Programmation impérative

ENSIIE

Semestre 1 — 2024–25

Organisation du cours

- Cours magistral : présentation des concepts, des structures de données et leurs outils
- TP : manipulation, mise en œuvre **TOUT** refaire
- TD : aspects théoriques, intérêt

Évaluation :

- 1 projet $\left(\frac{1}{3}\right)$
- contrôle continu $\left(\frac{1}{3}\right)$
  - interrogations « surprises »
  - TP(s) noté(s)
- examen final $\left(\frac{1}{3}\right)$

Introduction

Programmation

Exécutable : suite de 0 et 1 directement compréhensible par la machine

```
0010010001000100 11
1101000101010010 10
1111100101010011 01
```

Programme : abstraction d'un exécutable pour le rendre plus facile à comprendre et à écrire

```
int main() {
  printf("Bonjour␣!");
  return 0;
}
```

Paradigme de programmation

Différents types d'abstractions possibles
$\Rightarrow$ différents paradigmes de programmation

- Assembleur : très proche de l'exécutable
- Impérative : modification de la mémoire, effets de bord
- Fonctionnelle : évaluation de fonctions mathématiques, persistance des données
- Orientée Objet : structures de données et traitements associés regroupés au sein d'un « objet »
- ...

Pas de paradigme meilleur que les autres
Plus adapté dans un certain contexte
Problème $\rightsquigarrow$ bonne structure $\rightsquigarrow$ langage adapté

Compilation

Traduit le programme (abstrait) en exécutable (code machine)

```
int main() {
  return 0; }
```

$\rightsquigarrow$

```
00100100010010011
11010001010010 10
11111001010100 1101
```

Autre possibilité : interprétation

- un exécutable (interpréteur) lit le programme et effectue les opérations attendues

Avertissement

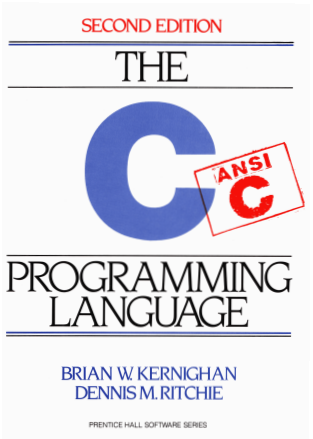
Ceci N'est PAS un cours de C

Néanmoins on ne peut pas apprendre la programmation sans la pratiquer

On utilisera donc le C pour illustrer le cours

La référence du C

The C Programming Language
Brian W. Kernighan et Dennis M. Ritchie
2^{e} édition



Défini la norme ANSI/ISO pour le langage C
Les compilateurs C sont censés respecter cette norme

Des traductions existent en français

Concepts de base

Programmation impérative

Principe de base : modification de l'état mémoire

Utilisation d'effets de bord

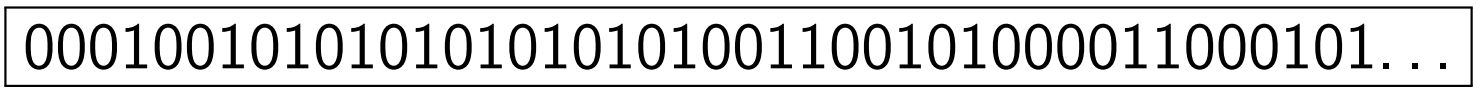
Deux mêmes appels à des endroits différents peuvent avoir des comportements différents

État mémoire abstrait

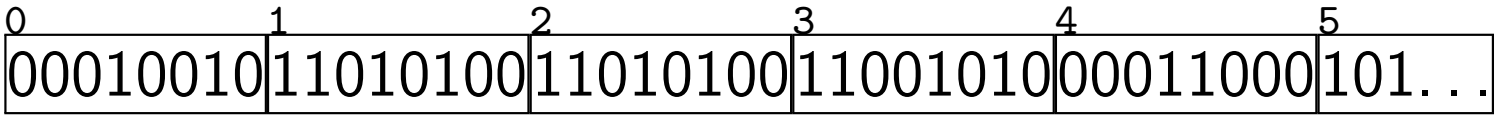
Comment décrire un programme impérative ?

- État mémoire attendu avant l'exécution du programme
  = précondition `@requires`
- Éléments de la mémoire potentiellement modifié par le programme
  = assignements `@assigns`
- État mémoire résultant de l'exécution du programme
  = postcondition `@ensures`

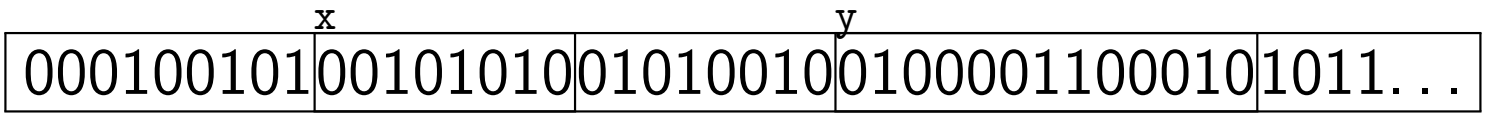
Abstraction de la mémoire



Adresse : position sur le ruban, regroupé par octets

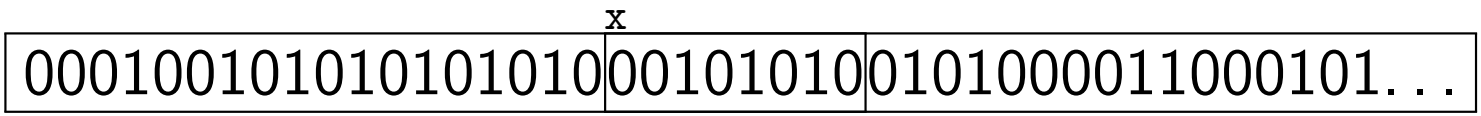


Variable : emplacement (case) dans la mémoire



Type d'une variable

- taille de la case
- comment le contenu est interprété



`char x` :

- `x` tient sur 1 octet (8 bits)
- `x` est interprété comme un entier (42 en l'occurrence, ou encore '*')

Types de base en C

- Langage peu typé
- Conversion implicites
- La plupart : dépendants du compilateur/de la machine

Faire très attention

Trois familles de base :

- entiers
- flottants
- pointeurs

Types entiers

Arithmétique modulo $2^{\text{nb. bits}}$

Plusieurs tailles :

- `char` : 8 bits
- `int` : taille dépendant de la machine (32 bits, 64 bits)
- `long int`, `short int`

Signé ou non :

- `unsigned char` $[0, 255]$
- `signed char` $[-128, 127]$

Types flottants

Nombres en virgule flottante ($\neq$ réels)

- `float`, `double`
- $\overset{s}{1}\overset{e}{10101001}\overset{m}{00100100100100100100101}$

$$(-1)^s \times 1, m \times 2^{e-127}$$

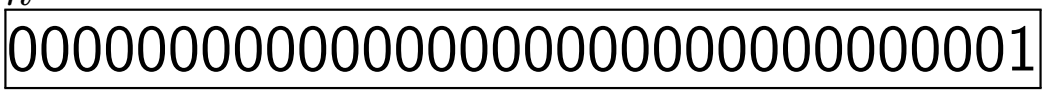
Exemple : $-0,25 = -1 \times 1,0000 \times 2^{125-127}$

$\overset{s}{1}\overset{e}{01111101}\overset{m}{00000000000000000000000}$

`int` $\neq$ `float`

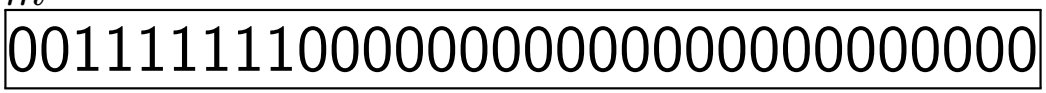
```
int n = 1;
```

n




```
float m = 1;
```

m



Mais conversions implicites !

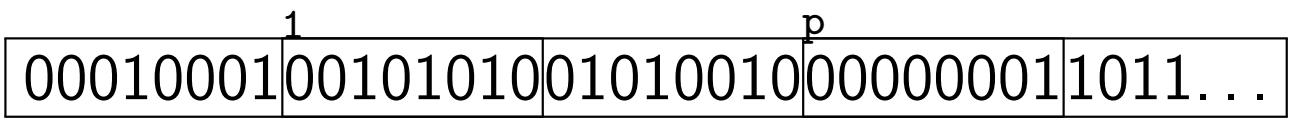
```
m = n;
```

Faire attention !

```
int n = 0.5;
```

Pointeurs

- le contenu est l'adresse d'une case mémoire
- exemple : `char* p`
  le contenu de `p` est l'adresse d'une case dont le contenu doit être interprété comme un `char`



- `p` pointe vers l'adresse 1
- `*p` est le contenu de la case pointée par `p`, interprété comme un `char`, i.e. 42

Programme

Contenu d'un programme :

- déclarations de variables avec leur type
- bloc (liste) d'instructions

Instructions :

- contrôle et modifications
- utilisent des expressions

Expressions :

- valeurs

Fonction principale

En C, on peut définir plusieurs fonctions $\simeq$ sous-programmes
Il faut nécessairement définir la fonction `main`

- point de départ du programme
- peut faire appel aux autres fonctions

Squelette :

```
int main() {
  /* declarations de variables */
  ...
  /* instructions */
  ...
  return 0;
}
```

Expressions

- opérateurs arithmétiques :
  `+  -  *  /  %`
- comparaisons et opérations booléennes :
  `==  !=  <  >= ...  &&  ||  !`
- appel de fonctions (fournies par des bibliothèques ou définies dans le programme) :
  `pow  log  abs  strlen ...`
- constantes :
  `0  42  1.5  32.0897e21  "bonjour"`
- variables (déclarées auparavant)

Exemple :

```
x + 1.5 * y - pow(2, log(2.1e21 - x))
```

Attention : priorités, conversions implicites !

Instructions : affectation

`x = expr;`

expr est évaluée, et sa valeur est mise dans la case mémoire identifiée par `x`.

- `@requires` : un état mémoire quelconque
- `@ensures` : `x` contient la valeur de *expr*
- `@assigns` : `x`, mais aussi tout ce qui est modifié par l'évaluation de `expr`

Appel de procédure

$nom\_proc(expr_1, \ldots, expr_n);$

On fait appel à la procédure appelée nom_proc en lui passant en paramètre les valeurs de expressions $expr_1 \ldots expr_n$

Entrées/sorties :

`printf(`$format, arg_1, arg_2, \ldots$`);`

`scanf(`$format, arg_1, arg_2, \ldots$`);`

Bloc

{
  $instruction_1$
  ...
  $instruction_n$
}

Regroupe une séquence d'instructions
Les exécute l'une après l'autre

Conditionnelle

```
if (cond)
   instruction_if
suite...
```

```
if (cond)
   instruction_if
else
   instruction_else
suite...
```

- *cond* expression de type entier
- vrai : valeur $\neq 0$

Branchement

```
switch (expr) {
   case constante_1 : instruction_1 break;
   case constante_2 : instruction_2 break;
   ...
   default : instruction break;
}
```

Boucles

Faire quelque chose tant qu'une condition est vérifiée

- bornée
- non bornée

En C, sucre syntaxique $\rightsquigarrow$ ici forte restriction

Boucle bornée

Nombre d'itérations connu dès le départ

for (*init* ; *condition* ; *mise à jour*)
  instruction

Dans ce cours :

- interdit de toucher à l'indice dans le bloc
- $\Rightarrow$ terminaison

Boucle non bornée

Nombre d'itérations inconnu dès le départ

```
while (condition)
  instruction
```

```
do
  instruction
            /* effectuee au moins une fois */
while (condition)
```

Donner un argument de terminaison