   if (x <= 0.) CYCLE
   y = log(x)
end do
```

Instructions EXIT et CYCLE dans des boucles imbriquées

⟹ Utilisation de boucles étiquetées.

Exemple 1 :

```
          implicit none
          integer                 :: i, l, m
          real, dimension(10)     :: tab
          real                    :: som, som_max
          real                    :: res
          som = 0.0
          som_max=1382.
exter:    do l = 1,n
            read *, m, tab(1:m)
            do i = 1, m
              call calcul(tab(i), res)
              if (res < 0.) cycle
              som = som + res
              if (som > som_max) exit exter
            end do
          end do exter
```

4.2 – Programmation structurée
Boucles DO

Exemple 2 :

```
b1:  do i = 1,n
       do j = 1, m
         call sp(i+j, r)
         if (r < 0.) cycle b1
       end do
     end do b1
```

4.3 – Programmation structurée Construction SELECT-CASE

"Aiguillage" : équivalent du `CASE` de PASCAL et `SWITCH` du C.

Exemple :

```
integer :: mois, nb_jours
logical :: annee_bissect
     ........
select case(mois)
  case(4, 6, 9, 11)
    nb_jours = 30
  case(1, 3, 5, 7:8, 10, 12)
    nb_jours = 31
  case(2)
    fevrier: select case(annee_bissect)
         case(.true.)
           nb_jours = 29
         case(.false.)
           nb_jours = 28
    end select fevrier
  case default
    print *, ' Numéro de mois invalide'
end select
```

5 Extensions tableaux

5.1 Définitions (rang, profil, étendue,...)

5.2 Manipulations de tableaux (conformance, constructeur, section, taille,...)

5.3 Tableau en argument d'une procédure (taille et profil implicites)

5.4 Section de tableau non contiguë en argument d'une procédure

5.5 Fonctions intrinsèques tableaux

5.5.1 Interrogation (`maxloc`, `lbound`, `shape`,..)

5.5.2 Réduction (`all`, `any`, `count`, `product`,...)

5.5.3 Multiplication (`matmul`, `dot_product`,...)

5.5.4 Construction/transformation (`reshape`, `cshift`, `pack`, `spread`, `transpose`,...)

5.6 Instruction et bloc `WHERE`

5.1 – Extensions tableaux Définitions

Un tableau est un ensemble d'éléments du même type.
Pour déclarer un tableau, il suffit de préciser l'attribut `DIMENSION` lors de sa déclaration :

Exemples :

```
integer, dimension(5)          :: tab
real(8), dimension(3,4)        :: mat
real,    dimension(-1:3,2,0:5) :: a
```

Un tableau peut avoir jusqu'à 7 dimensions au maximum.

- Le **rang** (*rank*) d'un tableau est son nombre de dimensions.
- Le nombre d'éléments dans une dimension s'appelle l'**étendue** (*extent*) du tableau dans cette dimension.
- Le **profil** (*shape*) d'un tableau est un **vecteur** dont chaque élément est l'**étendue** du tableau dans la dimension correspondante.
- La **taille** (*size*) d'un tableau est le produit des éléments du vecteur correspondant à son **profil**.

Deux tableaux seront dits **conformants** s'ils ont **même profil**.

Exemples :

```
real, dimension(-5:4,0:2) :: x
real, dimension(0:9,-1:1) :: y
real, dimension(2,3,0:5)  :: z
```

Les tableaux **x** et **y** sont de **rang 2**, tandis que le tableau **z** est de **rang 3**.

L'**étendue** des tableaux **x** et **y** est **10** dans la 1re dimension et **3** dans la 2e. Ils ont même **profil** : le vecteur **(/ 10, 3 /)**, ils sont donc **conformants**.
Leur **taille** est égale à **30**.

Le **profil** du tableau **z** est le vecteur **(/ 2, 3, 6 /)**.
Sa **taille** est égale à **36**.

5.2 – Extensions tableaux
Manipulations de tableaux

Fortran 90 permet de manipuler globalement l'ensemble des éléments d'un tableau.
On pourra, de ce fait, utiliser le nom d'un tableau dans des expressions.
En fait, plusieurs opérateurs ont été **sur-définis** afin d'accepter des objets de type tableau comme opérande.
Il sera nécessaire, toutefois, que les tableaux intervenant dans une expression soient **conformants**.

Exemples d'expressions de type tableau :

```
integer, dimension(4,3) :: a
a = 1
```

L'expression précédente permet d'affecter l'entier **1** à tous les éléments du tableau **a**. Cette affectation est possible car
un scalaire est supposé **conformant** à tout tableau.

```
real,    dimension(6,7)        :: a,b
real,    dimension(2:7,5:11) :: c
logical, dimension(-2:3,0:6) :: l
b = 1.5
c = b
a = b + c + 4.
l = c == b
```

On notera que pour manipuler un tableau globalement, on peut soit indiquer son nom, comme dans les exemples précédents, soit indiquer son nom suivi entre parenthèses d'autant de caractères $\boxed{:}$, séparés par des virgules, qu'il a de dimensions.

Reprise des exemples précédents :

```
real,     dimension(6,7)      :: a,b
real,     dimension(2:7,5:11) :: c
logical, dimension(-2:3,0:6) :: l
b(:,:) = 1.5
c(:,:) = b(:,:)
a(:,:) = b(:,:) + c(:,:) + 4.
l(:,:) = c(:,:) == b(:,:)
```

On préfèrera la dernière notation à la précédente, car elle a l'avantage de la clarté.

5.2 – Extensions tableaux
Manipulations de tableaux

Initialisation de tableaux

Il est permis d'initialiser un tableau au moment de sa déclaration ou à l'aide d'une instruction d'affectation au moyen de **constructeur de tableaux**.

Ceci n'est toutefois possible que pour les tableaux de **rang 1**. Pour les tableaux de **rang** supérieur à **1** on utilisera la fonction `reshape` que l'on détaillera plus loin.

Un **constructeur de tableau** est un vecteur de scalaires dont les valeurs sont encadrées par les caractères `(/` et `/)`.

Exemples :

```
character(len=1), dimension(5) :: a = &
                  (/ 'a', 'b', 'c', 'd', 'e' /)
integer,          dimension(4) :: t1, t2, t3
integer                        :: i
t1 = (/ 6, 5, 10, 1 /)
t2 = (/ (i*i, i=1,4) /)
t3 = (/ t2(1), t1(3), 1, 9 /)
```

Sections de tableaux

Il est possible de faire référence à une partie d'un tableau appelée **section de tableau** ou **sous-tableau**. Cette partie de tableau est également un tableau. De plus le tableau, dans son intégralité, est considéré comme le **tableau parent** de la partie définie. Le **rang** d'une **section de tableau** est inférieur ou égal à celui du **tableau parent**. Il sera inférieur d'autant d'indices qu'il y en a de fixés.

Sections régulières

On désigne par **section régulière** un ensemble d'éléments dont les indices forment une progression arithmétique.
Pour définir une telle **section** on utilise la **notation par triplet** de la forme `val_init:val_fin:pas` équivalent à une pseudo-boucle.

Exemples :

```
integer, dimension(10) :: a = (/ (i, i=1,10) /)
integer, dimension(5)  :: b
integer, dimension(3)  :: c
b(:) = a(1:10:2)
c(:) = a(3:10:3)
```

5.2 – Extensions tableaux
Manipulations de tableaux

```
integer, dimension(5,9) :: a
```

`a(1:2,3:7)`

		X	X	X	X	X		
		X	X	X	X	X		

`a(1:5:2,:)`

X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X

`a(2:4,4)`

			X					
			X					
			X					

```
integer, dimension(10) :: a,b,c
integer, dimension(20) :: vec
integer                :: i
a(1:9:2)  = (/ (i,i=1,9,2) /)
a(2:10:2) = (/ (i,i=-1,-9,-2) /)
b(:)      = (/ (i+1,i=1,7), a(1:3) /)
c(1:5)    = b(6:10)
c(6:10)   = a(1:5)
vec(4:13) = a**2 + b**2 + c**2
```

Important :

la valeur d'une expression tableau est **entièrement évaluée** avant d'être **affectée**.

Pour inverser un tableau on pourra écrire :

```
real, dimension(20) :: tab
tab(:) = tab(20:1:-1)
```

Ce qui n'est pas du tout équivalent à :

```
integer    :: i
do i=1,20
  tab(i) = tab(21-i)
end do
```

5.2 – Extensions tableaux Manipulations de tableaux

Sections non régulières

Le triplet d'indices ne permet d'extraire qu'une séquence régulière d'indices. Il est possible d'accéder à des éléments quelconques par l'intermédiaire d'un **vecteur d'indices**. Il s'agit en fait d'une **indexation indirecte**.

Exemples :

```
integer, dimension(10,9) :: tab
integer, dimension(3)    :: v_ind1
integer, dimension(4)    :: v_ind2
v_ind1 = (/ 2,7,6 /)
v_ind2 = (/ 4,1,1,3 /)
tab((/ 3,5,8 /), (/ 1,5,7 /)) = 1
```

`tab(v_ind1,v_ind2)` est un **sous-tableau** à indices vectoriels. On remarque qu'il est constitué d'éléments répétés. Un tel **sous-tableau** ne peut pas figurer à gauche d'un signe d'affectation.

Exemples :

`tab(v_ind2,5) = (/ 2,3,4,5 /)` n'est pas permis car cela reviendrait à vouloir affecter 2 valeurs différentes (3 et 4) à l'élément `tab(1,5)`.

5.3 – Tableau en argument d'une procédure

Lorsque l'on passe un tableau en argument d'une procédure il est souvent pratique de pouvoir récupérer ses caractéristiques (*taille*, *profil*, ...) au sein de celle-ci.
En **Fortran 77** la solution était de transmettre, en plus du tableau, ses dimensions, ce qui est évidemment toujours possible en **Fortran 90**.

Exemple :

```
integer, parameter       :: n=5,m=6
integer, dimension(n,m) :: t
t = 0
call sp(t,n,m)
end

subroutine sp(t,n,m)
integer                  :: n,m
integer, dimension(n,m) :: t
print *,t
end
```

En fait, si le tableau déclaré dans la procédure est de **rang r**, seules les **r-1** premières dimensions sont nécessaires car la dernière n'intervient pas dans le calcul d'adresses. C'est pour cela qu'il est possible de préciser le caractère `*` à la place de la dernière dimension.
À l'exécution de la procédure les **étendues** de chaque dimension, hormis la dernière, seront connues. Ce qui implique que la **taille** du tableau ne sera pas connue, et que c'est donc au développeur de s'assurer qu'il n'y a pas de débordement. Ce type de tableau s'appelle tableau à **taille implicite** (*assumed-size-array*).

5.3 – Tableau en argument d'une procédure

Reprise de l'exemple précédent :

```
integer, parameter       :: n=5,m=6
integer, dimension(n,m) :: t
t = 0
call sp(t,n)
end

subroutine sp(t,n)
integer                  :: n
integer, dimension(n,*) :: t
print *,size(t,1)
print *,t(:,2)
print *,t(1,:) ! interdit
end
```

La fonction **size** est une fonction intrinsèque qui retourne la **taille** du tableau passé en argument (sauf taille implicite).
Cette fonction admet un 2^{e} argument optionnel qui permet de préciser la dimension suivant laquelle on désire connaître le nombre d'éléments. Dans ce cas, elle retourne en fait l'**étendue** relativement à la dimension spécifiée.

Dans l'exemple précédent, il est possible de récupérer l'**étendue** de toutes les dimensions du tableau **t** à l'exception de la dernière.

De plus, **Fortran 90** permet de transmettre le **profil** du tableau passé en argument. Pour cela, il faut que l'interface soit *explicite* (notion vue en détails plus loin au chapitre 8) ce qui permet de donner au compilateur un certain nombre de renseignements afin qu'il puisse effectuer certaines déductions (sert notamment à vérifier la cohérence entre arguments muets et arguments d'appel).

Exemple :

```
integer, dimension(5,6) :: t
  interface     !<<<<<<<<<<<<<<<<<<<|
    subroutine sp(t)                |
      integer, dimension(:,:) :: t  |
    end subroutine sp               |
  end interface !<<<<<<<<<<<<<<<<<<<|
t = 0 ; call sp(t)
end

subroutine sp(t)
integer, dimension(:,:) :: t
integer                 :: i
print *,size(t,1), size(t,2)
do i=1, size(t,1)
  print *,(t(i,j), j=1,size(t,2))
end do
end subroutine sp
```

Un tableau passé de cette manière s'appelle un tableau à $\boxed{\textbf{profil implicite}}$ (*assumed-shape-array*).

5.4 – Section de tableau non contiguë en argument d'une procédure

Une section de tableau peut être passéee en argument d'une procédure.

Attention :
si elle constitue un ensemble de valeurs **non contiguës** en mémoire, le compilateur peut être amené à copier au préalable cette section dans un tableau d'éléments contigus passé à la procédure, puis en fin de traitement le recopier dans la section initiale...

$\Longrightarrow$ **Dégradation possible des performances !**

En fait, cette copie (*copy in–copy out*) n'a pas lieu si les conditions suivantes sont réalisées :

- la section passée est régulière,
- l'argument muet correspondant est à profil implicite (ce qui nécessite que l'interface soit explicite).
- **sur RS6000**, l'argument muet n'a pas l'attribut `target`. En effet, le compilateur IBM force la copie du tableau passé si l'argument muet correspondant a l'attribut `target`...

C'est le cas de l'exemple ci-dessous.

Exemple :

dans l'exemple suivant le sous-programme `sub1` reçoit en argument une section régulière non contiguë alors que le sous-programme `sub2` reçoit le tableau dans sa totalité. Les temps d'exécutions sont analogues.

5.4 – Section de tableau non contiguë en argument d'une procédure

```
program tab_sect
  real, dimension(10,10) :: a1,a2
  integer                :: c1,c2,c3
  interface  !<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<|
    subroutine sub1(x)                   |
      real, dimension(:,:) :: x          |
    end subroutine sub1                  |
  end interface !<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<|
  a1 = 1.0
  a1(3,2:5) = (/ 3.0,4.0,5.0,6.0 /) ; a2 = a1
  call system_clock(count=c1)
  do i=1,100
    call sub1(a1(3:7,2:5)) !<<< Section non contiguë
  enddo
  call system_clock(count=c2)
  do i=1,100
    call sub2(a2)          !<<< Tout le tableau
  enddo
  call system_clock(count=c3)
  print *," count_sub1 :",c2-c1," count_sub2 :",c3-c2
end program tab_sect

subroutine sub1(x)
  real, dimension(:,:) :: x
  x = x * 2.0
end subroutine sub1

subroutine sub2(x)
  real, dimension(10,10) :: x
  x(3:7,2:5) = x(3:7,2:5) * 2.0
end subroutine sub2
```

5.5.1 – Fonctions intrinsèques tableaux : interrogation


```
MAXLOC(array[,mask])
MINLOC(array[,mask])
```

$\Longrightarrow$ + `[,dim]` en Fortran 95

retournent un tableau de rang 1 correspondant à l'**emplacement de l'élément maximum/minimum** du tableau passé en argument.

```
UBOUND(array[,dim])
LBOUND(array[,dim])
```

retournent la ou les **bornes supérieures/inférieures** de chacune des dimensions du tableau passé en argument.

```
SIZE(array[,dim])
```

retourne la **taille** (ou l'étendue de la dimension indiquée via `dim`) du tableau passé en argument.

```
SHAPE(source)
```

retourne le **profil** du tableau passé en argument.

Exemples :

```
integer, dimension(-2:27,0:49) :: t
```

`UBOUND(t)`	$\Longrightarrow$	`(/ 27,49 /)`
`UBOUND(t,dim=2)`	$\Longrightarrow$	`49`
`LBOUND(t)`	$\Longrightarrow$	`(/ -2,0 /)`
`LBOUND(t,dim=1)`	$\Longrightarrow$	`-2`
`SHAPE(t)`	$\Longrightarrow$	`(/ 30,50 /)`
`SIZE(t)`	$\Longrightarrow$	`1500`
`SIZE(t,dim=1)`	$\Longrightarrow$	`30`
`MAXLOC((/ 2,-1,10,3,-1 /))`	$\Longrightarrow$	`(/ 3 /)`
`MINLOC((/ 2,-1,10,3,-1 /))`	$\Longrightarrow$	`(/ 2 /)`

5.5.1 – Fonctions intrinsèques tableaux : interrogation

Exemples :

```
integer, dimension(0:2,-1:2) :: A
```

$$\text{Soit A} = \begin{pmatrix} 0 & -5 & 8 & -3 \\ 3 & 4 & -1 & 2 \\ 1 & 5 & 6 & -4 \end{pmatrix}$$

`MAXLOC(A, MASK=A.LT.5)` $\Longrightarrow$ `(/ 2,2 /)`

`MINLOC(A, MASK=A.GT.5)` $\Longrightarrow$ `(/ 3,3 /)`

`MINLOC(A, MASK=A>8 )` $\Longrightarrow$ résultat imprévisible

Norme 95 : ajout paramètre optionnel `dim` aux fonctions `MAXLOC` et `MINLOC` à l'instar des fonctions `MAXVAL` et `MINVAL` vues plus loin. Voici les deux syntaxes possibles :

`MAXLOC(array,dim[,mask])` ou `MAXLOC(array[,mask])`

`MINLOC(array,dim[,mask])` ou `MINLOC(array[,mask])`

La discrimination du 2e argument se fait sur son type entier pour `dim` et logique pour `mask` ; il en est de même pour les fonctions `PRODUCT` et `SUM`.

Toutes ces fonctions retournent soit un **scalaire** soit un tableau de rang **n-1** en désignant par **n** le rang du tableau passé en premier argument.

`ALL(mask[,dim])`

`DIM=i` $\Longrightarrow$ la fonction travaille globalement sur cet indice pour chaque valeur fixée dans les autres dimensions.

$$\text{Soient } \mathbf{A} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix} \quad \text{et } \mathbf{B} \begin{pmatrix} 0 & 3 & 5 \\ 7 & 4 & 8 \end{pmatrix}$$

- Réduction globale :
  `ALL(A.NE.B)` $\Longrightarrow$ `.false.`
- Réduction par colonne :
  `ALL(A.NE.B, DIM=1)` $\Longrightarrow$ `(/ .true.,.false.,.false. /)`
- Réduction par ligne :
  `ALL(A.NE.B, DIM=2)` $\Longrightarrow$ `(/ .false.,.false. /)`
- Comparaison globale de deux tableaux :
  `if (ALL(A==B))...`
- Test de conformance (entre tableaux de même rang) :
  `if (ALL(shape(A) == shape(B)))...`

5.5.2 – Fonctions intrinsèques tableaux : réduction

`ANY(mask[,dim])`

Soient $\mathbf{A}\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$ et $\mathbf{B}\begin{pmatrix} 0 & 3 & 5 \\ 7 & 4 & 8 \end{pmatrix}$

- Réduction globale :
  `ANY(A/=B)` $\Longrightarrow$ `.true.`
- Réduction par colonne :
  `ANY(A/=B, DIM=1)` $\Longrightarrow$ `(/ .true.,.false.,.true. /)`
- Réduction par ligne :
  `ANY(A/=B, DIM=2)` $\Longrightarrow$ `(/ .true.,.true. /)`
- Comparaison globale de deux tableaux :
  `if (ANY(A/=B))...`
- Test de non conformance (entre tableaux de même rang) :
  `if (ANY(shape(A) /= shape(B)))...`

```
COUNT(mask[,dim])
```

`COUNT((/ .true.,.false.,.true. /))` $\Longrightarrow$ `2`

$$\text{Soient } \mathbf{A} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix} \quad \text{et } \mathbf{B} \begin{pmatrix} 0 & 3 & 5 \\ 7 & 4 & 8 \end{pmatrix}$$

$$\mathrm{A/{=}B} \quad \Longrightarrow \quad \begin{pmatrix} T & F & F \\ T & F & T \end{pmatrix}$$

- Décompte global des valeurs vraies :
  `COUNT(A/=B)` $\Longrightarrow$ `3`
- Décompte par colonne des valeurs vraies :
  `COUNT(A/=B,DIM=1)` $\Longrightarrow$ `(/ 2,0,1 /)`
- Décompte par ligne des valeurs vraies :
  `COUNT(A/=B,DIM=2)` $\Longrightarrow$ `(/ 1,2 /)`

5.5.2 – Fonctions intrinsèques tableaux : réduction

```
MAXVAL(array[,dim][,mask])

MINVAL(array[,dim][,mask])
```

MINVAL((/ 1,4,9 /)) $\Longrightarrow$ 1
MAXVAL((/ 1,4,9 /)) $\Longrightarrow$ 9

$$\text{Soit } \mathbf{A} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

MINVAL(A,DIM=1) $\Longrightarrow$ (/ 1,3,5 /)
MINVAL(A,DIM=2) $\Longrightarrow$ (/ 1,2 /)
MAXVAL(A,DIM=1) $\Longrightarrow$ (/ 2,4,6 /)
MAXVAL(A,DIM=2) $\Longrightarrow$ (/ 5,6 /)
MINVAL(A,DIM=1,MASK=A>1) $\Longrightarrow$ (/ 2,3,5 /)
MINVAL(A,DIM=2,MASK=A>3) $\Longrightarrow$ (/ 5,4 /)
MAXVAL(A,DIM=1,MASK=A<6) $\Longrightarrow$ (/ 2,4,5 /)
MAXVAL(A,DIM=2,MASK=A<3) $\Longrightarrow$ (/ 1,2 /)

5.5.2 – Fonctions intrinsèques tableaux : réduction


```
PRODUCT(array[,dim][,mask])

SUM(array[,dim][,mask])
```

`PRODUCT((/ 2,5,-6 /))` $\Longrightarrow$ `-60`
`SUM((/ 2,5,-6 /))` $\Longrightarrow$ `1`

$$\text{Soit } \mathbf{A} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

`PRODUCT(A,DIM=1)` $\Longrightarrow$ `(/ 2,12,30 /)`
`PRODUCT(A,DIM=2)` $\Longrightarrow$ `(/ 15,48 /)`
`SUM(A,DIM=1)` $\Longrightarrow$ `(/ 3,7,11 /)`
`SUM(A,DIM=2)` $\Longrightarrow$ `(/ 9,12 /)`
`PRODUCT(A,DIM=1,MASK=A>4)` $\Longrightarrow$ `(/ 1,1,30 /)`
`PRODUCT(A,DIM=2,MASK=A>3)` $\Longrightarrow$ `(/ 5,24 /)`
`SUM(A,DIM=1,MASK=A>5)` $\Longrightarrow$ `(/ 0,0,6 /)`
`SUM(A,DIM=2,MASK=A<2)` $\Longrightarrow$ `(/ 1,0 /)`

5.5.3 – Fonctions intrinsèques tableaux : multiplication

Il existe deux fonctions de multiplication :

`DOT_PRODUCT` retourne le produit scalaire des deux vecteurs passés en argument

`MATMUL` effectue le produit matriciel de deux matrices ou d'une matrice et d'un vecteur passés en argument

Exemples :

Soient les vecteurs **v1** `=(/ 2,-3,-1 /)` et **v2** `=(/ 6,3,3 /)` :

$$\texttt{DOT\_PRODUCT(v1,v2)} \Longrightarrow \texttt{0}$$

Soient la matrice **A** $\begin{pmatrix} 3 & -6 & -1 \\ 2 & 3 & 1 \\ -1 & -2 & 4 \end{pmatrix}$ et le vecteur **V** $\begin{pmatrix} 2 \\ -4 \\ 1 \end{pmatrix}$

$$\texttt{MATMUL(A,V)} \Longrightarrow \begin{pmatrix} 29 \\ -7 \\ 10 \end{pmatrix}$$

5.5.3 – Fonctions intrinsèques tableaux : multiplication

Les deux fonctions `DOT_PRODUCT` et `MATMUL` admettent des vecteurs et/ou matrices de type logique en argument.

```
DOT_PRODUCT(v1,v2)
```

v1 de type entier ou réel	$\Longrightarrow$	`sum(v1*v2)`
v1 de type complexe	$\Longrightarrow$	`sum(conjg(v1)*v2)`
v1 et **v2** de type logique	$\Longrightarrow$	`any(v1.and.v2)`

```
c = MATMUL(a,b)
```

Si `profil(a) = (/ n,p /)`	$\Longrightarrow$	`profil(c) = (/ n,q /))`
et `profil(b) = (/ p,q /)`		$c_{i,j}$ `= sum(a(i,:)*b(:,j)))`
Si `profil(a) = (/ p /)`	$\Longrightarrow$	`profil(c) = (/ q /))`
et `profil(b) = (/ p,q /)`		c_j `= sum(a*b(:,j)))`
Si `profil(a) = (/ n,p /)`	$\Longrightarrow$	`profil(c) = (/ n /))`
et `profil(b) = (/ p /)`		c_i `= sum(a(i,:)*b))`
Si `a` et `b` de type logique	$\Longrightarrow$	On remplace `sum` par `any` et `*` par `.and.` dans les formules précédentes

5.5.4 – Fonctions intrinsèques tableaux : construction et transformation

```
RESHAPE(source,shape[,pad][,order])
```

Cette fonction permet de construire un tableau d'un **profil** donné à partir d'éléments d'un autre tableau.

Exemples :

```
RESHAPE((/ (i,i=1,6) /), (/ 2,3 /))
```

a pour valeur le tableau $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$

```
RESHAPE((/ ((i==j,i=1,4),j=1,3) /), (/ 4,4 /),&
        (/ .true.,.true.,.true.,.true. /))
```

a pour valeur le tableau $\begin{pmatrix} T & F & F & T \\ F & T & F & T \\ F & F & T & T \\ F & F & F & T \end{pmatrix}$

```
RESHAPE(source = (/ ((i==j,i=1,4),j=1,3) /),         &
        shape  = (/ 4,4 /),                          &
        pad    = (/ .true.,.true.,.true.,.true. /), &
        order  = (/ 2,1 /) )
```

$$\text{a pour valeur le tableau} \begin{pmatrix} T & F & F & F \\ F & T & F & F \\ F & F & T & F \\ T & T & T & T \end{pmatrix}$$

Remarque : ce type de fonction est utilisable au niveau des initialisations (cf. annexe E page 243).

5.5.4 – Fonctions intrinsèques tableaux : construction et transformation

`CSHIFT(array,shift[,dim])`

Cette fonction permet d'effectuer des décalages **circulaires** sur les éléments dans une dimension (`DIM`) donnée d'un tableau.

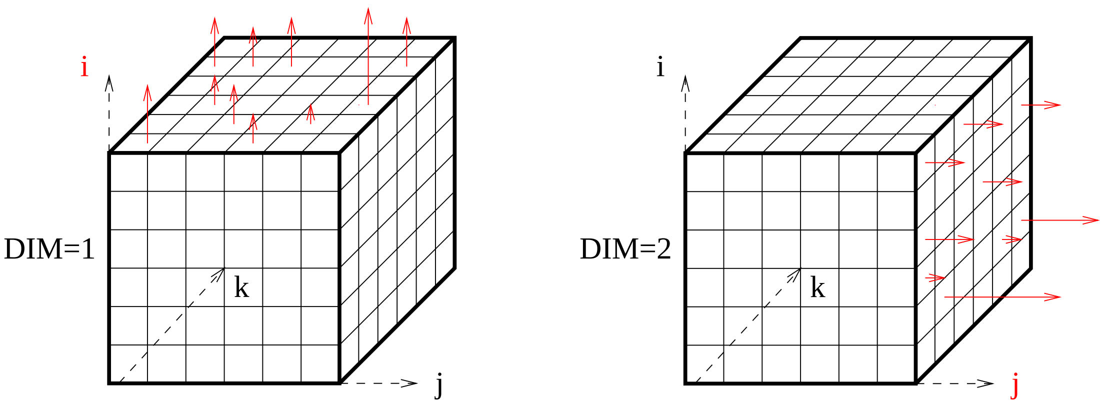
Par défaut : `DIM=1`

Exemples :

```
integer, dimension(6) :: v = (/ 1,2,3,4,5,6 /)
integer, dimension(6) :: w1,w2
w1 = CSHIFT(v, SHIFT=2)
w2 = CSHIFT(v, SHIFT=-2)
print *,w1(:)
print *,w2(:)
```

On obtient	`w1`	=	`(/ 3,4,5,6,1,2 /)`
et	`w2`	=	`(/ 5,6,1,2,3,4 /)`

`SHIFT >0`	$\Longrightarrow$	décalage vers les indices décroissants
`SHIFT <0`	$\Longrightarrow$	décalage vers les indices croissants



CSHIFT sur un tableau de rang 3 M(i, j, k)

Soit **M** le tableau $\begin{pmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \\ m & n & o & p \end{pmatrix}$

`CSHIFT(M, SHIFT=-1)` vaut

$$\begin{pmatrix} m & n & o & p \\ a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \end{pmatrix}$$

`CSHIFT(M, SHIFT= (/ 2,-2,-1,0 /), DIM=2)` vaut

$$\begin{pmatrix} c & d & a & b \\ g & h & e & f \\ l & i & j & k \\ m & n & o & p \end{pmatrix}$$

Cf. annexe D1 (page 241) pour autre exemple.

5.5.4 – Fonctions intrinsèques tableaux : construction et transformation

```
EOSHIFT(array,shift[,boundary][,dim])
```

Cette fonction permet d'effectuer des décalages sur les éléments d'un tableau dans une dimension (`DIM`) donnée avec possibilité de remplacer ceux perdus (*End Off*) par des éléments de remplissage.

`SHIFT >0` $\Longrightarrow$ décalage vers les indices décroissants

`SHIFT <0` $\Longrightarrow$ décalage vers les indices croissants

Par défaut : `DIM=1`

Si, lors d'un remplacement, aucun élément de remplissage n'est disponible celui par défaut est utilisé. Il est fonction du type des éléments du tableau traité.

Type du tableau	Valeur par défaut
`INTEGER`	0
`REAL`	0.0
`COMPLEX`	(0.0,0.0)
`LOGICAL`	.false.
`CHARACTER`(*len*)	*len* blancs

Exemples :

```
integer, dimension(6) :: v = (/ (i,i=1,6) /)
integer, dimension(6) :: w1, w2
w1 = eoshift(v, shift=3)
w2 = eoshift(v, shift=-2, boundary=100)
```

On obtient :

```
w1   =      (/ 4,5,6,0,0,0 /)
w2   =  (/ 100,100,1,2,3,4 /)
```

```
character, dimension(4,4) :: t1_car, t2_car
t1_car = reshape((/ (achar(i),i=97,112) /), &
                 (/ 4,4 /))
t2_car = EOSHIFT(t1_car, SHIFT=3, &
         BOUNDARY=(/ (achar(i),i=113,116) /))
```

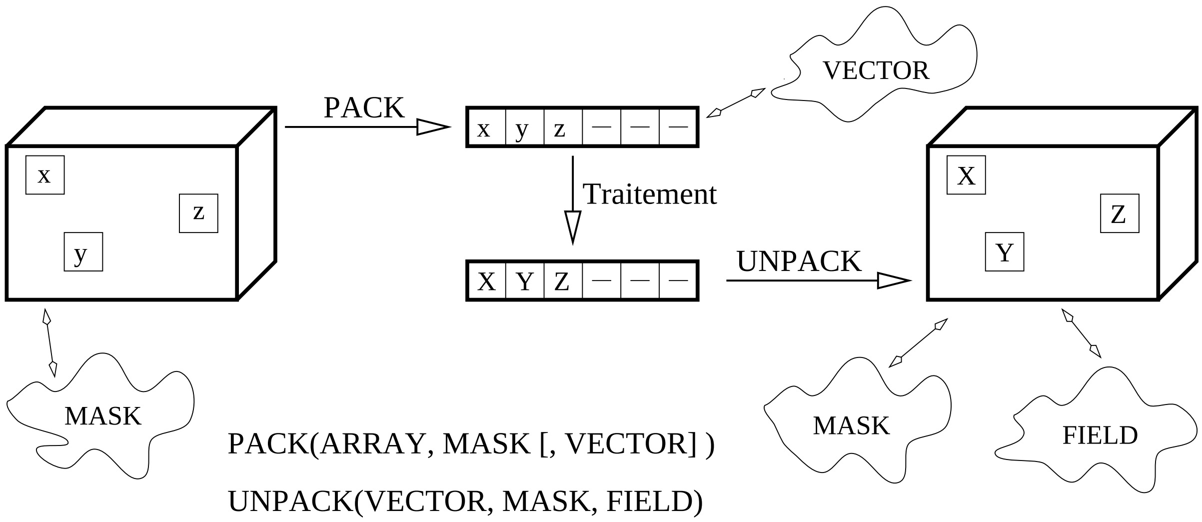
On obtient :

$$\texttt{t1\_car} = \begin{pmatrix} a & e & i & m \\ b & f & j & n \\ c & g & k & o \\ d & h & l & p \end{pmatrix} \qquad \texttt{t2\_car} = \begin{pmatrix} d & h & l & p \\ q & r & s & t \\ q & r & s & t \\ q & r & s & t \end{pmatrix}$$

5.5.4 – Fonctions intrinsèques tableaux : construction et transformation

```
PACK(array,mask[,vector])
```

Cette fonction permet de compresser un tableau sous le contrôle d'un masque. Le résultat est un vecteur.



Exemples :

```
integer, dimension(3,3) :: a=0
a = eoshift(a, shift=(/ 0,-1,1 /), &
            boundary=(/ 1, 9,6 /))
print *,pack(a, mask=a/=0)
print *,pack(a, mask=a/=0, &
             vector=(/ (i**3,i=1,5) /))
```

On obtient : `(/ 9,6 /)`

`(/ 9,6,27,64,125 /))`

- Pour linéariser une matrice : `pack(a,mask=.true.)`

```
UNPACK(vector,mask,field)
```

Cette fonction décompresse un vecteur sous le contrôle d'un masque.

Exemples :

```
logical, dimension(3)   :: v1 = .true.
integer, dimension(3)   :: v2 = 1
integer, dimension(3)   :: v = (/ 1,2,3 /)
integer, dimension(3,3) :: a, fld
logical, dimension(3,3) :: m
m = reshape((/ ((i==j,i=1,3),j=1,3) /),(/ 3,3 /))
fld = unpack(v2, mask=m, field=0)
m = cshift(m, shift=(/ -1,1,0 /), dim=2)
a = unpack(v, mask=m, field=fld)
```

On obtient :

$$\mathrm{m} = \begin{pmatrix} T & F & F \\ F & T & F \\ F & F & T \end{pmatrix} \qquad \mathrm{fld} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathrm{m} = \begin{pmatrix} F & T & F \\ T & F & F \\ F & F & T \end{pmatrix} \qquad \mathrm{a} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

Cf. annexe D2 (page 242) pour autre exemple.

5.5.4 – Fonctions intrinsèques tableaux : construction et transformation

```
SPREAD(source,dim,ncopies)
```

Cette fonction permet de dupliquer un tableau par ajout d'une dimension. Si **n** est le rang du tableau à dupliquer, le rang du tableau résultat sera **n+1**.

Exemples :

```
integer, parameter :: nc=3
integer, dimension(3) :: a = (/ 4,8,2 /)
print *,spread('a', 1, 4)
print *,spread(a, 2, nc)
```

On obtient les résultats suivants :

$$\begin{pmatrix} 'a' \\ 'a' \\ 'a' \\ 'a' \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} 4 & 4 & 4 \\ 8 & 8 & 8 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

```
TRANSPOSE(matrix)
```

Cette fonction permet de transposer la matrice passée en argument.

Exemples :

```
integer, dimension(3,3) :: a, b, c
a = reshape((/ (i**2,i=1,9) /), (/ 3,3 /))
b = transpose(a)
c = reshape(a, (/ 3,3 /), order=(/ 2,1 /))
```

On obtient :

$$a = \begin{pmatrix} 1 & 16 & 49 \\ 4 & 25 & 64 \\ 9 & 36 & 81 \end{pmatrix} \quad b = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 9 \\ 16 & 25 & 36 \\ 49 & 64 & 81 \end{pmatrix} \quad c = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 9 \\ 16 & 25 & 36 \\ 49 & 64 & 81 \end{pmatrix}$$

5.6 – Extensions tableaux Instruction et bloc WHERE

L'instruction `WHERE` permet d'effectuer des **affectations de type tableau** par l'intermédiaire d'un filtre.

Forme générale :

```
where (filtre)
     bloc1
elsewhere
     bloc2
end where
```

Où `filtre` est une expression logique retournant un tableau de logiques.

Remarque : *bloc1* et *bloc2* sont constitués uniquement d'instructions d'affectation portant sur des tableaux. Le membre de droite de ces affectations doit être un tableau conformant avec le filtre.

Exemple :

```
real, dimension(10) :: a
    . . .
    . . .
where (a > 0.)
   a = log(a)
elsewhere
   a = 1.
end where
```

<u>**Ce qui est équivalent à**</u> :

```
do i = 1,10
   if (a(i) > 0.) then
      a(i) = log(a(i))
   else
      a(i) = 1.
   end if
end do
```

<u>**Remarques**</u> :

- Lorsque *bloc2* est absent et que *bloc1* se résume à une seule instruction, on peut utiliser la forme simplifiée :

  `WHERE` (expression_logique_tableau) instruction

  Exemple : $\Longrightarrow$ `where(a>0.0) a = sqrt(a)`

- Dans l'exemple suivant :

  ```
  where(a>0.) a = a - sum(a)
  ```

  la fonction `sum` est évaluée comme la somme de tous les éléments de `a`, car `sum` n'est pas une fonction élémentaire (**fonction élémentaire** : fonction que l'on peut appliquer séparément à tous les éléments d'un tableau).
  Cependant l'affectation n'est effectuée que pour les éléments positifs de `a`.

5.6 – Extensions tableaux
Instruction et bloc WHERE

- Considérons l'exemple suivant :

```
where(a>0.) b = a/sum(sqrt(a))
```

  La règle veut que les fonctions élémentaires (ici `sqrt`) apparaissant en argument d'une fonction non élémentaire (ici `sum`) ne soient pas soumises au filtre. L'expression `sum(sqrt(a))` sera donc calculée sur tous les éléments de `a`. Cela provoquera bien sûr une erreur si l'une au moins des valeurs de `a` est négative.

- Lors de l'exécution d'une instruction ou d'un bloc `WHERE` le filtre est évalué avant que les instructions d'affectation ne soient exécutées. Donc si celles-ci modifient la valeur du filtre, cela n'aura aucune incidence sur le déroulement de l'instruction ou du bloc `WHERE`.

- On ne peut imbriquer des blocs `WHERE`.

Norme 95 : il est possible d'imbriquer des blocs `WHERE` qui peuvent être étiquetés de la même façon que le bloc `select` ou la boucle `DO` par exemple. De plus, le bloc `WHERE` peut contenir plusieurs clauses `ELSEWHERE` avec masque logique (sauf le dernier).

6 Gestion mémoire

6.1 Tableaux automatiques

6.2 Tableaux dynamiques (ALLOCATABLE, profil différé)

6.1 – Gestion mémoire Tableaux automatiques

Il est possible de définir au sein d'une procédure des tableaux dont la taille varie d'un appel à l'autre. Ils sont alloués dynamiquement à l'entrée de la procédure et libérés à sa sortie de façon implicite.
Pour cela ces tableaux seront dimensionnés à l'aide d'expressions entières non constantes.
Ces tableaux sont appelés **tableaux automatiques** ; c'est le cas des tableaux `C` et `V` de l'exemple suivant.

Exemples :

```
subroutine echange(a, b, taille)
  integer, dimension(:,:)                 :: a, b
  integer                                 :: taille
  integer, dimension(size(a,1),size(a,2)) :: C
  real,    dimension(taille)              :: V
  C = a
  a = b
  b = C
  . . .
end subroutine echange
```

Remarques :

- pour pouvoir exécuter ce sous-programme, l'interface doit être "explicite" (cf. chapitre 8),
- un tableau automatique ne peut être initialisé.

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

Un apport intéressant de la norme Fortran 90 est la possibilité de faire de l'allocation dynamique de mémoire.
Pour pouvoir allouer un tableau dynamiquement on spécifiera l'attribut `ALLOCATABLE` au moment de sa déclaration. Un tel tableau s'appelle tableau à **profil différé** (*deffered-shape-array*).
Son allocation s'effectuera grâce à l'instruction `ALLOCATE` à laquelle on indiquera le profil désiré. L'instruction `DEALLOCATE` permet de libérer l'espace mémoire alloué.
De plus la fonction intrinsèque `ALLOCATED` permet d'interroger le système pour savoir si un tableau est alloué ou non.

Exemples :

```
real, dimension(:,:), allocatable :: a
integer                           :: n,m,err
... . .
read *,n,m
if (.not. allocated(a)) then
  allocate(a(n,m),stat=err)
  if (err /= 0) then
    print *,"Erreur à l'allocation du tableau a"
    stop 4
  end if
end if
... . .
deallocate(a)
... . .
```

Remarques :

- Il n'est pas possible de réallouer un tableau déjà alloué. Il devra être libéré auparavant.
- Un tableau alloué dynamiquement dans une unité de programme a un état indéterminé à la sortie (`RETURN/END`) de cette unité sauf dans les cas suivants :
  - l'attribut `SAVE` a été spécifié pour ce tableau,
  - une autre unité de progr. encore active *a visibilité* par *use association* sur ce tableau déclaré dans un module,
  - cette unité de progr. est interne. De ce fait (*host association*), l'unité hôte peut encore y accéder.

  Norme 95 : ceux restant à l'état indéterminé seront automatiquement libérés.
- Un tableau dynamique (*allocatable*) doit avoir été alloué avant de pouvoir être passé en argument d'appel d'une procédure (ce qui n'est pas le cas des tableaux avec l'attribut `pointer` — cf. paragraphe "Passage en argument de procédure" du chapitre suivant sur les pointeurs page 124).
- Un tableau dynamique (*allocatable*) peut avoir l'attribut `TARGET` (cf. chap. 7 suivant). Sa libération (*deallocate*) devra obligatoirement se faire en spécifiant ce tableau et en aucun cas un pointeur intermédiaire lui étant associé.

7 Pointeurs

7.1 – Pointeurs
Définition, états d'un pointeur

Définition

En **C, Pascal** ⟹ variable contenant l'adresse d'objets

En **Fortran 90** ⟹ alias

États d'un pointeur

1. **Indéfini** ⟹ à sa déclaration en tête de programme
2. **Nul** ⟹ alias d'aucun objet
3. **Associé** ⟹ alias d'un objet appelé cible.

Norme 95 : fonction intrinsèque `NULL()` pour forcer un pointeur à l'état nul (y compris lors de sa déclaration) :

```
real, pointer :: p => NULL()
```

7.2 – Pointeurs
Déclaration d'un pointeur

Attribut `pointer` spécifié lors de sa déclaration.

Exemples :

```
real, pointer                                :: p1
integer, dimension(:), pointer               :: p2
character(len=80), dimension(:,:), pointer :: p3
character(len=80), pointer                   :: p4(:)
------------------------------------------
type boite
   integer i
   character(len=5) t
end type
type(boite), pointer  :: p5
------------------------------------------
```

Attention : p4 n'est pas un "tableau de pointeurs" !!

7.3 – Pointeurs : opérateur =>

Cible : c'est un objet pointé.

Cet objet devra avoir l'attribut `target` lors de sa déclaration.

Exemple :

```
integer, target  :: i
```

L'opérateur => sert à *valoriser* un pointeur.

Il est binaire : **op1** => **op2**.

	Pointeur	Cible
op1	$\otimes$	
op2	$\otimes$	$\otimes$

Exemple :

```
integer, target  :: n
integer, pointer :: ptr1, ptr2
n = 10
ptr1 => n
ptr2 => ptr1
n = 20
print *, ptr2
```

Remarque :

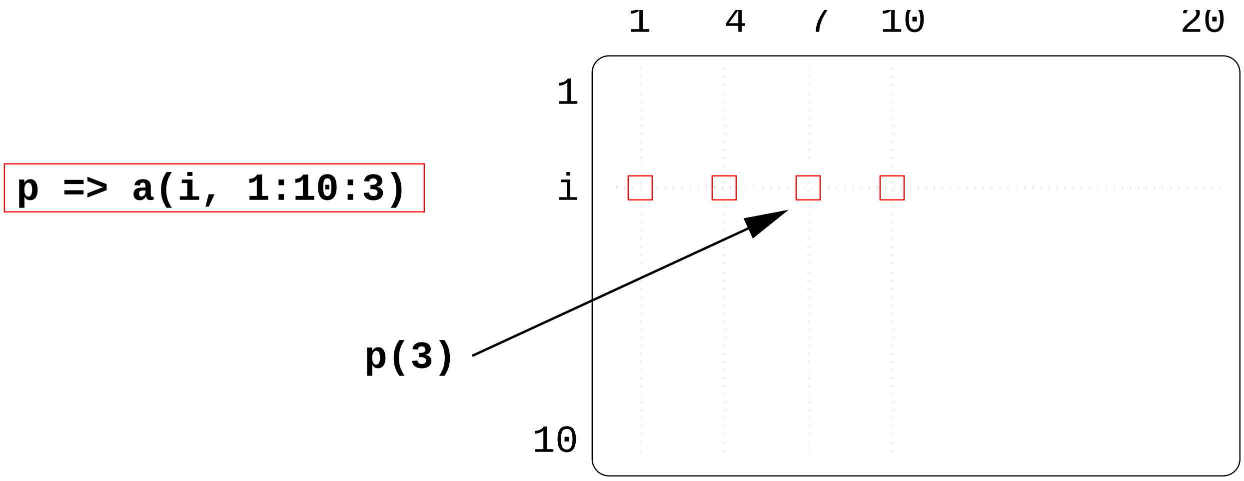
p1 et **p2** étant deux pointeurs,
p1 => **p2** implique que **p1** prend l'état de **p2** :
indéfini, nul ou associé à la même cible.

7.3 – Pointeurs : opérateur =>

Un pointeur peut être un alias d'objets plus complexes :

Exemple :

```
implicit none
real, dimension(10,20), target :: a
real, dimension(:), pointer    :: p
integer                        :: i
a = reshape((/ (i, i=1,200) /), (/ 10,20 /))
read(*, *) i
p => a(i, 1:10:3)    ! p est maintenant un vecteur
print *,p(3)         ! de profil (/ 4 /)
end
```



Matrice **a(10,20)**

Opérateur = appliqué aux pointeurs

Attention : lorsque les opérandes de l'opérateur = sont des pointeurs, l'opération s'effectue sur les cibles et non sur les pointeurs.

Exemple :

```
implicit none
integer                           :: i
integer, pointer                  :: ptr1, ptr2
integer, target                   :: i1, i2
real, dimension(3,3), target      :: a, b
real, dimension(:,:), pointer     :: p, q
!-------------------------------------------
i1 = 1
i2 = 2
ptr1 => i1
ptr2 => i2
ptr2 = ptr1
print *, ptr2
!-------------------------------------------
a = reshape((/ (i, i=1,9) /), (/ 3,3 /))
p => a
q => b
q = p + 1.    ! ou  q = a + 1.
print *,b
end
```

Dans cet exemple, l'instruction : **ptr2 = ptr1**

est équivalente à : **i2 = i1**

7.5 – Pointeurs
Allocation dynamique de mémoire

Instruction `ALLOCATE` :

L'instruction `ALLOCATE` permet d'associer un pointeur et d'allouer dynamiquement de la mémoire.

```
integer, dimension(:,:), pointer :: p
integer                          :: n
read(*, *) n
allocate(p(n, n))
p = reshape((/ (i, i=1,n*n) /), (/ n,n /))
print *,p
deallocate(p)
end
```

Remarques :

- L'espace alloué n'a pas de nom, on y accède par l'intermédiaire du pointeur.
- Pour libérer la place allouée on utilise l'instruction `DEALLOCATE`
- Après l'exécution de l'instruction `DEALLOCATE` le pointeur passe à l'état **nul**.
- L'instruction `DEALLOCATE` appliquée à un pointeur dont l'état est indéterminé provoque une erreur.
- Possibilité d'allocation dynamique d'un scalaire ou d'une structure de données via un pointeur : application aux listes chaînées (cf. page 56).

7.6 – Pointeurs
Instruction NULLIFY

Au début d'un programme un pointeur n'est pas défini : son **état** est indéterminé.
L'instruction `NULLIFY` permet de forcer un pointeur à l'état **nul**.

```
real, pointer :: p1, p2
nullify(p1)
nullify(p2)
  . . .
```

Remarques :

- Si deux pointeurs `p1` et `p2` sont alias de la même cible, `NULLIFY(p1)` force le pointeur `p1` à l'état **nul**, par contre le pointeur `p2` reste alias de sa cible.
- Si `p1` est à l'état **nul**, l'instruction `p2 => p1` force `p2` à l'état `nul`.
- Norme 95 : fonction intrinsèque `NULL()` pour forcer un pointeur à l'état nul (y compris lors de sa déclaration).

```
real, pointer, dimension(:) :: p1 => NULL()
.....
p1 => NULL()
```

Fonction intrinsèque ASSOCIATED

Il n'est pas possible de comparer des pointeurs, c'est la fonction intrinsèque `ASSOCIATED` qui remplit ce rôle.

Syntaxe :

```
ASSOCIATED(pointeur   [,pointeur])
                      [,cible])
```

`ASSOCIATED`(p)	–>	vrai si `p` est associé à une cible
	–>	faux si `p` est à l'état **nul**
`ASSOCIATED`(p1, p2)	–>	vrai si `p1` et `p2` sont alias de la même cible
	–>	faux sinon
`ASSOCIATED`(p1, c)	–>	vrai si `p1` est alias de `c`
	–>	faux sinon

Remarques :

- le pointeur ne doit pas être dans l'état indéterminé,
- si `p1` et `p2` sont à l'état **nul** alors `ASSOCIATED`(`p1`,`p2`) renvoie *faux*.

Exemple 1 :

```
implicit none
real, dimension(:,:), pointer :: p1, p2
integer                       :: n
read(*, *) n
allocate(p2(n, n))
p1 => p2
deallocate(p2)
  . . .
```

Dès lors l'utilisation de `p1` peut provoquer des résultats imprévisibles.

7.8 – Pointeurs
Situations à éviter

Exemple 2 :

```
implicit none
real, dimension(:,:), pointer :: p
integer                       :: n
read(*, *) n
allocate(p(n, 2*n))
p = 1.
nullify(p)
  . . .
```

La mémoire allouée grâce à l'instruction `ALLOCATE` n'est plus référençable !

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

7.9 – Pointeurs "Tableaux de pointeurs"

Exemple d'utilisation d'un "**tableau de pointeurs**" pour trier (sur la sous-chaîne correspondant aux caractères 5 à 9) un tableau de chaînes de caractères de longueur 256 :

```
module chaine
 type ptr_chaine
   character(len=256), pointer :: p
 end type ptr_chaine
end module chaine

program tri_chaine
 use chaine
 implicit none
 type(ptr_chaine), &
     dimension(:), allocatable  :: tab_pointeurs
 type(ptr_chaine)               :: temp
 character(len=256), target, &
     dimension(:), allocatable  :: chaines
 integer                        :: nbre_chaines
 logical                        :: tri_termine
 integer                        :: i, eof
 print *,'Entrez le nombre de chaînes :'
 read(*, *) nbre_chaines
 allocate(tab_pointeurs(nbre_chaines))
 allocate(chaines(nbre_chaines))
```

```
 do i=1,nbre_chaines
   print *,"Entrez une chaîne : "
   read(*, *) chaines(i)
   tab_pointeurs(i)%p => chaines(i)
 end do
 do
   tri_termine = .true.
   do i=1, nbre_chaines - 1
     if (tab_pointeurs(i  )%p(5:9) > &
         tab_pointeurs(i+1)%p(5:9)) then
       temp%p               =>   &
             tab_pointeurs(i)%p
       tab_pointeurs(i)%p   =>   &
             tab_pointeurs(i+1)%p
       tab_pointeurs(i+1)%p => temp%p
       tri_termine = .false.
     end if
   end do
   if (tri_termine) exit
 end do
 print '(/, a)','Liste des chaînes triées :'
 print '(a)', (tab_pointeurs(i)%p, &
               i=1, size(tab_pointeurs))
end program tri_chaine
```

Pointeur passé en argument d'appel d'une procédure.

1. L'argument muet n'a pas l'attribut `pointer` :
   - le pointeur doit être associé avant l'appel,
   - c'est l'adresse de la cible associée qui est passée,
   - l'interface peut être implicite ce qui permet l'appel d'une procédure Fortran 77.
     Attention : dans ce cas si la cible est une section régulière non contiguë, le compilateur transmet une copie contiguë, d'où un impact possible sur les performances (cf. chap. 5.4 page 80).
2. L'argument muet a l'attribut `pointer` :
   - le pointeur n'est pas nécessairement associé avant l'appel (avantage par rapport à `allocatable`) ,
   - c'est l'adresse du *descripteur du pointeur* qui est passée,
   - l'interface doit être explicite (pour que le compilateur sache que l'argument muet a l'attribut `pointer`),

7.10 – Pointeurs
Passage en argument de procédures

Cible en argument d'une procédure.

L'attribut `target` peut être spécifié soit au niveau de l'argument d'appel, soit au niveau de l'argument muet, soit au niveau des deux. Il s'agit dans tous les cas d'un passage d'argument classique par adresse. Si l'argument muet a l'attribut `target`, l'interface doit être explicite.

Attention à l'utilisation des pointeurs *globaux* ou *locaux permanents (*`save`*)* éventuellement associés dans la procédure à cette cible dans le cas où le compilateur aurait dû faire une copie *copy in–copy out* de l'argument d'appel (cf. chapitre 5 page 80)...

D'ailleurs, d'une façon générale, la norme ne garantit pas la conservation de l'association de pointeurs entre la cible passée en argument et celle correspondant à l'argument muet.

8 Interface de procédures et modules

L’**interface de procédure** est constituée des informations permettant la communication entre deux procédures. Principalement :

- arguments d’appel (*actual arguments*),
- arguments muets (*dummy arguments*),
- instruction `function` ou `subroutine`.

En fortran 77

Compte tenu du principe de la compilation séparée des procédures et du passage des arguments par adresse, l’interface contient peu d’informations d’où une *visibilité* très réduite entre les deux procédures et donc des possibilités de contrôle de cohérence très limitées. On parle alors d’ **interface “implicite”** .

En Fortran 90

Interface **“implicite”** par défaut entre deux procédures externes avec les mêmes problèmes ⟹ cf. exemple ci-après montrant quelques erreurs classiques non détectées à la compilation.

Exemple :

Utilisation d’un sous-programme externe `maxmin` pour calculer les valeurs max. et min. d’un vecteur `vect` de taille `n` et optionnellement le rang `rgmax` de la valeur max. avec mise à jour de la variable de contrôle `ctl`.

```
program inout
  implicit none
  real,dimension(n)  :: v
  real               :: xv,y
  ..........
  call maxmin(v,n,vmax,vmin,ctl,rgmax) ! OK
!--->> Argument constante numérique : DANGER...
  call maxmin(v,n,vmax,vmin,0,rgmax)
  nul=0; print *, ' nul=',nul
!--->> Erreur de type et scalaire/tableau
  call maxmin(xv,n,vmax,vmin,ctl,rgmax)
!--->> Interversion de deux arguments
  call maxmin(v, n,vmax,vmin,rgmax,ctl)
!--->> "Oubli" de l'argument rgmax
  call maxmin(v, n,vmax,vmin,ctl)
!--->> Argument y en trop
  call maxmin(v, n,vmax,vmin,ctl,rgmax,y)
  ..........
end program inout
subroutine maxmin(vect,n,val_max,val_min,ctl,rgmax)
  real,dimension(n)  :: vect
  ..........
  V=val_max+....! Erreur si val_max en sortie seult.
  n=....        ! Erreur si n en entrée seulement
  ctl=99        ! Erreur si constante passée en arg.
  ..........
```

8.3 – Arguments : attributs INTENT et OPTIONAL

Un meilleur contrôle par le compilateur de la cohérence des arguments est possible en Fortran 90 à deux conditions :

1. améliorer la *visibilité* de la fonction appelée.
   Par exemple, en la définissant comme interne (`CONTAINS`). On parle alors d'**interface "explicite"**.

2. préciser la vocation des arguments muets de façon à pouvoir contrôler plus finement l'usage qui en est fait.
   Pour ce faire, Fortran 90 a prévu :

   - l'attribut `INTENT` d'un argument :
     - entrée seulement $\Longrightarrow$ `INTENT(IN)`,
     - sortie seulement $\Longrightarrow$ `INTENT(OUT)`,
     - mixte $\Longrightarrow$ `INTENT(INOUT)`,

   ```
   real,dimension(:),intent(in)  :: vect
   ```

   - l'attribut `OPTIONAL` pour déclarer certains arguments comme **optionnels** et pouvoir tester leur présence éventuelle dans la liste des arguments d'appel (fonction intrinsèque `PRESENT`).

   ```
   integer,optional,intent(out)  :: rgmax
   . . . . .
   if (present(rgmax)) then ...
   ```


INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

Arguments à mots-clé

A l'appel d'une procédure, il est possible de passer des arguments par **mots-clé** ou de panacher avec des arguments positionnels.

Règle : pour la prise en compte des arguments optionnels, il est recommandé d'utiliser le passage par mots-clé. Le panachage reste possible sous deux conditions :

1. les arguments positionnels doivent toujours précéder ceux à mots-clé,
2. parmi les arguments positionnels, seul le dernier pourra être optionnel et omis.

Si `rgmax` a l'attribut `OPTIONAL`

```
call maxmin(vect=v,val_max=vmax,val_min=vmin,&
                                ctl=ctl,rgmax=rgmax)
call maxmin(v,vmax,vmin,ctl=ctl)
call maxmin(v,vmax,ctl=ctl,val_min=vmin)
```

Exemple :

appel du sous-programme `maxmin` avec **interface "explicite"** du fait de son utilisation comme procédure interne. Les erreurs de cohérence signalées plus haut seraient toutes détectées à la compilation.

8.5 – Interface “explicite” Procédure interne (CONTAINS)

```
program inout
  implicit none
  integer,parameter   :: n=5
  integer             :: rgmax=0,ctl=0
  real,dimension(n)   :: v=(/ 1.,2.,9.,4.,-5. /)
  real                :: vmax,vmin
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
!---- Appel sans l'argument optionnel rgmax
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl)
!---- Idem avec panachage
  call maxmin(v,vmax,ctl=ctl,val_min=vmin)
  ..............
contains
subroutine maxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
  implicit none
  integer,dimension(1)              :: rg  ! Attention
  real,dimension(:),intent(in)      :: vect
  real,             intent(out)     :: val_max,val_min
  integer, optional,intent(out)     :: rgmax
  integer,          intent(inout)   :: ctl
  val_max=MAXVAL(vect); val_min=MINVAL(vect);  ctl=1
  if(present(rgmax))then !fct. intrins. type logique
    rg=MAXLOC(vect); rgmax=rg(1); ctl=2
  endif
end subroutine maxmin
end program inout
```

Remarque :

si la solution **interface “explicite”** par **procédure interne** est simple et permet bien de résoudre à la compilation tous les cas d’erreurs signalés, elle présente des inconvénients qui en limitent l’utilisation :

- la procédure interne n’est pas *visible* de l’extérieur,
- programmation lourde et non modulaire.

Il existe d’autres solutions pour profiter de la fiabilité associée à l’interface “explicite”. Voici les 5 cas d’interface “explicite” :

1. procédures intrinsèques (Fortran 77 et Fortran 90),
2. procédures internes (`CONTAINS`),
3. présence du bloc interface dans la procédure appelante,
4. la procédure appelante accède (`USE`) au module contenant le bloc interface de la procédure appelée,
5. la procédure appelante accède (`USE`) au module contenant la procédure appelée.

Les cas 3, 4 et 5 seront exploités ci-après sur le même exemple.

8.7 – Interface "explicite" Bloc interface

Pour éviter les inconvénients de la procédure interne tout en conservant la fiabilité de l'interface "*explicite*", Fortran 90 offre la solution :

bloc interface

qui permet de donner là où il est présent une *visibilité* complète sur l'interface d'une procédure externe. Ce bloc interface peut être créé par copie de la partie déclarative des arguments muets de la procédure à interfacer. Il sera inséré dans chaque unité de programme faisant référence à la procédure externe.

Avec cette solution la procédure reste bien externe (modularité), mais il subsiste la nécessité de dupliquer le bloc interface (dans chaque procédure appelante) avec les risques que cela comporte... Par ailleurs le contrôle de cohérence est fait entre les arguments d'appel et les arguments muets définis dans le bloc interface et non pas ceux de la procédure elle-même !

Exemple :

Voici le même exemple avec **procédure externe** et **bloc interface** :

```
program inout
  implicit none
  integer,parameter   :: n=5
  integer             :: rgmax=0,ctl=0
  real,dimension(n)   :: v=(/ 1.,2.,40.,3.,4. /)
  real                :: vmax,vmin
!----- Bloc interface--------------------------------
  interface
   subroutine maxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
     real,dimension(:),intent(in)    :: vect
     real,             intent(out)   :: val_max,val_min
     integer, optional,intent(out)   :: rgmax
     integer,          intent(inout):: ctl
   end subroutine maxmin
  end interface
!-----------------------------------------------------
  .......
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
  .......
end program inout
subroutine maxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
 implicit none
 integer,dimension(1)                :: rg
   real,dimension(:),intent(in)      :: vect
   real,              intent(out)    :: val_max,val_min
   integer, optional,intent(out)     :: rgmax
   integer,           intent(inout)  :: ctl
```

8.7 – Interface "explicite" Bloc interface

```
 val_max=MAXVAL(vect)
 val_min=MINVAL(vect)
 ctl=1
 if(present(rgmax))then
   rg=MAXLOC(vect)
   rgmax=rg(1)
   ctl=2
 endif
 print *,' Taille du vecteur via size  :',SIZE(vect)
 print *,' Profil du vecteur via shape :',SHAPE(vect)
end subroutine maxmin
```

Rappel : ce qu'apporte l'interface "explicite"

- la transmission du **profil** et de la **taille** des tableaux à profil implicite et la possiblité de les récupérer via les fonctions `SHAPE` et `SIZE`,
- la possibilité de contrôler la vocation des arguments en fonction des attributs `INTENT` et `OPTIONAL` : en particulier l'interdiction de passer en argument d'appel une constante (type `PARAMETER` ou numérique) si l'argument muet correspondant a la vocation `OUT` ou `INOUT`,
- la possibilité de tester l'absence des arguments optionnels (fonction `PRESENT`),
- le passage d'arguments par mot-clé,
- la détection des erreurs liées à la non cohérence des arguments d'appel et des arguments muets (type, attributs et nombre) ; conséquence fréquente d'une faute de frappe, de l'oubli d'un argument non optionnel ou de l'interversion de deux arguments.

8.9 – Interface "explicite" Module avec bloc interface

Pour améliorer la fiabilité générale du programme et s'assurer d'une parfaite homogénéité du contrôle des arguments il faut insérer le même bloc interface dans toutes les unités de programme faisant référence à la procédure concernée (le sous-programme `maxmin` dans notre exemple).

C'est là le rôle du **module** et de l'instruction `USE` permettant l'accès à son contenu dans une unité de programme quelconque.

Un **module** est une unité de programme particulière introduite en Fortran 90 pour *encapsuler*:

- des données et des définitions de types dérivés,
- des blocs interfaces,
- des procédures (après l'instruction `CONTAINS`),
- etc.

Quel que soit le nombre d'accès (`USE`) au même module, les entités ainsi définies sont uniques (remplace avantageusement la notion de `COMMON`).

Doit être compilé séparément avant de pouvoir être utilisé.

Voici deux exemples d'utilisation du module pour réaliser une interface "explicite" :
- module avec bloc interface,
- module avec procédure (solution la plus sûre).

8.9 – Interface "explicite" Module avec bloc interface

```
module bi_maxmin
  interface
   subroutine maxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
     real,dimension(:),intent(in)    :: vect
     real,             intent(out)   :: val_max,val_min
     integer, optional,intent(out)   :: rgmax
     integer,          intent(inout):: ctl
   end subroutine maxmin
  end interface
end module bi_maxmin
```

Ce module est compilé séparément et stocké dans une bibliothèque personnelle de modules. Son utilisation ultérieure se fera comme dans l'exemple ci-dessous :

```
program inout
  USE bi_maxmin !<<<- Accès au bloc interface---
  implicit none
  integer,parameter  :: n=5
  integer            :: rgmax=0,ctl=0
  real,dimension(n)  :: v=(/ 1.,2.,40.,3.,4. /)
  real               :: vmax,vmin
  .......
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
  .......
end program inout
```

8.10 – Interface "explicite" Module avec procédure

```
module mpr_maxmin
  contains
    subroutine maxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
    implicit none
    integer,dimension(1)                 :: rg
    real,dimension(:),intent(in)         :: vect
    real,            intent(out)         :: val_max,val_min
    integer, optional,intent(out)        :: rgmax
    integer,         intent(inout)       :: ctl
    val_max=MAXVAL(vect)
    val_min=MINVAL(vect)
    ctl=1
    if(present(rgmax))then
      rg=MAXLOC(vect); rgmax=rg(1); ctl=2
    endif
    end subroutine maxmin
end module mpr_maxmin
```

Après compilation séparée du module, on l'utilisera par :

```
program inout
  USE mpr_maxmin !<<<- Accès au module-procedure
  .......
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
  .......
end program inout
```

8.11 – Cas d'interface "explicite" obligatoire

Il est des cas où l'interface d'appel doit être "explicite". Il en existe **10** :

- fonction à valeur tableau,
- fonction à valeur pointeur,
- fonction à valeur chaîne de caractères dont la longueur est déterminée dynamiquement,
- tableau à profil implicite,
- argument muet avec l'attribut `pointer` ou `target`,
- passage d'arguments à **mots-clé**,
- argument optionnel,
- procédure générique,
- surcharge ou définition d'un opérateur,
- surcharge de l'opérateur d'**affectation**.

9 Interface générique

9.1 – Interface générique Introduction

Possibilité de regrouper une *famille* de procédures sous un nom générique défini via un bloc interface nommé. À l'appel de la fonction générique, le choix de la procédure à exécuter est fait automatiquement par le compilateur en fonction du nombre et du type des arguments.

Cette notion existe en Fortran 77, mais reste limitée aux fonctions intrinsèques : selon le type de `x`, pour évaluer `abs(x)`, le compilateur choisit (notion de fonction générique) :

- `iabs(x)` si `x` entier,
- `abs(x)` si `x` réel simple précision,
- `dabs(x)` si `x` réel double précision,
- `cabs(x)` si `x` complexe simple précision.

Exemple :

définition d'une fonction générique `maxmin` s'appliquant aux vecteurs qu'ils soient de type réel ou de type entier ⟹ deux sous-programmes très voisins :

- `rmaxmin` si `vect` réel,
- `imaxmin` si `vect` entier,

Nous allons successivement créer :

1. les deux sous-programmes `rmaxmin` et `imaxmin`,
2. un bloc interface *familial* de nom `maxmin` et le stocker dans un module `big1_maxmin` qui sera compilé séparément puis stocké sous forme de *module objet*,
3. un exemple d'utilisation en prenant soin (c'est obligatoire dans ce contexte) de donner accès (via `USE`) au module contenant l'interface générique en tête de toute unité de programme appelant le sous-programme `maxmin`.

Remarque : on peut aussi stocker les 2 sous-programmes en tant que procédures internes du module contenant l'interface générique qui est alors simplifiée en utilisant la notion de `MODULE PROCEDURE`.

9.2 – Interface générique : exemple

Voici les deux sous-programmes :

```
subroutine rmaxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
  implicit none
  integer,dimension(1)               :: rg
  real,dimension(:),intent(in)       :: vect
  real,             intent(out)      :: val_max,val_min
  integer, optional,intent(out)      :: rgmax
  integer,          intent(inout)    :: ctl
  val_max=MAXVAL(vect); val_min=MINVAL(vect);  ctl=1
  if(present(rgmax))then !fct. intrins. type logique
    rg=MAXLOC(vect); rgmax=rg(1); ctl=2
  endif
end subroutine rmaxmin

subroutine imaxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
  implicit none
  integer,dimension(1)               :: rg
  integer,dimension(:),intent(in)    :: vect
  integer,          intent(out)      :: val_max,val_min
  integer, optional,intent(out)      :: rgmax
  integer,          intent(inout)    :: ctl
  val_max=MAXVAL(vect); val_min=MINVAL(vect);  ctl=1
  if(present(rgmax))then !fct. intrins. type logique
    rg=MAXLOC(vect); rgmax=rg(1); ctl=2
  endif
end subroutine imaxmin
```

<u>Voici le module et le bloc interface générique</u> :

```
module big1_maxmin
  interface maxmin
   subroutine rmaxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
     real,dimension(:),intent(in)   :: vect
     real,              intent(out)  :: val_max,val_min
     integer, optional,intent(out)  :: rgmax
     integer,           intent(inout):: ctl
   end subroutine rmaxmin
!
   subroutine imaxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
     integer,dimension(:),intent(in):: vect
     integer,           intent(out)  :: val_max,val_min
     integer, optional,intent(out)  :: rgmax
     integer,           intent(inout):: ctl
   end subroutine imaxmin
  end interface
end module big1_maxmin
```

<u>Norme 95</u> : le nom générique (ici `maxmin`) spécifié au niveau de l'instruction `interface maxmin` peut être répété au niveau de `end interface maxmin`.

9.2 – Interface générique : exemple

Voici le programme utilisant la fonction générique :

```
program inout
  USE big1_maxmin !<<<--Accès au bloc interface
  implicit none   !                  générique
  integer,parameter  :: n=5
  integer            :: rgmax=0,ctl=0
  real,dimension(n)  :: v=(/ 1.,2.,40.,3.,4. /)
  real               :: vmax,vmin
  .......
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
  .......
  call sp1(n)
  .......
end program inout

subroutine sp1(n)
  USE big1_maxmin  !<<<--Accès au bloc interface
  implicit none    !                  générique
  integer,intent(in)  :: n
  integer             :: rgmax=0,ctl=0
  integer,dimension(n):: v
  integer             :: vmax,vmin
  .......
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
  .......
end subroutine sp1
```


INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

Solution avec "module procedure"

Dans la solution précédente, le module interface générique était indépendant des 2 sous-programmes externes. Là, les deux procédures **rmaxmin** et **imaxmin** font partie du module **big2_maxmin**. De ce fait leur interface est *explicitement* définie et le bloc interface est réduit :

```
module big2_maxmin
    interface maxmin
      module procedure rmaxmin,imaxmin !<<<<<<<<<<<<
    end interface
 contains
 subroutine rmaxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
  implicit none
  integer,dimension(1)              :: rg
  real,dimension(:),intent(in)      :: vect
  real,             intent(out)     :: val_max,val_min
  integer, optional,intent(out)     :: rgmax
  integer,          intent(inout)   :: ctl
  val_max=MAXVAL(vect); val_min=MINVAL(vect);  ctl=1
  if(present(rgmax))then !fct. intrins. type logique
    rg=MAXLOC(vect); rgmax=rg(1); ctl=2
  endif
 end subroutine rmaxmin
!----------------------
```

9.3 – Interface générique
Exemple avec module procedure

```
 subroutine imaxmin(vect,val_max,val_min,ctl,rgmax)
  implicit none
  integer,dimension(1)              :: rg
  integer,dimension(:),intent(in) :: vect
  integer,          intent(out)   :: val_max,val_min
  integer, optional,intent(out)   :: rgmax
  integer,          intent(inout) :: ctl
  val_max=MAXVAL(vect); val_min=MINVAL(vect);  ctl=1
  if(present(rgmax))then !fct. intrins. type logique
    rg=MAXLOC(vect); rgmax=rg(1); ctl=2
  endif
 end subroutine imaxmin
end module big2_maxmin
```

9.3 – Interface générique
Exemple avec module procedure

Voici le programme utilisant ce module :

```
program inout
  USE big2_maxmin !<<<--Accès au bloc interface et
                  !     aux procédures
  real,dimension(n)  :: v=(/ 1.,2.,40.,3.,4. /)
  .......
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
  call sp1(n)
end program inout
subroutine sp1(n)
  USE big2_maxmin !<<<--Accès au bloc interface et
                  !     aux procédures
  integer,dimension(n) :: v
  .......
  call maxmin(v,vmax,vmin,ctl,rgmax)
end subroutine sp1
```

Note : vous trouverez en annexe G (page 247) une application particulière de l'interface générique permettant de fiabiliser l'appel d'une procédure Fortran 77.

10 Surcharge ou création d'opérateurs

10.1 Introduction

10.2 Interface `operator`

10.3 Interface `assignment`

10.1 – Surcharge d'opérateurs Introduction

Certaines notions propres aux **langages orientés objets** ont été incluses dans la norme **Fortran 90** notamment la possibilité de surcharger les opérateurs pré-définis du langage.
Surcharger ou sur-définir un opérateur c'est élargir son champ d'application en définissant de nouvelles relations entre objets.

Lors de la surcharge d'un opérateur, on doit respecter sa nature (*binaire* ou *unaire*). De plus il conserve sa priorité définie par les règles de précédence du langage.

Lorsque l'on applique un opérateur à des expressions, une valeur est retournée. On emploiera donc des procédures de type `function` pour surcharger un tel opérateur. Une exception est l'opérateur d'**affectation(=)** qui construit une expression ne retournant aucune valeur. Il doit donc être sur-défini à l'aide d'une procédure de type `subroutine`.

De plus, la norme permet la définition de nouveaux opérateurs.

Il est bon de noter que certains opérateurs, comme l'opérateur d'**affectation (=)**, l'opérateur de **comparaison (==)**, ainsi que les opérateurs **arithmétiques** et **logiques** ont déjà fait l'objet d'une **sur-définition** au sein du langage.

Exemples :

```
implicit none
integer(kind=2),parameter :: p = &
                selected_int_kind(2)
integer(kind=p)            :: i
real,    dimension(3,3)    :: a,b,c
logical, dimension(3,3)    :: l
type vecteur
  real(kind=8)  :: x,y,z
end type vecteur
type(vecteur)   :: u,v
!-----------------------------
v = vecteur(sqrt(3.)/2.,0.25,1.)
a = reshape((/ (i,i=1,9) /), (/ 3,3 /))
b = reshape((/ (i**3,i=1,9) /), (/ 3,3 /))
    ...
c = b
u = v
l = a == b
if (a == b)... ! Incorrect POURQUOI ?
l = a < b
c = a - b
c = a * b
    ...
```

10.2 – Surcharge d'opérateurs
Interface operator

Pour **surcharger** un opérateur (autre que l'opérateur d'affectation) on utilisera un bloc interface du type `interface operator`. À la suite du mot-clé `operator` on indiquera entre parenthèses le signe de l'opérateur que l'on désire surcharger.
Dans le cas de la **définition** d'un nouvel opérateur, c'est le nom (de 1 à 31 lettres) qu'on lui aura choisi encadré du caractère $\boxed{\bullet}$ qui figurera entre parenthèses.

Exemples :

```
module matrix
  type matrice
    integer                          :: n,m
    real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat
  end type matrice
end module matrix

module inter
  interface operator(+)
    function add(a,b)
      use matrix
      type(matrice), intent(in) :: a,b
      type(matrice)              :: add
    end function add
  end interface
end module inter
```


INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

```
function add(a,b)
  use matrix
  type(matrice), intent(in)    :: a,b
  type(matrice)                :: add
  integer(kind=2)              :: err
  add%n = a%n; add%m = a%m
  allocate(add%ptr_mat(add%n,add%m),stat=err)
  if (err /= 0) then
    print *,'Erreur allocation'
    stop 4
  endif
  add%ptr_mat = a%ptr_mat + b%ptr_mat
end function add
```

```
program appel
  use matrix   ! <== Ne pas oublier!
  use inter
  integer        :: err,i,j
  type(matrice) :: a,b,c
  print *,'Entrer la valeur de n :'
  read(*,*)n; a%n = n; b%n = n
  print *,'Entrer la valeur de m :'
  read(*,*)m; a%m = m; b%m = m
  allocate(a%ptr_mat(n,m),stat=err)
  if (err /= 0) then
    print *,'Erreur allocation de la matrice a'
    stop 4
  endif
  allocate(b%ptr_mat(n,m),stat=err)
  if (err /= 0) then
    print *,'Erreur allocation de la matrice b'
    stop 4
  endif
  a%ptr_mat=reshape((/ ((float(i+j),i=1,n),j=1,m) /), &
                    (/ n,m /))
  b%ptr_mat=reshape((/ ((float(i*j),i=1,n),j=1,m) /), &
                    (/ n,m /))
  c = a + b ! <<<<<<<<<<<<<<
  do i=1,c%n
    print *,c%ptr_mat(i,:)
  enddo
end program appel
```

Même exemple mais avec utilisation d'une **procédure module** pour la définition de la surcharge de l'opérateur +.

```
module matrix
  type matrice
    integer,                        :: n,m
    real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat
  end type matrice
  interface operator(+)
    module procedure add
  end interface
  contains
    function add(a,b)
        . . .
    end function add
end module matrix

program appel
  use matrix
    . . .
!------------
  c = a + b
!------------
    . . .
end program appel
```

10.3 – Surcharge d'opérateurs
Interface assignment

Pour surcharger l'opérateur d'**affectation(=)** on utilisera un bloc interface du type `interface assignment`. À la suite du mot-clé `assignment` on indiquera entre parenthèses le signe de l'opérateur d'**affectation**, à savoir =.

Voici un exemple de surcharge de l'**opérateur d'affectation** et de définition d'un nouvel opérateur.

```
module matrix
  integer(kind=2), private        :: err
  type matrice
    integer                       :: n,m
    real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat
  end type matrice
  interface operator(+)     ! Surcharge de
    module procedure add    ! l'opérateur +
  end interface
  interface operator(.tr.) ! Définition
    module procedure trans ! de l'opérateur .tr.
  end interface
  interface assignment(=)        ! Surcharge de
    module procedure taille_mat  ! l'opérateur =
  end interface
contains
  function add(a,b)
       ...
  end function add
```

```
  function trans(a)
! Fonction associée à l'opérateur .tr.
    type(matrice), intent(in)    :: a
    type(matrice)                :: trans
    trans%n = a%m;trans%m = a%n
    allocate(trans%ptr_mat(trans%n,trans%m),stat=err)
    if (err /= 0) then
      print *,'Erreur allocation'
      stop 4
    endif
    trans%ptr_mat = transpose(a%ptr_mat)
  end function trans

  subroutine taille_mat(i,a)
! Sous-programme associé à l'opérateur =
    integer,       intent(out) :: i
    type(matrice), intent(in)  :: a
    i = a%n*a%m
  end subroutine taille_mat
end module matrix
```

```
program appel
  use matrix
  type(matrice) :: a,b,c,d
  integer       :: err,taille_a,taille_b
     ...
  allocate(c%ptr_mat(m,n),stat=err)
  if (err /= 0) then
    print *,'Erreur allocation de la matrice c'
    stop 4
  endif
     ...
!---------------
  taille_a = a
  taille_b = b
!---------------
  d = .tr.c
!---------------
end program appel
```

Remarques :

- Lors de la sur-définition d'un opérateur (autre que celui d'**affectation**), le ou les arguments de la fonction associée doivent avoir l'attribut `intent(in)`.
- Lors de la sur-définition de l'opérateur d'**affectation**, le 1^er argument doit avoir l'attribut `intent(out)` ou `intent(inout)` et le 2^e, l'attribut `intent(in)`.

11 Contrôle de visibilité

11.1 Introduction

11.2 Instruction `PRIVATE` et `PUBLIC`

11.3 Attribut `PRIVATE` et `PUBLIC`

11.4 Type dérivé “semi-privé”

11.5 Paramètre `ONLY` de l’instruction `USE`

11.1 – Contrôle de visibilité : introduction

Le concepteur d'un module a la possibilité de limiter l'accès aux ressources qu'il se définit à l'intérieur de celui-ci. Il pourra par exemple cacher et donc rendre non exportables (via l'instruction `use`) certaines variables et/ou procédures du module.

Ceci peut se justifier lorsque certaines ressources du module ne sont nécessaires qu'à l'intérieur de celui-ci. De ce fait, le concepteur se réserve le droit de les modifier sans que les unités utilisatrices externes ne soient impactées.

Cela permettra également d'éviter les risques de conflits avec des ressources d'autres modules.

Ces ressources non exportables sont dites **privées**. Les autres sont dites **publiques**.

Par défaut, toutes les ressources d'un module (variables, procédures) sont **publiques**.

La *privatisation* de certaines données (concept d'*encapsulation de données*) conduit le concepteur à fournir au développeur des *méthodes* (procédures publiques) facilitant la manipulation globale d'objets privés ou semi-privés. Leur documentation et leur fourniture est un aspect important de la programmation objet.

11.2 – Contrôle de visibilité : instruction `private` et `public`

À l'entrée d'un module le **mode** par défaut est le mode **PUBLIC**. Les **instructions** `PRIVATE` et `PUBLIC` *sans argument* permettent de changer de **mode**.

On peut spécifier l'**instruction** `PUBLIC` *sans argument* pour confirmer le mode par défaut.

Par contre on devra spécifier l'**instruction** `PRIVATE` *sans argument* pour en changer.

Ce type d'instruction ne peut apparaître qu'**une seule fois** dans un module.

Exemples :

```
module donnee
  integer, save                :: i   ! publique
  real, dimension(:), pointer :: ptr ! publique
  private
  character(len=4)             :: car ! privée
end module donnee

module mod
  public
  logical, dimension(:), &
           allocatable :: mask ! publique
    ...
end module mod
```

11.3 – Contrôle de visibilité : attribut private et public

On peut définir le mode d'une variable d'un module au moyen de l'**attribut** `PRIVATE` ou `PUBLIC` indiqué à sa déclaration.

Bien distinguer :

- l'instruction `PRIVATE` ou `PUBLIC` *sans argument* qui permet de définir un *mode* d'environnement,
- cette même instruction à laquelle on spécifie une liste d'objets auquel cas ce sont ces objets qui reçoivent l'**attribut** indiqué.

Exemples :

```
module donnee
  private
  integer, public :: i,j     ! publique
  real            :: x,y,z   ! y,z : privées
  public          :: x       ! publique
  public          :: sp
contains
  subroutine sp(a,b)         ! publique
      ...
  end subroutine sp
  logical function f(x)      ! privée
      ...
  end function f
end module donnee
```

11.4 – Contrôle de visibilité : type dérivé “semi-privé”

Les attributs précédents peuvent également s'appliquer aux types dérivés.
Un type dérivé peut être :

- **public** ainsi que ses composantes, on parle alors de type dérivé **transparent**.
- **privé**
- **public** mais avec **toutes** ses composantes **privées**. On parle alors de type dérivé “**semi-privé**”.

L'intérêt du type dérivé “**semi-privé**” est de permettre au concepteur du module le contenant d'en modifier sa structure sans en affecter les unités utilisatrices.

Par défaut les composantes d'un type dérivé **public** sont **publiques**.

11.4 – Contrôle de visibilité : type dérivé "semi-privé"

Exemples :

```
module mod
  type t1                 ! semi-privé
    private
      ...
  end type t1
  type, private :: t2 ! privé
      ...
  end type t2
  private
  type t3                 ! public
      ...
  end type t3
  type t4                 ! privé
      ...
  end type t4
  public :: t3
      ...
end module mod
```

11.4 – Contrôle de visibilité : type dérivé "semi-privé"

Exemple complet de création d'un module au sein duquel on définit :

- des variables globales (alternative au `COMMON`),
- un type-dérivé *semi-privé*,
- certaines ressources *privées*,
- des procédures de surcharge et définition d'opérateurs.

```
module matrix
  integer            :: nb_lignes, nb_col
  integer, private :: err
  type matrice
    private
    integer                        :: n,m
    real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat
!   real, dimension(:,:), pointer :: &
!         ptr_mat => NULL() <-- (Fortran 95)
  end type matrice
  private :: valorisation, add, taille_mat, trans
!--------------------------------
  interface operator(+)
     module procedure add
  end interface
!--------------------------------
  interface operator(.tr.)
    module procedure trans
  end interface
!--------------------------------
  interface assignment(=)
    module procedure taille_mat, valorisation
  end interface
```

11.4 – Contrôle de visibilité : type dérivé "semi-privé"

```
contains
!--------------------------------
  subroutine init(a)
  !----------------> Inutile en Fortran 95 !
    type(matrice), intent(out) :: a
    a%n = 0 ; a%m = 0
    nullify(a%ptr_mat)
  end subroutine init
!--------------------------------
  subroutine valorisation(a,t)
    type(matrice),      intent(inout) :: a
    real, dimension(:), intent(in)    :: t
    if (.not.associated(a%ptr_mat)) then
      allocate(a%ptr_mat(nb_lignes,nb_col), &
               stat=err)
      if (err /= 0) then
        print *,"Impossible de créer &
                &l'objet indiqué."
        stop 4
      endif
      a%n = nb_lignes; a%m = nb_col
    endif
    a%ptr_mat = reshape(t, (/ a%n, a%m /))
  end subroutine valorisation
!----------------------------
```

```
!--------------------------------
  subroutine poubelle(a)
    type(matrice), intent(inout) :: a
    if (associated(a%ptr_mat)) then
      a%n = 0; a%m = 0
      deallocate(a%ptr_mat)
    endif
  end subroutine poubelle
!--------------------------------
  function add(a,b)
    type(matrice), intent(in)   :: a,b
    type(matrice)               :: add
    allocate(add%ptr_mat(a%n,a%m),stat=err)
    if (err /= 0) then
      print *,"Impossible de créer &
              &l'objet indiqué."
      stop 4
    endif
    add%n = a%n; add%m = a%m
    add%ptr_mat = a%ptr_mat + b%ptr_mat
  end function add
!--------------------------------
  subroutine taille_mat(i,a)
    integer,       intent(out) :: i
    type(matrice), intent(in)  :: a
    i = a%n*a%m
  end subroutine taille_mat
```

11.4 – Contrôle de visibilité : type dérivé “semi-privé”

```
!--------------------------------
  function trans(a)
    type(matrice), intent(in)   :: a
    type(matrice)               :: trans
    allocate(trans%ptr_mat(a%m, a%n), stat=err)
    if (err /= 0) then
      print *,"Impossible de créer &
              &l'objet indiqué."
      stop 4
    endif
    trans%n = a%m
    trans%m = a%n
    trans%ptr_mat = transpose(a%ptr_mat)
  end function trans
!--------------------------------
  subroutine imp(a)
    type(matrice), intent(in)  :: a
    integer(kind=2)            :: i
    do i=1,size(a%ptr_mat,1)
!   do i=1,a%n
      print *,a%ptr_mat(i,:)
    enddo
    print *,'-----------------------'
  end subroutine imp
!--------------------------------
end module matrix
```

Exemple d'unité utilisatrice de ce module :

```
program appel
  use matrix
  implicit none
  integer                           :: i,j,taille
  type(matrice)                     :: a,b,c,d
  call init(a);call init(b);call init(c);call init(d)
  !-----------> call init inutile en Fortran 95 !
  print *,"Nb. de lignes : ";  read *, nb_lignes
  print *,"Nb. de colonnes :"; read *, nb_col
  a=(/ ((float(i+j),i=1,nb_lignes),j=1,nb_col) /)
  b=(/ ((float(i*j),i=1,nb_lignes),j=1,nb_col) /)
  a=b      ! Que se passe t'il ?
           ! Que faudrait-il faire ?  ------------
           ! ====================>>   Cf. annexe C
  do i=1,1000;...; c = a + b; end do!------------
  call imp(a) ; call imp(b)
  call poubelle(b)
  taille = c
  call imp(c)
  call poubelle(c)
  d = .tr.a
  call poubelle(a)
  call imp(d)
  call poubelle(d)
end program appel
```

11.5 – Contrôle de visibilité : paramètre ONLY de l'instruction USE

De même que le concepteur d'un module peut cacher des ressources de ce module, une unité utilisatrice de celui-ci peut s'interdire l'accès à certaines d'entre elles.
Pour cela on utilise le paramètre `only` de l'instruction `use`.

Exemple :

```
module m
 type t1
  ...
 end type t1
 type t2
  ...
 end type t2
 logical, dimension(9) :: l
contains
 subroutine sp(...)
   ...
 end subroutine sp
 function f(...)
   ...
 end function f
end module m

program util
 use m,only : t2,f ! Seules les ressources
                   ! t2 et f sont exportées
```

11.5 – Contrôle de visibilité : paramètre `ONLY` de l'instruction `USE`

Lors de l'utilisation d'un module on peut être géné par les noms des ressources qu'il nous propose, soit parce que dans l'unité utilisatrice il existe des ressources de même nom ou bien parce que les noms proposés ne nous conviennent pas.
Dans ce cas, il est possible de *renommer* les ressources du module au moment de son utilisation via l'opérateur $\Longrightarrow$ que l'on spécifie au niveau de l'instruction `use`.

Exemple :

```
use m, mon_t2=>t2, mon_f=>f
use m, only : mon_t2=>t2, mon_f=>f
```

Remarque : on notera l'analogie entre ce type de *renommage* et l'affectation des *pointeurs*.

12 Procédures récursives

12.1 Clause RESULT

12.2 Exemple

12.1 – Procédures récursives Clause RESULT

En **Fortran 90** on peut écrire des procédures (sous-programmes ou fonctions) récursives.

Définition d'une procédure récursive :

```
recursive function f(x) result(f_out)
recursive subroutine sp(x, y, ...)
recursive logical function f(n) result(f_out)
logical   recursive function f(n) result(f_out)
```

Attention : dans le cas d'une fonction récursive, pour que l'emploi du nom de la fonction dans le corps de celle-ci puisse indiquer un appel récursif, il est nécessaire de définir une variable résultat par l'intermédiaire de la clause `RESULT` lors de la définition de la fonction.

Remarques :

- le type de la variable résultat est toujours celui de la fonction,
- possibilité d'utiliser la clause `RESULT` pour les fonctions non récursives.

Exemple :

Suite de **Fibonacci**

- $u_0 = 1$
- $u_1 = 1$
- $u_2 = 2$
- .
- .
- $u_n = u_{n-1} + u_{n-2}$

```
recursive function fibonacci(n) result(fibo)
  integer, intent(in) :: n
  integer             :: fibo
  if (n <= 1) then
    fibo = 1
  else
    fibo = fibonacci(n-1) + fibonacci(n-2)
  end if
end function fibonacci
```

13 Nouveautés sur les E/S

13.1 `OPEN (status, position, action, delim,...)`

13.2 `INQUIRE (recl, action, iolength, delim,...)`

13.3 Entrées-sorties sur les fichiers texte (`advance='no'`)

13.4 Instruction `NAMELIST`

13.5 Spécification de format minimum

13.1 - Nouveautés sur les E/S : OPEN

STATUS :

- REPLACE : si le fichier n'existe pas, il sera créé, sinon il sera détruit et un fichier de même nom sera créé.

POSITION :

- REWIND : indique que le pointeur du fichier sera positionné à son début.
- APPEND : indique que le pointeur du fichier sera positionné à sa fin.
- ASIS : permet de conserver la position du pointeur du fichier. Ne fonctionne que si le fichier est déjà connecté. C'est utile lorsque l'on désire (via `open`) modifier certaines caractéristiques du fichier tout en restant positionné (valeur par défaut). Très limitatif et dépendant du constructeur !

PAD :

- YES : des enregistrements lus avec format sont complétés avec des blancs (*padding*) si *Input list* > *Record length*
(valeur par défaut).
- NO : pas de *padding*.

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

<u>`ACTION`</u> :

- `READ` : toute tentative d'écriture est interdite.
- `WRITE` : toute tentative de lecture est interdite.
- `READWRITE` : les opérations de lecture et écriture sont autorisées (valeur par défaut).

<u>`DELIM`</u> :

Ce paramètre permet de délimiter les chaînes de caractères <u>écrites</u> par des **namelist** ou en format libre.

- `APOSTROPHE` : indique que l'apostrophe $\boxed{\;'\;}$ sera utilisée.
- `QUOTE` : indique que la quote $\boxed{\;"\;}$ sera utilisée.
- `NONE` : indique qu'aucun délimiteur ne sera utilisé. (valeur par défaut).

Exemple :

```
open(unit=10,status="old",action="write", &
     position="append")
```

13.2 – Nouveautés sur les E/S : INQUIRE

- `RECL = n` : permet de récupérer la longueur maximale des enregistrements.
- `POSITION = chaîne` : permet de récupérer la valeur du même paramètre spécifié lors de l'**open**.
- `ACTION = chaîne` : permet de récupérer la valeur du même paramètre spécifié lors de l'**open**.
- `DELIM = chaîne` : permet de récupérer la valeur du même paramètre spécifié lors de l'**open**.
- `IOLENGTH=long` : permet de récupérer la longueur de la liste des entités spécifiées. C'est utile lorsque l'on veut valoriser le paramètre `RECL` de l'ordre `OPEN` pour un fichier à accès direct.
- `PAD=chaîne` : permet de récupérer la valeur du même paramètre spécifié lors de l'**open**.

Exemple :

```
inquire(9,opened=op,action=ac)
inquire(file="donnee",position=pos)
inquire(iolength=long)x,y,tab(:n)
open(2,status='scratch',action='write', &
     access='direct',recl=long)
```

Note : l'argument `IOLENGTH` de l'instruction `INQUIRE` permet de connaître la longueur d'une structure (de type dérivé) faisant partie de la liste spécifiée.

Le paramètre `ADVANCE='no'` des instructions `READ/WRITE` (`ADVANCE='yes'` par défaut) permet de ne pas passer à l'enregistrement suivant. Dans ce cas :

- le paramètre `EOR=`*nnn* effectue un transfert à l'étiquette **nnn** lorsqu'une fin d'enregistrement est détectée en lecture,
- le paramètre `SIZE=`*long* du `READ` permet de récupérer la longueur résiduelle de l'enregistrement physique dans le cas où la fin d'enregistrement est détectée,
- le paramètre `ADVANCE='no'` est incompatible avec le format libre.

De même qu'en **Fortran 77** le paramètre `END=nnn` effectue un transfert à l'étiquette **nnn** lorsqu'une fin de fichier est détectée, le paramètre `IOSTAT` permet d'effectuer ce type de détection. Il retourne un entier :

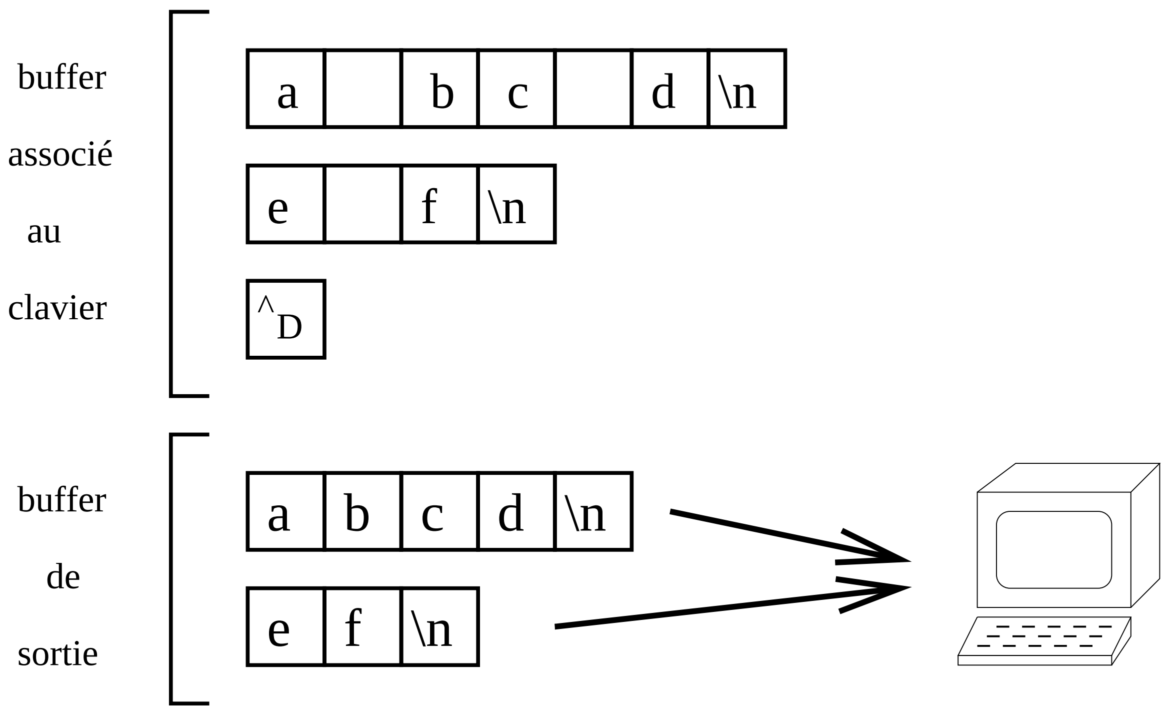
- **positif** en cas d'erreur,
- **négatif** lorsqu'une fin de fichier ou une fin d'enregistrement est atteinte (valeurs dépendant du constructeur),
- **nul** sinon.

```
read(10, fmt=100, advance='no', size=n, eor=234)
read(10, fmt=100, advance='no', size=n, iostat=icode)
```

13.3 – Nouveautés sur les E/S : entrées-sorties sur les fichiers texte

<u>**Exemple**</u> :

```
  .......
  character(len=1) :: c
!--------------------------------------------------
! Lecture de lignes au clavier et impression de ces
! mêmes lignes sans les blancs.   Arrêt par Ctrl_D
!--------------------------------------------------
  do
    do
      read(*,'(a)',advance="no",eor=1,end=2)  c
      if(c /= ' ')write(*,'(a)',advance='no') c
    end do
1   write(*,'(a)',advance="yes")
  end do
!-------------------------------------------------
2 print *,'Fin de la saisie.'
  .......
```



Exemple :

```
  .......
integer            :: n
real,dimension(2)  :: x
character(len=5)   :: text
namelist /TRUC/ n,x,text
 ...........
read(*, nml=TRUC)
x=x+n*2
open(unit=6,delim="apostrophe")
write(6, nml=TRUC)
.......
```

Les données à lire pourraient se présenter sous l'une des formes suivantes :

```
&TRUC n=3 x=5.,0. text='abcde' /
&TRUC x=2*0.0 text='abcde' n=3 /
&TRUC text='QWERT' x=1.0 /
```

L'écriture correspondant au premier jeu de données donnerait :

```
&TRUC n=3, x=11.,6., text='abcde' /
```

Norme 95 : possibilité de commenter via le cactère `!` des enregistrements en entrée d'une `NAMELIST`. Par exemple :

```
&TRUC x=2*0.0   ! x est un tableau
&text='abcde' n=3 /
```

13.5 – Nouveautés sur les E/S : spécification de format

Norme 95 : afin de permettre l'écriture formatée de variables sans avoir à se préoccuper de la largeur du champ récepteur, il est possible de spécifier une longueur nulle avec les formats `I`, `F`, `B`, `O` et `Z`.

Par exemple :

```
write(6, '(2I0, 2F0.5,E15.8)') int1,int2,x1,x2,x3
```

On évite ainsi l'impression d'astérisques bien connue des programmeurs Fortran dans le cas d'un débordement de la zone réceptrice.

14 Quelques nouvelles fonctions intrinsèques

14.1 – Fonctions relatives aux chaînes : conversions entiers/caractères

- `CHAR(i,[kind])`
  $\Longrightarrow$ i[e] caractère de la table standard (ASCII/EBCDIC) si `kind` absent, sinon de la table correspondant à `kind` (*constructeur dépendant*).

- `ACHAR(i)`
  $\Longrightarrow$ idem `CHAR` avec table ASCII.

- `ICHAR(c)`
  $\Longrightarrow$ numéro (entier) du caractère `c` dans la table à laquelle appartient `c` (ASCII/EBCDIC en général).

- `IACHAR(c)`
  idem `ICHAR` dans la table ASCII.

14.2 – Nouvelles fonctions intrinsèques : comparaison de chaînes

- `LGE(chain1,chain2)`

  $\Longrightarrow$ *VRAI* si `chain1` **après (ou =)** `chain2` dans la table ASCII.

  (*Lexically Greater or Equal*)

- `LGT(chain1,chain2)`

  $\Longrightarrow$ *VRAI* si `chain1` **après** `chain2` dans table ASCII.

- `LLE(chain1,chain2)`

  $\Longrightarrow$ *VRAI* si `chain1` **avant (ou =)** `chain2` dans table ASCII.

- `LLT(chain1,chain2)`

  $\Longrightarrow$ *VRAI* si `chain1` **avant** `chain2` dans table ASCII.

Remarques :

- En cas d'inégalité de longueur, la chaîne la plus courte est complétée à blanc sur sa droite.
- Ces quatre fonctions faisaient déjà partie de la norme 77.
- Les opérateurs `>=`, `>`, `<=` et `<` équivalents à ces fonctions peuvent aussi être utilisés. Il n'existe pas de fonctions `LEQ` et `LNE` équivalentes aux opérateurs `==` et `/=`.

14.3 - Nouvelles fonctions intrinsèques : manipulation de chaînes

- `ADJUSTL(chain1)`
  ⟹ débarrasse `chain1` de ses blancs de tête (cadrage à gauche) et complète à droite par des blancs.

- `ADJUSTR(chain1)` ⟹ idem `ADJUSTL` mais à droite.

- `INDEX(chain1,subchain,back)`
  ⟹ numéro (entier) du premier caractère de `chain1` où apparaît la sous-chaîne `subchain` (sinon 0). Si la variable logique `back` est *vraie* : recherche en sens inverse.

- `LEN_TRIM(chain1)`
  ⟹ longueur (entier) de la chaîne débarrassée de ses blancs de fin.

- `SCAN(chain1,set,back)`
  ⟹ numéro (entier) du premier caractère de `chain1` figurant dans `set` ou 0 sinon. Si la variable logique `back` est *vraie* : recherche en sens inverse.

- `VERIFY(chain1,set,back)`
  ⟹ numéro (entier) du premier caractère de `chain1` ne figurant pas dans `set`, ou 0 si tous les caractères de `chain1` figurent dans set. Si la variable logique `back` est *vraie* : recherche en sens inverse.

- `REPEAT(chain1,ncopies)`
  ⟹ chaîne obtenue en concaténant `ncopies` copies de `chain1`.

- `TRIM(chain1)` ⟹ débarrasse `chain1` de ses blancs de fin.

- `TRANSFER(source, mold [,size])`
$\Longrightarrow$ scalaire ou vecteur avec représentation physique identique à celle de `source`, mais interprétée avec le type de `mold`.
  - Si `size` absent, retourne un vecteur si `mold` est de rang ≥ 1, sinon un scalaire.
  - Si `size` présent, retourne un vecteur de taille `size`.

Exemples :

`TRANSFER(1082130432 ,1.0)` $\Longrightarrow$ `4.0` (sur RS6000)

`TRANSFER( (/ 1.,2.,3.,4. /) ,(/ (0.,0.) /) )` $\Longrightarrow$
`(/ (1.,2.) ,(3.,4.) /)`

```
integer(kind=8),dimension(4) :: tampon
character(len=8)             :: ch
real(kind=8),dimension(3)    :: y
ch   = TRANSFER(tampon(1) ,"abababab")
y(:) = TRANSFER(tampon(2:4) ,1.0_8 ,3)
```

qui remplace la version Fortran 77 classique :

```
integer*8 tampon(4)
character*8 str,ch
real x(3),y(3)
EQUIVALENCE (tampon(1),str) ,(tampon(2),x)
ch=str
y(:)=x(:)
```

Application : passer une chaîne à C

```
integer,dimension(1) :: itab=0
character(len=10)    :: chain="0123456789"
call sub(transfer(chain//achar(0),itab))
```

14.5 – Nouvelles fonctions intrinsèques : précision et codage numérique

`TINY(x)`	plus petite valeur réelle représentable dans le sous-type de `x` (limite d'*underflow*).
`HUGE(x)`	plus grande valeur réelle ou entière représentable dans le sous-type de `x` (limite d'*overflow*).
`NEAREST(x,s)`	valeur réelle représentable la plus proche (à droite si `s>0.` ou à gauche si `s<0.`) de la valeur représentable correspondant à l'argument réel `x` fourni. Dépendant du sous-type de `x`.
`SPACING(x)`	écart entre deux valeurs représentables dans le sous-type de `x` au voisinage de `x`.
`EPSILON(x)`	$\Longrightarrow$ `SPACING(+1.)` : quantité considérée comme négligeable comparée à 1.
`DIGITS(x)`	en fonction du sous-type de `x`, nombre de chiffres binaires de la mantisse si `x` réel (en simple précision, 48 sur Cray et 24 sur RS6000) ou nombre de chiffres binaires de stockage (hors bit de signe) si `x` est entier (46 ou 63 sur Cray et 31 sur RS6000).
`EXPONENT(x)`	entier : valeur de l'exposant du réel `x`.
`FRACTION(x)`	réel : valeur de la mantisse du réel `x`.
`RANGE(x)`	c.f. chapitre 2 – Généralités (`KIND`).
`PRECISION(x)`	c.f. chapitre 2 – Généralités (`KIND`).

`DATE_AND_TIME(date,time,zone,values)` sous-progr. retournant dans les variables caractère `date` et `time`, la date et l'heure en temps d'*horloge murale*. L'écart par rapport au temps universel est fourni optionnellement par `zone`. `values` est un vecteur récupérant les informations précédentes sous forme d'entiers.

`SYSTEM_CLOCK(count,count_rate,count_max)` sous-progr. retournant dans des variables entières la valeur du compteur de périodes d'horloge (`count`), le nombre de périodes/sec. (`count_rate`) et la valeur maximale de ce compteur (`count_max`) ; ne permet pas d'évaluer le temps CPU consommé par une portion de programme.

`RANDOM_NUMBER(harvest)` sous-progr. retournant un/plusieurs nombres pseudo-aléatoires compris entre 0. et 1. dans un scalaire/tableau réel passé en argument (`harvest`).

`RANDOM_SEED(size,put,get)` sous-programme permettant de ré-initialiser une série de nombres aléatoires. Tous les arguments sont optionnels. En leur absence le *germe* d'initialisation dépend du constructeur (cf. `man`).

Norme 95 : sous-progr. `CPU_TIME(time)` $\Longrightarrow$ temps CPU en secondes (ou réel < 0 si indisponible).

14.7 – Nouvelles fonctions intrinsèques : opérations sur les bits

`IAND(i,j)` fonction retournant un entier de même type que `i` résultant de la combinaison bit à bit de `i` et `j` par un **ET logique**.

`IEOR(i,j)` fonction retournant un entier de même type que `i` résultant de la combinaison bit à bit de `i` et `j` par un **OU exclusif logique**.

`IOR(i,j)` fonction retournant un entier de même type que `i` résultant de la combinaison bit à bit de `i` et `j` par un **OU inclusif logique**.

`ISHFT(i,shift)` fonction retournant un entier de même type que `i` résultant du **décalage** de `shift` bits appliqué à `i`. Décalage vers la gauche ou vers la droite suivant que l'entier `shift` est positif ou négatif. Les bits sortant sont perdus et le remplissage se fait par des zéros.

`ISHFTC(i,shift[,size])` fonction retournant un entier de même type que `i` résultant d'un **décalage circulaire** de `shift` positions appliqué aux `size` bits de droite de `i`. Décalage vers la gauche ou vers la droite suivant que l'entier `shift` est positif ou négatif.

`IBCLR(i,pos)` fonction retournant un entier identique à `i` avec le `pos`ième bit mis à zéro.

`IBSET(i,pos)` fonction retournant un entier identique à `i` avec le `pos`ième bit mis à 1.

`NOT(i)` fonction retournant un entier de même type que `i`, ses bits correspondant au **complément logique** de ceux de `i`.

`IBITS(i,pos,len)` fonction stockant dans un entier de même type que `i` les `len` bits de `i` à partir de la position `pos`. Ces bits sont cadrés à droite et complétés à gauche par des zéros.

`MVBITS(from,frompos,length,to,topos)` sous-programme copiant une séquence de bits depuis une variable entière (`from`) vers une autre (`to`).

Remarque : ces fonctions ont été étendues pour s'appliquer aussi à des tableaux d'entiers.

Norme 95 : le sous-programme `MVBITS` est "`pure`" et "`elemental`".

A Annexe : paramètre KIND et précision des nombres

A.1 Sur Cray C90

A.2 Sur IBM RS6000

A.3 Sur Fujitsu VPP

Annexe A1 – Paramètre KIND : précision des nombres sur C90

- **Entiers**

  kind = **1,2,4** $\Longrightarrow$ 1 **mot** : $-2^{31} \leq i \leq 2^{31} - 1$
  arithmétique sur 32 bits.

  kind = **8** $\Longrightarrow$ 1 **mot** : $-2^{63} \leq i \leq 2^{63} - 1$
  arithmétique sur 64 bits.

- **Réels**

  kind = **4** $\Longrightarrow$ 1 **mot** : $.73 \times 10^{-2465} <\mid r \mid< 1.4 \times 10^{2465}$
  6 chiffres significatifs décimaux.

  kind = **8** $\Longrightarrow$ 1 **mot** : $.73 \times 10^{-2465} <\mid r \mid< 1.4 \times 10^{2465}$
  13 chiffres significatifs décimaux.

  kind = **16** $\Longrightarrow$ 2 **mots** : $.73 \times 10^{-2465} <\mid r \mid< 1.4 \times 10^{2465}$
  28 chiffres significatifs décimaux.

- **Complexes**

  kind = **4** $\Longrightarrow$ (1,1) **mots**
  kind = **8** $\Longrightarrow$ (1,1) **mots**
  kind = **16** $\Longrightarrow$ (2,2) **mots**

- **Logiques**

  kind = **1,2,4,8** $\Longrightarrow$ 1 **mot**

- **Caractères**

  kind = **1** $\Longrightarrow$ jeu `ASCII`

- **Entiers**

  kind = **1** $\Longrightarrow$ 1 **octet** : $-128 \leq i \leq 127$

  kind = **2** $\Longrightarrow$ 2 **octets** : $-2^{15} \leq i \leq 2^{15}-1$

  kind = **4** $\Longrightarrow$ 4 **octets** : $-2^{31} \leq i \leq 2^{31}-1$

  kind = **8** $\Longrightarrow$ 8 **octets** : $-2^{63} \leq i \leq 2^{63}-1$

- **Réels**

  kind = **4** $\Longrightarrow$ 4 **octets** : $1.2 \times 10^{-38} \leq \mid r \mid \leq 3.4 \times 10^{38}$
  7 chiffres significatifs décimaux.

  kind = **8** $\Longrightarrow$ 8 **octets** : $2.2 \times 10^{-308} \leq \mid r \mid \leq 1.8 \times 10^{308}$
  15 chiffres significatifs décimaux.

  kind = **16** $\Longrightarrow$ 16 **octets** : $2.2 \times 10^{-308} \leq \mid r \mid \leq 1.8 \times 10^{308}$
  31 chiffres significatifs décimaux.

- **Complexes**

  kind = **4** $\Longrightarrow$ (4,4) **octets** $\equiv$ complex*8 (f77)

  kind = **8** $\Longrightarrow$ (8,8) **octets** $\equiv$ complex*16 (f77)

  kind = **16** $\Longrightarrow$ (16,16) **octets** $\equiv$ complex*32 (f77)

- **Logiques**

  kind = **1** $\Longrightarrow$ 1 **octet** : 01 = .true., 00 =.false.

  kind = **2** $\Longrightarrow$ 2 **octets** : 0001 = .true., 0000 =.false.

  kind = **4** $\Longrightarrow$ 4 **octets** : 0..1 = .true.,0..0 =.false.

  kind = **8** $\Longrightarrow$ 8 **octets** : 0...1 = .true.,0...0 =.false.

- **Caractères**

  kind = **1** $\Longrightarrow$ jeu `ASCII`

Annexe A3 – Paramètre KIND : précision des nombres sur VPP

- $\boxed{\text{Entiers}}$

  kind = **1** $\Longrightarrow$ 1 **octet** : $-128 \leq i \leq 127$

  kind = **2** $\Longrightarrow$ 2 **octets** : $-2^{15} \leq i \leq 2^{15} - 1$

  kind = **4** $\Longrightarrow$ 4 **octets** : $-2^{31} \leq i \leq 2^{31} - 1$

  kind = **8** $\Longrightarrow$ 8 **octets** : $-2^{63} \leq i \leq 2^{63} - 1$

- $\boxed{\text{Réels}}$

  kind = **4** $\Longrightarrow$ 4 **octets** : $1.2 \times 10^{-38} \leq | r | \leq 3.4 \times 10^{38}$
  7 chiffres significatifs décimaux.

  kind = **8** $\Longrightarrow$ 8 **octets** : $2.2 \times 10^{-308} \leq | r | \leq 1.8 \times 10^{308}$
  15 chiffres significatifs décimaux.

  kind = **16** $\Longrightarrow$ 16 **octets** : $2.2 \times 10^{-308} \leq | r | \leq 1.8 \times 10^{308}$
  31 chiffres significatifs décimaux.

- $\boxed{\text{Complexes}}$

  kind = **4** $\Longrightarrow$ (4,4) **octets** $\equiv$ complex*8 (f77)

  kind = **8** $\Longrightarrow$ (8,8) **octets** $\equiv$ complex*16 (f77)

  kind = **16** $\Longrightarrow$ (16,16) **octets** $\equiv$ complex*32 (f77)

- $\boxed{\text{Logiques}}$

  kind = **1** $\Longrightarrow$ 1 **octet** : 01 = .true., 00 =.false.

  kind = **4** $\Longrightarrow$ 4 **octets** : 0..1 = .true.,0..0 =.false.

- $\boxed{\text{Caractères}}$

  kind = **1** $\Longrightarrow$ jeu `ASCII`

B Annexe : exercices

B.1 Exercices : énoncés

B.2 Exercices : corrigés

Exercice 1 :

Écrire un programme permettant de valoriser la matrice *identité* de **n** lignes et **n** colonnes en utilisant autant que possible les fonctions intrinsèques de manipulation de tableaux. Imprimer la matrice obtenue ligne par ligne.

Exercice 2 :

Écrire un programme permettant de valoriser une matrice de **n** lignes et **m** colonnes (**n** et **m** n'étant connus qu'au moment de l'exécution) de la façon suivante :

1. les lignes de rang pair seront constituées de l'entier 1,
2. les lignes de rang impair seront constituées des entiers successifs 1, 2, 3, ...

$$\text{Par exemple : } \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \end{pmatrix}$$

Le programme imprimera la matrice obtenue ligne par ligne afin de vérifier son contenu.

Exercice 3 :

Compiler et exécuter le programme contenu dans les fichiers `exo3.f90`, `mod1_exo3.f90` et `mod2_exo3.f90` :

```
program exo3
      use mod2
      implicit none
      real    :: somme
      integer :: i
      tab=(/ (i*10,i=1,5) /)
      print *, tab
      call sp1s(somme)
      print *,somme
      call sp2s(somme)
      print *,somme
end program exo3

module mod1
      real,dimension(5)  :: tab
end module mod1

module mod2
      use mod1
contains
      subroutine sp1s(som)
        implicit none
        real    :: som
        integer :: I
        som=0.
        do i=1,5
           som=som+tab(i)
        enddo
      end subroutine sp1s
!     --------------------
      subroutine sp2s(x)
        implicit none
        real    :: x
        x=-x
      end subroutine sp2s
end module mod2
```

Exercice 4 :

Écrire un programme permettant de reconnaître si une chaîne (mot ou suite de mots séparés par des blancs) est un *palindrome*. Les blancs éventuels seront ignorés. La chaîne pourra être lue au clavier ou lue dans un fichier. Le fichier `palindrome` contient des chaînes vous permettant de tester votre programme.

Exercice 5 :

Compléter le programme contenu dans le fichier `exo5.f90` jusqu'à ce qu'il s'exécute correctement : les 2 matrices imprimées devront être identiques.

```
program exo5
  integer, parameter      :: n=5,m=6
  integer(kind=2)         :: i
  integer, dimension(0:n-1,0:m-1) :: a = &
           reshape((/ (i*100,i=1,n*m) /), (/ n,m /))
  print *,"Matrice a avant appel à sp :"
  print *,"--------------------------"
  print *
  do i=0,size(a,1)-1
    print *,a(i,:)
  enddo
  call sp(a)
end program exo5
subroutine sp(a)
  integer                 :: i
  integer, dimension(:,:) :: a
  print *
  print *,"Matrice a dans sp :"
  print *,"-----------------"
  print *
  do i=0,size(a,1)-1
    print *,a(i,:)
  enddo
end subroutine sp
```

Exercice 6 :

Écrire un programme permettant l'impression des **n** premières lignes du triangle de Pascal avec allocation dynamique du triangle considéré comme un vecteur de lignes de longueur variable.

$$\text{Par exemple :} \quad \begin{pmatrix} 1 & & & & \\ 1 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 1 & & \\ 1 & 3 & 3 & 1 & \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

Exercice 7 :

Soit le programme principal contenu dans le fichier `exo7.f90` (ou `exo7.f`) :

```
program exo7
 use music
 type(musicien) :: mus_mort_le_plus_jeune
 call init
 call tri(critere="nom")
 call tri(critere="annee")
 mus_mort_le_plus_jeune = tab_mus
 print *
 print *,"Le musicien mort le plus jeune est : ", &
         nom(mus_mort_le_plus_jeune)
end program exo7
```

Dans le module `music` à créer, définir :

- le type `musicien` et un tableau `tab_mus` de ce type (dimensionné à 30).
- le sous-programme `init` devant lire le contenu du fichier `musiciens` (ce fichier contient une liste de compositeurs avec leurs années de naissance et de mort : éditez-le au préalable afin de connaître son formatage) afin de valoriser le tableau `tab_mus` et l'imprimer,

- le sous-programme `tri` qui trie et imprime la liste des musiciens. Passer en argument le critère de tri sous forme d'une chaîne de caractères et effectuer ce tri par l'intermédiaire d'un tableau de pointeurs,

de sorte que l'exécution de ce programme produise les résultats suivants :

```
---- Liste des musiciens ----

    Johann Sebastian Bach                 1685 1750
    Georg Friedrich  Haendel              1685 1759
    Wolfgang Amadeus Mozart               1756 1791
    Giuseppe         Verdi                1813 1901
    Richard          Wagner               1813 1883
    Ludwig van       Beethoven            1770 1827
    Frederic         Chopin               1810 1849
    Johannes         Brahms               1833 1897
             . . . . . . . . . . .
             . . . . . . . . . . .
    Robert           Schumann             1810 1856
    Bedrich          Smetana              1824 1884
    Richard          Strauss              1864 1949
    Igor             Stravinski           1882 1971
    Piotr Ilyitch    Tchaikovski          1840 1893
    Antonio          Vivaldi              1678 1741
    Carl Maria von   Weber                1786 1826
    Giacomo          Puccini              1858 1924
    Claude           Debussy              1862 1918
    Joseph           Haydn                1732 1809
    Gustav           Mahler               1860 1911
```

```
---- Liste alphabétique des musiciens ----

    Johann Sebastian Bach                 1685 1750
    Ludwig van       Beethoven            1770 1827
    Johannes         Brahms               1833 1897
    Frederic         Chopin               1810 1849
    Claude           Debussy              1862 1918
    Georg Friedrich  Haendel              1685 1759
             . . . . . . . . . . .
             . . . . . . . . . . .
    Antonio          Vivaldi              1678 1741
    Richard          Wagner               1813 1883
    Carl Maria von   Weber                1786 1826



---- Liste chronologique des musiciens ----

    Claudio          Monteverdi           1567 1643
    Henry            Purcell              1659 1695
    Antonio          Vivaldi              1678 1741
    Johann Sebastian Bach                 1685 1750
    Georg Friedrich  Haendel              1685 1759
    Domenico         Scarlatti            1695 1757
             . . . . . . . . . . .
             . . . . . . . . . . .
    Richard          Strauss              1864 1949
    Maurice          Ravel                1875 1937
    Igor             Stravinski           1882 1971

Le musicien mort le plus jeune est : Gian-Battista    Pergolese
```

Exercice 8 :

Même exercice que précédemment mais avec utilisation d'une *liste chaînée* simple ou double en partant du programme principal suivant contenu dans le fichier `exo8.f90` (ou `exo8.f`) :

```
program exo8
 use music
 type(musicien) :: mus_mort_le_plus_jeune
 call init
 call tri(critere="nom")
 call tri(critere="annee")
 mus_mort_le_plus_jeune = .MortLePlusJeune.debut
 print *
 print *,"Le musicien mort le plus jeune est : ", &
         nom(mus_mort_le_plus_jeune)
end program exo8
```

Remarque : `debut` correspond au pointeur de début de liste.

Exercice 9 :

Cet exercice reprend le module `matrix` des chapitres 10 et 11 (cf. page 167) du support de cours. Il est stocké (avec un programme principal d'utilisation complet) dans le fichier `exo9.f` (ou `exo9.f90` sur Cray).
Complétez le module `matrix` en définissant un opérateur `.vp.` permettant le calcul des valeurs propres d'un objet de type matrice. Vous pouvez par exemple utiliser le sous-programme `EVLRG` (calculant les valeurs propres d'une matrice réelle d'ordre `N`) de la bibliothèque IMSL dont la séquence d'appel est :

```
CALL EVLRG(N, A, LDA, EVAL)   avec :

     - A    : matrice réelle d'ordre N  (entrée)
     - LDA  : "Leading Dimension of A"  (entrée)
     - EVAL : vecteur contenant les N
              valeurs propres complexes (sortie)
```

En entrée :

le programme principal lit (en "format libre") un fichier `exo9.data` avec un enregistrement contenant :

- un entier représentant l'ordre `N` de la matrice,
- `N*N` valeurs réelles représentant les éléments de la matrice à traiter.

Un exemple d'un tel fichier (avec une matrice d'ordre `N=4`) est contenu dans `exo9.data`.Vous devez alors trouver les valeurs propres suivantes : `(4.,0.)`, `(3.,0.)`, `(2.,0.)`, `(1.,0.)`.

Notes :

- deux *méthodes* ont déjà été ajoutées au module `matrix` :
  - la fonction logique `erreur()` permettant de tester la bonne convergence du calcul effectué par `EVLRG`,
  - le sous-programme `imp_vp(vect_complexe)` pour faciliter l'impression des valeurs propres.
- pour l'accès à la bibliothèque IMSL (version 77) de l'IDRIS, lisez au préalable la *"news IMSL"*.

Exercice 1 : corrigé

```
program exo1
  implicit none
  integer, parameter      :: n = 10
  real    , dimension(n)   :: diag = 1.
  real    , dimension(n,n) :: mat_ident
  logical, dimension(n,n) :: mask
  real, dimension(n*n)    :: vect = 0.
  character(len=8)        :: fmt = "(  f3.0)"
  integer                 :: i, j
!
  write(fmt(2:3), '(i2)')n  ! Format d'impression
!
!==============> Première solution :
!
  mask = reshape((/ ((i == j, i=1,n), j=1,n) /), &
                shape = (/ n,n /))
  mat_ident = unpack(diag, mask, 0.)
!
!==============> Deuxième solution :
!
  vect(1:n*n:n+1) = 1.
  mat_ident = reshape(vect, shape = (/ n,n /))
!
!==============> Troisième solution :
!
  mat_ident(:,:) = 0.
  mat_ident(:,1) = 1.
  mat_ident(:,:) = cshift(array=mat_ident, &
                          shift=(/ (-i,i=0,n-1) /) &
                          dim=2)
!
  do i=1,n   ! Impression matrice identité
    print fmt,mat_ident(i,:)
  end do
end program exo1
```


INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

Exercice 2 : corrigé

```
program exo2
  implicit none
!
! On décide que les entiers err,n,m,i sont < 99
!
  integer, parameter        :: p = selected_int_kind(2)
  integer(kind=p)           :: n,m
  integer(kind=p)           :: err,i
  integer, dimension(:,:),allocatable :: mat
!
! Lecture des dimensions de la matrice
!
  print *,"Nombre de lignes? :"   ; read(*,*)n
  print *,"Nombre de colonnes? :"; read(*,*)m
!
! Une fois les dimensions connues, on peut allouer la matrice
!
  allocate(mat(n,m),stat=err)
  if (err /= 0) then
    print *,"Erreur d'allocation"; stop 4
  endif
!
! Remplissage des lignes de rang pair avec l'entier 1
!
  mat(2:n:2,:) = 1
!
! Remplissage des lignes de rang impair avec les entiers 1,2,...
!
  mat(1:n:2,:) = reshape((/ (i,i=1,size(mat(1:n:2,:))) /), &
                 shape=shape(mat(1:n:2,:)), order=(/ 2,1 /))
!
! On imprime la matrice obtenue après remplissage
!
  do i=1,n
    print *,mat(i,:)
  enddo
end program exo2
```

Exercice 3 : corrigé

Sur c98

```
f90 -c mod1_exo3.f90
f90 -c mod2_exo3.f90
f90 exo3.f90 -o exo3
exo3
```

Remarque : si les modules sont situés dans un répertoire `rep1` différent de celui (`rep2`) d'exo3, utiliser l'option `-p` :

```
cd $HOME/rep1
f90 -c mod1_exo3.f90
f90 -c -p $HOME/rep1 mod2_exo3.f90
cd $HOME/rep2
f90 -p $HOME/rep1 exo3.f90 -o exo3
exo3
```

Sur IBM RS/6000

```
xlf90 -c mod1_exo3.f
xlf90 -c mod2_exo3.f
xlf90 exo3.f mod1_exo3.o mod2_exo3.o -o exo3
exo3
```

Exemple de makefile sur RS6000 :

```
OBJSEXO3     = mod1_exo3.o mod2_exo3.o exo3.o
FORT         = xlf90
FLAGS        = -qsource -O2
all:    exo3
.f.o:
        $(FORT) $(FLAGS) -c $<
mod2_exo3.o : mod1_exo3.o
              $(FORT) $(FLAGS) -c $<
exo3.o: mod2_exo3.o
        $(FORT) $(FLAGS) -c $<
exo3:   $(OBJSEXO3)
        $(FORT) -o $@ $(OBJSEXO3)
        $@
```

Exercice 4 : corrigé

```
program exo4
!-------------
!--> Cas de la lecture au clavier d'un simple mot.
!--> L'entrée de la chaîne "fin" arrête le programme.
!
  integer, parameter                    :: long=10
  integer                               :: ln
  character(len=long)                   :: chaine
  character(len=1), dimension(long)     :: tab_car
  do
    print *,"Entrez une chaine :" ; read(*,'(a)')chaine
!
! Si chaîne = "fin" on a fini
!
    if (chaine == "fin") exit
!
! On récupère la longueur utile de la chaîne
! entrée (sans les blancs de fin).
!
    ln = len_trim(chaine)
!
! On copie la chaîne entrée dans un tableau de caractères.
!
    tab_car = transfer(chaine,'a',long)
!
! On compare les éléments avec ceux de la chaîne inversée.
! La fonction "all" sert à comparer le contenu de deux tableaux.
!
    if (all(tab_car(:ln) == tab_car(ln:1:-1))) then
      print *,chaine(:ln)," est un palindrome"
    else
      print *,chaine(:ln)," n'est pas un palindrome"
    endif
  end do
end program exo4
```

Autre solution, avec lecture du fichier `palindrome` :

```
program exo4_bis
!----------------
 integer, parameter                :: long=100
 integer                           :: ln, ln_util, eof, i
 character(len=long)               :: chaine
 character(len=1),dimension(long):: tab_car,tab_car_pack
 logical, dimension(long)          :: mask
!
 open(unit=1, file="palindrome", form="formatted", action="read")
 read(1, '(a)', iostat=eof)chaine
 do while (eof == 0)
!                             ! Longueur utile de la chaîne
   ln_util = len_trim(chaine) ! débarassée de ses blancs de fin.
!
! Copie de la chaîne dans un tableau de caractères.
!
   tab_car = (/ (chaine(i:i), i=1,long) /)
!
! Compression du tableau "tab_car"
!
   mask = tab_car /= ' '
   ln = count(mask)
   tab_car_pack(1:ln) = pack(tab_car, mask)
!
! On compare les éléments symétriques/au milieu de la chaîne.
! La fonction "all" sert à comparer le contenu de deux tableaux.
!
   if(all(tab_car_pack(:ln/2)==tab_car_pack(ln:ln-ln/2+1:-1))) then
     print *,chaine(:ln_util)," est un palindrome"
   else
     print *,chaine(:ln_util)," n'est pas un palindrome"
   endif
   read(1, '(a)', iostat=eof) chaine
 end do
end program exo4_bis
```


INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

```
 program exo5
!------------
! Du fait de la déclaration de l'argument a de sp
! avec un profil implicite, l'interface doit être
! explicite,  d'où l'ajout du "bloc interface".
! Dans ce contexte, seul le profil de a est passé à sp :
! les bornes inférieures nulles ne le sont pas ! A moins
! d'une déclaration explicite "dimension(0:,0:)" dans sp,
! les bornes inférieures sont égales à 1 par défaut.
!
  interface
    subroutine sp(a)
      integer, dimension(:,:) :: a
    end subroutine sp
  end interface
!
  integer, parameter      :: n=5,m=6
  integer(kind=2)         :: i
  integer, dimension(0:n-1,0:m-1) :: a = &
           reshape((/ (i*100,i=1,n*m) /), (/ n,m /))
  print *,"Matrice a avant appel à sp :"
  print *,"--------------------------"
  print *
  do i=0,size(a,1)-1
    print *,a(i,:)
  enddo
  call sp(a)
end program exo5
!------------------
subroutine sp(a)
  integer, dimension(:,:) :: a
  integer                 :: i
  print *
  print *,"Matrice a dans sp :"
  print *,"-----------------"
  print *
  do i=1,size(a,1)
    print *,a(i,:)
  enddo
end subroutine sp
```

Annexe B2 – Exercice 6 : corrigé

```
program exo6
!-----------
  implicit none
  type ligne
    integer, dimension(:), pointer :: p
  end type ligne
  type(ligne), dimension(:), allocatable :: triangle
  integer       :: i, n, err
  character(11) :: fmt = "(  (i5,1x))"
  do
    write(6,advance='no',fmt="('Entrez l''ordre du triangle : ')")
    read(5, *)n
    if (n >= 20) exit        ! On limite à 19 lignes (cf. format).
    write(fmt(2:3), '(i2)')n ! Construction du format de sortie.
!
!--- On alloue le nombre de lignes du triangle.
    allocate(triangle(n), stat=err)
    if (err /= 0) stop "Erreur à l'allocation de triangle"
    do i=1,n
!
!--- Pour chaque ligne du triangle, allocat. du nombre de colonnes.
      allocate(triangle(i)%p(i), stat=err)
      if (err /= 0) stop "Erreur à l'allocation d'une &
                         &ligne de triangle"
!
!-- On valorise les éléments extrêmes de la ligne courante puis
!-- les autres éléments à partir de la 3ème ligne.
      triangle(i)%p((/ 1,i /)) = 1
      if (i > 2)  &
        triangle(i)%p(2:i-1)   = triangle(i-1)%p(2:i-1) + &
                                 triangle(i-1)%p(1:i-2)
      print fmt,triangle(i)%p     ! Impression de la ligne
    end do
!
!-- Une fois le triangle construit et imprimé, on libère
!-- chaque ligne et le tableau triangle.
    do i=1,n
      deallocate(triangle(i)%p)
    end do
    deallocate(triangle)
  end do
end program exo6
```

Exercice 7 : corrigé

```
module music
 integer, parameter     :: nb_enr=30
 integer                :: nb_mus
 !---------------------------------
 type musicien
   private
   character(len=16)    :: prenom
   character(len=21)    :: nom
   integer              :: annee_naiss,annee_mort
 end type musicien
 !---------------------------------
 type , private :: ptr_musicien
   type(musicien), pointer :: ptr
 end type ptr_musicien
 !---------------------------------
 type(musicien),     dimension(nb_enr), target :: tab_mus
 type(ptr_musicien), dimension(:), allocatable :: tab_ptr_musicien
 private                                       :: tab_ptr_musicien
 !---------------------------------
 interface operator(<)
   module procedure longevite
 end interface
 !---------------------------------
 interface assignment(=)
   module procedure mort_le_plus_jeune
 end interface
```

```
contains
 !---------------------------------
 subroutine init
   integer   :: eof,i,err
 !
 ! Valorisation du tableau de musiciens
 !
   open(1,file="musiciens",action="read",status="old")
   nb_mus = 0
   do
     read(1,'(a16,1x,a21,2(1x,i4))',iostat=eof)tab_mus(nb_mus+1)
     if (eof /= 0) exit
     nb_mus = nb_mus + 1
   enddo
   close(1)
 !
 ! On alloue le tableau de pointeurs dont le nombre
 ! d'éléments correspond au nombre de musiciens.
 !
   allocate(tab_ptr_musicien(nb_mus),stat=err)
   if (err /= 0) then
     print *,"Erreur d'allocation"
     stop 4
   endif
 !
 ! Chaque élément du tableau de pointeurs alloué précédemment
 ! va être mis en relation avec l'élément correspondant du
 ! tableau de musiciens.
 ! N.B.: Chaque élément du tableau de musiciens (tab_mus) a
 ! l'attribut target implicitement car cet attribut a été spécifié
 ! pour le tableau lui-même.
 !
   do i=1,nb_mus
     tab_ptr_musicien(i)%ptr => tab_mus(i)
   enddo
   print *,'---- Liste des musiciens ----'
   print *
   write(*,'((5x,a16,1x,a21,2(1x,i4)))')(tab_mus(i),i=1,nb_mus)
 end subroutine init
```

```
subroutine tri(critere)
!
! Cette procédure va trier la liste des musiciens soit par ordre
! alphabétique des noms soit par ordre chronologique en fonction
! du paramètre "critere" spécifié.
! Ce tri s'effectue par l'intermédiaire du tableau de pointeurs
! tab_ptr_musicien.
!
  character(len=*)   :: critere
  type(ptr_musicien) :: temp
  logical            :: expr, tri_termine
  character(len=13)  :: mode

  do
    tri_termine = .true.
    do i=1,nb_mus-1
      select case(critere)
        case("nom")
          mode = "alphabétique"
          expr = tab_ptr_musicien(i)%ptr%nom > &
                 tab_ptr_musicien(i+1)%ptr%nom)
        case("annee")
          mode = "chronologique"
          expr = tab_ptr_musicien(i)%ptr%annee_naiss > &
                 tab_ptr_musicien(i+1)%ptr%annee_naiss
        case default
      end select
      if (expr) then
        temp                  = tab_ptr_musicien(i)
        tab_ptr_musicien(i)   = tab_ptr_musicien(i+1)
        tab_ptr_musicien(i+1) = temp
        tri_termine = .false.
      endif
    enddo
    if (tri_termine) exit
  enddo
  print '(/, a, a, a, /)', '---- Liste ', mode,
        ' des musiciens ----'
  write(*,'((5x,a16,1x,a21,2(1x,i4)))') &
       (tab_ptr_musicien(i)%ptr,i=1,nb_mus)
end subroutine tri
```

```
function longevite(mus1,mus2)
!-- Fonction permettant de surcharger l'opérateur <
!-- afin de pouvoir spécifier des opérandes de type musicien.
!
  type(musicien), intent(in) :: mus1,mus2
  logical                    :: longevite
  integer                    :: duree_de_vie_mus1, &
                                duree_de_vie_mus2
  duree_de_vie_mus1 = mus1%annee_mort - mus1%annee_naiss
  duree_de_vie_mus2 = mus2%annee_mort - mus2%annee_naiss
  longevite = duree_de_vie_mus1 < duree_de_vie_mus2
end function longevite
!----------------------
subroutine mort_le_plus_jeune(mus,tab_mus)
!-- Procédure de surcharge de l'opérateur d'affectation "=".
!
  type(musicien), intent(out) :: mus
  type(musicien), dimension(:), intent(in) :: tab_mus
  mus = tab_mus(1)
  do i=2,nb_mus
!
! N.B.: ici l'utilisation de l'opérateur < provoque
! ---   l'appel à la fonction "longevite".
!       En fait : tab_mus(i) < mus  <=> longevite(tab_mus(i),mus)
!
    if (tab_mus(i) < mus) then
      mus = tab_mus(i)
    endif
  enddo
end subroutine mort_le_plus_jeune
!---------------------------------
function nom(mus)
!-- Fonction renvoyant les nom et prénom du musicien
!-- passé en argument.
  type(musicien), intent(in) :: mus
  character(len=38)          :: nom
!  write(nom, '(a16,1x,a21)') mus%prenom,mus%nom
  nom = trim(mus%prenom)//' '//mus%nom
end function nom

end module music
```

Exercice 8 : solution avec liste chaînée simple

```
module music
!---------------------------------
 type musicien
   private
   character(len=16)       :: prenom
   character(len=21)       :: nom
   integer                 :: annee_naiss,annee_mort
   type(musicien), pointer :: ptr
 end type musicien
!---------------------------------
 type(musicien), pointer   :: debut
!---------------------------------
 interface operator(<)
   module procedure longevite
 end interface
!
 interface operator(.MortLePlusJeune.)
    module procedure mort_le_plus_jeune
 end interface
```

```
contains
!---------------------------------
 subroutine init
  type(musicien)           :: mus
  type(musicien), pointer :: ptr_precedent, ptr_courant
  integer                  :: eof, err

  nullify(debut)
  nullify(mus%ptr)
  open(1,file="musiciens",action="read",status="old")
  do
    read(1,'(a16,1x,a21,2(1x,i4))',iostat=eof) &
                          mus%prenom,      &
                          mus%nom,         &
                          mus%annee_naiss, &
                          mus%annee_mort
    if (eof /= 0) exit
    allocate(ptr_courant, stat=err)
    if (err /= 0) stop 4
    if (.not.associated(debut)) then
      debut => ptr_courant
    else
      ptr_precedent%ptr => ptr_courant
    endif
    ptr_precedent => ptr_courant
    ptr_courant = mus
  enddo
  close(1)
  print *
  print *,'---- Liste des musiciens ----'
  print *
  call liste
 end subroutine init
```

```
 subroutine tri(critere)
!
! Cette procédure va trier la liste des musiciens soit par ordre
! alphabétique des noms soit par ordre chronologique en fonction
! du paramètre "critere" spécifié.
!
    character*(*),  intent(in) :: critere
    type(musicien), pointer    :: ptr_courant, &
                                  ptr_precedent, temp
    logical                    :: tri_termine, expr
    character(len=13)          :: mode

    do
      tri_termine = .true.
      ptr_courant   => debut
      ptr_precedent => debut
      do
        if (.not.associated(ptr_courant%ptr)) exit
        select case(critere)
          case("nom")
            mode = "alphabétique"
            expr = ptr_courant%nom > ptr_courant%ptr%nom
          case("annee")
            mode = "chronologique"
            expr = ptr_courant%annee_naiss > &
                   ptr_courant%ptr%annee_naiss
          case default
        end select
```

```
        if (expr) then
          if (associated(ptr_courant, debut)) then
            debut => ptr_courant%ptr
          else
            ptr_precedent%ptr => ptr_courant%ptr
          end if
          ptr_precedent        => ptr_precedent%ptr
          temp                 => ptr_courant%ptr%ptr
          ptr_courant%ptr%ptr => ptr_courant
          ptr_courant%ptr     => temp
          tri_termine = .false.
          cycle
        end if
        ptr_precedent => ptr_courant
        if (associated(ptr_courant%ptr)) &
            ptr_courant => ptr_courant%ptr
      end do
      if (tri_termine) exit
    end do
    print *
    print *,'---- Liste ',mode,' des musiciens ----'
    print *
    call liste
 end subroutine tri
!---------------------------------
 function longevite(mus1,mus2)
!
! Fonction permettant de surcharger l'opérateur <
! afin de pouvoir spécifier des opérandes de type musicien.
!
   type(musicien), intent(in) :: mus1,mus2
   logical                    :: longevite
   integer                    :: duree_de_vie_mus1, &
                                 duree_de_vie_mus2
   duree_de_vie_mus1 = mus1%annee_mort - mus1%annee_naiss
   duree_de_vie_mus2 = mus2%annee_mort - mus2%annee_naiss
   longevite = duree_de_vie_mus1 < duree_de_vie_mus2
 end function longevite
```

```
 function mort_le_plus_jeune(debut)
   type(musicien), intent(in) :: debut
   type(musicien)             :: mort_le_plus_jeune
   type(musicien), pointer    :: p_mus

   mort_le_plus_jeune = debut; p_mus => debut%ptr
   do while(associated(p_mus))
!
! N.B.: ici l'utilisation de l'opérateur < provoque
! ---   l'appel à la fonction "longevite".
!       En fait : p_mus < mort_le_plus_jeune  <=>
!                 longevite(p_mus, mort_le_plus_jeune)

     if (p_mus < mort_le_plus_jeune) &
         mort_le_plus_jeune = p_mus
     p_mus => p_mus%ptr
   enddo
 end function mort_le_plus_jeune
!---------------------------------
 function nom(mus)
!
! Fonction renvoyant les nom et prénom du musicien
! passé en argument.
!
   type(musicien), intent(in) :: mus
   character(len=38)          :: nom
!  write(nom, '(a16,1x,a21)')mus%prenom,mus%nom
   nom = trim(mus%prenom)//' '//mus%nom
 end function nom
```

```
  subroutine liste
    type(musicien), pointer :: ptr_courant

    ptr_courant => debut
    if (.not.associated(debut)) then
      print *,"Il n'existe aucun musicien !"
      stop  8
    end if
    do
     write(*,'((5x,a16,1x,a21,2(1x,i4)))') &
                  ptr_courant%prenom,      &
                  ptr_courant%nom,         &
                  ptr_courant%annee_naiss, &
                  ptr_courant%annee_mort
     if (.not.associated(ptr_courant%ptr)) exit
     ptr_courant => ptr_courant%ptr
    end do
  end subroutine liste

end module music
```

Exercice 8 : solution avec liste chaînée double

```
module music
!---------------------------------
 type musicien
   private
   character(len=16)         :: prenom
   character(len=21)         :: nom
   integer                   :: annee_naiss,annee_mort
   type(musicien), pointer :: ptr_precedent, ptr_suivant
 end type musicien
!---------------------------------
 type(musicien), pointer   :: debut
!---------------------------------
 interface operator(<)
   module procedure longevite
 end interface
!
 interface operator(.MortLePlusJeune.)
    module procedure mort_le_plus_jeune
 end interface
!---------------------------------
contains
```

```
subroutine init
 type(musicien)           :: mus
 type(musicien), pointer :: ptr_precedent, ptr_courant
 integer                  :: eof, err

 nullify(debut)
 nullify(mus%ptr_precedent)
 nullify(mus%ptr_suivant)
 open(1,file="musiciens",action="read",status="old")
 do
   read(1,'(a16,1x,a21,2(1x,i4))',iostat=eof)mus%prenom,      &
                                              mus%nom,         &
                                              mus%annee_naiss, &
                                              mus%annee_mort
   if (eof /= 0) exit
   allocate(ptr_courant, stat=err)
   if (err /= 0) stop 4
   ptr_courant = mus
   if (.not.associated(debut)) then
     debut => ptr_courant
   else
     ptr_precedent%ptr_suivant => ptr_courant
     ptr_courant%ptr_precedent => ptr_precedent
   endif
   ptr_precedent => ptr_courant
 enddo
 close(1)
 print *
 print *,'---- Liste des musiciens ----'
 print *
 call liste
end subroutine init
```

```
 subroutine tri(critere)
!
! Cette procédure va trier la liste des musiciens soit par ordre
! alphabétique des noms soit par ordre chronologique en fonction
! du paramètre "critere" spécifié.
!
    character*(*),  intent(in) :: critere
    type(musicien), pointer    :: ptr_courant, ptr
    integer                    :: err
    logical                    :: tri_termine, expr
    character(len=13)          :: mode

    do
      tri_termine = .true.
      ptr_courant   => debut
      do
        if (.not.associated(ptr_courant%ptr_suivant)) exit
        select case(critere)
          case("nom")
            mode = "alphabétique"
            expr = ptr_courant%nom > ptr_courant%ptr_suivant%nom
          case("annee")
            mode = "chronologique"
            expr = ptr_courant%annee_naiss > &
                   ptr_courant%ptr_suivant%annee_naiss
          case default
        end select
```

```
        if (expr) then
          allocate(ptr, stat=err)
          if (err /= 0) stop 4
          ptr = ptr_courant%ptr_suivant
          call insere(ptr_courant, ptr)
          call suppression(ptr_courant%ptr_suivant)
          tri_termine = .false.
          cycle
        end if
        if (associated(ptr_courant%ptr_suivant)) &
                       ptr_courant   => ptr_courant%ptr_suivant
      end do
      if (tri_termine) exit
    end do
    print *
    print *,'---- Liste ',mode,' des musiciens ----'
    print *
    call liste
 end subroutine tri
!
  subroutine insere(ptr_courant, ptr)
    type(musicien), pointer :: ptr_courant, ptr

    if (associated(ptr_courant, debut)) then
      debut => ptr
    else
      ptr_courant%ptr_precedent%ptr_suivant => ptr
    end if
    ptr%ptr_suivant => ptr_courant
    ptr%ptr_precedent => ptr_courant%ptr_precedent
    ptr_courant%ptr_precedent => ptr
  end subroutine insere
```

```
  subroutine suppression(ptr)
    type(musicien), pointer :: ptr
    type(musicien), pointer :: temp
    temp => ptr
    ptr  => ptr%ptr_suivant
    if (associated(temp%ptr_suivant)) &
      temp%ptr_suivant%ptr_precedent => temp%ptr_precedent
    deallocate(temp)
  end subroutine suppression
!---------------------------------
 function longevite(mus1,mus2)
!
! Fonction permettant de surcharger l'opérateur <
! afin de pouvoir spécifier des opérandes de type musicien.
!
   type(musicien), intent(in) :: mus1,mus2
   logical                    :: longevite
   integer                    :: duree_de_vie_mus1, &
                                 duree_de_vie_mus2
   duree_de_vie_mus1 = mus1%annee_mort - mus1%annee_naiss
   duree_de_vie_mus2 = mus2%annee_mort - mus2%annee_naiss
   longevite = duree_de_vie_mus1 < duree_de_vie_mus2
 end function longevite
!---------------------------------
 function mort_le_plus_jeune(debut)
   type(musicien), intent(in) :: debut
   type(musicien)             :: mort_le_plus_jeune
   type(musicien), pointer    :: p_mus
   mort_le_plus_jeune = debut; p_mus => debut%ptr_suivant
   do while(associated(p_mus))
!
! N.B.: ici l'utilisation de l'opérateur < provoque
! ---   l'appel à la fonction "longevite".
!       En fait : p_mus < mort_le_plus_jeune  <=>
!                 longevite(p_mus, mort_le_plus_jeune)
     if (p_mus < mort_le_plus_jeune) &
         mort_le_plus_jeune = p_mus
     p_mus => p_mus%ptr_suivant
   enddo
 end function mort_le_plus_jeune
```

```
 function nom(mus)
!
! Retourne les nom et prénom du musicien
! passe en argument.
!
   type(musicien), intent(in) :: mus
   character(len=38)          :: nom
   nom = trim(mus%prenom)//' '//mus%nom
 end function nom
!---------------------------------
  subroutine liste
   type(musicien), pointer :: ptr_courant
    ptr_courant => debut
    if (.not.associated(debut)) then
      print *,"Il n'existe aucun musicien!"
      stop  8
    end if
    do
     write(*,'((5x,a16,1x,a21,2(1x,i4)))') &
                  ptr_courant%prenom,      &
                  ptr_courant%nom,         &
                  ptr_courant%annee_naiss, &
                  ptr_courant%annee_mort
     if (.not.associated(ptr_courant%ptr_suivant)) exit
     ptr_courant => ptr_courant%ptr_suivant
    end do
    print *
    print *,"Liste inversée"
    print *,"--------------"
    print *
    do
     write(*,'((5x,a16,1x,a21,2(1x,i4)))') &
                  ptr_courant%prenom,      &
                  ptr_courant%nom,         &
                  ptr_courant%annee_naiss, &
                  ptr_courant%annee_mort
     if (associated(ptr_courant, debut)) exit
     ptr_courant => ptr_courant%ptr_precedent
    end do
  end subroutine liste
end module music
```

Exercice 9 : corrigé

```
module matrix
  integer           :: nb_lignes, nb_col
  integer, private :: err

  type matrice
    private
    logical                        :: CreeParFonction
    integer                        :: n,m
    real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat
  ! real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat => NULL()
  end type matrice

  private  :: add, trans, taille_mat, valorisation, affect
!--------------------------------
  interface operator(+)
     module procedure add
  end interface
!--------------------------------
  interface operator(.tr.)
    module procedure trans
  end interface
!--------------------------------
  interface operator(.vp.)
     module procedure val_propres
  end interface
!--------------------------------
  interface assignment(=)
    module procedure taille_mat, valorisation, affect
  end interface
!--------------------------------
```

```
contains
!---------------------------------
  subroutine init(a)
  !----------------> Inutile en Fortran 95 !
    type(matrice), intent(out) :: a
    a%n = 0 ; a%m = 0 ; nullify(a%ptr_mat)
  end subroutine init
!---------------------------------
  subroutine valorisation(a,t)
    type(matrice),      intent(inout) :: a
    real, dimension(:), intent(in)    :: t
     ....
  end subroutine valorisation
!---------------------------------
  subroutine poubelle(a)
    type(matrice), intent(inout) :: a
     ....
  end subroutine poubelle
!---------------------------------
  function add(a,b)
    type(matrice), intent(in)   :: a,b
    type(matrice)               :: add
     ....
  end function add
!---------------------------------
  function trans(a)
    type(matrice), intent(in)   :: a
    type(matrice)               :: trans
     ....
  end function trans
!---------------------------------
  function val_propres(a)
   type(matrice), intent(in)     :: a
   complex, dimension(nb_lignes) :: val_propres
   if (associated(a%ptr_mat)) then
     call evlrg(nb_lignes, a%ptr_mat, nb_lignes, val_propres)
   else
     Stop *, "Objet non existant"
   end if
  end function val_propres
```

```
  subroutine taille_mat(i,a)
    integer,         intent(out) :: i
    type(matrice), intent(in)  :: a
    i = a%n*a%m
  end subroutine taille_mat
!--------------------------------
  subroutine affect(a,b)
    type(matrice), intent(inout) :: a
    type(matrice), intent(in)    :: b
     ....
  end subroutine affect
!--------------------------------
  subroutine imp(a)
    type(matrice), intent(in)  :: a
    integer(kind=2)            :: i

    print '(//, a, /)', "             Matrice : "
    do i=1,a%n
      print *,a%ptr_mat(i,:)
    enddo
    if (a%CreeParFonction) &
      deallocate(a%ptr_mat)
  end subroutine imp
!--------------------------------
   logical function erreur()
     erreur = iercd() /= 0
   end function erreur
!--------------------------------
   subroutine imp_vp(vec)
     complex, dimension(:) :: vec
     integer               :: i

     print '(//, a, /)', "           Valeurs propres : "
     do i=1,size(vec)
       print '("Valeur propre N.", i2, " : (", 1pe9.2, "   , ", &
               1pe9.2, ")")', i, real(vec(i)), aimag(vec(i))
     end do
   end subroutine imp_vp
end module matrix
```

Annexe B2 – Exercice 9 : corrigé

```
program exo9
  use matrix
  type(matrice)   :: a
  real,    dimension(:), allocatable :: val_init
  complex, dimension(:), allocatable :: val_pr
  open(unit=10, file="exo9.data", form='formatted', action='read')
  call init(a) ! <=== inutile en Fortran 95
  read(10, advance='no', fmt='(i1)') nb_lignes
  nb_col = nb_lignes
  allocate(val_init(nb_lignes*nb_col))
  allocate(val_pr(nb_col))
  read(10, *) val_init
  close(10)
  a = val_init
! ---------------
  val_pr = .vp. a
! ---------------
  if (erreur()) then
    print *,"La méthode diverge"
  else
    call imp(a)
    call imp_vp(val_pr)
  end if
  call poubelle(a)
end program exo9
```


INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE

À propos de l'exemple du paragraphe 11.4 page 171

Lors de l'affectation `a = b` (cf. exemple référençé ci-dessus) nous avions posé les questions suivantes :

- **Que se passe-t'il ?**
  Lors de l'affectation entre deux structures le compilateur réalise effectivement des affectations entre les composantes sauf pour celles qui ont l'attribut **pointeur** pour lesquelles il réalise une **association**. Dans notre exemple il effectue donc :
  `a%ptr_mat => b%ptr_mat` ; `a%ptr_mat` prend donc l'état de `b%ptr_mat` c.-à-d. associé à la même cible. De ce fait la zone mémoire *anonyme* qui était auparavant associée à `a%ptr_mat` ne peut plus être référencée et devient donc une zone dormante encombrante et inutile ! De plus, `a` et `b` ne sont plus indépendants.

- **Que faudrait-il faire ?**
  Dans ce cas, il est préférable de surcharger l'opérateur d'affectation en gardant la maîtrise complète des opérations à effectuer. Dans le module `matrix`, on rajoute donc la procédure `affect` au niveau du bloc interface `interface assignment(=)` et on écrit un sous-programme `affect` du type de celui dont vous avez la liste sur la page suivante. La solution adoptée élimine le problème de la zone *anonyme dormante* et évite les problèmes liés à la non-initialisation éventuelle des variables de l'affectation.

Cours Fortran 90 : Annexe C
Zones anonymes dormantes

```
module matrix        !<=== Solution avec redéfinition de
  .......            !     l'affectation (cf. original page (**))
  .......
!--------------------------------
  interface assignment(=)
    module procedure taille_mat, valorisation, affect
  end interface
!--------------------------------
contains
 ........
!--------------------------------
  subroutine affect(a,b)
    type(matrice), intent(inout) :: a
    type(matrice), intent(in)    :: b
    if (.not.associated(b%ptr_mat)) &
    stop "Erreur : membre de droite de l'affectation non &
          &initialisé"
    if (associated(a%ptr_mat)) then
      if(any(shape(a%ptr_mat) /= shape(b%ptr_mat))) &
      stop "Erreur ==> affect. entre matrices non conformantes"
    else
      allocate(a%ptr_mat(b%n,b%m), stat=err)
      if (err /= 0) &
      stop "Erreur ==> allocation membre de gauche mal passée"
!     Note : dans certains cas il peut être préférable de laisser
!     ----   le compilateur gérer l'erreur pour pouvoir récupérer
!            la "traceback" éventuellement plus informative.
!            Dans ce cas, stat=err ne doit pas être spécifié.
    end if
    a%n = b%n ; a%m = b%m
    a%ptr_mat = b%ptr_mat
  end subroutine affect
!--------------------------------
 ........
end module matrix
```

(**) ⟹ page 171

Question : que se passe-t'il alors dans les 2 cas suivants ?

1. `c = a + b + d` ou bien, `c = .tr.(a + b)`
2. `do i=1,n; ....; c = a + b; ....; end do`

Cas 1 : le compilateur évalue d'abord `a+b` via la fonction `add` qui alloue dynamiquement une matrice `add` qui sera soit à nouveau additionnée à `d`, soit transposée via la fonction `trans`. Les matrices `add` (ou `trans`) ainsi créées à chaque appel de la fonction `add` (ou `trans`) deviennent inaccessibles ; ce sont des zones *anonymes dormantes*.

Cas 2 : la fonction `add` alloue à chaque itération une nouvelle zone *anonyme dormante* pour stocker le résultat de `a+b` affecté ensuite à `c` via `affect` ⟹ **Risque de saturation mémoire !**

Tous les compilateurs ne disposant pas d'un *ramasse-miettes* pour la libération automatique de ces *zones dormantes*, il est souhaitable de prendre en charge cette fonction. Pour ce faire nous allons ajouter au type matrice une composante supplémentaire permettant de savoir si un objet de ce type a été "**créé par une fonction**". De type logique, cette composante sera *vraie* si la création est faite dans une fonction comme `add` ou `trans` et *fausse* dans les autres cas. Là où c'est nécessaire (procédures `add`, `trans`, `affect` et `imp`) on ajoute alors la libération de la *zone anonyme dormante* si cette composante est *vraie*.

⊳⊳⊳ Voici un extrait de la solution adoptée (cf. page suivante).

Cours Fortran 90 : Annexe C
Zones anonymes dormantes

```
module matrix               ! <=== Solution avec "ramasse-miettes"
  ........                  !      Cf. original page (**)
  type matrice
    private
    logical                          :: CreeParFonction
    integer                          :: n,m
    real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat
  ! real, dimension(:,:), pointer :: ptr_mat => NULL()
  end type matrice
  ........
contains
  ........
  subroutine valorisation(a,t)
    ........
    a%CreeParFonction = .false. !<-- Si a alloué dans valorisation
  end subroutine valorisation
  subroutine poubelle(a)
    ........
    a%CreeParFonction = .false. !<-- Si a libéré dans poubelle
  end subroutine poubelle
  function add(a,b)
    ........
    add%CreeParFonction = .true.
    if (a%CreeParFonction) deallocate(a%ptr_mat)
    if (b%CreeParFonction) deallocate(b%ptr_mat)
  end function add
  function trans(a)
    ........
    trans%CreeParFonction = .true.
    if (a%CreeParFonction) deallocate(a%ptr_mat)
  end function trans
  ........
  subroutine affect(a,b)  !<=== Cf. version modifiée page (***)
    ........
    a%CreeParFonction = .false.   !<-- Si a alloué dans affect
    if (b%CreeParFonction) deallocate(b%ptr_mat)
  end subroutine affect
  ........
```

(**) ⟹ page 171 (***) ⟹ page 238

Dérivée d'une matrice via CSHIFT

Soit à calculer la dérivée D(M,N) suivant la 2e dimension d'une matrice F(M,N) :

- **via une double boucle classique** :

```
do i=1,M
  do j=1,N
    D(i,j) = 0.5 * ( F(i,j+1) -F(i,j-1) )
  end do
end do
```

  Mais il faudrait rajouter le traitement périodique des données aux frontières, c.-à-d. :
  remplacer F(:,N+1) par F(:,1) et
  remplacer F(:,0) par F(:,N)

- **avec la fonction CSHIFT** :

```
D(:,:) = 0.5 * ( CSHIFT(F,1,2) - CSHIFT(F,-1,2) )
```

  La fonction CSHIFT traite automatiquement le problème des frontières.

Fonctions PACK/UNPACK : exemple

Compression/décompression d'une matrice tridiagonale

```
integer,parameter            :: n=5
real,    dimension(n,n)      :: a
logical, dimension(n,n)      :: m
real,dimension(n + 2*(n-1)) :: v
!--Valorisation de la matrice A
. . . . . . .
. . . . . . .
!--Création d'un masque tridiagonal
m=reshape((/ ((i==j .or. i==j-1 .or.    &
               i==j+1,i=1,n),j=1,n) /), &
               shape=(/ n,n /))
!--Compression (éléments tri-diagonaux)
v=pack(a,mask=m)
!--Traitement des éléments tridiagonaux compressés
v = v+1.
. . . . . . .
!--Décompression après traitement
a=unpack(v,mask=m,field=a)
!--Impression
do i=1,size(a,1)
  print '(10(1x,f7.5))', a(i,:)
end do
 .....
```

Sont autorisés :

- constructeur de vecteur (avec boucles implicites) :

  `integer,dimension(10) :: t1=(/ (i*2,i=1,10) /)`

- constructeur de structure :

  `type(couleur) :: c2=couleur('Vert',(/ 0.,1.,0. /) )`

- fonctions intrinsèques élémentaires si arguments d'appel et valeur retournée sont de type `INTEGER/CHARACTER` :

  `INT(N,KIND=2)` (`N` constante symbolique entière)

  `INDEX(STR,"IDRIS")` ou, `12**4`

  `REAL(I)` n'est pas permis (retourne un réel).

- fonctions intrinsèques d'interrogation :

  `SIZE(A,1)*4` ou, `KIND(0.0D0)`

- certaines fonctions de transformation : `REPEAT`,`RESHAPE`, `SELECTED_INT_KIND`,`SELECTED_REAL_KIND`,`TRANSFER`,`TRIM`

  ```
  integer,dimension(4,2) :: t = &
            reshape((/(i,i=1,8)/),(/4,2/))
  ```

Sont exclues : `ALL,ANY,COUNT,CSHIFT,DOT_PRODUCT,EOSHIFT, MATMUL,MAXLOC,MAXVAL,MINLOC,MINVAL,PACK,PRODUCT, SPREAD,SUM,TRANSPOSE,UNPACK`.

Norme 95 : toutes les fonctions intrinsèques sont autorisées ainsi que les fonctions "`pure`" en contexte d'interface explicite. Ces dernières ne doivent alors être ni internes ni récursives et n'avoir aucun argument de type procédural.

Petit exemple de liste chaînée :

```
module A
  type cel
    real, dimension(4) :: x
    character(len=10)  :: str
    type(cel), pointer :: p
  end type cel
contains
  subroutine listage(debut)
    type(cel), pointer :: debut, ptr_courant
    ptr_courant => debut
    do while(associated(ptr_courant%p))
      print *, ptr_courant%x, ptr_courant%str
      ptr_courant => ptr_courant%p
    end do
    print *, ptr_courant%x, ptr_courant%str
  end subroutine listage
end module A
program liste
  use A
  type(cel), pointer :: debut, ptr_courant, ptr_precedent
  nullify(debut)
  do
    if (.not.associated(debut)) then
      allocate(debut) ; ptr_courant => debut
    else
      allocate(ptr_courant) ; ptr_precedent%p => ptr_courant
    end if
    read *, ptr_courant%x, ptr_courant%str ; nullify(ptr_courant%p)
    ptr_precedent => ptr_courant
    if (ptr_courant%str == "fin") exit
  end do
  call listage(debut)
end program liste
```

COMMON et tableau à profil différé

```
!real,allocatable,dimension(:,:)   :: P  ! INTERDIT
 real,pointer,    dimension(:,:)   :: P
 real,target ,    dimension(10,10) :: T1,T2,TAB
 common /comm1/ P,T1,T2
 .......
 P => T1  ! associé avec un tableau du common
 ........
 P => TAB ! associé avec un tableau local
 ........
 allocate(P(50,90)) ! P : alias zone anonyme (50x90)
 ........
```

- L'attribut ALLOCATABLE est interdit pour un tableau figurant dans un COMMON.
- Quelle que soit l'unité de programme où il se trouve, un pointeur appartenant à un COMMON doit forcément être de même type et de même rang. Le nom importe peu. Il peut être associé à un tableau existant ou à un tableau alloué dynamiquement. Cette association est connue par toute unité de programme possédant ce COMMON.
- Attention : après chacune des deux dernières associations ci-dessus, seul le pointeur P fait partie du COMMON (pas la cible).

Annexe G : contrôle de procédure F77 via interface "générique et explicite"

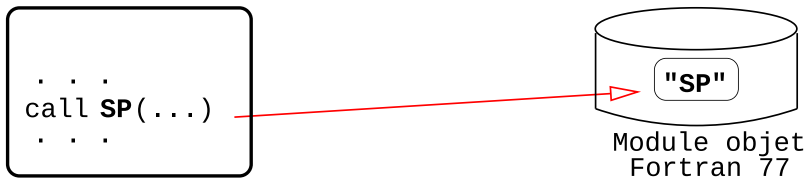


Schéma 1 : appel classique d'un sous-progr. SP contenu dans un *module objet* Fortran 77 en mode "interface implicite " sans contrôle inter-procédural.

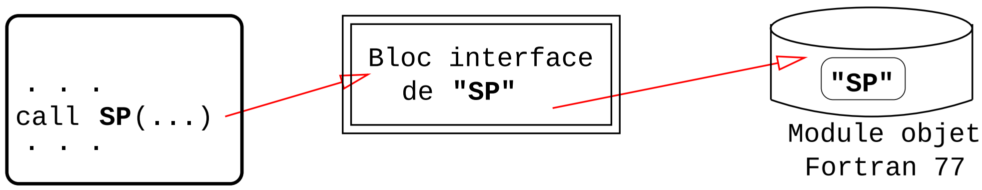


Schéma 2 : idem en contrôlant le passage d'arguments via un "**bloc interface**".

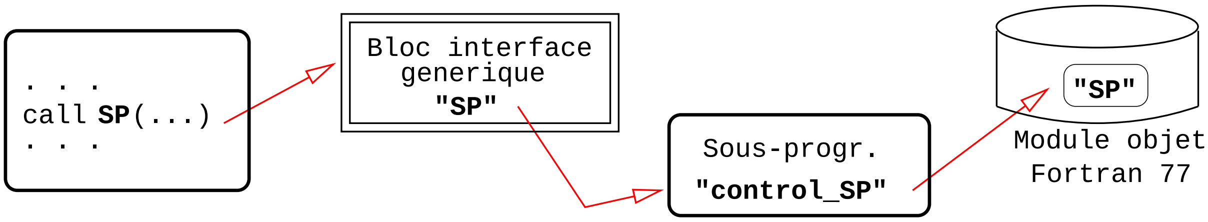


Schéma 3 : idem en utilisant un **bloc interface générique SP** appelant un sous-programme `control_SP` contrôlant l'appel de SP avec la notion d'arguments optionnels et de valeurs par défaut associées (cf. exemple ci-après).

Annexe G : contrôle de procédure F77 via interface “générique et explicite”

```
      SUBROUTINE SP(X,I,J)
      J=I+X
      WRITE(6,*)'*** SP (F77) *** : X, I, J=',X, I, J
      END
!------------------------------------------------------
module mod1
contains
 subroutine control_SP(arg1,arg2,arg3)
   implicit none
   real,intent(in)                :: arg1
   integer,intent(inout),optional:: arg2
   integer,intent(out)            :: arg3    !----------
   integer                        :: my_arg2 ! Attention
   if(.not. present(arg2)) then !----------------------
       my_arg2 = 1              !<- "arg2=1" interdit !
     else                       !----------------------
       my_arg2 = arg2
   end if                       !----------------------
   call SP(arg1, my_arg2, arg3) !<- Appel NON générique
 end subroutine control_SP      !----------------------
end module mod1
!------------------------------------------------------
module module_generic
 use mod1
 interface SP                   !--------------------
   module procedure control_SP  !<- Bloc interface SP
 end interface                  !--------------------
end module module_generic
!------------------------------------------------------
program prog
 use module_generic
 implicit none
 real    :: x=88.
 integer :: j                   !------------------
 call SP(arg1=x,arg3=j)         !<- Appel générique
 print *, "Fin de prog : ",x,j  !------------------
end program prog
```

Index

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
ET DES RESSOURCES
EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE