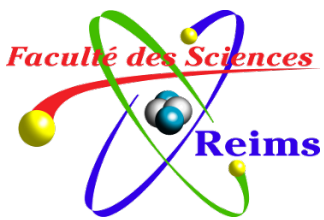
Rappels et compléments de C

Cyril Rabat
cyril.rabat@univ-reims.fr

Licence 3 Informatique - Info0601 - Systèmes d'exploitation - concepts avancés

2019-2020



Cours n°4

Rappels de C

Compléments

Version 20 décembre 2019

Table des matières

Descripteurs de fichier

- Associés à différents types de ressources :
  ↪ Fichiers
  ↪ Tubes
  ↪ Sockets...
- Attention cependant aux propriétés associées au descripteur :
  ↪ Dépend de l'ouverture (options spécifiées)
  ↪ Des paramètres par défaut (selon les ressources associées)
- À noter qu'il est possible de modifier les propriétés avec `fcntl`

Écriture et lecture

- Utilisation des appels système `write` et `read`
- Données copiées bit-à-bit :
  ↪ Pas d'interprétation !
  ↪ Pointeurs génériques (`void*`)
- Paramètres correspondant aux données à lire/écrire :
  ↪ Adresse mémoire (pointeur) + taille des données
- Attention cependant à la représentation des données :
  ↪ Pas de problème entre processus locaux
  ↪ Problèmes lors de lecture/écriture sur différents hôtes
  ↪ Problèmes d'architecture, de systèmes, etc.

Utilisation des pointeurs génériques

- Peuvent représenter tout type de donnée (ou structure)
- Pour accéder aux données, transtypage (*cast*)
- Attention à l'ordre :
  - Soit : `void *ptr`
  - `(int)(*ptr)` → Interdit !
    ↪ `deferencing 'void *' pointer`
  - `*(int*)*ptr` → Autorisé

Taille des données : sizeof

- sizeof permet de retourner la taille des données en octets
- Important : ne pas spécifier la taille directement dans le code !
  ↪ Portable (suivant l'architecture, le système...)
  ↪ Évite les erreurs !

Exemples

- Avec int i :
  ↪ sizeof(i) = int = 4o
- Avec int t[10] :
  ↪ sizeof(t) = int[10] = 10×4o

Cas des pointeurs

- Tailles différentes en 32 bits (4o) et 64 bits (8o)
- Éviter les confusions entre pointeur et données pointées

Exemples

- Avec `int *i` :
  ↪ `sizeof(i)` = `int*` = 8o (sur 64 bits)
  ↪ Taille indépendante de l'initialisation de `i`
- Attention à la taille de ce qui est pointé :
  ↪ `sizeof(*i)` = 4o

Résumé sur les écritures/lectures

- Types primitifs : `write(fd, adresse, sizeof(type))`
  - `fd` : le descripteur de fichier
  - `adresse` : pointeur vers les données
  - `type` : le type des données pointées
- Tableau de type primitif : `write(fd, tab, sizeof(type)*taille)`
  - `fd` : le descripteur de fichier
  - `tab` : pointeur vers les données (les cases)
  - `type` : le type des données de chaque case
  - `taille` : le nombre de cases du tableau

Important

Pour la taille des données, utilisez `sizeof`

Les chaînes de caractères en C

- Source de nombreux *segmentation fault* :
  ↪ Accès mémoires interdits
- Erreurs courantes :
  - Espace mémoire non alloué (avec `char*`)
  - Dépassement de la capacité allouée
  - Mauvaise maîtrise des fonctions de la bibliothèque (`string.h`)
  - Problème du caractère de fin '\0'
  - Confusions `char*` et `char[]`

Utilisation de scanf pour les chaînes de caractères

- scanf avec %s :
  ↪ Spécification obligatoire de la longueur maximale
- Exemple : scanf("%10s", s)
  ↪ Attention : la chaîne doit être allouée et de taille 11 (pour le '\0')
- Pour la gestion des espaces :
  - scanf("%10[A-Z]", s) :
    ↪ 10 lettres majuscules maximum + espace
  - scanf("%10[^\n]", s) :
    ↪ Tout sauf le retour à la ligne

Comment lire plusieurs chaînes ?

- Avec `%s`, lecture jusqu'au délimiteur
- Ce dernier reste dans le tampon !
- Rappel : ne pas utiliser `fflush` !
  ↪ Possible uniquement sur les flux en sortie
- Possibilité : lire tous les caractères restants un par un

Vider le tampon d'entrée

```
char c;

while(((c = getchar()) != '\n') || (c == EOF));
```

Exemple de code complet

```c
#include <stdio.h>    /* Pour exit, EXIT_FAILURE, EXIT_SUCCESS */
#include <stdlib.h>   /* Pour printf, scanf, getchar, perror */

int main() {
  char s1[10];
  char s2[10];
  char c;

  printf("Saisir votre nom : ");
  if(scanf("%9s", s1) == EOF) {
    perror("Erreur du scanf "); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  while(((c = getchar()) != '\n') || (c == EOF));

  printf("Saisir votre prenom : ");
  if(scanf("%9s", s2) == EOF) {
    perror("Erreur du scanf "); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  while(((c = getchar()) != '\n') || (c == EOF));

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Utilisation de gets et fgets

- gets et fgets permettent de lire des chaînes de caractères :
  ↪ Utilisation du délimiteur retour à la ligne ou EOF
  ↪ Simplifie la lecture
- Mais ne pas utiliser gets : fonction dépréciée !
  ↪ Impossible de fixer une taille maximale !
- Sur l'utilisation de fgets :
  - La taille du buffer est spécifiée
  - Contrairement à scanf : le '\0' est compris dans la taille
  - Le délimiteur est lu et stocké dans la chaîne

Premier exemple

```
int main() {
  char buffer1[16] = "Bonjour";
  char buffer2[16] = "Au␣revoir";

  printf("Chaines␣:␣%s␣et␣%s\n", buffer1, buffer2);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

- Code correct :
  ↪ '\0' ajouté à la compilation

Deuxième exemple

```
int main() {
  char buffer1[16] = "abcdefghijklmnop";
  char buffer2[16] = "abcdefghijklmnop";

  printf("Chaines␣:␣%s␣et␣%s\n", buffer1, buffer2);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

- Affichage :

  ↪ `Chaines : abcdefghijklmnopabcdefghijklmnop et ab`

- '\0' non ajouté par manque de place !

Pour conclure

- Possibilité d'initialiser les chaînes de manière statique
- Le '\0' est ajouté automatiquement
- Attention à la taille déclarée : elle doit tenir compte du '\0'

Stockage de chaînes dans un fichier

- Exemple : `char str[10] = "toto\0";`

1. Doit-on stocker tous les caractères alloués ?
   ↪ Utilisation de `sizeof(char) × 10`
   ↪ Stocké : `toto ?????` (10 × `sizeof(char)` octets)
2. Uniquement les caractères utiles (avant le '\0') ?
   ↪ Utilisation de `strlen(str)`
   ↪ Stocké : `toto` (4 × `sizeof(char)` octets)
3. Les caractères + le \0 ?
   ↪ Utilisation de `strlen(str) + 1`
   ↪ Stocké : `toto` (5 × `sizeof(char)` octets)

Exemples de codes (sans gestion d'erreur)

```c
/* Écriture */
char str[10] = "Cool";
int fd;

fd = open("toto.bin", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, S_IRUSR|S_IWUSR);

write(fd, str, sizeof(char) * 10);

close(fd);
```

```c
/* Lecture */
char str[10];
int fd;

fd = open("toto.bin", O_RDONLY, S_IRUSR|S_IWUSR);

read(fd, str, sizeof(char) * 10);
printf("Lu: '%s'\n", str);

close(fd);
```

Et une chaîne de taille variable ?

Comment lire une chaîne de taille variable ?

1. Si la taille est connue :
   ↪ Pas de problème !
2. Si la taille est inconnue :
   ↪ Lecture caractère par caractère jusqu'à '\0'...
   ↪ ...À condition que '\0' soit présent !

Lecture caractère par caractère (sans gestion d'erreur)

```
/* Écriture */
char str[10] = "Cool";
int fd;

fd = open("toto.bin", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, S_IRUSR|S_IWUSR);
write(fd, str, sizeof(char) * (strlen(str) + 1));

close(fd);

/* Lecture */
char str[10];
int fd, i;

fd = open("toto.bin", O_RDONLY, S_IRUSR|S_IWUSR);

i = 0;
while((read(fd, &str[i], sizeof(char)) == sizeof(char)) && (str[i] !=
    '\0'))
  i++;
printf("Lu: '%s'\n", str);

close(fd);
```

Autre solution : ajout de la taille (sans gestion d'erreur)

```
/* Écriture */
char str[10] = "Cool";
int fd, taille;

fd = open("toto.bin", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, S_IRUSR|S_IWUSR);
taille = strlen(str) + 1;
write(fd, &taille, sizeof(int));
write(fd, str, sizeof(char) * taille);
close(fd);
```

```
/* Lecture */
char *str;
int fd, taille;

fd = open("toto.bin", O_RDONLY, S_IRUSR|S_IWUSR);
read(fd, &taille, sizeof(int));
str = (char*)malloc(sizeof(char) * taille);
read(fd, str, sizeof(char) * taille);
printf("Lu: '%s'\n", str);
free(str);
close(fd);
```

Résumé sur les chaînes de caractères

- Attention à l'allocation :
  ↪ `char[]` *vs* `char*`
- Ne pas oublier le caractère '\0'
  ↪ Pris en compte ou non suivant des fonctions utilisées
- Interdiction d'utiliser `scanf` sans limitation et `gets`
- Stockage :
  ↪ Soit stocker le '\0' pour lecture bit-à-bit
  ↪ Soit stocker la taille + les caractères

Remarque

La lecture bit-à-bit est beaucoup plus longue !

Petit piège sur les chaînes de caractères

- Initialisation directe autorisée :
  ↪ `char *toto = "Bonjour";`
  ↪ `char toto[10] = "Bonjour";`
- Allocation automatique dans ce cas (pour `char*`)
  ↪ Attention à `free` car pas toujours autorisé !
- Affectation :
  ↪ Allocation obligatoire (avec `char*`)
  ↪ Utilisation de `strcpy` ou de `sprintf`

Exemple (1/2)

```
typedef struct {
  char nom[256];
  char prenom[256];
  int age;
} personne_t;

void methode(personne_t p) {
  printf("methode␣1␣:␣%s␣%s␣(%d␣an(s))\n", p.nom, p.prenom, p.age);
  p.nom[2] = '\0';p.age = 30;
  printf("methode␣2␣:␣%s␣%s␣(%d␣an(s))\n", p.nom, p.prenom, p.age);
}

int main() {
  personne_t p1;
  strcpy(p1.nom, "Toto");strcpy(p1.prenom, "Tata");p1.age = 40;
  methode(p1);
  printf("main␣:␣%s␣%s␣(%d␣an(s))\n", p1.nom, p1.prenom, p1.age);
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Exemple (2/2)

Affichage obtenu

```
methode 1 : Toto tata (40 an(s))
methode 2 : To tata (30 an(s))
main : Toto tata (40 an(s))
```

Remarques

- Paramètre : passage par copie
- Données entièrement recopiées :
  ↪ Même chose avec une simple affectation

Avec des pointeurs (1/2)

```
typedef struct {
  char *nom;
  char *prenom;
  int age;
} personne_t;

void methode(personne_t p) {
  printf("methode␣1:␣%s␣%s␣(%d␣an(s))\n", p.nom,p.prenom,p.age);
  p.nom[2] = '\0';p.age = 30;
  printf("methode␣2:␣%s␣%s␣(%d␣an(s))\n", p.nom,p.prenom,p.age);
}

int main() {
  personne_t p1;
  p1.nom = (char*)malloc(sizeof(char) * 5);
  p1.prenom = (char*)malloc(sizeof(char) * 5);
  strcpy(p1.nom, "Toto");strcpy(p1.prenom, "Tata");p1.age = 40;
  methode(p1);
  printf("main:␣%s␣%s␣(%d␣an(s))\n", p1.nom, p1.prenom, p1.age);
  free(p1.nom);free(p1.prenom);
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Avec des pointeurs (2/2)

Affichage obtenu

```
methode 1: Toto tata (40 an(s))
methode 2: To tata (30 an(s))
main: To tata (40 an(s))
```

Remarques

- Données entièrement recopiées :
  - Pour l'entier : OK
  - Pour les pointeurs : adresses recopiées
  - Données pointées non recopiées

Taille des structures

```
typedef struct {
  char nom[256];
  char prenom[256];
  int age;
} personne_t;

personne_t p;
personne_t *ptr;
```

Description

- `sizeof(p)` = `sizeof(personne_t)` = 516o
- `sizeof(ptr)` = 8o (`ptr` initialisé ou non)
- `sizeof(*ptr)` = 516o (`ptr` initialisé ou non)

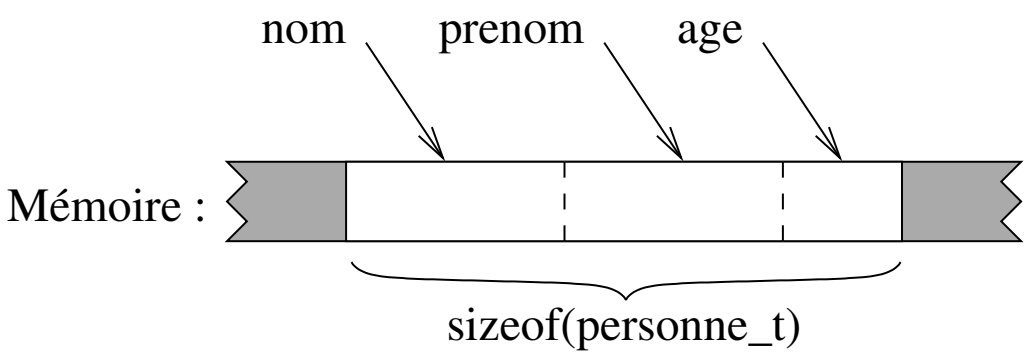
Écriture/lecture

```
typedef struct {
  char nom[256];
  char prenom[256];
  int age;
} personne_t;

int main() {
  personne_t p = {"Smith", "John", 30}, p2;
  int fd;

  fd = open("toto.bin", O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC,
            S_IRUSR | S_IWUSR);
  write(fd, &p, sizeof(personne_t));
  close(fd);
  fd = open("toto.bin", O_RDONLY, S_IRUSR | S_IWUSR);
  read(fd, &p2, sizeof(personne_t));
  printf("%s␣%s␣(%d␣ans)\n", p2.prenom, p2.nom, p2.age);
  close(fd);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Gestion mémoire

- Données des structures : stockées de manière contigüe
- Avantages :
  - Manipulation aisée de jeux de données
  - Lecture/écriture bit-à-bit possible
- Attention à la taille de la structure !

```
typedef struct {
  char nom[256];
  char prenom[256];
  int age;
} personne_t;
```



Alignement mémoire (1/2)

- Accès mémoire par le CPU :
  - Adresses mémoire multiples de mot (`word`)
  - Un mot = 4 octets en 32 bits et 8 octets en 64 bits
- Pour améliorer les performances :
  - Accès immédiat aux données (et non en plusieurs accès)
  - Alignement des données
  - Ajout d'octets de bourrage
- Lors de la compilation :
  - Analyse de la structure + recherche du plus grand champ
  - Alignement de toute la structure en fonction du plus grand champ
  - Alignement propre de chaque champ
  - Ajout d'octets de bourrage entre les champs si nécessaire

Alignement mémoire (2/2)

Tailles et alignement des représentations - Linux et `gcc`

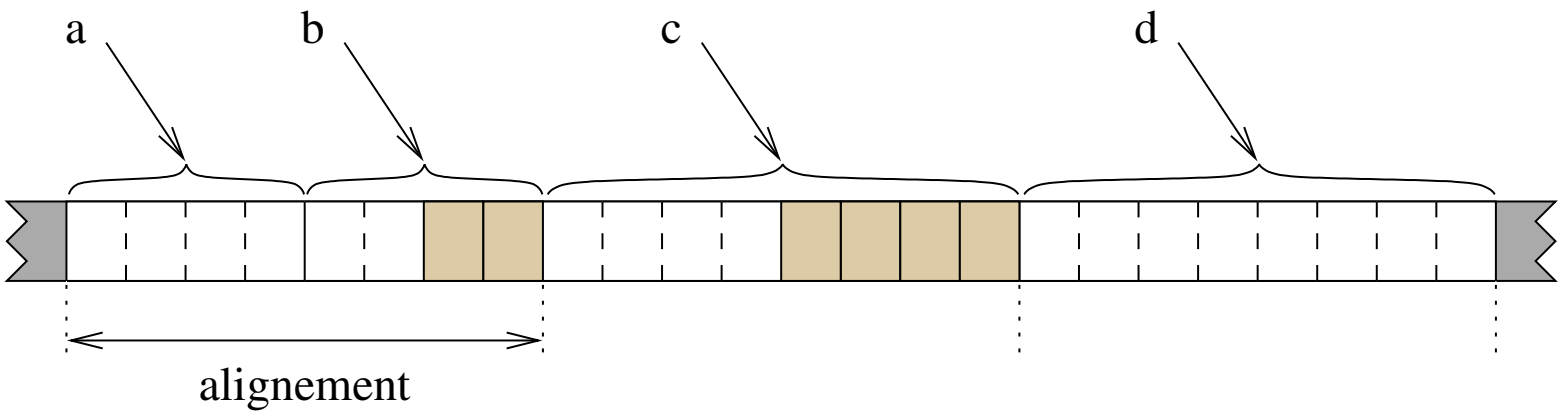
Type	Taille	Aligne.	Type	Taille	Aligne.
`char`	1o	1o	`short`	2o	2o
`int`	4o	4o	`long`	4o / 8o	4o / 8o
`float`	4o	4o	`double`	8o	4o / 8o
`long long`	8o	8o	`long double`	12o / 16o	4o / 16o
`pointer`	4o / 8o	4o / 8o			

Légende : Xo = 32 et 64 bits, Xo 32 bits, Xo 64 bits

- L'alignement global dépend du plus grand champ :
  ↪ Exemple : si `short` alignement sur 2o, si `int` alignement sur 4o
- Il dépend aussi du système et du compilateur :
  ↪ `gcc`, *Visual C++*, `C++ builder`

Exemples (1/2)

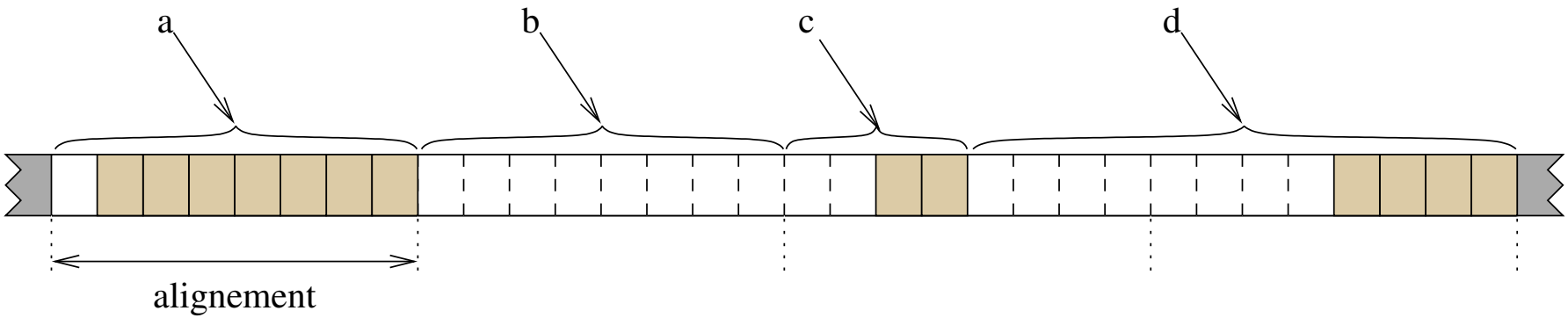
```
typedef struct {
  unsigned int a;
  short b;
  float c;
  double d;
} structure1_t;
```



Représentation mémoire

Exemples (2/2)

```
typedef struct {
  char a;
  double b;
  char c[2];
  int d[2];
} structure2_t;
```



Représentation mémoire

Corriger les alignements (1/2)

- Automatique avec les compilateurs
- Pour `gcc`, possibilité d'ajouter l'option `-Wpadded` :
  ↪ Affiche des avertissements en cas de mauvais alignements
- Comment aligner manuellement les champs ?
  - Réorganisation des champs
  - Ajout de champs de bourrage : `char _pad1[X]`

```
typedef struct {
  unsigned int a;
  short b;
  float c;
  double d;
} structure1_t;
```

Non alignée

```
typedef struct {
  unsigned int a;
  short b;
  char _pad1[2];
  float c;
  char _pad2[4];
  double d;
} structure1b_t;
```

Alignée

Corriger les alignements (2/2)

- Automatique avec les compilateurs
- Pour `gcc`, possibilité d'ajouter l'option `-Wpadded` :
  ↪ Affiche des avertissements en cas de mauvais alignements
- Comment aligner manuellement les champs ?
  - Réorganisation des champs
  - Ajout de champs de bourrage : `char _pad1[X]`

```
typedef struct {
  char a;
  double b;
  char c[2];
  int d[2];
} structure2_t;
```

Non alignée (32o)

```
typedef struct {
  char a;
  char c[2];
  char _pad1[5];
  double b;
  int d[2];
} structure2b_t;
```

Alignée (24o)

Résumé sur la taille et l'alignement des structures

- Alignement des champs en fonction :
  ↪ Du type des champs, du "plus grand type" de champ, du compilateur
- Alignement "manuel" non nécessaire MAIS :
  - Code possiblement non portable si accès bit-à-bit
  - Accès possible sur un champ donné dans un fichier
- Rappel de l'algorithme général pour l'alignement :
  1. Recherche du plus grand champ : alignement global de la structure
  2. Alignement de chaque champ en fonction du type
  3. Ajout d'octets de bourrage entre les champs si nécessaire
  4. Ajout d'octets de bourrage à la fin la structure

N'utilisez pas l'option `-Wpadded` dans vos projets.

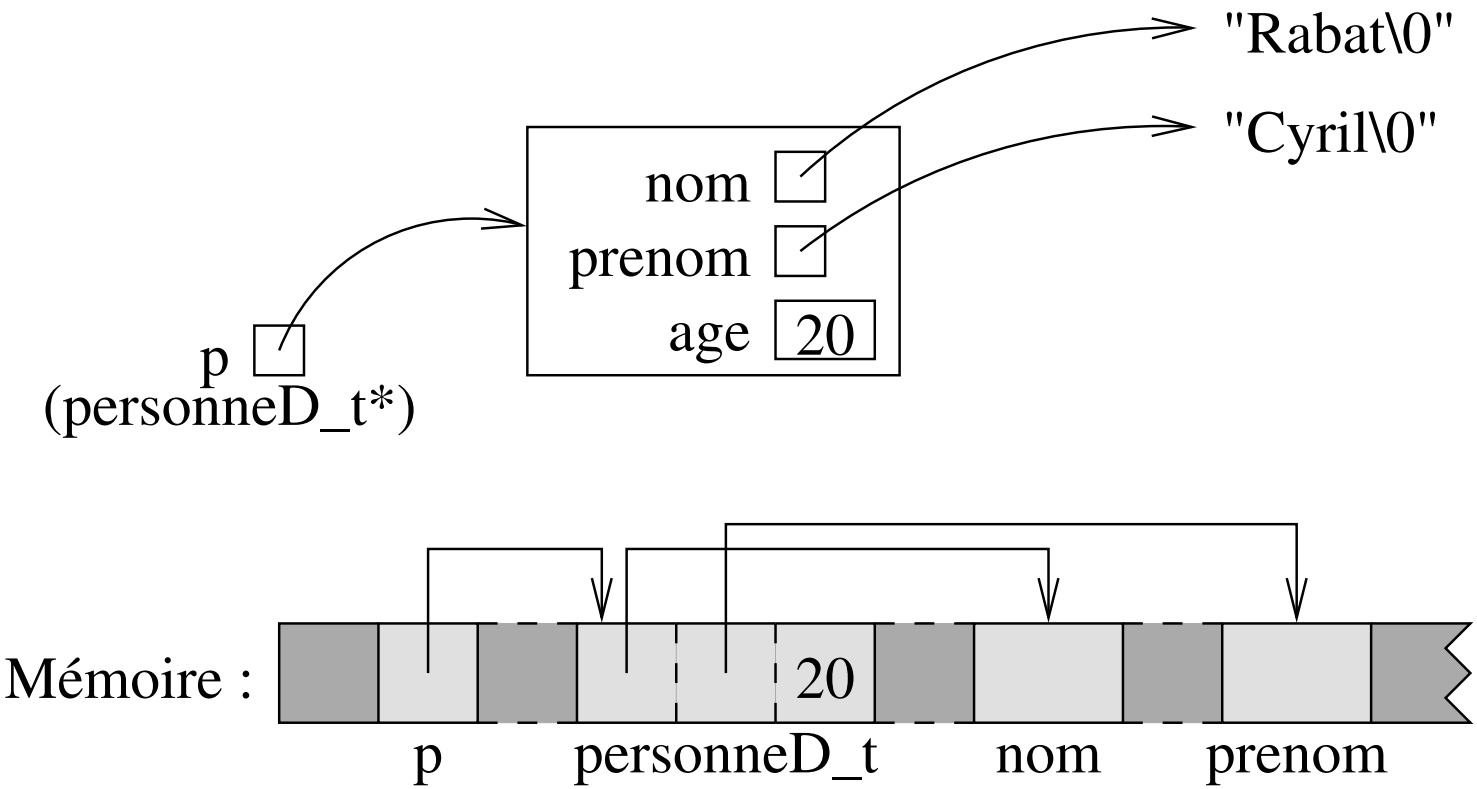
Allocation dynamique d'une structure (1/2)

```c
/* Première structure */
typedef struct {
  char nom[256];
  char prenom[256];
  int age;
} personneS_t;

/* Allocation dynamique (sans gestion d'erreur) */
personneS_t *p;
if((p = (personneS_t*)malloc(sizeof(personneS_t))) == NULL) {
  perror("Erreur lors de l'allocation ");
  exit(EXIT_FAILURE);
}

/* Libération mémoire */
free(p);
```

Allocation dynamique d'une structure (2/2)

```c
/* Deuxième structure */
typedef struct {
  char *nom;
  char *prenom;
  int age;
} personneD_t;

/* Allocation dynamique (sans gestion d'erreur) */
personneD_t *p;
p = (personneD_t*)malloc(sizeof(personneD_t));
p->nom = (char*)malloc(sizeof(char) * 256);
p->prenom = (char*)malloc(sizeof(char) * 256);

/* Libération mémoire */
free(p->nom);
free(p->prenom);
free(p);
```

Représentation mémoire



Écriture dans un fichier

```
/* Attention : pas de gestion d'erreur ici ! */

fd = open("toto.bin", O_CREAT | O_TRUNC | O_WRONLY,
          S_IRUSR | S_IWUSR);

taille = strlen(p->nom) + 1;
write(fd, &taille, sizeof(int));
write(fd, p->nom, taille * sizeof(char));

taille = strlen(p->prenom) + 1;
write(fd, &taille, sizeof(int));
write(fd, p->prenom, taille * sizeof(char));

write(fd, &(p->age), sizeof(int));
close(fd);
```

Question rapidité (1/2)

Code 1

```
void methode(personne_t p) { }

int main() {
  int i;
  personne_t p1;

  strcpy(p1.nom, "Toto");
  strcpy(p1.prenom, "Tata");
  p1.age = 40;

  for(i = 0; i < 10000000; i++)
    methode(p1);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Code 2

```
void methode(personne_t *p) { }

int main() {
  int i;
  personne_t p1;

  strcpy(p1.nom, "Toto");
  strcpy(p1.prenom, "Tata");
  p1.age = 40;

  for(i = 0; i < 10000000; i++)
    methode(&p1);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Question rapidité (2/2)

- Le code 2 produit le programme le plus rapide
- Passage par valeur : copie de tous les champs
- Passage par adresse : uniquement l'adresse
- Sans l'option `-O3`, facteur 30 (suivant configuration)

Autre question sur la rapidité (1/2)

```c
/* Boucle 1 */
for(i = 0; i < 10000000; i++) {
  personne_t p1;
  strcpy(p1.nom, "Toto");
  strcpy(p1.prenom, "Tata");
  p1.age = 40;
}
/* Boucle 2 */
for(i = 0; i < 10000000; i++) {
  personne_t *p1 = (personne_t*)malloc(sizeof(personne_t));
  strcpy(p1->nom, "Toto");
  strcpy(p1->prenom, "Tata");
  p1->age = 40;
  free(p1);
}
/* Boucle 3 */
for(i = 0; i < 10000000; i++) {
  personne_t *p1 = (personne_t*)malloc(sizeof(personne_t));
  strcpy(p1->nom, "Toto");
  strcpy(p1->prenom, "Tata");
  p1->age = 40;
}
```

Autre question sur la rapidité (2/2)

- Boucle 1 plus rapide :

```
for(i = 0; i < 10000000; i++) {
  personne_t p1;
  strcpy(p1.nom, "Toto");
  strcpy(p1.prenom, "Tata");
  p1.age = 40;
}
```

- Facteur 10 entre les deux premières boucles
  ↪ Allocation dynamique coûteuse !
- Pour la troisième (sans libération de la mémoire) :
  ↪ Dépend de la configuration (mémoire)
  ↪ Peut être plus rapide jusqu'à un certain nombre de tours
  ↪ Mais de toutes façons : c'est à proscrire !

Résumé sur l'allocation dynamique des structures

- Si la structure ne possède pas de champ "dynamique" :
  ↪ Allocation directe (utilisation de `sizeof`)
- Sinon :
  ↪ Allocation de la structure
  ↪ Allocation de chaque champ dynamique
- Écriture/lecture :
  ↪ En une fois si tous les champs sont statiques
  ↪ Champ par champ sinon
- Libération mémoire :
  ↪ Si tous les champs sont statiques : un seul appel à `free`
  ↪ Sinon :
  - `free` pour chaque champ dynamique
  - Puis libération mémoire correspondant à la structure

La surcharge

- La surcharge (*Java* ou C++) :
  ↪ Plusieurs fonctions/procédures avec le même nom
  ↪ Paramètres différents
  ↪ Pas de différenciation possible uniquement sur le type de retour
- En C, la surcharge est interdite !
- Pourtant, dans le `man`, synopsis de `open` :
  - `int open(const char *pathname, int flags)`
  - `int open(const char *pathname, int flags, mode_t mode)`

Fonctions *variadic* en C

- Exemple : fonction `open` définie dans `unistd.h`
  - `extern int open(__const char *__file, int __oflags, ...)`
- Le `...` permet de définir un nombre de paramètres variables :
  ↪ Les paramètres sont ensuite manipulés avec des macros
- Usage non recommandé : contrôle limité par le compilateur

Écriture d'une fonction *variadic*

- Signature :
  - Obligatoirement un paramètre "fixe" avant le `...`
  - Éventuellement un ou plusieurs
- Accès aux paramètres :
  - Utilisation d'une variable de type `va_list`
  - Manipulation par différentes macros (`stdarg.h`) :
    - `va_start(lstPar, p)` :
      ↪ Initialise la variable sur le dernier paramètre fixe
      ↪ Ici, le paramètre p
    - `va_arg(lstPar, type)` :
      ↪ Récupère le prochain paramètre et avance le "pointeur"
      ↪ Le type du paramètre doit être spécifié (ici noté `type`)
    - `va_end(lstPar)` :
      ↪ Finalise l'analyse

Exemple d'utilisation

```
void procedure(int a, ...) {
  va_list lstPar;
  char caractere;
  double reel;
  char *chaine;

  va_start(lstPar, a);
  entier = va_arg(lstPar, int);
  caractere = va_arg(lstPar, char);
  reel = va_arg(lstPar, double);
  chaine = va_arg(lstPar, char*);
  va_end(lstPar);
}

int main() {
  procedure(1, 'a', 12.4, "toto");
  ...
}
```

Recommandations

- Comportements indéterminés si aucun paramètre :
  ↪ Pas d'affectation de la variable
  ↪ Erreur de segmentation...
- Solutions :
  - Spécifier le nombre de paramètres à l'appel :
    ↪ Exemple : `printf` (dans le format)
  - Si les paramètres sont de même type, utilisation d'une valeur spéciale :
    ↪ Exemple : `execl` (dernier argument égal à `NULL`)