IUT de Lannion
Dpt Informatique
1ère année

Langage C
Cours et référence

Pierre NERZIC
mars 2003

Table des matières

A - PRESENTATION

1 - HISTORIQUE DU LANGAGE C

Dennis Ritchie (laboratoires Bell - US) a défini ce langage évolué afin de pouvoir implanter le système Unix sur différents types de machines. Auparavant, les systèmes d'exploitation étaient écrits entièrement en assembleur spécifique à la machine visée. Écrite en langage C, la plus grande partie du système Unix (noyau, librairies et commandes) peut être mise en œuvre sur toute machine possédant un compilateur C. Depuis, ce langage a conquis le monde des entreprises et les universités malgré ses quelques défauts (syntaxe parfois illisible, pas assez de contrôles sémantiques…).

On peut citer deux versions et une extension de ce langage :
• version originale non normalisée : C standard ancienne et amenée à disparaître peu à peu.
• version normalisée : C ansi.
• version objet : C++ (étudiée en deuxième année)

2 - EXEMPLE D'UN PROGRAMME SIMPLE

Les exemples de ce polycopié sont toujours fournis avec deux versions, à gauche un programme C, à droite le programme équivalent en Pascal.

Langage C – **facto.c**

```
/* un programme simple */

#define N_MAX 10
int fact(int n)
{
   int i,r;
   if (n > N_MAX) return -1;
   r = 1;
   for (i=1; i<=n; i++) {
      r = r * i;
   }
   return r;
}



int Nombre;
main()
{
   scanf("%d", &Nombre);
   printf("fact(%d) = %d\n",Nombre,
      fact(Nombre));
}
```

Langage Pascal – **facto.pas**

```
{ un programme simple }
program simple;
const N_max = 3;
function fact(n:integer):integer;
var i,r: integer;
begin
   if n > N_max then fact := -1
   else begin
      r := 1;
      for i:=1 to n do begin
         r := r * i
      end;
      fact := r
   end
end;

var Nombre: integer;
begin
   read(Nombre);
   writeln('fact(',Nombre,') = ',
      fact(Nombre))
end.
```

Saisir ce programme dans le fichier facto.c puis le compiler par la commande :

```
cc -Wall -o facto facto.c
```

B - APPRENTISSAGE DU LANGAGE

Ce polycopié présente les principes de programmation en langage C en comparant sa syntaxe à celle du langage Pascal sur des exemples simples. Ce polycopié contient deux parties : un cours pour apprendre le langage et une description du langage élément par élément.

Les exemples sont inspirés d'un cours écrit par Kernighan et Ritchie. Ils peuvent être compilés et essayés.

1 - LE PREMIER PROGRAMME C

Voici un programme très simple :

Langage C – **salut.c**	commentaire
`main()`	nom de la fonction
`{`	début de bloc = groupe d'instructions
`  printf("bonjour à tous\n");`	corps du programme, instructions
`}`	fin du bloc

Comme un programme Pascal, un source C contient des définitions de données : constantes, types, variables et des instructions : fonctions et procédures. Le langage C ne fait pas de différence entre fonctions et procédures, les procédures sont des fonctions dont on n'utilise pas le résultat.

Tout programme exécutable doit contenir une et une seule fonction appelée `main`, cette fonction est le point d'entrée du programme et peut se trouver n'importe où dans le source.

La fonction `printf` permet d'afficher des données mises en page (*print formatted*). Son mode d'emploi est printf(format, données…), voir page 3. Le format est une chaîne de caractères indiquant comment il faut afficher les données. Dans cet exemple, on affiche seulement le format, il n'y a pas de données ; \n envoie un retour à la ligne. Il n'y a pas comme en Pascal deux fonctions, l'une pour écrire un retour à la ligne et une autre pour ne pas en écrire – on met ou pas ce \n :

Langage C	Langage Pascal
`printf("bonjour à tous\n");`	`writeln('bonjour à tous');`
`printf("salut");`	`write('salut');`

Noter les points-virgule obligatoires sur chaque ligne pour indiquer la fin des instructions.

2 - VARIABLES SIMPLES

Langage C – **somme.c**	commentaire
`main()`	
`{`	
`  int a, b, c, somme;`	définition (création) des variables
`  a = 1;  b = 2;  c = 3;`	affectation de valeurs
`  somme = a + b + c;`	calcul
`  printf("somme=%d\n",somme);`	affichage de la variable somme
`}`	

Remarquer les différences avec le langage Pascal en ce qui concerne les définitions des variables locales : les définitions sont à l'intérieur du bloc, les noms des types sont un peu différents et précèdent la liste des noms

des variables. Remarquer aussi l'affectation, c'est opérateur = (attention à ne pas confondre avec l'opérateur == qui signifie égalité).

Le langage C contient trois types de données fondamentaux :

- `char` : entier sur 1 octet, contient le code ascii d'un caractère, on peut lui affecter un code ascii ou un caractère. `char c; c = 48; c = 'A'; c = '\n';`
- `int` : entier sur 4 octets. `int n; n = -15;`
- `float` : réel IEEE sur 4 octets. `float r; r = 3.14; r = 1e-4;`

Au contraire du Pascal, les variables ne sont jamais initialisées. Une syntaxe particulière permet de le faire au moment de la définition :

```
int nb = 32;
```

La manipulation des chaînes de caractères en C est assez compliquée car il s'agit de tableaux qu'on doit gérer « à la main », voir page 8. Les chaînes sont délimitées par des guillemets "…".

Les opérateurs de calcul sont presque les mêmes qu'en Pascal, `+ - * /` (au lieu de `div`) et `%` (`mod`).

Langage C – **nbblocs.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  int taille, taillebloc=15, nbblocs;`
`  taille = 36;`
`  nbblocs = ((taille-1)%taillebloc)+1;`
`  printf("nbblocs=%d\n",nbblocs);`
`}`
	définition (création) des variables
	affectation de valeurs
	calcul
	affichage de la variable

Les fonctions mathématiques (sqrt, sin, log…) ne sont pas intégrées au langage, il faut faire appel à des librairies externes (voir G - 4 - page 39).

3 - ENTREES/SORTIES

Langage C – **somme2.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  int a=4, b=9;`
`  printf("%d + %d = %d\n", a,b, a+b);`
`}`
	définition et initialisation de deux variables
	affichage avec un format

Le premier paramètre de la fonction `printf` est appelé format, c'est une chaîne qui contient du texte normal et des jokers (`%d`), les jokers sont remplacés par les valeurs fournies, dans l'ordre où elles se trouvent. Il existe différents jokers pour chaque type de données : `%c` pour un char, `%f` pour un float.

Pour entrer un entier dans une variable voici comment on fait, le & est indispensable, voir pages 34 et 36 :

Langage C – **double.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  int a;`
`  scanf("%d", &a);`
`  printf("double(%d)=%d\n", a, 2*a);`
`}`
	read(a), NB : mettre un **&** devant la variable à lire ! ! !

Voici un programme C peu utile qui récrit un caractère qu'on tape :

Langage C – **repete.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  char c;`
`  printf("taper une touche puis entrée:");`
`  c = getchar();`
`  printf("code de %c = %d\n",c,c);`
`  putchar(c);`
`  putchar('\n');`
`}`
	
	définition (création) de la variable
	
	read(c)
	affichage de c et de son code
	réaffichage de c par putchar
	affichage d'un retour à la ligne

La fonction `getchar` n'a pas de paramètre mais les parenthèses sont obligatoires. Elle attend qu'on tape une ligne au clavier (stockée dans un tampon) et renvoie le code ascii du premier caractère tapé (ou le caractère suivant si on rappelle cette fonction, ainsi de suite jusqu'à la fin de la ligne).

On fournit un code ascii ou un caractère à la fonction `putchar` et elle affiche le caractère en question.

4 - INSTRUCTIONS CONDITIONNELLES

Langage C – **signe.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  float nb;`
`  printf("entrer un nombre :");`
`  scanf("%f",&nb);`
`  if (nb >= 0.0) printf("positif\n");`
`  else printf("négatif\n");`
`}`
	
	définition (création) de la variable
	read(nb)
	
	test sur nb

Noter que les chaînes sont mises entre guillements (double quotes), ex : "oui" et les caractères simples sont mis entre apostrophes, ex : 'c' ; les confondre peut provoquer des erreurs difficile à déceler.

Les conditions sont écrites comme en C-Shell et Awk. Lorsqu'on doit effectuer plusieurs instructions c'est à dire un bloc, on les encadre par des accolades {…} qui jouent le rôle de begin…end.

Langage C – **signe2.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  float nb;`
`  printf("entrer un nombre :");`
`  scanf("%f",&nb);`
`  if (nb >= 0.0) {`
`  if (nb > 0.0) {`
`  printf("positif\n");`
`  } else {`
`  printf("nul\n");`
`  }`
`  } else printf("négatif\n");`
`}`
	
	{ signifie début de bloc (plusieurs instructions ensemble)
	
	} signifie fin de bloc

5 - BOUCLES ITERATIVES

Voici un programme C qui applique la méthode dite de Jules César sur la ligne de texte tapée :

Langage C – **cesar.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  char c;`
`  c = getchar();`
`  while (c != '\n') {`
`  putchar((c + 1) % 26 + 'a');`
`  c = getchar();`
`  }`
`  putchar(c);`
`}`
	Taper toute une ligne à l'avance, retour à la fin.
	
	c = code ascii du caractère lu
	(c+1) modulo 26 = nbre entre 0 et 25
	'a' vaut 97 = code de a minuscule, on affiche ce code final et on continue avec le caractère suivant
	
	écrire le retour à la ligne

Le traitement indiqué entre accolades est répété tant que la condition est vraie.

Voici un programme C qui compte les lettres, chiffres et autres caractères de la ligne tapée.

Langage C – **compte.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  int lettres, chiffres, autres, c;`
`  lettres = 0; chiffres = 0; autres = 0;`
`  c = getchar() ;`
`  while (c != '\n' ) {`
`  if ( ('A'<=c && c<='Z') ||`
`  ('a'<=c && c<='z')) {`
`  lettres = lettres + 1;`
`  } else if ('0'<=c && c<='9') {`
`  chiffres = chiffres + 1;`
`  } else autres = autres + 1;`
`  c = getchar() ;`
`  }`
`  printf("%d lettres, %d chiffres, %d autres\n",`
`  lettres, chiffres, autres);`
`}`
	définition des variables
	initialisations
	lire le 1er caractère
	tq pas fin de ligne
	si c'est une lettre
	
	incrémenter lettres
	sinonsi c'est un chiffre ?
	incrémenter les compteurs concernés
	
	passer au caractère suivant
	fin du bloc à répéter
	affichage final : format
	valeurs

Noter que c est défini en tant qu'entier. Cela ne pose aucun problème puisqu'un entier 32 bits peut contenir un code ascii sur 8 bits, cela consomme à peine plus de mémoire et ralentit très légèrement le programme.

Ce même programme peut être rendu illisible à l'aide de pseudo-optimisations, pseudo car le gain de vitesse est complétement illusoire, l'optimiseur de code des compilateurs font un travail largement plus efficace que celui qu'on peut faire comme cela. Voici un exemple de ce qui est déconseillé :

Langage C – **compte_sale.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  char l, c, a, x;`
`  l = c = a = 0;`
`  while ((x = getchar()) != '\n')`
`  if (('A'<=x && x<='Z')||('a'<=x && x<='z'))++l;`
`  else ('0'<=x && x<='9')?++c:++a;`
`  printf("%d lettres, %d chiffres, %d autres\n",l,c,a);`
`}`
	définition des variables
	initialisation en une instruction
	lecture et test !
	pas de {} pour 1 instr.
	test et incrémentations
	pas de {} car une seule instruction !

Certains programmeurs raffolent de cette syntaxe à écriture seule et c'est ce qui contribue à la réputation de difficulté du langage C. Voici quelques explications :

- une affectation peut servir de valeur pour une comparaison, ainsi `(c = getchar())` a pour valeur le code ascii du caractère lu, il est comparé à la constante `'\n'` : code du retour à la ligne.
- `++var` est à peu près identique à `(var = var + 1)`. Ne pas l'employer dans des expressions plus complexe sous peine de ne pas pouvoir prévoir les résultats. On l'appelle opérateur de préincrémentation.
- il est inutile de mettre des {} lorsqu'il n'y a qu'une instruction. Une structure de contrôle est considérée comme une seule instruction. Un point-virgule achève l'instruction en cours.
- la structure `condition ? action1 : action2` permet de spécifier de petites conditionnelles lors d'affectations.

6 - BOUCLES REPETITIVES

La boucle *pour* est une boucle *tantque* déguisée, il n'y a pas de vraie boucle *pour* en langage C :

Langage C – **facto5.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  int v,factoV,i;`
`  v = 5; factoV = 1;`
`  for (i=1 ; i<=5; i=i+1) {`
`  factoV = factoV * i;`
`  }`
`  printf("%d! = %d\n,v,factoV);`
`}`
	`for (init ; condition ; progression) {`
	`  corps ;`
	`}`

Une boucle `for` contient 4 éléments : *initialisation*, *condition*, *progression* et *corps*. L'exécution commence par l'*initialisation*. Les instructions du *corps* sont faites tantque la *condition* est vraie. C'est une condition de continuation et non une condition d'arrêt. Après avoir exécuté le *corps*, le langage C effectue l'affectation contenue dans *progression* et reprend au niveau du tantque.

Voici l'équivalence entre les deux types de boucles :

structure for	équivalence while

`for (init ; cond ; svt) {`
`  instructions ;`
`}`
	`init ;`
	`while (cond) {`
	`  instructions ;`
	`  svt ;`
	`}`

Voici comment on fait les boucles les plus fréquentes en Pascal :

Langage C	Langage Pascal
`for (i=3 ; i<=8 ; i=i+1) xxx;`	`for i := 3 to 8 do xxx ;`
`for (i=4 ; i>=0 ; i=i-1) yyy ;`	`for i := 4 downto 0 do yyy ;`

Evidemment, s'il y a plusieurs instructions dans le corps de la boucle, il faut les encadrer par des {}.

7 - FONCTIONS ET PROCEDURES

La syntaxe de définition d'une fonction est plus compacte que celle du Pascal :

Langage C – **plancher.c**	commentaire
`int max(int a, int b)`	type du résultat, nom, paramètres
`{`	
`  if (a > b) return a;`	return provoque une sortie immédiate de la fonction
`  return b;`	donc pas besoin de else après un return
`}`	
`main()`	
`{`	
`  int i;`	
`  scanf("%d",&i);`	lecture d'un nombre entier
`  i = max(i,0);`	appel de la fonction max, max(v,0)=0 si v<0
`  printf("%d",i);`	affichage
`}`	

Noter que les paramètres sont passés par valeur. L'instruction return provoque le retour immédiat de la valeur de la fonction. Les instructions suivantes ne sont pas effectuées.

Voici maintenant comment on définit une procédure : on met void pour indiquer qu'il n'y a pas de résultat :

Langage C	commentaire
`void affiche(int nb)`	pour une procédure on met void (vide)
`{`	
`  printf("nb=%d\n", nb);`	
`}`	pas de return ou bien return sans valeur

Voici maintenant comment on appelle cette procédure :

Langage C	commentaire
`main()`	
`{`	
`  int i;`	
`  scanf("%d",&i);`	
`  affiche(max(i,0));`	on appelle la procédure
`}`	

Voici maintenant quelques cas d'erreurs difficiles à déceler à cause des possibilités du langage C :

Erreurs de programmation	commentaire
`c = getchar;`	sans (), le C n'appelle pas la fonction mais affecte l'adresse du code machine
`max(i,j);`	on peut appeler une fonction sans utiliser son résultat

8 - TABLEAUX

Le langage C en a une approche très bas niveau, proche du langage d'assemblage. Quand on manipule un tableau en langage C, il faut constamment imaginer les opérations effectuées par l'unité centrale : des adressages indexés (voir le cours d'architecture). Un tableau C est une zone mémoire contenant plusieurs cases successives, on les manipule grâce à l'adresse de la première qui est représentée par le nom du tableau, et un indice. Pour créer un tableau, le langage C ne demande que la taille (le nombre d'éléments). On ne peut pas choisir l'étendue des indices comme en Pascal, en C les indices vont obligatoirement de 0 à la taille - 1.

Voici un exemple :

`int t[10] ;` crée un tableau de 10 cases, la première est `t[0]`, la dernière est `t[9]`

Ces cases peuvent être manipulées par des indices appliqués à t : les éléments de t sont t[0],t[1], t[2]…t[9]. Bien noter que les indices commencent obligatoirement à 0. Ils vont donc jusqu'au nombre d'éléments – 1.

Langage C – **factos.c**	commentaire

`main()`
`{`
`  int f[10],i,facti;`
`  facti = 1;`
`  for (i=1; i<=10; i=i+1) {`
`  t[i-1] = facti;`
`  facti = facti * (i + 1);`
`  }`
`}`
	création d'un tableau de 10 entiers (non initialisés)
	
	la boucle va de i=1 à i=10
	on place i ! dans chaque case, noter la translation des indices pour aller de 0 à 9 dans le tableau
	calcul de i ! pour le i suivant

Attention, les tableaux ne peuvent pas être, comme en pascal, affectés l'un à l'autre et comparés. Il faut écrire soi-même des fonctions et des procédures pour faire ces traitements, voir page 12.

9 - CHAINES DE CARACTERES

Les chaînes sont un cas particulier de tableaux, ce sont de simples tableaux d'octets qui sont les codes ascii des caractères. Perdre de vue cette réalité ferait commettre de graves erreurs de programmation. En effet le C n'est capable ni d'affecter un tableau à un autre, ni de comparer deux tableaux[1], il faut obligatoirement employer des fonctions spécifiques : `strcpy` et `strcmp`.

Une chaîne est une zone mémoire d'une certaine taille (au moins aussi grande que ce qu'on veut y mettre). Cette zone mémoire contient des codes ascii : ceux des caractères de la chaîne. Le langage C oblige à mettre le code ascii zéro tout à la fin : \0. Attention le code ascii de '0' est 48 et celui de '\0' est zéro. Voici un exemple de chaîne (en réalité, au lieu des caractères, on trouve les codes ascii dans les cases) :

…	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	…
	D	e	m	e	s	m	a	e	k	e	r	\0	A	r	s	è	n	e	\0	L	

Cette zone mémoire contient 20 emplacements, on y a placé un texte « Demesmaeker » puis le code ascii nul (noté aussi \0) ; les cases suivantes contiennent du texte qui n'est pas pris en compte et qui résulte probablement d'opérations précédentes sur cette chaîne.

Ne pas oublier que le tableau fait partie de la mémoire, il y a d'autres octets avant et d'autres octets après la zone mémoire attribuée à cette chaîne. Si on affecte les cases trop loin (indice > 19), on risque de modifier d'autres données, d'autres variables situées au delà.

a) Constantes chaînes

La syntaxe `"texte"` crée un tableau sans nom (ce n'est pas une variable affectable), contenant les codes ascii des caractères indiqué suivis d'un code nul. Ainsi `"bonjour"` réserve 8 octets en mémoire.

Attention, selon les options de compilation et les compilateurs, deux chaînes constantes contenant la même chose oeuvent être placées à des adresses différentes ou pas. Elles seront donc considérées comme

[1] Plus exactement, le C peut affecter un tableau à un autre ou comparer deux tableaux, mais il ne s'occupe que des adresses de début, pas du contenu : deux tableaux sont donc égaux seulement s'ils sont à la même adresse, ce qui est plus restrictif. En pascal, deux tableaux sont égaux s'ils ont le même contenu.

différentes ou pas selon le compilateur. Pour comparer deux chaînes par leur contenu, il faut obligatoirement utiliser la fonction `strcmp` ci-dessous.

b) Variables chaînes

Les constantes chaînes ne peuvent pas être modifiées car elles n'ont pas de nom symbolique. Au contraire, avec les variables chaînes, on peut modifier le contenu : affecter, concaténer, tronquer, comparer…

Voici un exemple de création d'une chaîne :

`char nom[21] ;` réserve 20 octets pour stocker des codes ascii, càd des caractères. Il faut en prévoir un de plus pour mettre le code nul.

Langage C – **`chaine.c`**	commentaire
`main()`	
`{`	
`  char nom[31],prenom[21],mail[61];`	réserve des chaines de 30, 20 et 60 caractères (1 de plus pour le \0)
`  printf("ton prénom :"); gets(prenom);`	comparaison de chaines
`  if (strcmp(nom,"pierre") == 0)`	
`    printf("ah, salut pierrot !\n");`	
`  printf("ton nom :"); gets(nom);`	
`  strcpy(mail,nom);`	mail := nom
`  strcat(mail,".");`	mail := mail + '.'
`  strcat(mail,prenom);`	mail := mail + prenom
`  strcat(mail,"@iut-lannion.fr");`	mail := mail + '@iut-lannion.fr'
`  puts(mail);`	afficher la chaîne mail
`}`	

La procédure `strcpy(`*`dst`*`,`*`src`*`)` copie dans la chaîne *dest* ce qui se trouve dans la chaîne *src*.

La procédure `strcat(`*`dst`*`,`*`src`*`)` ajoute au bout de la chaîne *dest* ce qui se trouve dans la chaîne *src*.

La fonction `strcmp(`*`ch1`*`,`*`ch2`*`)` compare les contenus des deux chaînes et renvoie 0 si elle contiennent la même chose. `strcmp` renvoie un nombre non nul si elles ne contiennent pas la même chose.

La fonction `strlen(`*`ch`*`)` calcule la longueur de la chaîne, attention distinguer la longueur de la chaîne (quantité de mémoire utilisée, variable) de sa taille (quantité de mémoire allouée, constante). Ainsi la chaîne nom du haut peut contenir jusqu'à 20 caractères utiles mais occupe toujours 21 octets en mémoire.

Voici maintenant quelques exemples techniques :

Langage C	équivalence

`char txt[5];`
`txt[0] = 'j';`
`txt[1] = 'e';`
`txt[2] = '\0';`
	`char txt[5];`
	`strcpy(txt, "je");`

Les affectations de chaînes sont impossibles directement car le C ne sait pas recopier des tableaux, attention à réserver assez de place dans la chaîne destination, sans quoi on écrase la suite de la mémoire :

Impossible/interdit	correct

`char txt1[5], txt2[5];`
`txt1 = "oui";`
`txt2 = txt1;`
	`char txt1[5], txt2[5];`
	`strcpy(txt1, "oui");`
	`strcpy(txt2, txt1);`

De la même façon, le C ne sait pas comparer des tableaux, donc :

Faux ami, mauvais résultat	correct

`char txt1[5], txt2[5];`
`if (txt1 == txt2) ...`
`if (txt1 == "tu") ...`
	`char txt1[5], txt2[5];`
	`if (strcmp(txt1,txt2) == 0) ...`
	`if (strcmp(txt1,"tu") == 0) ...`

Il existe des procédures/fonctions d'entrées/sorties pour les chaînes :

Langage C	Langage Pascal

`char texte[80];`
`gets(texte);`
`puts(texte);`
	`var texte : string(80);`
	`read(texte);`
	`writeln(texte);`

La fonction `gets` remplit le tableau avec ce qu'on tape au clavier jusqu'à la fin de ligne et place le code de fin de chaîne à la fin ('\0'). La fonction `puts` écrit la chaîne à l'écran.

Langage C	Langage Pascal

`char texte[80];`
`scanf("%s",mot);`
`printf("%s",mot);`
	`var mot : string(80);`
	`read(mot);`
	`writeln(mot);`

La fonction `scanf` remplit le tableau avec le premier mot lu sur le clavier et place le code de fin de chaîne à la fin ('\0'). Le joker `%s` écrit la chaîne à l'écran.

10 - TYPES COMPOSITES : STRUCTURES

Langage C – **`infos.c`**	commentaire

`struct client {`
`  char nom[20];`
`  int age;`
`};`
	définition d'un type structuré, la syntaxe est très différente de celle du Pascal

`void afficher(struct client  untel)`
`{`
`  printf("%s, %d ans\n",`
`  untel.nom,untel.age);`
`}`
	définition d'une procédure d'affichage avec une strcture en paramètre, remarquer le mot clé struct présent à chaque fois

`main()`
`{`
`  struct client  cahier[5];`
`  strcpy(cahier[0].nom, "Michel") ;`
`  cahier[0].age = 25;`
`  afficher(cahier[0]);`
`}`
	définition d'une variable tableau de 5 structures
	affectation des champs de la première case
	
	appel de la fonction d'affichage

Noter que de cette façon le type ne s'appelle pas *client* seulement mais *struct client*. L'utilisation de ce type est identique à Pascal.

11 - VARIABLES GLOBALES

Langage C	commentaire

`float TVA = 19.6;`
`float prixttc(float prixht)`
`{`
`  return prixht * TVA;`
`}`
	variable globale préinitialisée
	
	TVA est prise en dehors de la fonction

Il s'agit de variables situées hors de toute fonction. On peut y accéder partout dans le programme. Lorsqu'une variable locale porte le même nom, c'est cette dernière qui est prise en compte.

12 - POINTEURS

Le langage C est très proche de la machine et n'offre pas des mécanismes très élaborés pour manipuler certaines structures de données dynamiques (tableaux dynamiques, listes, arbres, graphes). Pour les représenter en C, il faut manipuler directement les adresses des données et faire des indirections sur ces adresses (adressage indirect registre). En C, on appelle *pointeur* une variable qui contient une adresse.

Langage C	commentaire
`int a,b,c;`	définition de trois variables globales
`main()`	
`{`	
`  int *adr;`	adr : adresse d'une variable de type int
`  adr = &b;`	adr = adresse de la variable b
`  (*adr) = 50;`	mettre 50 dans la case mémoire désignée par adr, càd b
`}`	

L'opérateur & donne l'adresse de son opérande : &a est l'adresse de a, &c est l'adresse de c.

L'opérateur * donne la valeur située à l'adresse indiquée par l'opérande : *15 donne le contenu de la case mémoire d'adresse 15. Attention, on ne doit donner que des adresses valides (situées dans le segment de données du programme et correspondant à des variables).

a) Paramètres de sortie

On se sert de ce mécanisme pour passer des paramètres de sortie :

Langage C – **`echange.c`**	commentaire
`void echanger(int *adrv1, int *adrv2)`	adrv1 et adrv2 sont deux adresses de variables int
`{`	
`  int inter;`	
`  inter = (*adrv1);`	adrv1 = adresse d'un entier
`  (*adrv1) = (*adrv2);`	*adrv1 = cet entier
`  (*adrv2) = inter;`	
`}`	
`main()`	
`{`	
`  int a=14, b=23;`	&a = adresse de a placée dans adrv1
`  printf("avant: a=%d b=%d\n",a,b);`	&b = adresse de b placée dans adrv2
`  echanger(&a, &b);`	
`  printf("apres: a=%d b=%d\n",a,b);`	
`}`	

b) Pointeurs et tableaux

Le langage C entretient une relation très forte entre pointeurs et tableaux. Le nom d'un tableau est un pointeur non affectable sur son premier élément, d'indice 0. Ainsi &(tab[0]) = tab et (*tab)= tab[0]. D'autre part, on peut additionner une constante à un pointeur pour désigner une des cases suivantes (adressage basé avec un décalage). Ainsi tab+i = &tab[i] et (*(tab+i)) = tab[i].

Langage C	commentaire

`main()`
`{`
`  int tab[4];`
`  (*(tab+2)) = 4;`
`  echange(tab+1,&tab[3]);`
`}`
	
	tableau de quatre entiers, tab = adresse du 1er élément
	tab+2 = adresse du 3e entier (*(tab+2)) = tab[2]
	tab+1 = &tab[1]

En Pascal, le nom d'un tableau représente toutes ses cases tandis qu'en C, le nom d'un tableau représente uniquement l'adresse du début du tableau. C'est pour cela qu'en C on ne peut pas affecter des tableaux l'un à l'autre et que les tableaux sont toujours passés par variable.

Lorsqu'on passe un tableau en paramètre, on passe uniquement l'adresse de ce tableau, cette adresse permet d'accéder au contenu.

Langage C – **zeros.c**	commentaire

`int nbnuls(int *tab, int taille)`
`{`
`  int i, n=0;`
`  for (i=0 ; i<taille ; i=i+1)`
`  if (tab[i] == 0) n=n+1;`
`  return n;`
`}`
`main()`
`{`
`  int tab[4] = { 2,0,8,0 };`
`  printf("nuls=%d\n",nbnuls(tab,4));`
`}`
	le paramètre tab est un pointeur, adresse de la première case d'un tableau
	
	aucune différence d'emploi car tab[i] = (*(tab+i))
	
	tableau de quatre entiers initialisés
	appel de la fonction adresse de tab et taille

Les chaines sont également manipulées de cette façon :

Langage C – **zeros.c**	commentaire

`int longueurphrase(char *chaine)`
`{`
`  int i;`
`  for (i=0 ; chaine[i] !='\0'; i=i+1)`
`  if (chaine[i] == '.') return i;`
`  return i;`
`}`
`main()`
`{`
`  char texte[80] = "Nouvelles.Ras.";`
`  printf("lngphrase(%s)=%d\n",`
`  texte,longueurphrase(texte));`
`}`
	le paramètre sera un tableau de caractères
	
	boucle tant qu'on reste dans la chaîne
	arrêt immédiat quand on trouve un point
	on renvoie son indice
	
	texte[0]='N'…texte[3]='v'…texte[6]='l'…texte[14]='\0'

En C on ne peut pas affecter un tableau à un autre : il faut clairement indiquer si on souhaite affecter les adresses ou si on souhaite affecter le contenu :

affectation des adresses	affectation du contenu

`int tab1[5] = { 1, 4, 2, 6, 7 };`
`int *tab2;`
 	
`{`
`  tab2 = tab1;`
`}`
	`int tab1[5] = { 1, 4, 2, 6, 7 };`
	`int tab2[5];`
	
	`{`
	`  int i;`
	`  for (i=0 ; i<5 ; i++)`
	`  tab2[i] = tab1[i];`
	`}`

Les deux programmes créent tab1, tableau de 5 entiers et font en sorte que tab2 contiennent les mêmes valeurs que tab1. La différence est que dans le programme de gauche tab2 est à la même adresse que tab1, si on modifie tab2[3], on modifie aussi tab1[3], tandis que à droite, tab2 est un autre tableau dont les valeurs ont été initialisées avec celles de tab1, si on modifie tab2[3], cela ne change rien à tab1[3].

Bien noter qu'on peut affecter une valeur à un pointeur (comme tab2 à gauche) mais qu'on ne peut pas affecter un tableau (tab1 est en lecture seule). D'autre part, il faut veiller à réserver assez de place dans le tableau destination.

Les mêmes considérations s'appliquent aux chaînes de caractères. La fonction `strcpy` effectue la recopie des octets d'une chaîne à l'autre.

C - STRUCTURE D'UN PROGRAMME C

1 - ÉLEMENTS D'UN PROGRAMME

Un programme C est composé des éléments suivants : définitions des constantes, types, variables globales, procédures et fonctions et corps principal. Ces éléments sont disposés en vrac (sans structuration), la seule contrainte est qu'un élément doit être défini ou déclaré avant son utilisation : ce qui est défini ou déclaré à un endroit devient disponible pour la suite du programme.

Vocabulaire : *définir* = créer (réserver la place en mémoire à l'exécution) ; *déclarer* = prévenir le compilateur que la définition est faite plus loin. Voir aussi le paragraphe G - 4 - a) page 39.

Dans la plupart des cas, certaines définitions de constantes et types et déclarations de variables et de fonctions sont placées dans des fichiers inclus au programme. Ces fichiers portent l'extension .h.

- **Commentaires**

Un commentaire doit être encadré par /*... */. Il n'y a pas de limite à la longueur d'un commentaire. Un commentaire ne peut pas en contenir d'autres.

Langage C	Langage Pascal
`/* ceci est un commentaire */` `/* il n'y a qu'une possibilité */`	`(* ceci est un commentaire *)` `{ il y a deux possibilités }`

- **Fichiers inclus et librairies**

Lorsque le programme fait appel à des fonctions extérieures (par exemple, les fonctions mathématiques ou les fonctions système Unix), il est souvent nécessaire d'inclure des déclarations de constantes, types et prototypes de fonctions qui se trouvent dans certains fichiers appelés fichiers d'entêtes de librairies. Ces fichiers sont regroupés dans le répertoire `/usr/include` et sont inclus par la directive `#include <`*`fichier`*`.h>`. Voir aussi le §H - 1 - page 41.

Langage C
`#include <stdio.h>`

Lorsque le fichier à inclure se trouve dans le répertoire courant, des "" remplacent les <> :

Langage C
`#include "donnees.h"`

- **Définition des constantes**

Une constante est un identificateur simple pour représenter une valeur numérique compliquée.

Syntaxe : *#define* constante valeur

définit la valeur du symbole *constante*

Langage C	Langage Pascal
`#define PI 3.1415`	`const PI = 3.1415;`

Pièges : ne pas mettre de ; après la valeur. Cela provoque une erreur de syntaxe à toutes les mentions de la constante.

Conseil : en général, les constantes sont mises en majuscules afin de les localiser facilement.

`#define` permet également de définir des macro-fonctions. Il s'agit de pseudo-fonctions dont la définition remplace chaque appel. Il faut donc faire attention à ne pas les employer à mauvais escient. Voir page 43.

Langage C
```
#define dernierchar(S) (S[strlen(S)-1])
```

Cette macro donne le dernier caractère d'une chaîne non-vide.

- **Définition des types**

Voir le paragraphe D - 2 - page 16.

- **Définition des variables globales**

Une variable globale est définie de la même manière qu'une variable locale dans une fonction ou procédure. Se reporter au paragraphe D - 1 - page 16.

- **Déclaration des fonctions et procédures**

Dans certains cas, il faut indiquer au compilateur quels sont les types des paramètres et le type du résultat d'une fonction sans pouvoir fournir en même temps le corps de cette fonction (récursivité croisée, modularité ou simple confort du programmeur). Cela s'appelle une déclaration de prototypes et consiste à fournir l'entête d'une fonction sans son corps. Voir le paragraphe G - 1 - c) page 33.

- **Définition des fonctions et procédures**

Voir le paragraphe G - 1 - page 32.

- **Définition du point d'entrée : le corps du programme**

Dans le langage C, le point d'entrée est défini simplement à l'aide d'une procédure particulière qui s'appelle *`main`*. Le programmeur doit définir cette procédure qui sera automatiquement appelée lors de l'exécution.

2 - COMPILATION D'UN PROGRAMME C

Comme en Pascal, le but est d'obtenir un programme exécutable à partir du ou des programmes source. La construction de l'exécutable se déroule en deux étapes : compilation des fichiers sources et édition des liens.

a) Compilation

Cela consiste à traduire les instructions et définitions de données en langage machine. Le compilateur consulte le source `.c` et tous les fichiers `.h` qu'il mentionne. Il construit un fichier dit objet `.o`.

Il existe également des fichiers `.a` dits librairies construits à partir des `.o`. Ces fichiers contiennent les corps des fonctions tandis que les fichiers `.h` contiennent les déclarations des fonctions.

Commande : `cc –Wall –c` *`prog.c`*

L'option –Wall affiche tous les messages d'avertissement. La présence d'avertissements est mauvais signe mais leur absence ne signifie pas pour autant que le programme est sain.

b) Édition des liens

Cela consiste à rassembler tous les fichiers .o et les librairies de fonction en associant les appels de fonctions aux définitions. Voir le cours de production/maintenance.

Commande : `cc prog.o -o prog`

compile le source *prog.c* et crée l'exécutable *prog*.

Dans le cas d'un programme simple, les deux étapes peuvent être rassemblées :

Commande : `cc -Wall prog.c -o prog`

D - VARIABLES ET TYPES DE DONNEES

1 - DEFINITION D'UNE VARIABLE

a) Syntaxe

Syntaxe1 : `type variable;`
Syntaxe2 : `type variable1, variable2, ...;`

définit la ou les variables : réserve la place pour une variable de ce type, la variable devient connue et utilisable dans la suite du programme si c'est une variable globale (c'est à dire définie en dehors d'une fonction) ou seulement dans le bloc d'instructions d'une fonction si c'est une variable locale (voir F - 2 - page 28). Les identificateurs autorisés sont les mêmes qu'en Pascal : lettre puis suite de lettres ou de chiffres.

b) Initialisation

Cela consiste à placer des valeurs dans les variables avant l'exécution du programme, au moment de leur définition. La ligne suivante définit la variable ainsi que sa valeur initiale.

Syntaxe : `type variable = valeurinitiale;`

2 - TYPES SIMPLES

a) Entiers

Le C offre plusieurs sortes d'entiers afin de s'adapter à toutes sortes de machines (micro-processeurs 8-16 bits ou 16-64 bits). Il existe donc des entiers courts, normaux ou longs qui sont mémorisés sur un nombre d'octets différents. Par exemple, en 2003 sur un PC linux, un entier court occupe 2 octets (16 bits), les normaux et les longs en occupent 4 (32 bits).

D'autre part, pour une même taille, il existe des entiers signés et des entiers non-signés. Cela change les valeurs entières minimum et maximum qui peuvent être représentées. Voici les différents types entiers :

	signé	non-signé
entier court	`short`	`unsigned short`
entier normal	`int`	`unsigned int`
entier long	`long`	`unsigned long`

Exemple :

Langage C	Langage Pascal

`unsigned long nbatomes;`
`short variation;`
`int code;`
	`var nbatomes: integer;`
	`var variation: integer;`
	`var code: integer;`

Les constantes entières peuvent être données dans différentes bases :

base	syntaxe	exemple	valeur en base 10
10	comme en Pascal	`45`	45
8	faire précéder d'un 0	`067`	55
16	faire précéder de 0x	`0x3E`	62

Les entiers longs sont suffixés d'un L. Exemple : 125L est l'entier long qui vaut 125.

Langage C	Langage Pascal
`nbatomes = 1868376613L;` `code = 0xFFE;`	`nbatomes := 1868376613;` `code := 4094;`

b) Booléens

Il n'existe pas de type spécialisé pour gérer les booléens. Ils ont été intégrés à la syntaxe du langage C en tant qu'entiers avec la convention suivante :

0 : faux, ≠0 : vrai.

Tous les opérateurs booléens (voir E - 2 - page 23) respectent cette convention.

Langage C	Langage Pascal

`int f;`
`f = 1;`
`f = 0;`
	`var f: boolean;`
	`f := True;`
	`f := False;`

Les fonctions d'entrées/sorties (voir G - 3 - page 36) ne sont pas capables de manipuler les valeurs booléennes. Si on veut, comme en Pascal, afficher ou lire `True` ou `False`, il faut construire des fonctions adaptées, exemple pour afficher un booléen :

Langage C	Langage Pascal
`int f;` `printf("%s",f?"true":"false");`	`var f: boolean;` `write(f);`

c) Caractères

Les caractères sont codés sur un octet en suivant le code ascii et sont gérés comme des entiers. Le nom du type caractère est `char` comme en Pascal.

Langage C	Langage Pascal
`char c;`	`var c: char;`

Il existe trois manières d'écrire une constante de type caractère :

- 'caractère' : équivalent au code ascii sur un octet du caractère ;
- '*lettre*' : représente un caractère non-affichable (`\n` retour à la ligne, `\t` tab) ;

• '\0*nombre*' : nombre est le code ascii en base 8 (en octal) du caractère représenté.

Exemple :

Langage C	Langage Pascal

`c = 'A';`
`c = '\n';`
`c = '\040';`
	`c := 'A';`
	`c := chr(10);`
	`c := chr(32);`

d) Réels

Comme pour les entiers, il existe deux sortes de nombres réels, les normaux (`float`) et les réels en double précision (`double`). Ces deux catégories sont gérées en virgule flottante, la norme dépend de la machine considérée (IEEE ou autre).

Une constante réelle est écrite en notation scientifique classique (par exemple `31.41e-1`).

Langage C	Langage Pascal

`float e;`
`double max;`
`e = 2.71;`
`max = 3e125;`
	`var e: real;`
	`var max: real;`
	`e := 2.71;`
	`max := 3e125;`

e) Énumérations

Les variables de ce type prennent une valeur parmi un ensemble. Par exemple pour un feu de circulation, sa couleur est vert, orange ou rouge. Le langage C propose deux syntaxes pour définir ces types :

Syntaxe n°1 : `enum` *`nouveautype`* `{` *`liste de symboles`* `};`

définit un nouveau type qui s'appelle `enum` *`nouveautype`* (et non pas seulement *`nouveautype`*, voir la syntaxe n°2). Le domaine des variables de ce type est la liste des symboles fournis. Ces symboles sont équivalents à des constantes entières commençant à 0.

Langage C	Langage Pascal

`enum Jour { lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche };`
`enum Jour j;`
`j = jeudi;`
	`type Jour = (lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche);`
	`var j: Jour;`
	`j := jeudi;`

définit le type `enum Jour`, les variables de ce type peuvent prendre pour valeur `lundi`, `mardi`,... ou `dimanche`.

Syntaxe n°2 : `typedef enum {` *`liste de symboles`* `}` *`nouveautype`*`;`

définit un nouveau type qui s'appelle *`nouveautype`* (sans `enum`).

Langage C	Langage Pascal

`typedef enum {`
`  nul, faible, moyen, fort, infini`
`} Intensite;`
`Intensite son;`
`son = moyen ;`
	`type Intensite =`
	`  ( nul,faible,moyen,fort,infini );`
	
	`var son : Intensite;`
	`son := moyen;`

3 - ENREGISTREMENTS

a) Définition d'un type enregistrement

Syntaxe n°1 : `struct` *`nouveautype`* `{` *`liste de champs`* `};`

définit un nouveau type appelé `struct` *`nouveautype`* (et non pas seulement *`nouveautype`*, voir la syntaxe n°2). La liste des champs est composée de définitions identiques à des définitions de variables.

Langage C	Langage Pascal

`struct point {`
`  float x,y;`
`  Intensite brillance;`
`};`
	`type point = record`
	`  x,y : real;`
	`  brillance : Intensite`
	`end;`

définit le type `struct point` en tant qu'agrégat.

Syntaxe n°2 : `typedef struct {` *`liste de champs`* `}` *`nouveautype`*`;`

définit un nouveau type appelé simplement `nouveautype`.

Langage C	Langage Pascal

`typedef struct {`
`  struct point centre;`
`  int rayon;`
`} Cercle;`
	`type cercle = record`
	`  centre: point;`
	`  rayon : integer`
	`end;`

NB : l'indentation est importante pour la lecture et la compréhension du programme.

b) Définition d'une variable structurée

La définition d'une variable de type structure se fait de l'une des manières suivantes suivant la syntaxe qui avait été employée lors de la définition du type :

Syntaxe n°1 : `struct` *`nomtype variable`*`;`

Syntaxe n°2 : *`nom_typedef variable`*`;`

crée la variable du type structuré indiqué.

Langage C	Langage Pascal
`struct point P;` `Cercle C;`	`var P : point;` `var C: cercle;`

c) Initialisation d'une variable structurée

Comme pour les variables normales, une variable de type struct peut être initialisée :

Syntaxe n°1 : `struct` *`nomtype variable`* `= {` *`valeurs_champs`* `};`

Syntaxe n°1 : *`nom_typedef variable`* `= {` *`valeurs_champs`* `};`

les valeurs de champs sont attribuées aux différents champs de la variable définie.

Langage C	Langage Pascal

`struct point P = {1.5,-2.3,nul};`
`Cercle C = {`
`  {1.0, 1.0, fort},`
`  3`
`};`
	value n'est pas normalisé en Pascal

Lorsque les champs sont eux-même des structures, on doit encadrer les valeurs par des {} (c'est le cas dans le deuxième exemple).

4 - TABLEAUX

a) Définition d'une variable tableau

Le langage C propose un type tableau qui est plus contraignant qu'en Pascal. En effet, les indices des cases ne peuvent commencer qu'à zéro et non par une valeur quelconque. D'autre part, les indices sont obligatoirement numériques ou de type énuméré. Enfin, la gestion de tableaux de plusieurs dimensions est délicate car très proche des mécanismes sous-jacents (modes d'adressage et allocation mémoire). La définition d'un tableau à une dimension suit la syntaxe suivante :

Syntaxe : `typecase nom_tableau[nombrecases];`

Cela définit un tableau (réserve la place en mémoire et publie son nom dans la suite du programme ou du bloc). Les cases sont numérotées de 0 jusqu'à *nombre_cases*-1. D'autre part, le langage n'assure aucun contrôle sur les indices employés, ils peuvent être négatifs ou supérieurs à la taille indiquée, le seul résultat à craindre est un bug voire un plantage du programme.

Langage C	Langage Pascal
`char nom[10];`	`var nom : array[1..10] of char;`
`int effectif[10];`	`var effectif : array [1993..2002] of integer;`
`struct point nuage[100];`	`var nuage : array [0..99] of point;`
`Cercle bulles[16];`	`var bulles : array [0..15] of cercle;`

Comme le langage C fait démarrer les indices à zéro, il est nécessaire de prévoir dans le programme une translation des cases. Pour le second exemple, il faut retirer 1993 aux indices du tableau `effectif` du programme C.

Pour les tableaux à deux dimensions, voici comment on définit une variable :

Syntaxe : `typecase nom_tableau[nblignes][nbcolonnes];`

définit un tableau contenant `nblignes` * `nbcolonnes` cases du type indiqué. Il faut remarquer que les deux nombres de cases sont donnés séparément. Dans un tel tableau, deux éléments consécutifs en mémoire sont dans deux colonnes consécutives et non pas dans deux lignes (au contraire du Fortran). Pour s'en souvenir, il suffit de penser que le tableau possède `nblignes` sous-tableaux de `nbcolonnes` cases.

Langage C	Langage Pascal
`char argv[10][80];`	`var argv: array[1..10,1..80] of char;`

Cette définition se lit : `argv` est un tableau contenant 10 tableaux de 80 caractères.

La définition d'un tableau ayant un plus grand nombre de dimensions suit le même principe. On trouve à gauche les dimensions écartant le plus en mémoire les éléments d'indices consécutifs.

b) Initialisation des éléments

L'initialisation suit une syntaxe identique à celle des enregistrements, on met des {} à chaque niveau :

Syntaxe : `type nom[nombre] = { v0, v1, v2,...};`

Syntaxe : `type nom[nbl][nbc] = {{v00, v01...}, {v10, v11...}...};`

avec `vij` désignant une valeur à placer en ligne i et en colonne j.

Langage C	Langage Pascal

`int tabs[3] = { 7, 14, 21 };`
`float pts[4][3] = {`
`  { 1.0, 0.0, 0.0 },`
`  { 0.0, 2.0, 0.0 },`
`  { 0.0, 0.0, 1.0 },`
`  { 1.1, 1.1, 1.1 }`
`};`
	value n'est pas normalisé en Pascal

c) Définition d'un type tableau

On peut définir un type tableau sans pour autant définir une variable par la syntaxe suivante :

Syntaxe : `typedef typecase nom_type[nombrecases];`

définit un type tableau sans définir de variable.

Langage C	Langage Pascal
`typedef char tNom[20];` `tNom n;`	`type tNom = array[1..20] of char;` `var n : tNom;`

d) Chaînes de caractères

Contrairement au langage Pascal, le langage C n'offre pas un traitement confortable des chaînes de caractères. En effet, elles sont gérées sous la forme de tableaux de taille fixe, dans lesquels on ajoute une sentinelle au bout du contenu utilisable. Cette sentinelle est le caractère de code ascii nul (`'\0'`). Elle est exploitée par toutes les fonctions de gestion des chaînes.

La définition d'une chaîne est identique à celle d'un tableau à une dimension. Il faut penser à réserver une case de plus que la longueur utile pour la sentinelle.

Syntaxe : `char nomchaine[longueur_max_possible + 1];`

Exemple :

Langage C	Langage Pascal
`char ligne[81];`	`var ligne: string(80);`

En C, il faut prévoir explicitement une case de plus pour contenir la sentinelle ('\0') tandis qu'en Pascal, les procédures du langage gèrent la taille de manière transparente pour l'utilisateur.

Le langage C propose également la définition de chaînes constantes :

Syntaxe : `"contenu de la chaîne"`

définit un ***nouveau*** tableau préinitialisé au contenu indiqué. Attention, deux définitions identiques ne sont pas égales bien que leur contenu soit le même, puisque les tableaux sont à des adresses différentes. Certains compilateurs permettent de ne pas multiplier les copies des mêmes chaînes.

Ces chaînes constantes permettent d'initialiser des chaînes variables :

Syntaxe : `char nomchaine[longueur_max_voulue + 1] = "contenu";`

Exemple :

Langage C	Langage Pascal

`char ligne[81] = "bonjour";`
`char texte[81] = {`
`  'b','o','n','j','o','u','r','\0'`
`};`
	pas d'équivalent normalisé

Les deux initialisations sont équivalentes (une chaîne est un tableau de caractères).

Lorsqu'on manipule des chaînes de caractère, il est nécessaire de prendre en considération leur représentation en mémoire. En particulier, les comparaisons de chaînes peuvent sembler surprenantes mais il est nécessaire de comparer les contenus des chaînes et non pas les variables. Ainsi, dans l'exemple suivant, les chaînes Pascal sont égales tandis qu'elles sont différentes en C.

Langage C	Langage Pascal

`char chaine1[81] = "bonjour";`
`char chaine2[81] = "bonjour";`
	`var chaine1, chaine2: string(80);`
	`begin`
	`  chaine1 := 'bonjour';`
	`  chaine2 := 'bonjour';`

`chaine1 ≠ chaine2`	`chaine1 = chaine2`

Toutefois, dans les deux cas, les *contenus* des chaînes sont égaux. Le langage C établit donc une distinction entre contenu et contenant : comme pour les tableaux, le nom d'une chaîne indique seulement son emplacement en mémoire.

Le même problème surgit lorsqu'on affecte des chaînes. Le langage C interdit qu'on modifie le nom d'une variable chaîne :

Langage C	Langage Pascal

`char chaine1[81] = "bonjour";`
`char chaine2[81];`
`{`
`  chaine2 = chaine1;`
	`var chaine1, chaine2: string(80);`
	`begin`
	`  chaine1 := 'bonjour';`
	`  chaine2 := chaine1;`

`erreur de compilation`	`pas de problème`

Se reporter au paragraphe E - 2 - page 23 pour comparer deux chaînes et au paragraphe F - 1 - a) page 27 pour les affectations. Se reporter au paragraphe E - 4 - page 25 pour comprendre les mécanismes sous-jacents.

E - OPERATEURS ET EXPRESSIONS

1 - OPERATEURS NUMERIQUES

a) Entiers

Le langage C propose cinq opérateurs sur les entiers : +, -, *, / (division entière), % (modulo). Ils ont les mêmes priorités qu'en Pascal.

Langage C	Langage Pascal
`a + b * (c – d % 4) / 3`	`a + b * (c – d mod 4) div 3`

b) Réels

Le langage C ne propose que quatre opérateurs pour manipuler les réels : +, -, *, /. Les autres opérations font appel à des fonctions disponibles dans la librairie mathématique (voir page 39)

c) Opérateurs binaires

Le langage C offre des possibilités pour manipuler les données en base 2.

`n1 & n2`	et bit à bit entre *n1* et *n2*
`n1 | n2`	ou bit à bit entre *n1* et *n2*
`~n`	complément à 1 de *n*
`n >> dec`	décalage à droite de *n* sur *dec* bits
`n << dec`	décalage à gauche de *n* sur *dec* bits

2 - OPERATEURS LOGIQUES

Le langage C offre des opérateurs de comparaison similaires à ceux du Pascal :

Langage C	Langage Pascal
e1 `<` *e2*	*e1* `<` *e2*
e1 `<=` *e2*	*e1* `<=` *e2*
e1 `==` *e2*	*e1* `=` *e2*
e1 `!=` *e2*	*e1* `<>` *e2*
e1 `>=` *e2*	*e1* `>=` *e2*
e1 `>` *e2*	*e1* `>` *e2*

Il faut faire attention à l'égalité (qui ne doit pas être confondue avec l'affectation) et à la différence. Ces opérateurs s'appliquent à tous les types scalaires.

Les opérateurs logiques diffèrent quelque peu, à la fois dans leur syntaxe et dans leur signification.

Langage C	Langage Pascal
e1 `&&` *e2*	*e1* `and` *e2*
e1 `||` *e2*	*e1* `or` *e2*
`!` *e*	`not(`*e*`)`

Les deux premiers sont des opérateurs *paresseux* qui n'évaluent que le strict minimum en commençant par les expressions booléennes de gauche. Par exemple, dans `e1 && e2`, si `e1` est fausse, `e2` n'est pas calculée. On rappelle la convention : 0 = faux, ≠0 = vrai.

Dans le cas de la comparaison de chaînes de caractères, il faut faire appel à la fonction suivante :

Syntaxe : `strcmp(`*`chaine1`*`,`*`chaine2`*`)`

Elle renvoie 0 si les deux chaînes sont égales (cette fonction calcule la différence entre elles).

Langage C	Langage Pascal

`char nom[81];`
`gets(nom);`
`if (strcmp(nom,"toto") == 0) ok = 1;`
	`var nom: string(80);`
	`readln(nom);`
	`if (nom = 'toto') then ok := true;`

3 - OPERATEURS DIVERS

a) Accès à un élément d'un tableau

L'opérateur `[`*`indice`*`]` permet de désigner comme en Pascal l'élément n°*indice* d'un tableau. En C, les bornes d'un tableau sont comprises entre 0 et (la taille du tableau - 1).

Langage C	Langage Pascal
`effectif[1]`	`effectif[1995]`

b) Accès à un champ d'un struct

L'opérateur `.` (point) permet d'accéder comme en Pascal à un champ d'un struct.

Langage C	Langage Pascal

`C.centre.x`
`C.rayon`
`nuage[10].x`
	`C.centre.x`
	`C.rayon`
	`nuage[10].x`

c) Taille d'une variable

Il existe un moyen pour connaître l'encombrement en mémoire d'une variable ou d'un type.

Syntaxe : `sizeof(`*`variable ou type`*`)`

Cet opérateur renvoie le nombre d'octets occupés par la variable ou par le type. Attention, cet opérateur ne renvoie pas la taille d'une chaîne. Pour cela, il faut employer la fonction suivante :

Syntaxe : `strlen(`*`chaîne`*`)`

Cette fonction renvoie la taille de la chaîne.

Langage C	Langage Pascal

`char nom[81];`
`gets(nom);`
`printf("nbre = %d\n", strlen(nom));`
	`var nom: string(80);`
	`readln(nom);`
	`writeln('nbre = ', length(nom));`

d) Conversions de type des valeurs scalaires

Pour convertir une valeur d'un type scalaire à un autre type, il faut employer la syntaxe suivante:

Syntaxe : `(`*`typedestination`*`)`*`variable`*

Convertit la valeur dans le type indiqué. En C, toutes les conversions sont possibles même si elles font perdre de la précision. Il existe des fonctions mathématiques pour ne pas perdre de précision (floor…). En Pascal, il faut passer par un ensemble de fonctions *ad-hoc*.

Langage C	Langage Pascal
`(int)3.1415`	`round(3.1415)`
`(int)'A'`	`ord('A')`
`(char)10`	`chr(10)`
`(int)vert`	`ord(vert)`

4 - ADRESSES DES VARIABLES

Proche de la machine, le langage C offre la possibilité de manipuler les adresses des données : effectuer des calculs, des indirections, etc. L'adresse d'une donnée est le nombre entier qui définit sa position en mémoire. Elle est également appelée pointeur.

a) Obtenir l'adresse d'une variable

Syntaxe : `&variable`

L'opérateur & appliqué à une variable renvoie l'adresse de cette variable, il s'agit d'un nombre entier qu'on peut afficher. Compte tenu de la segmentation de la mémoire, ce nombre indique généralement un déplacement dans le segment de données.

Langage C	Langage Pascal
`float x;` `printf("adresse de x : %d\n",&x);`	*pas d'équivalent normalisé*

Ce programme affiche l'adresse de la variable x (le type de la variable n'intervient pas).

NB: on ne peut pas appliquer cet opérateur aux constantes car elles n'ont pas d'adresse.

b) Mémoriser une adresse dans une variable

Lorsqu'on veut manipuler l'adresse d'une donnée, il est nécessaire de la placer dans une variable de type pointeur. Il s'agit simplement d'une variable destinée à contenir une adresse. La seule contrainte posée par le langage est qu'il faut donner un type au pointeur (en assembleur les adresses sont indifférentiées).

Syntaxe : `typedonnée *nom;`

Cette ligne définit une variable dont le contenu est une adresse sur une donnée du type indiqué.

Langage C	Langage Pascal

`float *adr;`
`float x;`
`adr = &x;`
	pas d'équivalent normalisé

adr est une adresse de flottants, on lui affecte l'adresse de x.

NB: l'intérêt de cette manipulation apparaîtra dans les cours sur les structures de données.

c) Accès à une donnée par son adresse

Syntaxe : `*adresse`

L'opérateur * appliqué à une adresse (variable pointeur) renvoie la valeur stockée à cette adresse, il s'agit d'une donnée dont le type est celui du pointeur. On peut la consulter ou l'affecter.

Langage C	Langage Pascal

`float *adr;`
`adr = …;`
`printf("contenu de adr : %f\n",*adr);`
`*adr = 3.14;`
	pas d'équivalent normalisé

adr est une adresse de flottants, on affiche le flottant qu'elle désigne puis on y met 3,14.

On peut courir le risque de placer n'importe quel entier dans un pointeur afin d'accèder à la mémoire. Cependant cela peut provoquer une erreur à l'exécution si elle se situe hors du segment de données (violation de segmentation).

d) Tableaux et adresses

Le langage C permet de manipuler les tableaux comme en langage d'assemblage, à l'aide de pointeurs. Le nom d'un tableau est considéré comme un pointeur sur son premier élément.

Langage C	Langage Pascal

`float tab[10];`
`float *adr;`
`adr = tab;`
`printf("contenu de adr : %f\n",*adr);`
	pas d'équivalent normalisé

adr est une adresse de flottants, elle désigne le premier élément du tableau tab.

L'élément suivant se trouve à adr+1. Le type de l'élément (donc la place qu'il occupe en mémoire) est pris en compte dans cette incrémentation. Cette règle permet d'écrire les deux équations suivantes :

$$\&(\,tab[i]\,) \equiv tab + i \qquad\qquad tab[i] \equiv *(\,tab + i)$$
$$\&tab[0] \equiv tab \qquad\qquad tab[0] \equiv *tab$$

Ces équations font le lien entre les tableaux et les pointeurs.

Langage C	Langage Pascal

`float tab[10];`
`float *adr;`
`adr=tab;`
`while (*adr != 0) {`
`  printf("%f ",*adr);`
`  adr = adr + 1;`
`}`
	pas d'équivalent normalisé

Ce programme affiche les premiers éléments du tableau tab, jusqu'à rencontrer un zéro. Il faut noter qu'aucun contrôle de sortie du tableau n'est fait (rien ne permet de le faire).

On peut également soustraire un entier d'un pointeur afin de revenir sur un élément précédent.

Noter le moyen mnémotechnique, en déplaçant mentalement les espaces :

`int*  p;`	`int  *p;`
peut se lire : p est un (int *) : un pointeur sur un int	peut se lire : (*p) est un int

F - INSTRUCTIONS ET STRUCTURES DE CONTROLE

1 - INSTRUCTIONS SIMPLES

L'instruction de base en C est composée d'une expression suivie d'un point virgule. Les affectations sont considérées comme des expressions par ce langage.

a) Affectations

Les affectations obéissent à la syntaxe suivante :

Syntaxe : *variable = expression*;

Exemple :

Langage C	Langage Pascal
`i = 3;` `deg = rad * 180.0 / PI;`	`i := 3;` `deg := rad * 180.0 / PI;`

A la différence du Pascal, dans lequel les ; sont des séparateurs d'instructions, le langage C utilise les ; comme des terminateurs. C'est pourquoi il faut en placer au bout de chaque instruction.

Langage C	Langage Pascal

`{`
`  x = 15;`
`}`
	`begin`
	`  x := 15`
	`end`

Dans le cas des chaînes qui sont des tableaux normaux contenant des caractères, il faut employer les fonctions suivantes pour réaliser une affectation.

Syntaxe : `strcpy(`*chaine_affectée*`, `*chaine_valeur*`);`

Cette fonction place la chaîne valeur dans la chaîne affectée. La valeur est soit une chaîne encadrée par deux doubles-quotes (voir paragraphe D - 4 - d) page 21), soit un autre tableau contenant une chaîne.

Langage C	Langage Pascal
`strcpy(nom,"nemo");` `strcpy(prenom,nom);`	`nom := 'nemo';` `prenom := nom;`

Syntaxe : `strcat(`*chaine_affectée*`, `*chaine_valeur*`);`

Cette fonction concatène la chaîne valeur à la chaîne affectée.

Langage C	Langage Pascal
`strcpy(nom,"magic");` `strcat(nom,".wav");`	`nom := 'magic';` `nom :=  nom + '.wav';`

b) Autres instructions

Parmi les autres instructions, on trouve les appels de procédures et les structures de contrôles qui seront étudiées dans le paragraphe F - 2 - page 28.

c) Comment rendre une instruction illisible

Certaines syntaxes peu lisibles ne sont pas recommandées pour deux raisons. Premièrement, les personnes qui seront amenées à travailler sur un programme doivent pouvoir le comprendre sans difficulté. Ensuite, les compilateurs sont capables d'optimiser n'importe quel programme écrit sans artifices. Parmi ces syntaxes absconses :

Syntaxe : *variable opérateur= expression*;

Elle est équivalente à écrire : *variable = variable opérateur expression*;

Exemples :

```
i += 1; code <<= 1; angle *= PI/180.0;
```

Syntaxe :

syntaxe	équivalence
valeur = ++variable	*variable = variable + 1 ; valeur = variable*;
valeur = variable++	*valeur = variable ; variable = variable + 1*;
valeur = --variable	*variable = variable - 1 ; valeur = variable*;
valeur = variable--	*valeur = variable ; variable = variable - 1*;

Exemples :

Langage C	Langage Pascal
`f = facto(n++);`	`f := facto(n); n := n + 1;`
`f = facto(++n);`	`n := n + 1; f := facto(n);`
`f = facto(n--);`	`f := facto(n); n := n - 1;`
`f = facto(--n);`	`n := n - 1; f := facto(n);`

L'emploi de ces instructions n'est pas recommandé dans les paramètres de fonctions car le résultat à l'exécution est souvent imprévisible (l'ordre d'évaluation des paramètres n'est pas normalisé).

On rencontre aussi la syntaxe suivante pour des expressions conditionnelles :

Syntaxe : (*condition ? valeurV : valeurF*)

Cette expression vaut valeurV si la condition est vraie et valeurF sinon.

Langage C	Langage Pascal
`hiii = (nb>1) ? "chevaux" : "cheval";`	`if nb>1 then hiii := 'chevaux'` `else hiii := 'cheval';`

2 - BLOCS ET SOUS-BLOCS

Un bloc permet de regrouper plusieurs instructions afin qu'elles n'en forment plus qu'une seule. Un bloc contient des définitions de variables locales et des instructions. Un bloc est délimité par deux accolades {} et peut contenir des sous-blocs (corps des boucles, alternatives...).

Langage C	Langage Pascal

`{`
`  int i = 15;`
 	
`  printf("i = %d\n",i);`
`}`
	`begin`
	`  var i: integer;  { interdit !! }`
	`  value i = 15;  { interdit !! }`
	`  writeln('i =', i);`
	`end`

Il est d'usage d'indenter les éléments d'un bloc à raison d'une tabulation ou de quatre espaces supplémentaires par rapport à la position des accolades.

a) Définitions de variables locales

Les variables locales d'un bloc sont définies exactement comme les variables globales. Elles ne sont visibles (utilisables) que dans le bloc.

Langage C	Langage Pascal

`{`
`  int i,j;`
`  long f;`
 	
`  i = 2; j = 3;`
`  f = fact(i+j);`
`}`
	`var i,j: integer;`
	`var f: integer;`
	
	`begin`
	`  i := 2; j := 3;`
	`  f := fact(i+j);`
	`end`

b) Instructions

Toutes les instructions d'un bloc sauf les sous-blocs et les structures de contrôle doivent se terminer par un ;. Le ; joue le rôle d'un terminateur et non pas celui d'un séparateur, il en faut donc un à chaque instruction.

3 - INSTRUCTIONS CONDITIONNELLES

a) Conditionnelles simples

Syntaxe1 : `if (`*expression*`)` *instruction*`;`

L'instruction n'est effectuée que si l'expression est différente de zéro. L'instruction est soit une instruction simple (suivie de son ;), soit un bloc.

Langage C	Langage Pascal

`if (x < 0) x = -x;`
`if (x == 3 || fin) {`
`  printf("x = 3 ou c'est fini\n");`
`}`
	`if (x < 0) then x := -x;`
	`if ((x = 3) or fin) then begin`
	`  writeln('x = 3 ou c''est fini');`
	`end`

Syntaxe2 : `if (`*expression*`)` *instructionV*
`else` *instructionF*`;`

L'expression est d'abord évaluée. Si elle n'est pas nulle, l'instructionV est faite sinon c'est l'instructionF.

Langage C	Langage Pascal

`if (x == 2) x = 3;`
`else {`
`  printf("x != 2\n");`
`}`
	`if (x = 2) then x := 3`
	`else begin`
	`  writeln('x <> 2');`
	`end`

Il est important d'indenter correctement afin de faire ressortir la correspondance entre le début d'une structure et sa fin.

b) Conditionnelles multiples

Syntaxe : `switch (`*expression*`) {`
`case` *valeur1*`:`
instructions1`...;`

```
            break;
      case valeur21:
      case valeur22:
            instructions2...;
            break;
      default:
            instructionsX...;
}
```

La valeur de l'expression détermine quelles sont les instructions qui sont effectuées. Dans le cas où cette valeur vaut valeur1, les instructions1… sont exécutées. Si la valeur vaut valeur21 ou valeur22, les instructions 2… sont exécutées. La ligne default indique les instructions qui sont à faire lorsque l'expression ne correspond à aucun des cas énumérés.

Langage C	Langage Pascal

`switch (reponse) {`
`  case 'o':`
`  case 'O':`
`  ok = 1;`
`  unlink("Fichier");`
`  break;`
`  case 'n':`
`  case 'N':`
`  ok = 0;`
`  break;`
`  default:`
`  printf("(O)ui ou (N)on ?\n");`
`}`
	`case reponse of`
	`  'o','O':`
	`  begin`
	`  ok := true;`
	`  unlink('Fichier')`
	`  end;`
	`  'n','N':`
	`  ok := false;`
	
	`  else begin`
	`  writeln('O)ui ou (N)on ?')`
	`  end`
	`end`

4 - BOUCLES

a) Boucles 'Tant que'

Syntaxe1 : `while (expression) instruction;`

Syntaxe2 :
```
while (expression) {
      instructions...;
}
```

La ou les instructions sont effectuées tant que l'expression est vraie (non-nulle). Si l'expression est fausse dès le début, aucune boucle n'aura lieu. Il est possible de définir des variables locales dans le bloc du corps de la boucle.

Langage C	Langage Pascal

`while (c != 'Q') c = getchar();`
`while (i < max && t[i] != 0) {`
`  printf("%d ",t[i]);`
`  i = i + 1;`
`}`
	`while (c <> 'Q') read(c);`
	`while ((i<max) and (t[i]<>0)) begin`
	`  write(t[i],' ');`
	`  i := i + 1`
	`end`

b) Boucles 'Jusqu'à'

Syntaxe1 :
```
do instruction;
while (expression);
```

Syntaxe2 :
```
do {
      instructions...;
} while (expression);
```

L'instruction est effectuée au moins une fois puis l'expression est évaluée. L'instruction est refaite si l'expression est vraie et ainsi de suite jusqu'à ce que l'expression devienne fausse.

Langage C	Langage Pascal
`do c = getchar(); while (c == ' ');`	`repeat read(c) until (c <> ' ');`

`do {`
`  printf("%d ",t[i]);`
`  i = i + 1;`
`} while (i < max && t[i] != 0);`
	`repeat`
	`  write(t[i],' ');`
	`  i := i + 1`
	`until (i>=max) or (t[i]=0));`

c) Boucles 'Pour'

La boucle 'pour' du langage C est extrêmement différente de celle du Pascal. Elle se rapproche d'une boucle 'tant que'. Voici sa syntaxe :

Syntaxe1 :
```
for (instr1; expression; instr2)
      instruction;
```

Syntaxe2 :
```
for (instr1; expression; instr2) {
      instructions...;
}
```

Cette syntaxe est totalement équivalente à la suivante :

Syntaxe :
```
instr1;
while (expression) {
      instructions...;
      instr2;
}
```

Au début, l'instruction 1 est exécutée ; elle sert à initialiser les itérations. Ensuite tant que l'expression est vraie, les deux autres instructions sont faites. Cette structure compliquée permet de réaliser toutes sortes de boucles :

Langage C	Langage Pascal
`for (i=0; i<=9; i=i+1)` `  printf("%d ",i);`	`for i:=0 to 9 do` `  write(i,' ');`
`for (i=1; i<=100; i=i+5)` `  printf("%d ",i);`	`for i:=1 to 100 step 5 do` `  write(i,' ');`
`for (i=20; i>=10; i=i-1)` `  printf("%d ",i);`	`for i:=20 downto 10 do` `  write(i,' ');`

NB: `step` n'existe généralement pas en Pascal.

d) Contrôle des boucles

Le langage C offre la possibilité d'arrêter à tout moment une itération dans une boucle :

Syntaxe : `break;`

Arrête les itérations de la boucle en cours, continue l'exécution après le bloc courant.

Syntaxe : `continue;`

Saute directement juste avant la fin du bloc courant afin de recommencer immédiatement une nouvelle itération. Ces deux instructions permettent d'éliminer des conditions supplémentaires.

5 - INDENTATION

Un programme C peut être illisible si le programmeur ne respecte pas une norme de présentation. En particulier, il est important de faire ressortir nettement la structure des blocs d'une fonction. L'indentation proposée dans ce cours est celle de Kernighan & Ritchie.

G - FONCTIONS ET PROCEDURES

1 - DEFINITION D'UNE FONCTION

a) Définition

Une fonction est définie selon la syntaxe suivante :

Syntaxe :
```
typerésultat nomfonction (déclarations_paramètres)
{
      définitions_locales;
      instructions...;
      return expression;
}
```

La déclaration des paramètres est identique à la définition de variables : elle consiste à indiquer le type puis le nom du paramètre et à séparer ces déclarations par des virgules. Il n'est pas possible de déclarer en même temps des paramètres de même type (`int a,b,c` doit être écrit `int a, int b, int c`).

Lorsque la fonction n'a pas de paramètres, il est nécessaire de mettre le mot clé `void` entre les parenthèses.

L'instruction `return` peut être mentionnée plusieurs fois dans le corps. Son exécution provoque la sortie immédiate de la fonction.

Langage C	Langage Pascal

`char amaj(void)`
`{`
`  return 'A';`
`}`
 	
`int facto(int n)`
`{`
`  int i,f;`
 	
`  f = 1;`
`  for (i=1; i<=n; i=i+1)`
`  f = f * i;`
`  return f;`
`}`
	`function amaj: char;`
	`begin`
	`  amaj = 'A';`
	`end;`
	
	`function facto(n:integer):integer;`
	`var i,f: integer;`
	
	`begin`
	`  f := 1;`
	`  for i:= 1 to n do`
	`  f := f * i;`
	`  fact := f`
	`end;`

Langage C	Langage Pascal

`int max(int a, int b)`
`{`
`  if (a > b) return a;`
`  else return b;`
`}`
	`function max(a,b: integer):integer;`
	`begin`
	`  if (a > b) max := a`
	`  else max := b`
	`end;`

b) Appel

L'appel d'une fonction en C est identique à celui du Pascal :

Syntaxe : *nomfonction*(*arguments*)

Les types des arguments doivent correspondre (à une conversion près) à ceux des paramètres de la fonction. Certains compilateurs ne sont pas vigilants et ne contrôlent pas les types, ni des arguments, ni du résultat de la fonction.

Langage C	Langage Pascal

`{`
`  int x;`
 	
`  for (x=1; x<=7; x=x+1)`
`  printf("%d! = %d\n",x,fact(x));`
`}`
	`var x:integer;`
	
	`begin`
	`  for x:=1 to 7 do`
	`  writeln(x,'! = ',fact(x))`
	`end.`

c) Rappels sur la visibilité d'un symbole

Pour compléter ce chapitre, on rappelle quelques notions sur la visibilité des identificateurs. Dans l'exemple suivant on crée deux variables du même nom, l'une globale et l'autre locale à une fonction :

```
/* contenu de visib1.c */

int v1;

void fonction(int v1)
{
      printf("%d\n",v1);
}

main()
{
      v1 = 4;
      fonction(5);
}
```

```
/* contenu de visib2.c */

int v1;

void fonction(void)
{
      int v1;
      printf("%d\n",v1);
}

main()
{
      v1 = 4;
      fonction();
}
```

Dans les deux cas, lorsqu'on est entre les {} de la fonction, le symbole v1 désigne la variable locale et lorsqu'on est hors des {} de la fonction, v1 désigne la variable globale. Si on veut manipuler la variable globale à l'intérieur de la fonction, il faut donner un autre nom à la variable locale.

d) Prototypes et prédéclarations

La prédéclaration permet au compilateur C de compiler correctement les appels situés avant la définition de la fonction. Cette prédéclaration est nécessaire dans le cas d'une définition externe, c'est à dire située dans un autre fichier source (compilation modulaire). La prédéclaration consiste à définir un prototype de la fonction, il s'agit de la fonction privée de son corps.

Syntaxe : *typerésultat nomfonction* (*paramètres*);

Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de fournir le nom des paramètres, seuls leurs types sont pris en considération par le compilateur. Lorsque la fonction n'a pas de paramètres, il est nécessaire de placer `void` entre les parenthèses.

Langage C	Langage Pascal
`char amaj(void);`	`function amaj: char; forward;`
`int facto(int);`	`function fact(n: integer):integer; forward;`
`int max(int, int);`	`function max(a,b: integer):integer; external;`
`void echange(int *i, int *j);`	`procedure echange(var i,j:integer); external;`

En Pascal, `forward` signifie que la fonction complète suit dans le fichier. On peut utiliser `external` pour signaler que la définition est présente dans un autre fichier.

e) Passage par valeur

Par défaut, les paramètres d'une fonction C sont passés par valeur : une fonction ne peut pas modifier la valeur d'une variable passée en paramètre.

Langage C	Langage Pascal

`void SansEffet(int n)`
`{`
`  n = n + 10;`
`  printf("dedans: n=%d\n",n);`
`}`
 	
`main()`
`{`
`  int i = 3;`
`  printf("avant: i=%d\n",i);`
`  SansEffet(i);`
`  printf("apres: i=%d\n",i);`
`}`
	`procedure SansEffet(n:integer);`
	`begin`
	`  n := n + 10;`
	`  writeln('dedans: ',n);`
	`end;`
	
	`var i: integer;`
	`begin`
	`  i := 3;`
	`  writeln('avant: ',i);`
	`  SansEffet(i);`
	`  writeln('apres: ',i);`
	`end.`

Ces deux programmes qui affichent tous deux : « avant i=3, dedans n=13, apres i=3 » montrent que le paramètre n'a pas été modifié en dehors de la procédure.

f) Passage par variable

Lorsqu'on désire qu'un paramètre soit modifié en sortie, il faut le faire précéder d'une * à chacune de ses mentions (déclaration du paramètre et utilisations dans le corps de la fonction). D'autre part, il est nécessaire de placer un & devant les arguments d'appel passés par variable.

Langage C	Langage Pascal

`void PlusDix(int *n)`
`{`
`  *n = *n + 10;`
`  printf("dedans: n=%d\n",*n);`
`}`
 	
`main()`
`{`
`  int i = 3;`
`  printf("avant: i=%d\n",i);`
`  PlusDix(&i);`
`  printf("apres: i=%d\n",i);`
`}`
	`procedure PlusDix(var n:integer);`
	`begin`
	`  n := n + 10;`
	`  writeln('dedans: ',n);`
	`end;`
	
	`var i: integer;`
	`begin`
	`  i := 3;`
	`  writeln('avant: ',i);`
	`  PlusDix(i);`
	`  writeln('apres: ',i);`
	`end.`

Ces deux programmes qui affichent tous deux : « avant i=3, dedans n=13, apres i=13 » montrent que le paramètre a pas été modifié par la procédure.

Cette étoile concerne les variables de type scalaire. Les tableaux sont toujours passés par variable.

g) Cas des paramètres de type tableau

Les paramètres de type tableau doivent être déclarés sous la forme :

Syntaxe : `typecase nomparamètre[]`

Syntaxe : `typecase nomparamètre[][nbcolonnes]`

et ainsi de suite pour des tableaux de plus grandes dimensions : il ne faut pas indiquer la taille de la dimension la plus à gauche.

Exemple :

Langage C	Langage Pascal

`int NbreMots(char page[][24][81])`	`function NbreMots(`
	`  page:array[1..100,1..24,1..80] of char`
	`):integer;`

Les tableaux et les structs sont passés obligatoirement par variable. C'est à dire que si la fonction *NbreMots* change un caractère dans son paramètre *page*, ce caractère sera également changé dans le tableau passé lors de l'appel de la fonction :

NB : Dans une fonction, les paramètres de type tableau sont considérés comme des pointeurs. On ne peut pas trouver facile leur manipulation par rapport à ce qu'offre le langage Pascal.

2 - DEFINITION D'UNE PROCEDURE

Le langage C ne propose pas de syntaxe particulière pour définir une procédure. Il s'agit simplement d'une fonction dont on n'utilise pas le résultat (déclaré en général de type `void`).

Syntaxe :
```
void nomprocédure(déclarations_paramètres)
{
      définitions_locales;
      instructions...;
}
```

Les instructions `return` ne doivent pas mentionner de valeur.

Langage C	Langage Pascal

`char Messages[2][21] = {`
`  "plus de mémoire",`
`  "trop fatigué"`
`};`
 	
`void Erreur(int n)`
`{`
`  printf("Erreur %d: %s\n",`
`  n,Messages[n-1]);`
`  exit(n); /* arrêt du programme */`
`}`
 	
`main()`
`{`
`  Erreur(2);`
`}`
	`var Messages: array[1..2,1..20] of`
	`  char;`
	
	`(* initialisation ??? *)`
	
	`procedure Erreur(n: integer);`
	`begin`
	`  writeln('Erreur ',n,': ',`
	`  Messages[n]);`
	`  halt { arrêt du programme }`
	`end;`
	
	`begin`
	`  Erreur(2)`
	`end.`

3 - PROCEDURES ET FONCTIONS STANDARD

Le langage C ne possède aucune fonction ni procédure intégrée comme celles du langage Pascal (`write`, `read`,...). En revanche, toutes les librairies standard, mathématique et système sont facilement accessibles sans aucune contrainte.

• La librairie standard (stdio) contient toutes les fonctions d'entrées/sorties (terminal et fichiers) et de gestion des chaînes de caractères ;

• La librairie mathématique (math) contient les fonctions mathématiques (racines, logarithmes, trigonométrie) ;

• Les librairies système contiennent toutes les fonctions de gestion de la machine — voir le cours de système de deuxième année ;

• Il existe de très nombreuses autres librairies pour gérer les fenêtres (Curses, X11, OpenGL...).

a) Lecture du clavier

Syntaxe : `char getchar(void);`

Renvoie le prochain caractère tapé au clavier. `void` signifie qu'elle n'accepte pas de paramètre.

Exemple :

Langage C	Langage Pascal

`main() {`
`  char c;`
`  do c = getchar();`
`  while (c != 'Q');`
`}`
	`var c: char;`
	`begin`
	`  repeat read(c)`
	`  until (c = 'Q');`
	`end.`

Syntaxe : `void gets(char s[]);`

Place dans le paramètre tableau (passé en variable) une ligne lue au clavier.

Langage C	Langage Pascal

`char ligne[80];`
 	
`main()`
`{`
`  do gets(ligne);`
`  while (ligne[0] != 'Q');`
`}`
	`var ligne: string(80);`
	
	`begin`
	`  repeat readln(ligne)`
	`  until (ligne[1] = 'Q');`
	`end.`

Cette fonction est dangereuse et le compilateur le signale, si on ne fournit pas une chaîne assez grande. La lecture au clavier débordera de l'espace alloué et écrasera les variables suivantes. Cela parce que le langage C ne gère pas la taille des tableaux. Dans l'exemple précédent, si on tape plus de 80 caractères, on fait planter le programme. Beaucoup de virus d'internet exploitent ces faiblesses du C.

Syntaxe : `int scanf(char` *`format`*`[], &`*`variables`*`...);`

Place dans les variables (toutes passées par variable, donc toutes précédées d'un &[2]) les données correspondantes au format. Ce format définit le type des variables à lire. C'est une chaîne contenant des jokers indiquant ce qu'il faut extraire :

joker	pour extraire un...
`%c`	char
`%s`	un seul mot (char [])
`%d`	int
`%ld`	long
`%f`	float
`%lf`	double

La fonction `scanf` renvoie le nombre de variables qui ont pu être correctement affectées.

Langage C	Langage Pascal

`int numero; char nom[20];`
`printf("Taper un nom et un numéro:");`
`scanf("%s %d",nom,&numero) ;`
	`var numero: integer; nom: string(20);`
	`write('Taper un nom et un numéro:');`
	`read(nom,numero) ;`

`int x,y;`
`double d;`
`main() {`
`  printf("Entrer x,y:dist ");`
`  scanf("%d,%d:%lf",&x,&y,&d);`
	`var x,y: integer;`
	`var d: real;`
	`begin`
	`  write('Entrer x,y:dist ');`
	`  read(x,y,d);`

NB : faire attention au mélange de %c et %s. Le joker %s lit un mot (suite de char suivie d'un séparateur) et non pas une ligne de texte. Faire également attention au mélange entre la fonction `scanf` et les fonctions `getchar` et `gets` : en principe, on n'utilise pas les fonctions get… dans un programme contenant des scanf.

b) Affichage sur écran

Syntaxe : `void putchar(char` *`c`*`);`

Affiche le caractère passé en paramètre.

[2] ce prototype n'est pas correct mais la définition de fonctions à nombre d'arguments variable sort du cadre de ce poly.

Langage C	Langage Pascal

`main()`
`{`
`  char c;`
`  for (c='A'; c<='Z'; c=c+1)`
`  putchar(c);`
`  putchar('\n');`
`}`
	`var c: char;`
	
	`begin`
	`  for c:='A' to 'Z' do`
	`  write(c);`
	`  writeln;`
	`end.`

Syntaxe : `void puts(char s[]);`

Affiche la ligne située dans le tableau passé en paramètre en ajoutant un retour à la ligne.

Langage C	Langage Pascal

`char ligne[80];`
 	
`main()`
`{`
`  do {`
`  gets(ligne);`
`  puts(ligne);`
`  while (ligne[0] != 'Q');`
`}`
	`var ligne: string(80);`
	
	`begin`
	`  repeat`
	`  readln(ligne);`
	`  writeln(ligne);`
	`  until (ligne[1] = 'Q');`
	`end.`

Syntaxe : `void printf(char format[], valeurs...);`

Affiche les valeurs fournies en fonction du format. Le format est composé d'une chaîne de caractères contenant les mêmes jokers que ceux de `scanf`. Le joker `%s` affiche la totalité de la chaîne indiquée.

Langage C	Langage Pascal

`char c, mot[80];`
`int i,j;`
`double a;`
`main()`
`{`
`  printf("c=%c, m=%s, i=%d, j=%d, a=%lf\n",c,m,i,j,a);`
`}`
	`var c: char; m: string(80);`
	`var i,j: integer;`
	`var a: real;`
	
	`begin`
	`  writeln('c=',c,' m=',m,' i=',i,' j=',j,' a=',a);`
	`end.`

c) Fichiers

Ce polycopié ne présente que les fonctions de base. Voici les équivalences Pascal/C pour les fichiers texte. En C, il faut commencer par inclure le fichier `stdio.h` afin de définir le type FILE (les majuscules sont obligatoires).

Syntaxe : `FILE *f;`

définit la variable fichier f : il s'agit d'une structure de données décrivant l'état d'un fichier. Il est inutile de savoir ce qu'elle recouvre.

Syntaxe : `FILE *fopen(char nomfichier[], char mode[]);`

Le paramètre chaîne `mode` indique si on ouvre en lecture `"r"` ou en écriture `"w"`. En retour, la fonction renvoie une valeur de type `FILE *` ou la constante `NULL` dans le cas d'une erreur (fichier absent ou interdit...). Le langage Pascal standard ne permet pas de récupérer les cas d'erreur.

Syntaxe : `int fclose(FILE *fichier);`

Cette fonction referme le fichier ouvert. Elle renvoie une valeur qu'on peut ignorer, -1 en cas d'erreur, 0 si la fermeture s'est bien déroulée.

Langage C	Langage Pascal

`#include <stdio.h>`
`FILE *f1, *f2;`
`{`
`  f1 = fopen("donnees","r");`
`  f2 = fopen("copie", "w");`
`  if (f1==NULL || f2==NULL) exit(1);`
`  fclose(f1);`
`}`
	`var f1,f2: text;`
	`begin`
	`  reset(f1,'NAME=donnees');`
	`  rewrite(f2,'NAME=copie');`
	`  (* pas de controle possible *)`
	`  close(f1);`
	`end`

NB: la version Pascal est à la norme XL Pascal sur AIX (IBM).

Syntaxe : `void fprintf(FILE *`*`fichier`*`, char `*`format`*`[], `*`valeurs`*`...);`

Cette fonction s'applique aux fichiers ouverts en écriture, elle fonctionne comme la fonction printf.

Syntaxe : `int fscanf(FILE *`*`fichier`*`, char `*`format`*`[], &`*`variables`*`..);`

Cette fonction s'applique aux fichiers ouverts en lecture, elle fonctionne comme la fonction scanf. On rappelle que le joker %s ne lit qu'un mot à la fois. La fonction fscanf renvoie le nombre de variables qu'elle a pu lire, -1 s'il la fin de fichier est atteinte.

Langage C	Langage Pascal

`int v;`
 	
`while (fscanf(f1,"%d",&v) == 1) {`
`  fprintf(f2,"%d\n",v);`
`}`
	`var v : integer;`
	`while not eof(f1) do begin`
	`  read(f1,v);`
	`  writeln(f2,v);`
	`end;`

Il existe de nombreuses fonctions qu'il serait trop long de documenter ici.

4 - LIBRAIRIE MATHEMATIQUE

Les fonctions mathématiques (racines, logarithmes, trigonométrie…) ne sont pas disponibles directement en tant qu'éléments du langage. Ce sont au contraire du Pascal des fonctions externes qu'il faut déclarer au moment de la compilation puis lier avec l'éditeur de liens. Voici une description de ces deux étapes qui convient également à toute autre librairie (fichiers, système, graphique).

a) Déclaration des fonctions

Normalement, une fonction externe doit être prédéclarée par un prototyp. Ainsi, le compilateur ne commet pas d'erreur sur les types des paramètres qui lui sont passés et le type du résultat que fournit la fonction.

Exemples :

```
extern double sqrt(double);
extern double pow(double, double);
```

Pour éviter de respécifier à chaque programme les types des paramètres et du résultat de chaque fonction appelée dans la librairie ainsi que différentes constantes telles que PI, E…, on peut inclure un fichier indiquant au compilateur les déclarations des fonctions des librairies et les types des données. Cette inclusion est provoquée par une directive *#include*, voir le §H - 1 - page 41.

```
#include <math.h>
```

Le fichier `math.h` est recherché dans le répertoire `/usr/include`.

NB1: Il faut veiller à ne pas inclure systématiquement trop de fichiers car ça ralentit la compilation.

NB2: ne pas confondre les fichiers `.h` qui ne contiennent que les prédéclarations des fonctions et constantes avec les fichier objet librairie `.a` contenant le code machine des fonctions — voir plus bas.

b) Utilisation des fonctions

Une fois prédéclarées, toutes les fonctions de la librairie sont utilisables, voici quelques exemples :

racine carrée(a) :	`sqrt(a)`
a^b :	`pow(a,b)`
logarithme népérien(a) :	`log(a)`
logarithme de base 10 :	`log10(a)`
e^a :	`exp(a)`
fonctions trigonométriques et hyperboliques :	`sin(a), acos(a), tanh(a)...`
fonctions de conversion :	`atof(chaine)` convertit une chaîne en float
constantes :	`M_PI, M_E, MAXFLOAT`

Exemple :

Langage C	Langage Pascal

`#include <math.h>`
 	
`main()`
`{`
`  printf("%f\n", sqrt(log(M_PI)));`
`}`
	`const pi = 3.1415926535897;`
	
	`begin`
	`  writeln(sqrt(log(pi)))`
	`end.`

c) Compilation

Le seul changement concerne l'édition des liens, puisqu'il est nécessaire d'indiquer le nom de la librairie à lier. L'ensemble de ces librairies se trouve dans `/usr/lib`, ce sont les fichiers `lib*.a`, exemple: `libm.a`.

Commande : `cc -Wall` *`prog.c`* `-o` *`prog`* `-lm`

compile le source *prog.c*, le lie à la librairie mathématique (m) et crée l'exécutable *prog*.

5 - ARGUMENTS D'UN PROGRAMME

Le langage C-Shell propose des variables spéciales $1…$9 et $argv pour passer des chaînes en paramètre d'un programme. Un tel dispositif existe en C : il s'agit des paramètres de la procédure main().

Syntaxe : `void main(int` *`nombre`*`, char *`*`dollar`*`[])`

`nombre` est un paramètre indiquant le nombre de paramètres qui ont été passés au programme **+ 1**, `dollar` est un tableau de chaînes, `dollar[0]` contient le nom du programme, `dollar[1]` est le premier paramètre, `dollar[2]` est le deuxième et ainsi de suite jusqu'à `dollar[nombre-1]`.

NB: ces deux paramètres sont souvent appelés `argc` et `argv` mais ces noms ne sont pas imposés.

Langage C – **params.c**	Langage Pascal

`main(int nombre, char *dollar[])`
`{`
`  int i;`
 	
`  printf("programme %s appelé avec %d paramètres\n",`
`  dollar[0], nombre-1);`
`  for (i=1; i<nombre; i=i+1)`
`  printf("paramètre %d = %s\n",i,dollar[i]);`
`}`
	aucune équivalence normalisée

H - PREPROCESSEUR C

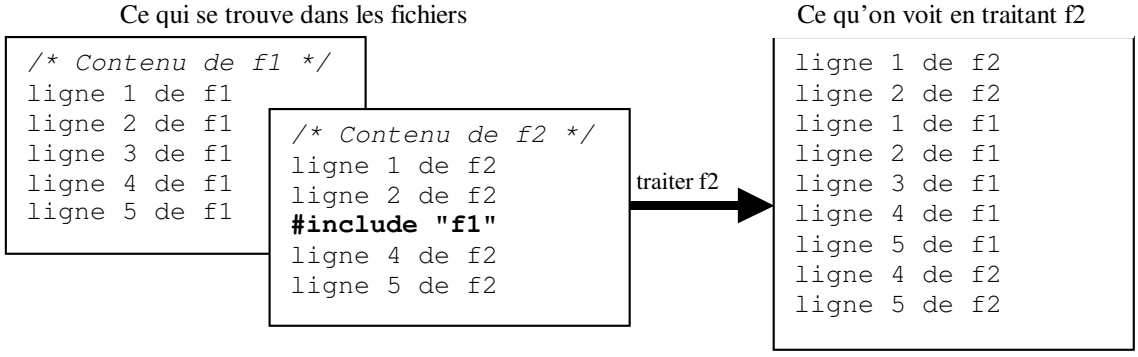
Le préprocesseur C est une sorte d'éditeur de texte automatique qui transforme le programme source C juste avant la compilation : il insère les fichiers inclus, il remplace les constantes et il effectue certains choix de compilation. Ce prétraitement était nécessaire à l'origine car les compilateurs n'étaient pas assez puissants. Une syntaxe vieillie et parfois trompeuse est restée de cette époque.

1 - INCLUSION DE FICHIERS

a) Présentation

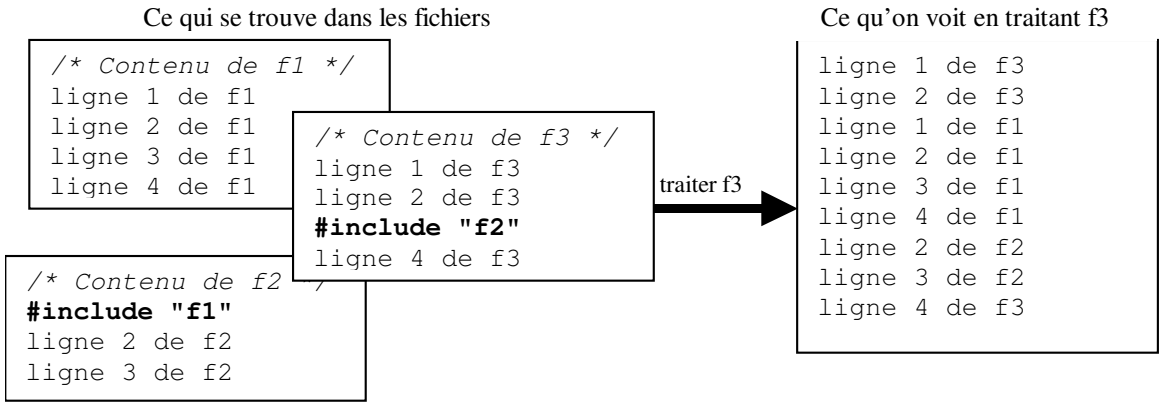
Inclure un fichier f1 dans un autre fichier f2 consiste à ce que lorsqu'on parcourt f2, on parcourt également f1. En compilation C, on se sert de cette technique pour partager des déclarations et définitions entre différents programme.

Il existe deux manières de faire cela : insérer le premier fichier dans le second de manière permanente avec l'éditeur de texte ou demander au compilateur de se dérouter temporairement par une « directive » spéciale :



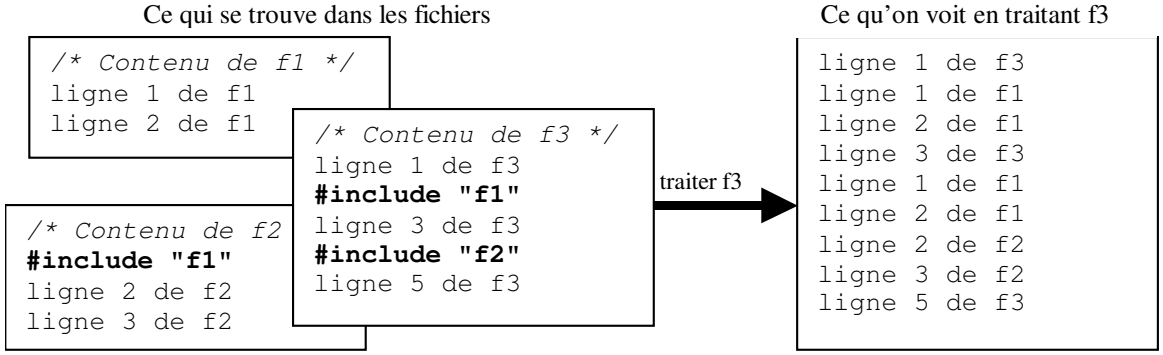
Remarquer que l'ordre et le contenu des lignes est exactement préservé.

Ce mécanisme fonctionne également en cascade :



Remarquer l'ordre exact des lignes, selon la position des directives d'inclusion.

Un même fichier peut se retrouver inclus plusieurs fois au final :



On voit que dans cet exemple, certaines lignes sont présentes en multiples exemplaires. Cela posera un problème au compilateur C si ces lignes sont des définitions.

b) Directives #include

Il y a deux syntaxe pour inclure un fichier selon qu'il est dans le répertoire courant ou dans un répertoire connu du compilateur. La différence se fait sur les déliminteurs du nom de fichier "" ou <> :

- **`#include "fichier"`**

Cette directive cherche le fichier dans le répertoire courant. Il est possible de donner un nom complet afin d'inclure un fichier situé ailleurs :

```
#include "…chemin/fichier"
```

- **`#include <fichier>`**

Cette directive cherche le fichier dans l'un des répertoires privilégié du compilateur : /usr/include, /usr/local/include… Ces répertoires contiennent tous les fichiers inclus correspondant aux librairies du système. Par exemple :

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
```

Il est possible de donner un autre chemin au compilateur C grâce à l'option –I, par exemple si les fichiers à inclure se trouvent dans ../inclus :

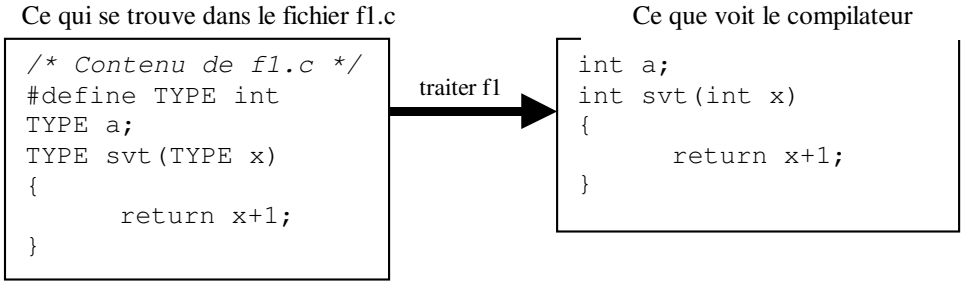
```
Cc –Wall –I../inclus prog.c …
```

2 - DEFINITION DE MACROS

a) Constantes

`#define SYMBOLE CHOSE`

La directive #define permet d'associer une chaîne ou une valeur à un symbole (identificateur). Toutes les mentions du symbole seront automatiquement remplacées par la valeur, par exemple :

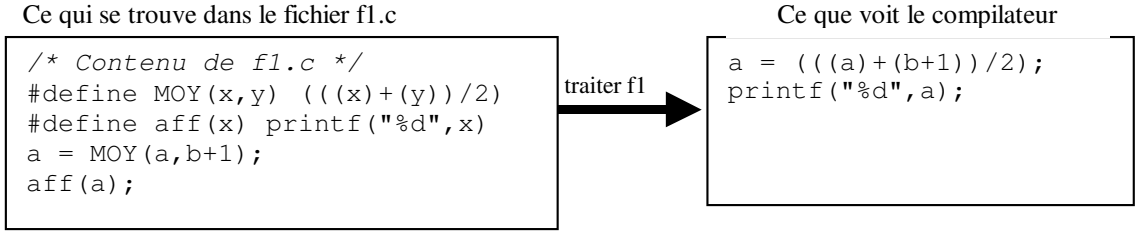


Remarquer que les remplacements n'ont lieu qu'à partir du moment où la définition est faite et d'autre part, il faut que le symbole soit clairement visible selon les règles de syntaxe du langage.

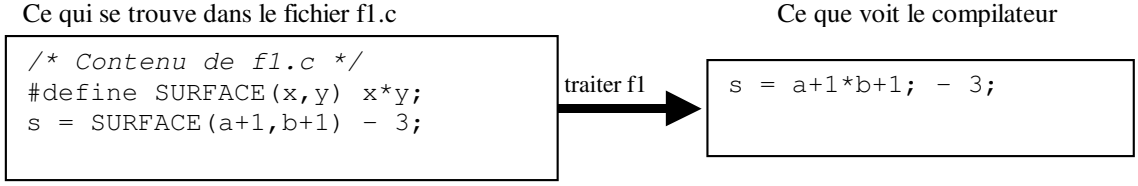
b) Macrofonctions (macros)

`#define SYMBOLE(paramètres) CHOSEPARAMETRÉE`

La directive #define permet d'associer une chaîne variable en fonction de paramètres à un symbole ressemblant à une fonction. Cela signifie que toutes les mentions du symbole accompagné de paramètres seront automatiquement remplacées par la chaîne.



Remarquer que le remplacement est uniquement syntaxique, c'est à dire qu'on ne vérifie pas la syntaxe de ce qui en résulte. Cela peut faire des erreurs de syntaxe et de sémantique comme dans l'exemple suivant :



L'erreur provient du fait que le remplacement de x par a+1 et y par b+1 n'est pas protégé, le compilateur calculera a+b+1 au lieu de (a+1)*(b+1). D'autre part, le ; est de trop. Il aurait fallu prévoir cela :

Ce qui se trouve dans le fichier f1.c

```
/* Contenu de f1.c */
#define SURFACE(x,y) ((x)*(y))
s = SURFACE(a+1,b+1) - 3;
```

traiter f1

Ce que voit le compilateur

```
s = ((a+1)*(b+1)) - 3;
```

Attention, ces macros ne sont pas des fonctions. Les employer à mauvais escient peut rendre le programme inefficace. Dans l'exemple suivant, on rappelle une deuxième fois la fonction qui rend la valeur la plus élevée.

Ce qui se trouve dans le fichier f1.c

```
/* Contenu de f1.c */
#define MAX(x,y) ((x)>(y)?(x):(y))
m=MAX(fonc1(a),fonc2(b));
```

Ce que voit le compilateur

```
m=((fonc1(a))>(fonc2(b))?(fonc1(a)):(fonc2(b)));
```

3 - COMPILATION CONDITIONNELLE

Ce mécanisme permet de ne pas compiler certaines parties du programme selon des conditions purement syntaxiques (symbole défini ou pas par un #define).

#ifdef SYMBOLE

```
ces lignes sont prises en compte ssi le symbole est défini
```

#else

```
ces lignes sont prises en compte ssi le symbole n'est pas défini
```

#endif

On rappelle qu'on se situe dans la phase précédant la compilation, dans laquelle le préprocesseur transforme le fichier source. Avec la directive #ifdef, on peut choisir les transformations à effectuer.

Ce qui se trouve dans le fichier f1.c

```
/* Contenu de f1.c */
#define PRECIS
#ifdef PRECIS
#define TYPE float
#else
#define TYPE int
#endif
TYPE a;
#ifdef PRECIS
      printf("a=%f",a);
#else
      printf("a=%d",a);
#endif
```

Ce que voit le compilateur

```
float a;
      printf("a=%f",a);
```

Comme le symbole PRECIS a été défini au début du fichier, le préprocesseur laisse passer les lignes situées entre #ifdef et #else. Dans l'exemple suivant, on met en commentaire la définition du symbole PRECIS, les lignes situées entre le #else et le #endif sont maintenant les seules à être considérées.

Ce qui se trouve dans le fichier f1.c

```
/* Contenu de f1.c */
/* #define PRECIS */
#ifdef PRECIS
#define TYPE float
#else
#define TYPE int
#endif
TYPE a;
#ifdef PRECIS
      printf("a=%f",a);
#else
      printf("a=%d",a);
#endif
```

Ce que voit le compilateur

```
int a;
      printf("a=%d",a);
```

L'option –D*nom* permet de définir un symbole lors de la compilation, comme si on avait mis une ligne `#define nom` dans le source, ça permet de définir le comportement du compilateur lors de la compilation seulement :

```
cc -DPRECIS f1.c
```

Remarque finale : le langage C offre de nombreuses autres subtilités qu'il n'est pas possible de développer dans ce polycopié.

* *
*