Programmation impérative en C

Cours 5. Unix, compléments sur les pointeurs

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Olivier Baldellon

Courriel : prénom.nom@univ-cotedazur.fr

Page professionnelle : https://upinfo.univ-cotedazur.fr/~obaldellon/

Licence 2 — Faculté des sciences et ingénierie de Nice — Université Côte d'Azur

Annonces

- QCM 1 : La semaine dernière
- Partiel : le Jeudi 20 mars 2025
- QCM 2 : Le jeudi 10 avril 2025
- Barême :
  - Les deux QCM : 20% de la note
  - Partiel : 30% de la note
  - Examen terminal : 50% de la note

Sommaire

- Un fichier est représenté par un pointeur vers le type `FILE`.
  - on parle de descripteur de fichier.
  - Il ne faut pas oublier de le fermer après utilisation.

```c
FILE* fichier = fopen("fichier.txt","r");
…
fclose(fichier);
```
*.c

- Un fichier peut-être ouvert selon plusieurs modes.
  - Le mode lecture `"r"` (*read*)
    - si le fichier n'existe pas, `fopen` renvoie le pointeur `NULL`
  - Le mode écriture `"w"` (*write*)
    - si le fichier n'existe pas, `fopen` le crée.
    - sinon, il supprime son contenu.
  - Le mode écriture en ajout `"a"` (*add*)
    - si le fichier n'existe pas, `fopen` le crée.
    - sinon, il écrit à la suite du contenu préexistant.

- On peut utiliser deux fonctions de `stdlib` pour écrire dans une fichier :
  - un caractère unique : `fputc(char caractere, FILE* fichier)`
  - une chaîne de caractères : `fputs(char* chaine, FILE* fichier)`

*.c

```c
FILE* fichier = fopen("fichier.txt","w");
fputs("Bonjour ",fichier);
fputs("à toi\n",fichier);
fputc('B',fichier);
fputc('o',fichier);
fputc('b',fichier);
fputc('\n',fichier);
fclose(fichier);
/* Oups, j'ai oublié de signer !*/
fichier = fopen("fichier.txt","a");
fputs("--\nSigné : M. le prof\n",fichier);
fclose(fichier);
```

FICHIER.TXT

```
Bonjour à toi
Bob
--
Signé: M. le prof
```

Lire dans un fichier (`fgetc`)

- Pour lire un fichier, on peut lire le parcourir caractère par caractère :
  - dans `stdlib` : `fgetc(FILE* fichier)` ;
  - On s'arrête lorsque la fonction renvoie `EOF` (*end of file*).

FICHIER.TXT

```
Bonjour à toi
Bob
--
Signé : M. le prof
```

*.c

```c
void histoire_d_o(char* nom_fichier) {
    char c;
    FILE* fichier = fopen(nom_fichier,"r");
    while ( (c=fgetc(fichier)) != EOF) {
        fputc(c, stdout);
        if (c=='o') fputs("oooooo",stdout);
    }
    fclose(fichier);
}
```

SHELL

```
Booooooonjooooooour à toooooooi
Booooooob
--
Signé : M. le proooooooof
```

Lire dans un fichier (`fgets`)

- Pour lire un fichier, on peut le parcourir ligne par ligne :
  - `char* fgets(char* chaine, int taille, FILE* fichier);`
  - La fonction lit le texte et le copie dans un tampon (une chaîne).
    - jusqu'à obtenir un caractère (`'\n'` ou `'\0'`)
    - ou jusqu'à remplir le tampon.
    - elle renvoie `NULL` lorsque le texte est fini.

*.c
```c
int taille_tampon = 100;
char* tampon = malloc(taille_tampon * sizeof(char));
FILE* fichier = fopen("àlire.txt","r");
while ( fgets(tampon, taille_tampon, fichier) != NULL ){
    printf("[%s", tampon);
}
fclose(fichier);
```

  - Ci dessous, l'affichage obtenue avec un tampon de taille 100 puis 5.

SHELL
```
[Voici une première ligne
[voilà la seconde
```

SHELL
```
[Voic[i un[e pr[emi[re [lign[e
[voil[à l[a se[cond[e
```

- Sous certain système d'exploitation non Unix, il faut préciser si l'on modifie un fichier binaire `"rb"` et `"wb"`.
- `size_t fread(void *ptr, size_t size, size_t nitems, FILE *stream)`
- `size_t fwrite(const void *ptr, size_t size, size_t nitems, FILE *stream)`

*.c
```c
FILE *fichier_lecture = fopen("entree.bin", "rb");
char c;
fread(&c, sizeof(char), 1, fichier_lecture);

FILE *fichier_ecriture = fopen("sortie.bin", "wb");
int i[10] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
fwrite(&i, sizeof(int), 5, fichier_ecriture);
```

- `printf` affiche sur la sortie standard

```c
printf("%d,%d\n",12,23);
```
*.c

- `fprintf` affiche le formatage directement dans un fichier

```c
FILE* fichier = fopen("fichier.txt","w");
fprintf(fichier,"%d,%d\n",12,23);
```
*.c

- `fprints` affiche le formatage directement dans une chaîne
  - renvoie un entier : nombre de caractères écrits.
  - « utile » pour détecter (trop tard) un dépassement de tampon...

```c
char chaine[100];
int a;
a = sprintf(chaine, "%d,%d\n",12,23);
if (a>100) {
  fprintf(stderr, "Oups, dépassement tampon\n");
  exit(1);
}
```
*.c

- Pour lire une variable sur l'entrée standard, on utilise la fonction `scanf`
  - mêmes identifiants que pour `printf` (sauf pour les flottants)
  - Les résultats sont stockés dans des pointeurs.
  - Renvoie le nombre de valeurs lues correctement.

	`float`	`double`	`long double`
Décimale	`%f`	`%lf`	`%Lf`
Scientifique	`%e`	`%le`	`%Le`

*.c
```c
int ent; float flot; int n;

printf("Veuillez entrer un entier suivi d'un flottant :");
n = scanf("%d %f", &ent, &flot);

if (n==2) printf("Valeur lues : %d et %f\n", ent, flot);
```

- Fonctionne mal de manière interactive avec des entrées peu fiables.
- Pour l'instant on reste sur `lire_entier`

Vider un tampon

- Voici un programme ; en rouge, les valeurs entrées par l'utilisateur.

stdout
```
Entrez un nombre : 15
J'ai lu 15
Entrez un nombre : 17
J'ai lu 17
```

- Que se passe-t'il si on y écrit autre chose qu'un entier ?
  - Les autres appels à `scanf` feront absolument n'importe quoi…
  - C'est ce genre de petits détails qui rendent le C si attachant. ♥

stdout
```
Entrez un nombre : JAMAIS !
J'ai lu 0
Entrez un nombre : J'ai lu 0
```

- Une solution : faire appel à `vider_buffer` après chaque `scanf`
  - Prenez le temps pour admirez un instant l'écriture dense et absconse qui fait la fierté du vrai développeur C.

*.c
```c
void vider_buffer() {
 int c;
 while((c=getchar()) != '\n' && c != EOF);
}
```

Bilan

- Lire
  - Dans un fichier `fgetc`, `fgets` et `fscanf`
  - Sur l'entrée standard `getchar` et `scanf`
  - Depuis une chaîne de caractère `sscanf`
- Écrire
  - Dans un fichier `fputc`, `fputs` et `fprintf`
  - Sur l'entrée standard `putchar`, `puts` (ajoute `'\n'`) et `printf`
  - Dans une chaîne de caractère `sprintf`
- Le détail des fonctions se trouve dans la documentation.
- Ces fonctions font parties de la bibliothèque `stdlib.h`
- Interdiction formelle d'utiliser `gets`!

Sommaire

- La documentation des fonctions standards du C (`stdlib`, `stdio`) sont accessibles via la commande `man`.
  - Attention : risque de conflit,
  - `man printf` donne la documentation de la fonction du shell
  - On peut rechercher avec `man 3 printf`.
  - Le 3 sert à préciser que l'on cherche une fonction d'une bibliothèque et non pas un exécutable.
- Pour les adorateurs de GNU/Emacs ♥ : `M-x man`
  - `M-x woman` fonctionne aussi
  - utile pour celles·ux qui sont contre le *mansplaining*.

- La bibliothèque `stdlib` définit trois fichiers fort utiles :
  - `FILE * stdin`.
    - pour lire les données par l'utilisateurs au clavier.
  - `FILE * stdout`.
    - pour afficher avec `printf`
  - `FILE * stderr`.
    - pour afficher des erreurs.
- En fait, les deux appels suivants sont équivalents :
  - `printf("%d\n", i)`
  - `fprintf(stdout,"%d\n",i)`

- Du point de vue du C,
  - aucunes différences entre les entrées au clavier et celles venant d'une pipe.
  - Autant utiliser des redirections, c'est plus rapide à tester.

*.c
```c
#include <stdio.h>
int main(void) {
    int i,k;
    int somme = 0;
    for (i=0; i<2; i++) { /* Je lis deux entiers*/
        printf("entier> ");
        scanf("%d",&k);
        somme += k;
    }
    printf("la somme vaut %d\n",somme);
    return 0;
}
```

SHELL
```
olivier@valrose:~ $ ./pipe_de_base
entier> 4
entier> 5
La somme vaut 9
olivier@valrose:~ $ seq 4 5 | ./pipe_de_base
entier> entier> La somme vaut 9
```

- Comment utiliser proprement notre programme dans une pipe ?
  - `int isatty(int i)` de la bibliothèque `unistd.h` (=POSIX)
  - Renvoie vrai si l'argument est en mode interactif (*is a tty* ≈ terminal)
  - `0 : stdin` `1 : stdout` `2 : stderr`

*.c

```c
if (isatty(0)) fprintf(stderr,"entier> ");

scanf("%d",&k); k++; /* Je lis k et je l'incrémente */

if (isatty(1)) printf("On obtient %d\n",k);
else           printf("%d\n",k);
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ ./pipe
entier> 12
On obtient 13
olivier@valrose:~ $ echo 20 | ./pipe
On obtient 21
olivier@valrose:~ $ echo 20 | ./pipe | head
21
olivier@valrose:~ $ X=$(./pipe)
entier> 20
olivier@valrose:~ $ echo $X
21
olivier@valrose:~ $ X=$(echo 11 | ./pipe | ./pipe | ./pipe)
olivier@valrose:~ $ echo $X
14
```

Donner des arguments à `main`

*.c

```c
int main(int argc, char* argv[]) {
  int i;
  for (i=0; i<argc; i++) {
    printf("%d : %s\n",i, argv[i]);
  }
  return 0;

}
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ ./moi -j "aime beaucoup" --la choucroute
0 : ./moi
1 : -j
2 : aime beaucoup
3 : --la
4 : choucroute
```

- Le code de retour de la fonction `main` permet de coder des booléens en shell.

*.c

```c
int main(int argn, char* args[]) {
    int nombre;
    sscanf(args[1],"%d", &nombre);
    if (nombre%2 == 0)  { /*nombre pair*/
        return 0;
    } else {
        return 1;
    }
}
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ if ./pair 3; then echo P; else echo I; fi
I
olivier@valrose:~ $ if ./pair 6; then echo P; else echo I; fi
P
olivier@valrose:~ $ ./pair 3 && echo C'est pair
olivier@valrose:~ $ ./pair 6 && echo C'est pair
C'est pair
olivier@valrose:~ $ ./pair 3 || echo C'est impair
C'est impair
```

Codes de retour (shell) : exemple

- Le code de retour permet aussi d'indiquer les erreurs.
  - 0 : pas d'erreur
  - ici 1 et 2 correspondent à deux erreurs distinctes.

*.c

```c
int main(int argn, char* args[]) {
    int nombre, retour;
    if (argn<2) {
        printf(stderr,"Pas assez d'argument !\n");
        return 1;
    }
    retour = sscanf(args[1],"%d", &nombre);
    if (retour==0) {
      fprintf(stderr,"Ce n'est pas un nombre idiot !\n");
      return 2;
    }
    printf("%d\n",2*nombre);
    return 0;
}
```

SHELL

```
olivier@valrose:~ $ ./double && echo ":)"
Pas assez d'argument !
olivier@valrose:~ $ ./double jeu && echo ":)"
Ce n'est pas un nombre idiot !
olivier@valrose:~ $ ./double 3 && echo ":)"
6
:)
```

- Si une fonction rencontre un problème comment lever une exception ?
  - Et ben on peut pas !
  - On utilise pour cela le code de retour de la fonction.
- Quelques exemples (à connaître) :
  - `scanf` renvoie le nombre de valeurs lues (donc 0 en cas d'erreur).
  - `malloc` renvoie `NULL` s'il n'a pas réussie à allouer de la mémoire.
  - `getc` renvoie `EOF` en cas d'erreur ;
  - `fopen` renvoie `NULL` en cas d'erreur
- Il faut absolument lire la valeur d'erreur à chaque fois
- En C on ne prévient pas en cas d'erreur, c'est au codeur de se renseigner en regardant la valeur de retour de ses fonctions.

Exemple : la commande cat

*.c

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

void print_file(FILE *fichier){
  char c;
  while ( (c=getc(fichier)) != EOF) fputc(c,stdout);
}

int main(int argc, char* argv[]) {
  int i;
  FILE * fichiers;
  char * nom_fichier;
  if (argc==1) { /* argv[0] : nom du programme */
      print_file(stdin); /* stdin : entrée standard */
  } else {
    for (i=1; i<argc; i++) {
      nom_fichier = argv[i];
      if ((fichier=fopen(nom_fichier,"r")) == NULL) {
        fprintf(stderr,"Erreur lecture %s\n",nom_fichier);
        exit(1);
      }
      print_file(fichier);
      fclose(fichier);
    }
  }
  return 0;
}
```

Sommaire

- Il existe un pointeur particulier en C : `NULL`
  - c'est le pointeur qui ne pointe jamais vers rien
  - utilisé comme code d'erreur pour les fonctions renvoyant un pointeur.
- En C, on peut définir des pointeurs de fonction.
  - `float (*vpf) (double, char*);`
    - déclaration de `vpf` comme étant une variable de type pointeur sur fonction prenant en paramètres un `double` et un `char*` et renvoyant un `float`
  - `char *f (int)`
    - déclaration de `f` comme étant une constante de type pointeur sur fonction prenant en paramètre un `int` et renvoyant un `char*`.
  - `typedef int (*tpf) (int);`
    - déclaration de `tpf` comme étant un type pointeur sur fonction prenant un `int` en paramètre et renvoyant un `int`.

Exemple

*.c

```c
void map(int t[], int n, int (*f) (int)) {
    int i;
    for (i=0; i<n; i++) {
        t[i] = f(t[i]);
    }
}

int doubler(int i) {
    return 2*i;
}

int incrementer(int i) {
    return i+1;
}

int main() {
    int tableau[] = {1, 2, 3};
    map(tableau,3,doubler);
    printf("%d %d %d\n", tableau[0], tableau[1], tableau[2]);
    /* affiche 2 4 6 */
    map(tableau,3,incrementer);
    printf("%d %d %d\n", tableau[0], tableau[1], tableau[2]);
    /* affiche 3 5 7 */

    return 0;
}
```

Créer un type liste chaîne

- Une liste chaînée est une structure à deux éléments
  - correspondant à :
    - Une tête (`head` ou `car`)
    - Une queue (`tail` ou `cdr`)
  - La tête contient une valeur
  - La queue contient un pointeur vers une autre liste
    - Ce pointeur peut être nul pour indiquer la fin de la liste
- Plus dynamiques que les tableaux
  - En théorie, meilleur complexité que les tableaux dynamiques
  - Beaucoup utilisés dans les langages fonctionnels comme OCaml
  - Vue en TP

Créer un type arbres

*.c

```c
typedef struct arbre_struct {
  struct arbre_struct* gauche;
  struct arbre_struct* droite;
  int racine;
} arbre;


int est_entier(arbre* a) {
  return (a->gauche==NULL && a->droite==NULL);
}
```

*.c

```c
arbre* entier(int i) {
  arbre* a = malloc(sizeof(arbre));
  a->gauche = NULL;
  a->droite = NULL;
  a->racine = i;
  return a;
}

arbre* expression(int i, arbre* exp1, arbre* exp2) {
  arbre* a = malloc(sizeof(arbre));
  a->gauche = exp1;
  a->droite = exp2;
  a->racine = i;
  return a;
}
```

*.c

```c
int calcul(int operation, int x, int y) {
  switch (operation) {
  case '+': return x+y;
  case '-': return x-y;
  case '*': return x*y;
  case '/': return x/y;
  default:
    fprintf(stderr,"Calcul non autorisé\n");
    exit(1);
  }
}

int valeur(arbre* expr) {
  int gauche;
  int droite;
  if (est_entier(expr)) {
    return expr->racine;
  } else {
    gauche = valeur(expr->gauche);
    droite = valeur(expr->droite);
    return calcul(expr->racine, gauche, droite);
  }
}
```

*.c

```c
void bucheron(arbre* expr) {
  if (est_entier(expr)) {
    free(expr);
  } else {
    bucheron(expr->gauche);
    bucheron(expr->droite);
    free(expr);
  }
}
```

*.c

```c
int main(void) {
  arbre* e1 = entier(3);
  arbre* e2 = entier(5);
  arbre* a1 = expression('+', e1, e2);
  arbre* a2 = expression('*', a1, entier(10));
  printf("e1=%d\n", valeur(e1)); /* affiche 3 */
  printf("e2=%d\n", valeur(e2)); /* affiche 5 */
  printf("a1=%d\n", valeur(a1)); /* affiche 8 */
  /* bucheron(a1); cause une erreur ligne suivante*/
  printf("a2=%d\n", valeur(a2)); /* affiche 80 */
  bucheron(a2);
  return 0;
}
```

Sommaire

- Avant

Makefile
```
all: exercice1 exercice2 exercice3

exercice1: exercice1.c
    gcc -Wall -pedantic -ansi exercice1.c -o exercice1

exercice2: exercice2.c
    gcc -Wall -pedantic -ansi exercice2.c -o exercice2

exercice3: exercice3.c
    gcc -Wall -pedantic -ansi exercice3.c -o exercice3
```

- Maintenant, inutile de répéter la règle pour chaque exercice
  - `$<` correspond à la source
  - `$@` correspond à la destination

Makefile
```
CC = gcc
OPTIONS = -Wall -ansi -pedantic
all: exercice1 exercice2 exercice3

%: %.c
    $(CC) $(OPTIONS) $< -o $@
```

- Le code suivant compile sans *warning* et s'exécute sans erreurs.
  - on accède à `tab[2]` sans l'initialiser.
  - on accède à `tab[3]` hors tableau.
  - On ne libère pas la mémoire.

*.c
```c
int main(void) {
    int i;
    int * tab = malloc(sizeof(int)*3);
    tab[0] = 10;
    tab[1] = 11;
    for (i=0; i<4; i++) {
        printf("%d ", tab[i]);
    }
    printf("\n");
    return 0; /*Affiche 10 11 0 0 */
}
```

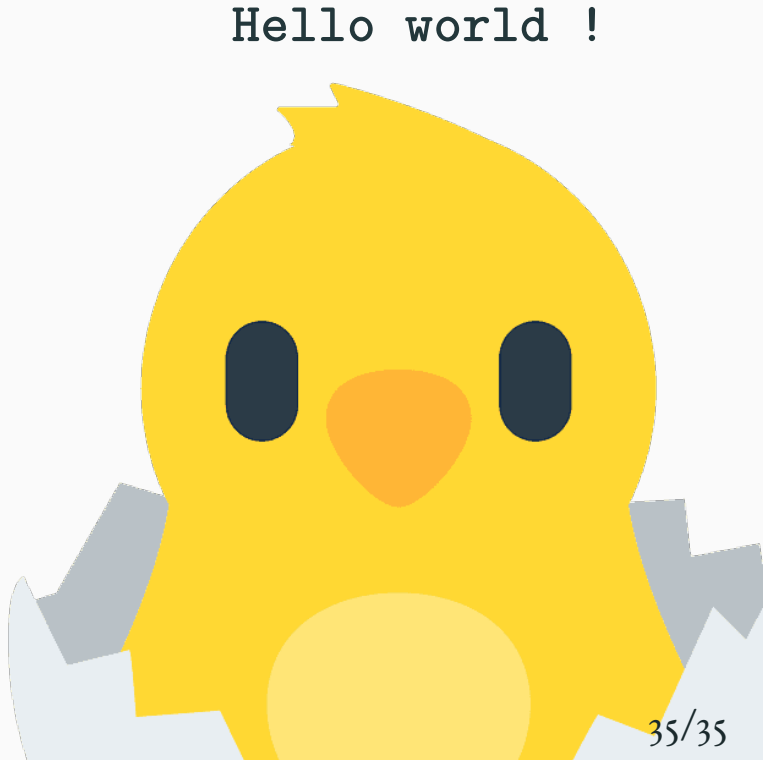
- L'utilitaire `valgrind` fait une analyse de l'exécution de votre code.
  - très lent
  - permet de trouver de nombreux bug !
  - `valgrind ./fuite`

Valgrind : exemple

*.c

```
==1112917== Memcheck, a memory error detector
[...]
==1112917== Command: ./fuite
[...]
==1112917== Use of uninitialised value of size 8
==1112917==    at 0x48BB9BB: _itoa_word (_itoa.c:177)
==1112917==    by 0x48C6D68: __vfprintf_internal (vfprintf-process-arg.c:164)
==1112917==    by 0x48BC56A: printf (printf.c:33)
==1112917==    by 0x1095E3: main (in /home/olivier/C/fuite)
[...]
==1112917== Invalid read of size 4
==1112917==    at 0x1095CC: main (in /home/olivier/C/fuite)
==1112917==  Address 0x4a4e04c is 0 bytes after a block of size 12 alloc'd
==1112917==    at 0x48407B4: malloc (vg_replace_malloc.c:381)
==1112917==    by 0x109592: main (in /home/olivier/C/fuite)
10 11 0 0
==1112917== HEAP SUMMARY:
==1112917==     in use at exit: 12 bytes in 1 blocks
==1112917==   total heap usage: 2 allocs, 1 frees, 1,036 bytes allocated
==1112917==
==1112917== LEAK SUMMARY:
==1112917==    definitely lost: 12 bytes in 1 blocks
==1112917==    indirectly lost: 0 bytes in 0 blocks
==1112917==      possibly lost: 0 bytes in 0 blocks
==1112917==    still reachable: 0 bytes in 0 blocks
==1112917==         suppressed: 0 bytes in 0 blocks
[...]
==1112917== ERROR SUMMARY: 5 errors from 5 contexts (suppressed: 0 from 0)
```

Merci pour votre attention
Questions



Cours 5 — Unix, compléments sur les pointeurs