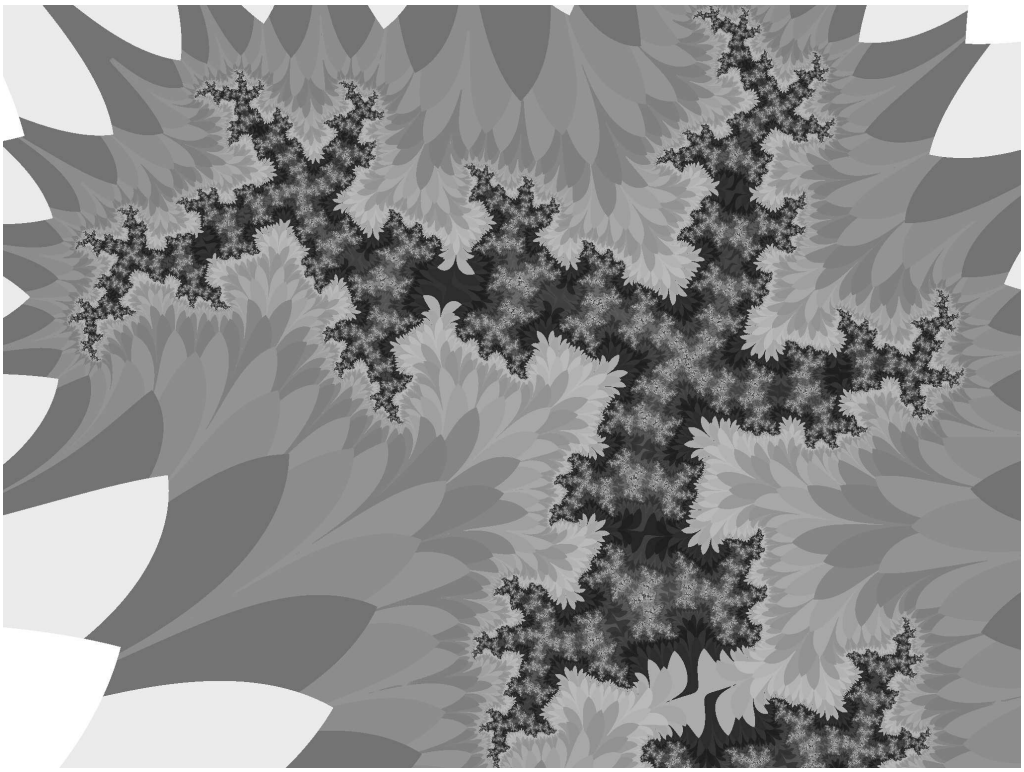
Fortran 77

Langage d'un autre age



Laurent Mazet mazet@softndesign.org

Table des matières

Chapitre 1

Introduction au FORTRAN

Ce chapitre a pour but de présenter de manière relativement condensée le langage FORTRAN.

1.1 Histoire du FORTRAN

D'apres Jean Sammet[1], le premier document faisant référence au langage FORTRAN date du 10 novembre 1954. FORTRAN vient, en fait, de *The IBM Mathematical Formula Translation System*. Il a été initialement conçu pour simplifier la programmation de calculs numériques sur les plateformes IBM 704.
La première version du FORTRAN n'est apparue qu'au début de l'année 1957 et même si les programmes obtenus à partir de code FORTRAN étaient plus lents que ceux obtenus à partir de codes en langage machine, le FORTRAN s'est imposé auprès de la communauté scientifique : il était bien plus simple à écrire. Très rapidement, il a été possible de réutiliser des codes FORTRAN sur d'autres plateformes que celles d'IBM.
Au début des années soixante, est apparue une myriade de compilateurs FORTRAN qui n'obéissaient pas exactement aux mêmes conventions de syntaxe. En 1966, il y eu une première tentative de normalisation du langage (travaux du Working Group X3.4.3 de l'American Standards Association) mais le groupe de travail n'a pas réussi à s'entendre sur un standard unique. C'est ainsi que sont nées deux normalisations distinctes : *FORTRAN* et *Basic FORTRAN*. En 1978, le même groupe de travail s'est de nouveau réuni et les spécifications du *FORTRAN 77* furent adoptées.
Depuis, le langage a encore évolué, deux autres standards sont nés, *FORTRAN 90* et *FORTRAN 95*, mais cela est une autre histoire…

1.2 Conventions de base

Comme tout langage, le FORTRAN utilise des règles pour fonctionner. Tout d'abord, nous verrons les règles de typage des données ainsi que des structures essentielles à l'implémentation d'algorithmes. Ensuite, nous verrons les conventions d'écriture d'un programme FORTRAN nécessaire à sa compilation et à son exécution.

1.2.1 Type de données

Le FORTRAN possède trois types de données : numériques, alphanumériques, et logiques. Chacune d'elles doit être utilisée avec discernement.

Données numériques

Les données numériques se subdivisent en *entiers*, *rationnels*, et *complexes*.
***Le type* INTEGER.** Ce sont les nombres appartenant à $\mathbb{Z}$. Pour écrire des nombres entiers en FORTRAN, il suffit, simplement, d'entrer leurs valeurs (avec ou sans signe) sans toutefois utiliser de point décimal (les rationnels ne sont pas des entiers).
Exemple :

[1] Sammet, J., *Programming Languages : History and Fundamentals* (Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1974

```
5           -32         42
23422       0           -132323
```

***Le type* REAL.** Ce sont, en fait, les nombres rationnels (appartenant à $\mathbb{Q}$). Ils peuvent être écrits de façon classique ou sous forme condensée avec une mantisse et un exposant[2].
Exemple :

```
3.1416      -1.         1.4E-18
```

***Le type* COMPLEX.** Les nombres complexes sont aussi directement utilisables en FORTRAN (c'est à la base un langage à vocation scientifique). La partie réelle et la partie imaginaire sont considérées comme deux nombres rationnels assemblés entre parenthèses et séparés par une virgule.
Exemple :

```
(2,3.21)    (3.4,-3)    (2,3)
```

Données alphanumériques

Les chaînes de caractères, c'est-à-dire les mots, phrases, paragraphes ou même simples caractères, s'écrivent de deux façons différentes qui sont équivalentes.
Notation de Hollerith. C'est un lointain héritage des premiers compilateurs FORTRAN. Le nombre de caractères de la chaîne est précisé, suivi de la lettre « H » , puis la chaîne elle même est écrite.
Exemple :

```
10HNOIR DESIR
```

Ici, la chaîne comporte 10 caractères. L'espace au milieu est compris dans le comptage.
Notation entre quotes. La deuxième méthode est bien plus simple. Il suffit de mettre la chaîne entre quotes.
Exemple :

```
'CLUB'      '666 667'   'BERTRAND CANTAT'
```

Données logiques

Ce sont des données booléennes (qui ne peuvent prendre que deux valeurs, soit Vrai soit Faux). Cela s'écrit :

```
.True.
.False.
```

1.2.2 Variables

Les variables sont des cases mémoire permettant de stocker des données. Les noms des variables obéissent à des règles strictes :
– Seules les lettres (de A à Z) et les chiffres (de 0 à 9) sont autorisés.
– Le premier caractère du nom doit être une lettre.
– La taille des noms de variables ne doit pas dépasser 6 caractères.

Variables typées

Pour chacun des types de données il existe un mot clé permettant de déclarer une variable du type désiré. Ainsi

```
INTEGER Liste-de-variables
```

permet de déclarer des variables de type entier[3]. De même

```
REAL Liste-de-variables
```

permet de déclarer des variables de type rationnel et

[2] c'est-à-dire en utilisant la notation scientifique mantisse $\times 10^{\text{exposant}}$
[3] Une liste de variables est un ou plusieurs noms de variables séparés par des vigules.

```
COMPLEX Liste-de-variables
```

pour les variables de type complexe.

```
LOGICAL Liste-de-variables
```

pour les variables de type booléen.

```
CHARACTER V1*N1,V2*N2, . . . ,VN*NN
```

déclare des variables de type chaîne de caractères. `N1,N2, . . . ,NN` représentent les nombres de caractères stockables dans chacune des variables. Si toutes les chaînes de caractères doivent avoir la même taille, il est aussi possible d'écrire :

```
CHARACTER*N Liste-de-variables
```

Déclaration implicite

D'autre part, il est possible de déclarer un ensemble de noms de variables d'un certain type. L'instruction `IMPLICIT` permet de déclarer que toutes les variables dont le nom commence par une certaine lettre sont d'un même type. Sa syntaxe est :

```
IMPLICIT Type (L1-L2)
```

`L1` et `L2` sont les deux lettres extrêmes (`L2` et le tiret sont facultatifs si l'on ne veut déclarer d'un même type que des variables commençant par une seule même lettre) et `Type`, le type commun.

Variables non déclarées

En FORTRAN, si une variable est utilisée sans avoir été déclarée, son type dépend de la première lettre de son nom. Si son nom commence par I, J, K, L, M ou N c'est un entier. Sinon c'est un rationnel.
Il est toutefois **fortement** recommandé de toujours déclarer les variables de manière explicite.

1.2.3 Structure d'un programme

La structure d'un programme en FORTRAN (comme pour tout autre langage de programmation) obéit à certaines règles.

Mise en page d'un programme

Une ligne en FORTRAN ne peut contenir qu'au maximum 80 caractères. De plus, ces 80 caractères se décomposent en quatre champs différents :

- Du premier au cinquième se trouve le champ dit de référence. Il permet d'attribuer un numéro (de 1 à 99999) à la ligne pour pouvoir y accéder directement via des fonctions de déplacement dans le programme. Toutefois, c'est aussi dans ce champ que l'on peut déclarer qu'une ligne n'est pas à prendre en compte mais est, en fait, un commentaire, en utilisant comme premier caractère un « C » ou un « * » .
- Le sixième caractère indique que la ligne actuelle n'est que la suite de la ligne précédente. C'est très utile pour pouvoir entrer des lignes de calculs ou de programmation comportant plus de 66 caractères. En effet, tout caractère (excepté « 0 ») permet de prolonger la ligne précédente. Par convention, nous utiliserons dans ce manuel le caractère « + » .
- Le troisième champ (c'est-à-dire du caractère 7 au caractère 72) comprend véritablement les commandes FORTRAN.
- Enfin, le dernier champ (de 73 à 80) n'est pas interprété par le compilateur FORTRAN 77. Il permet de commenter une ligne de commande.

La commande *PROGRAM*

Cette commande n'est pas obligatoire en FORTRAN 77 mais elle permet de nommer un programme. Si elle existe, ce doit être la première ligne d'un programme. Sa syntaxe est :

```
PROGRAM Name
```

Il est recommandé de commencer tout programme par cette ligne. C'est une aide à la programmation.

La commande *END*

C'est la dernière commande de tout programme FORTRAN. Celle-ci, par contre, est obligatoire. Sa syntaxe est :

```
END
```

Toute ligne écrite au delà n'est pas prise en compte ou bien, celle-ci plante le compilateur (cela dépend de l'implémentation de ce dernier).

La commande *STOP*

Elle permet de sortir d'un programme sans toutefois avoir atteint la dernière ligne du programme. Sa syntaxe est :

```
STOP
```

Elle est strictement équivalente à la commande `END` mais plus souple d'utilisation puisqu'elle permet d'avoir plusieurs points de sortie dans un même programme et qu'elle permet de renvoyer un code de référence.

L'instruction *DATA*

Elle permet de stocker des valeurs dans des variables sans faire d'opération d'affectation. Elle n'est pas executée par le programme mais directement interprétée par le compilateur qui, au lieu d'initialiser des variables à zéro, les initialisera à la valeur souhaitée. Sa syntaxe est :

```
DATA Liste_de_variables/Liste_de_valeur/
```

La syntaxe de la liste de valeur est la suivante :
- Chacune des valeurs est séparée par une virgule.
- Si N variables doivent être initialisées à la même valeur, il est possible de ne pas répéter N fois cette valeur et d'écrire `Valeur*N`.

Exemple :

```
REAL A,B,C,D
INTEGER I,J,K
DATA A,B,C,I/1.0,2.0,3.0,-1/
DATA J,K/-6*2/
```

La commande *GO TO*

Elle permet de se déplacer dans un programme sans exécuter d'instruction. Sa syntaxe est :

```
GO TO N
```

ou N indique le numéro de ligne où le programme doit reprendre son exécution.

La commande *CONTINUE*

Cette commande ne fait rien. Elle peut être utile pour remplir des lignes de programme dont le principal intérêt est leur numéro de référence.

Structure d'un bloc

Comme cela a été vu précédemment, tout programme commence par la commande `PROGRAM` et se termine par la commande `END`. Toutefois, entre ces deux commandes, les instructions se distinguent en deux parties :
- La partie déclarative contient les instructions relatives aux déclarations de variables, de constantes, de paramètres et de formats. La plupart de ces instructions seront développées dans les chapitres qui vont suivrent.
- La partie fonctionnelle contient véritablement l'algorithme du programme.

Il est bien évident que si l'on distingue deux parties, c'est que les déclarations en tout genre ne doivent pas apparaître entre deux commandes et vice-versa, c'est-à-dire que la partie déclarative commence tout programme et est suivie de la partie fonctionnelle.

1.3 Fonctions essentielles

Maintenant que nous savons écrire à la mode FORTRAN, il ne nous manque que les ingrédients pour commencer notre cuisine.

1.3.1 Gestion des intéractions

Dans tout programme, il est nécessaire d'avoir des intéractions entre ce dernier et l'utilisateur. C'est-à-dire, permettre à l'utilisateur d'entrer des données et au programme d'afficher des résultats.

La commande *READ*

Elle permet de lire des données entrées via un périphérique (essentiellement le clavier ou un fichier). Sa syntaxe est :

```
READ*, Liste_de_variables
READ(N,*) Liste_de_variables
```

Où N est l'identificateur d'un flux de données[4]. Pour le clavier, c'est généralement 5. Quelle que soit la forme utilisée, lors de l'exécution du programme, il faut, bien sûr, respecter le type des données.

La commande *PRINT*

Elle permet d'afficher des informations ou des variables à l'écran. Sa syntaxe est :

```
PRINT*, Liste_a_afficher
```

On peut donc écrire :

```
REAL A,B
PRINT*, 'Entrer deux nombres'
READ*, A,B
PRINT*, 'Le resultat de',A,'+',B,' est :',A+B
```

La commande *WRITE*

Cette commande est équivalente à PRINT mais sa syntaxe est légèrement différente.

```
WRITE(N,*) Liste_a_afficher
```

Comme pour la deuxième forme de la commande READ, N est l'indentificateur d'un flux de données. Pour l'écran, c'est généralement 6.

1.3.2 Opérateurs arithmétiques

Le FORTRAN possède six opérateurs arithmétiques dont il faut connaître les différentes priorités.

L'addition

C'est l'opérateur « + »

```
NOMBRE1+NOMBRE2
```

La soustraction

C'est l'opérateur « - »

```
NOMBRE1-NOMBRE2
```

[4]Pour plus de détails, se reporter au chapitre 3.2.1

La multiplication

C'est l'opérateur « * »

```
NOMBRE1*NOMBRE2
```

La division

C'est l'opérateur « / »

```
NOMBRE1/NOMBRE2
```

Si le numérateur ou le dénominateur est un rationnel, le résultat est rationnel. Si ce sont des entiers, c'est en fait une division euclidienne et le résultat un entier.

La puissance

C'est l'opérateur « ** »

```
NOMBRE1**NOMBRE2
```

Il permet de calculer x^y. Comme les deux nombres peuvent être des rationnels, il est possible de calculer des exposants fractionnaires.

La négation

C'est l'opérateur unaire « - »

```
-NOMBRE1
(-NOMBRE1)
```

L'affectation

Ce n'est pas un opérateur arithmétique mais c'est un opérateur pour le langage FORTRAN. On peut donc écrire :

```
VAR = NOMBRE
VAR1 = VAR2
```

Il faut, bien sûr, que les deux membres de l'affectation soient de types compatibles.

Hiérarchie des opérateurs

Chacun des opérateurs a une priorité différente permettant d'évaluer une expression de façon unique. Ainsi :
– L'exposant a la plus haute priorité.
– La multiplication et la division ont une priorité intermédiaire.
– L'addition, la soustraction et la négation sont de plus basse priorité.
Pour clarifier des situations ambigües, les parenthèses permettent de regrouper des calculs intermédiaires.
Pour traduire en FORTRAN l'expression mathématique

$$x^2 - \frac{x + x^3}{x - \frac{1}{x}}$$

on peut écrire :

```
X**2+(X+X**3)/(X-1/X)
X*(X+(1+X**2)/(X-1/X)
X**2*(1+(1+X**2)/(X**2-1))
```

Toutefois, comme les commandes sont interprétées de gauche à droite, deux opérateurs de même priorité travaillant sur des données de types différents ne vont pas donner le même résultat suivant l'ordre des données elles-mêmes.
Exemple :

```
M = 6
N = 5
A = 2.5
B = M/N*A
C = A*M/N
```

B va valoir 2.5 et C 3.0. Surprenant, non ?

1.3.3 Opérateurs de chaînes de caractères

Il existe aussi des opérateurs permettant d'effectuer les opérations standards sur les chaînes de caractères, c'est-à-dire la concaténation et l'extraction de chaînes de caractères.

La concaténation

C'est l'opérateur « // »

```
Chaine1//Chaine2
```

Si l'on veut stocker le résultat dans une troisième chaîne, il faut, bien sûr, lui prévoir une taille suffisamment grande pour recevoir les deux autres chaînes.

L'extraction

C'est un opérateur unaire

```
Chaine(I:J)
```

ou I et J sont deux entiers inférieurs ou égaux à la taille de la chaîne de caractères et I est inférieur ou égal à J. Ils représentent la position du premier et du dernier caractère à extraire. L'un des deux indices peut être négligé pour extraire simplement les J premiers caractères ou les J derniers.
Attention, une opération de type

$$b = a + b$$

peut s'avérer catastrophique. En effet, le compilateur FORTRAN effectue les opérations sur les chaînes, caractère par caractère. Et un programme tel que :

```
PROGRAM TEST
CHARACTER CH*9, CH1*2
CH = ' revoir'
CH1 = 'au'
CH = CH1 // CH(1:7)
PRINT*, CH
STOP
END
```

affichera

```
auauauaua
```

1.3.4 Opérateurs logiques

Ces opérateurs peuvent être regroupés en deux catégories. Certains permettent de comparer des données de même type, d'autres permettent d'effectuer des opérations booléennes sur des données logiques.

Opérateur	Syntaxe en FORTRAN	Sens
`.EQ.`	`A.EQ.B`	A est égal à B
`.NE.`	`A.NE.B`	A est différent de B
`.LT.`	`A.LT.B`	A est strictement inférieur à B
`.GT.`	`A.GT.B`	A est strictement supérieur à B
`.LE.`	`A.LE.B`	A est inférieur ou égal à B
`.GE.`	`A.GE.B`	A est supérieur ou égal à B

TAB. 1.1 – Table des opérateurs d'ordre.

Relation d'ordre

Ces opérateurs comparent deux données de type `INTERGER`, `REAL` ou `CHARACTER` en fonction d'un certain critère pour déterminer si le résultat est vrai ou faux. Leur syntaxe est :

```
Operande1 OPERATEUR Operande2
```

La liste des opérateurs se trouve dans le tableau 1.1.
Ainsi

```
42 .LE. 23.0
```

est faux puisque 43 est supérieur à 23. Notons que le FORTRAN a converti l'entier 43 en rationnel pour effectuer la comparaison. De la même façon, il est possible de comparer des chaînes de caractères.

```
'ABCE' .GT. 'ABD'
```

Cette commande renvoie faux car le code ASCII de « C » est plus petit que celui de « D » .

Opérateurs booléens

Ils permettent d'effectuer les trois opérations booléennes standards.
Et *logique* Sa syntaxe est :

```
A .AND. B
```

Son résultat est vrai si A et B sont vrais.
Ou *logique* Sa syntaxe est :

```
A .OR. B
```

Son résultat est vrai si A ou B sont vrais.
Equivalent *logique* Sa syntaxe est :

```
A .EQV. B
```

Son résultat est vrai si A et B sont de même valeur (vrais ou faux en même temps).
Ou exclusif *logique* Sa syntaxe est :

```
A .NEQV. B
```

Son résultat est vrai si seul A ou B est vrai.
Non *logique* Sa syntaxe est :

```
.NOT. A
```

Son résultat est vrai si A est faux.

Il est, bien sûr, possible d'écrire des expressions conditionnelles complexes en utilisant tous ces opérateurs logiques ainsi que les opérateurs arithmétiques et de chaîne de caractères. Il est alors prudent de mettre entre parenthèses les différentes expressions car les opérateurs logiques ont les plus faibles priorités.

1.4 Tableaux de données

Les tableaux de données permettent de stocker des vecteurs, des matrices ou même des tenseurs (généralisation des matrices en trois dimensions). Ce n'est pas un type de données à part entière mais plutôt une extension des types standards.
Il existe deux syntaxes possibles :

```
Type Nom_de_variable
DIMENSION Nom_de_variable(N1,N2,N3)
```

ou

```
Type Nom_de_variable(N1,N2,N3)
```

De ces deux façons sont définis des tableaux contenant tous des données d'un même type. `N1,N2,N3` représentent les tailles de chacune des trois dimensions (`N2` et `N3` sont facultatives si l'on ne veut définir qu'un tableau à une dimension).
Exemple :

```
INTEGER A
DIMENSION A(10)
REAL B(10,5,3)
COMPLEX AA(10,2)
CHARACTER C(10)*4
```

`A` est un vecteur contenant 10 entiers, `B` un tenseur (10x5x3) de rationnels, `AA` une matrice (10x2) de nombres complexes et `C` un tableau de chaîne à 10 entrées de 4 caractères.
L'utilisation des tableaux est la suivante : si l'on veut, par exemple, récupérer la 3e composante de `A`, il suffit d'écrire `A(3)`, et ainsi de suite.
Il est aussi possible de définir des tableaux ne commençant pas par l'indice 1. Ainsi :

```
Type Nom_de_variable
DIMENSION Nom_de_variable(P1:D1,P2:D2,P3:D3)
```

permet de définir des tableaux dont les indices sont compris entre `P1` (respectivement `P2` et `P3`) et `D1` (respectivement `D2` et `D3`).
Exemple :

```
INTERGER RETARD(-5:0)
```

`RETARD` est un tableau dont le premier indice est -5 et le dernier 0.

1.5 Bibliothèque de fonctions

Heureusement pour les programmeurs FORTRAN, il existe des bibliothèques de fonctions (appelées couramment *libraries*) pour calculer, par exemple, des racines carrées, déterminer la valeur absolue d'un nombre... Pour exploiter ces fonctions, il suffit de taper le nom de celle que l'on veut utiliser. En voici quelques unes.

```
R = SQRT(R1)
```

Calcule la racine carrée d'un rationnel, le résultat est aussi un rationnel.

```
I = INT(R)
```

Arrondit par défaut un rationnel à l'entier le plus proche.

```
R = ABS(R1)
```

Calcule la valeur absolue d'un rationnel, le résultat est aussi un rationnel.

```
I = MAX0(I1,I2, . . . ,IK)
```

Détermine le maximum des entiers `I1`, `I2` ...`IK`.

```
I = MIN0(I1,I2, . . . ,IK)
```

Détermine le minimum des entiers `I1`, `I2` ...`IK`.

```
R = FLOAT(I)
```

Génère un rationnel à partir de l'entier `I`.

```
I = MOD(I1,I2)
```

Calcule le reste de la division euclidienne de `I1` par `I2`.

```
R = EXP(R1)
```

Calcule l'exponentielle d'un rationnel.

```
I = LEN(CH)
```

Détermine la taille d'une chaîne de caractères.

```
I = ICHAR(C)
```

Retourne le code ASCII d'un caractère.

```
C = CHAR(I)
```

Retourne le caractère correspondant à un code ASCII.

```
I = INDEX(CH1,CH2)
```

Recherche une sous-chaîne dans une autre chaîne de caractères. Si celle-ci existe, la fonction renvoie la position du caractère le plus à gauche.

```
R = RANDOM(1)
```

Calcule un nombre aléatoire dans $[0,1[$. Le paramètre de cette fonction, bien qu'obligatoire, n'est absolument pas pris en compte.

Chapitre 2

Structures de programmation

Au cours de ce chapitre, nous verrons les différentes structures de programmation qui permettent à un ordinateur d'être autre chose qu'une simple machine à calculer.

2.1 Structures fonctionnelles

Ces structures permettent, à l'intérieur d'un programme, de regrouper des commandes pour pouvoir les exécuter à sa convenance.

2.1.1 Structures conditionnelles

Ces strutures donnent le choix entre deux ensembles de commandes. Il en existe quatre qui diffèrent essentiellement au niveau de la complexité des commandes à effectuer.

Structure *IF* logique

Cette structure est utile lorsqu'une seule commande dépend d'une condition. Sa syntaxe est :

```
IF (Condition) Commande
```

La commande n'est executée que si la condition est vraie. La condition est une valeur ou une variable logique.

Structure *IF-THEN*

Celle-ci est à utiliser lorsqu'on a plusieurs commandes à effectuer conditionnellement. Sa syntaxe est :

```
IF (Condition) THEN
  Commande 1
  Commande 2
  .
  .
  Commande N
ENDIF
```

Les N commandes sont executées si la condition est vraie.

Structure *IF-THEN-ELSE*

Cette troisième permet le choix d'un ensemble de commandes ou d'un autre. Sa syntaxe est :

```
IF (Condition) THEN
  Ensemble_de_commandes 1
ELSE
```

```
      Ensemble_de_commandes 2
    ENDIF
```

Le premier ensemble de commandes est exécuté si la condition est vraie, sinon le second ensemble est exécuté.

Structure *IF-THEN-ELSEIF-ELSE*

Cette dernière est la plus complexe des structures conditionnelles. Elle permet d'exécuter un certain ensemble de commandes en fonction d'une certaine condition. Sa syntaxe est :

```
    IF (Condition 1) THEN
      Ensemble_de_commandes 1
    ELSEIF (Condition 2) THEN
      Ensemble_de_commandes 2
    ELSEIF (Condition 3) THEN
      Ensemble_de_commandes 3
    .
    .
    ELSEIF (Condition N-1) THEN
      Ensemble_de_commandes N-1
    ELSE
      Ensemble_de_commandes N
    ENDIF
```

Le premier ensemble de commandes est exécuté si la première condition est vraie, sinon, c'est le deuxième ensemble qui sera exécuté si la deuxième condition est vraie, et ainsi de suite. Si aucune condition n'est vraie, alors le dernier ensemble de commandes sera executé. Ce dernier ensemble ainsi que la commande `ELSE` est facultatif.

2.1.2 Boucles conditionnelles

Ces deux structures permettent de répeter un ensemble d'instructions en fonction d'une condition. Elles sont strictement équivalentes. Toutefois, il est préférable d'utiliser la seconde qui est bien plus lisible.

Boucle *IF-GO TO*

Sa syntaxe est :

```
10    IF (.NOT. Condition) GO TO 20
        Ensemble_de_commandes
      GO TO 10
20    Commande_quelconque
```

L'ensemble de commandes est executé tant que la condition est vraie.

Boucle *WHILE-DO*

Cette structure permet de réécrire la structure précédente sans utiliser de référence. Sa syntaxe est :

```
    WHILE (Condition) DO
      Ensemble_de_commandes
    ENDWHILE
```

De plus, il n'est pas nécessaire d'avoir une commande juste après cette structure.
Un théorème de mathématiques a démontré l'équivalence de ces deux structures, alors **n'utilisez** de boucles de type `IF-GO TO` (faciles à boguer) que si le comilateur FORTRAN présent sur la station ne reconnait pas les boucles `WHILE-DO`.

Calcul de Fibonacci

Voici un petit exemple inspiré par la suite de Fibonacci.

```
      PROGRAM LIMITE
      REAL U1, U2, U3, E
      INTEGER I, R
      PRINT*, 'Limite de la suite U(n+1) = U(n) - U(n-1)'
      PRINT*, 'U(1) et U(2) ?'
      READ*, U1, U2
      PRINT*, 'Rang maximum'
      READ*, R
      PRINT*, 'Precision'
      READ*, E
      I = 3
      WHILE ((I .LE. R) .AND. (ABS(U2-U1) .GT. E)) DO
        U3 = (U2-U1)/(U2+U1)
        U1 = U2
        U2 = U3
        I = I + 1
      ENDWHILE
      IF (ABS(U2-U1) .LE. E) THEN
        PRINT*, 'U(inf) = ', U2
      ELSE
        PRINT*, 'Desole'
      ENDIF
      STOP
      END
```

2.1.3 Boucle itérative

Cette structure permet de répéter un certain nombre de fois un ensemble de commandes. Sa forme générique est :

```
      DO R Indice = Exp1, Exp2, Exp3
        Ensemble_de_commandes
R     CONTINUE
```

où
- `R` est le numéro de la ligne `CONTINUE` (dernière ligne de l'ensemble) associé au `DO`.
- `Indice` est une variable de type entier.
- `Exp1` est une expression représentant la première valeur de l'indice.
- `Exp2` est une expression représentant la dernière valeur de l'indice (atteinte ou pas).
- `Exp3` est une expression représentant le pas d'incrémentation. Par defaut, le pas est de 1.

Il existe une seconde forme de boucle itérative, plus simple à utiliser. Elle s'écrit :

```
      DO Indice = Exp1, Exp2, Exp3
        Ensemble_de_commandes
      END DO
```

Il faut noter que chaque boucle itérative se termine par un `END DO` qui lui est propre.

Gaus

Calculons, par exemple, la somme des *n* premiers entiers.

```
      PROGRAM SOMME
      INTEGER I,S,N
      PRINT*, 'Calcul de la somme des N premiers entiers'
```

```
      READ*, N
      S = 0
      DO 10 I = 1, N
        S = S + I
10    CONTINUE
      PRINT*, 'Somme = ', S
      STOP
      END
```

2.1.4 Boucle itérative implicite

Pour certaines commandes (comme `READ`, `WRITE`, `PRINT` et `DATA`) il est possible de paramétrer en une seule ligne plusieurs boucles imbriquées en utilisant la syntaxe :

```
      READ*, (((A(I,J,K), K=K1,K2,K3), J=J1,J2,J3), I=I1,I2,I3)
```

ou (`K1`, `K2`, `K3`), (`J1`, `J2`, `J3`) et (`I1`, `I2`, `I3`) décrivent chacune des boucles.

2.2 Structures séquentielles

Ces structures permettent de découper un programme en diverses parties. Ainsi, il est inutile de dupliquer des morceaux de codes qui interviennent plusieurs fois. De plus, il est plus facile de coder correctement plusieurs petits blocs d'une dizaine de lignes qu'un seul programme. Il est **fortement** conseillé d'utiliser ce genre de structures pour clarifier ses programmes, pour son confort personnel mais aussi pour celui de ceux qui le reliront ensuite.
Le nom de ces structures suit la même syntaxe que les noms de variables en FORTRAN. C'est-à-dire, pas plus de six caractères et le premier caractère doit être une lettre.

2.2.1 Fonctions

Ce sont des fonctions au sens mathématique du terme. C'est-à-dire,

$$\begin{array}{rcl} \mathbb{E} & \longrightarrow & \mathbb{K} \\ (x_1, x_2 \ldots x_n) & \longrightarrow & y = f(x_1, x_2 \ldots x_n) \end{array}$$

Elles permettent de définir des formules mathématiques pouvant être utilisées plusieurs fois. Leur syntaxe est :

```
      Nom(Arguments) = Definition
```

Où `Nom` est le nom de la fonction, `Arguments` le ou les arguments de la fonction séparés par une virgule (leur type est absolument quelconque) et `Definition` la définition de la fonction. Comme la valeur que doit renvoyer la fonction est typée, il ne faut pas oublier de typer le nom de la fonction.
Exemple :

```
      PROGRAM PARABOLE
      REAL X,A,B,C
C
C Typage de la fonction
C
      REAL F
      CHARACTER TEST
C
C Definition de la fonction
C
      F(X)=A*X*X+B*X+C
      PRINT*, 'Calcul de f(x)=a*x^2+b*x+c'
      PRINT*, 'Entrez a b c'
```

```
      READ*, A,B,C
10    PRINT*, 'Valeur de x'
      READ*, X
      PRINT*, 'f(x) = ', F(X)
      PRINT*, 'Une autre valeur (o/n)'
      READ*, TEST
      IF (TEST .EQ. 'o') GO TO 10
      STOP
      END
```

2.2.2 Blocs fonctionnels

Ce sont des ensembles de commandes qui s'appliquent à un certain nombre d'arguments et qui renvoient une valeur. Ils commencent par la commande `FUNCTION`, finissent par `END` et doivent se trouver placés après le `END` du programme.
Il existe deux syntaxes différentes pour déclarer un bloc fonctionnel.

```
      FUNCTION Nom(Par1,Par2, . . . ParN)
      Type Nom
      Type1 Par1
      Type2 Par2
      .
      .
      Ensemble_de_commandes
      .
      .
      END
```

Ou

```
      Type FUNCTION Nom(Par1,Par2, . . . ParN)
      Type1 Par1
      Type2 Par2
      .
      .
      Ensemble_de_commandes
      .
      .
      END
```

La seconde forme est un peu plus simple à lire.
Le ou les paramètres (il en faut au minimum 1 et au maximun 63) doivent être définis dans le corps de la fonction. De plus, il faut qu'une valeur soit affectée à la variable du même nom que la fonction (appelée variable de retour), avant la commande `END`, pour être renvoyée par la fonction.

```
      Nom = Valeur
```

Dans le programme, ces blocs fonctionnels s'utilisent comme les autres fonctions définies dans les bibliothèques. C'est-à-dire :

```
     Result = Nom(Arg1,Arg2, . . . ArgN)
```

De la même manière que dans un programme, il est possible de définir des variables. Sauf exception[1], ces variables ne sont utilisables que dans le bloc fonctionnel lui-même.

Commande *RETURN*

Cette commande est un pendant de la commande `STOP` des programmes. Elle permet de sortir d'un bloc fonctionnel sans aller jusqu'à la commande `END`. Il faut toutefois que la variable de retour ait été remplie.

[1] Pour plus de détails, se reporter au chapitre 3.1.2

Exemple

```
      PROGRAM NOTE
C
C Predeclaration du type de la valeur de retour
C
      REAL MOY
      REAL PROJ, TP, TOT, FINAL
      INTEGER NB, PAR
      CHARACTER C

      NB = 0
      TOT = 0

      PRINT*, 'Calcul des moyennes du module de Fortran'
10    PRINT*, ''
      PRINT*, 'Note de projet '
      READ*, PROJ
      PRINT*, 'Participation au cours et au TP (0-5)'
      READ*, PAR
      PRINT*, 'Note de TP'
      TP = MOY(PAR)
      FINAL = (TP+PROJ)/2
      PRINT*, 'Moyenne = ', FINAL
      NB = NB+1
      TOT = TOT+FINAL
      PRINT*, 'Autre eleve (o/n)'
      READ*, C
      IF (C .EQ. 'o') GO TO 10
      PRINT*, 'Moyenne : ', TOT/NB, ' sur ', NB, ' etudiants'
      STOP
      END
C
C Definition de la fonction
C
      REAL FUNCTION MOY(P)
C
C Declaration des parametres
C
        INTEGER P
C
C     Variable propre a la fonction
C
        INTEGER NBTP
        REAL TP

        MOY = 0
        NBTP = 1

        PRINT*, 'Note TP ', NBTP
        READ*, TP

100     MOY = MOY+TP
        NBTP = NBTP+1
        PRINT*, 'Note TP ', NBTP, ' (-1 pour finir)'
        READ*, TP
```

```
        IF (TP .NE. -1) GO TO 100

        MOY = MOY/(NBTP-1)+P

        RETURN
      END
```

Le passage des arguments à une fonction est effectué *par variable si possible*. C'est-à-dire que si l'un des arguments est une variable et que la valeur de ce paramètre est changée au cours de l'exécution de la fonction, la variable d'appel est aussi changée en sortie de la fonction.
Exemple :

```
      PROGRAM TRANSFERT
C
C Test du passage de parametre a une fonction
C
      INTEGER I,J,R
      INTEGER CHANGE
      PRINT*, 'Permutation de trois entiers'
      PRINT*, 'Entrez deux entiers'
      READ*, I,J
      PRINT*, 'Execution de CHANGE(I,J, I+J)'
      R = CHANGE(I,J, I+J)
      PRINT*, 'I = ',I
      PRINT*, 'J = ',J
      STOP
      END
C
C Fonction de transfert
C
      INTEGER FUNCTION CHANGE(A,B,C)
      INTEGER A,B,C,T
      T = C
      C = A
      A = B
      B = T
      CHANGE = 0
      RETURN
      END
```

Lors de l'appel de la fonction `CHANGE`, seuls les deux premiers arguments sont des variables, le troisième est une simple valeur. En sortie de la fonction, `I` et `J` ont changé et le programme continue de fonctionner même s'il n'a pas réussi à ré-affecter `C`.

2.2.3 Procédures

Les procédures sont très proches des blocs fonctionnels. Ce sont des ensembles de commandes s'appliquant à un certain nombre d'arguments (au maximum 63) qui doivent être définis après le `END` du programme. Leur syntaxe est :

```
      SUBROUTINE Nom(Par1,Par2, . . . ParN)
      Type1 Par1
      Type2 Par2
      .
      .
      Ensemble_de_commandes
      .
```

```
      .
      END
```

La commande `RETURN` permet de sortir d'une procédure de la même façon que dans un bloc fonctionnel. Les variables définies à l'interieur d'une procédure ne sont utilisables que dans la procédure.

Commande *CALL*

Cette commande permet d'appeler une procédure. Sa syntaxe est :

```
     CALL Nom(Arg1,Arg2, . . . ArgN)
```

Exemple

Cet exemple, un peu complexe, exploite non seulement les structures procédurales mais aussi les structures de boucles en cascades, des boucles implicites et une structure conditionnelle complexe.

```
      PROGRAM MULT_MAT
C
C Programme de multiplication matricielle (3x3)
C
      REAL A(3,3),B(3,3)
      CHARACTER C
C
C Initialisation
C
      DATA A,B/18*0.0/
C
C Corps du programme principal
C
      PRINT*, 'Programme de multiplication matricielle'
 10   PRINT*, ' '
      PRINT*, 'Voulez-vous :'
      PRINT*, '(1)- Entrer A'
      PRINT*, '(2)- Entrer B'
      PRINT*, '(3)- Afficher A'
      PRINT*, '(4)- Afficher B'
      PRINT*, '(5)- Calculer A*B'
      PRINT*, '(6)- Sortir'
      READ*, C
      IF (C .EQ. '1') THEN
        PRINT*, ' -> A '
        CALL LIRE(A)
      ELSEIF (C .EQ. '2') THEN
        PRINT*, ' -> B '
        CALL LIRE(B)
      ELSEIF (C .EQ. '3') THEN
        PRINT*, ' A ='
        CALL ECRIRE(A)
      ELSEIF (C .EQ. '4') THEN
        PRINT*, ' B ='
        CALL ECRIRE(B)
      ELSEIF (C .EQ. '5') THEN
        PRINT*, ' A*B -> B'
        CALL MULTAB(A,B)
      ELSEIF (C .EQ. '6') THEN
        STOP
```

```
      ELSE
        PRINT*, 'Ordre non compris'
      ENDIF
      GO TO 10
      END
C
C Procedure de lecture
C
      SUBROUTINE LIRE(D)
        REAL D(3,3)
        INTEGER I,J
        PRINT*, ' Entrez la matrice par ligne'
        READ*, ((D(I,J), J=1,3), I=1,3)
        RETURN
        END
C
C Procedure d'affichage
C
      SUBROUTINE ECRIRE(D)
        REAL D(3,3)
        INTEGER I,J
        DO I=1,3
          PRINT*, (D(I,J), J=1,3)
        END DO
        RETURN
        END
C
C Procedure de multiplication
C
      SUBROUTINE MULTAB(D,E)
        REAL D(3,3),E(3,3)
        REAL F(3,3)
        INTEGER I,J, K
        DO I=1,3
          DO J=1,3
            F(I,J) = 0
            DO K=1,3
              F(I,J) = F(I,J)+D(I,K)*E(K,J)
            END DO
          END DO
        END DO
        CALL TRANS(F,E)
        RETURN
        END
C
C Procedure de transfert
C
      SUBROUTINE TRANS(D,E)
        REAL D(3,3),E(3,3)
        INTEGER I,J
        DO I=1,3
          DO J=1,3
            E(I,J) = D(I,J)
          END DO
        END DO
        RETURN
```

```
END
```

Chapitre 3

Compléments sur le FORTRAN

Ce chapitre traîte d'une multitude de petits points. Bien que secondaires pour la compéhension du langage FORTRAN, ils en font toute sa richesse.

3.1 Gestion avancée des données

Pour le bon fonctionnement des programmes, il est utile de connaître la précision de calcul des différents types de données ainsi que quelques commandes qui simplifient les échanges de données.

3.1.1 Types de données suplémentaires

Les types de données détaillés dans le chapitre 1.2.1 sont les types standards du FORTRAN. Il est en fait possible de préciser la taille en octets des variables entières, rationnelles, complexes ou logiques. Le tableau 3.1 présente les types dérivés. Suivant la place mémoire accordée, les valeurs prises par ces variables

Type	Taille mémoire en octets
`INTEGER`	(2) ou 4
`INTEGER*2`	2
`INTEGER*4`	4
`REAL`	4
`REAL*4`	4
`REAL*8`	8
`COMPLEX`	8
`COMPLEX*8`	8
`COMPLEX*16`	16
`LOGICAL`	(2) ou 4
`LOGICAL*2`	2
`LOGICAL*4`	4

TAB. 3.1 – Mémoire et type.

diffèrent. Le tableau 3.2 présente de façon sommaire, les valeurs maximales et minimales de chacun des types.

3.1.2 Instruction de gestion des données

Ces instructions facilitent les échanges de données entre les blocs fonctionnels, les procédures et le programme principal.

Type	Précision
INTEGER*2	$+2^{15}-1\ldots0\ldots-2^{15}-1$
INTEGER*4	$+2^{31}-1\ldots0\ldots-2^{31}-1$
REAL*4	$+3,37*10^{+38}$ à $8,43*10^{-37}\ldots0\ldots-8,43*10^{-37}$ à $-3,37*10^{+38}$
REAL*8	$+1,67*10^{+308}$ à $4,19*10^{-307}\ldots0\ldots-4,19*10^{-307}$ à $-1,67*10^{+308}$
LOGICAL*2	-1 ou 0
LOGICAL*4	-1 ou 0

TAB. 3.2 – Précision et type.

Instruction *COMMON*

Cette instruction permet de partager une (ou plusieurs) variable(s) entre plusieurs blocs de programmation. Sa syntaxe est :

```
      COMMON /Nom/ Liste_de_variable
```

`Nom` définit l'identificateur de l'ensemble des variables à partager. Il suit les règles des noms de variables. Exemple :

```
      PROGRAM PARTAGE
C
C Partage de donnees
C
      REAL A(3),B
      COMMON /DONNEES/ A
      PRINT*, 'Calcul de (x+y)/z'
      PRINT*, 'Entrez x, y, z'
      READ*, A
      CALL CALCUL(B)
      PRINT*, B
      STOP
      END
C
C Procedure de calcul
C
      SUBROUTINE CALCUL(R)
      REAL R
      REAL A1,A2,A3
      COMMON /DONNEES/ A1,A2,A3
      R = (A1+A2)/A3
      RETURN
      END
```

Instruction *EQUIVALENCE*

Cette instruction permet de faire partager à deux variables le même espace mémoire. Sa syntaxe est :

```
      EQUIVALENCE (Var1,Var2), . . .
```

Exemple

```
      CHARACTER A*4,B*4,C(2)*3
      EQUIVALENCE (A,C(1)),(B,C(2))
```

Le schéma mémoire est représenté sur la figure 3.1.
Il faut toutefois faire deux remarques.
– Il n'est pas possible de forcer une variable à occuper deux emplacements mémoire.

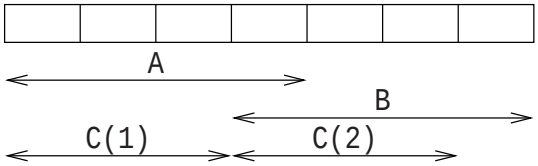


FIG. 3.1 – Schéma de mémoires partagées.

```
REAL R,S(2)
EQUIVALENCE (R,S(1)),(R,S(2))
```

– Il est impossible de spécifier que des élements consécutifs ne soient pas stockés séquentiellement.

```
REAL R(3),S(2)
EQUIVALENCE (R(1),S(1)),(R(3),S(2))
```

Instruction *EXTERNAL*

Cette instruction permet de déclarer qu'une variable, un bloc fonctionnel ou une procédure ont été compilés dans un autre fichier que le fichier courant mais qu'ils seront disponibles lors de l'édition de liens (le *linkage*). Sa syntaxe est :

```
EXTERNAL Nom_externe
```

Instruction *PARAMETER*

Cette instruction permet de déclarer des constantes. Sa syntaxe est :

```
PARAMETER (Nom1=Const1, . . . )
```

Exemple :

```
REAL PI
PARAMETER (PI=3.1416)
```

3.2 Gestion des entrées/sorties

Cette partie est dédiée aux échanges de données entre programmes.

3.2.1 Fichiers de données

Un fichier de données est le moyen le plus simple pour échanger des données. Le format de ces dernières dépend des conventions adoptées par le programmeur.

Commande *OPEN*

Cette commande ouvre en lecture ou en écriture un fichier. Sa syntaxe est :

```
OPEN(U,FILE=Nom_fichier,STATUS=Status)
```

Où
- `U` est un entier représentant l'identificateur de fichier.
- `Nom_fichier` est une chaîne de caractères représentant le nom du fichier.
- `Status` est une chaîne de caractères pouvant prendre les valeurs suivantes :
  - `OLD` pour ouvrir un fichier qui existe déjà. Par exemple pour lire des données dans un fichier.
  - `NEW` pour ouvrir un nouveau fichier ou écraser un fichier dont les données ne sont plus utiles.
  - `UNKNOWN`. C'est la valeur par défaut. Si le fichier existe, il est ouvert, sinon, un nouveau fichier est créé.

Commande *REWIND*

Cette commande positionne la lecture ou l'écriture au début d'un fichier déjà ouvert. Sa syntaxe est :

```
REWIND(U)
```

Où `U` est l'identificateur du fichier.

Commande *CLOSE*

Cette commande ferme un fichier. Sa syntaxe est :

```
CLOSE(U)
```

Où `U` est l'identificateur du fichier.

3.2.2 Lecture et écriture dans un fichier

La lecture et l'écriture dans un fichier s'effectue grâce aux mêmes commandes que celles dédiées à l'affichage et à la saisie de données.

Commande *READ*

Cette commande lit des données dans un fichier et les stocke dans des variables. Sa syntaxe est :

```
READ(U,F,END=N) Liste_de_variables
```

Où
- `U` est l'identificateur du fichier.
- `F` est un numéro de référence définissant le format de lecture[1]. Il est possible de ne pas définir de format en remplaçant `F` par un « * » .
- `N` est le numéro de référence de la ligne qui sera exécutée si le programme arrive à la fin du fichier.

Commande *WRITE*

Cette commande écrit des données dans un fichier. Sa syntaxe est :

```
WRITE(U,F) Liste_de_variables
```

Où
- `U` est l'identificateur du fichier.
- `F` est un numéro de référence définissant le format de lecture. Il est possible de ne pas définir de format en remplaçant `F` par un « * » .

Si le fichier existait déjà, les données sont écrasées.

3.2.3 Formatage des données

Il est possible de préciser le format de lecture ou d'écriture des données.

Déclaration *FORMAT*

Cette déclaration définit un formatage. Sa syntaxe est :

```
F     FORMAT(Chaine1,Chaine2, . . . ChaineN)
```

Où
- `F` est le numéro de référence de ce formatage.
- `Spec1,Spec2, . . . SpecN` sont des chaînes de spécification de format.

[1] Pour plus de détails, se reporter au chapitre 3.2.3

Règles de formatage

Les chaînes de spécification de format obéissent aux règles suivantes :
- `ITaille` décrit le formatage des entiers. `Taille` représente le nombre maximum de chiffres qu'il est possible de lire ou d'écrire (le signe doit être compris dedans).
- `NombreX` représente `Nombre` espaces.
- `FTaille.Decimal` décrit le formatage des rationnels. `Taille` représente le nombre maximum de chiffres qu'il est possible de lire ou d'écrire (en incluant le signe et/ou le point décimal). `Decimal` représente le nombre de chiffres après la virgule.
- `ETaille.Exposant` décrit le formatage des rationnels en notation scientifique. `Taille` représente le nombre maximum de chiffres qu'il est possible de lire ou d'écrire (en incluant le signe, le point décimal et la lettre « E »). `Exposant` représente le nombre de chiffres après le « E » .
- `ATaille` décrit le formatage des chaînes de caractères. `Taille` représente le nombre maximum de caractères qu'il est possible de lire ou d'écrire.
- `LNombre` décrit le formatage des booléens. `Nombre` représente le nombre de caractères des valeurs (si c'est 1, seul « T » et « F » sont utilisés).

Il est possible d'ajouter une chaîne de caractères entre des chaînes de spécification.
Pour répéter un formatage, il suffit de le faire précéder par un entier. Les parenthèses sont autorisées.
Exemple :

```
10    FORMAT(2(F10.2,' + i * ',F10.2)
```

pour la lecture de deux nombres complexes.

Caractères de contrôle

La première chaîne de caractères d'un format définit l'enchaînement entre les différentes lignes. Ainsi :
- `' '` passe à la ligne suivante.
- `'0'` passe à la ligne suivante et laisse une ligne vide.
- `'1'` revient en haut de l'écran.
- `'+'` continue sur la même ligne.

Attention ces caractères de contrôle ne sont pas pris en compte par tous les compilateurs.

3.3 Bibliothèque étenduee de fonctions

Ce tableau récapitule un ensemble de fonctions qui sont « normalement » utilisables par n'importe lequel des compilateurs disponibles.
La première lettre d'une variable indique son type : `C` pour `CHARACTER`, `G` pour générique, `I` pour `INTEGER`, `L` pour `LOGICAL`, `R` pour `REAL`, et `X` pour `COMPLEX`.

Commande	Description
`G = ABS(Gin)`	Renvoie la valeur absolue ou le module de `Gin`.
`R = ACOS(Rin)`	Renvoie l'arc-cosinus en radian de `Rin`.
`R = AIMAG(X)`	Renvoie la partie imaginaire de `X`.
`R = AINT(Rin)`	Renvoie `Rin` tronqué.
`R = ALOG(Rin)`	Renvoie le logarithme népérien de `Rin`.
`R = ALOG10(Rin)`	Renvoie le logarithme décimal de `Rin`.
`R = AMAX0(I1, I2, ...)`	Renvoie l'argument de plus grande valeur.
`R = AMAX1(R1, R2, ...)`	Renvoie l'argument de plus grande valeur.
`R = AMIN0(I1, I2, ...)`	Renvoie l'argument de plus petite valeur.
`R = AMIN1(R1, R2, ...)`	Renvoie l'argument de plus petite valeur.
`R = AMOD(R1, R2)`	Renvoie le reste de la division de `R1` par `R2`.
`R = ANINT(Rin)`	Renvoie `Rin` arondi au plus proche entier.
`R = ASIN(Rin)`	Renvoie l'arc-sinus en radian de `Rin`.
`R = ATAN(Rin)`	Renvoie l'arc-tangente en radian de `Rin`.

Commande	Description
`R = ATAN2(R1, R2)`	Renvoie l'arc-tangente en radian du nombre complexe (`R1`, `R2`).
`R = CABS(X)`	Renvoie le module de `X`.
`X = CCOS(Xin)`	Renvoie le cosinus de `Xin`.
`X = CEXP(Xin)`	Renvoie l'exponentielle de `Xin`.
`C = CHAR(I)`	Renvoie le caractère correspondant au code ASCII `I`.
`X = CLOG(Xin)`	Renvoie le logarithme népérien de `Xin`.
`X = CMPLX(G1, G2)`	Crée le nombre complexe (`G1`, `G2`).
`X = CONJG(Xin)`	Renvoie le conjugué de `Xin`.
`G = COS(Gin)`	Renvoie le cosinus de `Gin`.
`R = COSH(Rin)`	Renvoie le cosinus-hyperbolique de `Rin`.
`X = CSIN(Xin)`	Renvoie le sinus de `Xin`.
`X = CSQRT(Xin)`	Renvoie la racine carrée de `Xin`.
`R*8 = DABS(Rin*8)`	Renvoie le module de `Rin`.
`R*8 = DACOS(Rin*8)`	Renvoie l'arc-cosinus en radian de `Rin`.
`R*8 = DASIN(Rin*8)`	Renvoie l'arc-sinus en radian de `Rin`.
`R*8 = DATAN(Rin*8)`	Renvoie l'arc-tangente en radian de `Rin`.
`R*8 = DATAN2(R1*8, R2*8)`	Renvoie l'arc-tangente en radian du nombre complexe (`R1`, `R2`).
`R*8 = DBLE(G)`	Renvoie un nombre de type `REAL*8`.
`R*8 = DCOS(Rin*8)`	Renvoie le cosinus de `Rin`.
`R*8 = DCOSH(Rin*8)`	Renvoie le cosinus-hyperbolique de `Rin`.
`R*8 = DDIM(R1*8, R2*8)`	
`R*8 = DEXP(Rin*8)`	Renvoie l'exponentielle de `Rin`.
`G = DIM(G1, G2)`	
`R*8 = DINT(Rin*8)`	Renvoie `Rin` tronqué.
`R*8 = DLOG(Rin*8)`	Renvoie le logarithme népérien de `Rin`.
`R*8 = DLOG10(Rin*8)`	Renvoie le logarithme décimal de `Rin`.
`R*8 = DMAX1(R1*8, R2*8, ...)`	Renvoie l'argument de plus grande valeur.
`R*8 = DMIN1(R1*8, R2*8, ...)`	Renvoie l'argument de plus petite valeur.
`R*8 = DMOD(R1*8, R2*8)`	Renvoie le reste de la division de `R1` par `R2`.
`R*8 = DNINT(Rin*8)`	Renvoie `Rin` arondi au plus proche entier.
`R*8 = DPROD(R1*8, R2*8)` `R*8 = DSIGN(R1*8, R2*8)`	Renvoie le produit de `R1` par`R1`. Renvoie le signe de `R1*R2`
`R*8 = DSIN(Rin*8)`	Renvoie le sinus de `Rin`.
`R*8 = DSINH(Rin*8)`	Renvoie le sinus-hyperbolique de `Rin`.
`R*8 = DSQRT(Rin*8)`	Renvoie la racine carrée de `Rin`.
`R*8 = DTAN(Rin*8)`	Renvoie la tangente de `Rin`.
`R*8 = DTANH(Rin*8)`	Renvoie la tangente-hyperbolique de `Rin`.
`G = EXP(Gin)`	Renvoie l'exponentielle de `Xin`.
`R*4 = FLOAT(I)`	Renvoie le réel correspondant à `I`.
`I*2 = IABS(Iin*2)`	Renvoie le module de `Iin`.
`I = ICHAR(C)`	Renvoie le code ASCII correspondant au caractère `C`.
`I*2 = IDIM(I1*2, I2*2)`	
`I*2 = IDINT(Rin*8)`	Renvoie `Rin` tronqué.
`I*2 = IDNINT(Rin*8)`	Renvoie `Rin` arondi au plus proche entier.
`I*2 = IFIX(G)`	Renvoie `G` tronqué.
`I*2 = INDEX(Chaine, CSouschaine)`	Recherche `CSouschaine` dans `Chaine`.
`I*2 = INT(G)`	Renvoie `G` tronqué.
`I*2 = IIGN(I1*2, I2*2)`	Renvoie le signe de `I1*I2`
`I*2 = LEN(Chaine)`	Renvoie la longueur de `Chaine`.
`L = LGE(Chaine1, Chaine2)`	Renvoie `.True.` si `Chaine1` est supérieure ou égale à `Chaine2`.

Commande	Description
`L = LGT(Chaine1, Chaine2)`	Renvoie `.True.` si `Chaine1` est strictement supérieure à `Chaine2`.
`L = LLE(Chaine1, Chaine2)`	Renvoie `.True.` si `Chaine1` est inférieure ou égale à `Chaine2`.
`L = LLT(Chaine1, Chaine2)`	Renvoie `.True.` si `Chaine1` est strictement inférieure à `Chaine2`.
`G = LOG(Gin)`	Renvoie le logarithme népérien de `Gin`.
`G = LOG10(Gin)`	Renvoie le logarithme décimal de `Gin`.
`G = MAX(G1, G2, ...)`	Renvoie l'argument de plus grande valeur.
`I*2 = MAX0(I1*2, I2*2, ...)`	Renvoie l'argument de plus grande valeur.
`I*2 = MAX1(R1*4, R2*4, ...)`	Renvoie l'argument de plus grande valeur.
`G = MIN(G1, G2, ...)`	Renvoie l'argument de plus petite valeur.
`I*2 = MIN0(I1*2, I2*2, ...)`	Renvoie l'argument de plus petite valeur.
`I*2 = MIN1(R1*4, R2*4, ...)`	Renvoie l'argument de plus petite valeur.
`G = MOD(G1, G2)`	Renvoie le reste de la division de `G1` par `G2`.
`I*2 = NINT(Rin)`	Renvoie `Rin` arondi au plus proche entier.
`R = REAL(G)`	Renvoie `G` sous forme de réel.
`G = SIGN(G1, G2)`	Renvoie le signe de `G1*G2`
`G = SIN(Gin)`	Renvoie le sinus de `Gin`.
`R = SINH(Rin)`	Renvoie le sinus-hyperbolique de `Rin`.
`R*4 = SNGL(Rin*8)`	Renvoie `Rin` sous forme de réel simple précision.
`G = SQRT(Gin)`	Renvoie la racine carrée de `Gin`.
`R = TAN(Rin)`	Renvoie la tangente de `Rin`.
`R = TAN(Rin)`	Renvoie la tangente-hyperbolique de `Rin`.

3.4 La fonction *RANDOM*

Cette fonction n'existe pas sur tous les compilateurs. Il est, des fois, possible d'utiliser des fonctions Unix disponibles parmi les bibliothèques standards du C.
Ainsi, après avoir initialisé le générateur aléatoire grâce aux procédures `time` et `srand`, il est possible d'utiliser la fonction `rand` qui renvoie un nombre aléatoire.
Exemple :

```
      PROGRAM suite_aleatoire
c
c     Le cote obscur du Fortran
c
      INTEGER i
      INTEGER j
c
c     Generation de la graine
c
      CALL time(j)
      CALL srand(REAL(MOD(j,1000)))
c
c     Generation d'une suite aleatoire
c
      DO 10 i=1,10
         PRINT*, rand()
 10   CONTINUE
      END
```

Pour ceux qui utilisent *f2c* (sur un Unix ou sur MSDos), il faut créer une petite librairie qui permettra de corriger des problèmes de naming entre *f2c* et *gcc*.
Copiez ces quelques lignes dans un fichier nommé : `rand.c`

```
/* Le cote obscur du Fortran */

#include <stdlib.h>

typedef long int integer;
typedef float real;

real rand_() {return(((float)rand())/RAND_MAX);}
void srand_(integer *i) {srand(*i);}
integer time_(integer *t) {return(time(t));}
```

Puis tapez

```
gcc rand.c -c
```

Un fichier `rand.o` devrait avoir été généré.
Pour compiler vos programmes, vous devrez procéder en deux étapes :

```
f2c veidor.f; gcc veidor.c -c
gcc veidor.o rand.o -lf2c -lm -o veidor
```

Ou

```
g77 veidor.f -c
g77 veidor.o rand.o -o veidor.exe
```

Chapitre 4

Un exemple de programme complet

On se propose de calculer l'inverse d'une matrice carrée (en supposant qu'il existe) de dimension $(n \times n)$. Pour cela, nous avons utilisé un algorithme relativement simple : le pivot de Gauss généralisé.

4.1 Solution d'un système linéaire

Cet algorithme permet de calculer la solution d'un système linéaire. C'est-à-dire, de déterminer le vecteur colonne x tel que :

$$Ax = b \tag{4.1}$$

Avec A matrice carrée inversible et b un vecteur colonne.
On a alors :

$$x = A^{-1}b$$

Ainsi, en calculant chacun des x lorsque b décrit la base canonique des vecteurs colonnes de taille n, il est possible de déterminer la matrice A^{-1}

4.2 Pivot de Gauss

Revenons à la résolution d'un système linéaire.
Soit le sytème $\mathcal{S}_k(1)$ de taille k :

$$\mathcal{S}_k(1) \Longleftrightarrow \left\{ \begin{array}{ccccccc} a_{1,1}x_1 & + & a_{1,2}x_2 & \cdots & a_{1,k}x_k & = & b_1 \\ a_{2,1}x_1 & + & a_{2,2}x_2 & \cdots & a_{2,k}x_k & = & b_2 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{k,1}x_1 & + & a_{k,2}x_2 & \cdots & a_{k,k}x_k & = & b_k \end{array} \right.$$

La première partie de l'algorithme consiste à déterminer la ligne de pivot. Si le coefficient $a_{1,1}$ n'est pas nul, le pivot est tout de suite trouvé. Sinon, il faut rechercher un coefficient $a_{p,1}$ non nul. Un tel coefficient existe sinon la matrice A ne serait pas inversible. On peut alors, par permutation de la ligne 1 et de la ligne p, obtenir un système $\mathcal{S}_k(2)$ tel que $a'_{1,1}$ soit non nul.
La seconde étape de l'algorithme consiste à réduire le système $\mathcal{S}_k(1)$ au système $\mathcal{S}_k(2)$ de taille $k-1$ par des combinaisons linéaires. Ainsi, il est possible d'annuler le premier coefficient de la ligne i en soustrayant la première ligne multipliée par le coefficient $a_{1,i}$ à la ligne i multipliée par le coefficient $a'_{1,1}$. En effectuant cette opération sur toutes les lignes du système on obtient :

$$\mathcal{S}_k(2) \Longleftrightarrow \left\{ \begin{array}{ccccccc} a_{1,1}x_1 & + & a_{1,2}x_2 & \cdots & a_{1,k}x_k & = & b_1 \\ 0 & + & a''_{1,1}x_2 & \cdots & a''_{1,k}x_k & = & b''_2 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & + & a''_{k-1,1}x_2 & \cdots & a''_{k-1,k}x_k & = & b''_2 \end{array} \right.$$

C'est en fait l'algorithme :

```
pour i variant de pivot a k faire
  ligne(k) <- ligne(k) - element(i,k)/pivot*ligne(pivot)
```

Le systéme réduit ne s’applique qu’aux $k-1$ dernières composantes de x.
En recommençant ces opérations on obtient un système à une seule équation, on peut alors résoudre le système (4.1).

4.3 Exemple de programme FORTRAN

```
      PROGRAM PIVOT_DE_GAUSS
C
C     Declaration des variables
C
      REAL A(10, 10), B(10, 10), X(10, 10)
      INTEGER m, n, o, p
      INTEGER C
      LOGICAL err
      REAL det
C
C     Declarations des fonctions
C
      LOGICAL MULTIP
      LOGICAL GAUSS
      LOGICAL INV
      REAL DETERM
C
C Corps du programme principal
C
      PRINT*, ’Programme de multiplication matricielle’
 10   PRINT*, ’ ’
      PRINT*, ’Voulez-vous :’
      PRINT*, ’(1)- Entrer A’
      PRINT*, ’(2)- Entrer B’
      PRINT*, ’(3)- Afficher A’
      PRINT*, ’(4)- Afficher B’
      PRINT*, ’(5)- Afficher X’
      PRINT*, ’(6)- Calculer A*B’
      PRINT*, ’(7)- Resoudre A*X = B’
      PRINT*, ’(8)- Calculer inv(A)’
      PRINT*, ’(9)- Calculer det(A)’
      PRINT*, ’(0)- Sortir’
      READ*, C
      IF (C .EQ. 1) THEN
        PRINT*, ’Dimension de A’
        READ*, m
        PRINT*, ’ -> A (carree) ’
        CALL LIRE(A, m, m)
      ELSEIF (C .EQ. 2) THEN
        PRINT*, ’Dimension de B’
        READ*, n, o
        PRINT*, ’ -> B ’
        CALL LIRE(B, n, o)
      ELSEIF (C .EQ. 3) THEN
        PRINT*, ’ A =’
        CALL AFFICH(A, m, m)
      ELSEIF (C .EQ. 4) THEN
        PRINT*, ’ B =’
        CALL AFFICH(B, n, o)
      ELSEIF (C .EQ. 5) THEN
        PRINT*, ’ X =’
        CALL AFFICH(X, m, p)
      ELSEIF (C .EQ. 6) THEN
        PRINT*, ’ A*B -> X’
        err = MULTIP(A, m, m, B, n, o, X)
        IF (.NOT. err) THEN
           PRINT*, ’Dimmensions incompatibles’
        ELSE
           p = o
        ENDIF
      ELSEIF (C .EQ. 7) THEN
        PRINT*, ’ A*X = B -> X’
        IF (o .NE. 1) THEN
           PRINT*, ’B n’’est pas un vecteur’
        ELSE
           err = GAUSS (A, m, B, X)
           IF (.NOT. err) THEN
              PRINT*, ’Systeme insolvable’
           ELSE
              p = 1
           ENDIF
        ENDIF
      ELSEIF (C .EQ. 8) THEN
        PRINT*, ’ inv(A) -> X’
        err = INV(A, m, X)
        IF (.NOT. err) THEN
           PRINT*, ’A n’’est pas inversible’
        ELSE
           p = m
        ENDIF
      ELSEIF (C .EQ. 9) THEN
        det = DETERM(A, m)
        PRINT*, ’ det(A) = ’, det
      ELSEIF (C .EQ. 0) THEN
        STOP
      ELSE
        PRINT*, ’Ordre non compris’
      ENDIF
      GO TO 10
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       AFFICH
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure d’affichage de matrices / vecteurs
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice / vecteur
C       m, n : dimensions
C
C     Sortie(s) :
C
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      SUBROUTINE AFFICH (A, m, n)
      REAL A(10,10)
      INTEGER m, n, i, j
      DO 100 i=1, m
         PRINT*, (A(i, j), j=1, n)
 100  CONTINUE
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       LIRE
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de lecture de matrices / vecteurs
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice / vecteur
C       m, n : dimensions
C
C     Sortie(s) :
C       A : matrice / vecteur
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      SUBROUTINE LIRE (A, m, n)
      REAL A(10,10)
      INTEGER m, n, i, j
      READ*, ((A(i, j), j=1, n), i=1, m)
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
```

```
C     Nom :
C       MULTIP
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de multiplication de matrices / vecteurs
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice / vecteur
C       m, n : dimensions
C       B : matrice / vecteur
C       o, p : dimensions
C
C     Sortie(s) :
C       C : matrice / vecteur ( C = A*B )
C       -> : .T. produit effectue
C            .F. dimensions incompatibles entre A et B
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      LOGICAL FUNCTION MULTIP (A, m, n, B, o, p, C)
      REAL A(10,10), B(10,10), C(10,10)
      INTEGER m, n, o, p, i, j, k
      REAL t
      IF (n .NE. o) THEN
         MULTIP = .FALSE.
         RETURN
      ENDIF
      DO 320 i=1, m
         DO 310 j=1, p
            t = 0
            DO 300 k=1, n
               t = t + A(i, k) * B(k, j)
 300        CONTINUE
            C(i, j) = t
 310     CONTINUE
 320  CONTINUE
      MULTIP = .TRUE.
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       LIGNE
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de recherche de la ligne de pivot a
C       l'etape n
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice carree
C       m : dimension de A
C       n : colonne de recherche
C
C     Sortie(s) :
C       -> : ligne de pivot (0 si celle-ci n'existe pas)
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      INTEGER FUNCTION LIGNE (A, m, n)
      REAL A(10, 10)
      INTEGER m, n, p
      p = n
 400  IF (.NOT. ((p.LE.m) .AND. (A(p, n) .EQ. 0)))
     + GO TO 410
         p = p + 1
         GO TO 400
 410  CONTINUE
      IF (p .GT. m) p = 0
      LIGNE = p
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       DUPLIQ
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de duplication matricielle / vectorielle
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice / vecteur
C       m, n : dimension
C
C     Sortie(s) :
C       B : matrice / vecteur
```

```
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      SUBROUTINE DUPLIQ (A, m, n, B)
      REAL A(10,10), B(10,10)
      INTEGER m, n, i, j
      DO 510 i=1, m
         DO 500 j=1, n
            B(i, j) = A(i, j)
 500     CONTINUE
 510  CONTINUE
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       ECHANG
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de permutation de deux ligne d'une
C       matrice ou d'un vecteur
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice / vecteur
C       m, n : dimension
C       k, l: lignes a permuter
C
C     Sortie(s) :
C       B : matrice / vecteur
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      SUBROUTINE ECHANG (A, m, n, k, l, B)
      REAL A(10,10), B(10,10)
      REAL t
      INTEGER m, n, k, l, j
      CALL DUPLIQ(A, m, n, B)
      DO 600 j=1, n
         t = A(k, j)
         B(k, j) = A(l, j)
         B(l, j) = t
 600  CONTINUE
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       PIVOTE
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de permettant d'effectuer le pivot a
C       l'etape i
C
C     Entree(s) :
C       p : etape du pivot
C       A : matrice carree
C       m : dimension de A
C       B: matrice / vecteur
C       o : nombre de colonnes de B
C
C     Sortie(s) :
C       A : matrice
C       B : matrice / vecteur
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      SUBROUTINE PIVOTE (p, A, m, B, o)
      REAL A(10, 10), B(10, 10)
      INTEGER i, j, m, o, p
      REAL piv, t
      piv = A(p, p)
      DO 720 i=p+1, m
         t = A(i, p)
         A(i, p) = 0
C
C     Boucle de pivot de A
C
         DO 700 j=p+1,m
            A(i, j) = A(i, j) - A(p, j)*t/piv
 700     CONTINUE
C
C     Boucle de pivot de A
C
         DO 710 j=1,o
            B(i, j) = B(i, j) - B(p, j)*t/piv
 710     CONTINUE
```

```
 720  CONTINUE
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       TRIANG
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de resolution d'un systeme triangulaire
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice triangulaire
C       m : dimension de A
C       B : matrice / vecteur
C       n : nombre de colonnes de B
C
C     Sortie(s) :
C       X : matrice / vecteur
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      SUBROUTINE TRIANG (A, m, B, n, X)
      REAL A(10, 10), B(10, 10), X(10, 10)
      INTEGER m, n, i, j, k
      REAL t
      DO 820 k=1, n
         X(m, k) = B(m, k) / A(m , m)
       DO 810 i=m-1, 1, -1
          t = 0
          DO 800 j=i+1, m
             t = t + X(j, k) * A(i, j)
 800      CONTINUE
          X(i, k) = (B(i, k) - t) / A(i, i)
 810   CONTINUE
 820  CONTINUE
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       GAUSS
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de resolution d'un systeme lineaire
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice carree
C       m : dimension de A
C       B : vecteur
C
C     Sortie(s) :
C       X : vecteur
C       -> : .T. si le pivot s'est effectue correctement
C            .F. si le systeme n'est pas solvable
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      LOGICAL FUNCTION  GAUSS (A, m, B, X)
      REAL A(10, 10), B(10, 10), X(10, 10)
      INTEGER m, i, p
      INTEGER LIGNE
      i = 1
 900  IF (i .GE. m) GO TO 910
         p = LIGNE (A, m, i)
         IF (p .EQ. 0) THEN
            GAUSS = .FALSE.
            RETURN
         ENDIF
         IF (i .NE. p) THEN
            CALL ECHANG (A, m, m, i, p, A)
            CALL ECHANG (B, m, 1, i, p, B)
         ENDIF
         CALL PIVOTE (p, A, m, B, 1)
         i = i + 1
         GO TO 900
 910  CONTINUE
      CALL TRIANG (A, m, B, 1, X)
      GAUSS = .TRUE.
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       INV
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure d'inversion matricielle
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice carree
C       m : dimension de A
C
C     Sortie(s) :
C       X : matrice inverse
C       -> : .T. si A a ete inversee
C            .F. si A n'est pas inversible
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      LOGICAL FUNCTION  INV (A, m, X)
      REAL A(10, 10), B(10, 10), X(10, 10)
      INTEGER m, i, j, p
      INTEGER LIGNE
C
C     Creation de B = Id(n)
C
      DO 1010 i=1, m
         DO 1000 j=1, m
            B(i, j) = 0
 1000    CONTINUE
         B(i, i) = 1
 1010 CONTINUE
C
C     Inversion de A
C
      i = 1
 1020 IF (i .GE. m) GO TO 1030
         p = LIGNE (A, m, i)
         IF (p .EQ. 0) THEN
            INV = .FALSE.
            RETURN
         ENDIF
         IF (i .NE. p) THEN
            CALL ECHANG (A, m, m, i, p, A)
            CALL ECHANG (B, m, m, i, p, B)
         ENDIF
         CALL PIVOTE (p, A, m, B, m)
         i = i + 1
         GO TO 1020
 1030 CONTINUE
      CALL TRIANG (A, m, B, m, X)
      INV = .TRUE.
      RETURN
      END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C     Nom :
C       DETERM
C
C     Fonctionallite :
C       Procedure de calcul de la valeur absolue du
C       determinant
C
C     Entree(s) :
C       A : matrice carree
C       m : dimension de A
C
C     Sortie(s) :
C       -> : valeur absolue du determinant
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      REAL FUNCTION  DETERM (A, m)
      REAL A(10, 10), B(10, 10)
      INTEGER m, i, p
      INTEGER LIGNE
      REAL det
      i = 1
 1100 IF (i .GE. m) GO TO 1110
         p = LIGNE (A, m, i)
         IF (p .EQ. 0) THEN
            DETERM = 0
            RETURN
         ENDIF
         IF (i .NE. p) THEN
            CALL ECHANG (A, m, m, i, p, A)
         ENDIF
         CALL PIVOTE (p, A, m, B, 1)
         i = i + 1
         GO TO 1100
```

```
1110 CONTINUE
     det = A(1, 1)
     DO 1120 i=2, m
        det = det*A(i, i)
1120 CONTINUE
     DETERM = det
     RETURN
     END
```

Annexe A

Références et licence

La dernière version est disposible à l'adresse http ://www.softndesign.org/ ?page=manuels/fortran.php. Des versions Postscript et PDF y sont aussi disponibles.