Septembre 2022 – Version étudiante

C_2

loic.yon@isima.fr
https://perso.isima.fr/loic

ISIMA

Être un ingénieur ?

- Présence en cours
- Présence **active** en TP
  - Présence contrôlée
  - Préparer les TPs
- Pas de document aux examens
  - Entretiens
  - Culture générale
- Savoir se documenter
- Rendre des TPs à l'image du travail
  - Guide de style & Génie Logiciel & Commentaires
  - Tests
  - Honnêteté (faute professionnelle)

Plan

Pré-requis :

- Initiation algo
- Initiation C/UNIX

OUTILLAGE & MÉTHODES

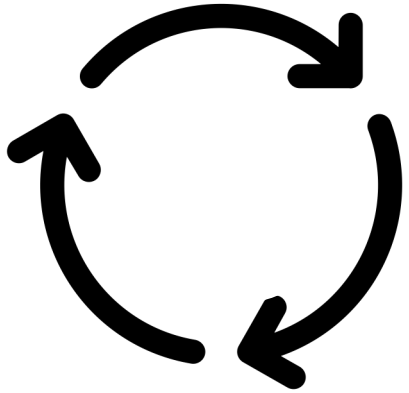
ISIMA

Un logiciel

- Utilisateurs ?
  - Besoins
  - Spécifications
- Développeurs
  - Analyse // Algorithmique // SDD
  - Développement
  - Tests
  - Maintenance / Evolutions

Cycle de développement

- Spécifications



- Analyse
- Développement
- Tests
  - Unitaires – intégration - fonctionnel
- Déploiement
  - Environnement ?

Compilateur

- ISIMA
  - gcc [ada] [turing]
- À la maison :
  - gcc sous une distribution LINUX 
  - gcc sous Cygwin / MinGW 
  - gcc sous WSL (W10 ou 11)
  - gcc sous mac (brew / Macport)
- Visual Studio ? 
  - C'est du C++
- Bon éditeur ou EDI

Débogueur

- Recherche de bogues à l'exécution
  - Analyse d'un programme en temps réel
  - Point d'arrêt
  - Exécution pas à pas
  - Inspection des variables
- GDB // DDD

```
$ gcc -g
```

En annexe

Profileur

- Analyse de l'exécution
- Occupation mémoire
  - Eviter les fuites mémoires
- Temps d'exécution
  - Optimisation
- Gprof // valgrind

```
$ gcc -g
```

Gestionnaire de versions

- Développement à plusieurs
  - Diffusion du code
  - Gestion des conflits
- Historique
  - Régression ?
  - Retour en arrière ?
  - Fonctionnalités à venir

Tests unitaires

- Tester des petits bouts des programmes
  - Avant leur intégration
- A la main ou **automatique**
  - Répétabilité ?
  - Régression ?
- Plus ou moins exhaustifs
- Conditions ± réelles
- Développement orienté Test (TDD)

```
int f(int x)
{
    int r = 1;
    if (x==3)
      r=6;
    else if (x==7)
      r = 5040;

    return r;
}
```

```
TEST(factorielle)
{
   CHECK(    1 == f(0) );
   CHECK(    6 == f(3) );
   CHECK( 5040 == f(7) );
}
```

```
 0! = 1
 3! = 6
 7! = 5040
13! = 6227020800
```

Et encore ?

- Documentation
  - Doxygen
- Analyse statique de qualité de code ?
  - Cppcheck
  - Clang-tidy
  - SonarQube
  - Les compilateurs ☺ (clang & gcc)

COMPILATION SÉPARÉE & MAKEFILE

Structure d'un programme

- Inclusions des bibliothèques standards et personnelles
- Définition des constantes symboliques et macros
- Déclaration des types personnels
- Déclaration, initialisation, description des variables globales
- **Définition** des fonctions
  - Fonction main()

Tout ce qui est utilisé doit être déclaré sans ambiguïté.
Attention aux mots réservés !

```
auto
break
case char continue const
default do double
else extern
float for
goto
if int
long
register return
short sizeof static struct
switch
typedef
union unsigned
while
```

Mots réservés en C

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

#define C 100

int globale = 300;

int somme(int a, int b) {
    return a+b;
}

int main() {

    int x = 3, y = 5;

    printf("%d %d", somme(x, y), globale);
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Déclarer ou définir des fonctions ?

- Principe : on ne peut utiliser que des choses connues = déclarées au préalable
- Déclarer, c'est donner le prototype / la signature

NOM + types des paramètres + type de retour

```
float min(float, float);
```

- Définition = prototype et le corps de la fonction

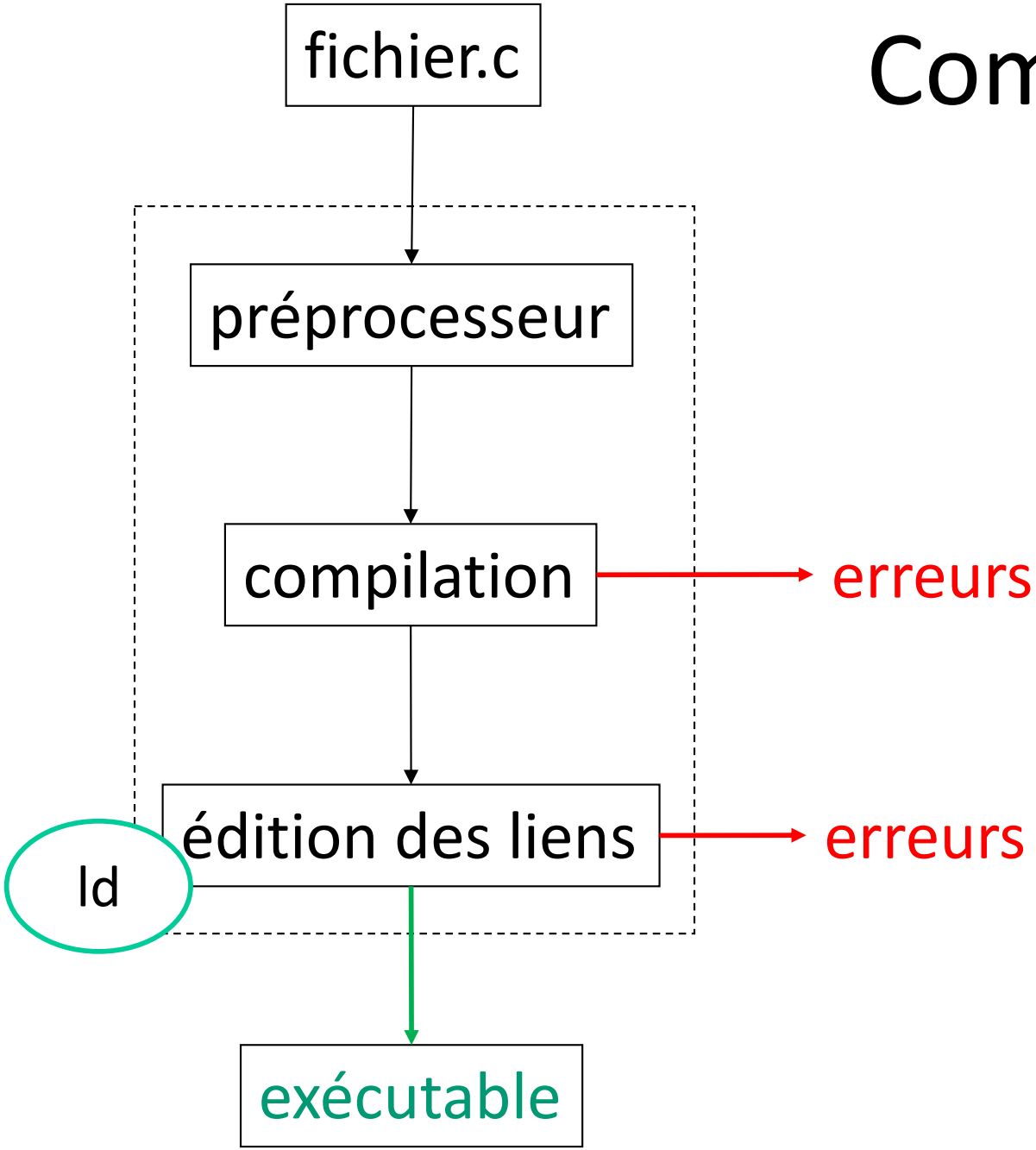
```
float min(float a, float b) {
    return …. ;
}
```

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


int main() {

    int x = 3, y = 5;

    printf("%d", somme(x, y));
    return EXIT_SUCCESS;
}

int somme(int a, int b) {
    return a+b;
}
```

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


int somme(int a, int b) {
    return a+b;
}

int main() {

    int x = 3, y = 5;

    printf("%d", somme(x, y));
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

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


int somme(int a, int b);

int main() {
    int x = 3, y = 5;
    printf("%d", somme(x, y))
    return EXIT_SUCCESS;
}

int somme(int a, int b) {
    return a+b;
}
```

Compilation (rappel)



```
#include <stdio.h>

#define T 10

int tab[T];

int main() {
  int i;
  for(i=0; i<T; ++i)
     tab[i] = 0;
  return 0;
}
```

123o

préprocesseur

```
/* fichier stdio.h */

int tab[10];

int main() {
  int i;
  for(i=0; i<10; ++i)
     tab[i] = 0;
  return 0;
}
```

12826o

Code asm

Code machine

```
89e5 c745 fc00 0000 00eb 1848 8d05
6e000000 8b55 fc48 63d2 c704 9000 0000
008345fc 0183 7dfc 097e e2b8 0000 0000
5dc31400 0000 0000 0000 017a 5200 0178
1001100c 0708 9001 0000 3400 0000 1c00
0000aeff ffff ffff ffff 3200 0000 0000
00000004 0100 0000 0e10 8602 0000 0000
000d0604 2d00 0000 0c07 0800 0000 0000
```

Editions des liens

```
cffa edfe 0700 0001 0300 0000 0100
00000300 0000 5001 0000 0020 0000 0000
00001900 0000 e800 0000 0000 0000 0000
00000000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00008800 0000 0000 0000 7001 0000 0000
00008800 0000 0000 0000 0700 0000 0700
```

4280o

```
cffa edfe 0700 0001 0300 0000 0100
00000300 0000 5001 0000 0020 0000 0000
00001900 0000 e800 0000 0000 0000 0000
00000000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00008800 0000 0000 0000 7001 0000 0000
00008800 0000 0000 0000 0700 0000 0700
00000000 0000 0000 0000 5f5f 7465 7874
00000000 0000 0000 0000 5f5f 5445 5854
00000000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00003200 0000 0000 0000 7001 0000 0000
0000f801 0000 0100 0000 0004 0080 0000
```

600o

Compilation séparée ?

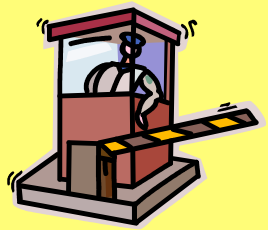
- Éviter les programmes trop gros
  - Pas facile à appréhender / de se déplacer
  - Hétérogène
- Séparer en "modules"
  - Regroupement thématique
  - Plus facile à lire
  - Plus facile à tester
  - Réutilisabilité

Un "module"

Fichier d'entête

- Extension .h
- **Déclaration** des variables globales
- **Déclaration** des fonctions
  - Prototype / signature
- Types
- Constantes

+



Fichier d'implémentation

- Extension .c
- **Définition** des variables globales
- **Définition** des fonctions
  - Code du .h
  - Fonctions privées

Fichier d'entête

donnees.h

```
#ifndef __LOIC_DONNEES_H__
#define __LOIC_DONNEES_H__

#define TAILLE_MAX 300

extern int variable_globale;

void  initialiser(float [], int);
int   lireFichier(char[], float[]);
int   calculer(float[], int);

#endif
```

Fichier d'implémentation


```
#include <stdio.h>
#include "donnees.h"
#include "stats.h"

int variable_globale = 0;

void fonction_privee(float tab[], int t) {…}

void  initialiser(float tab[], int t) {…}

int lireFichier(char n[], float tab[]) {…}

int calculer(float tab[], int t) {…}
```

`#include` (1)

- Insère le contenu du fichier (copier/coller)

```
#include "fichier1"
```

à partir du chemin du répertoire courant

```
#include <fichier2>
```

à partir d'une liste de chemins fixés

`/usr/include` (système, par défaut)
Tout chemin donné avec `-I` (i majuscule)

`#include` (2)

- Dans l'ordre lexicographique
- Bibliothèques systèmes d'abord
- Bibliothèques tierces ensuite
- Juste ce qu'il faut
- Caractère séparateur : `/`

Gardiens ?

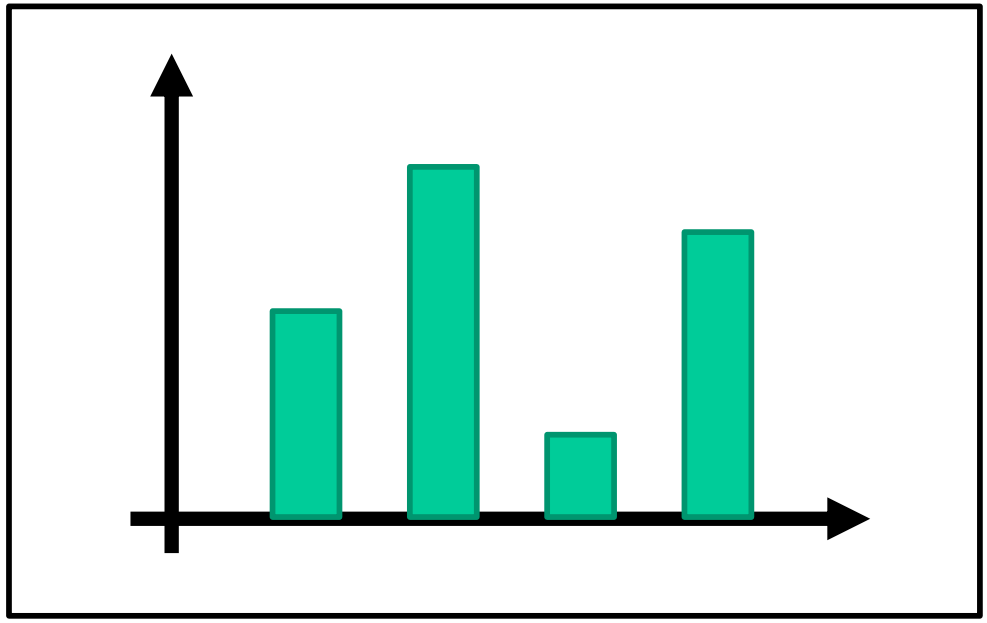
donnees.h

```
#ifndef LOIC_DONNEES_H
#define LOIC_DONNEES_H

#define TAILLE_MAX 300

extern int variable_globale;

void  initialiser(float [], int);
int   lireFichier(char[], floa
int   calculer(float[], int);

#endif
```

main.c

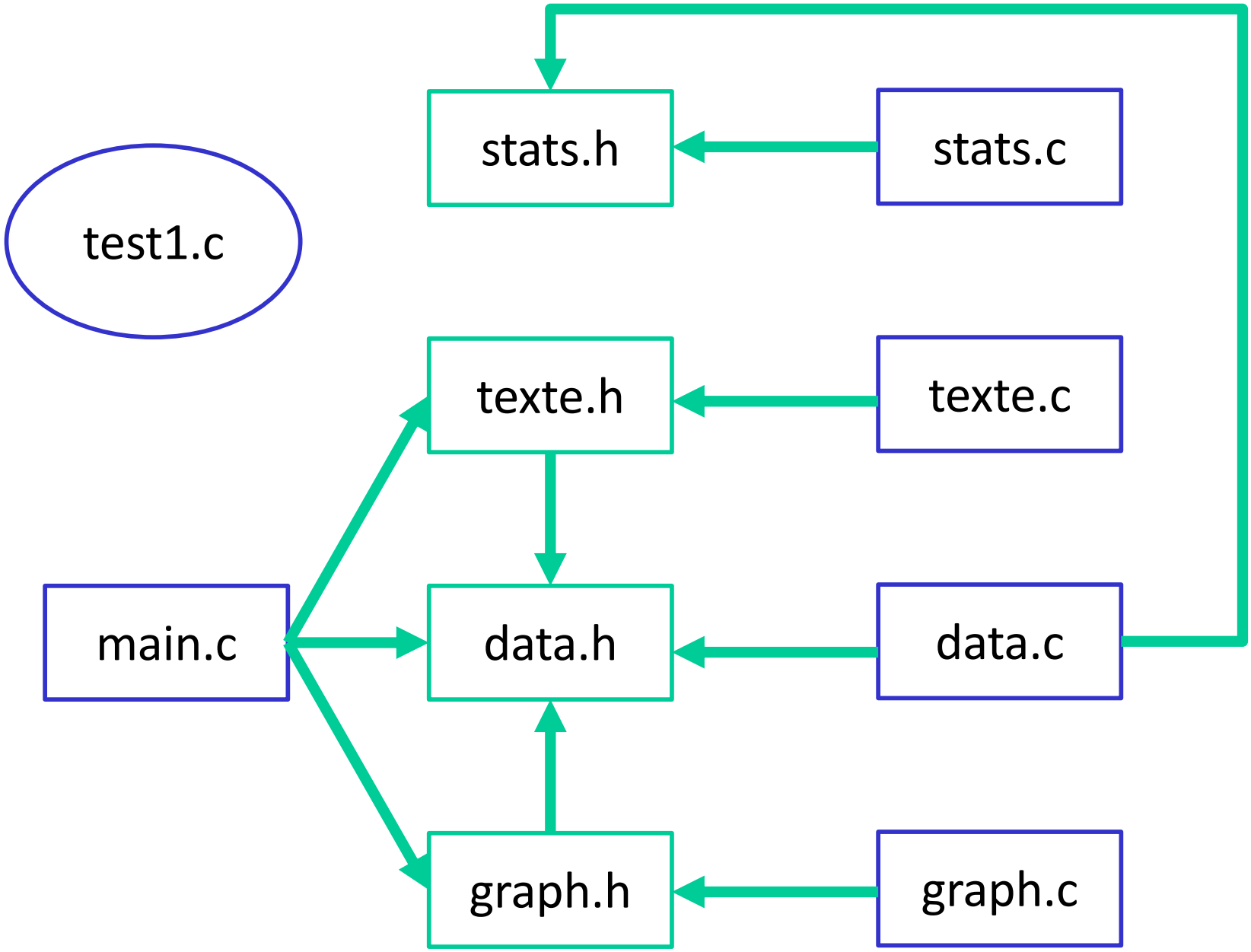
```
ees.h"
o.h>
ees.h"

int main(int argc, char **argv) {
  // code
  ret
}
```

Projet



Un seul fichier = non gérable

- Données
  - Tableaux
  - Listes
  - Lecture de fichiers
- Affichage
  - Graphique
  - Texte
- Opérations
  - Statistiques


stats.h
stats.c
test1.c
texte.h
texte.c
main.c
data.h
data.c
graph.h
graph.c

Compilation globale

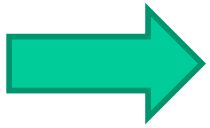
```
gcc main.c data.c stats.c graph.c texte.c
    -o prog
```

- Pas d'exploitation de la séparation
- Temps de compilation

Compilation séparée

- … des différents fichiers de code
- Compilation des sources en .objets

```
gcc -c main.c
gcc -c data.c
gcc -c stats.c
gcc -c graph.c
gcc -c texte.c
```



```
main.o
data.o
stats.o
graph.o
texte.o
```

-Wall

-Wextra

-g

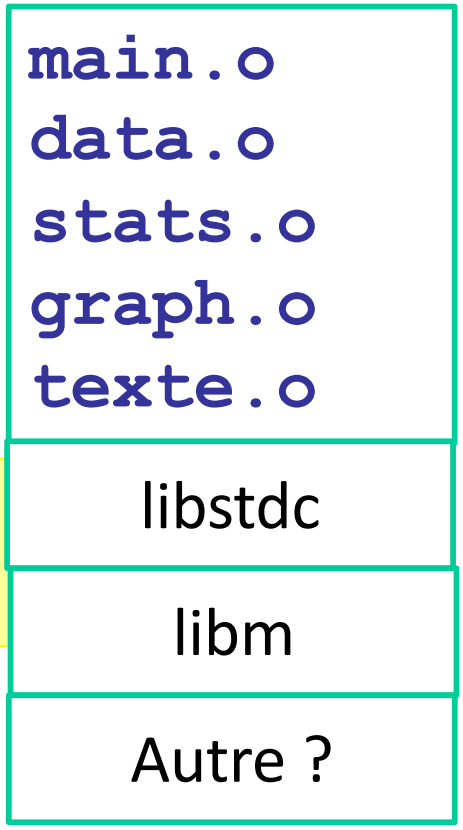
-O2

-l…

Édition des liens

- Dernière étape
- Bibliothèques standards
  et moins standards

```
gcc main.o data.o stats.o
    graph.o texte.o  -o prog
```



Comment compiler ?

1. Écrire les différentes lignes de commandes correspondantes (fastidieux)
2. Ecrire un petit programme *shell* qui lance les différentes compilations (mieux ?)
3. Utiliser un programme spécial comme `make` (obligatoire)

Commande GNU `make`

- Commande/utilitaire système
- Détection "automatique" des fichiers ayant besoin d'être recompilés
- Edition des liens si nécessaire
- Informations dans un fichier texte
  - `Makefile` ou `makefile`
- Autres utilisations :
  - Nettoyage des fichiers temporaires (objet, …)
  - Installation dans un répertoire particulier

(M | m)*akefile*

- Fichier texte au format très strict
- Constitué de règles (commandes)
  - Fichiers à compiler
  - Fichier exécutable dont il faut faire l'édition de liens
  - Commandes nommées
- Exécuté par

```
$make
$make règle
```

Règle

```
# commentaire
CIBLE : DEPENDANCES
<TAB> COMMANDES
```

- Exécution d'une règle
  - Cible qui n'existe pas
  - Une dépendance est plus récente que la cible
  - La première règle est exécutée par `make`
  - Spécifique : `make CIBLE` (nom)

```
prog :
<TAB> gcc -o prgg main.o
```

```
prog : main.o
<TAB> gcc -o prog main.o
```

```
prog : main.o texte.o …
<TAB> gcc -o prog main.o texte.o …
```

```
main.o:
<TAB> gcc -c main.c
```

```
main.o: main.c data.h texte.h graph.h
<TAB> gcc -c main.c
```

Variable

- Définition

```
NOM = liste de fichiers \
<TAB> suite de la liste
```

- Utilisation

```
$(NOM)
```

```
# compilateur
CC = gcc-10
# options
CFLAGS  = -Wall -Wextra -g
LDFLAGS = -lm
# liste des fichiers objets
OBJ = main.o data.o texte.o graph.o \
<TAB> stats.o
# règle de production finale tp :
prog : $(OBJ)
<TAB> $(CC) $(OBJ) $(LDFLAGS) -o prog
# règle de production pour chaque fichier
data.o : data.h data.c stats.h
<TAB> $(CC) -c data.c $(CFLAGS)
stats.o : stats.h stats.c
<TAB> $(CC) -c stats.c $(CFLAGS)
texte.o : data.h texte.h texte.c
<TAB> $(CC) -c texte.c $(CFLAGS)
```

Incomplet

Règle *clean*

- Nom usuel pour une règle qui efface les fichiers de travail
  - Exécutable, fichiers objets, fichiers temporaires
  - Pas de dépendance, règle nommée

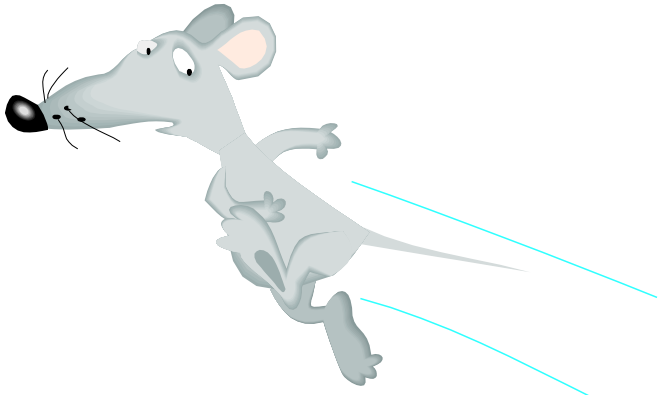
```
clean :
<TAB> rm -f *.o
```

Version bourrine

```
clean :
<TAB> rm -f $(OBJ)
```

Version plus propre, sécuritaire

```
$ make clean
```



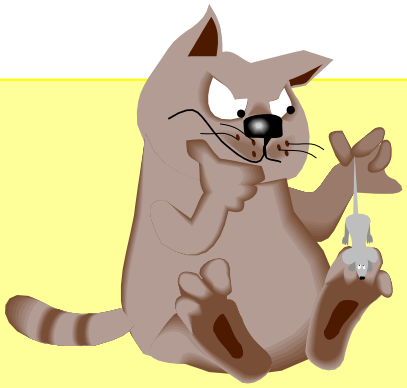
Et maintenant ???

- Sauf petit projet, utiliser la compilation séparée
- Gain de temps à utiliser le makefile
  - Copie d'un Makefile qui marche
  - Attention au format du fichier (espaces, tabulations)
- Nombreuses possibilités supplémentaires
  - Génération automatique des dépendances (ZZ2, option –MM ou -MMD)
  - Gestion de configuration
  - Installation d'un programme

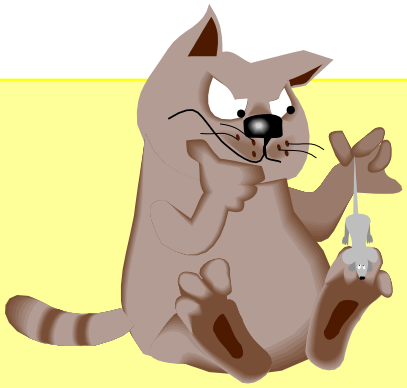
RÉVISIONS / VARIABLES

ISIMA

```
#include <stdio.h>

int a;

void f1(double a)
{
   printf("%f\n", a);
}

int main()
{
  a = 3;
  f1(2.000);
  printf("%d\n", a);
  return 1;
}
```



```c
#include <stdio.h>



void f1(int a)
{
    a=2;
}

int main()
{
   int a = 3;
   f1(a);
   printf("%d", a);
   return 1;
}
```



```c
#include <stdio.h>


void f1(int t[])
{
    t[0] = 2;
}

int main()
{
   int t[3];

   t[0] = 1;
   f1(t);
   printf("%d", t[0]);

   return 0;
}
```

```
int gj = 0;
int gi;

int fonction1 (int p1)
{
   int li = 1;

   gj = 4;
   ...
}

int fonction2 (int p1)
{
   int li = 2;
   int gi = 3;
   ...
}
```

Variables globales ?
Variables locales ?

```
int main ()
{
   int li = 3;

   gi = 5;
   return 0;
}
```

Variable locale

- Automatique
  - Par défaut
  - Mot-clé `auto` optionnel
  - Créée à chaque appel de fonction
  - Détruite à chaque fin de fonction
  - Pas de valeur par défaut (norme)
- Statique
  - Initialisée au premier passage dans la fonction
    - À 0 en cas d'omission
  - Détruite à la fin du programme

```
int fonction1 ()
{
  static int compteur = 0;

  auto int i =1; /* auto est optionnel */
  printf("%d %d", ++compteur, ++i); ...

  return compteur;
}

int main ()
{
  printf("%d", fonction1(0));
  printf("%d", fonction1(0));
  printf("%d", compteur);
  return 0;
}
```

Autres variables

- Variables externes explicites
  - Déclaration dans l'entête en général

```
extern int g;
```

- Variable de type registre
  - Pas d'adresse mémoire
  - Accès hyper rapide
  - Vieille optimisation (-O2)

```
register int r;
```

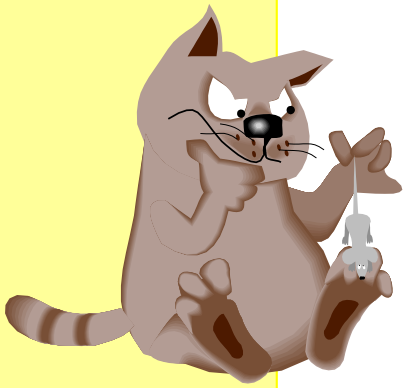
POINTEURS

ISIMA

Problèmes rencontrés

- Tableau dynamique ?
- Passage des paramètres par valeur…
  - Pas moyen de changer facilement la valeur d'une variable passée en paramètres

```
void echange(int a, int b)
{
   int c;

   c = a;
   a = b;
   b = c;
}
```



```
int main ()
{
   int i=1, j=2;

   printf("%d %d", i, j);
   echange(i,j);
   printf("%d %d", i,j);
   return 0;
}
```

Mémoire de l'ordinateur (1)

- Tableau à une dimension
  - Grande dimension (256Mo -> 8Go)
- Unité de base : l'octet
- Gestion plus ou moins automatique
- Partage entre utilisateurs
  - Zones protégées
- Un objet prend plus ou moins de mémoire
  - fonction `sizeof`

Types standards entier

```
char
short int
long
long int

signed (par défaut)
unsigned
```

```
stdint.h
```

```
int8_t
int16_t
int32_t
int64_t
```

```
uint8_t
uint16_t
uint32_t
uint64_t
```

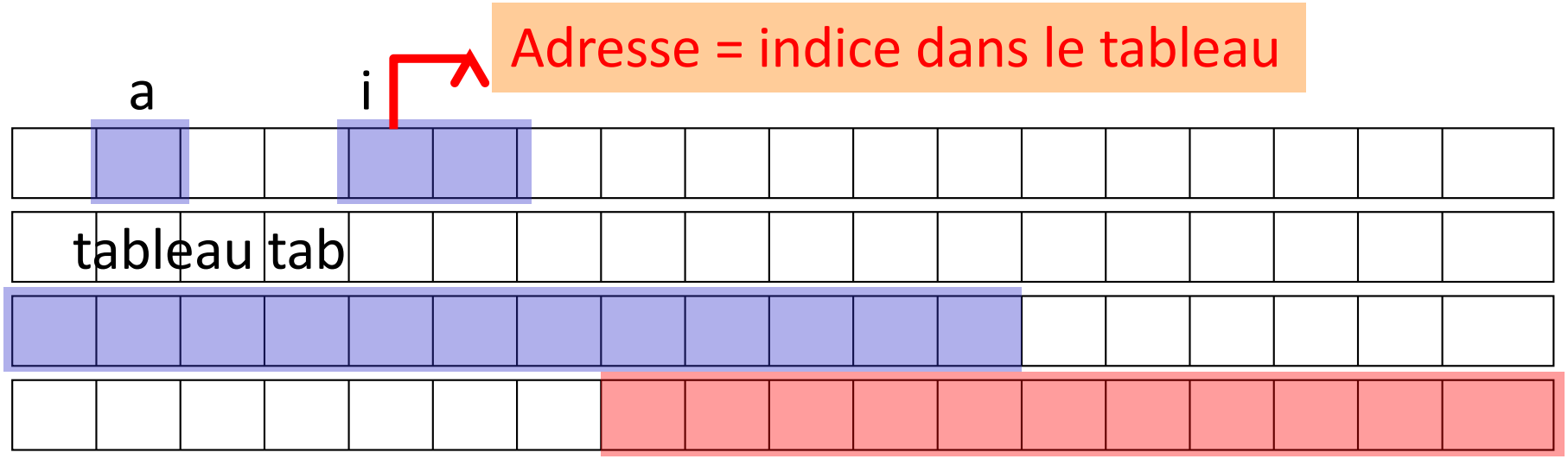
```
sizeof(type) ?
```

```
int_least32_t
int_fast16_t
```

Mémoire de l'ordinateur (2)

- Que trouve-t-on en mémoire ?
  - Code du programme
  - Données du programme (variables)
- Rangement suivant des standards
  - Consultation possible de la mémoire
  - Attention au *segmentation fault*
- Chaque élément a une **adresse**

Mémoire de l'ordinateur (3)




```
char a;
int  i;
char tab[12];
sizeof(a)
```

Zone protégée :

- code programme courant
- zone d'un autre utilisateur
- …

Pointeur ? (1)

- Variable "classique"

```
int i, j;
```

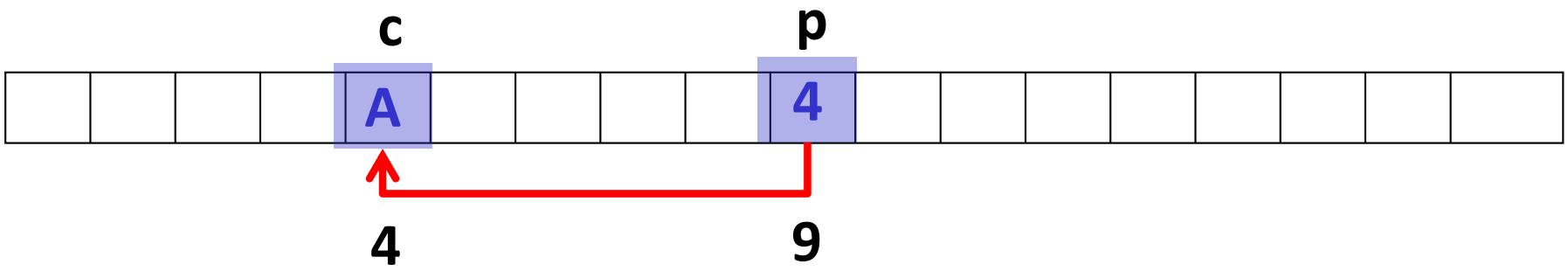
- Opérateur &
  - Adresse d'un objet en mémoire (l'index ...)

```
&i et &j
```

- Pointeur
  - Variable contenant une adresse
  - typé

```
int * p;
<type> * p2;
```

Pointeur ? (2)




```
char   c = 'A';
char * p = &c;
```

Variable (caractère)

Adresse en mémoire

```
printf("%c", c);
printf("%c", *p);
```

Contenu pointé

* : Opérateur d'**indirection /** opérateur de **déréférencement** *

Abus de langage : le « contenu du pointeur » ne désigne pas la variable c, p ne contient que l'adresse de c. Le contenu de l'adresse pointée désigne bien c.

```
int main()
{
   int a, b, *p;
   a = 4;
   p = &a;

   /* %x : affichage en hexa */
   printf("contenu de p %p", p);
   printf("adresse de a %p", &a);
   printf("contenu pointé %d",*p);
   printf("contenu %d", a);

   b = *p;
   (*p)++;
   printf("valeur de a est %d", a);

   return 0;
}
```

"Warnings" (conversion)
%d : décimal
%u : non signé
%x : hexa

Correct :
%p : pointeur

Affectation de pointeurs

- Types compatibles

```
int   * i, *j;
float * f;

i = j;
i = f;
```

- Valeur spéciale `NULL`
  - Le pointeur ne pointe sur rien
  - A utiliser avec précaution

Rappel : changer de type

- *Cast*
- Opérateur de transtypage
- Opérateur de coercition
- Transformer une valeur réelle en une valeur entière avec perte éventuelle d'informations

```
int    i;
double d;

i = (int) d;
```

```
int  * pi;
void * pv;

pi = (int *) pv;
```

```
float *f = NULL;
int   *g = (int *) 0;
char  *c = 0;

printf("%f", *f);
```

```
int    i;
void * v = &i;
int  * j = (int *) v;
```

```
/* définition, fonction du compil */
#define NULL 0
#define NULL (void *) 0
```

```
void echangekimarche(int *a, int *b)
{
   int c;

    c = *a;
   *a = *b;
   *b =  c;
}

int main ()
{
   int i=1, j=2;

   printf("%d %d", i, j);
   echangekimarche(&i,&j);
   printf("%d %d", i,j);
   return 0;
}
```

Pointeurs & tableaux (1)

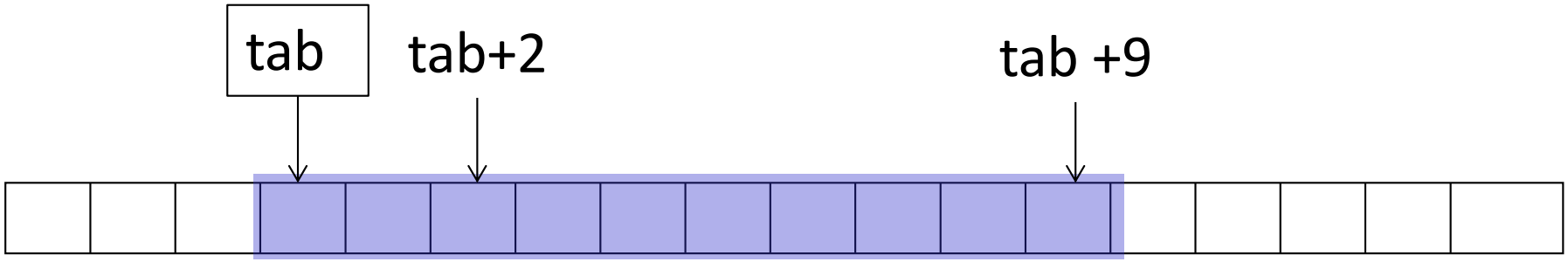
- Un tableau est un pointeur **constant**

```
char tab[10];
```

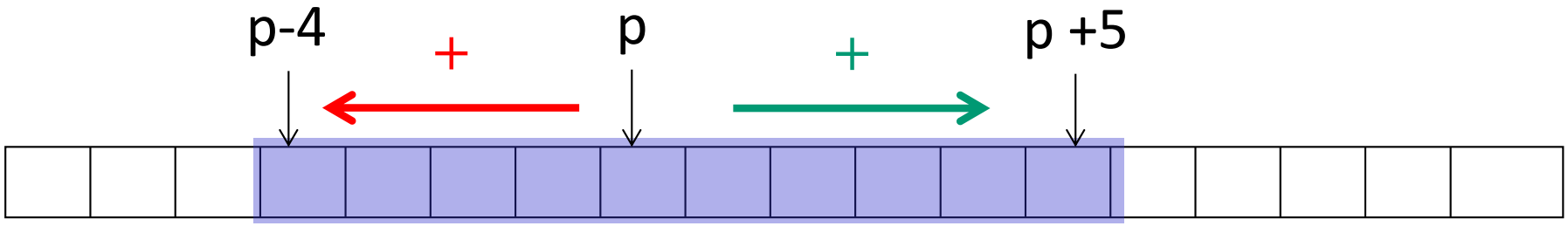
- Adresse du premier élément du tableau

```
char *p = &tab[0];
tab ?
```

```
printf ("%p %p %p ", tab, &tab[0],  p);
```



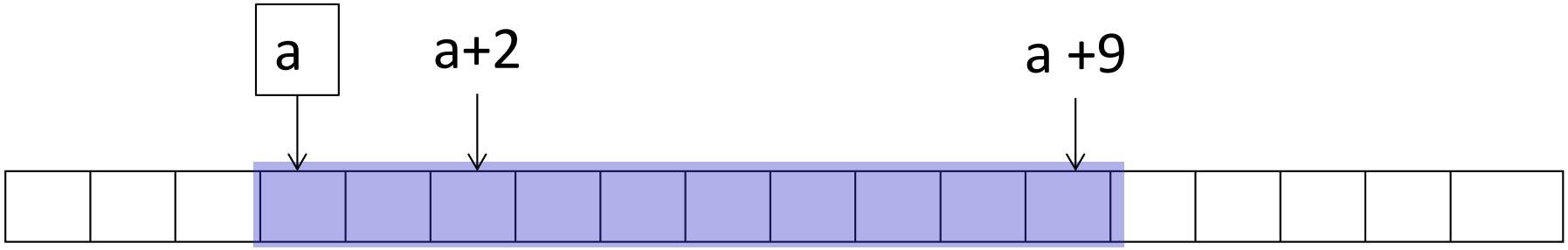
Arithmétique




```
POINTEUR' = POINTEUR + DEPLACEMENT
Adresse     adresse
```

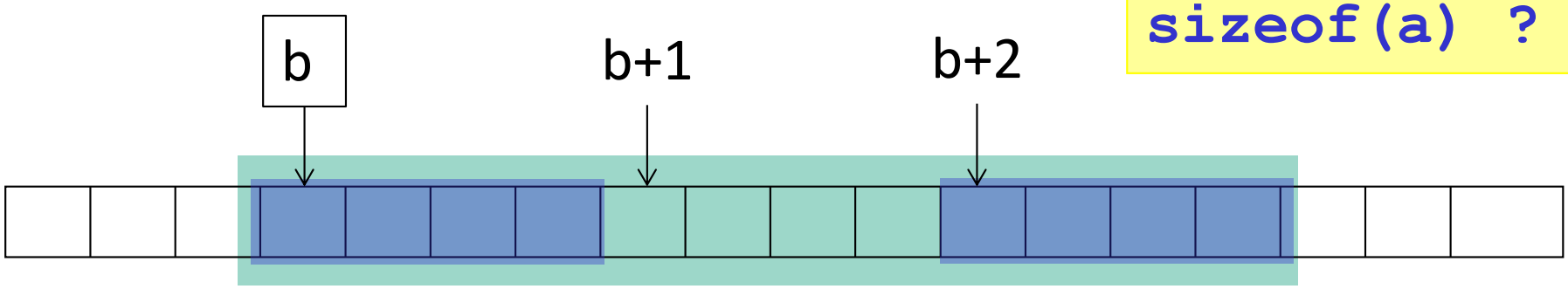
- Arithmétique intelligente
  - Typée
- Nombre limité d'opérations
  - Affectation (=)
  - Addition, soustraction (+, -, +=, -=)
  - Comparaison (==, !=, <, >)

Arithmétique "intelligente"




```
sizeof(char)
```

```
char a[10];
sizeof(char) ?
sizeof(a) ?
```




```
sizeof(int)
```

```
int b[3];
```

Pointeurs & tableaux (2)

- Deux notations : élément *i*

```
tab[i]
*(tab+i)
*(p+i)  avec p=&tab[0]
```

- Elément i+1 ?

```
p = &tab[i];
++p;
=> *p
```

```
++tab
```

Pointeurs & chaînes

```
char s1[]  = "chaine1";
char * s2  = "chaine2";
```

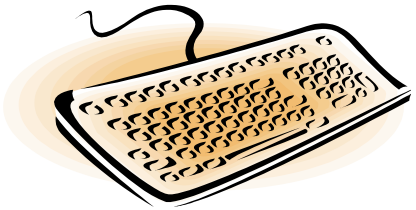
- 2ème cas : pointeur + chaîne en mémoire

- *string.h* : Fichier d'entêtes des fonctions sur les chaînes de caractères

strlen()

```
int compter3(char * chaine)
{
  char * s = chaine;

  while (*chaine != '\0')
     ++chaine;

  return chaine - s;
}
```

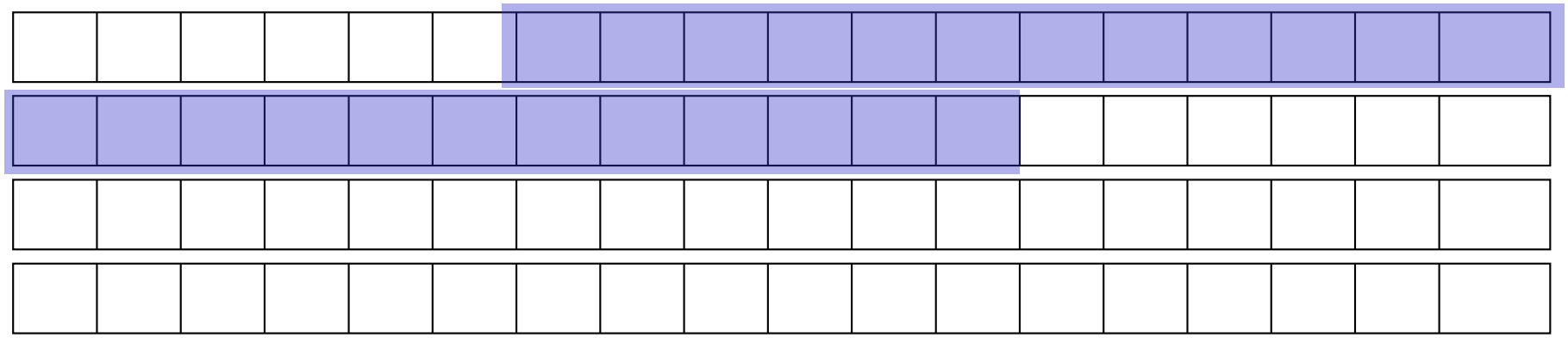
strcpy()



Mémoire "typée"

```
sizeof(char)

sizeof(int)
sizeof(long int)

sizeof(float)
sizeof(double)

sizeof(int *)
sizeof(double *)
sizeof(void *)
```

Allocation dynamique de mémoire ?



- Allouer de la mémoire = réserver une zone mémoire contiguë
  - Pas toujours possible
- Dynamique : en cours d'exécution de programme (et non au moment de la compilation)

malloc()

- Allocation d'un bloc contigu de mémoire
  - Erreur, si le bloc est trop grand
- Demande d'un nombre d'octets à calculer

  Nombre d'éléments x Taille d'un élément
- Retour : pointeur sur le début du tableau
  - NULL si l'allocation est impossible

```
void * malloc (size_t taille);
```

Libérer la mémoire (1)

- Obligatoire de rendre la mémoire demandée au système
- Ce n'est PAS AUTOMATIQUE
- Paramètre : un pointeur VALIDE
  - Donner la taille d'allocation n'est pas utile
  - Tester que le pointeur est non NULL même si …

```
void free(void * pointeur);
```

Libérer la mémoire (2)

- Oublier de rendre la mémoire =
  - Fuite mémoire
  - Vers un redémarrage de la machine
- Conseil : mettre le pointeur à NULL
  si la libération n'est pas faite à la fin du programme

```
if (p) free(p);
p = 0;
```

- Outils de détection : débugger, valgrind …

```
int   taille;
int * tableau;

printf("Taille du tableau ? ");
scanf("%d", &taille);

tableau = (int *) malloc (taille*sizeof(int));

if (tableau == NULL)
{
   printf("allocation mémoire impossible");
} else {
  /* l'allocation mémoire a eu lieu */
  /* …                              */

   free(tableau);
}
```

calloc()

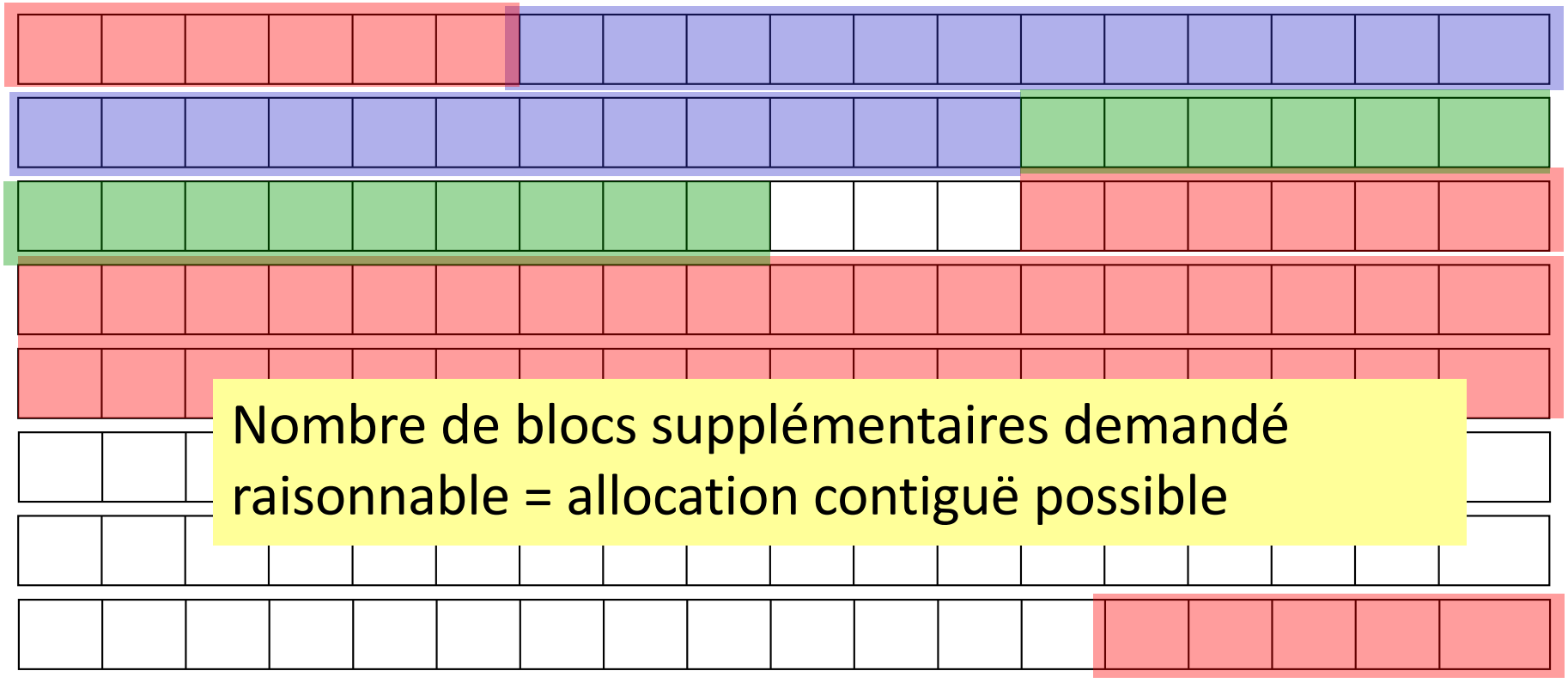
- Comportement identique à `malloc()`
- Initialisation des éléments du tableau à 0
  - Connaître la taille d'un élément pour le mettre à 0
  - `calloc()` prend plus de temps que `malloc()`
- Paramètres différents de `malloc()`
  - Nombre d'éléments
  - Taille d'un élément
- Retour : pointeur sur le début du tableau
  - NULL si l'allocation est impossible

```
void * calloc (size_t nb_elem, size_t taille);
```

`realloc()`

- Redimensionner la taille d'un tableau en mémoire
- Problème : demander plus de mémoire
  1. Ajout au bloc précédent
  2. Allocation d'un nouveau bloc et déplacement du bloc initial
  3. Plus assez de mémoire disponible
     - Fragmentation de la mémoire

Cas 1

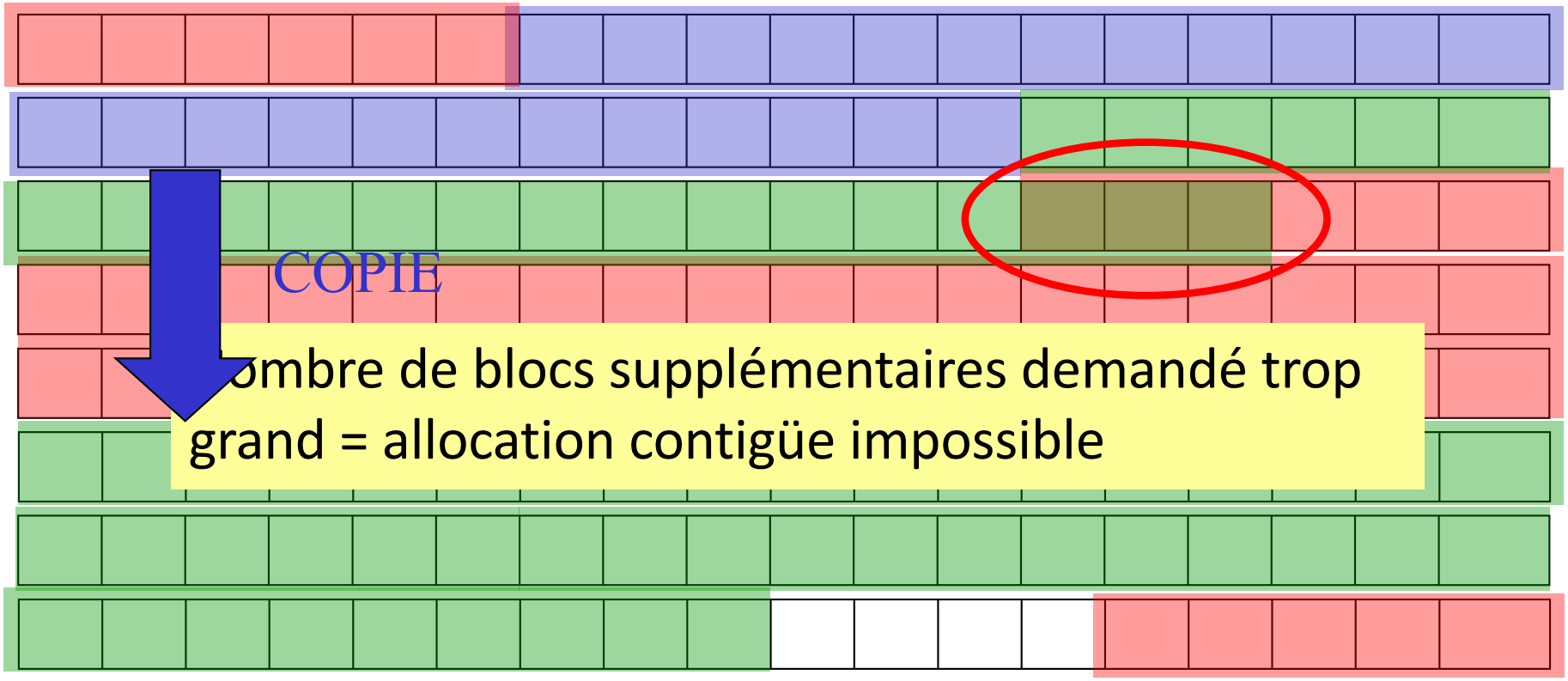


Blocs déjà alloués (protégés)

Blocs déjà alloués (à nous)

Blocs supplémentaires

Cas 2

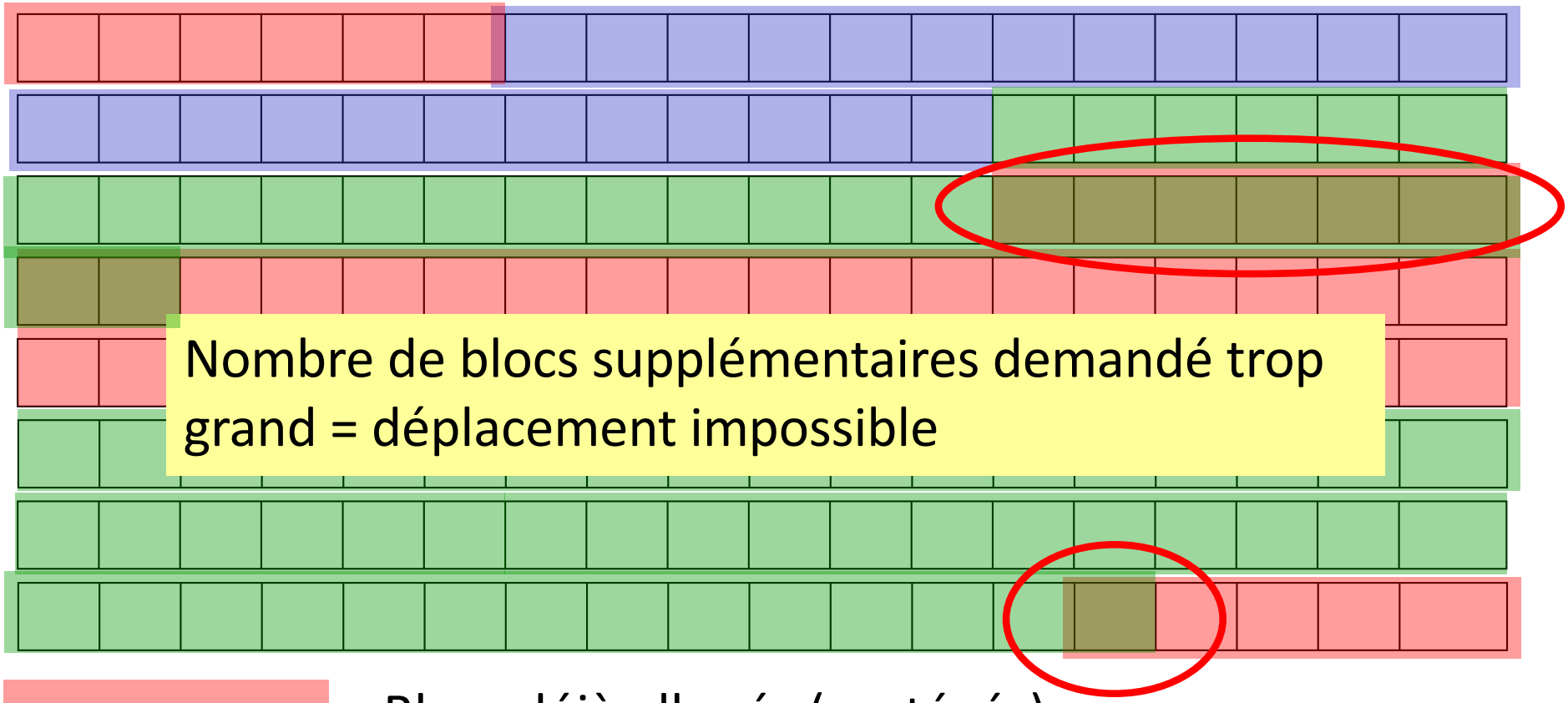


Blocs déjà alloués (protégés)

Blocs déjà alloués (à nous)

Blocs supplémentaires

Cas 3



Blocs déjà alloués (protégés)

Blocs déjà alloués (à nous)

Blocs supplémentaires

Allocation dynamique / Résumé

```
void * malloc (size_t taille);
void * calloc (size_t nb_elem, size_t taille);
void * realloc(void * pointeur,
               size_t nouvelle_taille);
```

```
void free(void * pointeur);
```

```
void * /* type pointeur universel */
       /* transtypage(cast) obligatoire */

size_t /* type entier positif */
```

```
NULL
```

Tableau de pointeurs

- Pointeur = un type de variable
- Possibilité d'en faire des tableaux

```
int * tableau [80];
int   i = 10;
```

```
tableau[0] = &i;
printf("%d", (*tableau[0]));
```

Erreurs typiques

```
char * s;
s  = "chaine2";
```

```
char * s;
scanf("%s",s);
```

```
char s1[10] = "chaine1";
char s2[10];
s2 = s1;
```

STRUCTURE

ISIMA

Problème …

- On ne peut retourner **qu'un seul élément** par fonction

```
return variable;
```

- En algorithmique

```
retourne (élement1, élément2);
```

Exemple hypothétique

- Gérer un concours de poker au BDE
  - surnom : 80 caractères
  - score (unité : EuroZZ) : entier

Réalisation

- Solution à deux balles :
  - 2 tableaux
    - Nom
    - Score

```
#define TAILLE 30
int  score      [TAILLE];
char surnoms    [TAILLE][80];
```

- Solution propre
  - Un tableau d'un type complexe

Type complexe ?

- Réunir des informations dans un tout
  - Créer un **nouveau type** de données
  - Personnalisé

```
struct joueur {
   char nom[80];
   int  score;
};
```

  - 2 champs : `nom` et `score`

Manipulations de base

- Déclaration de variable

```
struct joueur zz;
```

- Accéder à un champ d'une variable

```
zz.score = 0;
scanf("%s", zz.nom);
```

- Taille en mémoire du type complexe

```
sizeof(struct joueur);
```

Tableau de structures

```
struct joueur joueurs[50];
int i;

for(i = 0; i < 50; ++i)
{
   joueurs[i].score = 0;
   strcpy(joueurs[i].nom, "");
}
```

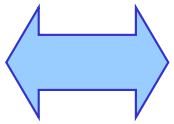
Pointeur de structure

- Déclaration d'un pointeur

```
struct joueur * psj = &zz;
```

- Accéder à un champ (pointeur non NULL)

```
(*psj).score
```



```
psj->score
```

- Allocation dynamique

```
psj = (struct joueur *)
      malloc(50*sizeof(struct joueur));
```

typedef

- Renommer un type existant
  - L'ancien nom est toujours disponible

1. Simplifier le nom des structures
2. Eviter les erreurs avec les pointeurs

```
typedef ancien_nom nouveau_nom;
```

`typedef` & structures (1)

```
struct joueur{
   char nom[80];
   int  score;
};
typedef struct joueur joueur_t;
```

```
struct joueur  zz1;
joueur_t       zz2;
```

```
struct joueur * pzz1;
joueur_t      * pzz2;
```

`typedef` & structures (2)

- Condenser les deux écritures…

```
typedef struct joueur {
   char nom[80];
   int  score;
} joueur_t;
```

```
struct joueur  zz1;
joueur_t       zz2;
```

`typedef` & structures (3)

- Simplifier ?

```
typedef struct {
   char nom[80];
   int  score;
} joueur_t;
```

```
struct {
   char nom[80];
   int  score;
} quoi;
```

- Structure "anonyme"

```
struct joueur zz1;
```

```
joueur_t      zz2;
```

Structure autoréférentielle (1)

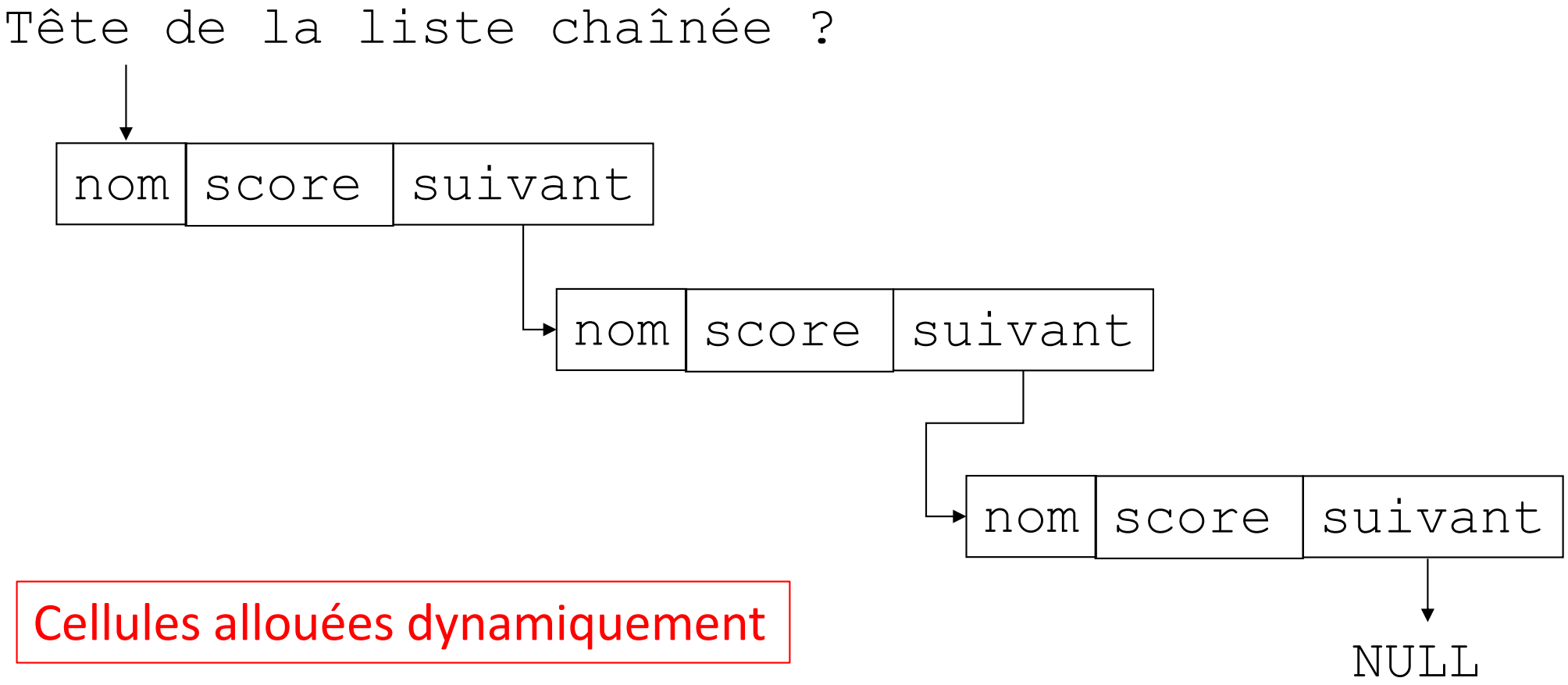
- Structure qui contient un pointeur sur un élément de même type

```
typedef struct joueur {
  char                nom[80];
  int                 score;
  struct joueur *     suivant;
} joueur_t;
```

Structure autoréférentielle (2)

- Erreurs classiques :
  - Pas de structure anonyme
  - Pas possible d'utiliser le nom raccourci avec `typedef`
- Obligatoire pour représenter
  - Bon nombre de structures de données
  - Liste chaînée, arbre, …

Liste chaînée



Cellules allouées dynamiquement

Tête de la liste chaînée

1. Un pointeur simple
   - NULL liste vide
   - Non NULL pointe sur le premier élément

```
joueur_t * ptete;
```

2. Une tête fictive
   - Une structure dont on ne se sert pas du contenu
   - Seul le champ SUIVANT est utile

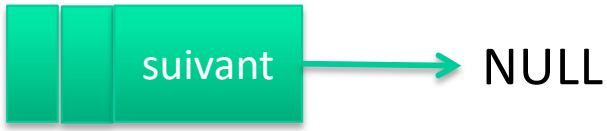
```
joueur_t tetefictive;
```

TD : liste chaînée

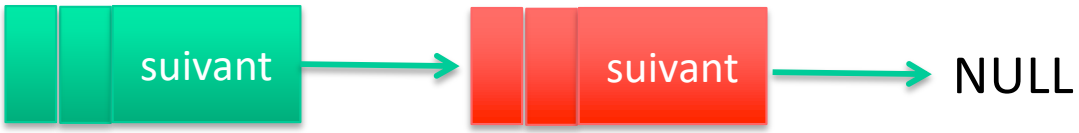
- Liste vide ?
- Liste à un élément ?
- Liste quelconque ?

- Insertion d'un élément en tête
- Insertion d'un élément en fin
  - Pointeur de fin
- Insertion / Suppression quelconque
- Opération hors fonction ou appel de fonction

Liste vide

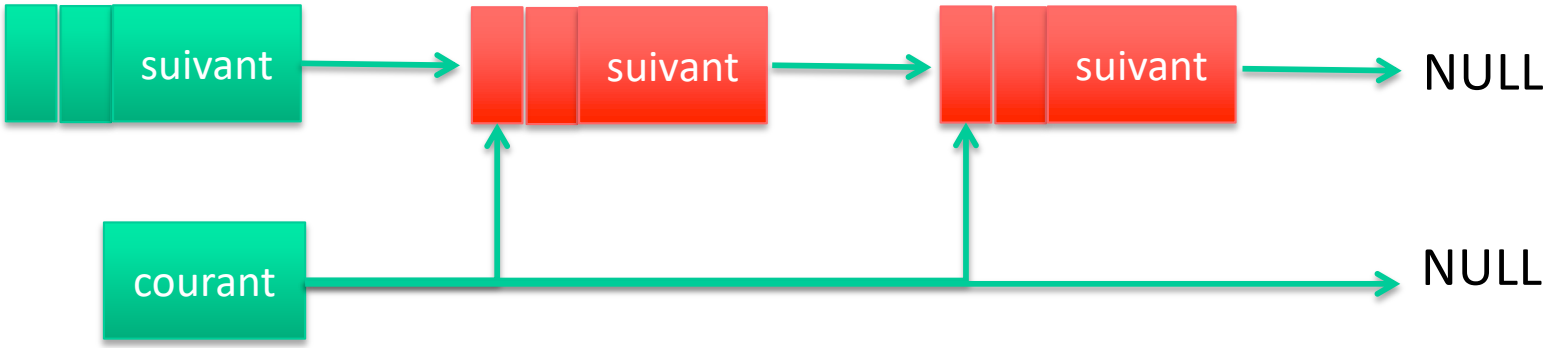


Liste à 1 élément



Liste à 2 éléments

Affichage de la liste



TD : suppression de la liste (avec tête fictive)

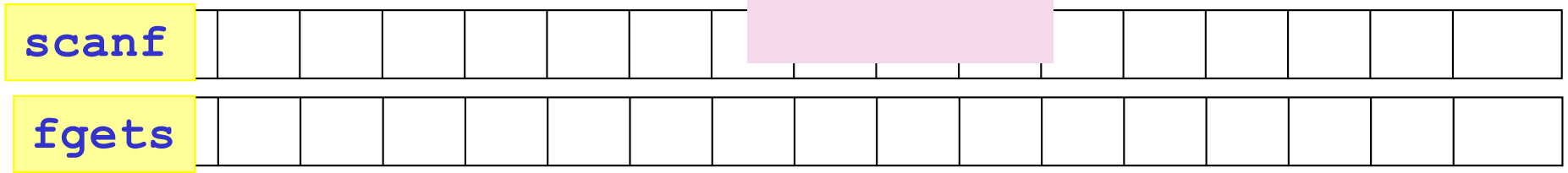
Saisie d'une chaine

```
scanf("%s", chaine);
```

```
fgets(chaine, 50, stdin);
```

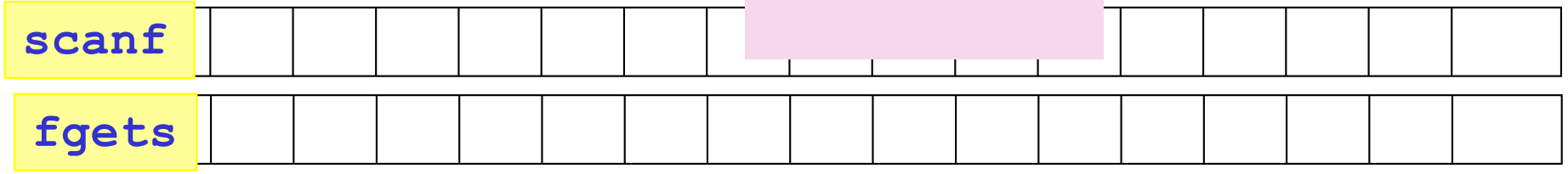
loic⏎

```
char chaine[50];
```



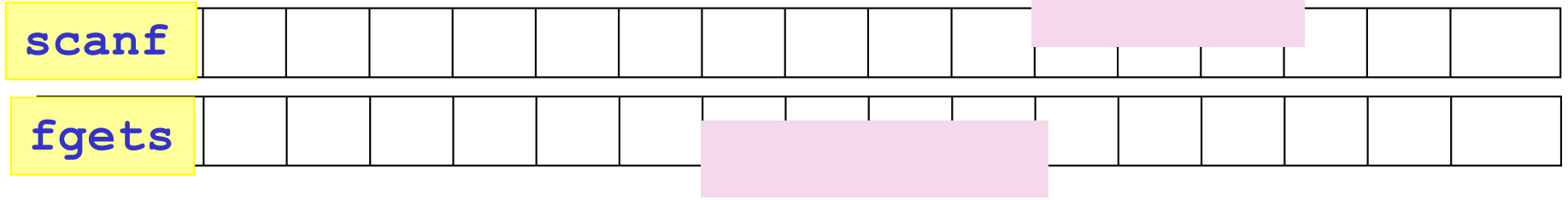
loic yon⏎

```
char chaine[50];
```



tropgrand⏎

```
char chaine[5];
```



QUELQUES PRÉCISIONS SUR LES POINTEURS

1. Tableau multidimensionnel
2. `typedef` & pointeurs
3. Pointeur constant

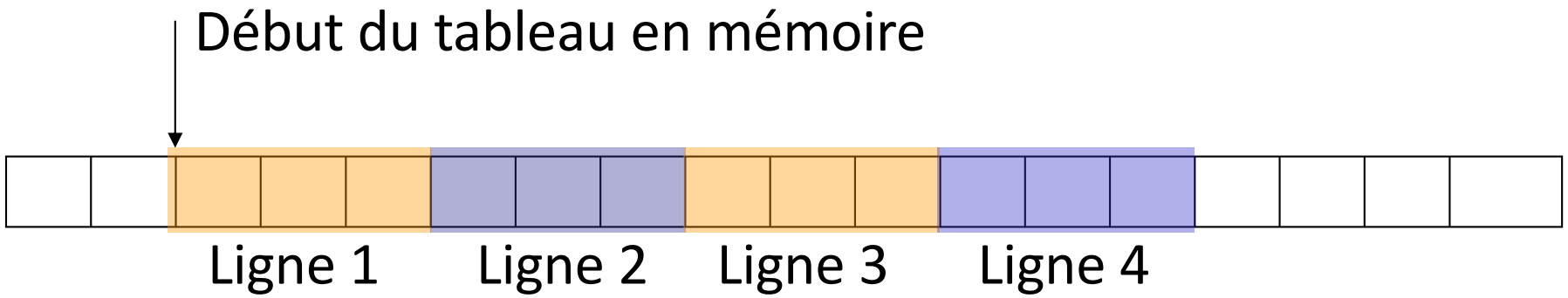
ISIMA

Tableau multidimensionnel statique

- Tableau de 4 lignes et 3 colonnes

```
int tableau [4][3];
```

- Stockage contigu, ligne par ligne




```
int tableau [][3];
```

Accéder à un élément

- Tableau à une dimension

```
ligne[i]
*(ligne +i)
```

- Tableau multidimensionnel

```
tableau[1][2]
*(tableau[1]+2)
*(*(tableau+1)+2)
```

Attention à la lisibilité !!!

Tableau à 2 dimensions dynamique ?

1. Implémentation avec un tableau à une dimension
   - Taille de la ligne : n
   - Trouver l'élément de la ligne i et colonne j : `i*n+j`

```
int * tab1;
```

2. Implémentation avec une dimension maximale et une dimension libre

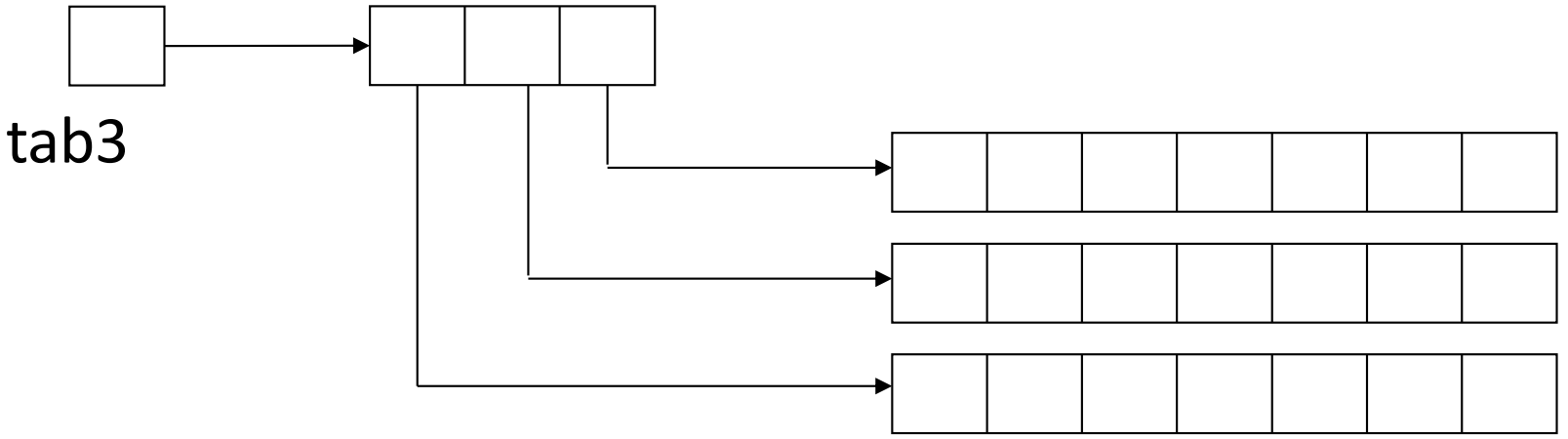
```
int * tab2[MAX];
```

Tableau à 2 dimensions dynamique

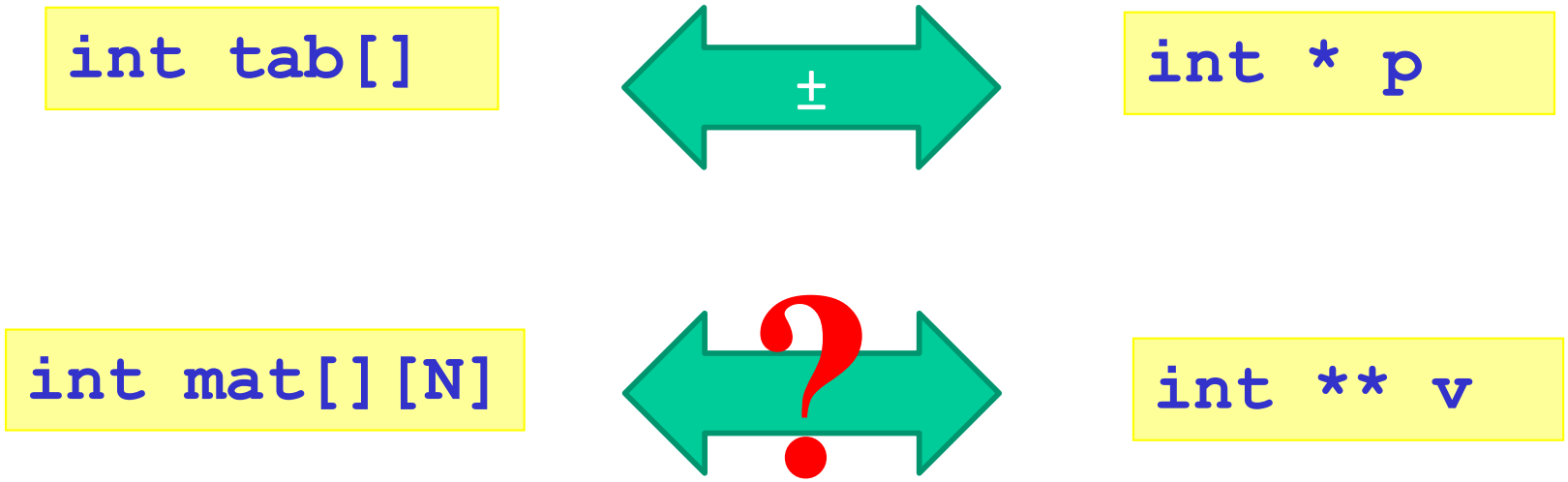
- Choisir la représentation par lignes ou par colonnes

```
int ** tab3;
```

- Allouer un premier tableau de pointeurs
  - Un élément pointe vers une ligne ou une colonne
- Allouer chaque ligne/colonne



Equivalence ?



- Zone mémoire contiguë
- Lignes de même taille

- Statique

- Zones mémoires PAS contiguës
- Lignes de taille différente
- Eventuellement non allouées
- Dynamique

Tableau dynamique / synthèse

```
int * tab1;
```

☺ dynamique
☹ calcul

```
int * tab2[MAX];
```

☺ moins de pointeurs
☹ pas complètement dynamique

```
int ** tab3;
```

☺ dynamique
☺ vrai tableau
☹ complexe

```
int k = 2;

void modifier(int * p)
{
   p = &k;
}

int main()
{
   int i = 3;
   int * p = &i;

   modifier(p);
   printf("%d", *p);

   return 0;
}
```

```
int k = 2;

void modifier(int ** p)
{
   *p = &k;
}

int main()
{
   int i = 3;
   int * p = &i;

   modifier(&p);
   printf("%d", *p);

   return 0;
}
```

typedef

- Utiliser `typedef` pour éviter un maximum d'erreurs avec les pointeurs
- "Créer" un type pointeur
  - Manipuler un pointeur comme une variable pour oublier les pointeurs de pointeurs

```
typedef int * pint;
```

Echanger deux pointeurs

```
void echange2pointeurs (int **a, int **b)
{
  int * c;

   c = *a;
  *a = *b;
  *b =  c;
}
```

```
int * t1 = …;
int * t2 = …;
echanger(&t1, &t2);
```

```
void echange2pointeurs(pint* a, pint *b)
{
  pint c;

   c = *a;
  *a = *b;
  *b =  c;
}
```

Modifier un pointeur ? (1)

```
void liberer(joueur_t * tete) {
  /* … */
  if (tete) free(tete);
  tete = 0;
}

int main() {
  joueur_t * tete = NULL;
  ajouter_element(&tete, element);
  /* utiliser tete */
  liberer(tete);
  ajouter_element(&tete, element);
  /* utiliser tete */
  liberer(tete);
}
```

Liste chaînée avec
vrai pointeur en tête
Réutiliser le pointeur

Modifier un pointeur ? (2)

```
void liberer(joueur_t ** tete) {
  /* … */
  if (*tete) free(*tete);
  *tete = 0;
}

int main() {
  joueur_t * tete = NULL;
  ajouter_element(&tete, element);
  /* utiliser tete */
  liberer(&tete);
  ajouter_element(&tete, element);
  /* utiliser tete */
  liberer(&tete);
}
```

Liste chaînée avec
vrai pointeur en tête
Réutiliser le pointeur

```
typedef joueur_t * pjoueur_t;

void liberer(pjoueur_t * tete) {
  /* … */
  if (*tete) free(*tete);
  *tete = 0;
}

int main() {
  pjoueur_t tete = NULL;
  ajouter_element(&tete, element);
  /* utiliser tete */
  liberer(&tete);
  ajouter_element(&tete, element);
  /* utiliser tete */
  liberer(&tete);
}
```

Cacher le double pointeur ..

const (1)

- S'engager à ne pas modifier une variable
  - Valeur fixée à l'initialisation

```
/* notations équivalentes */
const float pi = 3.14;
float const pi = 3.14;
```

- Ne peut pas servir pour initialiser un tableau

```
const int I = 100;
float tab[I];
```

(sauf depuis la norme C99)

const (2)

- Pointeur

```
const char * sz1;
char const * sz2;
```

- Pointeur

```
char * const sz3 = …;
```

- Pointeur

```
char const * const sz4 = …;
```

const (3)

```
char a = 'a';
char b = 'b';
```

```
const char * p1 = &a;
*p1 = 'c';
p1  = &b;
```

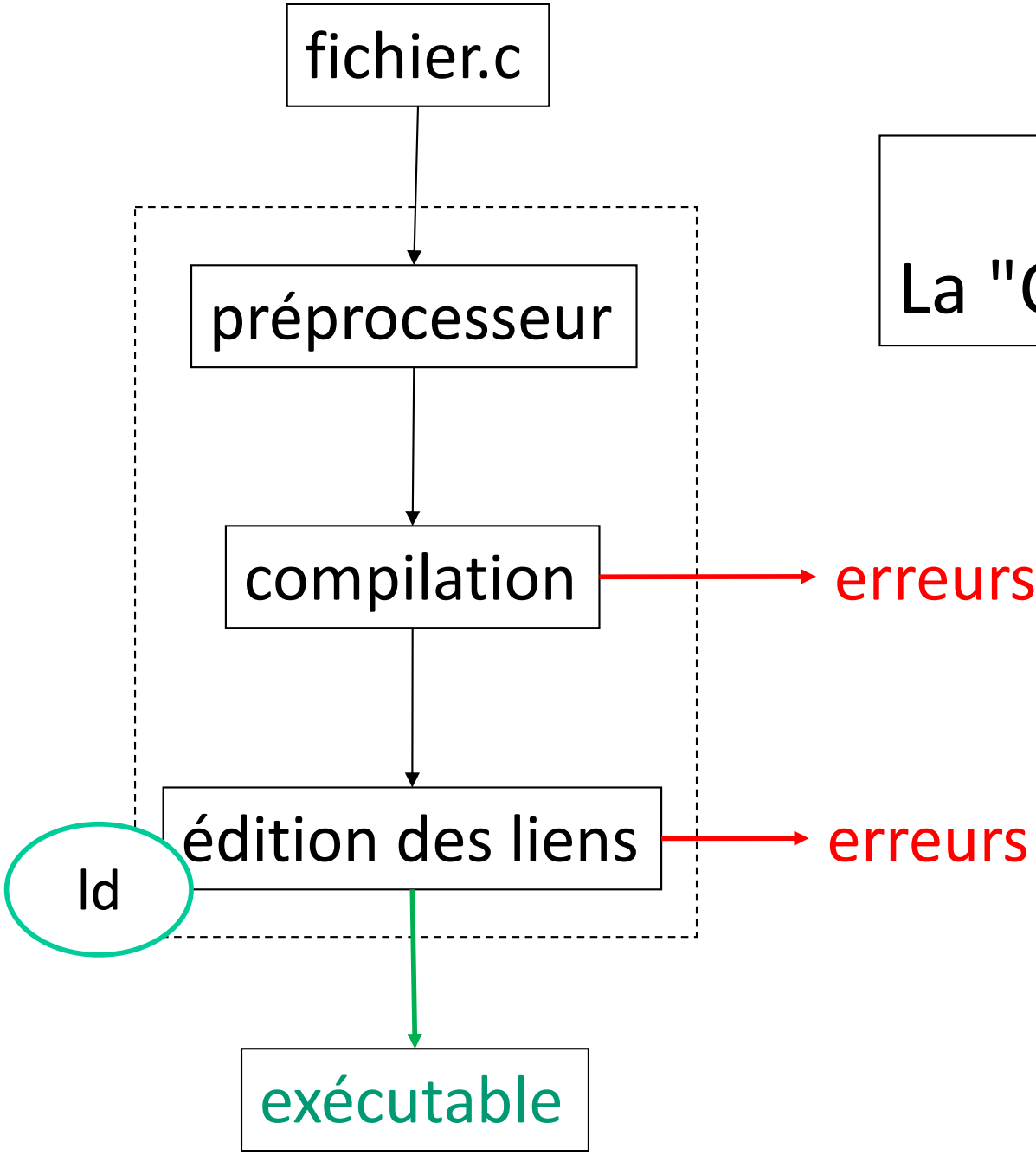
```
char * const p2 = &a;
*p2 = 'd';
 p2 = &b;
```

MACROS

1. Type constant
2. Type fonction

ISIMA

Rappel : La "Compilation"



Macros

- Synonymes
  - Macro-définition
  - Macro-commande
  - Macro-instruction
- 2 types de macros
  - Type constant
  - Type fonction

Macro de type constant (1)

- Synonymes
  - Macro définition
  - Constante symbolique

```
#define N          100
#define PI         3.14
#define EPSILON    1E-6
#define NOM        "loic"
```

PAS DE NOTION DE TYPE

```
#define nom texte_remplacement
```

```
float tab1[N];

#define N 100

float tab2[N];

#undef N
#define N 200

float tab3[N];

#undef N

float tab4[N];
```

- Validité
  - De la déclaration à la fin du fichier
  - Sauf #define
  - Sauf #undef
- Evaluation par le préprocesseur
  - Inconnu du compilateur

Macro de type constant (3)

- Constante sans valeur
- Utile pour la compilation conditionnelle
  - `#ifdef, #ifndef, #endif,`
  - `#else, #elif`

```
#define VARIABLE
```

PAS DE VALEUR

  - Gardiens

Calcul de x^2 ?

```
printf("%f", carre(12.5));
```

```
printf("%d", carre(5));
```

```
double carre_double(double)
```

```
int    carre_int(int)
```

```
printf("%f", carre_double(12.5));
```

```
printf("%d", carre_int(5));
```

Macro de type fonction (1)

- Macros avec paramètre[s]

```
#define NOM(paramètres) texte
```

- Syntaxe
  - Pas de point-virgule (sauf…)
  - Pas d'espace entre le nom et la parenthèse
  - Nom en majuscules

Calcul de x^2 !

```
#define CARRE1(A) A*A
```

```
int i = 2;
printf("%d", CARRE1(i));
```

```
printf("%f", CARRE1(5.1));
```

Usage des macros

- Simplifier un code => générique
  - Code plus simple à écrire ou à lire
  - Parfois plus dur à déboguer
- Eviter la duplication de code
  - Chercher / Remplacer par le préprocesseur
  - Un définition pour le développeur
- S'affranchir des types

Macro de type fonction (2)

- Substitution de texte
- Ce ne sont PAS des fonctions !
  - Pas d'appel de fonction => plus rapide
- Attention

  - Aux messages d'erreur du compilateur
  - Aux effets de bord
  - Parenthèsage systématique

Effets de bord ?

```
#define CARRE1(A) A*A
```

```
int i=2;
printf("%d", CARRE1(i+1));
/* résultat ? */
```

Parenthèsite aiguë

```
#define CARRE2(A)  (A*A)
```

```
#define CARRE3(A)  ((A)*(A))
```

Ne règle pas tout !

Exemple 2a

```
#define MAX1(A,B) A>B?A:B
```

```
int i = 2;
int j = 3;
printf("%d", MAX1(i,j));
```

Exemple 2b

```
#define MAX1(A,B) A>B?A:B
```

```
int i = 2;
int j = 3;
printf("%d", 6+MAX1(i,j));
```

Exemple 2c

```
#define MAX2(A,B) (((A)>(B))?(A):(B))
```

```
int i = 2;
int j = 3;
printf("%d\t", 6 + MAX2(i,j));
printf("%d\n", MAX2(i++, j++));
printf("i = %d j = %d\n", i, j);
```

Avec une fonction ?

- Si l'on veut calculer le maximum avec une fonction, il faut autant de fonctions qu'il y a de type
- Identification de paramètres
  - Paramètres évalués une fois

```
int max_int(int a, int b)
{
  return a > b ? a : b;
}
max(i++, j++) renvoie le bon résultat
```

Allègement de syntaxe

```
#define MALLOC(TYPE,NOMBRE) \
   ((TYPE *)malloc(sizeof(TYPE)*NOMBRE))
```

☺ pas de pointeur de pointeur
☹ attention aux messages du compilo

```
int   * pi, * pj;
float * pf;
```

```
pi = MALLOC(int, 10);
```

```
pf = MALLOC(float, 100);
```

```
pj = MALLOC(float, 100);
```

Écrire une "fonction" d'allocation

```
void allouer1(void ** pointeur,
              int nb, int taille) {
   *pointeur = malloc(nb*taille);
}
```

```
void * allouer2(int nb, int taille) {
   return malloc(nb*taille);
}
```

```
int *pi;

allouer1(&pi, 10, sizeof(int));
pi = (int *) allouer2(10, sizeof(int));
```

Allouer avec erreur

```
void allouer(void ** pointeur,
             int nb, int taille) {
  if ((*pointeur = malloc(nb*taille))
       == NULL) erreur();
}
```

```
int *pi;
allouer(&pi, 10, sizeof(int));
```

```
#define ALLOUER(PTR,NB,TYPE)                          \
 if ((PTR = (TYPE *)malloc(NB*sizeof(TYPE))) \
       == NULL) erreur()
```

```
int *pi;
ALLOUER(pi, 10, int);
```

Ecrire une macro complexe

```
#define MACRO(ARG1, ARG2) {   \
    fonction1(ARG1);          \
    fonction2(ARG2);          \
}
```

```
if (a!=b) fonction(b)  ;   else fonction(a);
```

```
if (a!=b) MACRO(a, b)  ;   else fonction(a);
```

Ne compile pas !

```
#define MACRO(ARG1, ARG2) do {   \
    fonction1(ARG1);             \
    fonction2(ARG2);             \
} while (0)
```

Aller plus loin…
opérateur

- Entoure l'élément de guillemets
- Note : `"A" "B"⇨"AB"`

```
#define DUMP1(X) printf("%s == %d", #X, X)
```

```
#define DUMP2(X) printf(#X " == %d", X)
```

```
int a = 1;
DUMP1(a); /* affiche a==1 */
DUMP2(a); /* affiche a==1 */
```

Mode DEBUG

```
#ifdef DEBUG
   #define DUMP1(X) printf("%s == %d", #X, X)
#else
   #define DUMP1(X)
#endif
```

```
#define DEBUG
```

```
$ DEBUG=1 make
```

```
$ make -DDEBUG
```

- TP sur les outils

Aller plus loin…
opérateur ## (1)

- Concatène deux éléments

```
#define COLLER(A,B) A##B
```

```
COLLER(A, 1) ⇨ A1
```

```
COLLER(COLLER(A,1),2)
  donne COLLER(A,1)2
  et non pas A12
```

empêche un développement supplémentaire

Aller plus loin…
opérateur ## (2)

- Concatène deux éléments

```
#define  COLLER(A,B) A##B
#define XCOLLER(A,B) COLLER(A,B)
```

```
XCOLLER(XCOLLER(A,1),2) ⇨ A12
```

Macro …

- C99 (pas ansi ☺)
- Macro variadique
- Nombre d'arguments variables

```
#define ESSAI(A, ...)
```

```
#define ESSAI(A, ...) \
     printf(A, __VA_ARG__)
```

Note sur la vitesse d'exécution

- Appel de macro ⇨ Pas d'appel de fonction
  - Pas de saut mémoire
  - Pas de paramètres empilés

Gain de temps

- Évaluation systématique des arguments
  - Dans MAX, un des arguments est évalué deux fois

```
MAX(f(x), g(x))
```

  - Perte de temps ???

Synthèse

- Avantages
  - Simplification d'écriture de code
  - Rapidité par rapport aux fonctions
- Désavantages
  - Augmente la taille du code
  - Effets de bords
  - Lenteur à cause de l'évaluation systématique
- Guide de style
  - Nom en MAJUSCULES

LIGNE DE COMMANDE

ISIMA

Ligne de commande ?

- Fournir des informations au programme qui s'exécute à partir du système

```
$programme param1 -l -r
$programme "une chaine avec espaces"
```

- Solution : le point d'entrée du programme
  - La fonction `main()`
  - Normes ANSI et ISO

Jusqu'à maintenant…

```
void main();
```

```
void main(void);
```

```
int main();
```

Pas d'autres types de retour possibles

Fonction "main"

```
int main(int argc, char ** argv);
```

```
int main(int argc, char * argv[]);
```

- Seuls prototypes minimaux reconnus par les normes ANSI et ISO
- Tout programme renvoie un état
- Paramètres séparés par au moins un espace

argc / argv

- *arg count*
  - Nombre d'éléments de la ligne de commande
- *arg vector*
  - Liste des arguments (chaînes de caractères)
  - Au moins un argument, le nom du programme
- Norme

```
argv[0]      -> nom du programme
argv[argc-1] -> dernier paramètre
argv[argc]   -> NULL
```

Transformer les arguments

- Tous les paramètres sont des chaînes de caractères…
- Conversion éventuelle dans un type différent

- Exemple : transformer en entier

```
int atoi(char *);
sscanf(chaine, format, variables);
```

Récupérer la valeur de retour

```
$ echo $?
```

```
> print ERRORLEVEL
```

```
EXIT_FAILURE
EXIT_SUCCESS
```

FICHIERS (BINAIRES)

1. Compléments sur les fichiers
2. Fichiers binaires

ISIMA

Fichiers

- Texte
  - Compréhensible par l'humain
  - Editeur de texte
  - Par défaut
- Binaire
  - Informations codées (illisibles)
  - Périphériques UNIX
  - Préciser le mode `b`
- Traitement similaire
- Flot / Flux

Un fichier…

- Informations suivantes
  - Nom et type du fichier
  - Mode d'ouverture (Lecture/Ecriture)
  - Emplacement sur le disque
  - Emplacement de la mémoire tampon en RAM
- Fichiers standards prédéfinis
  - `stdin`
  - `stdout`
  - `stderr`

Structure FILE

- Bibliothèque `stdio.h`
  - Stocker des informations sur le fichier à manipuler
- Mémoire-tampon
  - De taille BUFSIZ (pas de E)
  - Machine asynchrone

Structure FILE

```
typedef struct _iobuf {
  char*    _ptr;
  int      _cnt;
  char*    _base;
  int      _flag;
  int      _file;
  int      _charbuf;
  int      _bufsiz;
  char*    _tmpfname;
} FILE;
```

Issu du stdio.h de MinGW

FOPEN_MAX

- Nombre limité de fichiers ouverts (ressources systèmes)
- Au moins 8
- Fichiers déjà ouverts
  - `stdin`
  - `stdout`
  - `stderr`

Modes d'utilisation

- LECTURE (r)
  - *read*
- ECRITURE (w)
  - *write*
- AJOUT (a)
  - *append*
- Panachage : `r+`, `w+`, `a+`

Utilisation des fichiers binaires

- Ouverture/création/fermeture
  - `fopen / fclose`
- Lecture / Ecriture
  - Séquentielle `fread / fwrite`
  - Aléatoire `fseek / ftell`
- Gestion des fichiers
  - `feof / ferror / fflush`

fopen / fclose

```
FILE * fopen(const char * nom, char * mode);
```

- "Ouvrir" un fichier dont le nom est donné
  - Chemin valide
  - Mode "rb", par exemple

```
int fclose(FILE * fic);
```

- "Fermer" le fichier
  - Nécessaire
  - Force l'écriture des données non encore écrites
  - Vide les mémoires tampons

fread

1. Lire des objets d'un flux donné
2. Les placer en mémoire

```
size_t fread(void *ptr, size_t taille,
             size_t nbobj, FILE * fic);
```

- Quoi : lire `nbobj` objets de taille `taille`
- De : `fic`
- Où : zone mémoire, tableau `ptr`
- Retourne le nombre d'éléments **effectivement** lus

fwrite

1. Lire les données en mémoire
2. Ecrire des objets dans un flux donné

```
size_t fwrite(const void *ptr, size_t taille,
              size_t nbobj, FILE * fic);
```

- Quoi : écrire `nbobj` objets de taille `taille`
- De : zone mémoire `ptr`
- Où : fichier `fic`
- Retourne le nombre d'éléments **effectivement** écrits

Gestion des flux (1)

```
int feof(FILE * fic);
```

- Retourne une valeur non nulle si l'indicateur de fin de fichier est positionné

```
int ferror(FILE * fic);
```

- Retourne une valeur non nulle si l'indicateur d'erreur de fichier est positionné

```
#define EOF (-1)
```

Gestion des flux (2)

```
int fflush(FILE * fic);
```

- Vide la mémoire tampon associée à `fic`
- Force l'écriture/lecture
- Vide tous les tampons si fic est nul
- NON défini pour les flux d'entrée

Accès aléatoire (1)

- Accès au fichier à un endroit particulier
  - Gestion d'un curseur

```
long ftell(FILE * fic);
```

- Retourne la position du curseur fichier

Accès aléatoire (2)

```
int fseek(FILE * fic, long dep, int o);
```

- Déplacer le pointeur/curseur fichier
  - `dep` :déplacement (+ ou-)
  - `o` : origine dans les valeurs suivantes

```
SEEK_SET  :  du début du fichier (dep>0)
SEEK_END  :  de la fin de fichier (dep<0)
SEEK_CUR  :  de la position courante
```

- Retourne 0 si le déplacement est effectué

Exemple

- Gestion d'un répertoire personnel
  - Nom du contact
  - Numéro de téléphone
- Tableau en mémoire
  - À écrire/lire sur le disque

```
typedef struct
{
  char nom[30];
  char num[14];
} entree_t;
```

```
void enregistrer(entree_t repertoire[],
                 int taille)
{
  FILE * fichier = fopen("sauvegarde", "wb");
  int    res = 0;

  if (fichier)
  {
    res = fwrite(repertoire, sizeof(entree_t),
                 taille, fichier);
    if (res != taille)
      fprintf(stderr, "probleme\n");
    fclose(fichier);
  }
}
```

```
int lire(entree_t repertoire[])
{
  FILE * fichier = fopen("sauvegarde", "rb");
  int    taille = 0;

  if (fichier)
  {
    while(!feof(fichier))
      fread(&repertoire[taille++],
            sizeof(entree_t), 1, fichier);
    fclose(fichier);
  }
  return taille;
}
```

STRUCTURES PARTICULIÈRES

1. enum
2. union
3. champs de bits

ISIMA

Enumération (1)

```
const int lundi     = 0;
const int mardi     = 1;
const int mercredi  = 2;
const int jeudi     = 3
const int vendredi  = 4;
const int samedi    = 5;
const int dimanche  = 6;
```

```
#define LUNDI     0
#define MARDI     1
#define MERCREDI  2
#define JEUDI     3
#define VENDREDI  4
#define SAMEDI    5
#define DIMANCHE  6
```

```
printf("On est %d", mardi);
```

```
printf("On est encore %d", MARDI);
```

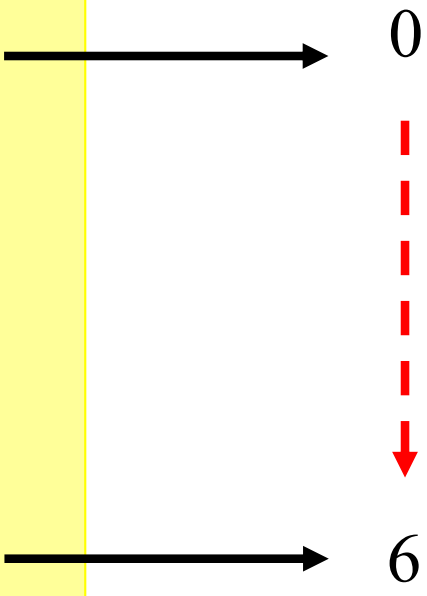
Enumération (2)

```
enum SEMAINE
{
   lundi, mardi,
   mercredi,
   jeudi,
   vendredi, samedi,
   dimanche
};
```

```
enum SEMAINE jour;
for (jour = lundi; jour <= vendredi; ++jour)
  printf("On travaille…");
```

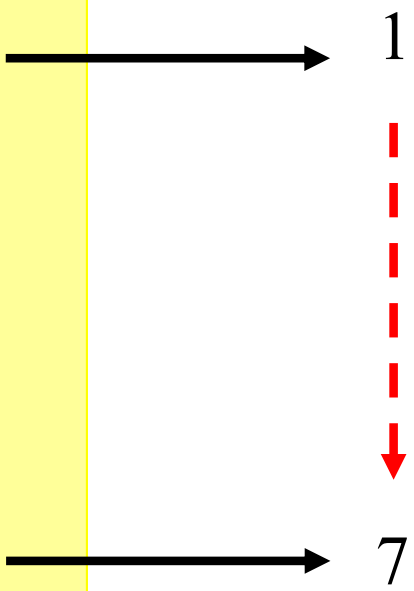
Point de vue du compilateur

```
enum SEMAINE
{
   lundi,
   mardi,
   mercredi,
   jeudi,
   vendredi,
   samedi,
   dimanche
};
```



- Affecte une valeur entière à chaque élément
- Sans précision
  - Commence à zéro
  - Incrémente la valeur pour chaque nouvel élément

```
enum SEMAINE
{
   lundi = 1,
   mardi,
   mercredi,
   jeudi,
   vendredi,
   samedi,
   dimanche
};
```



"Perturber"
le compilo

```
enum PAYS
{
   belgique = 32,
   france,
   angleterre = 44,
   etats_unis  = 1,
   allemagne   = 49,
   royaume_uni = 44
};
```

Compatibilité ?

```
enum PAYS pays;
```

```
pays = france;
```

```
pays = mercredi;
```

`enum` *vs* macros

- Constante symbolique
  - Substituée par le préprocesseur
  - N'existe pas pour le compilateur
- `enum`
  - Traduction en "entiers"
  - Vérification de type
  - Vraies constantes

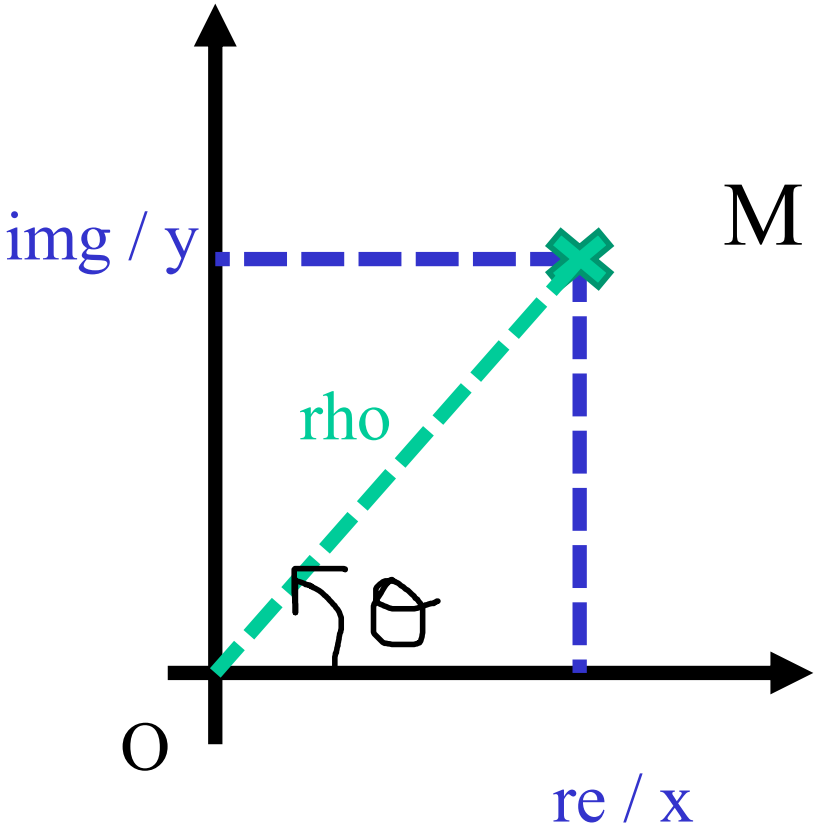
Union (1)

```
struct s
{
   int i;
   double d;
} s1;
```

```
union u
{
   int i;
   double d;
} u1;
```

- Ranger des variables différentes dans le même espace mémoire
- Stockage d'un champ à la fois

sizeof ?


M
img / y
rho
θ
O
re / x

Union (2)

```
enum FORMES {
 CAR, POL
};
```

```
typedef struct
{
  double rho;
  double theta;
} polaire_t;
```

```
typedef union
{
  cartesien_t car;
  polaire_t   pol;
} complexe_u;
```

```
typedef struct
{
  double reel;
  double imag;
} cartesien_t;
```

```
typedef struct
{
  complexe_u  val;
  enum FORMES forme;
} complexe_t;
```

Union (3)

```
double modulo_compl( complexe_t a)
{
   double res;

   switch (a.forme) {
      case CAR :
         res = sqrt(a.val.car.reel*a.val.car.reel
                  + a.val.car.imag*a.val.car.imag);
            break;
      case POL :
         res = a.val.pol.rho;
            break;
      default : fprintf(stderr, "Erreur\n");
   };
   return res;
}
```

Champs de bits

```
typedef struct couleur1
{
  unsigned int R;
  unsigned int G;
  unsigned int B;
  unsigned int A;
} couleur1_t;
```

- types obligatoires :
  - int, unsigned int

```
typedef struct couleur2
{
  unsigned int R:8;
  unsigned int G:8;
  unsigned int B:8;
  unsigned int A:8;
} couleur2_t;
```

FONCTION À NOMBRE D'ARGUMENTS VARIABLE

ISIMA

Etat des lieux

- Prototype de fonctions à nombre d'arguments fixe
  - Liste des types
- Fonctions qui ne respectent pas ce schéma !
  - `printf scanf`
  - Essayer de définir des fonctions avec le même nom mais avec une liste d'arguments différents
    ► IMPOSSIBLE

Prototype

```
<type_retour> nom(liste_fixe, ... );
```

- Liste NON VIDE de paramètres fixes

- Prototype de `fscanf` ?

```
int fscanf(FILE *,char *, ...);
```

```
fscanf(fichier, "%d %d", &nb1, &nb2);
```

Utilisation (1)

```
#include<stdarg.h>
```

Macros dans fichier include

```
va_list
```

Type liste de paramètre

```
va_start(liste, nom)
```

Initialiser la liste de paramètres

nom est le nom du dernier paramètre fixe de la fonction

```
va_end(liste)
```

Libération du pointeur de liste

Seulement conseillé par la norme donc … OBLIGATOIRE

Utilisation (2)

```
va_arg(liste, type)
```

- Récupération paramètre par paramètre
  - Un à chaque appel
- Types possibles
  - `int`, `double`,
  - pointeurs comme `char *`
- Types convertis
  - `char`, `float`

```
int ouvrable(char * mode, int nombre, ...) {
  int     result = 1;
  char *  fileName;
  va_list liste;

  va_start(liste, nombre);
  while (nombre--) {
    fileName = va_arg(liste, char *);
    if (!fopen(fileName, mode)) {
       result = 0;
       break;
    }
  }
  va_end(liste);
  return result;
}
/* exemple d'appel */
ouvrable("r", 2, "pg1.c", "pg2.c")
```

POINTEURS DE FONCTION

ISIMA

Une fonction ?

- Nom + type de retour + liste de paramètres

- Ce n'est pas une variable !
- Nom ► adresse en mémoire

- ⇨ Pointeurs de fonction

Exemples

```
int (*pf1)(void);
```

```
double (*pf2)(double, double);
```

```
void (*pf3)();
```

On ne connaît pas les paramètres de pf3.
(ancienne formulation du C)

```
void f3(nom1, nom2)
int nom1;
double nom2;
{ … }
```

Parenthèses obligatoires
pour (*nom)

```
double (*pf2)(double, double);
```

```
double max(double a, double b) {
  return (a > b)? a : b;
}
```

```
pf2 = &max;
```
Privilégier la compréhension

```
pf2 = max;
```
Privilégier la portabilité

```
max(2.0, 5.0);
```

```
pf2(2.0, 5.0);
```

```
(*pf2)(2.0,5.0);
```

Tableau de pointeurs (1)

```
int f1();
int f2();
int f3();
int f4();
```

```
switch(choix)
{
   case 0 : f1(); break;
   case 2 : f2(); break;
   case 2 : f3(); break;
   case 3 : f4(); break;
}
```

Analogie

```
int choix, val;
int a,b,c,d;
```

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

```
switch(choix)
{
  case 0 : a = val; break;
  case 1 : b = val; break;
  case 2 : c = val; break;
  case 3 : d = val; break;
}
/* ou if … else if else … */
```

```
t[choix]
  = val;
```

Tableau de pointeurs (2)

```
int (*tabptrfn[4]) ();

tabptrfn[0] = f1;
tabptrfn[1] = f2;
tabptrfn[2] = f3;
tabptrfn[3] = f4;
```

OU

```
int (*tabptrfn[]) () = { f1, f2, f3, f4 };
```

```
tabptrfn[choix] ();
```

"SWITCH"

```
  (*tabptrfn[choix])();
(**(tabptrfn+choix))();
```

Pointeur de fonction en paramètre

```
appliquer(10.0, 2.0, max );
```

```
double appliquer(double a, double b,
          double (*pf) (double, double) )
{
   pf(a,b);
}
```

```
double appliquer(double, double,
  double (*) (double, double) );
```

Prototype = pas de nom pour les paramètres

Pointeur de fonction en paramètre

- atexit()
- signal()
- qsort()

exit()

- Définie dans `#include <stdlib.h>`

- Sortie propre du programme
  - Tampons vidés
  - Fichiers fermés

- Libérer la mémoire allouée sur le tas

```
ptr = malloc(…);
if (!ptr) exit(2);
```

typedef

- Forme habituelle

```
typedef ancien_nom nouveau_nom;
```

```
typedef double(*)(double, double) NOM;
```

- Forme spéciale

```
typedef double (*NOM) (double, double);
```

```
double (*p1)(double, double) = min;
double (*p2)(double, double) = max;
NOM p1 = min, p2 = max;
```

Retour de fonction

Fonction f1 qui prend un char en paramètre
et retourne un pointeur de fonction ?

```
double (*) (double) f1(char);
```

```
typedef double(*PTR)(double);
```

```
PTR f1(char);
```

```
double (*f1 (char))(double);
```

C & UNIX

1. Processus
2. Interface
3. Entrées/sorties de bas niveau

ISIMA

Processus

- Identifiant unique *processus identifier*
  - Type spécial `pid_t`

```
pid_t getpid();
```

```
$ echo $$ (shell)
```

- Processus père (sauf processus 0)

```
pid_t getppid();
```

Copie de processus (1)

- Création d'un processus fils, **copie conforme** du processus père
  - Même zone de données et de code
  - Même environnement
  - Même priorité
  - Même description de fichiers
- Exécution **concurrente** des deux processus

Copie de processus (2)

```
pid_t fork();
```

```
#include <unistd.h>
```

Valeur de retour :

-1 : erreur lors de la création
limite du nombre de processus

0 : processus fils

>0 : processus père, pid du processus fils

Après un `fork()`, tout se passe comme si chacun venait de faire un `fork()`

Terminaison de processus

- Terminaison "normale"
  - Fin de la fonction `main()`
  - Fonction `void exit(int);`
- Valeur transmise au shell
  - Retour du `main()`
  - Paramètre d'`exit()`

} 0 : fin normale

```
$ echo $? (shell [k]sh)
> print ERRORLEVEL (dos/win)
```

Exemple 1

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

void main() {
  pid_t pid;

  switch(pid=fork()) {
    case (pid_t) -1 :
      printf("Erreur");
      exit(2);
    case (pid_t)  0 :
      /* sleep(100); */
      printf("FILS: %d (PERE: %d)",
              getpid(), getppid());
      exit(0);
    default :
      printf("PERE:%d (PÈRE: %d)",
             getpid(), getppid());
}
```

Exemple 2

```
int i;
for (i = 0; i < 3; i++) fork();
```

- Combien de processus sont créés ?

Interface C / Système

- Faire un appel système

```
int system(char *);
```

```
system("ls -l");
system("date");
```

- Passer des paramètres (ligne de commande)

```
int main(int, char **);
```

- Flux standards

```
stdin  : entrée standard                 <
stdout : sortie standard                  >
stderr : sortie d'erreur standard  2>
```

Bibliographie

- La programmation sous UNIX, Jean-Marie RIFFLET, Ediscience, 2003
- The C Programming Language, KERNIGHAN, RITCHIE, Prentice-Hall, 1989

- Guide de développement sécurisé en langage C, ANSSI, 2020