CRO: C langage and programming Roots

tanguy.risset@insa-lyon.fr
Lab CITI, INSA de Lyon
Version du July 13, 2023

Tanguy Risset

July 13, 2023

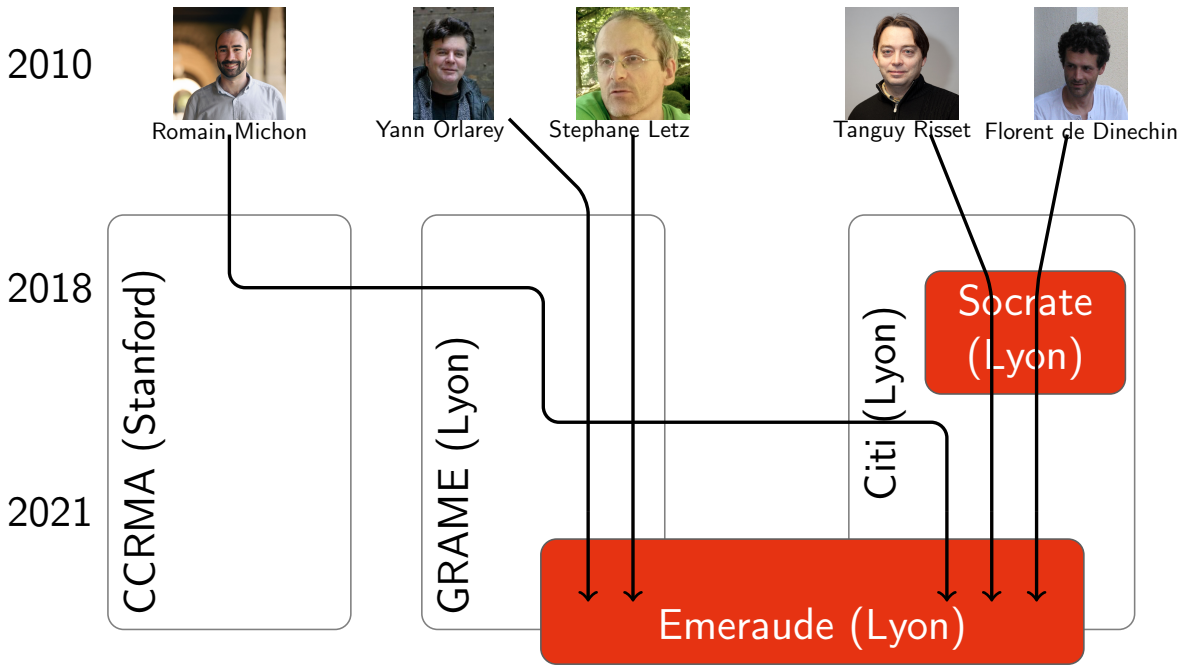
Emeraude: new Citi Team (2022)

A collaboration between Grame, Insa and Inria





Emeraude's origins



Link with TC

- 2020 creation of 5TC-AUD: Audio on ESP32 LyraT
- 2022 creation of 3TC-SON (projet audio embarqué) and retargetting 5TC-AmaUD on Teensy.
- Connexion with audio SMEs and academic universities.
- Possible PIR, parcours recherche etc.

Table of Contents

CRO: présentation du cours

- Cours de 32h répartis en:
  - 1 CM (2h)
  - 7 TD, en fait cours-TD machine (14h)
  - 4 TPs (16 h)
  - Évaluation: examen papier classique
- Principes de "cours-TP", chaque TD est associé à des slides que vous devez regarder avant de faire le TD.
- Compétences et connaissances du cours CRO:
  - Syntaxe du langage C
  - Pointeurs, manipulation explicite de la mémoire
  - Algorithmique élémentaire bas niveau (pointeurs et structures)
  - Introduction à la programmation de micro-contrôleurs embarqués
  - Notion d'outils de compilation (compilateur, Makefile)
- Mooddle (ouvert): Programmation C

Comment *rentabiliser* son CRO

- Notions renforcées dans CRO:
  - Fondements et principes fondamentaux de l'informatique.
  - Connaître le fonctionnement des ordinateurs.
  - Concevoir et réaliser un programme.
  - Comprendre l'exécution (universelles) des programmes.

  $\Rightarrow$ S'adapter rapidement aux nouvelles technologies informatiques (en les re-situant par rapport à celles que vous connaissez)

  $\Rightarrow$ Vous maîtrisez la machine...
- Expérience acquise (dans la difficulté quelquefois)
  - Apprendre la rigueur dans la production
  - Comprendre l'utilité de la phase de *conception*
  - "Ce que l'on conçoit bien s'énonce clairement" cette maxime s'applique tout à fait à la programmation, en C en particulier
- On n'est pas tous égaux devant la programmation en C...

Installer les outils utiles pour CRO

- Allez lire "README-TOOL-CRO.org" sur le Moodle du cours CRO
- Les outils utilisés dans CRO:
  - Le compilateur `gcc`
  - L'outil `make`
  - un éditeur de texte pour la programmation (emacs, vi, atom, sublimeText...), pas gedit!
- On peut trouver ces outils sur Windows et Mac (Ubuntu subsystem ou WSL sur Windows)
- On travaille en ligne de commande: pas de logiciel de développement intégré comme eclipse ou visualStudio.

Un mot sur le plagiat

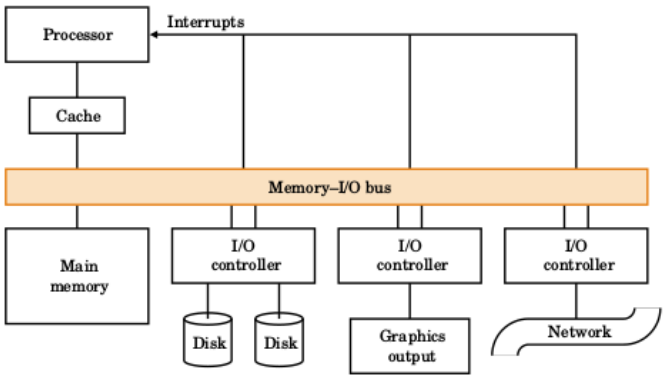
- Le plagiat selon Wikipedia: *Le plagiat est une faute morale, civile, commerciale et/ou pénale consistant à copier un auteur ou créateur sans le dire, ou à fortement s'inspirer d'un modèle que l'on omet délibérément ou par négligence de désigner. Il est souvent assimilé à un vol immatériel.*
- En programmation, on utilise très souvent des programmes écrits par d'autre personne $\Rightarrow$ mais on les cite!!!
- Ici, vous êtes en formation initiale:
  - On vous demande de produire du code et des rapports,
  - La production est la meilleure manière pour vous d'apprendre
  - Il est normal de vous classer sur vos capacité à produire plutôt qu'à reproduire
  - Soyez honnête avec vous-même..

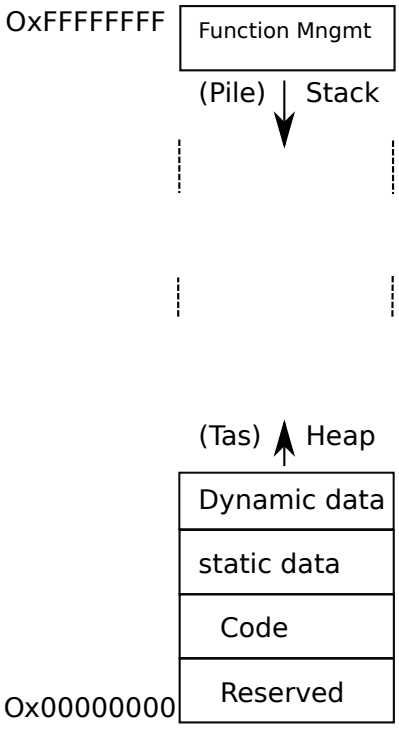
Table of Contents

Rappels sur l'architecture d'un ordinateur

- Un ordinateur de bureau est composé (au moins):
  - D'un processeur
  - D'une mémoire (dite *vive*: rapide et non rémanente)
  - D'un espace de stockage (disque dur: lent, rémanent)
  - De périphériques d'entrée/sortie (écran, claviers, etc.)
- Principe du processeur programmable:
  - Le processeur lit un programme en mémoire (programme *exécutable*, dépendant du type de processeur).
  - En fonction de ce programme
    - Il lit ou écrit des données en mémoire à une certaine *adresse mémoire* (nombre entier sur 32 bits)
    - Il effectue des calculs entre ces données

Rappels d'architecture



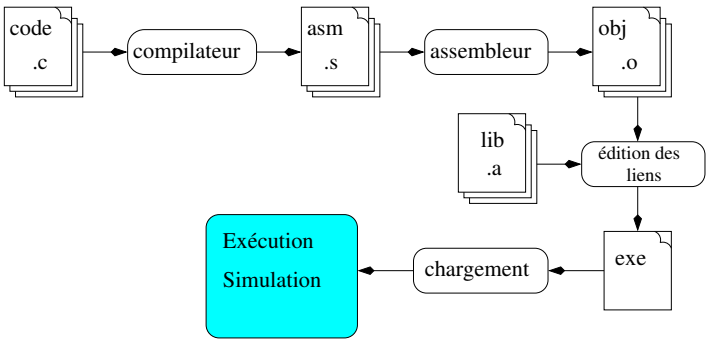


Architecture vue du programmeur

- Les systèmes modernes permettent
  - D'exécuter plusieurs programmes indépendant en parallèle (processus)
  - D'accéder à un espace mémoire plus grand que la mémoire physique disponible (mémoire virtuelle)
- Pour le programmeur: tout cela est transparent
  - Un seul programme s'exécute avec une mémoire très grande disponible
- La mémoire vue du processeur contient:
  - Le code à exécuter
  - Les données statiques (taille connue à la compilation)
  - Les données dynamiques (taille connues à l''exécution: le tas)
  - L'espace nécessaire à l'exécution du programme: la pile
- Le programmeur lui ne voit que les données (statiques et dynamiques)

Processus de compilation

- le processus complet va traduire un programme C en code exécutable (le chargement et l'exécution auront lieu plus tard).



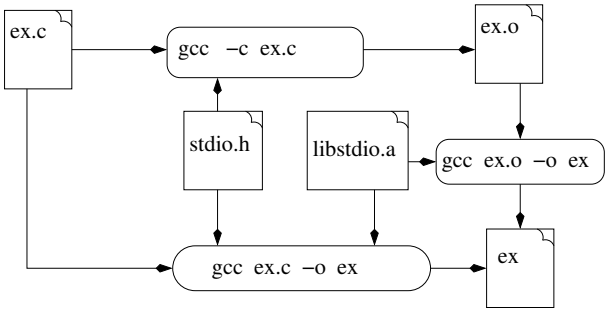
- On nomme souvent *compilation* l'ensemble compilateur+assembleur
- Le compilateur gcc inclut aussi un assembleur et un éditeur de lien (accessibles par des options)

Votre processus de compilation

- Le programmeur:
  - Écrit le programme C: ici le dans le fichier `ex.c`
  - Compile vers un programme objet `ex.o`
  - Fait l'édition de lien pour générer l'exécutable `ex`

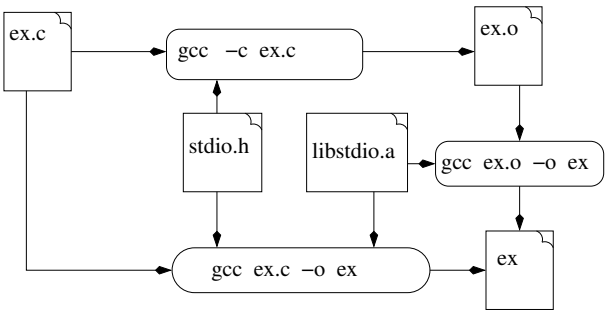
contenu de `ex.c`

```
#include <stdio.h>

int main()
{
  printf("hello World\n");

  return 0;
}
```



Dénomination à retenir

- Le programme C que vous écrivez est le *programme source* (`ex.c`)
- Le programme source est compilé en un *programme objet* par le compilateur (`ex.o`)
- Le programme source inclut un fichier d'en-tête (`stdio.h`) pour vérifier les noms des fonctions externes utilisées (exemple: `printf`)
- le *programme exécutable* est construit par l'éditeur de liens grâce aux programmes objets et aux bibliothèques.
  - Les *bibliothèques* (*library* en anglais) sont des codes assembleurs (i.e. déjà compilés) de fonctions fréquemment utilisées. Ici la bibliothèque utilisée est `libstdio.a` qui contient le code de la fonction `printf`



Options utiles de gcc

- `-c` :pas d'édition de liens (produit un fichier objet `.o`)
- `-o file`: renomme le fichier de sortie `file` (au lieu de `a.out`)
- `-g` : insère les informations nécessaires à l'utilisation d'un déboggeur (gbd).
- `-Wall` : fait le maximum de vérifications statiques possibles
- `-Ipath` : recherche les fichiers d'en-tête dans le répertoire `path` avant de les rechercher dans les répertoires standards (`/usr/include`, `/usr/local/include`).
- `-Lpath` : recherche les librairies dans le répertoire `path` avant de les rechercher dans les répertoires standards (`/usr/lib`, `/usr/local/lib`).
- `-Dflag=val` : équivalent à écrire la directive `#define flag val` dans le code

Table of Contents

Caractéristiques du langage C (par rapport à d'autres..)

- Le langage C est inventé à la fin des années 70 pour programmer unix sur la machine PDP11.
- C est un langage de programmation *impératif*
  - On spécifie des *actions* qui ont lieu sur des *données*
  - Contrairement aux langages *objets*, *fonctionnels*, *equationnels*, etc.
- C est un langage *typé*
  - Toute variable doit être *déclarée* avant utilisation avec un *type* et ne sera utilisé qu'avec des valeurs de ce type
  - Contrairement à Python par exemple.
- C permet de (et est fait pour) manipuler directement *les cases mémoires* de la machine.
  - Il fait cela grâce aux *pointeurs*, C est un langage (haut-niveau) de *bas niveau*
  - Contrairement à tous les autres langages haut-niveau par exemple.

Caractéristiques du langage C (2)

- C ne propose en revanche aucune opération qui traite directement des objets de plus haut niveau
  - fichier informatique, liste, table de hachage doivent être construits *à la main* à partir des types de bases.
  - Contrairement à Python par exemple
- Il n'y a pas de gestion implicite de la mémoire
  - il faut allouer et désallouer explicitement la mémoire que l'on veut utiliser pour le programme
  - Il y a des allocations *statiques* (déclarations de variables) ou *dynamiques* (allocation lors de l'exécution).
  - Il n'y a pas de *garbage collecteur* (ramasse miettes)
  - Contrairement à Python, Java par exemple.
- Nécessite très peu de support à l'exécution, juste la `libc` qui est généralement installée sur toute les machines.

Pro/Con du langage C

- Ces caractéristiques en font un langage privilégié pour:
  - La programmation embarquée des micro-contrôleurs (quasiment exclusivement en C).
  - L'écriture de systèmes d'exploitation ou de modules noyaux (Les noyaux Linux et Windows sont en grande partie écrits en C)
  - Les programmes ou l'on souhaite maîtriser les ressources matérielles utilisées et les algorithmes implémentés (calcul intensifs, cryptographie,...)
- Il y a aussi un certain nombre de défauts:
  - Peu de vérification du compilateur $\Rightarrow$ de nombreux *bugs d'inattention* qui font perdre un temps incommensurable.
  - Pas de gestion d'exception, modularité rudimentaire (pas d'espace de noms, pas de programmation objet).
  - Source de nombreuses failles de sécurité (débordement de tampon).

Quelques règles d'écriture de programmes C

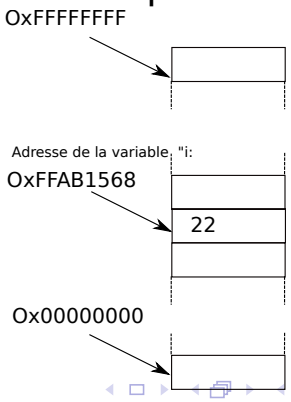
- Ne jamais placer plusieurs instructions sur une même ligne.
- Utiliser des identificateurs significatifs pour les noms de fonctions
- Indentez vos programmes!!!
- une ligne blanche entre la dernière ligne des déclarations et la première ligne des instructions
- Une accolade fermante est seule sur une ligne.
- Aérer les lignes de programme en entourant par exemple les opérateurs avec des espaces
- Utilisez un éditeur pour programmer: Vim, emacs, Atom, sublimeText, vscode
- PAS ECLIPSE!

Table of Contents

Valeur ≠ référence

- En informatique il est important de distinguer un *objet* et une *référence*:
  - *Une variable* (ou un objet) est stockée dans la mémoire
  - *Une référence* pointe vers une variable (ou un objet).
  - En C la notion de *pointeurs* est introduite pour faire des références sur les objets.
- En C lorsqu'on déclare une variable, une place est réservée dans la mémoire à l'exécution du programme, en C, on peut manipuler la variable par l'intermediaire de son *addresse* un pointeur.

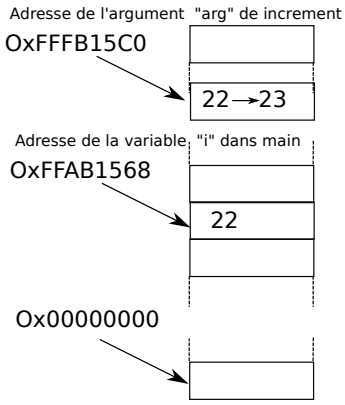
```
int main()
{
  int i=22;

  [...]
}
```



Passage de paramètre par valeur ou par référence

- Supposons qu'une fonction `increment` modifie son argument:

```
void increment(int arg)
  {
    arg=arg+1;
  }

int main()
  {
    int i=22;

    increment(i);
    // ici, i vaut toujours 22
     [...]
   }
```



- En C les arguments des fonctions sont passés **par valeur**
- La case de `arg` contient *une copie de la valeur* de la case de `i`

Passage de paramètres en python

- Passage par valeur
- Type entier non mutable

```
def increment(a):
    a=a+1

i=22
increment(i)
print(i)
# i vaut 22
```

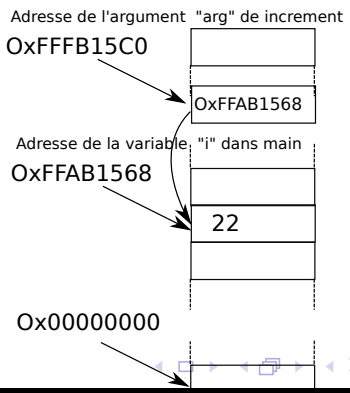
- Passage par référence
- Type liste mutable

```
def allonge(l):
    l.append(4)

l=[1,2,3]
allonge(l)
print(l)
# l vaut [1,2,3,4]
```


Passage "par référence" en C

- En C, on émule un passage par référence, en passant la référence en argument grâce à la notion de *pointeur*.
- opérateur importants: `*` et `&`
- l'opérateur `&` ("adresse"): `&i` renvoie l'adresse de l'objet `i`
- l'opérateur `*` ("déréférencement"): `*p` renvoie l'objet pointé par le *pointeur* `p` (i.e. l'objet présent à l'adresse `p`)
- Attention, l'opérateur `*` est aussi utilisé dans les déclaration de variables pour spécifier les type "pointeurs"

```
void increment(int *arg)  {
    *arg=*arg+1;
  }
int main()  {
    int i=22;
    increment(&i);
    // ici, i vaut 23
     [...]
```



La notion de pointeur en C

- Un pointeur en C est une variable (qui est donc stockée dans une case mémoire),
- Mais cette variable contient une valeur qui est *l'adresse* d'une autre variable.
- La gestion de la mémoire est beaucoup plus explicite en C:
  - On ne peut pas choisir l'adresse où sera stockée une variable
  - Mais on peut y accéder soit par son nom de variable, soit par son adresse (que l'on récupère par l'opérateur &)
  - La norme du langage C spécifie l'agencement en mémoire de certaines structures de donnée. Par exemple les éléments d'un *tableau* en C (l'équivalent d'une liste en Python), sont *consécutifs en mémoire*.
  - Les fonctions `malloc` (équivalent des fonctions `new` en java ou Python) et `free` permette d'allouer des *blocs* mémoire et de les remplir d'à peu près n'importe quoi.

Valeur et Adresse: exemple

Depuis le passage des adresses sur 64 bits on utilise le format %p pour les addresses

```
int i,j;
i=3;
j=i;
fprintf(stdout,"L'entier i=%d est à l'adresse %p\n",i,&i);
fprintf(stdout,"L'entier j=%d est à l'adresse %p\n",j,&j);
```

affiche

```
L'entier i=3 est à l'adresse 0x7ffd8b130470
L'entier j=3 est à l'adresse 0x7ffd8b130474
```

Exemple d'utilisation d'un pointeur

```
#include <stdio.h>

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

  p = &i;
  printf("*p = %d \n",*p);
}
```

imprime *p = 3

objet	adresse	valeur
i	OxBFF434000	3
p	OxBFF434004	OxBFF434000
*p	OxBFF434000	3

Valeur et Adresse: exemple

```
main()
{
  int i = 3, j = 6;
  int *p1, *p2;
  p1 = &i;
  p2 = &j;
  *p1 = *p2;
}
```

après exécution

objet	adresse	valeur
i	OxBFF434000	6
j	OxBFF434004	6
p1	OxBFF434084	OxBFF434000
p2	OxBFF434092	OxBFF434004

```
main()
{
  int i = 3, j = 6;
  int *p1, *p2;
  p1 = &i;
  p2 = &j;
  p1 = p2;
}
```

après exécution

objet	adresse	valeur
i	OxBFF434000	3
j	OxBFF434004	6
p1	OxBFF434084	OxBFF434004
p2	OxBFF434092	OxBFF434004

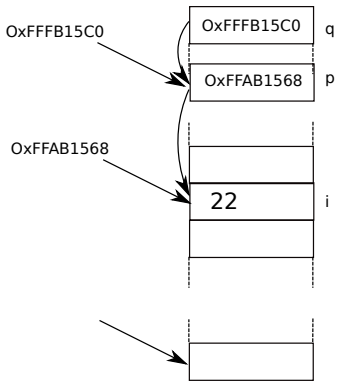
Comment ne pas s'embrouiller avec les pointeurs

- Dessinez la mémoire !

Pour ce programme:

```
int main()  {
    int i=22;
    int *p; **q;

    p=&i;
    q=&p;

    print("i vaut %d\n",
          **q);
     [...]
   }
```

Dessinez:



ou mieux:

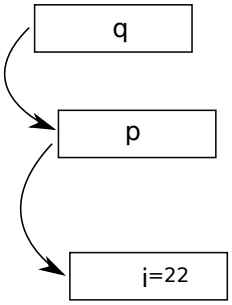


Table of Contents

Types de base en C

- En C, les variables doivent être *déclarées* avant d'être utilisées, on dit que C est un langage *typé*
- Les types de base en C sont désignés par des *spécificateurs de type* qui sont des mots clefs du langages:
  - les caractères (`char`),
  - les entiers (`int, unsigned int, short, long, ...`)
  - les flottants (nombres réels: `float, double`).
  - Il n'y a pas de type booleen, ils sont codés par des `int` (0=False)
- Une instruction composée d'un spécificateur de type et d'une liste d'identificateurs éventuellement initialisés séparés par une virgule est une déclaration. Par exemple:

```
int a;
int b = 1, c;
double x = 2.38e4;
char message[80];
```


Les entrées/sorties: `printf` et `scanf`

- La syntaxe de la fonction `printf` est:

```
printf("chaîne de contrôle ",expr-1, ..., expr-n);
```

- La `"chaîne de contrôle"` contient le texte à afficher et les spécifications de format correspondant à chaque expression à afficher.
- Quelques format: %d → entier, %c → caractère, %f → réel (double).
- exemples:

```
int a;                          int a;
a=10;                           a=10;
printf("a vaut %d \n",a);       printf("a vaut % x\n",a);
```

- résultats:

```
a vaut 10                       a vaut A
```

La fonction scanf (préférez fgetc pour les char)

- La syntaxe de la fonction `scanf` est:

```
scanf("chaîne de contrôle ",&expr-1, ..., &expr-n);
```

- Ici, la `"chaîne de contrôle"` ne contient que les formats
- Les données à entrer au clavier doivent être séparées par des blancs ou des <RETURN> sauf s'il s'agit de caractères (<RETURN> est un caractère).
- exemple:

```
##include <stdio.h>
main()
{
  int i;
  printf("entrez un entier sous forme hexadecimale i = ");
  scanf("%x",&i);
  printf("i = %d\n",i);
}
```

- Si on entre au clavier la valeur 1a, le programme affiche i = 26.
- Attention à bien donner l'*adresse* de la variable à affecter (passage de paramètre par "référence").

Fichiers en C

- Un fichier est un *périphérique à accès séquentiel*.
- En C, un fichier sera accédé par une sorte de *curseur* (en lecture ou en écriture) qui peut se déplacer dans le fichier.
- `fopen` retourne le descripteur du curseur (le numéro du *descripteur de fichier*):
- Exemple d'ouverture de fichier en lecture:

```
FILE *fich;
fich=fopen("./monFichier.txt","r");
if (!fich) fprintf(stderr,"Erreur d'ouverture : %s\n","./monFichier.txt");
```

- Un objet de type `FILE` est quelquefois appelé un descripteur de fichier, c'est un entier désignant quel est le fichier manipulé.
- Trois descripteurs de fichier peuvent être utilisés sans qu'il soit nécessaire de les ouvrir (à condition d'utiliser `stdio.h`):
  - 1: `stdin` (standard input) : unité d'entrée (par défaut, le clavier) ;
  - 0: `stdout` (standard output) : unité de sortie (par défaut, l'écran) ;
  - 2: `stderr` (standard error) : unité d'affichage des messages d'erreur (par défaut, l'écran).
- Ces notions (entrée/sortie standard) sont fondamentales dans tout programmes.

Outil pour la programmation :Makefile

- À l'aide d'un fichier de description (en général appelé `Makefile`), l'utilitaire `make` crée la suite de commande qui va compiler votre programme
- Dans un fichier `Makefile`, une *cible* est un objet qui va être produit (par exemple un exécutable) par une règle de production.
- On produit une cible particulière à partir de fichiers particuliers, ces fichiers sont les *dépendances* de la cible.
- Exemple:

```
all: main

main:  main.o
       gcc main.o -o main

main.o: main.c type.h
      gcc -c main.c -o main.o
```

à l'exécution:

```
>make
>gcc -c main.c -o main.o
>gcc main.o -o main
```


Programmation modulaire: un exemple simple

```
//fichier fact3.c
//calcule n! ou n entier
int factorielle(int n)
{
  int  i, fact=1;
  for (i = 1; i<=n; i++)
    fact *= i;
  return(fact);
}
```

```
//fichier fact3.h

//Declaration en-tetes
int factorielle(int n);
```

```
//fichier main2.c
#include "fact3.h"

int main()
{
  int x;
  x=factorielle(10);
  printf("10!=%d\n",x);
  return(0);
}
```

- On définit les en-têtes dans un fichier d'en-têtes pour la réutilisation par d'autres programmes.
- Commandes de compilation:

```
gcc -c fact3.c -o fact3.o
gcc -c main2.c -o main2.o
gcc main2.o fact3.o -o main2
```

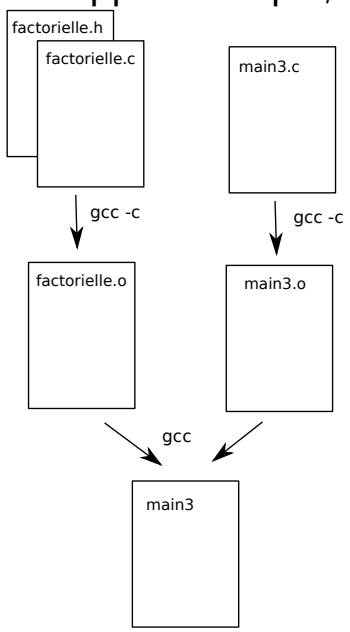
fichiers source `.c` et `.h`

- Pour chaque fichier source `.c`, on définit les signatures (i.e. en-tête) de fonctions dans dans un fichier d'en-têtes (fichier `.h`), pour les rendre *publiques* à d'autres fonctions.
- En C on ne peut pas *définir* une fonction à l'intérieur d'une fonction
- En revanche on peut *utiliser* une fonction dans une fonction.
- Pour cela il y a deux contraintes:
  1. Au moment de *la compilation*, lorsque le compilateur rencontre l'appel à une fonction `factorielle`, il faut qu'il ait déjà rencontré l'en-tête de la fonction `int factorielle(int n)`
  2. Au moment de *l'édition de lien*, il faut que l'un des codes objet contienne le code compilé de la fonction factorielle.
- Ces contraintes sont assurées en produisant un fichier d'en-tête (`.h`) pour chaque fichier source (`.c`)

Table of Contents

Première étape: architecture logicielle

On suppose ici que, suite au cours ALG, vous savez trouver un algo...



fichier Makefile

```
CFLAGS=-Wall
LDFLAGS=-Wall

all: main3

main3: main3.o factorielle.o
        gcc ${LDFLAGS} main3.o factorielle.o -o factorielle

main3.o: main3.c factorielle.h
        gcc ${CFLAGS} -c main3.c -o main3.o

factorielle.o: factorielle.c factorielle.h
        gcc ${CFLAGS} -c factorielle.c -o factorielle.o

clean:
        \rm -f *.o main3
```


Écriture du code: factorielle (recursive)

fichier factorielle.h

```
int factorielle(int n);
```

fichier factorielle.c

```
#include "factorielle.h"

//fonction factorielle
//calcule n! ou n entier>0
//de manière récursive
int factorielle(int n)
{
  int   fact;

  if (n==1)
    fact=1;
  else
    fact=n*factorielle(n-1);

  return fact;
}
```

fichier main3.c

```
#include <stdio.h>
#include "factorielle.h"

int main()
{
  int x;

  x=factorielle(10);
  printf("factorielle(10) = %d\n",x);

  return 0;
}
```

Compilation & Debug

```
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$ make
gcc -Wall -c main3.c -o main3.o
gcc -Wall -c factorielle.c -o factorielle.o
gcc -Wall main3.o factorielle.o -o main3
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$ ./main3
factorielle(10) = 3628800
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$
```


Savoir lire les messages de compilation

fichier main3.c modifié (sans inclure `factorielle.h`)

```
#include <stdio.h>

int main()
{
  int x;

  x=factorielle(10);
  printf("factorielle(10) = %d\n",x);

  return 0;
}
```

message de compilation

```
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$ make
gcc -Wall -c main3.c -o main3.o
main3.c: In function 'main':
main3.c:7:5: warning: implicit declaration of function 'factorielle' [-W
x=factorielle(10);
     ^
gcc -Wall main3.o factorielle.o -o main3
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$ ./main3
factorielle(10) = 3628800
```

Savoir lire les messages de compilation

fichier factorielle.c modifié (deux * rajoutées...)

```
[...]
int factorielle(int n)
{
  int   *fact;

  if (n==1)
    fact=1;
  else
    *fact=n*factorielle(n-1);

  return fact;
}
```

```
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$ make
gcc -Wall -c factorielle.c -o factorielle.o
factorielle.c: In function 'factorielle':
factorielle.c:11:9: warning: assignment makes pointer from integer without a cast [-Wint-conversion]
     fact=1;
          ^
factorielle.c:15:10: warning: return makes integer from pointer without a cast [-Wint-conversion]
   return fact;
          ^
factorielle.c:13:10: warning: 'fact' may be used uninitialized in this function [-Wmaybe-uninitialized]
     *fact=n*factorielle(n-1);
          ^
gcc -Wall main3.o factorielle.o -o main3
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$ ./main3
Erreur de segmentation (core dumped)
trisset@fania:~/cours/2018/CRO/cours_tri/exemples_C$
```


Bonnes pratiques de programmation en C

- Utiliser le flag `-Wall` dans le Makefile.
- Ne **jamais** laisser traîner des Warning non résolus.
- Tester chacune de vos fonctions indépendemment.
- Debugger une seule chose à la fois.
- Consolider la recherche de la source du bug, l'essentiel du temps de perdu en debug vient du fait que l'on s'est trompé sur la source (i.e. la ligne) du bug.
- (Pour l'instant) l'outil de Debug privilégié est le `printf` **MAIS:**
- **Attention**, une instruction `printf` qui s'exécute ne s'affiche pas forcément à l'écran!
- Pour être sur que le `printf` s'affiche, il faut terminer la chaîne de caractère par `\n`:
  `printf("La variable i vaut %d\n",i);`

Table of Contents

Les différentes normes de C

- C est inventé en 1972 par Dennis Ritchie et Ken Thompson
- Popularisé grâce au livre de Kernighan et Richie (K&R): "The C Programming Language"
- La première normalisation a abouté en 1989 à la norme C89 dites *Ansi C* (dites aussi C90 ou C ISO), très légères évolutions par rapport au C original de K&R.
- En 1999, nouvelle normalisation ISO: C99
- Puis en 2011, le standard C11 est ratifié

$\Rightarrow$ On vous conseille d'être compatible C11 (options `-std=c11` de gcc), normalement tous ce que je vous apprend passe à ça..

Optimisation et Warning

- Le niveau d'optimisation (options -O de `gcc`) a une grande influence sur l'éfficacité et sur le comportement des programmes faux.
  - Par défault, le compilateur met l'otion -O2 (niveau 2 d'optimisation)
  - On peut vouloir -03 (plus rapide) ou -O0 (dans le cas de code embarqué)
- `-Wall` indispensable
- Pour avoir un maximum d'information on peut utiliser:
  `-Wall -Wextra -pedantic`
- Pendant la phase de test, il est conseillé d'utiliser
  `-Werror`
  (provoque une erreur dès qu'il y a un Warning).

Utilisation (moderne) des types simples

- Traditionnellement on utilise les types: `char`, `int`, `short`, `long` ou `unsigned`.
  - On rappelle que les entiers n'ont pas la même taille sur toutes les machines
  - `char`: 8 bits, `short`: au moins 16 bits, `int`: au moins 16 bits, `long`: au moins 32 bits, `long long`: au moins 64 bits, etc.
- La librairie *standard int type* (`<stdint.h>`) est de plus en plus préconisée:
  - Entiers signés: `int8_t`, `int16_t`, `int32_t`, `int64_t`
  - Entiers non signés: `uint8_t`, `uint16_t`, `uint32_t`, `uint64_t`
  - Utiliser `uint8_t` plutôt que `char` si on désigne des octets.
  - La fonction `sizeof()` renvoit un entier de type `size_t` qui est, en gros, un entier capabable stocker le plus grand index de tableau possible sur la machine. À utiliser impérativement pour faire du code portable.
  - Continuer d'utiliser `char` si on utilise les fonction de `libstring` (`<string.h>`)

programme de la suite du cours

- Le reste des séances CRO se feront sur machine.
- Pour chaque séance vous disposerez
  - D'un sujet de TD/TP
  - De slides de cours expliquant les concepts
  - De sections "pour aller loin" avec solution
- Programme des séances
  - TD1: introduction à C et Makefile
  - TD2: Entrées/Sorties simple, passage de paramêtres
  - TD3: Tableaux, structures de contrôle, boucle, E/C Fichiers
  - TD4: Pointeurs, structures et listes chainées
  - TP1: Pointeurs: tours de Hanoï
  - TD5: Pointeur et arbres
  - TP2: bigInt: tableau et test
  - TD6: listes triées en C (pointeurs avancé)
  - TD7: socket en C (programmation système)
  - TP3: Graphes en C
  - TP4: Programmation micro-controleur MSP430