# Types et Opérateurs

Marie Pelleau
marie.pelleau@univ-cotedazur.fr

Basé sur les transparents de Jean-Charles Régin

# Type énuméré

```c
#include <stdio.h>

enum Lights {green, yellow, red};
enum Cards {diamond = 1, spade = -5, club = 5, heart};
enum Operator {Plus = '+', Min = '-', Mult = '*', Div = '/'};

int main (void) {
  enum Lights feux = red;
  enum Cards jeu = spade;
  enum Operator op = Min;

  printf("L = %d %d %d\n", green, yellow, red);
  printf("C = %d %d %d %d\n", diamond, spade, club, heart);
  printf("O = %d %d %d %d\n", Plus, Min, Mult, Div);

  jeu = yellow;
  printf("%d %d %c\n", feux, jeu, op);

  return 0;
}
```

# Type énuméré

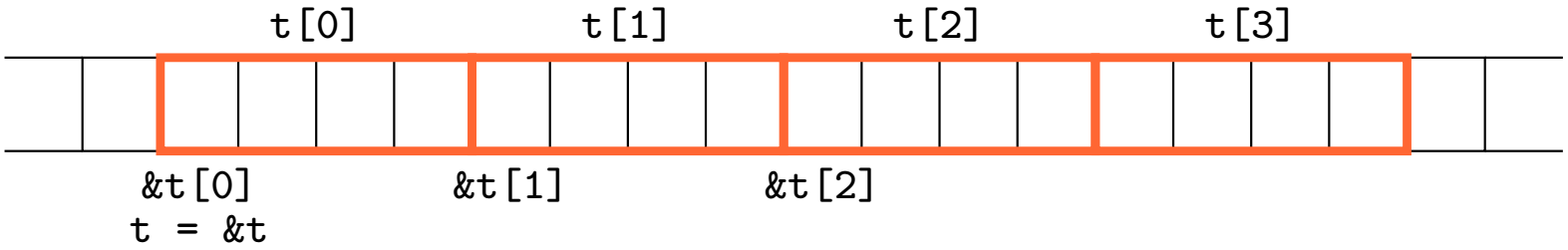
- Un type énuméré est considéré comme de type `int` : la numérotation commence à 0, mais on peut donner n'importe quelles valeurs entières
- On peut affecter ou comparer des variables de types énumérés
- Pas de vérification

# Type structurés

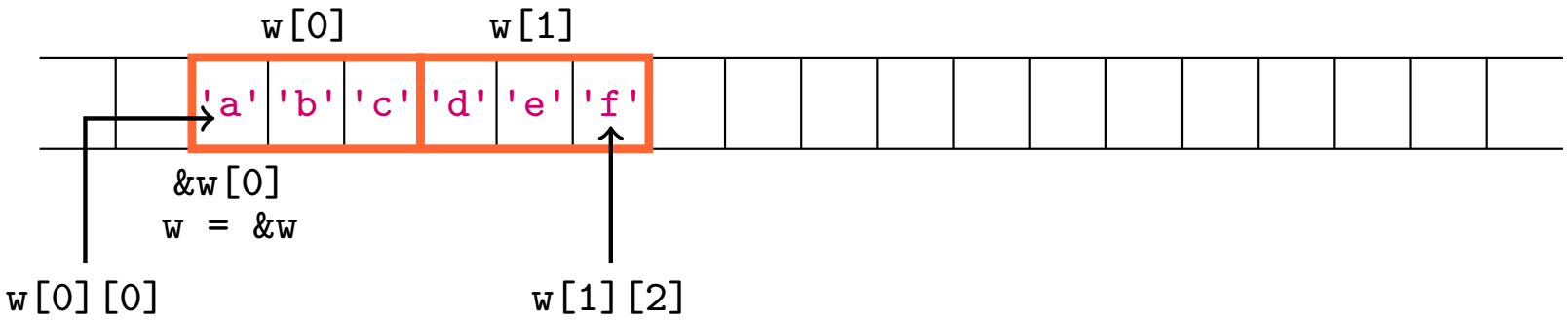
```c
#include <stdio.h>
int main (void) {
  int t[4];
  int u[] = {0, 1, 2, 3};
  float x[3][10];
  char w[][3] = {{'a', 'b', 'c'}, {'d', 'e', 'f'}};

  int i;
  for (i = 0; i < 4; i++) {
    t[i] = 0;
    printf("t[%d] = %d ", i, t[i]);
  }
  fputc('\n', stdout);

  for (i = 0; i < 2; i++) {
    int j;
    for (j = 0; j < 3; j++) {
      w[i][j] = 'a';
      fprintf(stdout, "w[%d][%d] = %c ", i, j, w[i][j]);
    }
    fputc('\n', stdout);
  }
  return 0;
}
```

# Tableaux

```
int t[4];
```




```
char w[][3] = {{'a', 'b', 'c'}, {'d', 'e', 'f'}};
```



# Tableaux

- Tableaux à une seule dimension : possibilité de tableaux de tableaux
- Dans ce cas, la dernière dimension varie plus vite
- Indice entier uniquement (borne inférieure toujours égale à 0)
- On peut initialiser un tableau lors de sa déclaration (par agrégat)
- Dimensionnement automatique par agrégat (seule la première dimension peut ne pas être spécifiée)
- Les opérations se font élément par élément
- Aucune vérification sur le dépassement des bornes

# Tableaux

- La dimension doit être connue **statiquement** (lors de la compilation)

```
int n = 10;
int t[n]; /* INTERDIT */
```

- Ce qu'il faut plutôt faire

```
#define N 10
...
int t[N]; /* c'est le préprocesseur qui travaille*/
```

- On verra plus tard comment définir des tableaux de façon **dynamique** (taille connue à l'exécution)

# Tableaux : initialisation

```c
#include <stdio.h>

void init (int t[], int n, int v) {
  int i;
  for (i = 0; i < n; i++) {
    t[i] = v;
  }
}

void aff (int t[], int n) {
  int i;
  for (i = 0; i < n; i++) {
    printf("%d ", t[i]);
  }
  printf("\n");
}

int main (void) {
  int tab[] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0};
  aff(tab, 5);
  init(tab, 5, 0);
  aff(tab, 10);
  return 0;
}
```

# Chaînes de caractères

- Ce sont des tableaux de caractères : pas un vrai type
- Par convention, elles se terminent par le caractère nul `'\0'`
- Il n'y a pas d'opérations pré-définies (puisque ce n'est pas un type), mais il existe des fonctions de bibliothèque, dont le fichier de déclarations s'appelle `string.h`

# Chaînes de caractères

## Exemple

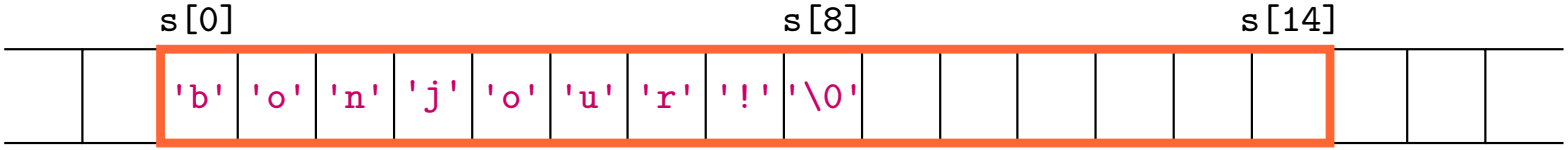
```
char string[100];
char s[15] = {'b', 'o', 'n', 'j', 'o', 'u', 'r', '!', '\0'
}; /* "bonjour!" */
char c[] = "0123456789";
char *c2 = "0123456789";
```

## Ecriture sur la sortie standard

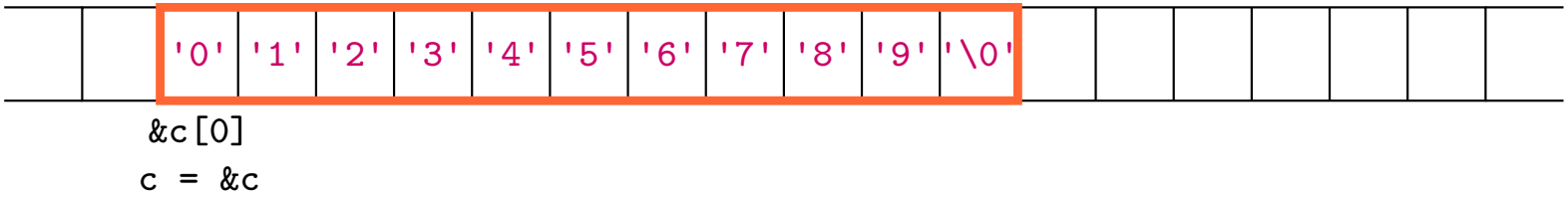
```
fprintf(stdout, "%s", s);
printf("%s", s);

fputs(s, stdout);
puts(s);
```

# Chaînes de caractères

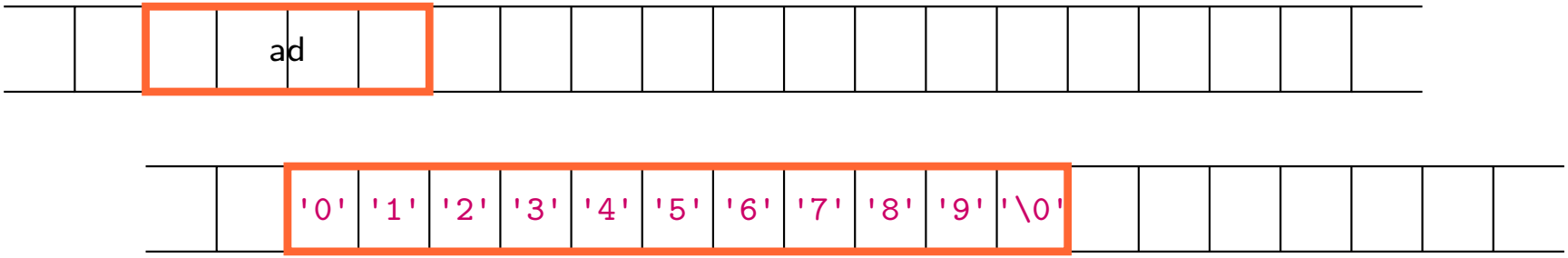
```
char s[15] = {'b', 'o', 'n', 'j', 'o', 'u', 'r', '!', '\0'};
```




```
char c[] = "0123456789";
```




```
char *c2 = "0123456789";
```



# Chaînes de caractères : initialisation

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main (void) {
  char chaine[] = "bonjour ";
  char chRes[256];

  printf("%s\n", strcpy(chRes, chaine));
  printf("%s\n", strcat(chRes, "tout le monde!"));
  printf("%s\n", chRes);

  return 0;
}
```

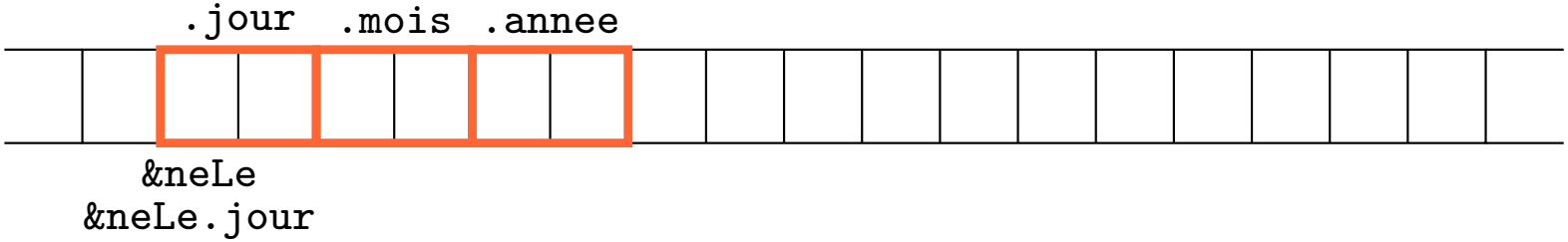
# Structures

```
struct date {
  short jour, mois, annee;
};

struct etudiant {
  int num;
  struct date neLe;
  short tn[3];
};
```

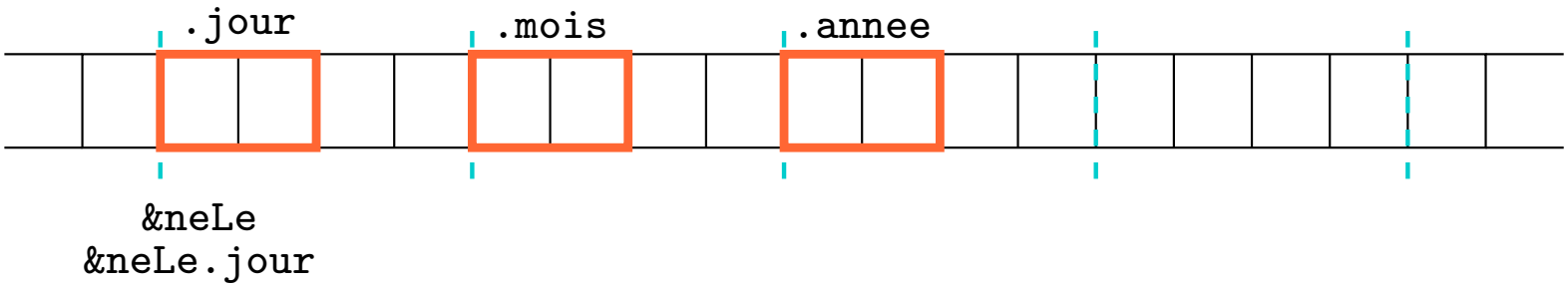
- Objet composite formé d'éléments de types quelconques
- La place réservée est la somme de la longueur des champs (au minimum, à cause de l'alignement)
- On peut affecter des variables de types structures
- Lors de la **déclaration** de variables de types structures, on peut initialiser avec un agrégat

# Structures

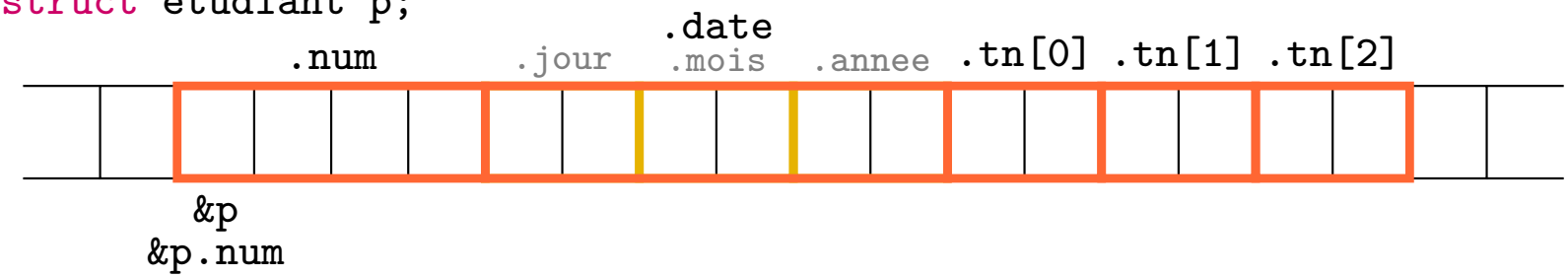
```
struct date neLe;
```




```
struct date neLe; // avec alignement
```




```
struct etudiant p;
```



# Structures

```c
#include <stdio.h>

struct date {
  short jour, mois, annee;
};

struct etudiant {
  int num; /* numéro de carte */
  struct date neLe;
  short tn[3]; /* tableau de notes */
};

int main (void) {
  struct etudiant p;
  struct etudiant etud[2];
  short e, n, somme;

  p.num = 15;
  p.neLe.jour = 5;
  p.neLe.mois = 11;
  p.neLe.annee = 2000;
  p.tn[0] = 10;
  p.tn[1] = 15;
  p.tn[2] = 20;
  etud[0] = p;

  p.num = 20;
  struct date d = {25, 1, 2001};
  p.neLe = d;
  p.tn[0] = 0;
  p.tn[1] = 5;
  p.tn[2] = 10;
  etud[1] = p;

  for (e = 0; e < 2; e++) {
    somme = 0;
    for (n = 0; n < 3; n++) {
      somme = somme + etud[e].tn[n];
    }
    printf ("moy de %d, né(e) en %hd = %.2f
     \n", etud[e].num, etud[e].neLe.annee,
     somme/3.0);
  }
}
```

# Union

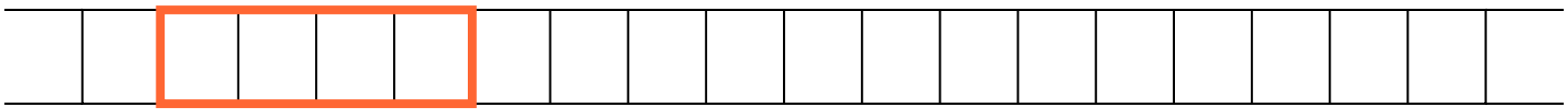
```
union donnee {
  int i;
  short s;
  char c;
};
```

- La place réservée est le maximum de la longueur des champs
- Sert à partager la mémoire dans le cas où l'on a des objets dont l'accès est exclusif
- Sert à interpréter la représentation interne d'un objet comme s'il était d'un autre type

# Union

```
union donnee {
   int i;
   short s;
   char c;
};
```

```
union donnee data;
```



&data
&data.i
&data.s
&data.c

# Union

```c
#include <stdio.h>

union donnee {
  int i;
  short s;
  char c;
};

int main (void) {
  union donnee data;
  data.i = 123456;
  printf ("%d, %hd, %c\n", data.i, data.s, data.c);

  data.s = 42;
  printf ("%d, %hd, %c\n", data.i, data.s, data.c);

  data.c = 'Z';
  printf ("%d, %hd, %c\n", data.i, data.s, data.c);
  return 0;
}
```

# Champs de bits

- Pour les champs de bits, on donne la longueur du champ en bits; longueur spéciale 0 pour forcer l'alignement (champ sans nom pour le remplissage)
- Attention aux affectations (gauche à droite ou vice versa)
- Utiliser pour coder plusieurs choses sur un mot :
  - Je veux coder les couleurs sur un mot machine (ici 32 bits)
  - 3 couleurs donc 10 bits par couleur au lieu d'un octet

# Champs de bits

```c
#include <stdio.h>

typedef struct {
  unsigned rouge : 10;
  unsigned vert : 10;
  unsigned bleu : 10;
  unsigned : 2;
} couleur;

int main (void) {
  couleur rouge = {0x2FF, 0x000, 0x000};
  couleur vert = {0x133, 0x3FF, 0x133};
  couleur bleu = {0x3FF, 0x3FF, 0x2FF};

  printf("rouge = %x\tvert = %x\tbleu = %x\n", rouge, vert, bleu);
  printf("rouge = %u\tvert = %u\tbleu = %u\n", rouge, vert, bleu);

  return 0;
}
```

# Champs de bits

- Dépend fortement de la machine, donc difficilement transportable
- Architectures droite à gauche : **little endian** (petit bout)
  - Octet de poids faible en premier (adresse basse)
  - x86
- Architectures gauche à droite : **big endian** (gros bout)
  - Octet de poids fort en premier (adresse basse)
  - Motorola 68000
- Souvent remplacé par des masques binaires et des décalages

# Définition de types : typedef

## Permet de définir de nouveaux types (aide le compilateur)

```
typedef int Longueur;

typedef char tab_car[30];

typedef struct people {
  char Name[20];
  short Age;
  long IdNumber;
} Human;

typedef struct node *Tree;
typedef struct node {
  char *word;
  Tree left;
  Tree right;
} Node;

typedef float (*arith) (int, int);
```

# Définition de types : typedef

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>
typedef double (*unary) (double);
typedef double (*binary) (double, double);

double add (double a, double b) {
  return a + b;
}
double mult (double a, double b) {
        return a * b;
}
double div2 (double a) {
        return a / 2.0;
}
double moyenne (double a, double b, binary binop, unary unop) {
  double aux = (*binop)(a, b);
  double moy = (*unop)(aux);
  return moy;
}
int main (void) {
  double moy_arith = moyenne(15.0, 12.0, add, div2);
  printf("moyenne arithmétique = %lf\n", moy_arith);

  double moy_geom = moyenne(15.0, 12.0, mult, sqrt);
  printf("moyenne géométrique = %lf\n", moy_geom);
  return 0;
}
```

# Instruction vide

- Dénotée par le point-virgule
- Le point-virgule sert de terminateur d'instruction : la liste des instructions est une suite d'instructions se terminant toutes par un ;

```
for (; (fgetc(stdin) != EOF); nb++) /* rien */ ;
```

Remarque

- Ne pas mettre systématiquement un ; après la parenthèse fermante du `for`
- Mettre toujours des { }, avec les `if` et les `for`

# Expression, instruction et affectation

## En général

- instruction $\equiv$ action
- expression $\equiv$ valeur

- Une expression a un type **statique** (c'est-à-dire qui ne dépend pas de l'exécution du programme) et une **valeur**
- L'affectation en C est dénotée par le signe =

# Bloc

- Sert à grouper plusieurs instructions en une seule
- Sert à restreindre (localiser) la visibilité d'une variable
- Sert à marquer le corps d'une fonction

```c
#include <stdio.h>
int main (void) {
  int i = 3;
  int j = 5;
  {
    int i = 4;
    printf("i = %d, j = %d \n", i, j);
    i++;
    j++;
 }
 printf ("i = %d, j = %d \n", i, j); /* valeur de i ? de j ? */
 return 0;
}
```

# Conditionnelle

- Il n'y a pas de mot-clé *alors* et la partie *sinon* est facultative
- La condition doit être parenthèsée

**Remarque**

En C, il n'y a pas d'expression booléenne ; une expression numérique est considérée comme **faux** si sa valeur est égale à 0, **vrai** sinon

# Conditionnelle

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main (void) {
  int x, y = -3, z = -5;
  printf("valeur de x ?");
  scanf("%d", &x);
  if (x==0)
    x = 3;
  else if (x==2) {
    x=4; y = 5;
    }
  else
  x = 10;
  printf ("x = %d, y = %d, z = %d \n", x, y, z);
  if (0) x = 3; else x=4;
  return 0;
}
```

# Conditionnelle

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main (void) {
  int x, y = -3, z = -5;
  printf("valeur de x ? ");
  scanf("%d", &x);
  if (x==0) {
    x = 3;
  } else if (x==2) {
    x=4; y = 5;
  } else {
    x = 10;
  }
  printf ("x = %d, y = %d, z = %d \n", x, y, z);
  if (0) {
    x = 3;
  } else {
    x=4;
  }
  return 0;
}
```

# Aiguillage (Switch)

- L'expression doit être entre parenthèses
- Les étiquettes de branchement doivent avoir des valeurs calculables à la compilation et de type discret
- Pas d'erreur si aucune branche n'est sélectionnée
- **Exécution des différentes branches en séquentiel** : ne pas oublier une instruction de débranchement (`break` par exemple)

# Aiguillage (Switch)

```c
#include <stdio.h>
int main (int argc, char *argv[]) {
  short i = 0, nbc = 0, nbb = 0, nba = 0;
  if (argc != 2) {
    fprintf(stderr, "usage: %s chaîne \n", argv[0]);
    return 1;
  }
  while (argv[1][i]) {
    switch (argv[1][i]) {
      case '0' :
      case '1' :
      case '2' :
      case '3' :
      case '4' :
      case '5' :
      case '6' :
      case '7' :
      case '8' :
      case '9' : nbc++; break;
      case ' ' :
      case '\t' :
      case '\n' : nbb++; break;
      default : nba ++;
    }
    i++;
  }
  printf ("chiffres = %hd, blancs = %hd, autres = %hd\n", nbc, nbb, nba);
}
```

# Les boucles

```
while (expression entière) {
  instructions
}
```

```
#include <stdio.h>
#define MAX 30

int main (int argc, char *argv[]) {
  char tab[MAX], c;
  int i;
  i = 0;
  while ((i < MAX -1) && (c = fgetc(stdin)) != EOF) {
    tab[i++] = c;
  }
  printf("\n%s\n", tab);
  return 0;
}
```

# Les boucles

```
do {
  instructions
} while (expression entière);
```

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#define NB 3

int main (int argc, char *argv[]) {
  char  rep[NB];
  do {
    printf("Avez-vous fini ?");
    fgets(rep, NB, stdin);
    rep[0] = toupper(rep[0]);
  } while (strcmp(rep, "O\n"));
  return 0;
}
```

# Les boucles

```
for (init; condition; pas) {
  instructions
}
```

```
init;
while (condition) {
  instructions
  pas;
}
```

```
#include <stdio.h>
#define MAX 30

int main (int argc, char *argv[]) {
  char tab[MAX] = "toto";
  printf ("*%s*\n", tab);
  int i;

  for (i = 0; i < MAX; i++) {
    tab[i] = '\0';
  }
  printf ("\n*%s*\n", tab);
  return 0;
}
```

# Les boucles

```c
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
  int i;
  i = 0;
  while (i < 10) {
    i ++;
  }
  printf("i = %d\n", i);

  i = 0;
  do {
    i ++;
  } while (i < 10);
  printf("i = %d\n", i);

  for (i = 0; i < 10; i++);
  printf("i = %d\n", i);
  return 0;
}
```

# Instructions de débranchement

- `break`
  - Utilisée dans un `switch` ou dans une boucle
  - Se débranche sur la première instruction qui suit le `switch` ou la boucle
- `continue`
  - Utilisée dans les boucles
  - Poursuit l'exécution de la boucle au test (ou au rebouclage)
- `goto`
  - Va à l'étiquette donnée
  - L'étiquette, `etq` par exemple, est placée comme suit

    ```
    etq : instruction
    ```
- `return`
  - Provoque la sortie d'une fonction
  - La valeur de retour est placée derrière le mot-clé
- `exit`
  - Met fin à l'exécution d'un programme
  - 0 en paramètre indique l'arrêt normal

# Instructions de débranchement

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void f (int j) {
  int i = 0;
  while (i < j) {
    /* instruction */
    i++;
  }
  etq: printf("fin de f, i = %d\n", i);
}

int main (int argc, char *argv[]) {
  int i = 100;
  f(i);
  printf("fin de main, i = %d\n", i);
  return 0;
}
```

`/* instruction */`

- 
  ```
  fin de f, i = 100
  fin de main, i = 100
  ```
- `break;`
  ```
  fin de f, i = 0
  fin de main, i = 100
  ```
- `continue;`
  **boucle infinie !**
- `goto etq;`
  ```
  fin de f, i = 0
  fin de main, i = 100
  ```
- `return;`
  ```
  fin de main, i = 100
  ```
- `exit(0);`

# Opérateurs

## Affectation

Signe =, dont les opérandes sont de tout type (**attention** si de type tableau)

## Opérateurs unaires

Incrémentation (++) et décrémentation (--), **attention** l'ordre d'évaluation n'est pas garanti

- `t[i++] = v[i++]; /* à éviter */`
- `i = i++; /* n'est pas défini */`

# Opérateurs de calcul

- Arithmétiques `+, *, -, /, %`
- Relationnels `<, <=, >, >=, ==, !=`
- Logiques `!, &&, ||`

## Exemple

```
3 * 4 + 5
3 / 4              /* division entière */
3 % 4              /* modulo */
3.0 / 4
!(n % 2)           /* n est pair ? */
(x = 1) || b       /* vrai */
(x = 0) && b       /* faux */
```

# Opérateurs de calcul

- Bit à bit `~, &, |, ^, <<, >>`

## Exemple

```
~3          /* 0000 0011 = 1111 1100 */
3 & 5       /* 0000 0011 & 0000 0101 = 0000 0001 */
3 | 5       /* 0000 0011 | 0000 0101 = 0000 0111 */
3 ^ 5       /* 0000 0011 ^ 0000 0101 = 0000 0110 */
3 << 5      /* 0000 0011 << 5 = 0110 0000 */
73 >> 5     /* 0100 1001 >> 5 = 0000 0010 */
```

# Opérateurs de calcul

```c
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
  char i;
  for (i = 0; i < 10; i++) {
    printf ("i = %hx, ~i = %hx, ", i, ~i);
    printf ("!i = %hx, i << 1 = %hx, ", !i, i << 1);
    printf ("i >> 1 = %hx\n", i >> 1);
  }
  return 0;
}
```

```
i = 0, ~i = ff, !i = 1, i << 1 = 0, i >> 1 = 0
i = 1, ~i = fe, !i = 0, i << 1 = 2, i >> 1 = 0
i = 2, ~i = fd, !i = 0, i << 1 = 4, i >> 1 = 1
i = 3, ~i = fc, !i = 0, i << 1 = 6, i >> 1 = 1
i = 4, ~i = fb, !i = 0, i << 1 = 8, i >> 1 = 2
i = 5, ~i = fa, !i = 0, i << 1 = a, i >> 1 = 2
i = 6, ~i = f9, !i = 0, i << 1 = c, i >> 1 = 3
i = 7, ~i = f8, !i = 0, i << 1 = e, i >> 1 = 3
i = 8, ~i = f7, !i = 0, i << 1 = 10, i >> 1 = 4
i = 9, ~i = f6, !i = 0, i << 1 = 12, i >> 1 = 4
```

# Affectation composée

partie_gauche◇= expression
avec ◇ ∈ {+, -, *, /, %, ^, &, |, <<, >>}

```
int main (void) {
  int a, b;
  a = 3;
  b = 5;

  a += 3; /* a = a + 3 */
  a -= b; /* a = a - b */
  b *= a + 2; /* b = b * (a + 2) */
  b <<= a; /* b = b << a */

  return 0;
}
```

# Opérateurs sur les types

`sizeof`

- Taille d'un objet (nombre d'octets nécessaires à la mémorisation d'un objet)
- Renvoie une valeur de type `size_t` déclaré dans le fichier de déclarations `stdlib.h`

- `sizeof (nom_type)`
- `sizeof expression`

# Opérateurs sur les types

```c
#include <stdio.h>
#define imp (s, t) printf("sizeof %s = %d\n", s,
      sizeof(t))

int main (int argc, char *argv[]) {
  int t1[10];
  float t2[20];

  imp("char", char);
  imp("short", short);
  imp("int", int);
  imp("long", long);
  imp("float", float);
  imp("double", double);
  imp("long double", long double);

  printf ("sizeof t1 = %d\n", sizeof t1);
  printf ("sizeof t2 = %d\n", sizeof t2);
  printf ("sizeof t1[0] = %d\n", sizeof t1[0]);
  printf ("sizeof t2[1] = %d\n", sizeof t2[1]);

  return 0;
}
```

```
sizeof char = 1
sizeof short = 2
sizeof int = 4
sizeof long = 8
sizeof float = 4
sizeof double = 8
sizeof long double = 16
sizeof t1 = 40
sizeof t2 = 80
sizeof t1[0] = 4
sizeof t2[1] = 4
```

# Opérateurs sur les types

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>
void f (int t[]) {
  printf ("\tf : sizeof t = %lu, sizeof t[0] = %lu\n", sizeof t, sizeof t[0]);
}
void g (char s[]) {
  printf ("\tg : sizeof s = %lu, sizeof s[0] = %lu\n", sizeof s, sizeof s[0]);
  printf ("\tg : longueur de s = %lu\n", strlen(s));
}
int main (int argc, char *argv[]) {
  int t1[10];
  char s1[] = "12345";
  printf ("main : sizeof t1 = %lu\n", sizeof t1);
  f(t1);
  printf ("main : sizeof s1 = %lu, strlen(s1) = %lu\n", sizeof s1, strlen(s1));
  g(s1);
  return 0;
}
```

```
main : sizeof t1 = 40
        f : sizeof t = 8, sizeof t[0] = 4
main : sizeof s1 = 6, strlen(s1) = 5
        g : sizeof s = 8, sizeof s[0] = 1
        g : longueur de s = 5
```

# Opérateurs sur les types

- Conversion explicite (“ casting ” ou transtypage)
- `(type) expression`

```c
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
  printf ("%.2f, ", 3/(double)4);
  printf ("%d, ", (int)4.5);
  printf ("%d, ", (int)4.6);
  printf ("%.2f, ", (double)5);
  fputc('\n', stdout);

  return 0;
}
```

# Opérateur de condition

`condition ? expression_1 : expression_2`

Seul opérateur ternaire du langage

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
  int x, y, n;
  if (argc != 2) {
    fprintf (stderr, "usage: %s nb\n", argv[0]);
    return 1;
  }
  n = atoi(argv[1]);
  x = (n % 2) ? 0 : 1;
  y = (n == 0) ? 43 : (n == -1) ? 52 : 100;
  printf ("x = %d, y = %d\n", x, y);
  return 0;
}
```

# Opérateur virgule

`expr_1, expr_2, ..., expr_n`

- Le résultat est celui de `expr_n`
- `expr_1, expr_2, ..., expr_n-1` sont évaluées, mais leurs résutats oubliés (sauf si effet de bord)

```c
#include <stdio.h>
int main (int argc, char *argv[]) {
  int a, b, i, j, t[20];
  for (i = 0, j = 19; i < j; i++, j--) {
    t[i] = j;
    t[j] = i;
  }
  printf ("%d\n", (a = 1, b = 2));
  printf ("%d\n", (a = 1, 2));
  return 0;
}
```

# Opérateurs rangés par ordre de priorité décroissante

| Types | Symboles | Associativité |
|---|---|---|
| postfixé | `(), [], ., ->, ++, --` | G à D |
| unaire | `&, *, +, -, ~, !, ++, --, sizeof` | D à G |
| casting | `(type)` | D à G |
| multiplicatif | `*, /, %` | G à D |
| additif | `+, -` | G à D |
| décalage | `<<, >>` | G à D |
| relationnel | `<, <=, >, >=` | G à D |
| (in)égalité | `==, !=` | G à D |
| et bit à bit | `&` | G à D |
| ou ex bit à bit | `^` | G à D |
| ou bit à bit | `\|` | G à D |
| et logique | `&&` | G à D |
| ou logique | `\|\|` | G à D |
| condition | `?` | D à G |
| affectation | `=, *=, /=, %=, *=, -=, <<=, >>=, &=, ^=, \|=` | D à G |
| virgule | `,` | G à D |