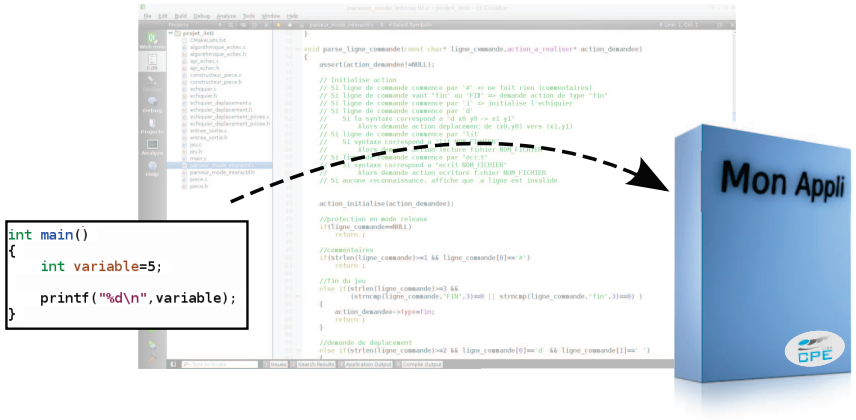
Developpement logiciel en C

Software development in C



Developpement logiciel en C

damien.rohmer@cpe.fr

6 Cours (2h)

6 séances projets (4h)

(36h)

damien.rohmer@cpe.fr
martine.breda@cpe.fr
nathael.pajani@cpe.fr
mohamed.sallami@cpe.fr

6 travaux autonomie (3h)

\+

18h révision

(72h)

2 notes TA
1 note rendu projet
1 contrôle écrit

But du module

Connaitre/Mettre en oeuvre:

Bonnes pratiques de codage

Eviter les bugs
Certifier la validité d'un programme
Gérer un code important

méthodes de codage
(assertions, tests,
utilisation du compilateur...)

Tests unitaires/integrations

Séparation en niveau d'abstraction
Chaine de compilation
Travail en collaboration (SVN, git, ...)
Dialogue fichiers

Acquis du module

Acquérir une culture générale informatique

(implicite)

language du monde informatique
licences logiciels
cycles de developpement
logiciels de debugs, version
...

Devenir indépendant face à la machine

(implicite)

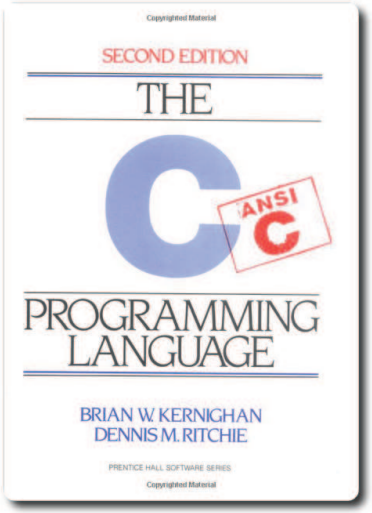
utiliser le compilateur et lire ses sorties
debugger
utiliser la ligne de commande sous linux
réaliser des scripts minimalistes d'automatisation
utiliser les Makefile
utiliser des librairies
...

Savoir lire et s'habituer au code de vrais projets

(explicite)

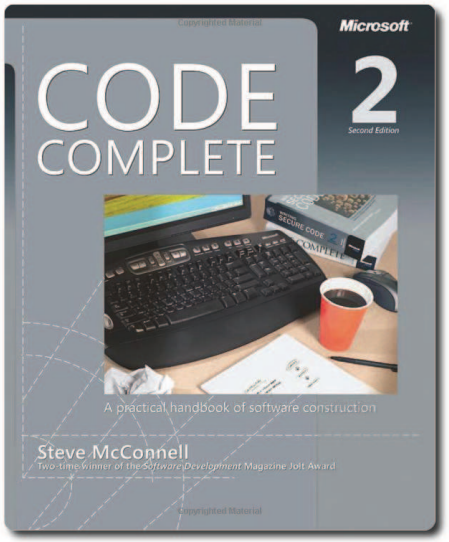
precompilateurs
contraintes des gros codes
méthodologie standard de developpement
connaitre et reconnaitre les bonnes pratiques
...

Bibliographie supplémentaire



Syntaxe C complète

Bibliographie supplémentaire



Bonnes pratiques de codage (générique)

Bibliographie supplémentaire

Les sites web:

+ Google

Wikipedia
http://www.wikipedia.org/

Developpez.com
http://www.developpez.com/

Le Site du Zéro
http://www.siteduzero.com/

Servez-vous en pour pratiquer, progresser
Ne le cachez pas!

Pratiquez

Informatique= pratique
= expérience

Pratiquez !

+ Pratique => meilleur emploi

recherchent ce que vous savez faire!
pas vos notes!

Pratiquez

Informatique= pratique
= expérience

Pratiquez !

Outils à votre disposition:

PC Personnel+  = confort

Pensez au solutions pas chères
ex. leboncoin:


120 euros

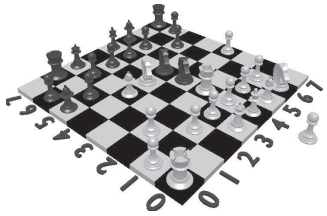

180 euros


85 euros

+
Salles infos CPE
ouvertes jusqu'à
21h !

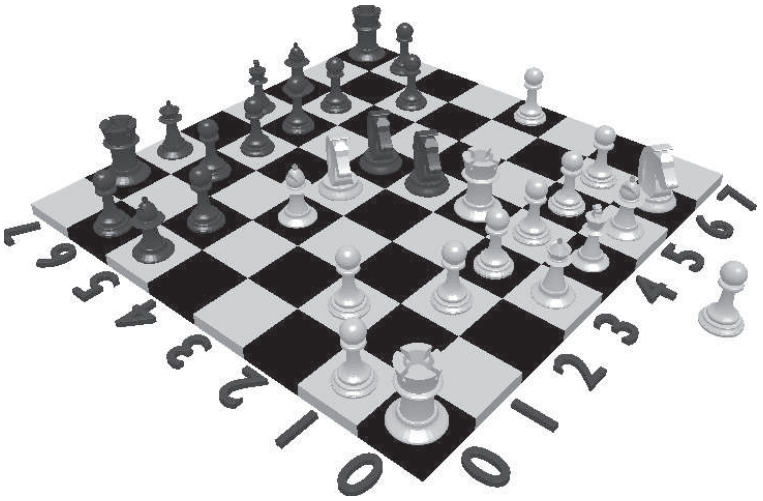
Sommaire

Le projet

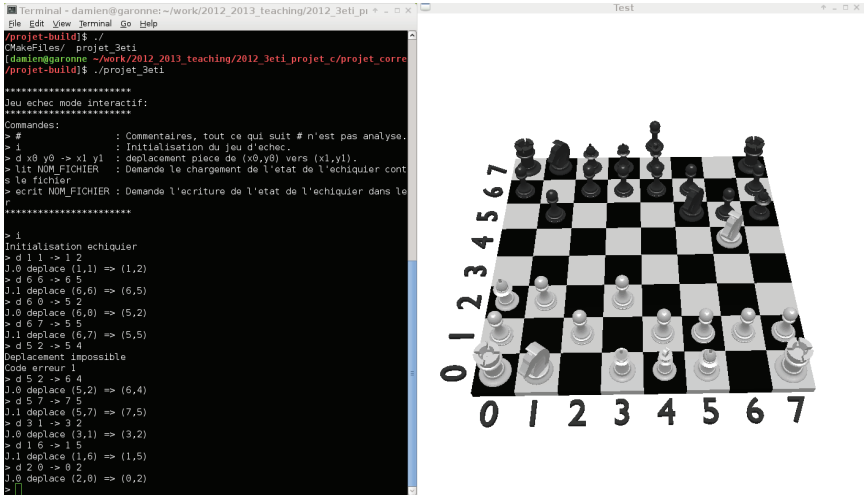


Le projet

Réaliser un jeu d'echec



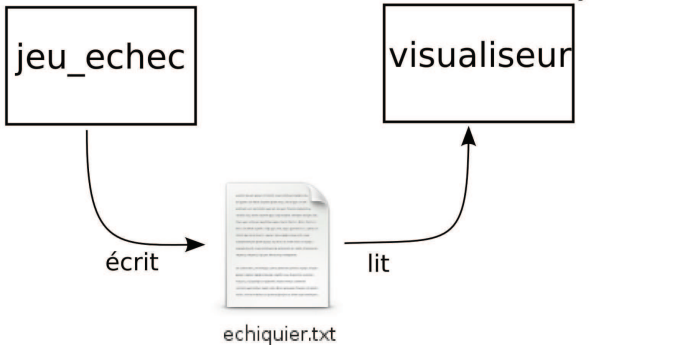
Le projet: fonctionnement



Dialogue → Interprétation → Visualisation

Le projet: coeur/graphique

```
typedef struct
{
  type_de_piece type;
  int coord_x;
  int coord_y;
}piece;
```

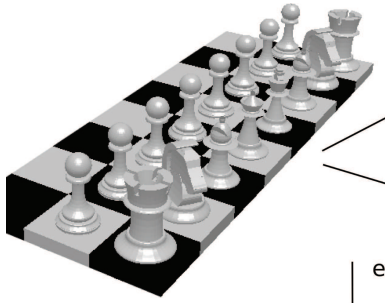


Le projet: Piece

```
typedef struct
{
  type_de_piece type;
  int coord_x;
  int coord_y;
}piece;
```

```
typedef enum {inconnue=0,
              tour=1,
              cavalier=2,
              fou=3,
              reine=4,
              roi=5,
              pion_blanc=6,
              pion_noir=7} type_de_piece;
```


Le projet: Jeu

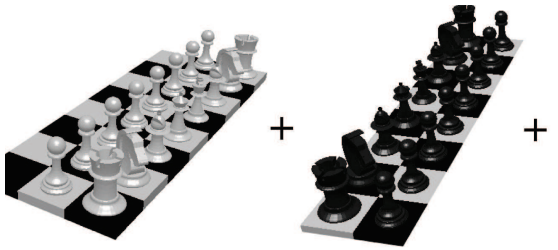


16

```
typedef struct{
  piece ensemble_de_piece[MAX_PIECE];
}jeu;
```

ensemble_de_piece[0]= (0,1)
...
ensemble_de_piece[7]= (0,7)
ensemble_de_piece[8]= (0,0)
ensemble_de_piece[9]= (7,0)
ensemble_de_piece[10]= (1,0)
...

Le projet: Echiquier



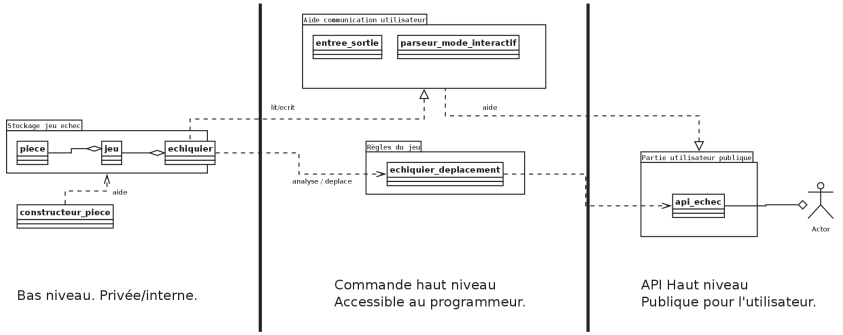
\+ \+ Joueur courant (0/1)

```
typedef struct
{
    jeu jeu_de_piece_blanc;
    jeu jeu_de_piece_noir;
    int joueur_courant;
}echiquier;
```


Le projet: Déplacement

```
J.0 deplace (6,0) => (5,2)
> d 6 7 -> 5 5
J.1 deplace (6,7) => (5,5)
> d 5 2 -> 5 4
Deplacement impossible
Code erreur 1
> d 5 2 -> 6 4
J.0 deplace (5,2) => (6,4)
```


Le projet: Organisation globale



Bas niveau. Privée/interne.

Commande haut niveau
Accessible au programmeur.

API Haut niveau
Publique pour l'utilisateur.

Rappels rapide de C

Fonctions
Passage de paramètres
Organisation de la mémoire
Structs

```
int ma_fonction(int a)
{
    a=1;
}
int main()
{
    int a=2;
    ma_fonction(a);
    printf("%d\n",a);

    return 0;
}
```

Rappel rapide de C

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    printf("Hello world\n");

    return 0;
}
```

une unique fonction main par executable

affiche message en ligne de commande

Rappel rapide de C

```c
int ma_fonction(int a)
{
    a=1;
}

int main()
{
    int a=2;
    ma_fonction(a);
    printf("%d\n",a);

    return 0;
}
```

créé une copie de l'entier

affiche 2

Rappel rapide de C

```c
int ma_fonction(int *a)
{
    *a=1;
}

int main()
{
    int a=2;
    ma_fonction(&a);
    printf("%d\n",a);

    return 0;
}
```

pointeur vers un entier

adresse de a

affiche 1

Rappels rapide de C

Rappel: Organisation de la mémoire

```c
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```


Rappel: Organisation de la mémoire

```c
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```

RAM: (logique)

@100	@101	@102	@103	@104	@105
??	41	47	38	3D	??

Rappel: Organisation de la mémoire

```c
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```

RAM: (logique)

@100	@101	@102	@103	@104	@105
??	41	47	38	3D	??

0100 0001 0100 0111 0011 1000 0001 1101

en pratique:
x86 -> little endian

0001 1101 0011 1000 0100 0111 0100 0001

@100	@101	@102	@103	@104	@105
??	3D	38	47	41	??

Rappel: Organisation de la mémoire

```c
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```

RAM:

@100	@101	@102	@103	@104	@105
??	3D	38	47	41	??

```
87654321  0011 2233 4455 6677 8899 aabb ccdd eeff
00000000: 7f45 4c46 0201 0100 0000 0000 0000 0000
00000010: 0100 3e00 0100 0000 0000 0000 0000 0000
00000020: 0000 0000 0000 0000 c801 0000 0000 0000
00000030: 0000 0000 4000 0000 0000 4000 0f00 0c00
00000040: 3078 2578 0a00 2564 0a00 2563 2025 6320
00000050: 2563 2025 630a 0025 660a 0000 0000 0000
00000060: 4883 ec08 ba3d 3847 41be 0000 0000 bf01
00000070: 0000 0031 c0e8 0000 0000 ba3d 3847 41be
00000080: 0000 0000 bf01 0000 0031 c0e8 0000 0000
00000090: 41b9 4100 0000 41b8 4700 0000 b938 0000
000000a0: 00ba 3d00 0000 be00 0000 00bf 0100 0000
000000b0: 31c0 e800 0000 00f2 0f10 0500 0000 00be
000000c0: 0000 0000 bf01 0000 00b8 0100 0000 e800
```

pgm.o

Rappel: Organisation de la mémoire

```
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```

RAM:

@100	@101	@102	@103	@104	@105
??	3D	38	47	41	??

&variable=101
sizeof(int)=4
variable=0x4147383D
=1095186493

```
.LCFI1:
        .cfi_def_cfa_register 6
        subq    $32, %rsp
        .loc 1 8 0
        movl    $1095186493, -20(%rbp)
        .loc 1 9 0
```

pgm.s

Rappel: Organisation de la mémoire

```
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```

RAM:

@100	@101	@102	@103	@104	@105
??	3D	38	47	41	??

pointeur_1=101
sizeof(char)=1
*pointeur_1=3D

Rappel: Organisation de la mémoire

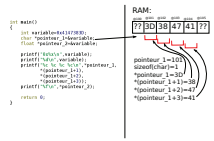
```
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```

RAM:

@100	@101	@102	@103	@104	@105
??	3D	38	47	41	??

pointeur_1=101
sizeof(char)=1
*pointeur_1=3D (=)
*(pointeur_1+1)=38 (8)
*(pointeur_1+2)=47 (G)
*(pointeur_1+3)=41 (A)

Rappel: Organisation de la mémoire



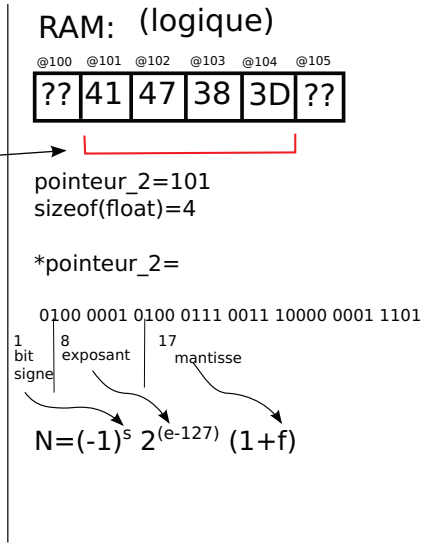
Note:
pointeur=>On peut parcourir la RAM.

attention sécurité!


```
void hackeur(int *variable);

int main()
{
  //****************************//
  //secret!!!
  int code_carte_bleue=0x7941;
  //****************************//

  //variable sans rapport
  int variable=5;
  hackeur(&variable);

  return 0;
}

void hackeur(int *p_variable)
{
  char *p=p_variable;
  printf("code= %x%x\n",*(p+5),*(p+4));
}
```

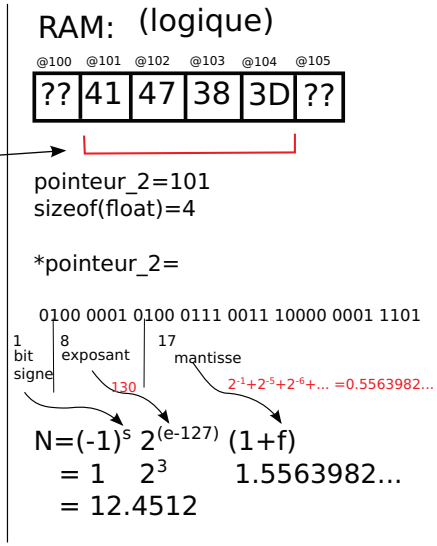
Rappel: Organisation de la mémoire

```c
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```



Rappel: Organisation de la mémoire

```c
int main()
{
    int variable=0x4147383D;
    char *pointeur_1=&variable;
    float *pointeur_2=&variable;

    printf("0x%x\n",variable);
    printf("%d\n",variable);
    printf("%c %c %c %c\n",*pointeur_1,
           *(pointeur_1+1),
           *(pointeur_1+2),
           *(pointeur_1+3));
    printf("%f\n",*pointeur_2);

    return 0;
}
```



Rappels rapide de C

Fonctions
Passage de paramètres
Organisation de la mémoire
→ **Structs**

```c
int ma_fonction(int a)
{
    a=1;
}

int main()
{
    int a=2;
    ma_fonction(a);
    printf("%d\n",a);

    return 0;
}
```


Rappel: Struct

```c
struct ma_structure
{
    int variable_1;
    int variable_2;
    float variable_3;
    int variable_4;

};


int main()
{
    struct ma_structure a;
    a.variable_1=5;
    a.variable_3=12.45;

    struct ma_structure b;
    b.variable_4=8;

    printf("%f\n",a.variable_3);

    return 0;
}
```

rappel du mot clé struct

Rappel: Struct

```c
enum couleur_carrosserie {rouge,vert,bleu,jaune,violet,noir,blanc};

struct roue_voiture
{
    int prix;
    float pression;
    char nom_constructeur[16];
};

struct carrosserie_voiture
{
    int prix;
    enum couleur_carrosserie couleur;
};

struct vitre_voiture
{
    int prix;
};

struct voiture
{
    struct roue_voiture roue[4];
    struct carrosserie_voiture carrosserie;
    struct vitre_voiture vitre[6];
};
```

enumeration

Rappel: Types de bases *(built-in)*

```c
printf("char          (%d)\n",sizeof(char));
printf("short         (%d)\n",sizeof(short));
printf("int           (%d)\n",sizeof(int));
printf("long int      (%d)\n",sizeof(long int));
printf("long long int (%d)\n",sizeof(long long int));
printf("float         (%d)\n",sizeof(float));
printf("double        (%d)\n",sizeof(double));
printf("long double   (%d)\n",sizeof(long double));
printf("void*         (%d)\n",sizeof(void*));
```

```
char            (1)
short           (2)
int             (4)
long int        (8)
long long int   (8)
```

entiers signés

```
unsigned char
unsigned int
unsigned short
unsigned long int
unsigned long long int
```

entiers positifs

```
float           (4)
double          (8)
long double     (16)
```

flottants

```
char*    (8)
int*     (8)
...
void*    (8)
```

pointeurs

Sous Linux, compilé avec gcc, x86, 64bits

Rappel: Struct multiples

```c
enum couleur_carrosserie {rouge,vert,bleu,jaune,violet,noir,blanc};

struct roue_voiture
{
    int prix;
    float pression;
    char nom_constructeur[16];
};

struct carrosserie_voiture
{
    int prix;
    enum couleur_carrosserie couleur;
};

struct vitre_voiture
{
    int prix;
};

struct voiture
{
    struct roue_voiture roue[4];
    struct carrosserie_voiture carrosserie;
    struct vitre_voiture vitre[6];
};
```

```c
int main()
{
    struct voiture ma_bmw;

    //prix de la carrosserie
    ma_bmw.carrosserie=8500;

    //prix de la roue 2
    ma_bmw.roue[2].prix=95;

    //prix de la vitre 0
    ma_bmw.vitre[0].prix=150;

    //couleur de la carrosserie
    ma_bmw.carrosserie.couleur=noir;


    return 0;
}
```


Rappel: Struct (adresse élément)

```c
roue_affecte_michelin(struct roue_voiture* roue)
{
    strcpy(roue->nom_constructeur,"Michelin");
    roue->pression=2.1;
    prix=165;
}

int main()
{
    struct voiture ma_bmw;

    //affectation de la roue 2:
    roue_affecte_michelin( &(ma_bmw.roue[2]) );


    return 0;
}
```

adresse de la roue

Rappel: Struct anonyme

```
typedef struct
{
    float prix;
    float quantite;
}stock_pomme;

int main()
{
    stock_pomme mon_stock;
    mon_stock.prix=1.14;
    mon_stock.quantite=3.14;

    return 0;
}
```

permet d'éviter la répétition du mot struct

Gestion code important

- IDE
- Séparation en-tête/implémentation
- Gestionnaire de version

Utilisation d'un IDE

Integrated Development Environments

Evite perte de temps
Complétion automatique
Rappel mémoire

```
int main()
{
    struct voiture ma_bmw;

    ma_bmw.roue[2].

    return 0;
}
```

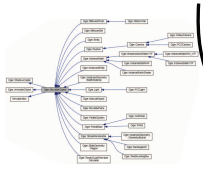
nom_constructeur
pression
prix
roue_voiture

IDE Linux:
QtCreator
Eclipse
Code::Blocks

Editeur texte:
Vi, Emacs, gedit, ...

Developpement logiciel

Réaliser le **design** d'un **code volumineux**.



reflection en amont de coder
coder
reflection en aval

1 personne: ~30 000 lignes
équipe: 200 000 lignes
logiciel: 1 000 000 lignes

ex. Windows XP (40 000 000 lignes)

Gestion code important

IDE

→ **Séparation en-tête/implémentation**

Gestionnaire de version

Fichiers en-tête

Signature/en tête d'une fonction

Implémentation / corps d'une fonction

Fichiers en-tête

Solution 1:

```c
int somme(int tableau[],unsigned int taille)
{
    int somme_courante=0;

    unsigned int k=0;
    for(k=0;k<taille;++k)
        somme_courante += tableau[k];

    return somme_courante;
}

int main()
{
    int T[]={1,4,5,7};

    int s=somme(T,sizeof(T)/sizeof(int));
    printf("%d\n",s);

    return 0;
}
```

Solution 2:

```c
int somme(int tableau[],unsigned int taille);

int main()
{
    int T[]={1,4,5,7};

    int s=somme(T,sizeof(T)/sizeof(int));
    printf("%d\n",s);

    return 0;
}

int somme(int tableau[],unsigned int taille)
{
    int somme_courante=0;

    unsigned int k=0;
    for(k=0;k<taille;++k)
        somme_courante += tableau[k];

    return somme_courante;
}
```


Fichiers en-tête

Solution 3:

fichier.h

```c
int somme(int tableau[],unsigned int taille)
```

fichier.c

```c
int somme(int tableau[],unsigned int taille)
{
    int somme_courante=0;

    unsigned int k=0;
    for(k=0;k<taille;++k)
        somme_courante += tableau[k];

    return somme_courante;
}
```

main.c

```c
#include <fichier.h>
int main()
{
    int T[]={1,4,5,7};

    int s=somme(T,sizeof(T)/sizeof(int));
    printf("%d\n",s);

    return 0;
}
```

Fichiers en-tête

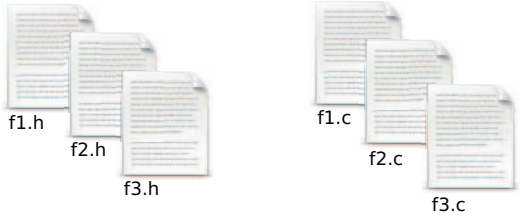
Synthèse:

+ Evite les longs fichiers
+ Séparation en-tete / implémentation

publique
entree/sortie
stable

privée
peut changer

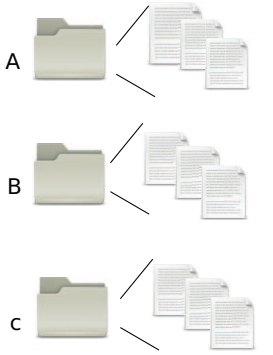
En pratique:
Autant de fichiers que d'abstractions



Fichiers en-tête

Synthèse:

Pour les très gros projets:



ex. LibC

Gestion code important

IDE
Séparation en-tête/implémentation
→ **Gestionnaire de version**

Programmer à plusieurs

~~Parties spécifiques~~ *inter-dépendance*

Passage par mails *petit code uniquement*

Logiciel de controle de version (pro)

2 principaux

SVN

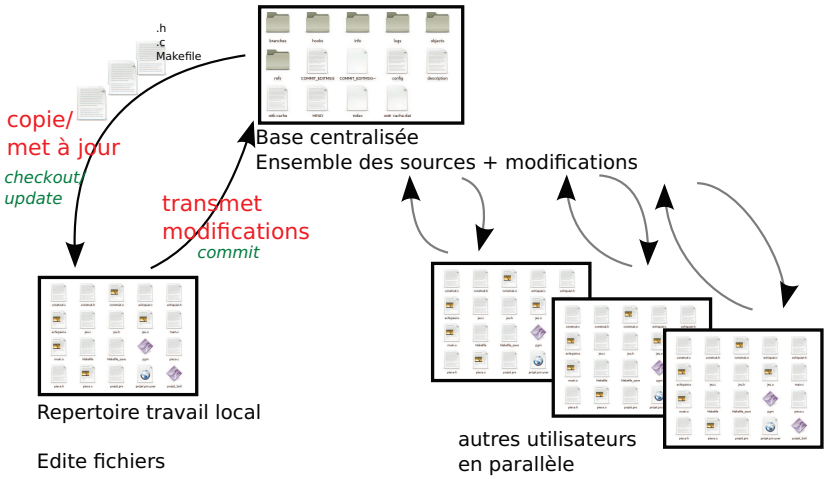
plus ancien
uniquement centralisé
- nécessite un serveur

git

récent
centralisé ou distribué

Programmer à plusieurs

Principe d'un logiciel de controle de version



Programmer à plusieurs

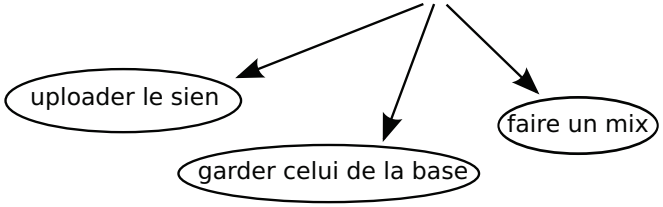
Principe d'un logiciel de controle de version

A chaque *commit:*

Si nouvelle version mise à jour entre temps
entre *update et commit*

Modifications indépendantes => pas de conflits

Modifications d'un même contenu => choix

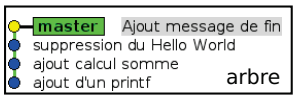


Programmer à plusieurs

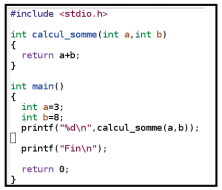
Principe d'un logiciel de controle de version

La base garde en mémoire l'ensemble des modifications!

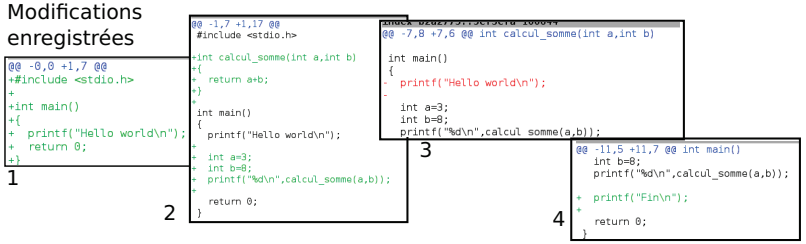
+ On ne perd aucune version
+ On peut revenir en arrière



Fichier local:



Modifications enregistrées



Programmer à plusieurs

Principe d'un logiciel de controle de version.
Mode d'emploi:

```
$ emacs mon_fichier.c   #creation d'un/plusieurs fichiers sources
$ git init              #initialisation du repertoire .git
$ git add mon_fichier.c #ajout du suivit du fichier désigné
$ emacs mon_fichier.c   #Modification du/des fichiers sources ...
$ git commit -a         #upload des modifications
```

http://git-scm.com/book/en/Git-Basics-Getting-a-Git-Repository

github SOCIAL CODING

gitweb

Licences logiciels

Logiciel Libre

Un logiciel libre est-il gratuit?
Un freeware est-il un logiciel libre?
Un shareware est-il un logiciel libre?
Un logiciel open-source est-il un logiciel libre?
Peut-on revendre un logiciel libre?
Puis-je intégrer du code libre dans le mien?
Peut-on réutiliser à son nom du code d'un logiciel libre?

Logiciel Libre

Logiciel libre = définition de Richard Stallman
(mouvement de pensée)

créateur de la FSF

FREE SOFTWARE FOUNDATION

The Free Software Foundation (FSF) is a nonprofit with a worldwide mission to promote computer user freedom and to defend the rights of all free software users.

L'expression « logiciel libre » veut dire que le logiciel respecte
la liberté de l'utilisateur et de la communauté.
En gros, les utilisateurs ont la liberté d'exécuter,
de copier, de distribuer, d'étudier, de modifier et d'améliorer le logiciel.
Avec ces libertés, les utilisateurs (à la fois individuellement et collectivement)
contrôlent le programme et ce qu'il fait pour eux.

Un programme est un logiciel libre si vous, en tant qu'utilisateur de ce programme,
avez les quatre libertés essentielles :

0/ La liberté d'exécuter le programme, pour tous les usages (liberté 0) ;
1/ La liberté d'étudier le fonctionnement du programme, et de le modifier pour
qu'il effectue vos tâches informatiques comme vous le souhaitez (liberté 1) ;
l'accès au code source est une condition nécessaire ;
2/ La liberté de redistribuer des copies, donc d'aider votre voisin (liberté 2) ;
3/ La liberté de distribuer aux autres des copies de vos versions modifiées (liberté 3) ;
en faisant cela, vous donnez à toute la communauté une possibilité de profiter de vos changements ;
l'accès au code source est une condition nécessaire.

Note: Il existe des musiques libres, films libres, art libre, ...

Logiciel Open Source

Logiciel dont la licence respecte les critères
de l'Open Source Initiative

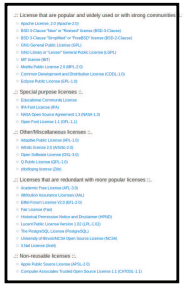
open source initiative

définition: http://opensource.org/docs/osd

Pas uniquement code source disponible (mais ambiguité existe)

***Note**: Logiciel Libre => OpenSource*
Mais on peut être OpenSource et non Libre

Licences Open Source
http://opensource.org/licenses/category



Licences Open Source

Il existe plusieurs licences open sources.
Licence=condition d'utilisation et diffusion du logiciel et de son code.

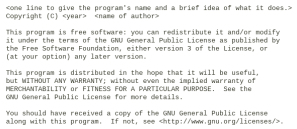
Licences issues de la FSF

Les plus répendues:

http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html

GPL

Utilisation code GPL => totalité du logiciel licence GPL
Ne peut pas être utilisé dans un projet sous copyright



LGPL
BSD
MIT

Utilisation code LGPL => n'implique pas que l'ensemble soit LGPL
Peut être utilisé pour une projet sous copyright

Note pour vidéos, arts, ...: licences Creative Common

Licences Copyright vs Copyleft

Licences fermées copyright: (all right reserved)

Vous n'avez pas le droit de redistribuer sous aucune forme.
Demande explicite nécessaire.

Attention: recopie de passage de site internet = illégale
ex. Copyright © 1997-2011 Cprogramming.com. All rights reserved.

Attention:

Freeware, Shareware = licence sous copyright

Libre et gratuit

Libre et/ou OpenSource ne signifie pas gratuit!

Nombreux projets commerciaux:

Red Hat	Distribution gratuite ou payante
GNAT (compilateur ADA)	Service generalement payant
MySQL Enterprise	Entreprise fournissant un service
NetBeans	
Zimbra	
...	

Oracle
Mandriva
Mozilla
...

Droits d'auteurs

Droit morale	Droit patrimoniale
Paternité Choix de diffusion ...	Privilège d'exploitation (royalties, ...)
Inaliénable, Imprescriptible	
=> Il est interdit (et impossible) de changer le nom de l'auteur original!!	Note: En France pas de brevets logiciels!

Qualité du code

Qu'est ce qu'un bon code?

Qualité du code

Qu'est ce qu'un bon code?

un code en un minimum de lignes ?
un code avec un maximum d'optimisations ?
un code qui n'utilise que des pointeurs ?

un code qui se lit simplement ?
un code qui s'ecrit simplement ?

un code qui montre sa complexité ?
un code qui cache sa complexité ?

Bonnes pratiques

Qu'est ce qu'un bon code?

Code A:

```
int main()
{
  int v1[]={1,2,3,-1},v2[]={4,5,6,-1};
  int *p1=v1,*p2=v2;
  while(*(p1++)!=-1) *(p1-1)+=(*(p2++));
}
```

Code B:

```
int calcul_longueur(int vecteur[])
{
  int taille_entier=sizeof(int);
  int longueur=sizeof(vecteur)/taille_entier;
  return longueur;
}

int main()
{
  int v1[]={1,2,3};
  int v2[]={4,5,6};

  int longueur_vecteur=calcul_longueur(v1);

  int resultat[longueur_vecteur];
  int k=0;
  for(k=0;k<longueur_vecteur;k++)
    {
      resultat[k] = v1[k] + v2[k];
    }

}
```

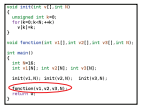

Bonnes pratiques

Quel est le code le plus rapide? le plus lisible?

```
void init(int v[],int N)
{
  unsigned int k=0;
  for(k=0;k<N;++k)
    v[k]=k;
}

void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N);

int main()
{
  int N=16;
  int v1[N]; int v2[N]; int v3[N];

  init(v1,N); init(v2,N);  init(v3,N);

  fonction(v1,v2,v3,N);
  return 0;
}
```

Bonnes pratiques

Quel est le code le plus rapide? le plus lisible?



1

```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{
  unsigned int k=0;
  for(k=1;k<N-1;++k)
    {
      v1[k]+=3;
      v3[k]+=v1[k-1]-v2[k+1];
      v3[k]/=10;
    }
}
```

2

```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{
  int *p_v1=v1,*p_v1_2=v1+1;
  int *p_v2=v2+2;
  int *p_v3=v3+1;

  register unsigned int k=1;
  while(k<N-1)
    {
      *(p_v1_2++) += 3;
      *p_v3 += *(p_v1++)-*(p_v2++);
      (*p_v3)/=10;++p_v3;
      ++k;
    }
}
```

3

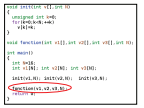
```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{

  v1[1]+=3;
  v3[1]+=(v1[0]-v2[2]);v3[1]/=10;

  v1[2]+=3;
  v3[2]+=(v1[1]-v2[3]);v3[2]/=10;

  v1[3]+=3;
  v3[3]+=(v1[2]-v2[4]);v3[3]/=10;

  v1[4]+=3;
  v3[4]+=(v1[3]-v2[5]);v3[4]/=10;

  v1[5]+=3;
  v3[5]+=(v1[4]-v2[6]);v3[5]/=10;

  v1[6]+=3;
  v3[6]+=(v1[5]-v2[7]);v3[6]/=10;

  v1[7]+=3;
  v3[7]+=(v1[6]-v2[8]);v3[7]/=10;

  v1[8]+=3;
  v3[8]+=(v1[7]-v2[9]);v3[8]/=10;

  v1[9]+=3;
  v3[9]+=(v1[8]-v2[10]);v3[9]/=10;

  v1[10]+=3;
  v3[10]+=(v1[9]-v2[11]);v3[10]/=10;
```

4

```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{
  int v1_00=v1[0],v2_00=v2[0];
  int v1_01=v1[1],v2_01=v2[1];
  int v1_02=v1[2],v2_02=v2[2];
  int v1_03=v1[3],v2_03=v2[3];
  int v1_04=v1[4],v2_04=v2[4];
  int v1_05=v1[5],v2_05=v2[5];
  int v1_06=v1[6],v2_06=v2[6];
  int v1_07=v1[7],v2_07=v2[7];
  int v1_08=v1[8],v2_08=v2[8];
  int v1_09=v1[9],v2_09=v2[9];
  int v1_10=v1[10],v2_10=v2[10];
  int v1_11=v1[11],v2_11=v2[11];
  int v1_12=v1[12],v2_12=v2[12];
  int v1_13=v1[13],v2_13=v2[13];
  int v1_14=v1[14],v2_14=v2[14];
  int v1_15=v1[15],v2_15=v2[15];


  v1[1]+=3;
  v3[1]+=(v1_00-v2_02);v3[1]/=10;

  v1[2]+=3;
  v3[2]+=(v1_01-v2_03);v3[2]/=10;

  v1[3]+=3;
  v3[3]+=(v1_02-v2_04);v3[3]/=10;

  v1[4]+=3;
  v3[4]+=(v1_03-v2_05);v3[4]/=10;

  v1[5]+=3;
  v3[5]+=(v1_04-v2_06);v3[5]/=10;
```


Bonnes pratiques

Quel est le code le plus rapide? le plus lisible?



Pour 75 000 000 executions:

1 *245ms*

```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{
  unsigned int k=0;
  for(k=1;k<N-1;++k)
    {
      v1[k]+=3;
      v3[k]+=v1[k-1]-v2[k+1];
      v3[k]/=10;
    }
}
```

2 *245ms*

```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{
  int *p_v1=v1,*p_v1_2=v1+1;
  int *p_v2=v2+2;
  int *p_v3=v3+1;

  register unsigned int k=1;
  while(k<N-1)
    {
      *(p_v1_2++) += 3;
      *p_v3 += *(p_v1++)-*(p_v2++);
      (*p_v3)/=10;++p_v3;
      ++k;
    }
}
```

3 *245ms*

```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{

  v1[1]+=3;
  v3[1]+=(v1[0]-v2[2]);v3[1]/=10;

  v1[2]+=3;
  v3[2]+=(v1[1]-v2[3]);v3[2]/=10;

  v1[3]+=3;
  v3[3]+=(v1[2]-v2[4]);v3[3]/=10;

  v1[4]+=3;
  v3[4]+=(v1[3]-v2[5]);v3[4]/=10;

  v1[5]+=3;
  v3[5]+=(v1[4]-v2[6]);v3[5]/=10;

  v1[6]+=3;
  v3[6]+=(v1[5]-v2[7]);v3[6]/=10;

  v1[7]+=3;
  v3[7]+=(v1[6]-v2[8]);v3[7]/=10;

  v1[8]+=3;
  v3[8]+=(v1[7]-v2[9]);v3[8]/=10;

  v1[9]+=3;
  v3[9]+=(v1[8]-v2[10]);v3[9]/=10;

  v1[10]+=3;
  v3[10]+=(v1[9]-v2[11]);v3[10]/=10;
```

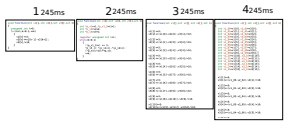
4 *245ms*

```
void fonction(int v1[],int v2[],int v3[],int N)
{
  int v1_00=v1[0],v2_00=v2[0];
  int v1_01=v1[1],v2_01=v2[1];
  int v1_02=v1[2],v2_02=v2[2];
  int v1_03=v1[3],v2_03=v2[3];
  int v1_04=v1[4],v2_04=v2[4];
  int v1_05=v1[5],v2_05=v2[5];
  int v1_06=v1[6],v2_06=v2[6];
  int v1_07=v1[7],v2_07=v2[7];
  int v1_08=v1[8],v2_08=v2[8];
  int v1_09=v1[9],v2_09=v2[9];
  int v1_10=v1[10],v2_10=v2[10];
  int v1_11=v1[11],v2_11=v2[11];
  int v1_12=v1[12],v2_12=v2[12];
  int v1_13=v1[13],v2_13=v2[13];
  int v1_14=v1[14],v2_14=v2[14];
  int v1_15=v1[15],v2_15=v2[15];


  v1[1]+=3;
  v3[1]+=(v1_00-v2_02);v3[1]/=10;

  v1[2]+=3;
  v3[2]+=(v1_01-v2_03);v3[2]/=10;

  v1[3]+=3;
  v3[3]+=(v1_02-v2_04);v3[3]/=10;

  v1[4]+=3;
  v3[4]+=(v1_03-v2_05);v3[4]/=10;

  v1[5]+=3;
  v3[5]+=(v1_04-v2_06);v3[5]/=10;
```


Bonnes pratiques

Quel est le code le plus rapide? le plus lisible?

Pour 75 000 000 executions :



Si on réfléchi:
v3 indépendant de v1 et v2.
Il existe une solution analytique

```
int c=75000000;
v3[0]=0;
v3[N-1]=N-1;
unsigned int k=0;
for(k=1;k<N-1;++k)
  v3[k]=(c-1)/3;
```

temps: 0ms

Bonnes pratiques

Remarque optimisation:

(années 80)

On optimise pas le code !

inliner
déboucler
register
=> travail du **compilateur**

On optimise l'algorithme

Bonnes pratiques

Remarque optimisation 2:

GCC optimise très bien

```c
int main()
{
    int a=0;
    int k=0;

    for(k=0;k<112;++k)
        a += 4*k;

    printf("%d\n",a);
}
```

```
main:
.LFB0:
        .cfi_startproc
        movl    $24864, %esi
        movl    $.LC0, %edi
        xorl    %eax, %eax
        jmp     printf
        .cfi_endproc
```

code assembleur
après $ gcc -O2

plus de boucle
O(1)

Bonnes pratiques

Remarque optimisation 2:

GCC optimise très bien
souvent mieux qu'un humain!

ex. somme coefficient d'une matrice:

```c
int main()
{
    int matrice[3][3]={{1,2,3},
                       {4,1,-5},
                       {7,7,1}};
    int somme=0;

    int kx=0,ky=0;
    for(kx=0;kx<3;++kx)
        for(ky=0;ky<3;++ky)
            somme += matrice[kx][ky];

    printf("%d\n",somme);
}
```

$ gcc -O2

déjà calculé
O(1)

```
main:
.LFB0:
        .cfi_startproc
        movl    $21, %esi
        movl    $.LC0, %edi
        xorl    %eax, %eax
        jmp     printf
        .cfi_endproc
```


Bonnes pratiques

Remarque optimisation 2:

GCC optimise très bien
souvent mieux qu'un humain!

ex. somme coefficient d'une matrice:

```c
int main()
{
    int matrice[3][3]={{1,2,3},
                       {4,1,-5},
                       {7,7,1}};
    int somme=0;

    int *p=matrice;
    register int c=0;
    while(c++ < 9)
        somme += *(p++);

    printf("%d\n",somme);
}
```

- lisible
- rapide !!

$ gcc -O2

```
main:
.LFB0:
        .cfi_startproc
        movl    $1, -56(%rsp)
        movl    $2, -52(%rsp)
        movl    $.LC0, %edi
        movl    $3, -48(%rsp)
        movl    $4, -44(%rsp)
        xorl    %eax, %eax
        movdqa  -56(%rsp), %xmm0
        movl    $1, -40(%rsp)
        movl    $-5, -36(%rsp)
        movl    $7, -32(%rsp)
        movl    $7, -28(%rsp)
        paddd   -40(%rsp), %xmm0
        movdqa  %xmm0, %xmm1
        movl    $1, -24(%rsp)
        psrldq  $8, %xmm1
        paddd   %xmm1, %xmm0
        movdqa  %xmm0, %xmm1
        psrldq  $4, %xmm1
        paddd   %xmm1, %xmm0
        movd    %xmm0, -60(%rsp)
        movl    -60(%rsp), %esi
        addl    $1, %esi
        jmp     printf
        .cfi_endproc
```


Bonnes pratiques

Synthèse:

Bon code = code qui se **lit simplement**

Suit les règles standards
Cache sa complexité
Documenté et s'auto-documente

Contraintes
supplémentaires

généricité
efficacité
portabilité
légèreté
fiabilité

Méthodologies de conception

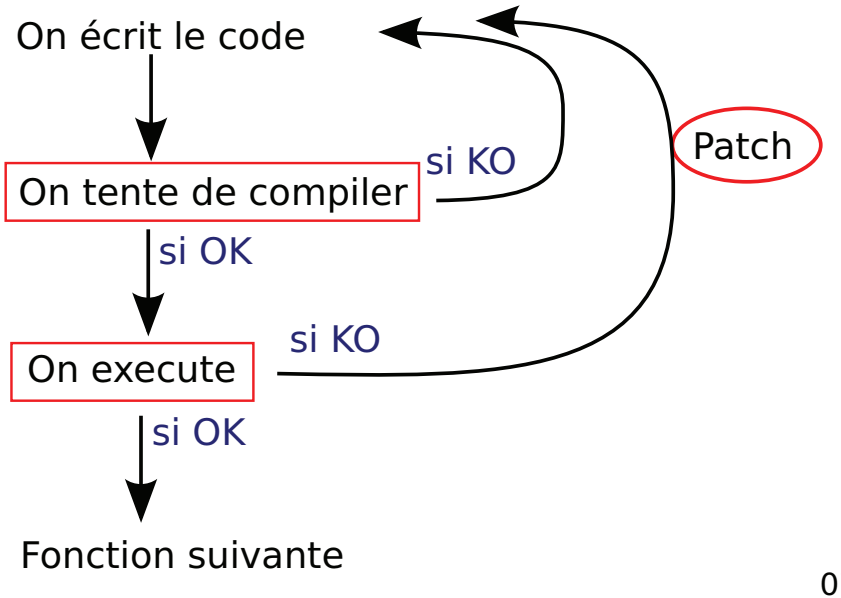
Développement par contrat
Développement par algorithmes
Développement par tests

Comment écrire un bon code ?

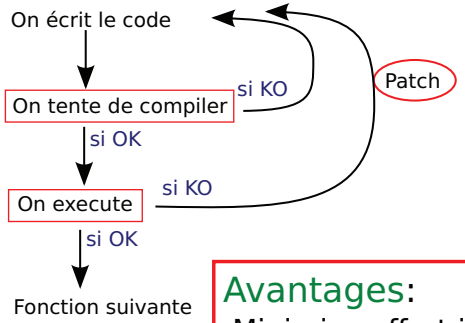
Plusieurs méthodologies de conception:

- Developpement par **contrats**
- Developpement par **tests**
- Developpement par **algorithmes**
- Developpement par hack

Developpement par hack



Developpement par hack



Avantages:
Minimise effort intellectuel à court terme

Inconvénients:
Patch dès le début
=> Difficile à lire (machine qui guide)
=> Ingérable pour des gros projets

Méthodologies de conception

- **Développement par contrat**
  - Développement par algorithmes
  - Développement par tests

Developpement par contrats

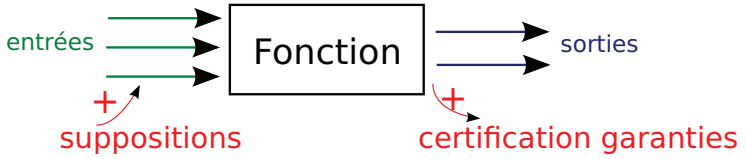
Avant d'écrire l'implémentation d'une fonction

On défini:

contrat avec le programmeur

1- Les **suppositions** sur les arguments d'entrées
(ou état d'un système)

2- Les **certifications** après execution de la fonction



Developpement par contrats

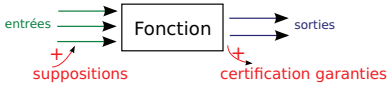
Avant d'écrire l'implémentation d'une fonction

On défini:

contrat avec le programmeur

1- Les **suppositions** sur les arguments d'entrées
(ou état d'un système)

2- Les **certifications** après execution de la fonction

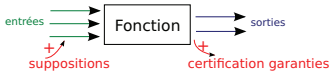


Avantages:
- On empèche les cas particuliers/effets de bords
=> on le les oublies pas
- Auto-documente la fonction
- Aide au tests, garantie la validité
=> réduction des bugs

Inconvénients:
- Travail supplémentaire en amont

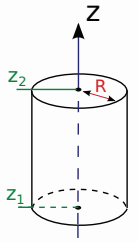
Developpement par contrats

Exemple:

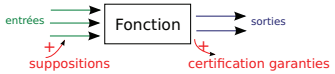



```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>

//Calcul le volume du cylindre de rayon R entre z=[z1,z2]
float volume(float z1,float z2,float R)
{
  return 2*M_PI*R*(z2-z1);
}


int main()
{
  float V1=volume(1,2,0.5);
  float V2=volume(0,10,8);
  float V3=volume(-4,8,1);
  float V4=volume(5,1,1);
  float V5=volume(1,4,-1);

  return 0;
}
```

Fonction OK?



Developpement par contrats

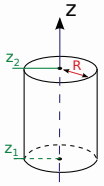


Exemple:

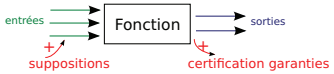
```
/*Calcul le volume du cylindre de rayon R entre z=[z1,z2]
 * Le volume est obtenu par la formule V=2 pi (z2-z1) R.
 *
 * Necessite:
 *   - deux coordonnées flottantes (z1,z2) avec z1<z2
 *   - une coordonnée flottante R>0
 * Garantie:
 *   - renvoi un volume (flottant positif) correspondant au cylindre decrit.
 */
float volume(float z1,float z2,float R)
{
  assert(z2>z1);
  assert(R>0);

  float V=2*M_PI*R*(z2-z1);

  assert(V>0);
  return V;
}
```

contrat
avec le programmeur

si non vérifiée:
quitte en indiquant la ligne



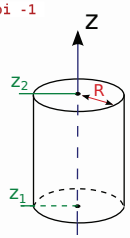
Developpement par contrats



Exemple:

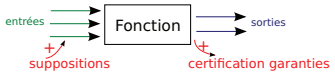
```
/*Calcul le volume du cylindre de rayon R entre z=[z1,z2]
 * Le volume est obtenu par la formule V=2 pi (z2-z1) R.
 *
 * Necessite:
 *   - deux coordonnées flottantes (z1,z2) quelconques
 *   - une coordonnée flottante R quelconque
 * Garantie:
 *   - Si z1>z2 et R>0, renvoi un volume (flottant positif) correspondant au cylindre decrit.
 *   - Si z1=z2 ou R=0, renvoi zero
 *   - Si z1<z2 ou R<0, affiche une erreur en ligne de commande et renvoi -1
 */
float volume(float z1,float z2,float R)
{
  //cas du volume nul
  float epsilon=1e-5;
  if(fabs(z1-z2)<epsilon || fabs(R)<epsilon)
    return 0.0;
  //cas non geometrique
  if(z1<z2 || R<0)
    {printf("Erreur calcul volume\n");return -1.0;}
  //volume du cylindre
  float V=2*M_PI*R*(z2-z1);
  return V;
}
```

autre contrat possible
avec le programmeur



Developpement par contrats

Synthèse:



+ Auto-documentation:
(le *code* est
la documentation)

```
/*Calcul le volume du cylindre de rayon R entre z=[z1,z2]
 * Le volume est obtenu par la formule V=2 pi (z2-z1) R.
 *
 * Necessite:
 *   - deux coordonnées flottantes (z1,z2) avec z1<z2
 *   - une coordonnée flottante R>0
 * Garantie:
 *   - renvoi un volume (flottant positif) correspondant au cylindre decrit.
 */
```

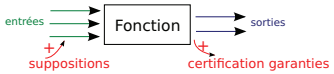
+ Cas particuliers gérés:
(pas d'oublis)

```
float V5=volume(1,4,-1);
```

- de debug
- explications, +lisible
=> gain de temps au final

Developpement par contrats

Exemple 2:



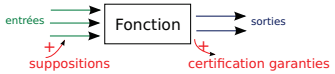

```
/* Calcul de la moyenne d'un ensemble de valeurs comprises entre 0 et 100
 * La moyenne est approxime sur l'entier le plus proche
 *
 * Necessite:
 *   - Un pointeur constant vers un ensemble de valeurs entieres. Pointeur non NULL.
 *     les valeurs du tableau sont comprises entre 0 et 100
 *   - Un entier positif indiquant la taille du tableau de donnees.
 * Garantie:
 *   - Renvoi la moyenne des valeurs du tableau (compris entre 0 et 100).
 *   - La moyenne est approximee au nombre entier le plus proche.
 */
int moyenne(const int* valeurs,unsigned int taille);
```

contrat
à mettre dans l'en-tête

```
int moyenne(const int* valeurs,unsigned int taille)
{
    assert(valeurs!=NULL);

    //somme de l'ensemble des valeurs
    int moyenne=0;
    int k=0;
    for(k=0;k<taille;++k)
      {
        int val=valeurs[k];
        assert(val>=0 && val<=100);
        moyenne += valeurs[k];
      }

    //passage en nombre flottants temporaires (virgules)
    float temporaire=(float)moyenne/taille;
    //approximation aur l'entier le plus proche
    moyenne=(int)(temporaire+0.5);

    return moyenne;
}
```

implémentation

Developpement par contrats



Proposition de syntaxe:

```
/**
 * Fonction NOM_FONCTION
 * ******************************
 *   DECRIT BUT DE LA FONCTION
 *
 *   Necessite:
 *     - DECRIT LES CONTRATS SUR LES VARIABLES ET ETAT DU SYSTEME
 *   Garantie:
 *     - DECRIT LES GARANTIES LORSQUE LES CONTRATS SONT RESPECTEES
 */
type_retour nom_fonction(type_var1 variable1,type_var2 variable2, ...);
```

A mettre dans le fichier d'en-tête : documentation

Programmation défensive?

Passer un contrat avec le programmeur?
Mais programmeur = vous?

Vous êtes la 1ère source d'erreur / bugs
Protégez vous contre vous même!

assert()
if(){}
...

Méthodologies de conception

Développement par contrat
→ **Développement par algorithmes**
Développement par tests

Programmation par algorithme

Avant d'écrire l'implémentation d'une fonction

On écrit:

L'**algorithme** dans un language humain

Attention: algorithme != code

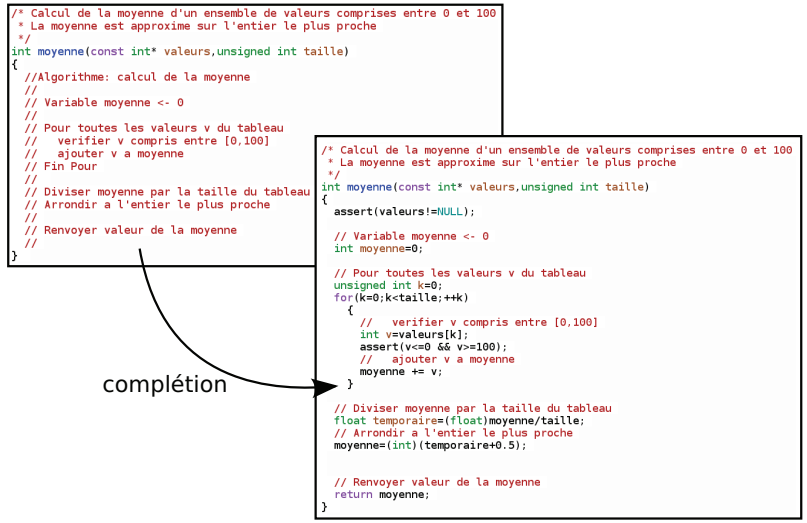
Programmation par algorithme

Exemple:

```
/* Calcul de la moyenne d'un ensemble de valeurs comprises entre 0 et 100
 * La moyenne est approxime sur l'entier le plus proche
 */
int moyenne(const int* valeurs,unsigned int taille)
{
  //Algorithme: calcul de la moyenne
  //
  // Variable moyenne <- 0
  //
  // Pour toutes les valeurs v du tableau
  //   verifier v compris entre [0,100]
  //   ajouter v a moyenne
  // Fin Pour
  //
  // Diviser moyenne par la taille du tableau
  // Arrondir a l'entier le plus proche
  //
  // Renvoyer valeur de la moyenne
  //
}
```


Programmation par algorithme

Exemple:



Programmation par algorithme

Exemple:

```
void recherche_minimum(float x0,float y0)
{
    float x=x0;
    float y=y0;
    float e=1e-5;

    float dx[8]={e,e,0,-e,-e,-e,0,e};
    float dy[8]={0,e,e,e,0,-e,-e,-e};

    float v=fonction_inconnue(x,y);
    float min=v;
    int k_opt=-1;
    float n[8];

    unsigned int k=0;
    do
    {
        v=fonction_inconnue(x,y);
        min=v;
        k_opt=-1;
        for(k=0;k<8;++k)
        {
            n[k]=fonction_inconnue(x+dx[k],y+dy[k]);
            if(min>n[k])
            {
                min=n[k];
                k_opt=k;
            }
        }
        if(k_opt!=-1)
        {
            x+=dx[k_opt];
            y+=dy[k_opt];
        }
    }
    while(k_opt!=-1);

    printf("f(%f %f)=%f\n",x,y,v);
}
```

??

```
int main()
{
  recherche_minimum(1,2);
}

float fonction_inconnue(float x,float y)
{
  return exp(-cos(x-y)+x*x+y*y)+(0.5-sqrt(x*y))*exp(-x*x-0.5*y*y);
}
```

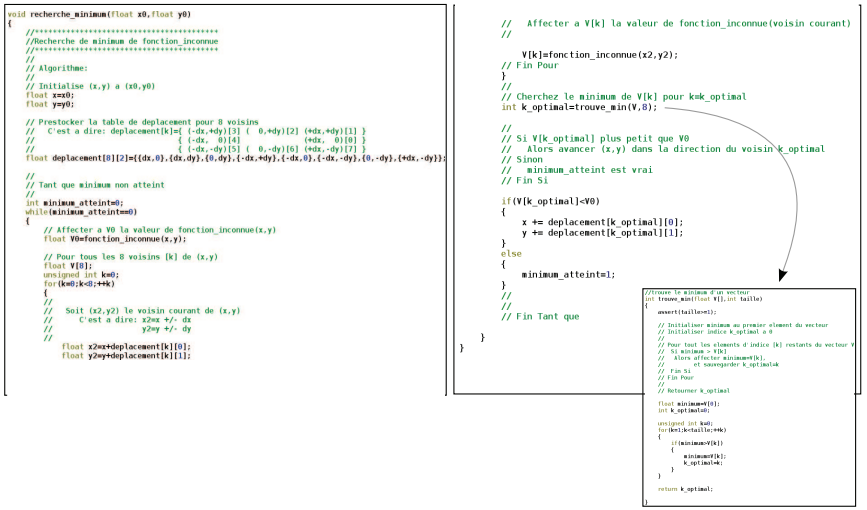

Programmation par algorithme

Exemple:

```
void recherche_minimum(float x0,float y0)
{
    //*****************************************
    //Recherche de minimum de fonction_inconnue
    //*****************************************
    //
    // Algorithme:
    //
    // Initialise (x,y) a (x0,y0)
    //
    // Pre-stocker la table de deplacement pour 8 voisins
    //   C'est a dire: deplacement[k]={ (-dx,+dy)[3] (  0,+dy)[2] (+dx,+dy)[1] }
    //                                 { (-dx,  0)[4]             (+dx,  0)[0] }
    //                                 { (-dx,-dy)[5] (  0,-dy)[6] (+dx,-dy)[7] }
    //
    // Tant que minimum non atteint
    //
    // Affecter a V0 la valeur de fonction_inconnue(x,y)
    // Pour tous les 8 voisins [k] de (x,y)
    //
    //   Soit (x2,y2) le voisin courant de (x,y)
    //      C'est a dire: x2=x +/- dx
    //                    y2=y +/- dy
    //
    //   Affecter a V[k] la valeur de fonction_inconnue(voisin courant)
    //
    // Fin Pour
    //
    // Cherchez le minimum de V[k] pour k=k_optimal
    //
    // Si V[k_optimal] plus petit que V0
    //   Alors avancer (x,y) dans la direction du voisin k_optimal
    // Fin Si
    //
    //
    // Fin Tant que
```

Programmation par algorithme

Exemple:



Programmation par algorithme

Synthèse

+ Documentation du code automatique

+ Aide à l'écriture du code

+ lisible
+ code meilleur qualité

Méthodologies de conception

Développement par contrat
Développement par algorithmes
→ **Développement par tests**

Programmation par algorithme

Ne pas confondre algorithme et code

ex. A NE PAS FAIRE!

```
int moyenne(const int* valeurs,unsigned int taille)
{
  //Algorithme: calcul de la moyenne
  //
  // Variable moyenne=0
  // Variable k=0
  // Pour k=0, tant que k<taille, k++
  //   assert valeurs[k]<0 && valeurs[k]<100
  //   moyenne += valeurs[k]
  // Fin Pour
  //
  // moyenne /= taille;
  // moyenne=(int)(moyenne+0.5)
  //
  // return moyenne
}
```

```
int moyenne(const int* valeurs,unsigned int taille)
{
  //Algorithme: calcul de la moyenne
  //
  // Variable moyenne=0
  int moyenne=0;
  // Variable k=0
  int k=0;
  // Pour k=0, tant que k<taille, k++
  for(k=0;k<taille;++k)
    {
    //   assert valeurs[k]<0 && valeurs[k]<100
      assert(valeurs[k]>=0 && valeurs[k]<=100);
      //   moyenne += valeurs[k]
      moyenne+=valeurs[k];
      // Fin Pour
    }
  //
  // moyenne /= taille;
  float temporaire=(float)moyenne/taille;
  // moyenne=(int)(moyenne+0.5)
  moyenne=(int)(temporaire+0.5);
  //
  // return moyenne
  return moyenne;
}
```

réécriture mots pour mots
les commentaires n'apportent aucune amélioration de lisibilité au code

Programmation par tests

Avant d'écrire l'implémentation d'une fonction

On écrit:

Les tests que doivent satisfaire la fonction

En général:
On connait ce que doit faire la fonction
avant de connaitre son code

Programmation par tests

Exemple:

```
//1 valeur, attend 1
int t1[]={50};
if(moyenne(t1,sizeof(t1)/sizeof(int))!=50)
    ECHEC_TEST;

//arrondie au nombre superieur, attend 72
int t2[]={45,80,90};
if(moyenne(t2,sizeof(t2)/sizeof(int))!=72)
    ECHEC_TEST;

//arrondi au nombre inferieur, attend 71
int t3[]={45,80,89};
if(moyenne(t3,sizeof(t3)/sizeof(int))!=71)
    ECHEC_TEST;

//valeurs constantes, attend 45
int t4[]={45,45,45,45,45};
if(moyenne(t4,sizeof(t4)/sizeof(int))!=45)
    ECHEC_TEST;
```

```
//valeurs constantes, attend 45
int t4[]={45,45,45,45,45};
if(moyenne(t4,sizeof(t4)/sizeof(int))!=45)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier 0 valeurs, attend 0
int t5[0];
if(moyenne(t5,sizeof(t5)/sizeof(int))!=0)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier depassement valeur < 0, attend -1
int t6[]={5,-4};
if(moyenne(t6,sizeof(t6)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier depassement valeur > 100, attend -1
int t7[]={8,106};
if(moyenne(t7,sizeof(t7)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier limite depassement valeur < 0, attend -1
int t8[]={1,2,-1};
if(moyenne(t8,sizeof(t8)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas limite, valeur==0, attend 10
int t9[]={10,20,0};
if(moyenne(t9,sizeof(t9)/sizeof(int))!=10)
    ECHEC_TEST;

//cas limite particulier, valeur==101, attend -1
int t10[]={8,101,99};
if(moyenne(t10,sizeof(t10)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas limite, valeur==100, attend 69
int t11[]={8,100,99};
if(moyenne(t11,sizeof(t11)/sizeof(int))!=69)
    ECHEC_TEST;
```

tests différents cas:
valides + invalides

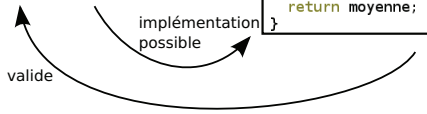
fixe entrée
=> attend sortie spécifique

Programmation par tests

Exemple:

```
//1 valeur, attend 1
int t1[]={50};
if(moyenne(t1,sizeof(t1)/sizeof(int))!=50)
    ECHEC_TEST;

//arrondie au nombre superieur, attend 72
int t2[]={45,80,90};
if(moyenne(t2,sizeof(t2)/sizeof(int))!=72)
    ECHEC_TEST;

//arrondi au nombre inferieur, attend 71
int t3[]={45,80,89};
if(moyenne(t3,sizeof(t3)/sizeof(int))!=71)
    ECHEC_TEST;

//valeurs constantes, attend 45
int t4[]={45,45,45,45,45};
if(moyenne(t4,sizeof(t4)/sizeof(int))!=45)
    ECHEC_TEST;

//valeurs constantes, attend 45
int t4[]={45,45,45,45,45};
if(moyenne(t4,sizeof(t4)/sizeof(int))!=45)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier 0 valeurs, attend 0
int t5[0];
if(moyenne(t5,sizeof(t5)/sizeof(int))!=0)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier depassement valeur < 0, attend -1
int t6[]={5,-4};
if(moyenne(t6,sizeof(t6)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier depassement valeur > 100, attend -1
int t7[]={8,106};
if(moyenne(t7,sizeof(t7)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas particulier limite depassement valeur < 0, attend -1
int t8[]={1,2,-1};
if(moyenne(t8,sizeof(t8)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas limite, valeur==0, attend 10
int t9[]={10,20,0};
if(moyenne(t9,sizeof(t9)/sizeof(int))!=10)
    ECHEC_TEST;

//cas limite particulier, valeur==101, attend -1
int t10[]={8,101,99};
if(moyenne(t10,sizeof(t10)/sizeof(int))!=-1)
    ECHEC_TEST;

//cas limite, valeur==100, attend 69
int t11[]={8,100,99};
if(moyenne(t11,sizeof(t11)/sizeof(int))!=69)
    ECHEC_TEST;
```

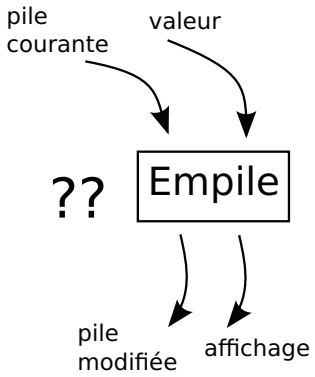
```
int moyenne(const int* valeurs,unsigned int taille)
{
  assert(valeurs!=NULL);

  //cas particulier taille==0
  if(taille==0)
    return 0;

  int moyenne=0;
  unsigned int k=0;
  for(k=0;k<taille;++k)
    {
      int v=valeurs[k];
      //cas d'erreur
      if(v<0 || v>100)
          return -1;

      moyenne += v;
    }

  float temporaire=(float)moyenne/taille;
  // Arrondir a l'entier le plus proche
  moyenne=(int)(temporaire+0.5);

  return moyenne;
}
```



Programmation par tests

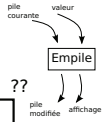
Exemple:

```
#define TAILLE_MAX 15

struct pile
{
  int indice;
  int buffer[TAILLE_MAX];
};

void initialise(struct pile* p)
{
  p->indice=0;
}
int depile(struct pile* p)
{
  if(p->indice>0)
    return p->buffer[--p->indice];
  printf("Erreur liste vide\n");
  return 0;
}
int est_vide(const struct pile* p)
{
  return p->indice==0;
}
```



Programmation par tests

Exemple:

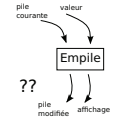



```
#define TAILLE_MAX 15

struct pile
{
  int indice;
  int buffer[TAILLE_MAX];
};

void initialise(struct pile* p)
{
  p->indice=0;
}
int depile(struct pile* p)
{
  if(p->indice>0)
    return p->buffer[--p->indice];
  printf("Erreur liste vide\n");
  return 0;
}
int est_vide(const struct pile* p)
{
  return p->indice==0;
}
```

```
//*********************//
//Test Pile
//*********************//
struct pile p;
initialise(&p);

empile(&p,5);
int var_0=depile(&p); //doit retourner 5
if(var_0!=5){printf("Erreur %d\n",__LINE__);}

empile(&p,6);
empile(&p,7);
int var_1=depile(&p); //doit retourner 7
int var_2=depile(&p); //doit retourner 6
if(var_1!=7 || var_2!=6){printf("Erreur %d\n",__LINE__);}

int var_3=est_vide(&p); //doit retourner vrai
if(var_3!=1) {printf("Erreur %d\n",__LINE__);}

int k=0;
for(k=0;k<TAILLE_MAX;k++)
  empile(&p,k);
empile(&p,5); //doit afficher une erreur: vecteur plein
int var_4=depile(&p); //doit retourner TAILLE_MAX-1
if(var_4!=TAILLE_MAX-1) {printf("Erreur %d\n",__LINE__);}
```


Programmation par tests

Exemple:




```
#define TAILLE_MAX 15

struct pile
{
  int indice;
  int buffer[TAILLE_MAX];
};

void initialise(struct pile* p)
{
  p->indice=0;
}
int depile(struct pile* p)
{
  if(p->indice>0)
    return p->buffer[--p->indice];
  printf("Erreur liste vide\n");
  return 0;
}
int est_vide(const struct pile* p)
{
  return p->indice==0;
}
```

```
//*********************//
//Test Pile
//*********************//
struct pile p;
initialise(&p);

empile(&p,5);
int var_0=depile(&p); //doit retourner 5
if(var_0!=5){printf("Erreur %d\n",__LINE__);}

empile(&p,6);
empile(&p,7);
int var_1=depile(&p); //doit retourner 7
int var_2=depile(&p); //doit retourner 6
if(var_1!=7 || var_2!=6){printf("Erreur %d\n",__LINE__);}

int var_3=est_vide(&p); //doit retourner vrai
if(var_3!=1) {printf("Erreur %d\n",__LINE__);}

int k=0;
for(k=0;k<TAILLE_MAX;k++)
  empile(&p,k);
empile(&p,5); //doit afficher une erreur: vecteur plein
int var_4=depile(&p); //doit retourner TAILLE_MAX-1
if(var_4!=TAILLE_MAX-1) {printf("Erreur %d\n",__LINE__);}
```

pile courante

valeur

```
void empile(struct pile* p,int a)
{
  if(p->indice<TAILLE_MAX)
    p->buffer[p->indice++]=a;
  else
    printf("Erreur buffer plein\n");
}
```

pile modifée

affichage

Programmation par tests

Synthèse:

+ Aide à définir l'interface de la fonction (paramètres, entrées/sorties)
(pas d'ajout de paramètres une fois le corps écrit)

+ Gère les cas particuliers
(pas d'oublis)

+ Debug de la fonction immédiate: plus besoin de réécrire des tests
=> Assure la validité de la fonction

+ Gagne du temps sur l'écriture des tests
(qui doivent avoir lieu plus tard sinon)

+ Valider les fonctionnalitées à tout moment.
Code qui ne régresse pas

Organisation des données

Pointeurs/Structs

Declaration
Passage de paramètres
Mot clé **const**

Déclaration structs

explicite

```
struct v3
{
    float x;
    float y;
    float z;
};

int main()
{
    struct v3 mon_vecteur_3d;
}
```

struct anonyme

```
typedef struct
{
    float x;
    float y;
}v2;

int main()
{
    v2 mon_vecteur_2d;
}
```


Bonne pratique: documentation

Documentez un maximum vos déclarations de structs

```
//Structure contenant un vecteur de coordonnees 3D
struct v3
{
    float x; //coordonnee x
    float y; //coordonnee y
    float z; //coordonnee z
};
```

roles,
plage de variations,
valeurs typiques,
explications, ...


```
#define TAILLE_MAX 50 //taille maximal d'un nom

//Structure contenant les informations d'un etudiant
struct etudiant
{
    char nom[TAILLE_MAX]; //Nom de l'etudiant
    char prenom[TAILLE_MAX]; //Prenom de l'etudiant

    int classe;//0 correspond a 3ETI
               //1 correspond a 4ETI
               //2 correspond a 5ETI

    float moyenne;//sa moyenne
                  //nombre flottant a 3 decimales
                  //compris entre 0.0 et 20.0
};
```


Importance struct+fonctions

Importance des structs + fonctions

```
//Structure contenant un vecteur de coordonnees 3D
struct v3
{
    float x; //coordonnee x
    float y; //coordonnee y
    float z; //coordonnee z
};

//Affecte les coordoonees (x,y,z) au vecteur
void v3_set(struct v3* vec,float x,float y,float z);
//Renvoie la norme du vecteur
float v3_norm(const struct v3* vec);
//Affiche les coordonnees du vecteur en ligne de commande
void v3_print(const struct v3* vec);

int main()
{
    struct v3 mon_vecteur_3d;
    v3_set(&mon_vecteur_3d,1,2,2);
    float n=v3_norm(&mon_vecteur_3d);

    printf("||");
    v3_print(&mon_vecteur_3d);
    printf("||");
    printf("=%f\n",n);
}
```

fonctions
agissants sur une struct

Implémentation

```
void v3_set(struct v3* vec,float x,float y,float z)
{
    vec->x=x;
    vec->y=y;
    vec->z=z;
}
float v3_norm(const struct v3* vec)
{
    return sqrt(vec->x*vec->x+vec->y*vec->y+vec->z*vec->z);
}
void v3_print(const struct v3* vec)
{
    printf("(%f,%f,%f)",vec->x,vec->y,vec->z);
}
```


Importance struct+fonctions

Modélise une **abstraction** *vecteur*
voiture / roues, ...

\+ Cache la complexité
\+ Manipulation aisée des données

Organisation des données

Pointeurs/Structs

Declaration
→ **Passage de paramètres**
Mot clé **const**

Passage de paramètres

Passage de paramètres

```c
int main()
{
    struct v3 vec_1;
    v3_set(&vec_1,1,2,2);

    struct v3 vec_2;
    vec_2=vec_1;
    vec_2.y=3;

    v3_print(&vec_1);
    v3_print(&vec_2);
}
```

copie

copie: struct a=b

```
Pour tout les champs  <k>
  a.<k>=b.<k>
Fin Pour
```


Passage de paramètres

```c
void fonction(struct v3 a)
{
    a.x=8;
}

int main()
{
    struct v3 vec_1={1,1,5};
    fonction(vec_1);
    printf("%d",vec_1.x);
}
```

Passage par copie

Passage de paramètres

```c
float v8_fonction(struct v8 a)
{
    return a.x0+a.x1;

}

int main()
{
    struct v8 vec_1={1,1,5,1,4,5,7,8};
    for(k=0;k<5000000;++k)
    {
        v8_fonction(vec_1);
    }
}
```

Copie réellement nécessaire ?

Passage de paramètres

```c
float v8_fonction(struct v8* a)
{
    return a->x0+a->x1;

}

int main()
{
    struct v8 vec_1={1,1,5,1,4,5,7,8};
    for(k=0;k<5000000;++k)
    {
        v8_fonction(&vec_1);
    }
}
```

Passage par pointeur
= 8 octets < sizeof(v8)

32 octets

Passage de paramètres

Passage de paramètres

```c
float v3_norm(struct v3* a);

int main()
{
    struct v3 vec_1={1,1,5};
    float n=v3_norm(&vec_1);
    printf("%f\n",n);
}
```

Pointeur
=>danger d'intégrité

Comment détecter/éviter?

```c
float v8_norm(struct v3* a)
{
    float n=sqrt(a->x*a->x+a->y*a->y+a->z*a->z);
    a->x=152;
    return n;
}
```


Passage de paramètres

Mot clé **const**

```c
float v3_norm(const struct v3* a);
```

Assure que a n'est pas modifié
Pas besoin de regarder l'implémentation

Passage de paramètres

Mot clé **const**

```c
float v3_norm(const struct v3* a);
```

Assure que a n'est pas modifié
Pas besoin de regarder l'implémentation

implémentation identique

```c
float v3_norm(const struct v3* a)
{
    float n=sqrt(a->x*a->x+a->y*a->y+a->z*a->z);
    return n;
}
```

Organisation des données

Pointeurs/Structs

Declaration
Passage de paramètres
→ **Mot clé const**

Mot clé **const**

En cas d'erreur:

```
float v3_norm(const struct v3* a)
{
    float n=sqrt(a->x*a->x+a->y*a->y+a->z*a->z);
    a->x=153;
    return n;
}
```

compilation

```
gcc struct.c -lm -g -lrt
struct.c: In function 'v3_norm':
struct.c:52:5: error: assignment of member 'x' in read-only object
```

Evite de mal coder!!

Mot clé **const:** utilisation

const se *propage*

```
struct CD_musique
{
    char titre[50];
    char auteur[50];
    int prix;
};
struct DVD_film
{
    char titre[50];
    int duree;
    int prix;
};
struct etagere
{
    struct CD_musique CD[100];
    struct DVD_film DVD[100];
};
```


Mot clé **const:** utilisation

const se *propage*

```
struct CD_musique
{
    char titre[50];
    char auteur[50];
    int prix;
};
struct DVD_film
{
    char titre[50];
    int duree;
    int prix;
};
struct etagere
{
    struct CD_musique CD[100];
    struct DVD_film DVD[100];
};
```

```
//renvoie pointeur vers CD sur mon etagere
CD_musique* retourne_CD_musique(etagere* mon_etagere,int indice)
{
    return &( mon_etagere->CD[indice] );
}
//renvoie pointeur (constant) vers CD sur mon etagere
const CD_musique* cherche_CD_musique(const etagere* mon_etagere,int indice)
{
    return &( mon_etagere->CD[indice] );
}
```

Mot clé **const:** utilisation

const se *propage*

```c
//renvoie pointeur vers CD sur mon etagere
CD_musique* retourne_CD_musique(etagere* mon_etagere,int indice)
{
    return &( mon_etagere->CD[indice] );
}
//renvoie pointeur (constant) vers CD sur mon etagere
const CD_musique* cherche_CD_musique(const etagere* mon_etagere,int indice)
{
    return &( mon_etagere->CD[indice] );
}
```

```c
struct CD_musique
{
    char titre[50];
    char auteur[50];
    int prix;
};
struct DVD_film
{
    char titre[50];
    int duree;
    int prix;
};
struct etagere
{
    struct CD_musique CD[100];
    struct DVD_film DVD[100];
};
```

```c
int main()
{
    struct etagere mon_etagere;
    //rempli etagere ...

    struct CD_musique *mon_CD_1=retourne_CD_musique(&mon_etagere,3);
    mon_CD_1->prix=20;

    const struct CD_musique *mon_CD_2=cherche_CD_musique(&mon_etagere,3);
    printf("%d\n",mon_CD_2->prix);
}
```

modifiable

constant

Mot clé **const:** Synthèse

- Passer les structs par pointeurs (choix)

- Tous pointeurs passés en **const** ! (bonne programmation)

=> Enlever le const uniquement si nécessaire

```c
char *filename="blabla";
const char* filename="blabla";

void ma_fonction(char *filename);
void ma_fonction(const char *filename);
```

vérification du compilateur code n'est pas impacté (aucun désavantage)

Mot clé **const:** placement

Identique:

```c
const int a;
int const a;
```

```c
const int *a;
int const *a;
```

Attention au placement de *

```c
int const *a;
int *const a;
```

ne sont pas équivalents!

Mot clé **const:** placement

- pointeur lui même constant
- pointeur vers valeur constante

```c
char* const filename_1="fichier_1";
const char* filename_2="fichier_2";
```

```c
char* const filename_1="fichier_1";
const char* filename_2="fichier_2";

filename_1=NULL; //erreur
filename_2=NULL; //OK
```

- on peut cumuler:

```c
const char* const filename_3="mon_fichier";
```

- pointeurs mulitples:

```c
int **p1;
int const **p2;
int const *const *p3;
int const *const *const p4;
int *const *const p5;
int **const p6;
int *const*p7;
```

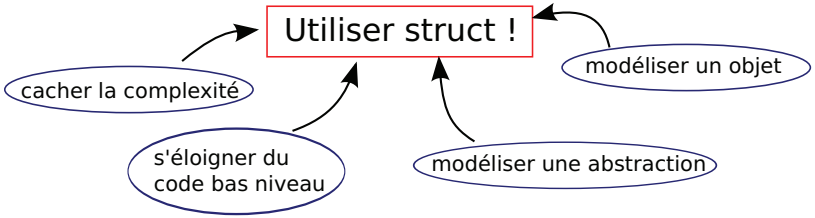
=> Trop complexe
=> Utiliser des structs intermédiaires

Code de haut niveau:

Modélisation d'abstraction

Intérêt: notion d'abstraction
Dénomination et structure
Notion d'encapsulation

Intérêt des structs



+ fonctions manipulants struct

Intéret structs: Lisibilité

Préférer:

```c
struct vecteur
{
    float x;
    float y;
};
float norme(const vecteur* v)
{
    return sqrt(v->x*v->x+v->y*v->y);
}
int main()
{
    struct vecteur mon_vecteur={1,2};
    float n=norme(&mon_vecteur);
    printf("%n\n",n);
}
```

lisible
on connait quelles règles suit l'objet

Plutôt que:

```c
int main()
{
    float v[2]={1,2};
    float n=sqrt(v[0]*v[0]+v[1]*v[1]);
    printf("%f\n",n);
}
```

On doit décrypter

Intéret structs: Lisibilité

ex. Généricité

OK

```c
int main()
{
    struct vecteur mon_vecteur_1={1,2};
    struct vecteur mon_vecteur_2={4,5};
    struct vecteur mon_vecteur_3={5,-1};

    float n1=norme(&mon_vecteur_1);
    float n2=norme(&mon_vecteur_2);
    float n3=norme(&mon_vecteur_3);
}
```

À NE PAS FAIRE

```c
int main()
{
    float v1[2]={1,2};
    float v2[2]={4,5};
    float v3[2]={5,-1};

    float n1=sqrt(v1[0]*v1[0]+v1[1]*v1[1]);
    float n2=sqrt(v2[0]*v2[0]+v2[1]*v2[1]);
    float n3=sqrt(v3[0]*v3[0]+v3[1]*v3[1]);
}
```

=> Changez la norme 2 vers une norme infinie

```c
float norme(const vecteur* v)
{
    return max(v->x,v->y);
}
```

...

1 ligne modifée, local
structure identique
=>Modulaire

N lignes à modifier
modification globale (tous le pgm)
=> oublis, bugs, perte de temps

But d'une struct

- Vos structs doivent cacher l'implémentation

mettre en avant l'objet manipulé

Code de haut niveau:
Modélisation d'abstraction

Structs: Dénomination

Bonnes pratiques: Dénomination

OK: haut niveau

```
enum type_carburant {gasoil,essence,sans_plomb,GPL};
struct voiture
{
    int immatriculation;
    int kilometrage;
    enum type_carburant carburant;
};
```

+ A faire

```
struct voiture v1;
v1.carburant=sans_plomb;
```

√

Trop proche du code

```
struct int_triplet
{
    int u_nbr; //immatriculation
    int u_km;  //kilometrage
    int u_c;  //carburant (0-gasoil,
              //           1-essence,
              //           2-sans_plomb,
              //           3-GPL)
};
```

mélange: int / voiture
=>niveau d'abstraction non homogène

- A ne pas faire

```
struct int_triplet v2;
v2.u_c=2;
```

X

Structs: Structure

```
#define N 50

struct arbre
{
    int hauteur_tronc;
    char couleur_tronc[N];
    int largeur_tronc;
    int nombre_feuille;
    char couleur_feuille[N];
    int profondeur_racines;
};
```

- inhomogène

X

```
#define N 50
struct tronc_arbre
{
    int hauteur;
    char couleur[N];
    int largeur;
};
struct feuille_arbre
{
    int nombre;
    char couleur[N];
};
struct racine_arbre
{
    int profondeur;
};
```

```
struct arbre
{
    struct tronc_arbre tronc;
    struct feuille_arbre feuille;
    struct racine_arbre racine;
};
```

+ homogène
=> Modulaire

√

Structs: Structure

```
struct nombre
{
    int n;
};
struct hauteur
{
    struct nombre h;
};
struct largeur
{
    struct nombre l;
};
struct nom
{
    char valeur[N];
};
struct couleur
{
    struct nom;
};

struct tronc_arbre
{
    struct hauteur h;
    struct largeur l;
    struct couleur c;
};
```

╳ excès inverse!

n'apporte pas d'information

Le niveau de hierarchie dépend de la complexité du modèle
(taille du projet)

Structs: Structure

Niveaux d'abstraction inhomogène!

```
enum type_arbre {epicea,chataignier,chene,eucalyptus};

struct arbre
{
    int largeur;
    int hauteur;
    enum type_arbre type;
    FILE* fid_disque;
};
```

Mélange:
détail d'implémentation
/caractéristiques haut niveau

╳

descripteur de fichier niveau système:

caractéristiques haut niveau

Structs: Nombre de paramètres

```
struct arbre
{
    int largeur;
    int hauteur;
    enum type_arbre;
    int nombre_embranchement;
    int circonference;
    int poids;
    int profondeur_sous_sol;
    int nombre_fleurs;
    int flux_seve;
    int mois_fleurissement;
    int nombre_jour_fleurissement;
    int temperature_maximale;
    int quantitee_eau;
    int valeur_marche;
    int resistance_vent;
};
```

A NE PAS FAIRE!

Trop de paramètres
Mémoire humaine limitée

En moyenne:
3-6 paramètres

Structs: Bonnes pratiques

Synthèse

Une bonne struct:

Encapsule des donnees
Modélise un objet/une abstraction
Contient des paramètres homogènes

Une mauvaise struct:

N'apporte pas d'information
Contient des informations sans coherences, ne modélise rien
Ne sert que de conteneur de variables au niveau C
Contient des noms peu significatifs

Code de haut niveau:
Modélisation d'abstraction

Intérêt: notion d'abstraction
Dénomination et structure
→ **Notion d'encapsulation**

Struct: Notion d'abstraction

struct + fonctions

→ Manipulation de données complexes
Encapsulation

Ex.
Abstraction sphere:

- Comment est codé sphère ?
- Est-ce important pour l'utiliser ?
- Est-ce facile à lire ?

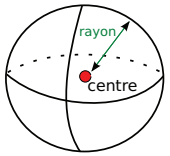
struct sphere

```
void sphere_init(struct sphere* s,float centre_x,
                                  float centre_y,
                                  float centre_z,
                                  float rayon);

float sphere_volume(const struct sphere* s);


int main()
{
  struct sphere s1; sphere_init(&s1,0,0,0,1.0);
  struct sphere s2; sphere_init(&s2,4,-5,6,2.0);

  float volume_1=sphere_volume(&s1);
  float volume_2=sphere_volume(&s2);
}
```


Struct: Notion d'abstraction

Implémentation 1:

```
struct sphere
{
    float cx,cy,cz; //centre
    float R; //rayon
};
```



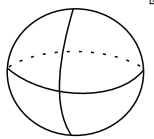
implémentation
fonctions

```
void sphere_init(struct sphere* s,float centre_x,
                                  float centre_y,
                                  float centre_z,
                                  float rayon)
{
    assert(rayon>0);

    s->cx=centre_x;
    s->cy=centre_y;
    s->cz=centre_z;
    s->R=rayon;
}

float sphere_volume(const struct sphere* s)
{
    assert(s->R>0);

    return 4.0/3.0*M_PI*(s->R*s->R*s->R);
}
```


Struct: Notion d'abstraction

Implémentation 2:

```
struct sphere
{
    // x^2 + ax + y^2 + by + z^2 + cz + d=0
    float a,b,c,d;
};
```



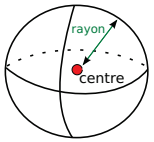
x^2+ax+y^2+by+z^2+cz+d=0

implémentation
fonctions

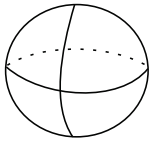
```
void sphere_init(struct sphere* s,float centre_x,
                                  float centre_y,
                                  float centre_z,
                                  float rayon)
{
    assert(rayon>0);

    s->a=-2*centre_x;
    s->b=-2*centre_y;
    s->c=-2*centre_z;
    s->d=centre_x*centre_x+centre_y*centre_y+centre_z*centre_z-rayon*rayon;
}

float sphere_volume(const struct sphere* s)
{
    float x0=-s->a/2.0;
    float y0=-s->b/2.0;
    float z0=-s->c/2.0;
    float R=sqrt(x0*x0+y0*y0+z0*z0-s->d);

    assert(R>0);

    return 4.0/3.0*M_PI*(R*R*R);
}
```

Struct: Notion d'abstraction

Encapsulation:



VS



x^2+ax+y^2+by+z^2+cz+d=0

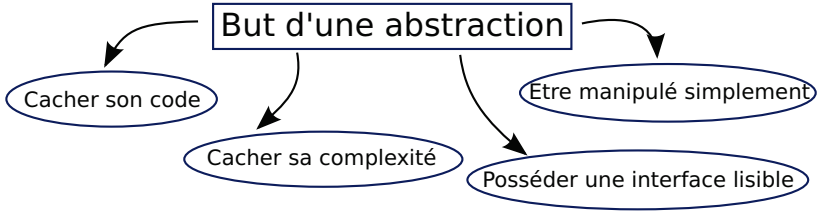
Peu importe l'implémentation
=> **L'utilisation est la même**

L'interface (en tête) reste constante


```
struct sphere

void sphere_init(struct sphere* s,float centre_x,
                                  float centre_y,
                                  float centre_z,
                                  float rayon);

float sphere_volume(const struct sphere* s);


int main()
{
  struct sphere s1; sphere_init(&s1,0,0,0,1.0);
  struct sphere s2; sphere_init(&s2,4,-5,6,2.0);

  float volume_1=sphere_volume(&s1);
  float volume_2=sphere_volume(&s2);
}
```


Struct: Modélisation d'abstraction

Encapsulation:



Bonne encapsulation: Maintenable
Evolutif

optimisation
spécificité OS
améliorations
...

Struct: Exemple d'abstraction

A ne pas faire:

```
int main()
{
    float x1=0,y1=0,z1=0,x2=4,y2=-5,z2=6;
    float R1=1,R2=2;

    float volume_1=4.0/3*M_PI*R1*R1*R1;
    float volume_2=4.0/3*M_PI*R2*R2*R2;
}
```

- pas lisible:
=>abstraction sphere n'apparait pas

- pas d'évolution possible:
=> changer implémentation=
réécrire totalement le code

A faire:

```
int main()
{
  struct sphere s1; sphere_init(&s1,0,0,0,1.0);
  struct sphere s2; sphere_init(&s2,4,-5,6,2.0);

  float volume_1=sphere_volume(&s1);
  float volume_2=sphere_volume(&s2);
}
```

+ lisible
+ evolutif

Notion d'interface

Dans un logiciel:

- Celui qui lit/connait l'implémentation d'une fonction
1-3 personne

- Celui qui utilise l'**interface** d'une fonction
ensemble des developpeurs

le + utilisé
le + important
le + sensible
le + de reflexion

Bonnes pratiques de codage

Syntaxe tableau/pointeurs
Initialisation des variables
Dénomination des variables/fonctions

Syntaxe pointeur/tableau

Tableau

```c
int main()
{
    int tableau[TAILLE];

    //acces a la case indice 5
    int a=tableau[5];
    //affectation sur la premiere case
    tableau[0]=7;
}
```

Pointeur

```c
int main()
{
    int* pointeur=NULL;
    int a=4;

    //pointe sur l'adresse de a
    pointeur=&a;

    //valeur du pointeur
    int b=*pointeur;

    //affectation de la valeur du pointeur
    *pointeur=8;
}
```


Syntaxe pointeur/tableau

Tableau	Pointeur
T[k]	*p

En C, tableau et pointeurs sont confondus

Uniquement en C!

A NE PAS FAIRE:

```c
int main()
{
    int tableau[TAILLE];
    int *p=tableau;

    int a=*(p+5);
    *(tableau+0)=7;
}
```

tableau avec syntaxe pointeur

```c
int main()
{
    int* pointeur=NULL;
    int a=4;
    pointeur=&a;
    int b=pointeur[0];
    pointeur[0]=8;
}
```

pointeur avec syntaxe tableau

Syntaxe pointeur/tableau

Bonne pratique:

Interdisez vous: *(pointeur+k)

Autodocumentation: Tableau : T[k]
Pointeur : *p

Banissez: pointeurs multiples (int **p)

structurez en abstraction

Syntaxe pointeur/tableau

Exemples de portabilité (différents langages):

Vecteur en C++

```cpp
int main()
{
    vector<int> mon_vecteur;
    mon_vecteur.resize(50);
    mon_vecteur[10]=5;
}
```

```cpp
int main()
{
    vector<int> mon_vecteur;
    mon_vecteur.resize(50);
    *(mon_vecteur+10)=5;
}
```

Tableau en Python

```python
tableau = [4,5,6,7];
tableau[2]=8;
```

```python
tableau = [4,5,6,7];
*(tableau+2)=8;
```

Tableau en Java

```java
public class Programme {
    public static void main(String[] args) {

        int tableau[] = new int [10];
        tableau[2]=8;

    }
}
```

```java
public class Programme {
    public static void main(String[] args) {

        int tableau[] = new int [10];
        *(tableau+2)=8;

    }
}
```


Syntaxe pointeur/tableau

Ex. Listing de notes

Mathieu: {12,13,14,11,09,12}
Francois: {5,7,11,11,10,8}
Florence: {15,15,16,12,11,18}

```cpp
int main()
{
    int T[3][6]={{12,13,14,11,9,12},
                 {5,7,11,11,10,8},
                 {15,15,16,12,11,18}};
    int **p=T;

    //acces a la 4eme note de mathieu:
    int note=*(*p+3);
    //ecriture de la 3eme note de Francois avec un 8
    *(*(p+1)+2)=8;
}
```

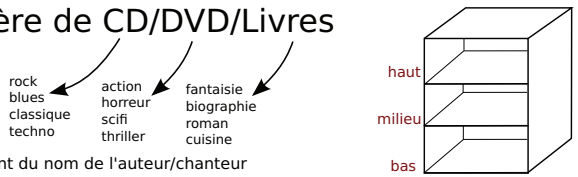
Ecriture pointeur
A ne pas faire

```cpp
int main()
{
    int T[3][6]={{12,13,14,11,9,12},
                 {5,7,11,11,10,8},
                 {15,15,16,12,11,18}};
    //acces a la 4eme note de mathieu:
    int note=T[0][3];
    //ecriture de la 3eme note de Francois avec un 8
    T[1][2]=8;
}
```

Ecriture tableau
OK, avec documentation

Syntaxe pointeur/tableau

Ex. Etagère de CD/DVD/Livres



=> Enregistrement du nom de l'auteur/chanteur

Formalisme pointeur
(proche du code)

```cpp
int main()
{
    char etagere[3][4][3][10][50];
    char ****p;

    //acces: chanteur du 4eme CD de rock sur l'etage du bas
    const char* chanteur=*(***(p+1)+3);

    //modification: auteur du 8eme livre de cuisine sur l'etage du haut
    strcpy( *(*(*(*(p+2)+2)+2)+7),"Maite et Micheline");
}
```

court

lisible?
debug-able?
correct?

Formalisme bibliotheque
(proche de l'objet reel)

```cpp
#define NOMBRE_TYPE_OBJET 3
#define NOMBRE_CATEGORIE 4
#define NOMBRE_ETAGE 3
#define NOMBRE_MAX_OBJET 10
#define TAILLE_MAX_NOM_AUTEUR 50

enum type_objet{DVD,CD,livre};
enum type_etage{bas,milieu,haut};

enum type_DVD {action,horreur,scifi,triller};
enum type_CD {rock,blues,classique,techno};
enum type_livre {fantaisie,biographie,roman,cuisine};


int main()
{
    char etagere[NOMBRE_TYPE_OBJET]
                [NOMBRE_CATEGORIE]
                [NOMBRE_ETAGE]
                [NOMBRE_MAX_OBJET]
                [TAILLE_MAX_NOM_AUTEUR];

    //acces: chanteur du 4eme CD de rock sur l'etage du bas
    const char *chanteur=etagere[CD][rock][bas][3];

    //modification: auteur du 8eme livre de cuisine sur l'etage du haut
    strcpy(etagere[livre][cuisine][haut][7],"Maite et Micheline");
}
```

commentaire
quasi-inutile

Bonnes pratiques de codage

Syntaxe tableau/pointeurs
→ **Initialisation des variables**
Dénomination des variables/fonctions

Initialisation des Variables

Bonne pratique: règle à appliquer

Toujours

Toujours initialiser ses variables

Toujours

Toujours

Toujours

Initialisation des Variables

Exemple:

```
//entiers
int entier_1=0;
int entier_2=-1;
unsigned long long int entier_3=0;

//charactere
char charactere='0';

//flottants
float flottant_1=0.0;
double flottant_2=0.0;

//tableaux statiques
int tableau_1[5]={0,0,0,0,0};
char tableau_2[5]={'\0','\0','\0','\0','\0'};
float tableau_3[5]={0.0,0.0,0.0,0.0,0.0};

//grands tableaux
int tableau_5[5672];memset(tableau_5,0,5672);
int tableau_4[5672]={[0 ... 5671] 1}; //gcc (C99) uniquement

//pointeurs
void* pointeur_1=NULL;
const char* pointeur_2=NULL;
int* pointeur_3=NULL;
int*** pointeur_4=NULL;
```

généralement entiers à 0 (ou -1)

généralement flottants à 0

\0: fin de chaine

Pointeurs toujours à NULL (ou adresse finale)

Jamais de pointeurs non initialisés!!!

Initialisation des Variables

Exemple:

```
int entier;
printf("%d\n",entier);

float flottant;
printf("%f\n",flottant);
```

```
32767
37968003611015055129811353 6.000000
```

Dépend du:

système
compilateur
code
état de la mémoire (autres programmes)

=> **comportement indeterminé**

Initialisation des Structs

Les structs doivent avoir leur fonction d'initialisation

Exemple:

```
#define TAILLE_NOM_MAX 60

struct livre
{
  char auteur[TAILLE_NOM_MAX];
  char titre[TAILLE_NOM_MAX];
  int nombre_de_page;
};
```

Pas d'initialisation: ☒

```
void livre_affiche(const struct livre* livre_a_afficher)
{
  printf("auteur: %s\n",livre_a_afficher->auteur);
  printf("titre: %s\n",livre_a_afficher->titre);
  printf("nbr pages: %d\n",livre_a_afficher->nombre_de_page);
}

int main()
{
  struct livre mon_livre;
  livre_affiche(&mon_livre);
}
```

```
auteur: 00 01
titre: ; 00 7f
nbr pages: 4195073
```

Initialisation des Structs

Les structs doivent avoir leur fonction d'initialisation

Exemple:

```
#define TAILLE_NOM_MAX 60

struct livre
{
  char auteur[TAILLE_NOM_MAX];
  char titre[TAILLE_NOM_MAX];
  int nombre_de_page;
};
```

Fonction d'initialisation: ✓

```
void livre_init(struct livre* livre_a_initialiser)
{
  strcpy(livre_a_initialiser->auteur,"Auteur Inconnu");
  strcpy(livre_a_initialiser->titre,"Titre Inconnu");
  livre_a_initialiser->nombre_de_page=-1;
}
```

```
int main()
{
  struct livre mon_livre;
  livre_init(&mon_livre);
  livre_affiche(&mon_livre);
}
```

✓

```
auteur: Auteur Inconnu
titre: Titre Inconnu
nbr pages: -1
```


Initialisation des Structs

Exemple de cas d'erreur:

```
int main()
{
  struct livre ensemble_livre[3];

  strcpy(ensemble_livre[0].auteur,"Jules Verne");
  strcpy(ensemble_livre[0].titre,"20000 lieux sous les mers");
  ensemble_livre[0].nombre_de_page=200;

  strcpy(ensemble_livre[2].auteur,"H.G. Wells");
  strcpy(ensemble_livre[2].titre,"When the Sleeper Wakes");
  ensemble_livre[2].nombre_de_page=150;

  int k=0;
  int nombre_total_pages=0;
  for(k=0;k<3;++k)
      nombre_total_pages += ensemble_livre[k].nombre_de_page;
  printf("%d\n",nombre_total_pages);
}
```

✗

Affichage: 3117 OK? Erreur? Debug?

Initialisation des Structs

Exemple de cas d'erreur:

```
int main()
{
  struct livre ensemble_livre[3];
  int k=0;
  for(k=0;k<3;++k)
      livre_init(&ensemble_livre[k]);


  strcpy(ensemble_livre[0].auteur,"Jules Verne");
  strcpy(ensemble_livre[0].titre,"20000 lieux sous les mers");
  ensemble_livre[0].nombre_de_page=200;

  strcpy(ensemble_livre[2].auteur,"H.G. Wells");
  strcpy(ensemble_livre[2].titre,"When the Sleeper Wakes");
  ensemble_livre[2].nombre_de_page=150;


  int nombre_total_pages=0;
  for(k=0;k<3;++k)
  {
      int nbr=ensemble_livre[k].nombre_de_page;
      if(nbr!=-1)
          nombre_total_pages += ensemble_livre[k].nombre_de_page;
      else
      {printf("Erreur ensemble_livre[%d] invalide\n",k);exit(1);}
  }
  printf("%d\n",nombre_total_pages);
}
```

✓

Affichage: *Erreur ensemble_livre[1] invalide*

=> Debug aisé

Initialisation des Structs

Exemple 2

```
struct v3
{
    float x;
    float y;
    float z;
};

void v3_init(struct v3* vec)
{
    vec->x=0;
    vec->y=0;
    vec->z=0;
}

int main()
{
    struct v3 vec_1; v3_init(&vec_1);
    struct v3 vec_2; v3_init(&vec_2);

    vec_2.x = 5;
    vec_1.y += vec_2.x;
}
```

✓

Initialisation des Structs

Avantages:

Detection d'erreurs
Code plus sure
Portabilité
Répétabilité

Bonne pratique:

Pour toute struct => fonction d'initialisation
Pour toute déclaration => appel à l'initialisation

Initialisation a des valeurs caracteristiques interessantes
(detection d'erreur, valeur nulle, ...)

Initialisation des Structs

Optimisation ?

```c
int main()
{
    int a=0;

    int k=-1;
    for(k=0;k<10;++k)
    {
        a += 5*k+1;
        printf("%d\n",a);
    }
}
```

avec initialisation

$ gcc -O2

Code assembleur identique

```
main:
.LFB0:
        .cfi_startproc
        pushq   %rbp
        .cfi_def_cfa_offset 16
        .cfi_offset 6, -16
        xorl    %ebp, %ebp
        pushq   %rbx
        .cfi_def_cfa_offset 24
        .cfi_offset 3, -24
        movl    $1, %ebx
        subq    $8, %rsp
        .cfi_def_cfa_offset 32
        .p2align 4,,10
        .p2align 3
```

```c
int main()
{
    int a=0;

    int k;
    for(k=0;k<10;++k)
    {
        a += 5*k+1;
        printf("%d\n",a);
    }
}
```

sans initialisation

Il n'y a aucune gain de perfomance à ne pas initialiser!

Initialisation des Structs

Optimisation ?

Vecteur 3D d'entiers

```c
struct v3
{
    int x,y,z;
};

void v3_init(struct v3* vec)
{
    vec->x=0;vec->y=0;vec->z=0;
}

void v3_affecte(struct v3* vec,float x,float y,float z)
{
    vec->x=x;vec->y=y;vec->z=z;
}
void v3_affiche(const struct v3* vec)
{
    printf("(%d,%d,%d)\n",vec->x,vec->y,vec->z);
}
```


Initialisation des Structs

Optimisation ?

Vecteur 3D d'entiers

```c
struct v3
{
    int x,y,z;
};

void v3_init(struct v3* vec)
{
    vec->x=0;vec->y=0;vec->z=0;
}

void v3_affecte(struct v3* vec,float x,float y,float z)
{
    vec->x=x;vec->y=y;vec->z=z;
}
void v3_affiche(const struct v3* vec)
{
    printf("(%d,%d,%d)\n",vec->x,vec->y,vec->z);
}
```

Avec initialisation

```c
int main()
{
    struct v3 vec; v3_init(&vec);
    v3_affecte(&vec,4,5,6);
    v3_affiche(&vec);
}
```

Sans initialisation

```c
int main()
{
    struct v3 vec;
    v3_affecte(&vec,4,5,6);
    v3_affiche(&vec);
}
```

$ gcc -O2

Assembleur identique

```
main:
.LFB3:
        .cfi_startproc
        subq    $24, %rsp
        .cfi_def_cfa_offset 32
        movq    %rsp, %rdi
        movl    $4, (%rsp)
        movl    $5, 4(%rsp)
        movl    $6, 8(%rsp)
        call    v3_affiche
        addq    $24, %rsp
        .cfi_def_cfa_offset 8
        ret
        .cfi_endproc
```

=> Performance identique

Initialisation des Structs

Optimisation ?

```
int main()
{
    struct v3 vec; v3_init(&vec);
    v3_affiche(&vec);
    v3_affecte(&vec,4,5,6);
    v3_affiche(&vec);
}
```

initialisation

```
main:
.LFB3:
        .cfi_startproc
        subq    $24, %rsp
        .cfi_def_cfa_offset 32
        movq    %rsp, %rdi
        movl    $0, (%rsp)
        movl    $0, 4(%rsp)
        movl    $0, 8(%rsp)
        call    v3_affiche
        movq    %rsp, %rdi
        movl    $4, (%rsp)
        movl    $5, 4(%rsp)
        movl    $6, 8(%rsp)
        call    v3_affiche
        addq    $24, %rsp
        .cfi_def_cfa_offset 8
        ret
        .cfi_endproc
```

affiche (0,0,0)

$ gcc -O2

```
int main()
{
    struct v3 vec;
    v3_affiche(&vec);
    v3_affecte(&vec,4,5,6);
    v3_affiche(&vec);
}
```

```
main:
.LFB3:
        .cfi_startproc
        subq    $24, %rsp
        .cfi_def_cfa_offset 32
        movq    %rsp, %rdi
        call    v3_affiche
        movq    %rsp, %rdi
        movl    $4, (%rsp)
        movl    $5, 4(%rsp)
        movl    $6, 8(%rsp)
        call    v3_affiche
        addq    $24, %rsp
        .cfi_def_cfa_offset 8
        ret
        .cfi_endproc
```

affichage incorrect

=> gcc réalise l'initialisation uniquement si cela est utile!

Initialisation des Structs

Conclusion:

Toujours initialiser dans le code !!!

les built-in
et les structs !

Code + sécurisé
Debug + aisé
Pas de perte de performances!

Bonnes pratiques de codage

Syntaxe tableau/pointeurs
Initialisation des variables
→ **Dénomination des variables/fonctions**

Dénomination: Structs + Fonctions

En C: Nom de fonction doit être unique
Pour l'ensemble du programme !

Rendez votre nom unique et précis

Le nom doit indiquer
- **ce que fait** la fonction
- **sur quoi** elle agit

nom d'une fonction
= documentation

Suivez une règle de noms/passage arguments cohérente tout au long du programme

Dénomination: Structs + Fonctions

Exemple

```
struct arbre;
struct voiture;

void voiture_vend(struct voiture* v,int prix_vente);
```

fonction agissant sur struct voiture

on retrouve l'entitée voiture

nom explicite

dénomination unique et explicite: vente de l'objet voiture

Dénomination: Structs + Fonctions

Exemple

```
struct arbre;
struct voiture;

void voiture_vend(struct voiture* v,int prix_vente);
```

fonction agissant sur struct voiture

on retrouve l'entitée voiture

nom explicite

dénomination unique et explicite: vente de l'objet voiture

```
struct arbre;
struct voiture;

void f5(struct voiture* v,int p);
```

mauvaise dénomination: aucune information
variable non explicite

```
struct arbre;
struct voiture;

float longeur();
```

manque précision: longueur de quelle entitée?

```
struct Arbre;
struct voiture;

void VoitureVend(struct voiture* v,int Prix_Vente);
void Arbre_Coupe(struct Arbre a);
```

Manque cohérence dénomination.
=> Suivez une seule règle unique
(majuscule,undescore, ...)

```
struct arbre;
struct voiture;

void voiture_vente(struct voiture* v,int prix_vente);
void voiture_achete(int prix_achat,struct voiture* v);
void deplace(struct voiture* v,const char* destination);
```

manque cohérence
argument 1ere/dernière position
indication entitée manquante

Dénomination: Structs + Fonctions

Proposition de dénomination

Fonction agissant sur une struct:

type_retour **nom_struct_action**(*(const)* struct entitee* nom, types autres_parametres ...)

struct sur laquelle
agit la fonction en 1ère place

exemple:

```
int voiture_prix(const struct voiture* v);

struct etudiant* classe_recherche_etudiant(struct classe* classe_courante,
                                           const char* nom_etudiant);

void arbre_initialise(struct arbre* a,int longueur,int hauteur);

void couleur_cmjn_vers_rgb(const struct couleur_cmjn* origine,
                           struct couleur_rgb* destination);
```

=> une partie de la documentation donnée par les noms

Dénomination: Structs + Fonctions

Proposition de dénomination

Fonction retour booleen: retour = vrai(1)/faux(0)

type_retour **nom_struct_est_qualificatif**(const struct* entitee)

ou

type_retour **is_nom_struct_qualificatif**(const struct* entitee)

```
int arbre_est_vivant(const struct arbre* a);
int voiture_est_prete(const struct voiture* v);
int nombre_est_pair(int nombre);
```

```
int is_tree_alive(const struct tree* t);
int is_window_open(const struct window* w);
int is_pointer_null(const void* pointer);
```

Dénomination: Structs + Fonctions

Proposition de dénomination

Fonction retour booleen: retour = vrai(1)/faux(0)

type_retour **nom_struct_est_qualificatif**(const struct* entitee)

ou

type_retour **is_nom_struct_qualificatif**(const struct* entitee)

Note: Possibilité d'émuler variable booléenne en C

```c
typedef int boolean;
#define VRAI 1
#define FAUX 0

boolean arbre_est_vivant(const struct arbre* a);

int main()
{
    struct arbre a;
    arbre_initialise(&a);

    while( arbre_est_vivant==VRAI )
    {
        arbre_grandit(&a);

        boolean est_malade=arbre_est_malade();
        if(est_malade==VRAI)
            printf("Arbre malade\n");
    }

    return 0;
}
```

Avancée — Difficile

Dénomination: Variables

Nommez vos variables avec soin

lisible — précis — compréhensible

Bonne pratique:

Nom de variable entre 6-15 caractères

Dénomination: Variables

Bonne pratique:

Donnez du sens à vos noms de variables

```c
#define N 15
int tableau[N];
int limite_1=3;
int limite_2=10;

int fonction_1(int x)
{
    if(x>limite_1)
    {
        if(x>limite_2)
            fonction_2();
        else
            fonction_3();
    }
    else
    {
        printf("Elimine\n");
        abort();
    }
}
```

de quoi parle-on?

```c
#define NOMBRE_ETUDIANT 15

int note_ensemble_etudiants[MAX_ETUDIANT];
int note_eliminatoire=3;
int note_passage=10;

int recoit_note(int note_etudiant,int id_etudiant)
{
    if(note_etudiant>note_eliminatoire)
    {
        if(note_etudiant>note_passage)
        {
            note_ensemble_etudiants[id_etudiant]=note_etudiant;
            validation_matiere();
        }
        else
            seconde_session();
    }
    else
    {
        printf("Elimine\n");
        abort();
    }
}
```

OK

Dénomination: Variables

Bonne pratique:

+ portée d'une variable est grande, plus le nom doit être précis.

```c
#define NOMBRE_MAX_ETUDIANTS 160
#define NOMBRE_MAX_ENSEIGNANTS 5

#define TAILLE_MAX_NOM 20
struct etudiant
{
  char nom[TAILLE_MAX_NOM];
  int note;
};
struct classe
{struct etudiant classe[NOMBRE_MAX_ETUDIANTS];};

char nom_fichier_sauvegarde_etudiants[]="nom_etudiants.txt";


void classe_recupere_note(const struct classe* classe_courante,
                          const char* nom_etudiant_a_chercher);

int main()
{
    struct classe eti3;

    charge_nom_etudiants(&eti3,nom_fichier_sauvegarde_etudiants)

    char nom_a_chercher[]="Benjamin Dumont";
    int note_etudiant=classe_recupere_note(eti3,nom_a_chercher);

    if(note_etudiant<10)
        envoie_mail("Session 2\n");

    return 0;
}
int classe_recupere_note(const struct classe* c,const char* nom)
{
    int k=0;
    while(k<NOMBRE_MAX_ETUDIANTS)
    {
        int comp=strcmp(c->classe[k].nom,nom);
        if(comp==0)
            return c->classe[k].note;
        ++k;
    }
    printf("Etudiant %s non trouve\n",nom);
    return -1;
}
```

variables globales

variables locales

```c
#define N1 160
#define N2 5

#define N3 20
struct e
{
  char n[N3];
  int x;
};
struct c
{
  struct e classe[N1];
};
char f[]="nom_etudiants.txt";


void classe_recupere_note(const struct classe* c,
                          const char* n);

int main()
{
  struct classe classe_etudiant_eti3;

  charge_nom_etudiants(&classe_etudiant_eti3,f);

  char nom_a_chercher[]="Benjamin Dumont";
  int note_etudiant=classe_recupere_note(classe_etudiant_eti3,nom_a_chercher);

  if(note_etudiant<10)
    envoie_mail("Session 2\n");

  return 0;
}
int classe_recupere_note(const struct classe* classe_etudiant_courante,
                         const char* nom_de_l_etudiant)

{
  int indice_de_parcours=0;
  while(indice_de_parcours<N1)
    {
      int retour_comparaison_chaine_caracteres=strcmp(
              classe_etudiant_courante->classe[k].nom,
              nom_de_l_etudiant);
      if(retour_comparaison_chaine_caracteres==0)
    return classe_etudiant_courante->classe[k].note;
      ++indice_de_parcours;
    }
  printf("Etudiant %s non trouve\n",nom);
  return -1;
}
```

peu compréhensible

inutillement complexe
peu lisible

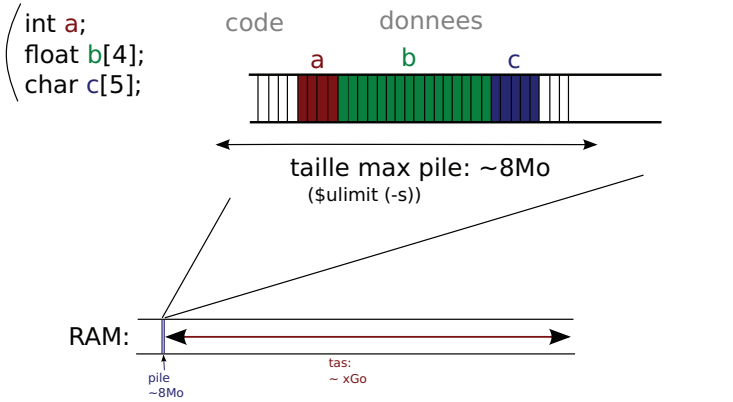
Mémoire dynamique

Allocation
Structure de données:
chainage dynamique et graphes

Mémoire dynamique

Toutes les variables déclarées explicitement sont dans la pile
(stack)

```
int a;
float b[4];
char c[5];
```



Mémoire dynamique

Il est possible d'allouer des emplacements mémoire dans le tas
(heap)

Avantages: + Peut gérer les grandes quantitées de données
+ Peut allouer des tableaux de tailles variables

Inconvénient: - N'est pas géré automatiquement en C

Allocation/occupation d'espace mémoire par:
malloc(taille)

Désallocation/libération d'espace mémoire par:
free(adresse)

=> A la charge du programmeur de bien gérer l'allocation/libération
=> Attention: >90% des erreurs se font sur la gestion mémoire

Note: Le C n'est pas le langage le + adapté pour la gestion de mémoire simple

Mémoire dynamique

Exemple:

```c
int main()
{
  int *mon_tableau=NULL;
  mon_tableau=malloc(5*sizeof(int));

  if(mon_tableau==NULL)
    {printf("Erreur allocation memoire\n");exit(1);}

  int k=0;
  for(k=0;k<5;++k)
    mon_tableau[k]=2*k;

  for(k=0;k<5;++k)
    printf("%d\n",mon_tableau[k]);

  free(mon_tableau);
  mon_tableau=NULL;

  return 0;
}
```

allocation espace mémoire

vérification

utilisation comme un tableau standard

libération mémoire

Mémoire dynamique

Exemple:

```c
int main()
{
  int *mon_tableau=NULL;
  mon_tableau=malloc(5*sizeof(int));

  if(mon_tableau==NULL)
    {printf("Erreur allocation memoire\n");exit(1);}

  int k=0;
  for(k=0;k<5;++k)
    mon_tableau[k]=2*k;

  for(k=0;k<5;++k)
    printf("%d\n",mon_tableau[k]);

  free(mon_tableau);
  mon_tableau=NULL;

  return 0;
}
```

erreur classique: malloc(5) oublie taille de l'entier=4 octets

erreur classique: oublie verification

erreur classique: dépassement tableau

erreur classique: oublie libération (perte d'espace RAM!)

Mémoire dynamique

Exemple: tableau de taille non connue à la compilation

```c
int main()
{
  printf("Donnez un nombre de cases a allouer positif: ");

  int n=0;
  scanf("%d",&n);

  if(n<=0 || n>5000000)
    {
      printf("Nombre %d invalide\n",n);
      exit(1);
    }

  int *tableau=NULL;
  tableau=malloc(n*sizeof(int));

  printf("Je viens d'allouer dynamiquement un tableau de %d entier\n",n);

  int k=0;
  for(k=0;k<n;++k)
    tableau[k]=k;

  free(tableau);
  tableau=NULL;
}
```


Mémoire dynamique

Exemple: redimensionnement d'un tableau

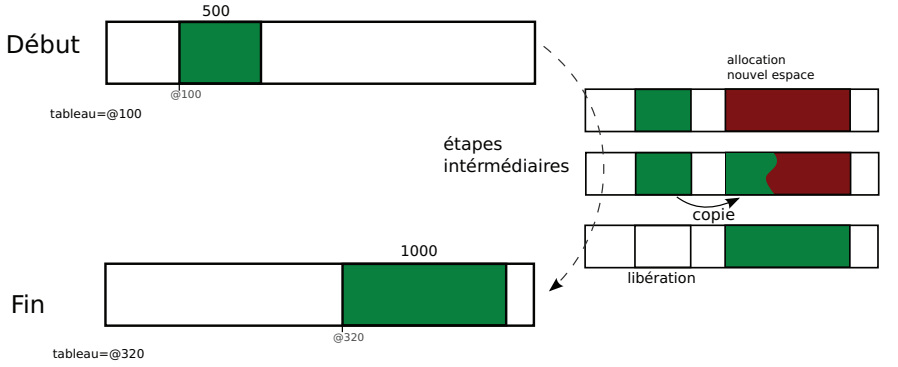
```c
int main()
{
  int taille_1=500;
  tableau=malloc(taille_1*sizeof(float));

  if(tableau==NULL)
    {printf("Erreur allocation tableau\n");exit(1);}

  int k=0;
  for(k=0;k<taille_1;++k)//remplissage de 500 cases
    tableau[k]=cos((float)k/taille_1*2*M_PI);

  int taille_2=1000;
  copie_et_aggrandissement_tableau(taille_2);

  //remplissage des 500 cases suivantes
  for(k=taille_1;k<taille_2;++k)
    tableau[k]=k*k;

  free(tableau);//liberation de l'espace memoire
  tableau=NULL;

  return 0;
}
```

```c
float *tableau=NULL;

void copie_et_aggrandissement_tableau(int nouvelle_taille)
{
  float *tableau_temporaire=tableau;//copie du pointeur

  //allocation du tableau avec nouvelle taille
  tableau=NULL;
  tableau=malloc(nouvelle_taille);

  if(tableau==NULL)
    {printf("Erreur allocation tableau\n");exit(1);}

  //copie des valeurs du tableau precedent
  int k=0;
  for(k=0;k<nouvelle_taille;++k)
    tableau[k]=tableau_temporaire[k];

  //liberation du tableau precedent
  free(tableau_temporaire);
  tableau_temporaire=NULL;
}
```


Mémoire dynamique

Exemple: redimensionnement d'un tableau

Principe:



Attention: Aggrandissement de tableau= nouvelle allocation+copie = long !

Mémoire dynamique

Exemple: mémoire dynamique sur une struct

```c
struct tronc
{
  float epaisseur_ecorce;
  int nombre_anneaux;
};

struct feuilles
{
  float largeur;
  float longeur;
};

struct arbre
{
  struct tronc;
  struct feuilles;
};

int main()
{
  struct arbre *foret=NULL;
  foret=malloc(3*sizeof(struct arbre));

  foret[0].tronc.epaisseur_ecorce=1.5;
  foret[1].feuilles.largeur=5.0;

  free(foret);
  foret=NULL;

  return 0;
}
```


Mémoire dynamique

Allocation

→ **Structure de données:**

chainage dynamique et graphes

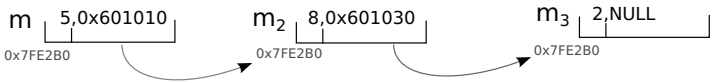
Mémoire dynamique

Exemple: structure de données avancées: liste chaînées

```c
struct maillon
{
  int valeur;
  struct maillon *suivant;
};

int main()
{
  struct maillon m;
  m.valeur=5;
  m.suivant=malloc(sizeof(struct maillon));

  struct maillon* m2=NULL;
  m2=m.suivant;
  m2->valeur=8;

  m2->suivant=malloc(sizeof(struct maillon));

  struct maillon* m3=NULL;
  m3=m2->suivant;
  m3->valeur=2;

  printf("%d %d %d\n",m.valeur,
     m.suivant->valeur,
     m.suivant->suivant->valeur);

  printf("%d %d %d\n",m.valeur,m2->valeur,m3->valeur);

  return 0;
}
```

```
m
    valeur                5
  ↪ suivant               0x601010
  *0x601010
      valeur              8
    ↪ suivant             0x601030
    *0x601030
        valeur            2
      ↪ suivant           0x0
        *0x0              Cannot access memory at address 0x0
↪ m2                      0x601010
*0x601010
    valeur                8
  ▷ ↪ suivant             0x601030
↪ m3                      0x601030
*0x601030
    valeur                2
  ▷ ↪ suivant             0x0
```

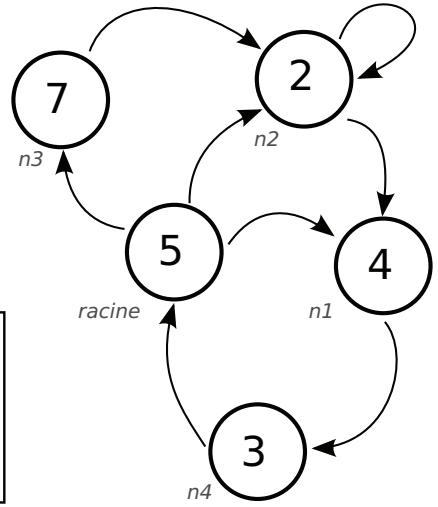
(tableau de taille quelconque qui peut d'aggrandir)



Mémoire dynamique

Exemple: structure de données avancées: graphe

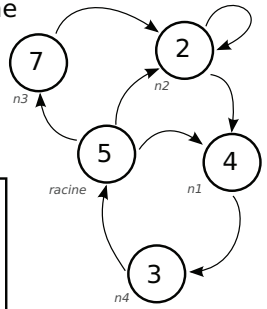
```c
struct noeud
{
  int valeur;

  int nombre_fils;
  struct noeud **fils;
};
```



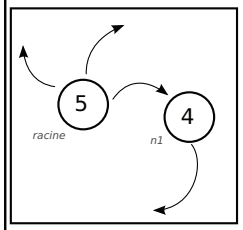
Mémoire dynamique

Exemple: structure de données avancées: graphe

```
struct noeud
{
  int valeur;

  int nombre_fils;
  struct noeud **fils;
};
```



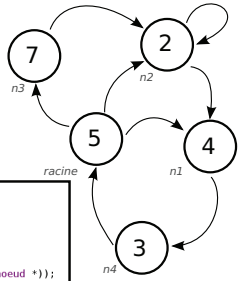

```
int main()
{
    //allocation
    struct noeud *racine=NULL;
    racine=malloc(sizeof(struct noeud));
    assert(racine!=NULL);

    racine->valeur=5;
    racine->nombre_fils=3;
    racine->fils=NULL;
    racine->fils=malloc(racine->nombre_fils*sizeof(struct noeud *));
    assert(racine->fils!=NULL);

    struct noeud* n1=NULL;
    n1=malloc(sizeof(struct noeud));
    assert(n1!=NULL);
    n1->valeur=4;
    racine->fils[0]=n1;
    n1->nombre_fils=1;
    n1->fils=NULL;
    n1->fils=malloc(n1->nombre_fils*sizeof(struct noeud *));
    assert(n1->fils!=NULL);
```



Mémoire dynamique

Exemple: structure de données avancées: graphe

```
struct noeud
{
  int valeur;

  int nombre_fils;
  struct noeud **fils;
};
```



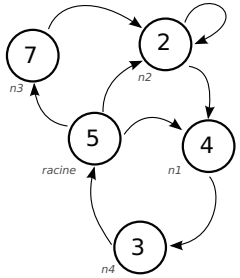

```
int main()
{
    //allocation
    struct noeud *racine=NULL;
    racine=malloc(sizeof(struct noeud));
    assert(racine!=NULL);

    racine->valeur=5;
    racine->nombre_fils=3;
    racine->fils=NULL;
    racine->fils=malloc(racine->nombre_fils*sizeof(struct noeud *));
    assert(racine->fils!=NULL);

    struct noeud* n1=NULL;
    n1=malloc(sizeof(struct noeud));
    assert(n1!=NULL);
    n1->valeur=4;
    racine->fils[0]=n1;
    n1->nombre_fils=1;
    n1->fils=NULL;
    n1->fils=malloc(n1->nombre_fils*sizeof(struct noeud *));
    assert(n1->fils!=NULL);
```

```
    struct noeud* n2=NULL;
    n2=malloc(sizeof(struct noeud));
    assert(n2!=NULL);
    n2->valeur=2;
    n2->nombre_fils=2;
    n2->fils=NULL;

    n2->fils=malloc(n2->nombre_fils*sizeof(struct noeud *));
    n2->fils[0]=n1;
    n2->fils[1]=n2;

    racine->fils[1]=n2;

    struct noeud* n3=NULL;
    n3=malloc(sizeof(struct noeud));
    assert(n3!=NULL);
    n3->valeur=7;
    n3->nombre_fils=1;
    n3->fils=NULL;
    n3->fils=malloc(sizeof(struct noeud*));
    assert(n3!=NULL);
    n3->fils[0]=n2;

    racine->fils[2]=n3;

    struct noeud* n4=NULL;
    n4=malloc(sizeof(struct noeud));
    assert(n4!=NULL);
    n4->valeur=3;
    n4->nombre_fils=1;
    n4->fils=NULL;
    n4->fils=malloc(n4->nombre_fils*sizeof(struct noeud*));
    assert(n4->fils!=NULL);
    n4->fils[0]=racine;


    n1->fils[0]=n4;
```


Mémoire dynamique

Exemple: structure de données avancées: graphe

```
struct noeud
{
  int valeur;

  int nombre_fils;
  struct noeud **fils;
};
```

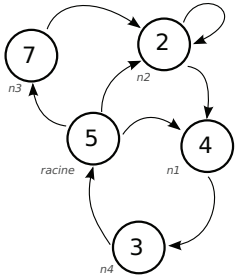



```
//utilisation
int valeur_racine=racine->valeur;
int valeur_n4=racine->fils[1]->fils[0]->fils[0]->valeur;

printf("%d %d\n",valeur_racine,valeur_n4);
```


Mémoire dynamique

Exemple: structure de données avancées: graphe

```
struct noeud
{
  int valeur;

  int nombre_fils;
  struct noeud **fils;
};
```




```
    //desallocation
    free(racine->fils);
    free(n1->fils);
    free(n4->fils);
    free(n3->fils);
    free(n2->fils);

    free(racine);
    free(n1);
    free(n2);
    free(n3);
    free(n4);

    return 0;
}
```

Ne pas oublier de libérer la mémoire
=> 10 malloc, donc 10 free !

Vérification par valgrind (absence fuite mémoire)
Obligatoire!

```
HEAP SUMMARY:
    in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
  total heap usage: 10 allocs, 10 frees, 144 bytes allocated

All heap blocks were freed -- no leaks are possible
```

Exercice difficile!

Chaine de compilation

Compilateur
Warnings
Compilation séparée
Précompilateur
Makefile
Edition de liens et librairies

Chaine de compilation

```
int main()
{
    int a=3;
    a++;
    int b=a+2;

    char texte[]="j aime l informatique";

    return 0;
}
```

```
b8af 0860 0055 482d a808 6000 4883 f80c
4889 e577 025d c3b8 0000 0000 4885 c074
f45d bfa8 0860 00ff e00f 1f80 0000 0000
b8a8 0860 0055 482d a808 6000 48c1 f803
4889 e548 89c2 48c1 ea3f 4801 d048 89c6
48d1 fe75 025d c3ba 0000 0000 4885 d274
f45d bfa8 0860 00ff e20f 1f80 0000 0000
803d 4104 2000 0075 1155 4889 e5e8 7eff
ffff 5dc6 052e 0420 0001 f3c3 0f1f 4000
4883 3d08 0220 0000 741b b800 0000 0048
85c0 7411 55bf 9006 6000 4889 e5ff d05d
e97b ffff ffe9 76ff ffff 9090 5548 89e5
c745 fc03 0000 0083 45fc 018b 45fc 83c0
0289 45f8 c745 e06a 2061 69c7 45e4 6d65
206c c745 e820 696e 66c7 45ec 6f72 6d61
c745 f074 6971 7566 c745 f465 00b8 0000
0000 5dc3 9090 9090 9090 9090 9090 9090
4889 6c24 d84c 8964 24e0 488d 2d77 0120
004c 8d25 6801 2000 4889 5c24 d04c 896c
24e8 4c89 7424 f04c 897c 24f8 4883 ec38
4c29 e541 89ff 4989 f648 c1fd 0349 89d5
31db e829 feff ff48 85ed 741a 0f1f 4000
4c89 ea4c 89f6 4489 ff41 ff14 dc48 83c3
0148 39eb 75ea 488b 5c24 0848 8b6c 2410
4c8b 6424 184c 8b6c 2420 4c8b 7424 284c
```

Code (C)

(=langage humain)

Compilateur

Fichier executable

(=binaire)

(Windows: .exe
Linux: nom quelconque)

Compilateur

gcc

GNU Compiler Collection

http://gcc.gnu.org/

(C, C++,Obj-C,Fortran,Ada,Go)

Le + répendu sous Linux

D'autres existent:

Nwcc
Clang
Quick C (Microsoft)
Turbo C (Embarcadero)
XL C (IBM)

Note:
Compilateur C++ compatibles

BorlandC++
Intel C++ Compiler
Visual Studio
Turbo C++
ProDev
Solaris Studio

Compilateur

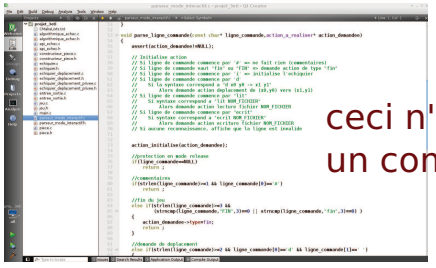
Remarque:

Ne pas confondre **IDE** et **Compilateur**

éditer du texte/code

génère le binaire

Emacs
QtCreator
MS Visual C++
Dev C++
Eclipse
Code::Blocks
Anjuta
KDevelop



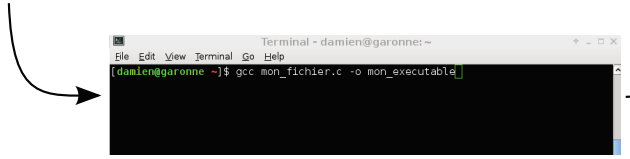
ceci n'est pas un compilateur!

Compilateur

En pratique

mon_fichier.c

mon_executable



Puis
$ ./mon_executable

Compilateur: Paramètres de GCC

gcc possède des paramètres:

- Warnings
- Debug
- Optimisation

beaucoup d'options!

- Chemins d'acces
- Lien avec librairies
- Constantes
- ...

http://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Option-Summary.html

Chaine de compilation

Compilateur

Ex: Warning

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float *a;
    printf("%f",*a);

    return 0;
}
```

sans option de Warning

```
[damien@garonne ~/work/2012_2013_teaching/2012_3eti_projet_c/cours/src/code]$ gcc compilation.c
[damien@garonne ~/work/2012_2013_teaching/2012_3eti_projet_c/cours/src/code]$ gcc compilation.c -Wuninitialized
compilation.c: In function 'main':
compilation.c:7:17: warning: 'a' is used uninitialized in this function [-Wuninitialized]
```

avec option de Warning

en francais:
compilation.c, ligne 17. Warning 'a' est utilisé sans être initialisé dans cette fonction.

Warning = Aide pour le programmeur
= Lisible pour le programmeur
= Evite les erreurs "*silentieuses*"

Warnings typiques:

```c
int oublie_retour(int valeur)
{
    int valeur_a_retourner=0;
    valeur_a_retourner=valeur+1;
}

int* recupere_adresse_temporaire(int valeur)
{
    return &valeur;
}

int main()
{
    int a=oublie_retour(3);
    printf("%d\n",a);

    int tableau[2]={1,2,3};

    int b=3;
    int *p=recupere_adresse_temporaire(b);
    printf("%d\n",*p);

    int somme=0;
    unsigned int k=0;
    for(k=5;k>0;--k)
        somme += 3;

    return 0;
}
```

Sans warnings

$ gcc mon_fichier.c

→ compile

Fonctionne?

Warnings typiques:

```c
int oublie_retour(int valeur)
{
    int valeur_a_retourner=0;
    valeur_a_retourner=valeur+1;
}

int* recupere_adresse_temporaire(int valeur)
{
    return &valeur;
}

int main()
{
    int a=oublie_retour(3);
    printf("%d\n",a);

    int tableau[2]={1,2,3};

    int b=3;
    int *p=recupere_adresse_temporaire(b);
    printf("%d\n",*p);

    int somme=0;
    unsigned int k=0;
    for(k=5;k>0;--k)
        somme += 3;

    return 0;
}
```

pas de retour

adresse temporaire

depassement tableau

toujours vrai: boucle infinie

Ajout de warnings

$ gcc mon_fichier.c -Wall -Wextra

```
mon_fichier.c: In function 'oublie_retour':
mon_fichier.c:6:9: warning: variable 'valeur_a_retourner' set but not used [-Wunused-but-set-variable]
mon_fichier.c: In function 'recupere_adresse_temporaire':
mon_fichier.c:12:5: warning: function returns address of local variable [enabled by default]
mon_fichier.c: In function 'main':
mon_fichier.c:20:5: warning: excess elements in array initializer [enabled by default]
mon_fichier.c:20:5: warning: (near initialization for 'tableau') [enabled by default]
mon_fichier.c:20:9: warning: unused variable 'tableau' [-Wunused-variable]
mon_fichier.c:28:5: warning: comparison of unsigned expression >= 0 is always true [-Wtype-limits]
mon_fichier.c: In function 'oublie_retour':
mon_fichier.c:8:1: warning: control reaches end of non-void function [-Wreturn-type]
```


Warnings : Bonnes pratiques

Toujours activer un maximum de Warnings

conteneurs de multiples warnings

-Wall -Wextra Indispensable!!

=> Toujours compiler avec *$gcc -Wall -Wextra*

D'autres Warnings très utiles:

(non compris dans -Wall ni -Wextra)

-Wfloat-equal -Wshadow -Wswitch-default -Wswitch-enum
-Wwrite-strings -Wpointer-arith -Wcast-qual -Wredundant-decls
-Winit-self

Warnings : Bonnes pratiques

Toujours activer un maximum de Warnings

Ne **jamais** se priver du travail du compilateur!

Si après analyse des Warnings inutiles gachent la **lisibilité**
(ex. unused variables)

annule ce Warning spécifique

Option: -Wno-<nom_warning>

ex. -Wall -Wextra -Wno-unused-variable

Warnings : Bonnes pratiques

gcc -Wall -Wextra -Wfloat-equal -Wshadow -Wswitch-default -Wswitch-enum -Wwrite-strings -Wpointer-arith -Wcast-qual -Wredundant-decls -Winit-self

Trop long à écrire ?

→ 1 unique fois dans un fichier
utilisez les scripts

script = lignes de commandes écrites dans un fichier
executées les unes derrières les autres

ex.

<nom_script>.sh

```
#!/bin/bash

<mes_lignes_de_scripts>
<...>
```


Script pour compiler

En pratique:

1. créez le fichier:  mon_script.sh dans le même repertoire que:  *mon_programme.c*

2. y inscrire:

```
#!/bin/bash

gcc mon_fichier.c -Wall -Wextra -o mon_executable
```

3. rendez le fichier executable: $ chmod +x mon_script.sh

4. lancez le: $ ./mon_script.sh

Script pour compiler

En pratique:

Avec l'ensemble des paramètre de compilation:

```
#!/bin/bash

CFLAGS="-Wall -Wextra -Wfloat-equal -Wshadow -Wswitch-default -Wswitch-enum -Wwr
ite-strings"

gcc mon_fichier.c -o mon_executable ${CFLAGS}
```

déclaration d'une variable (+ lisible)

utilisation d'une variable

Note: En anglais: options de compilation = *flags*
options de compilation du compilateur C = *Cflags*

version générique:

```
#!/bin/bash

CFLAGS="-Wall -Wextra -Wfloat-equal -Wshadow -Wswitch-default -Wswitch-enum -Wwr
ite-strings"

nom_de_fichier=mon_fichier.c

echo "Je compile" ${nom_de_fichier}
gcc ${nom_de_fichier} -o mon_executable ${CFLAGS}
```


Options de debug

`-g` **Toujours** compiler avec l'option de Debug lors du developpement

Permet l'utilisation des debuggers (gdb,kdbg,ddd,valgrind, ...)

Pour résumer, CFLAGS minimales à toujours utiliser:

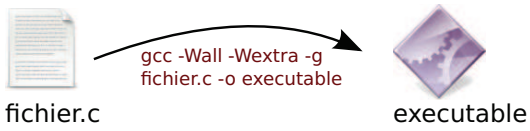
-Wall -Wextra -g

Chaine de compilation

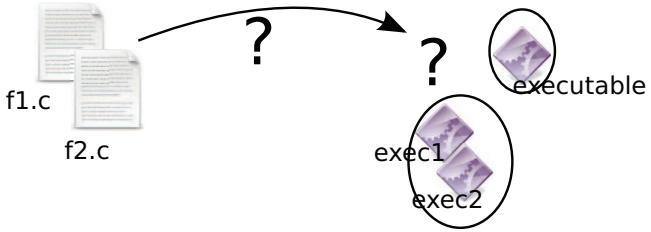
Compilateur
Warnings
→ **Compilation séparée**
Précompilateur
Makefile
Edition de liens et librairies

Compilation séparée

1 Fichier:



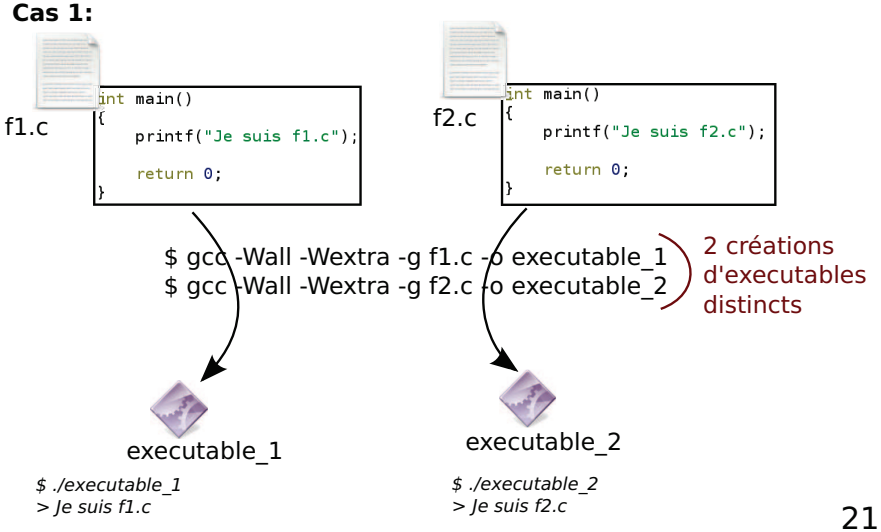
2 Fichiers:



Cas de 2 fichiers

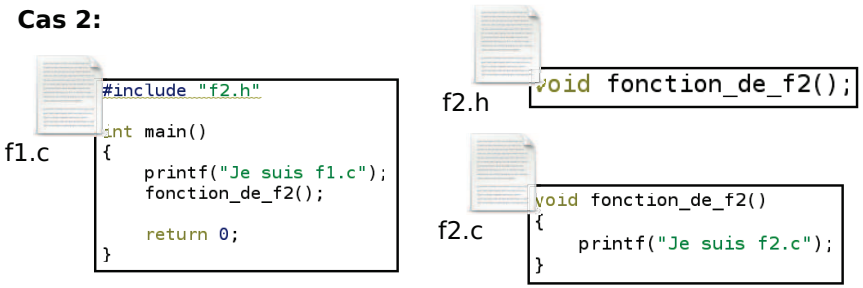
Un executable => 1 point d'entrée (int main())

Cas 1:



Cas de 2 fichiers

Cas 2:

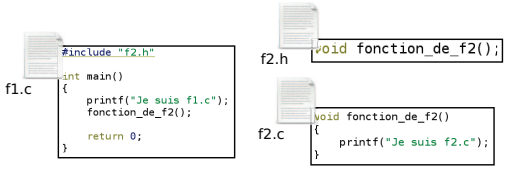


f2 ne contient pas de fonction: *int main()*
=> pas d'executable associé à f2 uniquement!

f2 agit en tant que "*librairie*" pour le code appelé dans f1

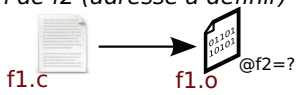
Cas de 2 fichiers: compilation séparée

Cas 2:

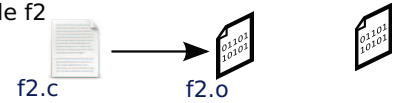


Principe:

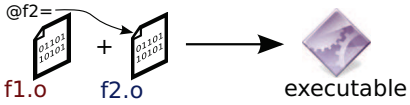
- On compile tout ce qu'on peut de f1
  => cad: tout sauf la fonction de f2 (adresse à définir)



- On compile tout ce qu'on peut de f2
  => cad: tout



- On rassemble les 2 binaires + complète l'adresse de fonction définitive

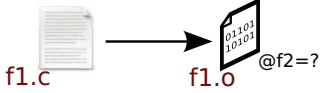


Cas de 2 fichiers: compilation séparée

Cas 2, ligne de commande:

- Compilation de f1.c

gcc -c -Wall -Wextra -g f1.c -o f1.o

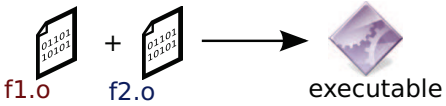


- Compilation de f2.c

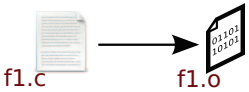
gcc -c -Wall -Wextra -g f2.c -o f2.o

- Edition de liens, génération d'executable

gcc f1.o f2.o -o executable



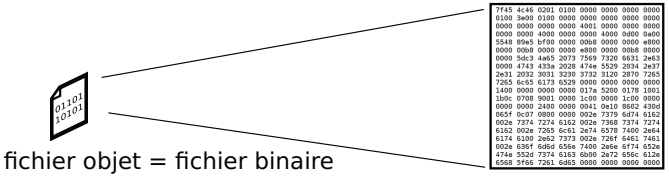
Fichier objet



gcc -c -Wall -Wextra -g f1.c -o f1.o

Option -c

indique:
génère un binaire du code
ne génère pas d'executable
s'arrête avant l'étape d'édition de lien



fichier objet = fichier binaire

fichier non executable

peut contenir des liens vers des fonctions externes

Fichier objet

Pour visualiser un fichier binaire

ex.

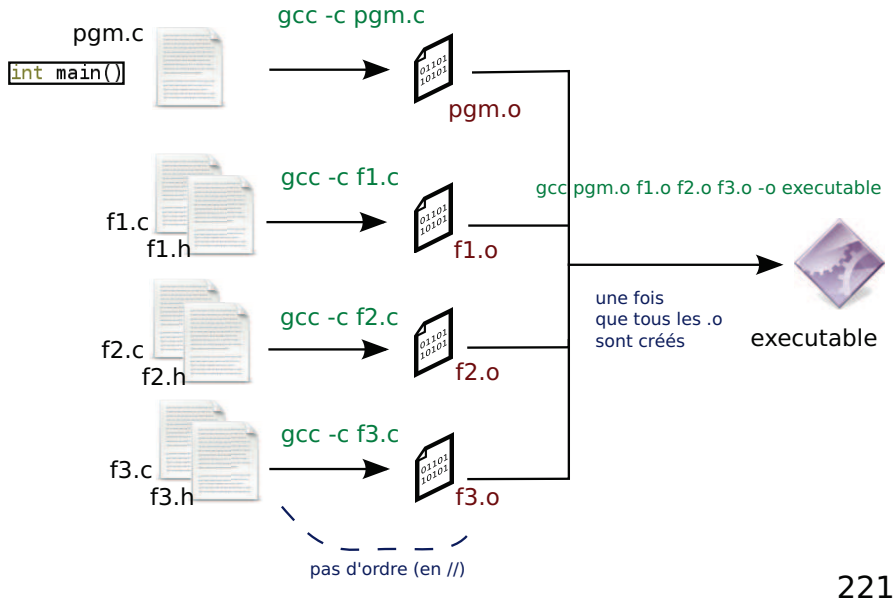
Ouvrir le fichier avec xemacs ou emacs
$ xemacs fichier.o

Appuyez sur **Alt+X**: cherchez *hexl-mode*

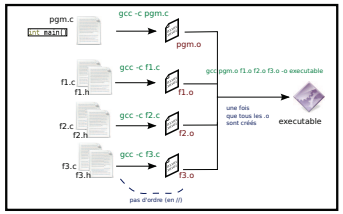
ou

```
$ od -x fichier.o
```

Plusieurs sources, un executable



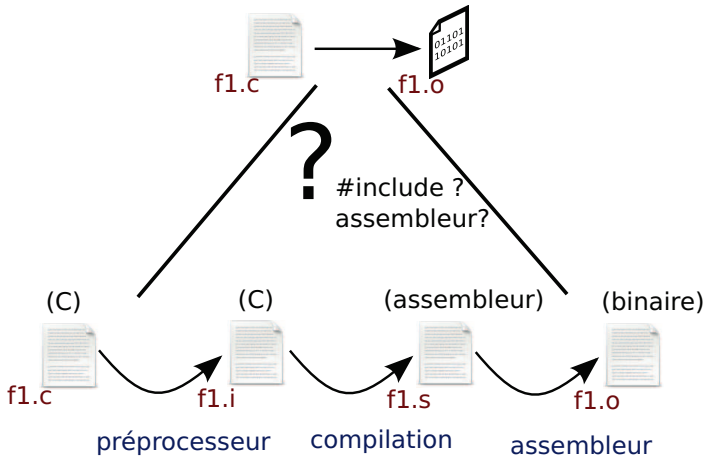
Plusieurs sources, un executable: script



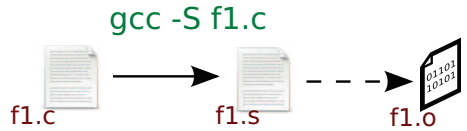
mon_script_de_compilation.sh

```
#!/bin/bash

CFLAGS="-Wall -Wextra -Wfloat-equal -Wshadow -Wswitch-default -Wswitch-enum -Wwr
ite-strings -Wpointer-arith -Wcast-qual -Wredundant-decls -Winit-self -g"

#Compilation vers fichiers objets
gcc f1.c -o f1.o ${CFLAGS}
gcc f2.c -o f2.o ${CFLAGS}
gcc f3.c -o f3.o ${CFLAGS}
gcc pgm.c -o pgm.o ${CFLAGS}

#Edition de liens
gcc f1.o f2.o f3.o pgm.o -o executable
```


Construction d'un fichier objet



Fichier assembleur



Option -S

```
int main()
{
    int a=5;
    int b=6;
    int c=a+b;
}
```

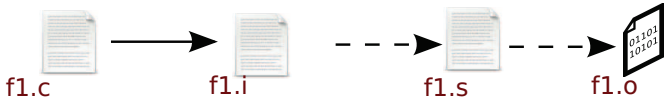
```
        .file   "compilation.c"
        .text
        .globl  main
        .type   main, @function
main:
.LFB0:
        .cfi_startproc
        pushq   %rbp
        .cfi_def_cfa_offset 16
        .cfi_offset 6, -16
        movq    %rsp, %rbp
        .cfi_def_cfa_register 6
        movl    $5, -4(%rbp)
        movl    $6, -8(%rbp)
        movl    -8(%rbp), %eax
        movl    -4(%rbp), %edx
        addl    %edx, %eax
        movl    %eax, -12(%rbp)
        popq    %rbp
        .cfi_def_cfa 7, 8
        ret
        .cfi_endproc
.LFE0:
        .size   main, .-main
        .ident  "GCC: (GNU) 4.7.1 20120721 (prerelease)"
        .section        .note.GNU-stack,"",@progbits
```

Chaine de compilation

- Compilateur
- Warnings
- Compilation séparée
- **Précompilateur**
- Makefile
- Edition de liens et librairies

Precompilateur

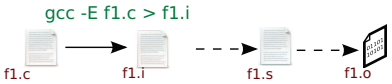
gcc -E f1.c > f1.i



Option -E

Precompilateur =
Convertion du code C en un autre code C (plus simple à compiler)

Precompilateur



Elimine tous les commentaires
=> inutile pour générer de l'assembleur

f1.c

```
/**
   Ceci est un commentaire qui devrait
                décrire mon programme.
   J'aime l'informatique.
   J'aime le C.
*/
int main()
{
    // ceci est un commentaire
    int a=5;
    /** Ceci est un autre commentaire */
    int b=6;
    int c=a+b;
}
```

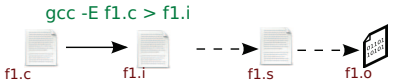
gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
# 1 "compilation.c"
# 1 "<command-line>"
# 1 "compilation.c"

int main()
{

    int a=5;

    int b=6;
    int c=a+b;
}
```

Conclusion:
Ecrivez vos commentaires pour les humains, pas pour la machine!

Precompilateur



Remplace toute les *Macros*
#define

f1.c

```
#define MA_CONSTANTE 8
#define PI 3.14159


int main()
{
    int a=MA_CONSTANTE;

    int b=MA_CONSTANTE+8;

    int tableau[MA_CONSTANTE];

    float rayon=3.0;
    float aire=2*PI*RAYON;
}
```

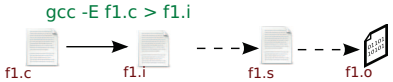
gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
# 1 "compilation.c"
# 1 "<command-line>"
# 1 "compilation.c"

int main()
{
    int a=8;

    int b=8 +8;

    int tableau[8];

    float rayon=3.0;
    float aire=2*3.14159*RAYON;
}
```

Conclusion:
Centralisez vos constantes (tailles tableaux) dans des macros.

Precompilateur



Remplace toute les *Macros*
#define

Attention: Les macros sont directement copiés collés!
=> Pas de points-virgules (;) !

f1.c

```
#define MA_CONSTANTE 8;
#define PI 3.14159;


int main()
{
    int a=MA_CONSTANTE;

    int b=MA_CONSTANTE+8;

    int tableau[MA_CONSTANTE];

    float rayon=3.0;
    float aire=2*PI*RAYON;
}
```

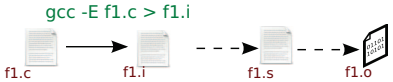
gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
# 1 "compilation.c"
# 1 "<command-line>"
# 1 "compilation.c"


int main()
{
    int a=8;;

    int b=8;+8;

    int tableau[8;];

    float rayon=3.0;
    float aire=2*3.14159;*RAYON;
}
```

Conclusion:
Pas de points-virgules dans les macros!.

Precompilateur



Remplace toute les *Macros*
#define

Les macros peuvent être des fonctions!

f1.c

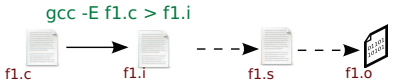
```
#define CARRE(x) x*x
#define NORME(x,y) sqrt(CARRE(x)+CARRE(y))

int main()
{

  float a=5;
  float b=CARRE(4);

  float d=NORME(a,b);
  float e=NORME(8,1);

}
```

gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
# 3 "compilation.c" 2

int main()
{

  float a=5;
  float b=4*4;

  float d=sqrt(a*a+b*b);
  float e=sqrt(8*8 +1*1);

}
```


Precompilateur



Remplace toute les *Macros*
#define

Les macros peuvent être des fonctions!
Attention au principe du copié-collé des macros !!!

f1.c

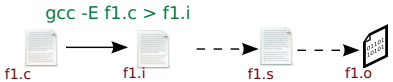
```
#define CARRE(x) x*x
#define NORME(x,y) sqrt(CARRE(x)+CARRE(y))

int main()
{

  float a=5;
  float b=CARRE(4+5);

  float d=NORME(a+b,b);
  float e=NORME(8+1,1-4);

}
```

gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
int main()
{

  float a=5;
  float b=4+5*4+5;

  float d=sqrt(a+b*a+b+b*b);
  float e=sqrt(8+1*8+1 +1-4*1-4);

}
```


Precompilateur



Remplace toute les *Macros*
#define

Les macros peuvent être des fonctions!
Attention au principe du copié-collé des macros !!!

f1.c

```
#define CARRE(x) ((x)*(x))
#define NORME(x,y) (sqrt(CARRE(x)+CARRE(y)))

int main()
{

  float a=5;
  float b=CARRE(4+5);

  float d=NORME(a+b,b);
  float e=NORME(8+1,1-4);

}
```

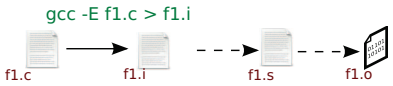
gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
int main()
{

  float a=5;
  float b=((4+5)*(4+5));

  float d=(sqrt(((a+b)*(a+b))+((b)*(b))));
  float e=(sqrt(((8+1)*(8+1))+((1-4)*(1-4))));

}
```

=> Autour de chaque variable/expression: ajoutez des parenthèses

Precompilateur



Remplace toute les *Macros*

#define

Les macros peuvent être des fonctions avancées !

f1.c

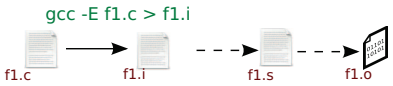
```
#define LOOP(k,N) for((k)=0;(k)<(N);++(k))
#define MAKE_VECTOR(vec,x,y,z) float vec[3];\
                               vec[0]=(x);vec[1]=(y);vec[2]=(z);
#define PRINT_SUM(vec) {printf("%f\n",(vec[0])+(vec[1])+(vec[2]));}


int main()
{

  int k=0;
  LOOP(k,15)
    {
      MAKE_VECTOR(mon_vecteur,k,2*k,k)
      PRINT_SUM(mon_vecteur)
    }
}
```

gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
int main()
{

  int k=0;
  for((k)=0;(k)<(15);++(k))
    {
      float mon_vecteur[3]; mon_vecteur[0]=(k);mon_vecteur[1]=(2*k);mon_vecteur[2]=(k);
      {printf("%f\n",(mon_vecteur[0])+(mon_vecteur[1])+(mon_vecteur[2]));}
    }
}
```


Precompilateur



Nouveau language?

f1.c

```
DEBUT_PROGRAMME


   Initialise(Valeur_utilisateur)
   Variable A Recoit Valeur_utilisateur;

   SI(A Plus_grand_que 10)
      Affiche("Trop grand");
      Quitte
   FIN_SI

   Variable K Recoit 0;
   TANT_QUE(K Plus_petit_que A)
     Affiche(K)
     Incremente(K);
   FIN_TANT_QUE


FIN_PROGRAMME
```

+

```
#define DEBUT_PROGRAMME int main(){
#define FIN_PROGRAMME return 0;}
#define Recoit =
#define Variable int
#define SI(x) if(x){
#define Plus_grand_que >
#define Plus_petit_que <
#define Affiche(x) {printf("%d\n",(x));}
#define Incremente(x) x=x+1
#define TANT_QUE(x) while(x){
#define FIN_SI }
#define FIN_TANT_QUE }
#define Initialise(x) int x;\
                      scanf("%d",&x);
#define Quitte abort();
```

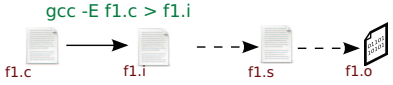
gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
int main(){


   int Valeur_utilisateur; scanf("%d",&Valeur_utilisateur);
   int A = Valeur_utilisateur;

   if(A > 10){
      {printf("%d\n",("Trop grand"));};
      abort();
   }

   int K = 0;
   while(K < A){
     {printf("%d\n",(K));}
     K=K+1;
   }


return 0;}
```


Precompilateur

Synthèse Macros:



Avantage: Pas de types

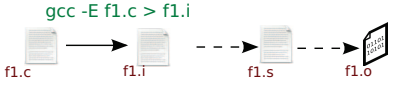
Inconvénients: Difficile à écrire
Difficile à debugger
Cas non prévues

Macro = Attention!

Ne pas abuser des macros

Règles: Ne pas utiliser une macro si une fonction peut le faire!
Ne pas utiliser de macro si il y a ambiguité
Ne pas utiliser de macro si le code est moins lisible

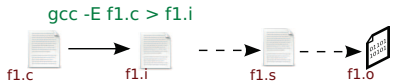
Precompilateur



Quelques macros utiles

__LINE__,
__FUNCTION__,
__FILE__,
__DATE__

Precompilateur



Quelques macros utiles: exemple d'utilisation

f1.c

```
void affiche_macro_utiles()
{

  printf("%d\n",__LINE__);
  printf("%s\n",__FUNCTION__);
  printf("%s\n",__FILE__);
  printf("%s\n",__DATE__);
  printf("%s\n",__TIME__);
}

int main()
{
  affiche_macro_utiles();
}
```

f1.i

```
void affiche_macro_utiles()
{

  printf("%d\n",8);
  printf("%s\n",__FUNCTION__);
  printf("%s\n","compilation.c");
  printf("%s\n","Sep  7 2012");
  printf("%s\n","17:59:04");
}

int main()
{
  affiche_macro_utiles();
}
```

executable

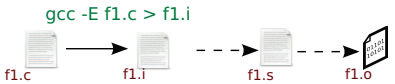
```
8
affiche_macro_utiles
compilation.c
Sep  7 2012
17:57:24
```

gcc -E f1.c > f1.i

gcc -g -Wall -Wextra f1.c -o executable

Rem. *__FUNCTION__ n'est pas une vraie macro, mais une variable liée à gcc*

Precompilateur

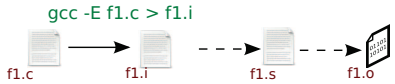


Quelques macros utiles: exemple d'utilisation

Utile pour messages d'erreurs!

```
void ma_fonction(int T[])
{

  //boucle complexe
  int k=0
  for(k=0;...)
    {

      ...
      //detection d'erreur
      if(erreur)
        {
          printf("Erreur detectee ligne %d, fonction %s, fichier %s\n",
                 __LINE__,__FUNCTION__,__FILE__);
        }
      ...
    }

}
```


Precompilateur



Cas d'exemple complet: debug avancé


```
#define DEBUG(message,indice) printf("Erreur (%s%d): ligne %d, fonction [%s], fichier [%s]\n",\
                    message,indice,__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__)

float epsilon=1e-5;

struct v3
{
  float x,y,z;
};

void v3_init(struct v3* vec);
float v3_norme(const struct v3* vec);
void v3_divise(struct v3* vec,float denominateur);
void v3_normalise(struct v3* vec);
```


Precompilateur

Cas d'exemple complet: debug avancé


```
#define DEBUG(message,indice) printf("Erreur (%s%d): ligne %d, fonction [%s], fichier [%s]\n",\
                    message,indice,__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__)
```

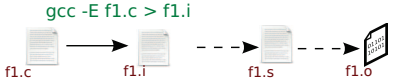
```
void v3_init(struct v3* vec)
{
    vec->x=0; vec->y=0; vec->z=0;
}

float v3_norme(const struct v3* vec)
{
    return sqrt(vec->x*vec->x+vec->y*vec->y+vec->z*vec->z);
}

void v3_divise(struct v3* vec,float denominateur)
{
    vec->x/=denominateur;
    vec->y/=denominateur;
    vec->z/=denominateur;
}

void v3_normalise(struct v3* vec)
{
    v3_divise(vec,v3_norme(vec));
}
```

```
int main()
{
    struct v3 vec[5];
    int k=0;
    for(k=0;k<5;++k)
        v3_init(&vec[k]);

    for(k=0;k<4;++k) //oublie d'un vecteur
        vec[k].x=k+1;

    normalise_tableau_de_vecteur(vec);
}
```

```
void normalise_tableau_de_vecteur(struct v3 vec[])
{
    int k=0;
    for(k=0;k<5;++k)
    {
        //normalisation protegee de chaque vecteur
        float norme=v3_norme(&vec[k]);
        if(norme<epsilon)
            DEBUG("norme nulle pour k=",k);
        else
            v3_normalise(&vec[k]);
    }
}
```

Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i



Cas d'exemple complet: debug avancé


```
#define DEBUG(message,indice) printf("Erreur (%s%d): ligne %d, fonction [%s], fichier [%s]\n",\
                    message,indice,__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__)
```

```
void normalise_tableau_de_vecteur(struct v3 vec[])
{
    int k=0;
    for(k=0;k<5;++k)
    {
        //normalisation protegee de chaque vecteur
        float norme=v3_norme(&vec[k]);
        if(norme<epsilon)
            DEBUG("norme nulle pour k=",k);
        else
            v3_normalise(&vec[k]);
    }
}
```

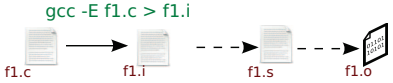
Debug simple
on sait d'où viens l'erreur

Affichage:

Erreur (norme nulle pour k=4): ligne 27,
fonction [normalise_tableau_de_vecteur], fichier [compilation.c]

Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i



Instructions contionnelles du precompilateur

```
#if <condition>
<...>
#endif
```

//si condition est vraie

```
#if <condition>
<...>
#else
<...>
#endif
```

//si condition est vraie
//sinon

```
#if <condition>
<...>
#elif <conditon 2>
<...>
#else
<...>
#endif
```

//si condition est vraie
//sinon, si condition 2 est vraie
//sinon

```
#ifdef <variable>
<...>
#endif
```

//si variable definie

```
#ifndef <variable>
<...>
#endif
```

//si variable non definie

Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i

Exemple:

f1.c

```
#define A 3

#if A==3
#define B 5
#else
#define B 8
#endif


int main()
{
    int variable=B;

    printf("%d\n",variable);
}
```

f1.i

```
int main()
{
    int variable=5;

    printf("%d\n",variable);
}
```

gcc -E f1.c > f1.i

Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i

Exemple:

f1.c

```
#define AVEC_MATH

#ifdef AVEC_MATH
#include <math.h>
#endif

int main()
{
  float x=1e-5;
#ifndef AVEC_MATH
  float sin_x=x;
#else
  float sin_x=sin(x);
#endif

}
```

gcc -E f1.c > f1.i

f1.i

```
int main()
{
  float x=1e-5;
  float sin_x=sin(x);
}
```

f2.c

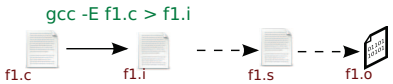
```
#ifdef AVEC_MATH
#include <math.h>
#endif

int main()
{
  float x=1e-5;
#ifndef AVEC_MATH
  float sin_x=x;
#else
  float sin_x=sin(x);
#endif

}
```

gcc -E f2.c > f2.i

f2.i

```
int main()
{
  float x=1e-5;
  float sin_x=x;
}
```

Precompilateur



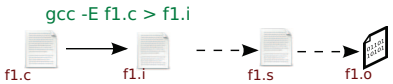
Exemple:

```c
#define DEBUG_MODE

#ifdef DEBUG_MODE
#define PRINT_DEBUG printf("Erreur: l.%d, fct:<%s>, fichier:[%s] \n",__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__)
#else
#define PRINT_DEBUG
#endif

int divise(int a,int b)
{
    if(b!=0)
        return a/b;
    else
    {
        PRINT_DEBUG;
        return -1;
    }
}
int main()
{
    divise(5,0);

    return 0;
}
```

gcc -E f1.c > f1.i

```c
int divise(int a,int b)
{
    if(b!=0)
        return a/b;
    else
    {
        printf("Erreur: l.%d, fct:<%s>, fichier:[%s] \n",17,__FUNCTION__,"compilation.c");
        return -1;
    }
}
int main()
{
    divise(5,0);

    return 0;
}
```

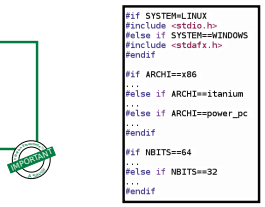

Precompilateur



Utilisation des conditionnelles+macro:

Pour la portabilitée entre systèmes

Pour le debug



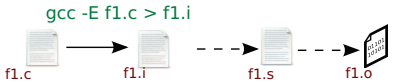
```c
#if SYSTEM=LINUX
#include <stdio.h>
#else if SYSTEM==WINDOWS
#include <stdafx.h>
#endif

#if ARCHI==x86
...
#else if ARCHI==itanium
...
#else if ARCHI==power_pc
...
#endif

#if NBITS==64
...
#else if NBITS==32
...
#endif
```

Attention: Ne **pas** utiliser pour l'optimisation

Réduit la lisibilité du code.

Si faisable avec une fonction: **utiliser une fonction**

Precompilateur



Macro: #include "fichier"

Copie-colle le contenu d'un fichier

mon_fichier

```c
void ma_fonction(int a)
{
  printf("bonjour %d\n",a);
}

int ma_variable=36;
```

f1.c

```c
#include "mon_fichier"

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

f1.i

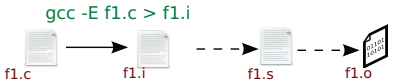
```c
# 1 "compilation.c"
# 1 "<command-line>"
# 1 "compilation.c"

# 1 "mon_fichier" 1
void ma_fonction(int a)
{
  printf("bonjour %d\n",a);
}

int ma_variable=36;
# 3 "compilation.c" 2

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

gcc -E f1.c > f1.i

execution:

bonjour 36

Precompilateur



En-tête standards

f1.c

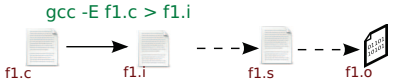
```c
#include <stdio.h>

int main()
{

}
```

gcc -E f1.c > f1.i

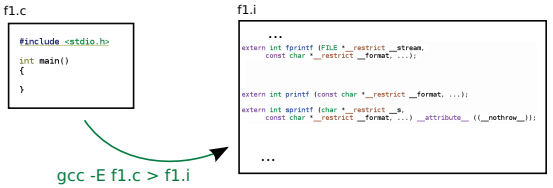
f1.i

```c
...
extern int fprintf (FILE *__restrict __stream,
      const char *__restrict __format, ...);


extern int printf (const char *__restrict __format, ...);

extern int sprintf (char *__restrict __s,
      const char *__restrict __format, ...) __attribute__ ((__nothrow__));


...
```

Precompilateur



En-tête standards

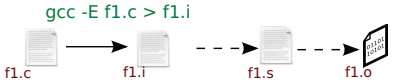


Note: #include "NOM" → recherche fichier dans le repertoire locale

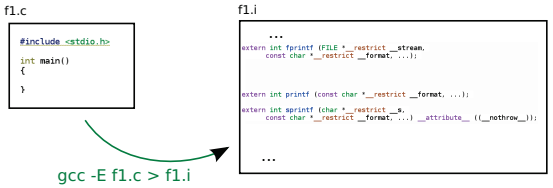
#include <NOM> → recherche fichier dans les repertoires systèmes (/usr/include/ ; /usr/local/include/ ; ...)

Pour inclure d'autres chemins:
gcc -I<CHEMIN>

Precompilateur



En-tête standards



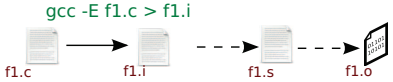
Note: Les fichiers d'en tête standards sont volumineux

=> N'inclure que ceux qui sont nécessaire

Les variables des fichiers standards commencent par _ ou __

=> Ne pas utiliser cette convention pour vos variables

Precompilateur



Inclusion multiples: *include guard*

voiture.h
```
//voiture de location
struct voiture
{
  int essence;
  int kilometrage;
};

void voiture_init(struct voiture* v);
```

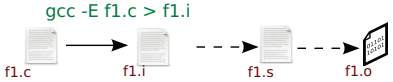
trajet.h
```
#include "voiture.h"

void trajet_lyon_paris(struct voiture* voiture);
void trajet_marseille_lyon(struct voiture* voiture);
```

main.c
```
#include "voiture.h"
#include "trajet.h"

int main()
{
  struct voiture voiture_1;
  voiture_init(&voiture_1);
  trajet_lyon_paris(&voiture_1);
}
```

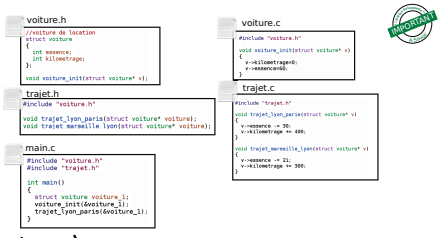
voiture.c
```
#include "voiture.h"

void voiture_init(struct voiture* v)
{
  v->kilometrage=0;
  v->essence=60;
}
```

trajet.c
```
#include "trajet.h"

void trajet_lyon_paris(struct voiture* v)
{
  v->essence -= 30;
  v->kilometrage += 400;
}

void trajet_marseille_lyon(struct voiture* v)
{
  v->essence -= 21;
  v->kilometrage += 300;
}
```


Precompilateur



Inclusion multiples: *include guard*



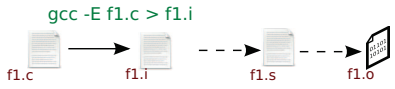
main.i
```
# 1 "f1.c"
# 1 "<command-line>"
# 1 "f1.c"
# 1 "voiture.h" 1
struct voiture
{
  int essence;
  int kilometrage;
};
void voiture_init(struct voiture* v);
# 3 "f1.c" 2
# 1 "trajet.h" 1
# 1 "voiture.h" 1
struct voiture
{
  int essence;
  int kilometrage;
};
void voiture_init(struct voiture* v);
# 6 "trajet.h" 2
void trajet_lyon_paris(struct voiture* voiture);
void trajet_marseille_lyon(struct voiture* voiture);
# 4 "f1.c" 2
int main()
{
  struct voiture voiture_1;
  voiture_init(&voiture_1);
  trajet_lyon_paris(&voiture_1);
}
```

inclusion de voiture.h

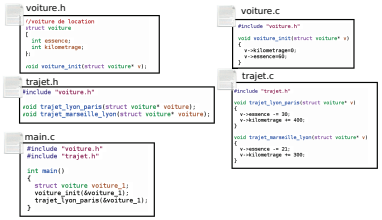
inclusion de trajet.h

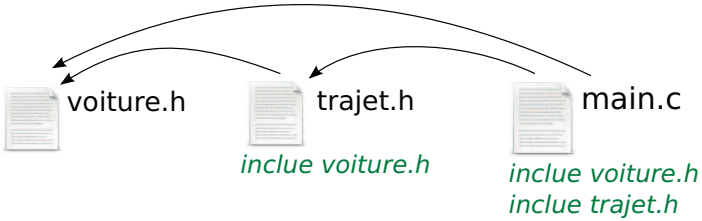
Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i



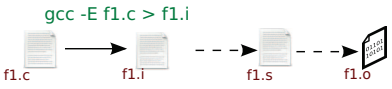
Inclusion multiples: *include guard*



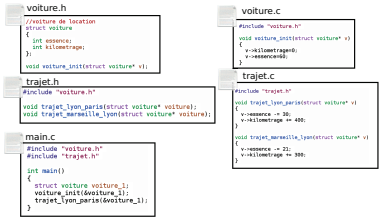


Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i

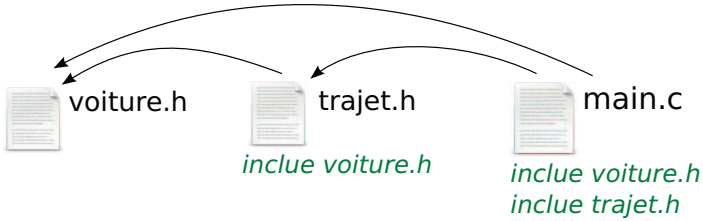


Inclusion multiples: *include guard*



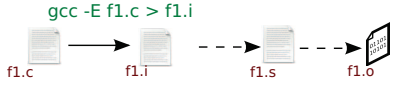
Solution 1:
N'inclure que trajet.h dans main.c
=> Ingérable pour un grand projet

Solution 2:
Compilateur n'inclue pas voiture.h deux fois
=> Principe des *includes guards*



Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i

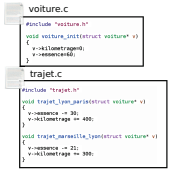


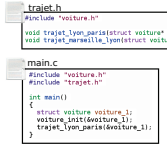
Inclusion multiples: *include guard*

voiture.h

```
#ifndef VOITURE_H
#define VOITURE_H

//voiture de location
struct voiture
{
  int essence;
  int kilometrage;
};

void voiture_init(struct voiture* v);

#endif
```

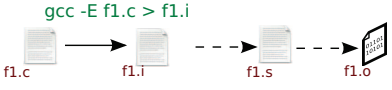
une unique inclusion



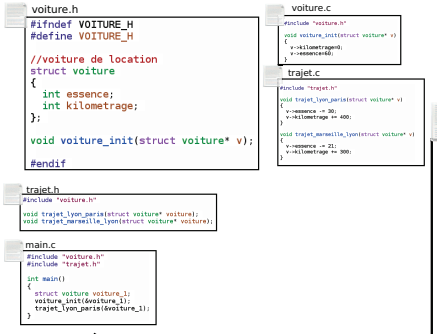


Precompilateur

gcc -E f1.c > f1.i



Inclusion multiples: *include guard*



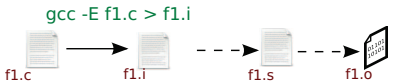
gcc -E main.c > main.i

main.i

```
# 1 "f1.c"
# 1 "<command-line>"
# 1 "f1.c"
# 1 "voiture.h" 1
struct voiture
{
  int essence;
  int kilometrage;
};
void voiture_init(struct voiture* v);
# 3 "f1.c" 2
# 1 "trajet.h" 1
void trajet_lyon_paris(struct voiture* voiture);
void trajet_marseille_lyon(struct voiture* voiture);
# 4 "f1.c" 2
int main()
{
  struct voiture voiture_1;
  voiture_init(&voiture_1);
  trajet_lyon_paris(&voiture_1);
}
```

Precompilateur

Inclusion multiples: *include guard*



Bonne pratique:

Pour tout fichier d'en-tête de nom: NOM.h
Placez un *include guard*

```
#ifndef NOM_H
#define NOM_H
...
#endif
```

Autres possibilitées:

#ifndef INCLUDE_GUARD_NOM_H
#ifndef NOM

But: Nom éviter les collisions

Attention: Evitez les macros commencant par _

~~#ifndef _NOM_H~~

Precompilateur

Exemple réel:
fichier unistd.h

```
/*
 *      POSIX Standard: 2.10 Symbolic Constants         <unistd.h>
 */

#ifndef _UNISTD_H
#define _UNISTD_H       1

#include <features.h>

__BEGIN_DECLS

/* These may be used to determine what facilities are present at compile tim
   Their values can be obtained at run time from `sysconf'.  */

#ifdef __USE_XOPEN2K8
/* POSIX Standard approved as ISO/IEC 9945-1 as of September 2008.  */
# define _POSIX_VERSION 200809L
#elif defined __USE_XOPEN2K
/* POSIX Standard approved as ISO/IEC 9945-1 as of December 2001.  */
# define _POSIX_VERSION 200112L
#elif defined __USE_POSIX199506
/* POSIX Standard approved as ISO/IEC 9945-1 as of June 1995.  */
# define _POSIX_VERSION 199506L
#elif defined __USE_POSIX199309
/* POSIX Standard approved as ISO/IEC 9945-1 as of September 1993.  */
# define _POSIX_VERSION 199309L
#else
/* POSIX Standard approved as ISO/IEC 9945-1 as of September 1990.  */
# define _POSIX_VERSION 199009L
#endif

/* These are not #ifdef __USE_POSIX2 because they are
   in the theoretically application-owned namespace.  */

#ifdef __USE_XOPEN2K8
# define __POSIX2_THIS_VERSION  200809L
/* The utilities on GNU systems also correspond to this version.  */
#elif defined __USE_XOPEN2K
/* The utilities on GNU systems also correspond to this version.  */
# define __POSIX2_THIS_VERSION  200112L
#elif defined   USE POSIX199506
...
```


Precompilateur

Synthèse précompilateur

Potentiellement puissant (va au dela du langage C)

A utiliser avec précaution

=> rend rapidement le code peu standard
= peu lisible

Bonne pratique:
N'utilisez que les règles standards:

* include guard
* #ifdef => portabilité, debug.
* pas d'optimisation, préférez les fonctions aux macros

Chaine de compilation

Compilateur
Warnings
Compilation séparée
Précompilateur
→ **Makefile**
Edition de liens et librairies

Makefile

make: Outil d'automatisation de taches

Dépendance => Action à réaliser

Note: Makefile est indépendant de gcc!

Makefile

```
but_1: dependance but 1
	action a realiser pour le but_1

but_2: dependance but 2
	action a realiser pour le but_2
```


Makefile

Exemple de Makefile

```
#par defaut, ce Makefile sert a realiser un fichier du nom de mon_rapport.txt
all: mon_rapport.txt

mon_rapport.txt: partie_1.txt partie_2.txt
	cp partie_1.txt mon_rapport.txt #copie de fichier
	cat partie_2.txt >> mon_rapport.txt #concatenation fichier dans mon_rapport.txt

partie_1.txt:
	echo "Chapitre I: " > partie_1.txt #ecriture dans un fichier
	echo "Je realise mon 1er Makefile" >> partie_1.txt

partie_2.txt:
	echo "Chapitre II: " > partie_2.txt
	echo "Je compile mon programme" >> partie_2.txt
```

L'appel à: $ make

génère:


partie_1.txt


partie_2.txt


mon_rapport.txt

Makefile

Exemple de Makefile pour compiler du C

variable

```
CFLAGS=-g -Wall -Wextra -Wfloat-equal -Wshadow -Wswitch-default -Wswitch-enum -Wwrite-strings -Wpointer-arith -Wcast-qual -Wredundant-decls -Winit-self

all: mon_executable

mon_executable: f1.o f2.o f3.o
	gcc f1.o f2.o f3.o -o mon_executable

f1.o: f1.c f1.h
	gcc -c f1.c -o f1.o ${CFLAGS}

f2.o: f2.c f2.h
	gcc -c f2.c -o f2.o ${CFLAGS}

f3.o: f3.c f3.h
	gcc -c f3.c -o f3.o ${CFLAGS}
```

Avantage par rapport à un script:

Ne compile que si necessaire

Makefile

Exemple de Makefile pour compiler du C

```
all: mon_executable

mon_executable: f1.o f2.o f3.o
	gcc f1.o f2.o f3.o -o mon_executable

#generation des fichiers assembleurs
assembleur: f1.s f2.s f3.s


f1.o: f1.c f1.h
	gcc -c f1.c -o f1.o ${CFLAGS}

f2.o: f2.c f2.h
	gcc -c f2.c -o f2.o ${CFLAGS}

f3.o: f3.c f3.h
	gcc -c f3.c -o f3.o ${CFLAGS}

#compilation pour assembleur
f1.s: f1.c f1.h
	gcc -c -S f1.c
f2.s: f2.c f2.h
	gcc -c -S f2.c
f3.s: f3.c f3.h
	gcc -c -S f3.c
```

fichiers assembleurs
pas de commandes d'executions

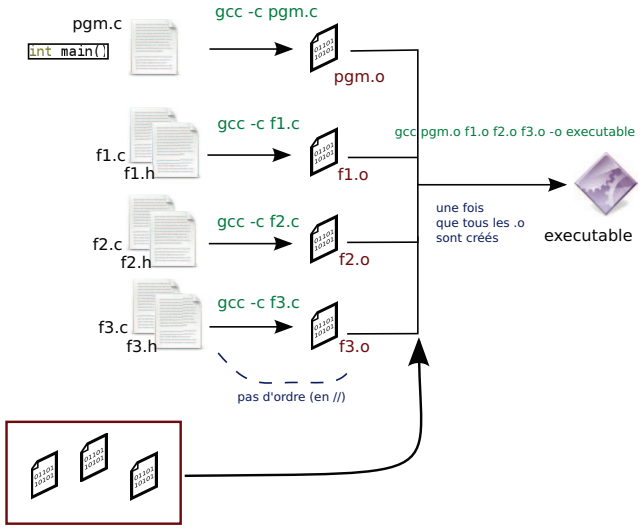
L'appel à
$ make assembleur

génère les fichiers:
f1.s, f2.s, f3.s

Chaine de compilation

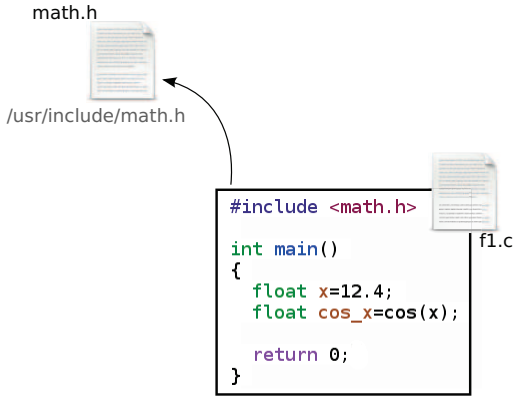
Compilateur
Warnings
Compilation séparée
Précompilateur
Makefile
→ **Edition de liens et librairies**

Edition de liens et librairies



implémentation des librairies externes
(ex: math, io, posix, ...)

Edition de liens et librairies



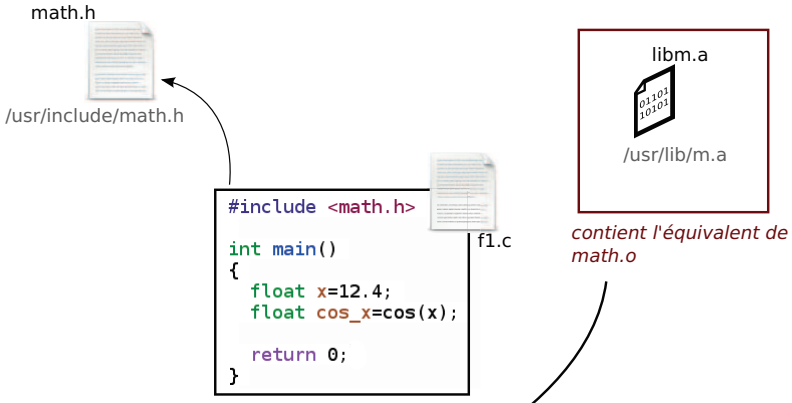
$ gcc -c f1.c -o f1.o -Wall -Wextra -g
> OK

$ gcc f1.o -o mon_executable
f1.o: In function `main':
f1.c:(.text+0x1a): undefined reference to `cos'
collect2: error: ld returned 1 exit status

Edition de lien échoue

Ne trouve pas
l'**implémentation** de cos

Edition de liens et librairies



contient l'équivalent de math.o

$ gcc -c f1.c -o f1.o -Wall -Wextra -g
> OK

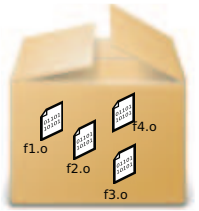
se lier à libm

$ gcc f1.o -o mon_executable -lm
> OK

Edition de liens et librairies

Librairie statique:

lib<NOM>.a équivalent à



archive de fichiers objets

Lors de l'édition de liens:

gcc fichier.o -l<NOM> équivalent à gcc fichier.o f1.o f2.o f3.o f4.o

=> Inclusion des binaires dans l'executable finale

Edition de liens et librairies

Exemple de librairie:

librairie vecteur:

```
#ifndef INCLUDE_GUARD_V3_H
#define INCLUDE_GUARD_V3_H

struct v3
{
  float x,y,z;
};

void v3_init(struct v3* vec);

#endif
```

v3.h

```
#include "v3.h"

void v3_init(struct v3* vec)
{
  vec->x=0.0;
  vec->y=0.0;
  vec->z=0.0;
}
```

v3.c

programme utilisant la librairie:

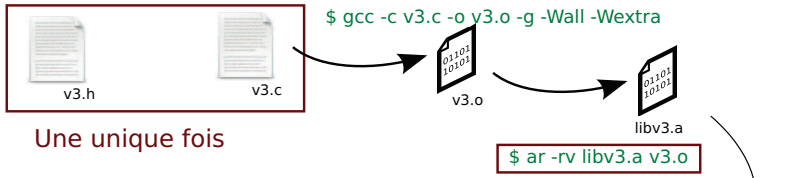
```
#include "v3.h"

int main()
{
  struct v3 mon_vecteur;
  void v3_init(&mon_vecteur);

  return 0;
}
```

main.c

Edition de liens et librairies

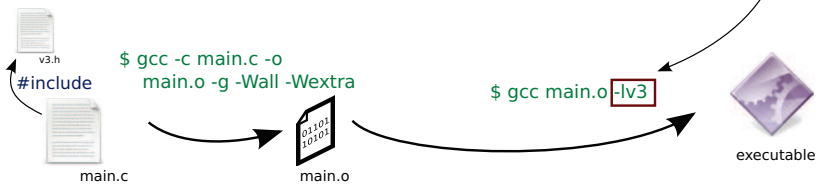
Exemple de librairie:

1. Création de la librairie:



Une unique fois

2. Utilisation de la librairie:

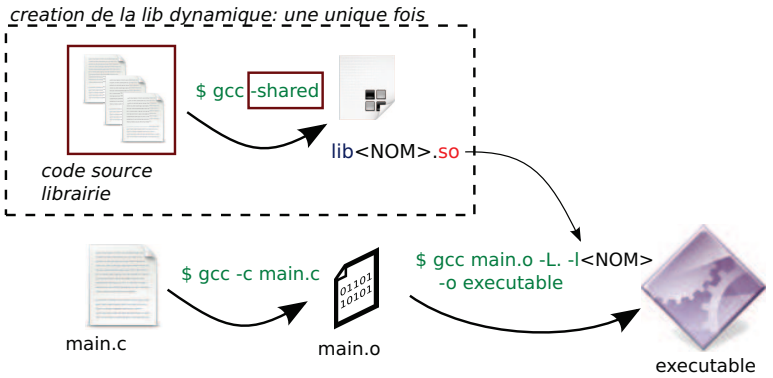


Edition de liens et librairies

Librairies dynamiques:

lib<NOM>.so

Sont chargées dynamiquement à **chaque execution**



Edition de liens et librairies

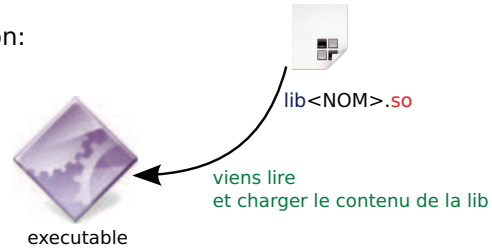
Librairies dynamiques:

lib<NOM>.so

Sont chargées dynamiquement à **chaque execution**

Lors de l'execution:

$ ./executable



Edition de liens et librairies

Librairies dynamiques:

lib<NOM>.so

Sont chargées dynamiquement à **chaque execution**

Remarques:

1. Si la lib change => l'executable change de comportement
   Sans avoir à être recompilée
   (update, MAJ, comportement, ...)

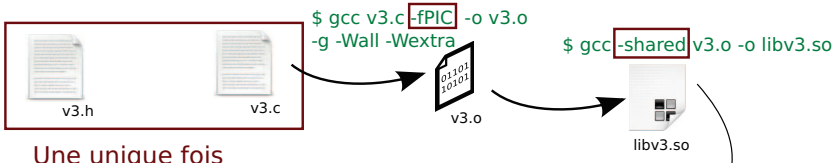
2. Si la lib disparait/est corrompu/n'est pas trouvée
   => l'executable ne peut pas être lancé

Edition de liens et librairies

Exemple concret de librairies dynamiques:

libv3.so

1. Création de la librairie:



Une unique fois

2. Compilation et link avec la lib

Edition de liens et librairies

Exemple concret de librairies dynamiques:

libv3.so

Utilisation de la librairie:

repertoires déjà enregistrés

Par défaut: viens chercher la lib dans
/usr/lib/

$ export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:.

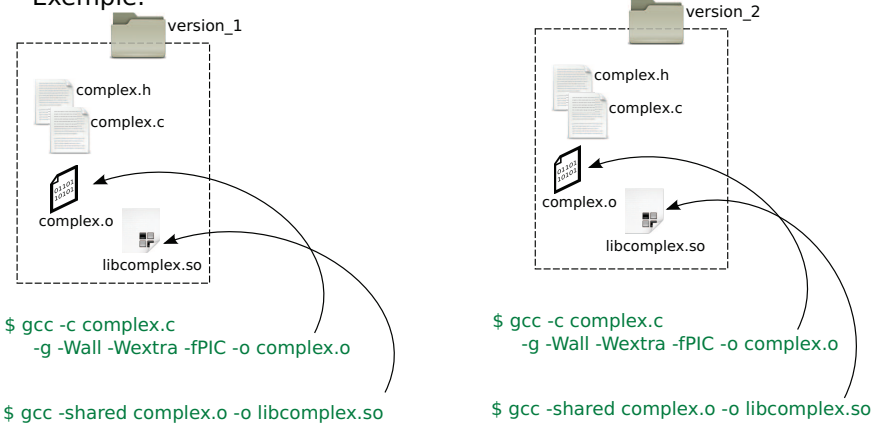
ajout du repertoire local (.)

$ ./executable

repertoire courant

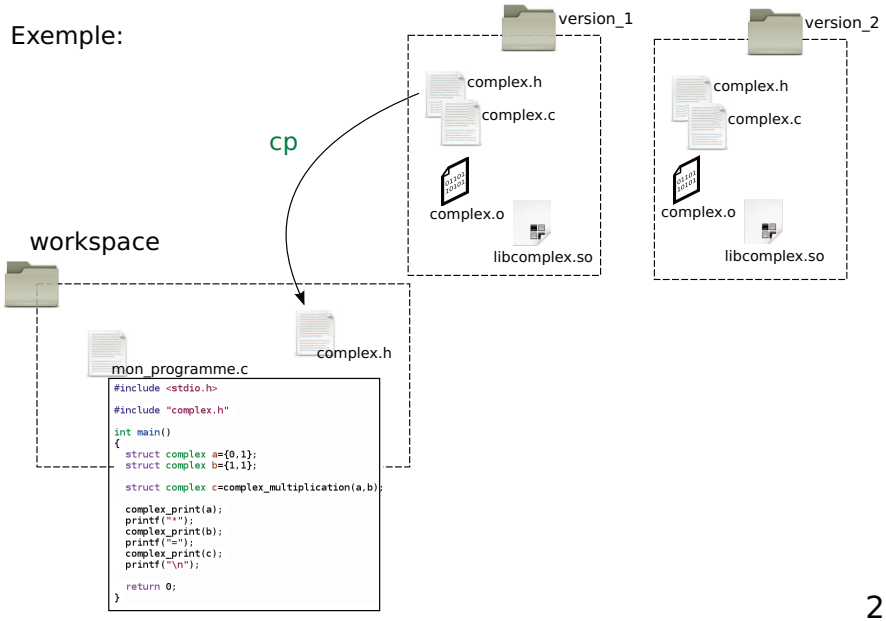
Edition de liens et librairies

Exemple:



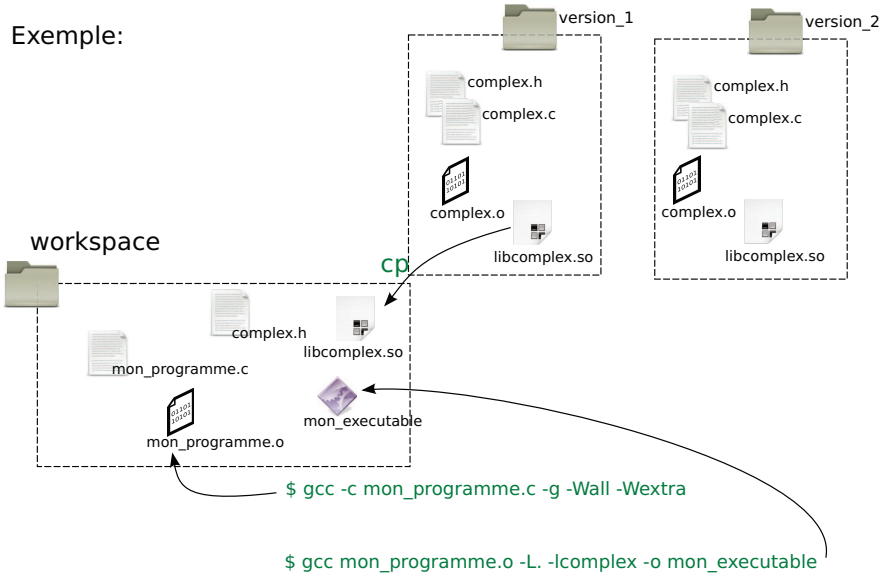
Edition de liens et librairies

Exemple:



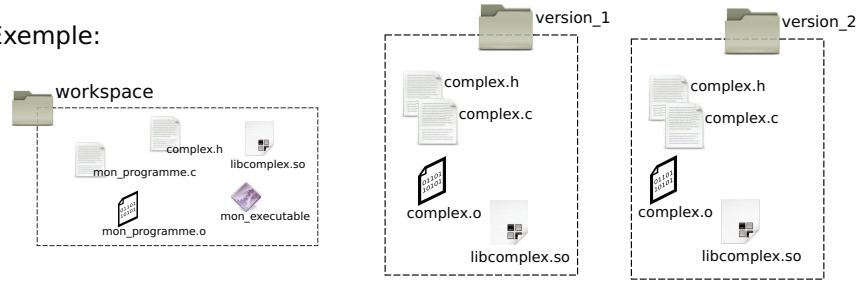
Edition de liens et librairies

Exemple:



Edition de liens et librairies

Exemple:



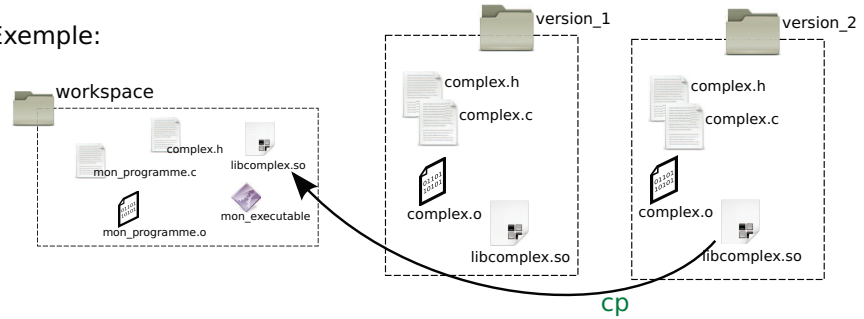
$ export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:.

$ ./mon_executable

```
(0.000000+1.000000 i)*(1.000000+1.000000 i)=(1.000000+1.000000 i)
```

Edition de liens et librairies

Exemple:

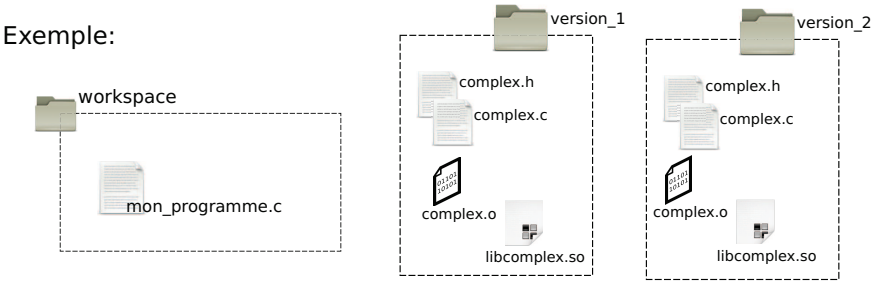



```
$ export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:.

$ ./mon_executable
(0.000000+1.000000 i)*(1.000000+1.000000 i)=(-1.000000+1.000000 i)
```

(principe du patch logiciel)

Edition de liens et librairies

Exemple:



Si on ne veut pas copier/déplacer de fichiers:


```
$ gcc -c mon_programme.c -I version_1/ -g -Wall -Wextra
```

mon_programme.o

```
$ gcc mon_programme.o -L version_1/ -l complex -o executable
```

executable

```
$ export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:version_1/
$ ./executable
```


Entrées/sorties

Affichage écran
Chaine de caractères: stockage, bonnes pratiques
Ecriture/Lecture texte
Ecriture/Lecture fichiers (ASCII)

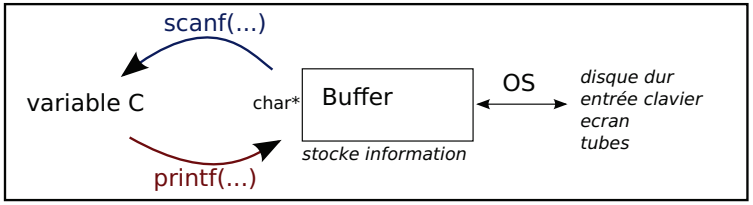
Entrees/sorties

Affichage/lecture écran/fichier

Ecran:
Information utilisateur
Debug d'un programme
Communication avec l'utilisateur

Fichier:
Suivit execution (fichier log)
Sauvegarde information (disque=mémoire non volatile)
Communication entre programme (disque=mémoire partagée)

En C: écriture fichier // écriture écran



Entrees/sorties

Rappels caractère *char*

Un caractère (char) = nombre entre 0-256

1 octet
= 1 emplacement mémoire
= 2 caractères hexa

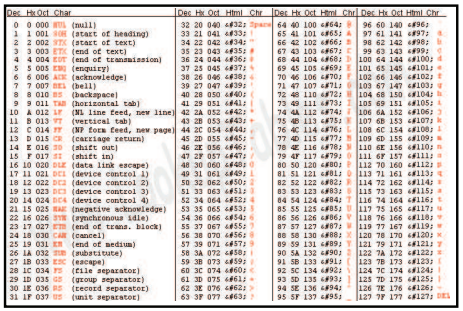
ex.

```
char c='M';
```

4D

```
int value=(int)c;
```

77



Caractère: entre ' '

Entrées/sorties

Affichage écran
→ **Chaine de caractères: stockage, bonnes pratiques**
Ecriture/Lecture texte
Ecriture/Lecture fichiers (ASCII)

Entrees/sorties

Rappels chaine de caractère
const char* , char []

Chaine de caractère = suite de caractères

```
char nom[10];
nom[0]='m';
nom[1]='a';
nom[2]='i';
nom[3]='s';
nom[4]='o';
nom[5]='n';
```

reserve 10 emplacements mémoire

'm'	'a'	'i'	's'	'o'	'n'	??	??	??	??

en mémoire

6D	61	69	73	6F	6E	??	??	??	??

Entrees/sorties

Rappels chaine de caractère
const char* , char []

Chaine de caractère = suite de caractères

'm'	'a'	'i'	's'	'o'	'n'	??	??	??	??

en mémoire

6D	61	69	73	6F	6E	??	??	??	??

nom correspond à la
première case de la chaine

nom = pointeur sur la 1ere case

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  char nom[10];
  nom[0]='m';
  nom[1]='a';
  nom[2]='i';
  nom[3]='s';
  nom[4]='o';
  nom[5]='n';

  printf("%s\n",nom);
  return 0;
}
```

Entrees/sorties

Rappels chaine de caractère

const char* , char []

Chaine de caractère = suite de caractères

'm'	'a'	'i'	's'	'o'	'n'	??	??	??	??

en mémoire

6D	61	69	73	6F	6E	??	??	??	??

Comment savoir où s'arréter ?

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  char nom[10];
  nom[0]='m';
  nom[1]='a';
  nom[2]='i';
  nom[3]='s';
  nom[4]='o';
  nom[5]='n';

  printf("%s\n",nom);
  return 0;
}
```


Entrees/sorties

Rappels chaine de caractère

const char* , char []

Fin de chaine = principe de **sentinelle de fin**


```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  char nom[10];
  nom[0]='m';
  nom[1]='a';
  nom[2]='i';
  nom[3]='s';
  nom[4]='o';
  nom[5]='n';
  nom[6]='\0';

  printf("%s\n",nom);
  return 0;
}
```

'm'	'a'	'i'	's'	'o'	'n'	'\0'	??	??	??

en mémoire

6D	61	69	73	6F	6E	00	??	??	??

Affiche maison

Comportement déterministe

Entrees/sorties

Rappels chaine de caractère

const char* , char []

Fin de chaine = '\0'

Toujours Toujours Toujours

=> Toujours prévoir une case pour placer '\0'

Fonction pour trouver la taille d'un mot:

```c
int calcul_taille(char mot[])
{
  char *pointeur_debut=mot;
  char *pointeur_fin=pointeur_debut;

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

  return (int)(pointeur_fin-pointeur_debut);
}
```


Entrees/sorties

Rappels chaine de caractère

const char* , char []

Fonction pour trouver la taille d'un mot:

```c
int calcul_taille(char mot[])
{
  char *pointeur_debut=mot;
  char *pointeur_fin=pointeur_debut;

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

  return (int)(pointeur_fin-pointeur_debut);
}
```

Attention!! Si '\0' est oublié !!!

=> Comportement indeterminé

Entrees/sorties

Rappels chaine de caractère

const char* , char []

Les fonctions de manipulation de chaine: #include <string.h>

str<...>

strcpy strcmp strcat ...	strncpy strncmp strncat ...	→copie →compare →concatenation
jusqu'à '\0'	*jusqu'à '\0'* *maximum n caractères*	

Bonnes pratiques: Chaine de caractères

Définir les chaines "inline" en tant que char[] char[]="ma_chaine"

Définir les pointeurs (char*) en tant que constantes

const char*

Attention:

```
char mot[]="abricot";
mot[2]='l';
```

OK

```
char *mot="abricot";
mot[2]='l';
```

KO

pointeur vers
une chaine constante

Bonnes pratiques: Chaine de caractères

Toujours utiliser les fonctions à tailles limitées:

str**n**<...>

```
strcpy(mot_1,mot_2);
strcmp(mot_1,mot_2);
strcat(mot_1,mot_2);
```

```
strncpy(mot_1,mot_2,n_max);
strncmp(mot_1,mot_2,n_max);
strncat(mot_1,mot_2,n_max);
```

+ sécurisé
+ debug plus aisé

Note:
Le C n'est pas le langage approprié pour le traitement complexe de chaine de caractères

Bonnes pratiques: Chaine de caractères

Ne pas utiliser d'opérateurs sur des chaine de caractères !!!

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  char mot_1[]="abricot";
  char *mot_2="peche";

  mot_2=mot_1;
  printf("%s\n",mot_2);

  char mot_3[]="abricot";
  if(mot_1==mot_3)
    printf("meme mot");

  char* mot_4="hello ";
  char* mot_5="world";

  mot_4 += *mot_5;

  return 0;
}
```

Attention!!!

gcc -Wall -Wextra
ne donne aucun Warning !

Pourtant ce programme ne fait probablement pas ce que vous souhaitez!

Bonnes pratiques: Chaine de caractères

Ne pas utiliser d'opérateurs sur des chaine de caractères !!!

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  char mot_1[]="abricot";
  char *mot_2="peche";

  mot_2=mot_1;
  printf("%s\n",mot_2);

  char mot_3[]="abricot";
  if(mot_1==mot_3)
    printf("meme mot");

  char* mot_4="hello ";
  char* mot_5="world";

  mot_4 += *mot_5;

  return 0;
}
```

OK

mauvaise habitude

affectation de pointeurs !!
ce n'est pas une copie de chaine !

mauvaise habitude

test d'égalité d'adresse de pointeur!
ne compare pas la chaine (ici test = faux)

mauvaise habitude

mauvaise habitude

ajoute (int)(mot_5[0])=119 à l'adresse de mot_4
Ne réalise absolument la concaténation d'une chaine!!

Bonnes pratiques: Chaine de caractères

Ne pas utiliser d'opérateurs sur des chaines de caractères !!!

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  char mot_1[]="abricot";
  char *mot_2="peche";

  mot_2=mot_1;
  printf("%s\n",mot_2);

  char mot_3[]="abricot";
  if(mot_1==mot_3)
    printf("meme mot");

  char* mot_4="hello ";
  char* mot_5="world";

  mot_4 += *mot_5;

  return 0;
}
```

OK

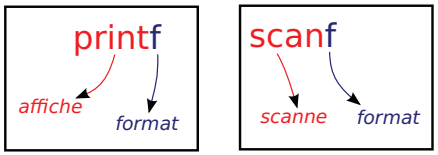
```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#define N 10

int main()
{
  char mot_1[N]="abricot";
  char mot_2[N]="peche";

  strncpy(mot_1,mot_2,N);

  char mot_3[N]="abricot";
  if(strncmp(mot_1,mot_3,N)==0)
    printf("meme mot");

  char mot_4[N]="hello";
  char mot_5[N]=" world";
  strncat(mot_4,mot_5,N);

  return 0;
}
```


Entrées/sorties

Affichage écran
Chaine de caractères: stockage, bonnes pratiques
→ **Ecriture/Lecture texte**
Ecriture/Lecture fichiers (ASCII)

Printf / Scanf

Fonctions de conversions



Principe:

a=**printf**(<format>,variables ...)
- affiche sur la sortie standard (stdout)
  - *en général: la ligne de commande écran*
- renvoie le nombre de caractères formattés

a=**scanf**(<format>,variables ...)
- récupère de l'entrée standard (stdin)
  - *en général: la ligne de commande clavier*
- renvoie le nombre d'arguments formattés

Printf / Scanf

ex

```c
int a=12;
printf("%d",a); //affiche: 12

int b=0xAAFF4E3D;
printf("%x",b); //affiche aaff4e3d

char c='e';
printf("%c",c); //affiche: e

char mot[]="bonjour a tous";
printf("%s",mot); //affiche: bonjour a tous

float x=1.25;
printf("%f",x); //affiche 1.250000
printf("%1.3f",x); //affiche 1.250
```


Printf / Scanf

ex

printf (et scanf) accepte un nombre d'argument variable

=> Fonction variadiques

```c
printf("\n");
printf("Je suis %s a %c%c%c \n","etudiant",'C','P','E');
printf("j'ai %d ans\n",15);

printf("1.3+1.7=%1.2f\n",1.3+1.7);
```

```c
int a=printf("\n");
int b=printf("Je suis %s\n","heureux");
int c=printf("%d-%d=%d\n",5,7,5-7);
int d=printf("%d+4=%d\n",3);


printf("%d %d %d %d\n",a,b,c,d);
```

```
Je suis heureux
5-7=-2
3+4=1522178016
1 16 7 15
```

oublie argument
=>comportement indeterminé
(=> Warnings!)

Printf / Scanf

ex

```c
int main()
{

  int a=0;
  scanf("%d",&a);

  float x=0.0;
  scanf("%f",&x);

  char c='a';
  scanf(" %c",&c);

  char buffer[50];
  scanf("%50s",buffer);

  printf("%d\n%f\n%c\n%s\n",a,x,c,buffer);

  return 0;
}
```

$ ./mon_executable
> 1
> 1.25
> a
> bonjour

entrées utilisateur

affiche:

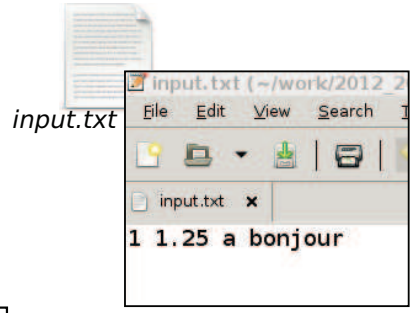
```
1
1.250000
a
bonjour
```


Printf / Scanf

ex

```c
int main()
{

  int a=0;
  scanf("%d",&a);

  float x=0.0;
  scanf("%f",&x);

  char c='a';
  scanf(" %c",&c);

  char buffer[50];
  scanf("%50s",buffer);

  printf("%d\n%f\n%c\n%s\n",a,x,c,buffer);

  return 0;
}
```

Astuce:
entrée utilisateur:



$ ./mon_executable < input.txt

```
1
1.250000
a
bonjour
```

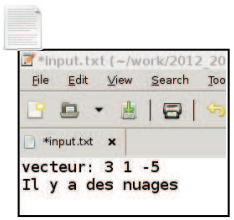
l'entrée standard deviens le fichier!
=> scanf viens "lire" dans le fichier

Printf / Scanf

ex

```c
int main()
{
  int x=0,y=0,z=0;
  scanf("vecteur: %d %d %d\n",&x,&y,&z);

  char buffer[256];
  scanf("Il y a des %256s\n",buffer);

  printf("(%d,%d,%d) , %s\n",x,y,z,buffer);

  return 0;
}
```

input.txt



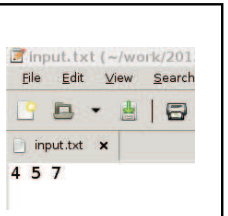
$ ./mon_executable < input.txt
> (3,1,-5) , nuages

Printf / Scanf

ex

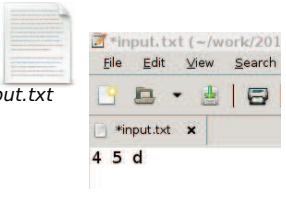
```c
int main()
{
  int x=0,y=0,z=0;

  int valeur=scanf("%d %d %d",&x,&y,&z);

  printf("%d\n",valeur);

  return 0;
}
```

input.txt



./ mon_executable
> 3

input.txt



./ mon_executable
> 2

Printf / Scanf

Formatage sur d'autres entrées/sorties

sprintf / sscanf

string: chaine de caractères

Principe:

a=**sprintf**(buffer,<format>,variables ...)

affiche dans le buffer

renvoie le nombre de caractères formattés

a=**sscanf**(buffer,<format>,variables ...)

récupère du buffer

renvoie le nombre d'arguments formattés

Printf / Scanf

```c
int main()
{
  char buffer[512];
  float x=cos(0.5);
  sprintf(buffer,"%s, (%d,%2.3f)","bonjour",1+4,x);

  printf("%s\n",buffer);

  return 0;
}
```

$ ./mon_executable
> bonjour, (5,0.878)

Printf / Scanf

Analyse d'une chaine de caractères

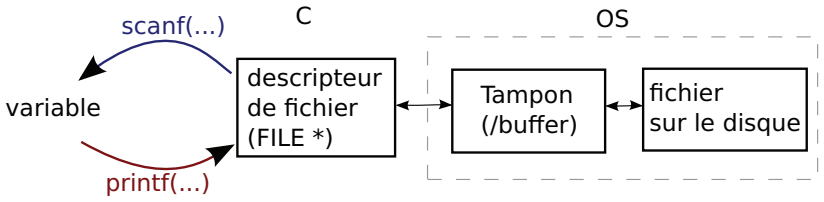
```c
int main()
{
  char buffer[512]="Il fait beau ce matin. Il est 13 heures et fait 25.1 degres \n";

  char temps[25];
  int heure=0;
  float temperature=0.0;
  sscanf(buffer,"Il fait %s ce matin. Il est %d heures et fait %f degres \n",&temps,&heure,&temperature);

  printf("%s %d %1.2f\n",temps,heure,temperature);

  return 0;
}
```

$ ./mon_executable
> beau 13 25.10

Entrées/sorties

Affichage écran
Chaine de caractères: stockage, bonnes pratiques
Ecriture/Lecture texte
→ **Ecriture/Lecture fichiers (ASCII)**

Ecriture/lecture fichier



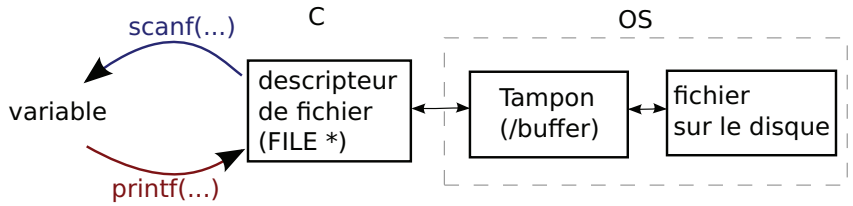
Ouvrir un fichier (pour l'écriture)

```c
FILE* mon_descripteur=NULL;  //pointeur vers descripteur de fichier

mon_fichier=fopen("mon_fichier.txt","w"); //ouverture en écriture (w)
                                          //créé le fichier si il n'existe pas
if(mon_fichier==NULL)  //gestion d'erreur
  {printf("Erreur ouverture fichier [mon_fichier.txt]\n");abort();}
```

Ouvrir un fichier (pour la lecture)

```c
FILE* mon_descripteur=NULL;  //pointeur vers descripteur de fichier

mon_fichier=fopen("mon_fichier.txt","r"); //ouverture en lecture (r)
                                          //le fichier doit déjà exister
if(mon_fichier==NULL) //gestion d'erreur
  {printf("Erreur ouverture fichier [mon_fichier.txt]\n");abort();}
```

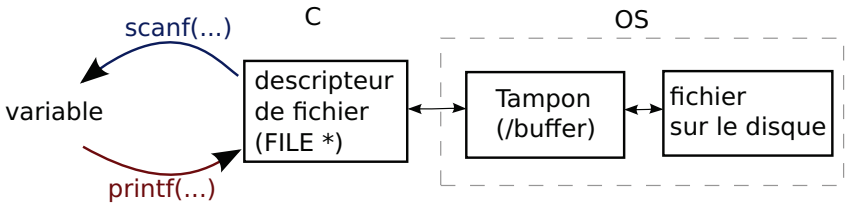

Ecriture/lecture fichier



Fermer un fichier

```c
int valeur=fclose(mon_descripteur); //fermeture fichier
if(valeur!=0)//gestion d'erreur
  {printf("Erreur fermeture fichier \n");abort();}
```

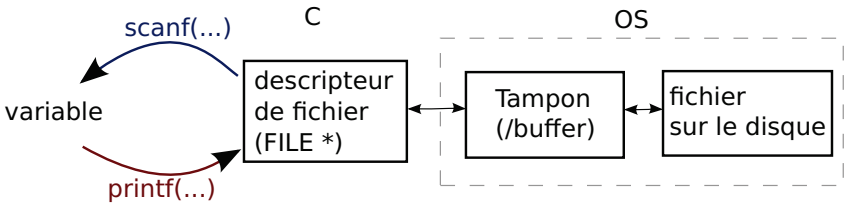
Ecriture/lecture fichier



Ecrire dans un fichier *fprintf(...)*

```c
int valeur=fprintf(mon_descripteur,"%s","Mon texte a moi\n");

if(valeur!=1)//gestion d'erreur
  {printf("Erreur ecriture fichier\n");abort();}
```


Ecriture/lecture fichier



Lire dans un fichier *fscanf(...)*

```c
char buffer[25]; //prepare un buffer de 25 cases

//lit au plus 25 caracteres
int valeur=fscanf(mon_descripteur,"%25s\n",buffer);

if(valeur!=1)//gestion d'erreur
  {printf("Erreur lecture fichier\n");abort();}
```


Ecriture/lecture fichier

Lecture/ecriture par fprintf(...) et fscanf(...)

Similaire à printf(...), scanf(...)

ecrit sur la sortie standard (stdout => ecran)

lit sur l'entrée standard (stdin => clavier)

Exemples minimalistes fonctionnels :
(Attention: sans gestion d'erreur)

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  FILE *fid=fopen("mon_fichier.txt","w");
  fprintf(fid,"prix carottes : 15 euros \n");
  fclose(fid);

  return 0;
}
```

lecture

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
  char legume[128];
  int prix=0;


  FILE *fid=fopen("mon_fichier.txt","r");
  fscanf(fid,"prix %128s : %d euros \n",legume,&prix);
  fclose(fid);

  printf("les %s coutent %d euros\n",legume,prix);

  return 0;
}
```

ecriture

Ecriture/lecture fichier

Exemples minimalistes fonctionnels : Ecriture
(Attention: sans gestion d'erreur)

```c
#ifndef INCLUDE_GUARD_PERSONNE_H
#define INCLUDE_GUARD_PERSONNE_H

struct personne
{
  char nom[15];
  char fonction[15];
  int salaire;
  int anciennete;
};

#endif
```

personne.h

```c
#include <stdio.h>
#include "personne.h"

int main()
{
  //base de donnees
  struct personne employe[4]={{"Charlie","Directeur",55000,3},
                              {"Robert","DRH",45000,15},
                              {"Brigitte","R&D",38000,4},
                              {"Raymond","Technicien",23000,25}};

  //ouverture fichier
  FILE *fichier=fopen("ma_base.txt","w");

  //ecriture fichier
  int k=0;
  for(k=0;k<4;++k)
    {
      fprintf(fichier,"%s %s %d %d \n",employe[k].nom,
          employe[k].fonction,
          employe[k].salaire,
          employe[k].anciennete);
    }

  //fermeture fichier
  fclose(fichier);

  return 0;
}
```

ecrivain.h

Ecriture/lecture fichier

Exemples minimalistes fonctionnels : Ecriture
(Attention: sans gestion d'erreur)

```
#ifndef INCLUDE_GUARD_PERSONNE_H
#define INCLUDE_GUARD_PERSONNE_H

struct personne
{
  char nom[15];
  char fonction[15];
  int salaire;
  int anciennete;
};

#endif
```

personne.h

ma_base.txt

```
Charlie Directeur 55000 3
Robert DRH 45000 15
Brigitte R&D 38000 4
Raymond Technicien 23000 25
```

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

int main()
{
  //base de donnees
  struct personne employe[4]={{"Charlie","Directeur",55000,3},
                              {"Robert","DRH",45000,15},
                              {"Brigitte","R&D",38000,4},
                              {"Raymond","Technicien",23000,25}};

  //ouverture fichier
  FILE *fichier=fopen("ma_base.txt","w");

  //ecriture fichier
  int k=0;
  for(k=0;k<4;++k)
  {
     fprintf(fichier,"%s %s %d %d \n",employe[k].nom,
           employe[k].fonction,
           employe[k].salaire,
           employe[k].anciennete);
  }

  //fermeture fichier
  fclose(fichier);

  return 0;
}
```

ecrivain.h

Ecriture/lecture fichier

Exemples minimalistes fonctionnels : Lecture
(Attention: sans gestion d'erreur)

```
#ifndef INCLUDE_GUARD_PERSONNE_H
#define INCLUDE_GUARD_PERSONNE_H

struct personne
{
  char nom[15];
  char fonction[15];
  int salaire;
  int anciennete;
};

#endif
```

personne.h

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


int main()
{
  //base de donnees
  struct personne employe[4];

  //ouverture fichier
  FILE *fichier=fopen("ma_base.txt","r");

  //ecriture fichier
  int k=0;
  for(k=0;k<4;++k)
  {
      fscanf(fichier,"%15s %15s %d %d \n",employe[k].nom,
             employe[k].fonction,
             &employe[k].salaire,
             &employe[k].anciennete);
  }

  //fermeture fichier
  fclose(fichier);

  return 0;
}
```


Ecriture/lecture fichier

Exemple ecriture fichier avec gestion d'erreur


```
int main()
{
  //base de donnees
  struct personne employe[4]={{"Charlie","Directeur",55000,3},
                              {"Robert","DRH",45000,15},
                              {"Brigitte","R&D",38000,4},
                              {"Raymond","Technicien",23000,25}};

  //ouverture fichier
  char nom_fichier[]="ma_base.txt";

  FILE *fichier=NULL;
  fichier=fopen(nom_fichier,"w");
  if(fichier==NULL)
  {printf("Erreur ouverture fichier %s\n",nom_fichier);abort();}

  //ecriture fichier
  int k=0;
  for(k=0;k<4;++k)
  {
      int verif=fprintf(fichier,"%s %s %d %d \n",employe[k].nom,
                        employe[k].fonction,
                        employe[k].salaire,
                        employe[k].anciennete);
      if(verif<=0)
      {printf("Erreur ecriture fichier %s\n",nom_fichier);abort();}
  }

  //fermeture fichier
  int ret=fclose(fichier);
  if(ret!=0)
  {printf("Erreur ouverture fichier %s\n",nom_fichier);abort();}
  fichier=NULL;

  return 0;
}
```


Ecriture/lecture fichier

Exemple lecture fichier avec gestion d'erreur


```
int main()
{
  //base de donnees
  struct personne employe[4];

  //ouverture fichier
  char nom_fichier[]="ma_base.txt";
  FILE *fichier=NULL;
  fichier=fopen(nom_fichier,"r");
  if(fichier==NULL)
  {printf("Erreur ouverture fichier %s\n",nom_fichier);abort();}

  //ecriture fichier
  int k=0;
  for(k=0;k<4;++k)
  {
      int verif=fscanf(fichier,"%15s %15s %d %d \n",employe[k].nom,
                       employe[k].fonction,
                       &employe[k].salaire,
                       &employe[k].anciennete);
      if(verif!=4)
      {printf("Erreur lecture fichier %s\n",nom_fichier);abort();}
  }

  //fermeture fichier
  int ret=fclose(fichier);
  if(ret!=0)
  {printf("Erreur ouverture fichier %s\n",nom_fichier);abort();}
  fichier=NULL;

  return 0;
}
```

Bonnes pratiques Ecriture/Lecture

Toujours vérifier que fopen s'est bien déroulé

Toujours

Toujours

Toujours

* erreur nom
* chemin invalide
  (chemin locale dépend de l'endroit de l'execution!)
* fichier non existant
* fichier bloqué par une autre application

Bonnes pratiques Ecriture/Lecture

Toujours vérifier que fopen s'est bien déroulé

Toujours

Toujours

Toujours

```
FILE *fid=NULL;
fid=fopen(...);
if(fid==NULL)
{
   ...
}
```

* erreur nom
* chemin invalide
  (chemin locale dépend de l'endroit de l'execution!)
* fichier non existant
* fichier bloqué par une autre application

Bonnes pratiques Ecriture/Lecture

scanf("%s",...) => s'arrête au premier espace rencontré

↳ Pour lire une ligne complète: fgets

fichier — string

fgets(char buffer[], int taille_max, FILE *fichier)

lecture fichier

```
#define TAILLE_MAX 128

int main()
{
  FILE *fichier=NULL;
  fichier=fopen("mon_fichier","r");

  //lit a partir d'un fichier
  char buffer_fichier[TAILLE_MAX];
  fgets(buffer_fichier,TAILLE_MAX,fichier);

  fclose(fichier);
}
```

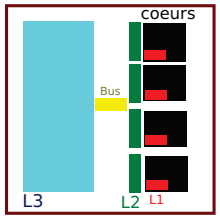
lecture clavier

```
#define TAILLE_MAX 128

int main()
{
  //lit entree standard (clavier par defaut)
  char buffer_fichier[TAILLE_MAX];
  fgets(buffer_fichier,TAILLE_MAX,stdin);
}
```

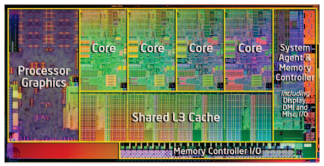
rem. Ne jamais utiliser ~~gets(...)~~
=> Non sécurisé!

Fichiers vitesse

	Transfert (Mo/s)	Tps Accès (ns)	Capacité (Mo)	Prix $/Go
L1	60 000	0.5	0.032	on chip
L2	25 000	7	0.256	
L3	10 000	20	12	20 000 000
RAM	5 000	60	6000	20
Disque dur	150	10 000 000	1000000	0.1



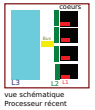
vue schématique
Processeur récent



http://www.ni.com

Fichiers vitesse

	Transfert (Mo/s)	Tps Accès (ns)	Capacité (Mo)	Prix $/Go
L1	60 000	0.5	0.032	on chip
L2	25 000	7	0.256	
L3	10 000	20	12	20 000 000
RAM	5 000	60	6000	20
Disque dur	150	10 000 000	1000000	0.1



vue schématique
Processeur récent

=> Ne pas abuser de lecture/ecriture nombreuses opérations

↳ Passer par un buffer, puis lire/ecrire par blocs dans le fichier

=> Ne pas lire caractères par caractères dans un fichier

↳ chargez l'ensemble dans un buffer
puis lire dans le buffer

=> Ouvrir/fermer un même fichier trop souvent

↳ Laisser le fichier ouvert tant que la fin de l'écriture n'a pas eu lieu

=> Ne pas utiliser de fichier pour des opérations critiques en temps

Gestion des erreurs

Types d'erreurs
Erreur d'arrêt immédiats
Transmission d'information d'erreur
- retour d'arguments
- passage de paramètres

Erreur utilisateur

Gestion des erreurs

Problème complexe

```
void ouverture_fichier(const char* filename)
{
  FILE* fid=NULL;
  fid=fopen(filename,"r");
  if(fid==NULL)
    {
      //GESTION D'ERREUR
    }
}
```

Que faire?
* *Quitter*
* *Indiquer l'erreur*
* *Revenir à la fonction appelante*
* *Ecrire un log dans un fichier*
* *Ne rien faire*
* *Mettre une variable globale d'erreur à jour*
* *...*

Gestion des erreurs

```
void ouverture_fichier(const char* filename)
{
  FILE* fid=NULL;
  fid=fopen(filename,"r");
  if(fid==NULL)
    {
      //GESTION D'ERREUR
    }
}
```

Constat: plusieurs solutions possibles: dépend du contexte

ex. Si le fichier est censé exister (programmation par contrat)
=> Erreur de programmation: il faut quitter et debugger

Si le fichier peut ne pas exister
=> Afficher ou non, et retenter potentiellement

↳ travail de la fonction appelante
=> elle doit être mise au courant

Glossaire des types d'erreurs

1. Erreur de programmation (/bugs)

ex.
Non respect d'un contrat de programmation.
Indice de tableau <0 ou > taille
Ecriture sur un pointeur NULL, ou pointant sur une adresse non valide
...

Doit être détectée le plus tôt possible

rappel de la priorité

```
+++ Compilateur
++  Par tests unitaires
+   Par assertions
-   Par tests integrations
--  Par hasard par le programmeur
--- Par le client (catastrophe)
```

Que faire:

Aboutit à l'arrêt immédiat du programme
Message d'erreur à l'attention d'un programmeur:
Doit être suivit d'une modification du code

doit être précis sur
** la cause*
** endroit du code*

ex. printf("Erreur du a ... ligne %d, fonction %s, fichier %s\n",__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__);

Note: Ne doit Jamais arriver en production/chez le client

Glossaire des types d'erreurs

2. Erreur système critique

ex.
Manque de place mémoire RAM/disque
(allocation mémoire qui échoue)
Operation importante non permise par le noyaux
Reception d'un signal de type "kill"
...

Généralement difficile à prévoir (dépend des conditions d'utilisations)
=> Bien vérifier les retours des appels systèmes

Que faire:

Aboutit généralement à l'arrêt du programme
(potentiellement après nettoyage: désallocation, suppression de fichiers temporaires, etc.)
Message d'erreur à l'attention de l'utilisateur (/potentiellement programmeur)

Note: Peut arriver chez le client
=> tests avec if{...} (et pas avec assertions)

(cas connu:
kernel panic / blue screen of death)

Glossaire des types d'erreurs

3. Erreur système exceptionnelles non critique

ex.
Ressource occupée (fichier, variable partagée, etc.)
Fichier de configuration manquant ou invalide
...

Note: L'aspect "exceptionnelle" et "critique" dépend de l'utilisation

Que faire:

Aboutit au traitement spécifique par la fonction appelante.
(temporisation, création de nouveaux fichiers, utilisation de valeurs par défauts, ...)
Message d'erreur à l'attention de l'utilisateur en mode debug
(pas forcément d'alerte en mode release si correctement traité).

ex.

```
char fichier[]="mon_fichier_de_configuration.xml";
if(valide_fichier_configuration(fichier)==0)
  {
    if(mode_debug==1)
      printf("Attention, fichier configuration %s non valide\n",fichier);
    initialise_valeur_par_defaut(fichier);
  }
```

Note: Va sans doute arriver chez le client
=> tests avec if{...} (et pas avec assertions)

Utilisation de **exception**
(voir Java, C++, ...)

Glossaire des types d'erreurs

4. Erreur utilisateur (Ce n'est pas une *erreur)*

ex.
URL inexistante
Identifiant non connu dans la base
Demande d'un nombre positif, et recoit -12
...

Que faire:

Ne surtout pas quitter brutallement le programme (SegFault, abort) !
Message d'information à l'attention de l'utilisateur uniquement.
Doit être traité par une fonction spécifique de validation d'entrée utilisateur.

Note: Arrive forcément chez le client
=> tests avec if{...} (et pas avec assertions)

Gestion des erreurs

Types d'erreurs

→ **Erreur d'arrêt immédiats**

Transmission d'information d'erreur

- retour d'arguments
- passage de paramètres

Erreur utilisateur

Erreur d'arrêt immédiat

Approche manuelle

```c
#define AFFICHE_INFO_DEBUG printf("l.%d, %s, %s\n",__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__)

//Contrat: recoit entier a de valeur absolue plus petite que 1000
void ma_fonction(int a)
{
  int contrat_valide=fabs(a<1000);
  if(contrat_valide==0)
    {
      //affiche le type d'erreur
      printf("Erreur a [%d] doit etre plus petit que 1000\n",a);
      //affiche les informations de localisation pour le debug
      AFFICHE_INFO_DEBUG;
      //quitte brutallement
      exit(1);
    }
}
```

renvoi 1 à la ligne de commande

ex. ma_fonction(10000) => Erreur a [10000] doit etre plus petit que 1000
l.13, ma_fonction, mon_fichier.c

Erreur d'arrêt immédiat

Approche par assertion 


```c
#include <assert.h>

//Contrat: recoit entier a de valeur absolue plus petite que 1000
void ma_fonction(int a)
{
  assert(a<1000);

}
```

ex. ma_fonction(10000) =>
mon_executable: mon_fichier.c:8: ma_fonction: Assertion `a<1000' failed.
Aborted

Erreur d'arrêt immédiat

Comparaison if/assert

```c
if(certificat==0)
{
  printf(<type d'erreur>+<info_debug>);
  exit(<valeur_erreur>) / abort();
}
```

```c
assert(certificat);
```

+ de liberté:
- message erreur
- la manière de quitter

+ cours
=> **+lisible**
message erreur complet pour debug
=> **pas de risques d'oublis**
standard
=> **auto-documentation**

Conclusion 1: Pour des erreurs de **developpement**
=> Utilisez **assert**! 

Erreur d'arrêt immédiat

Etude du fonctionnement de assert:

```c
#include <assert.h>

//Contrat: recoit entier a de valeur absolue plus petite que 1000
void ma_fonction(int a)
{
  assert(a<1000);

}
```

compilation mode debug

gcc -g mon_fichier.c -E
-Wall -Wextra

```c
void ma_fonction(int a)
{
  ((a<1000) ? (void) (0) : __assert_fail ("a<1000", "mon_fichier.c", 7, __PRETTY_FUNCTION__));
}
```

-> utilisation des macros à votre place

Erreur d'arrêt immédiat

Etude du fonctionnement de assert:

```c
#include <assert.h>

//Contrat: recoit entier a de valeur absolue plus petite que 1000
void ma_fonction(int a)
{
  assert(a<1000);

}
```

compilation mode release

gcc -O2 mon_fichier.c -E
-Wall -Wextra
-DNDEBUG

```c
void ma_fonction(int a)
{
  ((void) (0));
}
```

-> condition non vérifiée en mode *release*

Erreur d'arrêt immédiat

Etude du fonctionnement de assert:

Synthèse: Assert() ne vérifie la condition qu'en mode **debug**
=> pendant le developpement

Avantage:	**Inconvénient:**
Pas de perte de temps en release	Ne peut être utilisé (seul) que pour des erreurs de developpement n'arrivant jamais sur la version finale

Conclusion: Assert() est une **aide pour le developpeur**!
Ce n'est pas une vérification constante

Erreur d'arrêt immédiat

Exemple de assert:

```c
//Contrat: recoit un pointeur non NULL
//Certification: la valeur du pointeur vaut 2
void ecrit_deux(int *pointeur)
{
  assert(pointeur!=NULL);
  *pointeur=2;
}

int main()
{
  int a;
  ecrit_deux(&a);
  ecrit_deux(NULL);
}
```

Mode debug

gcc -g -Wall -Wextra

```
mon_executable: erreur_01.c:8: ecrit_deux: Assertion `pointeur!=((void *)0)' failed.
Aborted
```

Mode release

gcc -O2 -Wall -Wextra -DNDEBUG

Segmentation fault

Erreur d'arrêt immédiat

Exemple de assert:

```c
void demande_valeur_utilisateur()
{
  int nombre=0;

  printf("Donnez nombre entre 0 et 10.\n> ");
  scanf("%d",&nombre);

  assert(nombre>=0 && nombre<=10);

  printf("Vous avez choisi le nombre %d\n",nombre);
}
```

A ne pas faire!

=> Ne pas vérifier une entrée utilisateur avec un assert

-> quitte brutallement en mode debug = mauvais
-> ne vérifie rien en mode release = mauvais

Erreur d'arrêt immédiat

Manipulation de tableau sans dépassement mémoire:

```c
#define MAX_INDICE 4
struct vecteur
{
  int tableau[MAX_INDICE];
};

//Pre-requis:
//  Pointeur constant vers un vecteur. Pointeur non NULL.
//  Indice pointant dans ce vecteur: entier non signe < MAX_INDICE
//Certifie:
//  Renvoie la valeur du vecteur pointe par cet indice
int vecteur_get(const struct vecteur* v,unsigned int indice)
{
  //certification de developpement
  assert(v!=NULL);
  assert(indice<MAX_INDICE);

  return v->tableau[indice];
}

int main()
{
  struct vecteur v={ {1,2,4,5} };

  int a=vecteur_get(&v,2);
  int b=vecteur_get(&v,5);

  return 0;
}
```

Avantages:

Lors du développement:
Assure le non dépassement mémoire

```
a.out: erreur_01.c:20: vecteur_get: Assertion `indice<4' failed.
```

Lors de l'utilisation:
Aucune perte de performance par rapport à la version sans verification.

Erreur d'arrêt immédiat

Cumule aide au developpement / bugs a l'utilisation

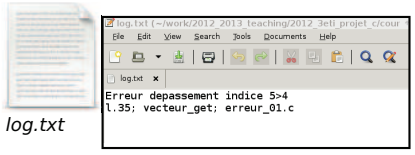
```c
//Pre-requis:
//  Pointeur constant vers un vecteur. Pointeur non NULL.
//  Indice pointant dans ce vecteur: entier non signe < MAX_INDICE
//Certifie:
//  Renvoie la valeur du vecteur pointe par cet indice
int vecteur_get(const struct vecteur* v,unsigned int indice)
{
  //certification de developpement
  assert(v!=NULL);
  assert(indice<MAX_INDICE);
  //mauvaise utilisation en production
  if(indice>=MAX_INDICE)
    {
      printf("Attention evenement inattendu survenue\n");
      printf("Contactez le developpeur avec les informations du fichier log.txt\n");

      //ecriture des informations de debugs dans log.txt
      FILE *fid=NULL;
      fid=fopen("log.txt","w");

      if(fid==NULL)//si on cumule les problemes
        {printf("Erreur ecriture fichier de log.txt, je quitte\n");abort();}

      fprintf(fid,"Erreur depassement indice %d>%d\n",indice,MAX_INDICE);
      fprintf(fid,"l.%d; %s; %s\n",__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__);

      fclose(fid);
      return -1;//retourne une valeur par defaut => evite la seg-fault
    }

  return v->tableau[indice];
}
```

gcc -O2 -Wall -Wextra -DNDEBUG

```
Attention evenement inattendu survenue
Contactez le developpeur avec les informations du fichier log.txt
```

+ le programme ne s'arrête pas

+



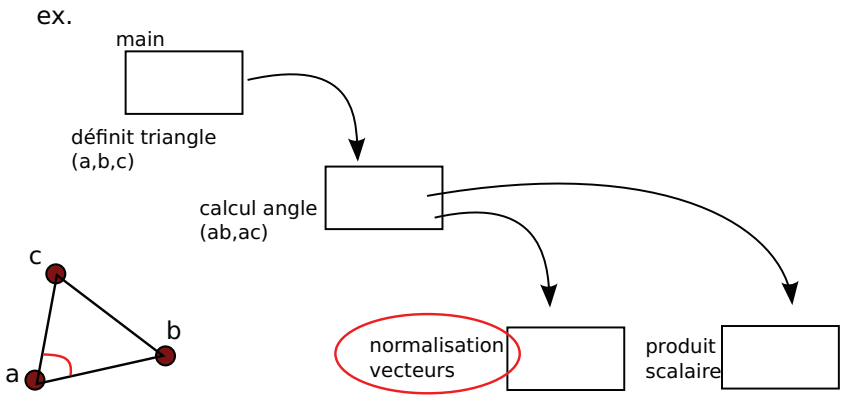
log.txt

Gestion des erreurs

Types d'erreurs
Erreur d'arrêt immédiats
→ **Transmission d'information d'erreur**
- **retour d'arguments**
- **passage de paramètres**

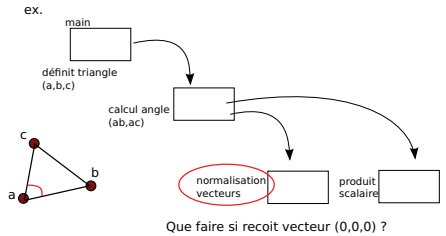
Erreur utilisateur

Erreur gérée par la fonction appelante



Que faire si recoit vecteur (0,0,0) ?

Erreur gérée par la fonction appelante



Que faire si recoit vecteur (0,0,0) ?

Dans normalisation vecteurs (localement), on ne peut que:

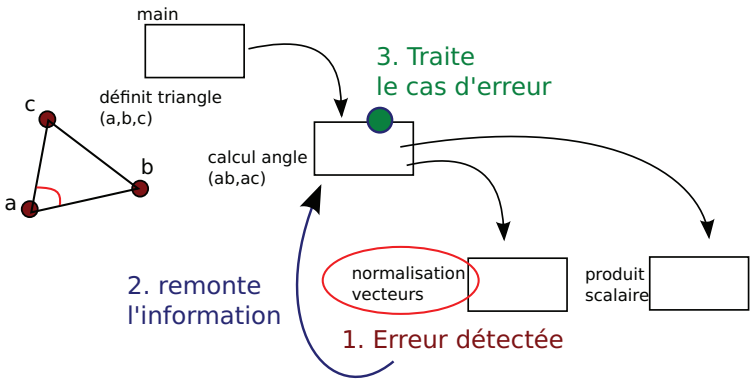
* Quitter => acceptable ?
* Renvoyer une valeur par défaut => laquelle?

Mieux:
Indiquer à *calcul_angle*, ou dans le *main* le problème

renvoi un angle de 0 par exemple

Erreur gérée par la fonction appelante

Il faut faire remonter l'information d'une erreur



Erreur gérée par la fonction appelante

Plusieurs solutions possible:

* Valeur de retour
* Variable globales
* Passage d'arguments par pointeurs

un mix de tous

Hors C
* Exception

But:

- Garder un programme lisible!
- Garder un programme maintenable
- Rester transparent en cas de bon fonctionnement
  (sinon perte de lisiblité)
- Pas trop transparent
  (sinon oublie de gestion des cas d'erreurs)

Erreur par retour d'arguments

fonction:

```c
#define FAIL 0
#define OK  1

int ecrit_fichier(const char *filename)
{
  assert(filename!=NULL);

  FILE *fid=NULL;
  fid=fopen(filename,"w");

  if(fid==NULL)
    return FAIL; //erreur

  int nbr_lettre=fprintf(fid,"Coucou c'est moi\n");
  if(nbr_lettre!=18)
    return FAIL; //erreur

  int ret=fclose(fid);
  if(ret!=0)
    return FAIL; //erreur

  return OK;
}
```

Avantage:
- utilisation assez élégante
  => if(ma_fonction())
- potentiellement transparent
  => possibilité de non vérification

Inconvénient:
- Empêche le retour d'arguments

utilisation:

```c
int main()
{
  if(ecrit_fichier("mon_fichier.txt")==FAIL)
    {
      printf("mon_fichier.txt n'est pas accessible, tente d'ecrire sur mon_fichier_2.txt\n");

      if(ecrit_fichier("mon_fichier_2.txt")==FAIL)
        {
          printf("Ce n'est pas mon jour de chance, je fais autre chose");
          faire_autre_chose();
        }

    }

  return 0;
}
```


Erreur par retour d'arguments

```c
#define FAIL 0
#define OK 1


struct vecteur
{float x,y,z;};

//Prend en parametre un vecteur et retourne le vecteur unitaire de meme direction
int vecteur_unitaire(struct vecteur vec,struct vecteur* resultat)
{
  assert(resultat!=NULL);

  float norme=sqrt(vec.x*vec.x+vec.y*vec.y+vec.z*vec.z);

  if(norme<1e-5)
    return FAIL;

  resultat->x = vec.x/norme;
  resultat->y = vec.y/norme;
  resultat->z = vec.z/norme;

  return OK;

}
```

```c
int main()
{
  struct vecteur a={1,2,3};struct vecteur ua={1,1,1};
  struct vecteur b={0,0,0};struct vecteur ub={1,1,1};

  int ret_1=vecteur_unitaire(a,&ua);
  int ret_2=vecteur_unitaire(b,&ub);

  if(ret_1!=OK || ret_2!=OK)
    {
      printf("Attention, vecteur de norme nulle\n");
      printf("Angle = 0.0\n");
      return 0;
    }

  printf("Angle = %f\n",ua.x*ub.x+ua.y*ub.y+ua.z*ub.z);

  return 0;
}
```

peu lisible, pas pratique.

on préfèrerait:
struct vecteur ua=vecteur_unitaire(a);

Erreur par retour d'arguments

```c
struct vecteur
{float x,y,z;};

float vecteur_norme(struct vecteur vec)
{
  return sqrt(vec.x*vec.x+vec.y*vec.y+vec.z*vec.z);
}

int vecteur_est_norme_non_nulle(struct vecteur vec)
{
  float epsilon=1e-5;
  return vecteur_norme(vec)>epsilon;
}

//Prend en parametre un vecteur et retourne le vecteur unitaire de meme direction
// Prerequis: Un vecteur de norme non nulle
// Certifie: Un vecteur de meme direction et de norme unitaire
struct vecteur vecteur_unitaire(struct vecteur vec)
{
  assert(vecteur_est_norme_non_nulle(vec)==VRAI);

  float norme=vecteur_norme(vec);
  struct vecteur resultat={vec.x/norme,vec.y/norme,vec.z/norme};

  return resultat;
}
```

fonction "binaire" de vérification amont

utilisation de contrat pour éviter les erreurs de codage

```c
int main()
{
  struct vecteur a={1,2,3};struct vecteur ua={1,1,1};
  struct vecteur b={0,0,0};struct vecteur ub={1,1,1};

  if(vecteur_est_norme_non_nulle(a)==FAUX || vecteur_est_norme_non_nulle(b)==FAUX)
    {
      printf("Attention, vecteur de norme nulle\n");
      printf("Angle = 0.0\n");
      return 0;
    }

  ua=vecteur_unitaire(a);
  ub=vecteur_unitaire(b);

  printf("Angle = %f\n",ua.x*ub.x+ua.y*ub.y+ua.z*ub.z);

  return 0;
}
```

+ lisible
+ logique

traitement spécifique erreur "utilisateur"

Erreur par retour d'arguments

Le type d'erreur peut être mixé avec le résultat **A éviter!**

```c
#define TAILLE_TABLEAU 6

int recupere_note(const int* tableau_note,int indice)
{
  if(tableau_note==NULL)
    return -1;
  if(indice<0)
    return -2;
  if(indice>TAILLE_TABLEAU)
    return -3;

  return tableau_note[indice];
}

int main()
{
  //les notes sont comprises entre 0 et 20
  int tableau_note[TAILLE_TABLEAU]={12,14,5,14,16,18};

  int valeur_erreur=recupere_note(tableau_note,12);
  if(valeur_erreur<0)
    {
      switch(valeur_erreur)
        {
        case -1:
          printf("pointeur NULL\n");break;
        case -2:
          printf("indice negatif\n");break;
        case -3:
          printf("indice trop grand\n");break;
        }
    }
  else
    printf("Note %d\n",valeur_erreur);
}
```

Avantage:
Compact (si peu de mémoire)
Effet de bords
(si le domaine de validité des données changent)

Inconvénient:
Perte de lisibilité
Mélange données/erreurs
Documentation difficile

=> A éviter

Erreur par retour d'arguments

mélange code erreur / valeurs par mask de bits


```
//couleur:
//0xEERRVVBB
//EE: erreur -> 01: indice trop petit
//    erreur -> 02: indice trop grand
//RR: rouge
//VV: vert
//BB: bleu

#define TAILLE_TABLEAU 4

int recupere_couleur(int tableau_couleur[],int indice)
{
  if(indice<0)
    return 0x01000000;
  if(indice>TAILLE_TABLEAU)
    return 0x02000000;

  return tableau_couleur[indice];
}
```

Concaténation (code_erreur,rouge,vert,bleu)

A NE PAS FAIRE!

Inconvénients:

- difficile à lire
- documentation indispensable
- pas évolutif
  (ajout canal alpha impossible)

```
int main()
{
  //les notes sont comprises entre 0 et 20
  int tableau_couleur[TAILLE_TABLEAU]={0x000000,0xFF0000,0x00FF00,0x0000FF};

  int valeur_erreur=recupere_couleur(tableau_couleur,8);
  if(valeur_erreur>>24)
    {
      switch(valeur_erreur>>24)
        {
        case 1:
          printf("indice negatif\n");break;
        case 2:
          printf("indice trop grand\n");break;
        }
    }
  else
    printf("Couleur (%x,%x,%x)\n",
           valeur_erreur>>16,
           (valeur_erreur&0x00FFFF)>>8,
           (valeur_erreur&0x0000FF));
}
```

peu lisible

=> Ne pas utiliser ce genre d'approche pour du developpement d'un logiciel.

OK uniquement pour embarqué limité

Erreur par passage de paramètre

Cas d'erreur écrit dans un paramètre passé par pointeur
(si pointeur NULL => pas de prise en compte)

```
#define FAUX 0
#define VRAI 1

struct vecteur
{float x,y,z;};

float vecteur_norme(struct vecteur vec)
{
  return sqrt(vec.x*vec.x+vec.y*vec.y+vec.z*vec.z);
}

struct vecteur vecteur_unitaire(struct vecteur vec,int *execution_ok)
{
  struct vecteur resultat={1,0,0};

  float norme=vecteur_norme(vec);
  if(norme<1e-5)
    {
      if(execution_ok!=NULL)
        *execution_ok=FAUX;
      return resultat;
    }
  resultat.x=vec.x/norme;
  resultat.y=vec.y/norme;
  resultat.z=vec.z/norme;

  if(execution_ok!=NULL)
    *execution_ok=VRAI;

  return resultat;
}
```

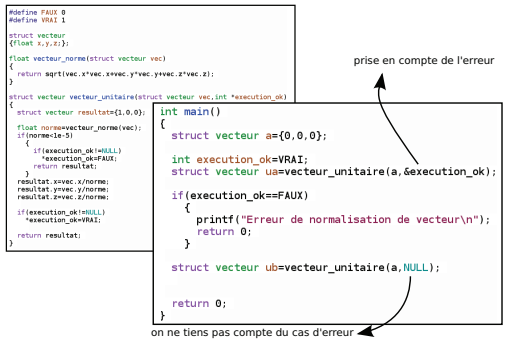
prise en compte de l'erreur

```
int main()
{
  struct vecteur a={0,0,0};

  int execution_ok=VRAI;
  struct vecteur ua=vecteur_unitaire(a,&execution_ok);

  if(execution_ok==FAUX)
    {
      printf("Erreur de normalisation de vecteur\n");
      return 0;
    }

  struct vecteur ub=vecteur_unitaire(a,NULL);


  return 0;
}
```

on ne tiens pas compte du cas d'erreur

Erreur par passage de paramètre

Cas d'erreur écrit dans un paramètre passé par pointeur
(si pointeur NULL => pas de prise en compte)



prise en compte de l'erreur

on ne tiens pas compte du cas d'erreur

Avantage:

* permet l'écriture a=fonction(b,...)
  => utilisation plus lisible

* possibilitée de ne pas tenir compte de l'erreur
  mais reste visible

Inconvénient:

* documentation nécessaire
  (parametre NULL?)

* syntaxe fonction moins lisible

Erreur par passage de paramètre

Possibilité de travailler avec une struct
(extensibilité, lisibilité)

```
//les differents types d'erreur possibles
enum type_erreur {pointeur_null,indice_trop_grand,indice_trop_petit};

#define TAILLE_MAX 256
struct code_erreur
{
  int actif; //est ce qu'une erreur existe

  enum type_erreur type; //le type d'erreur
  int ligne; //la ligne d'ou provient l'erreur
  char nom_fonction[TAILLE_MAX]; //le nom de la fonction
                                 //d'ou provient l'erreur
};
```

structure d'erreur
+ contient toutes les infos de debug
+ lisible
=> extensible

```
int main()
{
  int tableau[TAILLE_TABLEAU]={4,2,-1,4};

  int a=recupere_valeur(tableau,2,NULL);

  struct code_erreur erreur={ FAUX,0,0,"\0" };
  int b=recupere_valeur(tableau,-3,&erreur);

  if(erreur.actif==VRAI)
    traitement_erreur(&erreur);

  return 0;
}
```

utilisation transparente

gestion du cas d'erreur

Erreur par passage de paramètre

Possibilité de travailler avec une struct
(extensibilité, lisibilité)

```
//les differents types d'erreur possibles
enum type_erreur {pointeur_null,indice_trop_grand,indice_trop_petit};

#define TAILLE_MAX 256
struct code_erreur
{
  int actif; //est ce qu'une erreur existe

  enum type_erreur type; //le type d'erreur
  int ligne; //la ligne d'ou provient l'erreur
  char nom_fonction[TAILLE_MAX]; //le nom de la fonction
                                 //d'ou provient l'erreur
};
```

```
#define VRAI 1
#define FAUX 0

#define TAILLE_TABLEAU 4

int recupere_valeur(const int* tableau,int indice,struct code_err*
eur *retour_erreur)
{
  if(tableau==NULL)
    {
      if(retour_erreur!=NULL)
        {
          retour_erreur->actif=VRAI;
          retour_erreur->type=pointeur_null;
          retour_erreur->ligne=__LINE__;
          strcpy(retour_erreur->nom_fonction,__FUNCTION__);
        }
      return -1;
    }

  if(indice<0)
    {
      if(retour_erreur!=NULL)
        {
          retour_erreur->actif=VRAI;
          retour_erreur->type=indice_trop_petit;
          retour_erreur->ligne=__LINE__;
          strcpy(retour_erreur->nom_fonction,__FUNCTION__);
        }
      return -1;
    }

  if(indice>=TAILLE_TABLEAU)
    {
      if(retour_erreur!=NULL)
        {
          retour_erreur->actif=VRAI;
          retour_erreur->type=indice_trop_grand;
          retour_erreur->ligne=__LINE__;
          strcpy(retour_erreur->nom_fonction,__FUNCTION__);
        }
      return -1;
    }

  if(retour_erreur!=NULL)
    retour_erreur->actif=FAUX;

  return tableau[indice];
}
```

une implémentation possible
de la fonction, et du traitement de l'erreur:

```
void traitement_erreur(const struct code_erreur* e)
{
  assert(e->actif==VRAI);

  printf("Erreur detecte\n");
  printf("Erreur de type %d\n",e->type);
  printf("a la ligne %d, dans la fonction %s\n",
         e->ligne,e->nom_fonction);
}
```


Erreur par passage de paramètre

Communication par variable globale

```
//constantes de gestion d'erreurs
#define PAS_ERREUR 0
#define ERREUR_DIVISION_ZERO 1

//variable globale d'erreur
int variable_globale_erreur=PAS_ERREUR;


struct vecteur
{float x,y,z;};

struct vecteur vecteur_unitaire(struct vecteur vec)
{
  float norme=vec.x*vec.x+vec.y*vec.y+vec.z*vec.z;
  float epsilon=1e-5;

  struct vecteur resultat={-1,-1,-1};
  if(norme<epsilon)
    {
      variable_globale_erreur=ERREUR_DIVISION_ZERO;
      return resultat;
    }

  resultat.x=vec.x/norme;
  resultat.y=vec.y/norme;
  resultat.z=vec.z/norme;

  return resultat;
}
```

Avantage:
- transparent
- approche standard C

Inconvénient:
- trop transparent
  => absence de vérification
- documentation nécessaire

```
int main()
{
  struct vecteur a={1,2,3};
  struct vecteur b={0,0,0};

  struct vecteur ua=vecteur_unitaire(a);
  struct vecteur ub=vecteur_unitaire(b);

  if(variable_globale_erreur!=PAS_ERREUR)
    {printf("Attention, vecteur de norme nulle detectee \n");return 1;}

  return 0;
}
```

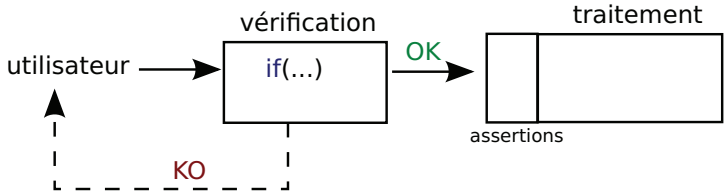

Gestion des erreurs

Types d'erreurs
Erreur d'arrêt immédiats
Transmission d'information d'erreur
- retour d'arguments
- passage de paramètres

→ **Erreur utilisateur**

Erreur utilisateur

Séparer vérification du traitement



But:

Construire des blocs unitaires (saisie, traitement)
Chaque bloc est certifié
Chaque bloc possède la gestion d'erreur appropriée

Erreur utilisateur

ex.
Programme affichant un nom de fichier existant donné par l'utilisateur

A EVITER!

```c
#define TAILLE_MAX 128
#define TAILLE_LIGNE 256

int main()
{
    char filename[TAILLE_MAX];

    int fichier_ok=0;
    do
    {
        //saisie
        printf("Indiquez chemin vers fichier:\n> ");
        scanf("%128s",filename);

        //test existance
        FILE *fid=NULL;
        fid=fopen(filename,"r");

        if(fid!=NULL)
        {
            fichier_ok=1;

            //lecture et affichage du fichier
            char buffer[TAILLE_LIGNE];
            while(fgets(buffer,TAILLE_LIGNE,fid) != NULL)
                printf("%s",buffer);
            fclose(fid);
            fid=NULL;
        }
        else
            printf("Fichier %s n'existe pas\n\n",filename);
    }while(fichier_ok!=1);

    return 0;
}
```

partie utilisateur

partie traitement

partie utilisateur

Désavantage:

Mélange utilisateur/traitement
=> difficile à comprendre/lire

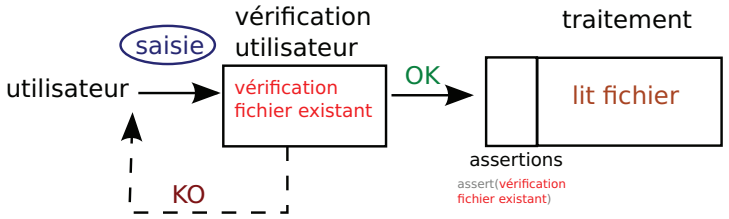
traitement non unitaire
=> difficile à debugger/tester

Traitement et saisie non réutilisable dans un autre contexte

Erreur utilisateur

ex.
Programme affichant un nom de fichier existant donné par l'utilisateur

Amélioration possible:



saisie = demander nom de fichier en ligne de commande
vérification fichier existant = ouvrir fichier, vérifier que l'ouverture est correcte
lit fichier = ouvre fichier, lit ligne après ligne jusqu'à fin, ferme fichier.

Erreur utilisateur

ex.
Programme affichant un nom de fichier existant donné par l'utilisateur

```c
//Donnez le nom d'un fichier a lire

#define TAILLE_MAX 128
#define TAILLE_LIGNE 256

//Saisie utilisateur d'un fichier
//Demande a l'utilisateur de saisir le chemin vers
// un fichier existant.
void saisie_fichier_existant(char filename[]);

//Verifie si un fichier est accessible en mode lecture
//Prerequis:
//     Un nom de fichier sous forme de chaine de caracteres.
//Certifie:
//     Retourne 0 si le fichier n'est pas accessible en mode lecture
//     Retourne 1 si le fichier est accessible en mode lecture
int est_fichier_existant(const char filename[]);

//Lecture d'un fichier existant
//Prerequis:
//     Un nom de fichier qui existe deja.
//Certifie:
//     L'affichage sur la ligne de commande du fichier.
void lecture_fichier(char filename[]);
```


```c
int main()
{
  char filename[TAILLE_MAX]="\0";

  saisie_fichier_existant(filename); //bloc saisie utilisateur
  lecture_fichier(filename);         //bloc traitement

  return 0;
}
```


Erreur utilisateur

ex.
Programme affichant un nom de fichier existant donné par l'utilisateur

Implémentation possible:

```c
int est_fichier_existant(const char filename[])
{
  FILE *fid=NULL;
  fid=fopen(filename,"r");
  if(fid==NULL)
    return 0;

  int ret=fclose(fid);
  if(ret!=0){printf("Probleme fermeture fichier %s\n",filename);}
  fid=NULL;
  return 1;
}
```

```c
void lecture_fichier(char filename[])
{
  assert(est_fichier_existant(filename));

  FILE *fid=NULL;
  fid=fopen(filename,"r");

  assert(fid!=NULL);

  //lecture et affichage du fichier
  char buffer[TAILLE_LIGNE];
  while(fgets(buffer,TAILLE_LIGNE,fid) != NULL)
    printf("%s",buffer);

  int ret=fclose(fid);
  assert(ret==0);
  fid=NULL;
}
```

```c
void saisie_fichier_existant(char filename[])
{
  int fichier_ok=0;

  do
    {
      //saisie
      printf("Indiquez chemin vers fichier:\n> ");
      scanf("%128s",filename);

      //test existance
      fichier_ok=est_fichier_existant(filename);

      if(fichier_ok!=1)
        printf("Fichier %s n'existe pas\n\n",filename);

    }while(fichier_ok!=1);
}
```

Méthode de debug

Méthode manuelle (printf)
Debugger à points d'arrêts
Détecteur fuites mémoires

Methode de debug

Bugs de:

Fonctionnement globale
=> Principe de tests: unitaire + intégrations

Erreurs mémoires
=> utilisation de debuggers

Methode de debug

Segmentation fault
Erreur de segmentation = erreur mémoire

= écriture/accès à une zone mémoire non autorisée

(C'est le noyaux qui lance une segfault: pas le programme!)

90% du temps:
Segmentation fault due à :

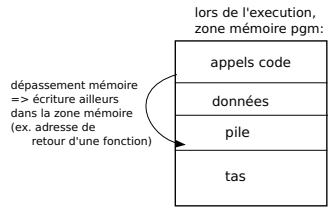
* depassement de tableau (indice trop grand ou <0)
* écriture sur pointeur non alloué
* désallocation sur une adresse invalide (free)

Methode de debug

Difficile à débugger car:

* Segfault ou comportement inattendu **non détecté** au moment de l'erreur
* Une erreur mémoire n'aboutit **pas forcément** à une segmentation fault
  * peut aboutir à un comportement indeterminé (aléatoire en fonction des executions)
  * peut ne pas apparaitre
  * peut modifier le comportement hors de la logique du C
  * le comportement suspect n'apparait pas au moment de l'erreur, mais plus loin dans le programme

ex typiques:
* *Valeur d'un tableau ou d'une variable modifiée*
* *Comportement du programme différent lors de l'ajout de commentaires dans le code*
* *Le return d'une fonction n'est pas récupéré par la fonction appelante*



Méthode de debug

- **Méthode manuelle (printf)**
- Debugger à points d'arrêts
- Détecteur fuites mémoires

Debug par affichage: printf

```c
#define TAILLE_MAX 15

void derivation(int valeurs[],int derivee[])
{
    int k=0;
    for(k=0;k<TAILLE_MAX;++k)
        derivee[k] = valeurs[k+1]-valeurs[k];

}

int main()
{
    int valeurs[TAILLE_MAX];
    int derivee[TAILLE_MAX];

    int k=0;
    for(k=0;k<TAILLE_MAX;++k)
        valeurs[k]=3*k*k;

    derivation(valeurs,derivee);

    return 0;
}
```

```c
#define TAILLE_MAX 15

void derivation(int valeurs[],int derivee[])
{
    int k=0;
    for(k=0;k<TAILLE_MAX;++k)
    {
        printf("%d/%d -> %d\n",k,TAILLE_MAX,valeurs[k]);
        printf("%d/%d -> %d\n",k+1,TAILLE_MAX,valeurs[k+1]);
        derivee[k] = valeurs[k+1]-valeurs[k];
    }

}

int main()
{
    int valeurs[TAILLE_MAX];
    int derivee[TAILLE_MAX];

    int k=0;
    for(k=0;k<TAILLE_MAX;++k)
        valeurs[k]=3*k*k;

    derivation(valeurs,derivee);

    return 0;
}
```

```
0/15 -> 0
1/15 -> 3
1/15 -> 3
2/15 -> 12
2/15 -> 12
...
13/15 -> 507
13/15 -> 507
14/15 -> 588
14/15 -> 588
15/15 -> 15
```


Debug par affichage: printf

Comportement inattendu:

```c
int main()
{
    char mot_1[]="coucou";
    char mot_2[]="bonjour monsieur";

    strcpy(mot_2," en fin de journee, nous disons bonsoir");

    printf("%s\n",mot_1);

    return 0;
}
```

```
./mon_executable
> bonsoir
```

```c
int main()
{
    char mot_1[]="coucou";
    char mot_2[]="bonjour monsieur";

    printf("%d/%d\n",sizeof(mot_2)/sizeof(char),
           strlen(" en fin de journee, nous disons bonsoir")+1);

    strcpy(mot_2," en fin de journee, nous disons bonsoir");

    printf("%s\n",mot_1);

    return 0;
}
```

```
./mon_executable
> 17/40
> bonsoir
```

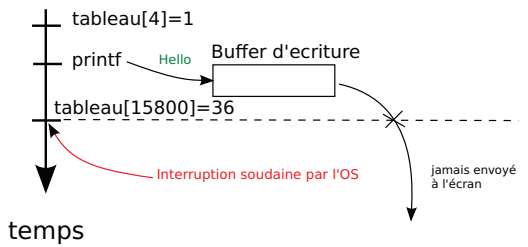

Debug par affichage: printf

Attention à l'effet du tampon d'écriture

```c
int main()
{
  int tableau[5];

  tableau[4]=1;

  printf("Hello");

  tableau[15800]=36;

  printf("World");

  return 0;
}
```

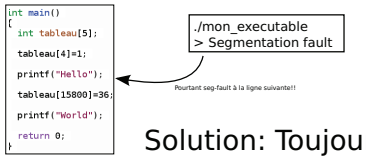
```
./mon_executable
> Segmentation fault
```

Pourtant seg-fault à la ligne suivante!!



Debug par affichage: printf

Attention à l'effet du tampon d'écriture



Solution: Toujours vider le buffer (flush)

- Retour à la ligne "\n"
  (écran uniquement)
- commande *fflush(stdout)*;

```
int main()
{
  int tableau[5];

  tableau[4]=1;

  printf("Hello\n");

  tableau[15800]=36;

  printf("World\n");

  return 0;
}
```

déduit: seg-fault entre "Hello" et "World"

```
./mon_executable
> Hello
> Segmentation fault
```


Debug par affichage: printf

Avantages:

+ léger, rapide
  (pas d'outils externes)
+ rapide
+ execution et debug du vrai code
  (pas d'émulation)

Inconvénients:

- Nécessite de bien connaitre le code
- Nécessite de pré-localiser l'erreur
- Précaution lors de l'utilisation de données nombreuses

Synthèse:

Méthode rapide lorsque l'on travaille sur son propre code (vérification d'une boucle, d'un pointeur, etc.)

Peu adapté pour le débug d'un code externe.

Méthode de debug

Méthode manuelle (printf)
→ **Debugger à points d'arrêts**
Détecteur fuites mémoires

Debug par debugger : semi-automatique

```
1  #include <stdio.h>
2
3  struct employe
4  {
5    char *nom;
6    int *paye;
7    char *service;
8  };
9
10 int main()
11 {
12
13     char *nom[]={"Bertrand","Bernard","Renaud","Simon"};
14     int paye[]={1200,1500,1800};
15     char *service[]={"qualitee","marketing","R&D","direction"};
16
17     struct employe employe_0={nom[2],&paye[0],service[1]};
18     struct employe employe_1={nom[1],&paye[0],service[0]};
19     struct employe employe_2={nom[0],&paye[2],service[2]};
20     struct employe employe_3;employe_3.nom=nom[3];
21
22     int cout_total=0;
23     cout_total=*employe_0.paye+
24             *employe_1.paye+
25             *employe_2.paye+
26             *employe_3.paye;
27
28
29     return 0;
30
31 }
```

point d'arrêt

variables + valeurs

cout_total	0	int
employe_0		employe
nom		char *
paye	0x0	int *
service	"H\211l$ØL\...	char *
employe_1		employe
nom		char *
paye	1690667336...	int
service		char *
employe_2		employe
nom	"Á"	char *
paye	-148758528...	int
service	""A³÷ý\177"	char *
employe_3		employe
nom	"\001"	char *
paye	1768709983...	int
service		char *
nom	@0x7fffffffe1f0	char *[4]
[0]	"Bertrand"	char *
[1]	"Bernard"	char *
[2]	"Renaud"	char *
[3]	"Simon"	char *
paye	@0x7fffffffe2...	int [3]
[0]	1200	int
[1]	1500	int
[2]	1800	int
service	@0x7fffffffe2...	char *[4]
[0]	"qualitee"	char *
[1]	"marketing"	char *
[2]	"R&D"	char *
[3]	"direction"	char *

Debug par debugger : semi-automatique

```
#include <stdio.h>

struct employe
{
  char *nom;
  int *paye;
  char *service;
};

int main()
{

    char *nom[]={"Bertrand","Bernard","Renaud","Simon"};
    int paye[]={1200,1500,1800};
    char *service[]={"qualitee","marketing","R&D","direction"};

    struct employe employe_0={nom[2],&paye[0],service[1]};
    struct employe employe_1={nom[1],&paye[0],service[0]};
    struct employe employe_2={nom[0],&paye[2],service[2]};
    struct employe employe_3;employe_3.nom=nom[3];

    int cout_total=0;
    cout_total=*employe_0.paye+
            *employe_1.paye+
            *employe_2.paye+
            *employe_3.paye;


    return 0;

}
```

employe_0		employe
nom	"Renaud"	char *
paye	1200 @0x7ff...	int
service	"marketing"	char *

377

Debug par debugger : semi-automatique

```
#include <stdio.h>

struct employe
{
  char *nom;
  int *paye;
  char *service;
};

int main()
{

    char *nom[]={"Bertrand","Bernard","Renaud","Simon"};
    int paye[]={1200,1500,1800};
    char *service[]={"qualitee","marketing","R&D","direction"};

    struct employe employe_0={nom[2],&paye[0],service[1]};
    struct employe employe_1={nom[1],&paye[0],service[0]};
    struct employe employe_2={nom[0],&paye[2],service[2]};
    struct employe employe_3;employe_3.nom=nom[3];

    int cout_total=0;
    cout_total=*employe_0.paye+
            *employe_1.paye+
            *employe_2.paye+
            *employe_3.paye;


    return 0;

}
```

employe_1		employe
nom	"Bernard"	char *
paye	1200 @0x7ff...	int
service	"qualitee"	char *

378

Debug par debugger : semi-automatique

```
#include <stdio.h>

struct employe
{
  char *nom;
  int *paye;
  char *service;
};

int main()
{

    char *nom[]={"Bertrand","Bernard","Renaud","Simon"};
    int paye[]={1200,1500,1800};
    char *service[]={"qualitee","marketing","R&D","direction"};

    struct employe employe_0={nom[2],&paye[0],service[1]};
    struct employe employe_1={nom[1],&paye[0],service[0]};
    struct employe employe_2={nom[0],&paye[2],service[2]};
    struct employe employe_3;employe_3.nom=nom[3];

    int cout_total=0;
    cout_total=*employe_0.paye+
            *employe_1.paye+
            *employe_2.paye+
            *employe_3.paye;


    return 0;

}
```

employe_2		employe
nom	"Bertrand"	char *
paye	1800 @0x7ff...	int
service	"R&D"	char *

379

Debug par debugger : semi-automatique

```
#include <stdio.h>

struct employe
{
  char *nom;
  int *paye;
  char *service;
};

int main()
{

    char *nom[]={"Bertrand","Bernard","Renaud","Simon"};
    int paye[]={1200,1500,1800};
    char *service[]={"qualitee","marketing","R&D","direction"};

    struct employe employe_0={nom[2],&paye[0],service[1]};
    struct employe employe_1={nom[1],&paye[0],service[0]};
    struct employe employe_2={nom[0],&paye[2],service[2]};
    struct employe employe_3;employe_3.nom=nom[3];

    int cout_total=0;
    cout_total=*employe_0.paye+
            *employe_1.paye+
            *employe_2.paye+
            *employe_3.paye;


    return 0;

}
```

employe_3		employe
nom	"Simon"	char *
paye	1768709983...	int
service		char *

380

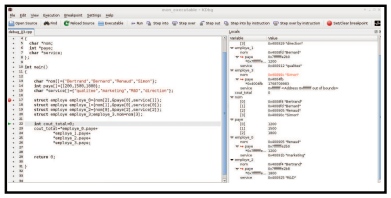
Debug par debugger : semi-automatique

Outils de debugs par points d'arrets:

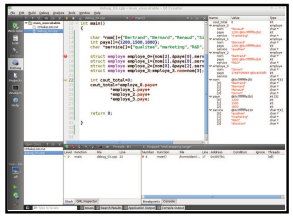
gdb: mode texte

cs.brynmawr.edu/cs312/gdb-tutorial-handout.pdf

kdbg:



QtCreator:



Debug par debugger : semi-automatique

Avantage:

+ Visuelle, vision globale
+ debug données complexes
(listes chainées, graphes, ...)

Inconvénient:

- Localisation préalable
(fichier,lignes,variables)
- Debugger peut être lent

Synthèse:

Idéale pour debugger les structures de données complexes (pointeurs, ...).

Moins adapté pour le debug d'un code externe.

Méthode de debug

Méthode manuelle (printf)
Debugger à points d'arrêts
→ **Détecteur fuites mémoires**

Debug par debugger : automatique

valgrind ./mon_executable


```
int main()
{
  int *p;
  int u=0;

  *p=5;

  return 0;
}
```

```
==3048== Memcheck, a memory error detector
==3048== Copyright (C) 2002-2012, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==3048== Using Valgrind-3.8.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==3048== Command: ./a.out
==3048==
==3048== Use of uninitialised value of size 8
==3048==    at 0x4004BB: main (debug_04.c:10)
==3048==
==3048==
==3048== HEAP SUMMARY:
==3048==     in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==3048==   total heap usage: 0 allocs, 0 frees, 0 bytes allocated
==3048==
==3048== All heap blocks were freed -- no leaks are possible
==3048==
==3048== For counts of detected and suppressed errors, rerun with: -v
==3048== Use --track-origins=yes to see where uninitialised values come from
==3048== ERROR SUMMARY: 1 errors from 1 contexts (suppressed: 2 from 2)
```

=> Autrement: non détéctée en tant que seg-fault.

Debug par debugger : automatique

Gestion mémoire dynamique:

```
int main()
{
  int *p=NULL;
  p=malloc(10);


  return 0;
}
```

```
==3666== Memcheck, a memory error detector
==3666== Copyright (C) 2002-2012, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==3666== Using Valgrind-3.8.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==3666== Command: ./a.out
==3666==
==3666==
==3666== HEAP SUMMARY:
==3666==     in use at exit: 10 bytes in 1 blocks
==3666==   total heap usage: 1 allocs, 0 frees, 10 bytes allocated
==3666==
==3666== LEAK SUMMARY:
==3666==    definitely lost: 10 bytes in 1 blocks
==3666==    indirectly lost: 0 bytes in 0 blocks
==3666==      possibly lost: 0 bytes in 0 blocks
==3666==    still reachable: 0 bytes in 0 blocks
==3666==         suppressed: 0 bytes in 0 blocks
==3666== Rerun with --leak-check=full to see details of leaked memory
==3666==
==3666== For counts of detected and suppressed errors, rerun with: -v
==3666== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 2 from 2)
```

très difficile à détecter autrement!

```
int main()
{
  int *p=NULL;
  p=malloc(10);

  free(p);

  return 0;
}
```

```
==3655== Memcheck, a memory error detector
==3655== Copyright (C) 2002-2012, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==3655== Using Valgrind-3.8.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==3655== Command: ./a.out
==3655==
==3655==
==3655== HEAP SUMMARY:
==3655==     in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==3655==   total heap usage: 1 allocs, 1 frees, 10 bytes allocated
==3655==
==3655== All heap blocks were freed -- no leaks are possible
==3655==
==3655== For counts of detected and suppressed errors, rerun with: -v
==3655== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 2 from 2)
```

```
int main()
{
  int *p=NULL;
  p=malloc(10);

  free(p);
  free(p);
  return 0;
}
```

```
==3615== Memcheck, a memory error detector
==3615== Copyright (C) 2002-2012, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==3615== Using Valgrind-3.8.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==3615== Command: ./a.out
==3615==
==3615== Invalid free() / delete / delete[] / realloc()
==3615==    at 0x4C24CBC: free (in /usr/lib/valgrind/vgpreload_memcheck-amd64-linux.so)
==3615==    by 0x408957: main (debug_05.c:10)
==3615==  Address 0x51da040 is 0 bytes inside a block of size 10 free'd
==3615==    at 0x4C24CBC: free (in /usr/lib/valgrind/vgpreload_memcheck-amd64-linux.so)
==3615==    by 0x408945: main (debug_05.c:10)
==3615==
==3615==
==3615== HEAP SUMMARY:
==3615==     in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==3615==   total heap usage: 1 allocs, 2 frees, 10 bytes allocated
==3615==
==3615== All heap blocks were freed -- no leaks are possible
==3615==
==3615== For counts of detected and suppressed errors, rerun with: -v
==3615== ERROR SUMMARY: 1 errors from 1 contexts (suppressed: 2 from 2)
```


Debug par debugger : automatique

Outils:

Valgrind

émule le processeur+registres
=> vérifie l'utilisation mémoire

Fonctionnement:

valgrind ./mon_executable

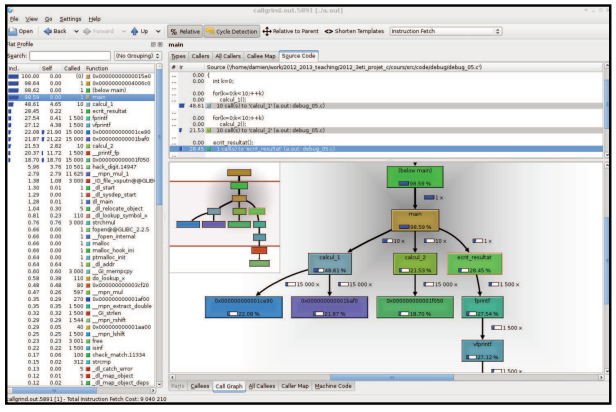
compilé en mode debug

Très utile pour du controle final (*sanity check*)

Debug par debugger : automatique

Possibilité de profiling

```
valgrind --tool=cachegrind ./mon_executable
kcachegrind callgrind.out.xxxx
```



Debug par debugger : automatique

Avantages:

+ détection automatique erreurs
+ permet d'assurer l'absence de fuites mémoire

Inconvénients:

- uniquement debug erreurs mémoires
- code émulé
  (plus lent, comportement différent possible)
- détection d'erreurs librairies externes

Synthèse:

Très adapté pour la détection de fuite mémoire pour un grand code.
Il n'est pas nécessaire d'être familier du code.

Toujours utiliser en tant que "*sanity check*" avant de délivrer le code.

Sortie parfois difficile à interpréter, surtout si d'autres librairies possèdent des fuites mémoires elle-même.

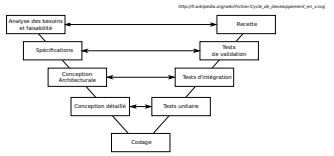
Tests

Principe
Méthodologies de tests unitaires

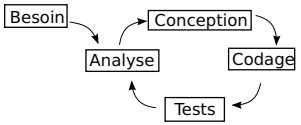
Methodes de génie logiciel

Grandes méthodologies

Approche en V

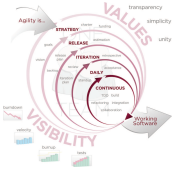


Approche itérative



Approche Agile

Extreme Programming (XP)
Agile Unified Process (AUP)
Dynamic Systems Development Methode (DSDM)
Feature Driven Development (FDD)
Scrum
Kanban
...



Role des tests

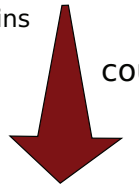
Importance capitale des tests !

Code de qualité =>
Tests permettant de certifier le code

Tester tout au long du developpement

But: détecter les defauts le plus tôt possible

Analyse des besoins
Design
Code
Tests intégrations
Chez le client



coût

Catégories des tests

Tests unitaires — Test de fonctionalitées de manière unitaire.
(plusieurs tests par fonctions: très nombreux)

Tests d'intégrations — Tests la bonne execution d'un ensemble de fonctionnalités
(plusieurs tests par grande fonctionalité)

Tests système — Test finale du système au complet
(quelques tests par logiciel)

Principe des tests

Dans un logiciel de qualité
=> Toute les fonctions doivent être testée de manière unitaire

Testez un maximum vos fonctions!

Les cas de bases
Les cas avancés

Les cas qui fonctionnent
Les cas qui ne fonctionnent pas
Les cas critiques/particuliers

Le plus exhaustivement possible

Tests

Principe
→ **Méthodologies de tests unitaires**

Tests unitaires

Tests par échantillonnage

```c
int somme(int a,int b);

int test_somme()
{
  if(somme(1,1)!=2)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(5,8)!=13)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(-5,8)!=3)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(-10,-5)!=-15)
    ERREUR_TEST;
}
```

cas base
cas normal
nombre négatif
nombre négatif x2

Tests unitaires

Tests par échantillonnage (avec cas particuliers)

```c
#define GRAND_ENTIER 2147483647
int somme(int a,int b,int *code_erreur);

int test_somme()
{
  int code_erreur=0;
  if(somme(1,1,&code_erreur)!=2 || code_erreur!=0)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(5,8,&code_erreur)!=13 || code_erreur!=0)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(-5,8,&code_erreur)!=3 || code_erreur!=0)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(-10,-5,&code_erreur)!=-15 || code_erreur!=0)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(0,1,&code_erreur)!=1 || code_erreur!=0)
    ERREUR_TEST;
  if(somme(0,0,&code_erreur)!=0 || code_erreur!=0)
    ERREUR_TEST;

  int code_erreur=0;
  somme(GRAND_ENTIER,1,&code_erreur);
  if(code_erreur!=ERREUR_DEPASSEMENT)
    ERREUR_TEST;

  int code_erreur=0;
  somme(1,GRAND_ENTIER,&code_erreur);
  if(code_erreur!=ERREUR_DEPASSEMENT)
    ERREUR_TEST;

  int code_erreur=0;
  somme(-GRAND_ENTIER,2,&code_erreur);
  if(code_erreur!=ERREUR_DEPASSEMENT)
    ERREUR_TEST;

  int code_erreur=0;
  somme(2,-GRAND_ENTIER,&code_erreur);
  if(code_erreur!=ERREUR_DEPASSEMENT)
    ERREUR_TEST;

  return OK_TEST;
}
```

test avec le plus grand entier

=> Nécessite de gérer une erreur

=> implémentation + complexe que return a+b;

Tests unitaires

Tests automatiques

```c
int somme(int a,int b);

int test_somme()
{
  int nombre_max=9999999;

  int k1=-nombre_max;
  int k2=-nombre_max;
  for(k1=0;k1<nombre_max;++k1)
    for(k2=0;k2<nombre_max;++k2)
      if(somme(k1,k2) != k1+k2)
    ERREUR_TEST;

  return TEST_OK;
}
```

=> Permet d'être plus exhaustif

Tests unitaires

Gestion de l'affichage

ex. de mauvais affichage:

```c
printf("%d\n",somme(5,8));
printf("%d\n",somme(0,1));
printf("%d\n",somme(-1,0));
printf("%d\n",somme(9999,5));
printf("%d\n",somme(845,1));
printf("%d\n",somme(2147483647,1));
```

```
13
1
-1
10004
846
-2147483648
```

long et difficile à interpréter!

But=> faciliter l'analyse pour pouvoir lancer les tests plusieurs fois.
Préférez solution type: **OK** / **KO**

Tests unitaires

Gestion de l'affichage

Amélioration:

```c
#define TEST_ECHOUE printf("Test unitaire echoue: l.%d fichier %s\n",__LINE__,__FILE__)

int somme(int a,int b);

void test_somme()
{
    if(somme(1,1)!=2)
        TEST_ECHOUE;
    if(somme(1,5)!=6)
        TEST_ECHOUE;
    if(somme(0,-1)!=-1)
        TEST_ECHOUE;
    if(somme(-4,-12)!=-16)
        TEST_ECHOUE;
}

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

int somme(int a,int b)
{
    if(b<0) a+=1;
    return a+b;
}
```

Affichage uniquement en cas d'erreur.
Indique: ligne+fichier

```
Test unitaire echoue: l.13 fichier test_unit.c
Test unitaire echoue: l.15 fichier test_unit.c
```


Tests unitaires

Gestion de l'affichage

Autre possibilité: assert

```c
int somme(int a,int b);

void test_somme()
{
    assert(somme(1,1)==2);
    assert(somme(1,5)==6);
    assert(somme(0,-1)==-1);
    assert(somme(-4,-12)==-16);
}

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

int somme(int a,int b)
{
    if(b<0) a+=1;
    return a+b;
}
```

Affichage uniquement en cas d'erreur.
S'arrête à la première erreur
Indique: ligne+fichier+condition en erreur

```
a.out: test_03.c:11: test_somme: Assertion `somme(0,-1)==-1' failed.
Aborted
```

Tests unitaires

Gestion de l'affichage

Affichage complet

```
#define UNIT_TEST(commande) \
    if( !(commande) ) \
     {printf("Test echoue: [%s], l.%d, fonction %s, fichier %s\n", \
                #commande,__LINE__,__FUNCTION__,__FILE__);} \
    else \
     {printf("Test OK: [%s]\n",#commande);} \


int somme(int a,int b);

void test_somme()
{
    UNIT_TEST(somme(1,1)==2);
    UNIT_TEST(somme(1,5)==6);
    UNIT_TEST(somme(10,5)==15);
    UNIT_TEST(somme(-1,5)==4);
    UNIT_TEST(somme(-1,-5)==-6);
    UNIT_TEST(somme(-100,5)==-95);
}

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

int somme(int a,int b)
{
    if(b<0) a+=1;
    return a+b;
}
```

```
Test OK: [somme(1,1)==2]
Test OK: [somme(1,5)==6]
Test OK: [somme(10,5)==15]
Test OK: [somme(-1,5)==4]
Test echoue: [somme(-1,-5)==-6], l.21, fonction test_somme, fichier test_03.c
Test OK: [somme(-100,5)==-95]
```


Tests unitaires

Synthèse:

L'écriture des tests est un travail long

Souvent + long que le code lui même

Ecriture
+
Reflexion sur choix pertinent de tests

Mais: Gain de temps au final

Moins de debug
Pas de retour en arrière

=> Code de qualité

Ecrit 1x
Utilisé un grand nombre de fois

Un bon test = test qui se réutilise
test dont le résultat est rapidement analysé
test qui couvre un grand nombre de cas (corrects et incorrects)
test qui vérifie les cas critiques

Tests unitaires

Outils de tests unitaires:

Macros C (bon cas d'utilisation de macros)

CUnit
http://cunit.sourceforge.net/

```
/* Simple test of fprintf().
 * Writes test data to the temporary file and checks
 * whether the expected number of bytes were written.
 */
void testFPRINTF(void)
{
  int i1 = 10;

  if (NULL != temp_file) {
    CU_ASSERT(0 == fprintf(temp_file, ""));
    CU_ASSERT(2 == fprintf(temp_file, "Q\n"));
    CU_ASSERT(7 == fprintf(temp_file, "i1 = %d", i1));
  }
}
```

tableau de bord des résultats

Design d'API

Design code de logiciel

Fonction: 2 utilitées

1. Effectuer une tache complexe pour le programmeur
2. Proposer une interface simple pour l'*utilisateur*

algorithmique

ex.

```
float calcul_volume_seve(const struct *tronc,
                         const struct *feuillage,
                         int age);
```

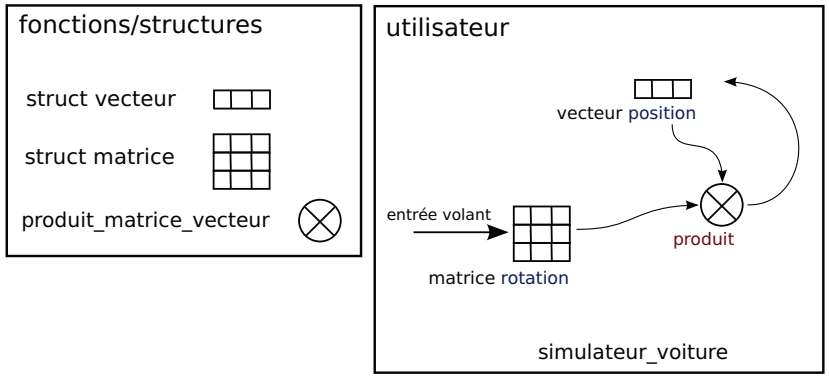
design API

```
struct foret genere_foret();
```


Design code de logiciel

2. Proposer une interface simple pour l'*utilisateur*

Personne (programmeur) qui va utiliser les éléments du code en tant que boite noire pour réaliser une tache plus complexe.



Design code de logiciel

Design d'API =
comment réaliser des fonctions/structures utilisable aisément par l'utilisateur

API = Application Programming Interface
=> L'interface permettant d'utiliser le code de l'application

En C: Design d'API = Design des en-têtes de fonctions + structs !

→ L'API est donnée par les fichiers .h

Note: Toutes les en-têtes (fichiers .h) ne font pas partit de l'API

Design API

Règles standards d'utilisation:

l'API doit être fixe au cours du temps
(l'implémentation peut changer, pas l'API)

changement local OK ✓

changement de tous les codes utilisant cette librairie KO ✗

Design API

Règles standards d'utilisation: l'API doit être fixe au cours du temps
(l'implémentation peut changer, pas l'API)

exemple:

```
struct vecteur;

void vecteur_init(struct vecteur* v,float x,float y,float z);
float vecteur_norme(const struct vecteur* v);
```

interface

```
int main()
{
  struct vecteur v0;
  struct vecteur v1;
  struct vecteur v2;

  vecteur_init(&v0,0,1,0);
  vecteur_init(&v1,1,1,0);
  vecteur_init(&v2,0,1,2);

  float n0=vecteur_norme(&v0);
  float n1=vecteur_norme(&v1);
  float n2=vecteur_norme(&v2);

  return 0;
}
```

utilisation

Design API

Règles standards d'utilisation: l'API doit être fixe au cours du temps
(l'implémentation peut changer, pas l'API)

exemple:

```
struct vecteur;

void vecteur_init(struct vecteur* v,float x,float y,float z);
float vecteur_norme(const struct vecteur* v);
```

interface

+ L'interface et l'utilisation sont identiques!!!

```
int main()
{
  struct vecteur v0;
  struct vecteur v1;
  struct vecteur v2;

  vecteur_init(&v0,0,1,0);
  vecteur_init(&v1,1,1,0);
  vecteur_init(&v2,0,1,2);

  float n0=vecteur_norme(&v0);
  float n1=vecteur_norme(&v1);
  float n2=vecteur_norme(&v2);

  return 0;
}
```

utilisation

```
struct vecteur
{
  float x;
  float y;
  float z;
};

void vecteur_init(struct vecteur* v,float x,float y,float z)
{
  v->x=x;
  v->y=y;
  v->z=z;
}
float vecteur_norme(const struct vecteur* v)
{
  return sqrt(v->x*v->x+v->y*v->y+v->z*v->z);
}
```

implémentation 1

```
struct vecteur
{
  float donnees[3];
};
void vecteur_init(struct vecteur* v,float x,float y,float z)
{
  v->donnees[0]=x;
  v->donnees[1]=y;
  v->donnees[2]=z;
}
float vecteur_norme(const struct vecteur* v)
{
  float n2=v->donnees[0]*v->donnees[0]+
    v->donnees[1]*v->donnees[1]+
    v->donnees[2]*v->donnees[2];
  return sqrt(n2);
}
```

implémentation 2

Design API

Règles standards d'utilisation: l'API doit être fixe au cours du temps
(l'implémentation peut changer, pas l'API)

exemple:

```
struct vecteur;

void vecteur_init(struct vecteur* v,float x,float y,float z);
float vecteur_norme(const struct vecteur* v);
```

interface 1

```
int main()
{
  struct vecteur v0;
  struct vecteur v1;
  struct vecteur v2;

  vecteur_init(&v0,0,1,0);
  vecteur_init(&v1,1,1,0);
  vecteur_init(&v2,0,1,2);

  float n0=vecteur_norme(&v0);
  float n1=vecteur_norme(&v1);
  float n2=vecteur_norme(&v2);

  return 0;
}
```

utilisation

```
struct vecteur;

void vecteur_init(struct vecteur* v,float donnees[3]);
void vecteur_norme(const struct vecteur* v,float *norme);
```

interface 2

- pas compatible!!!
Modification ensemble du programme nécessaire!

Design API

Règles standards d'utilisation:

l'API doit être de *haut niveau*
(par rapport à son rôle)

lisibilité
(viser l'auto-documentation)

simplicité d'utilisation

Design API

Règles standards d'utilisation:

l'API doit être de *haut niveau*
(par rapport à son rôle)

API

```
#define TAILLE_DATE 12
#define TAILLE_NOM 128
#define TAILLE_DONNEES 4096

struct ip
{
  int donnees[4];
};
struct message
{
  struct ip ip_source;
  struct ip ip_destination;
  char auteur[TAILLE_NOM];
  char donnees[TAILLE_DONNEES];
  char date[TAILLE_DATE];
};
void message_initialise(struct message* mon_message,
                        struct ip ip_source,
                        struct ip ip_destination,
                        char auteur[],
                        char donnees[],
                        char date[]);


struct modem;
void modem_connecte_internet(struct modem* mon_modem);
void modem_fin_connection(struct modem* mon_modem);


struct message recoit_message(const struct modem* mon_modem);
void envoit_message(const struct modem* mon_modem,
                    const struct message* mon_message);
```

Utilisation

```
int main()
{
  struct message mon_message;

  struct ip ip_source={192,168,34,28};
  struct ip ip_destination={192,165,28,12};
  char mon_nom[]="Claude Francois";
  char mon_message[]="Alexandrie, Alexandra";
  char aujourdhui[]="18/03/1973";

  struct message mon_message;
  message_initialise(&mon_message,
                     ip_source,
                     ip_destination,
                     mon_nom,
                     mon_message,
                     aujourdhui);


  struct modem mon_modem;

  modem_connecte_internet(&mon_modem);
  envoit_message(&mon_modem,&mon_message);
  modem_fin_connection(&mon_modem);

  return 0;
}
```

Haut niveau = précis,lisible

Design API

Règles standards d'utilisation:

l'API doit être de *haut niveau*
(par rapport à son rôle)

API

```
struct data
{
  int t_int[2];
  char t_char[3][4096];
};

struct FILE* ipfopen(const char* filename,int mode,int delay);
int ipfwrite(const FILE* fid,void* data,int size);
int ipfclose(const FILE* fid,int delay);
```

Utilisation

```
int main()
{
  struct data msg={{1921683428,1921652812},
                   {"Claude Francois",
                    "Alexandrie, Alexandra",
                    "18/03/1973"}};

  struct FILE *fid=NULL;
  fid=ipfopen("/dev/tty30",R_OPEN|W_OPEN|TCPIP_MODE,12);
  if(fid==NULL)
    {printf("Error fopen\n");abort();}

  ipfwrite(fid,&msg,sizeof(msg));
  ipfclose(fid,12);
  assert(fid==NULL);

  return 0;
}
```

Trop bas niveau pour l'application
(serait OK pour lecture/ecriture générique, vue OS)

* peu lisible, nécessite doc complète
* pas de bloc unitaire => difficile à debugger/maintenir
* moins précis => mélange message spécifique avec interface générique

Design API

Règles standards d'utilisation:

l'API doit être de *haut niveau*
(par rapport à son rôle)

La notion de haut/bas niveau dépend du contexte/utilisation.

Haut-niveau ~= niveau d'abstraction modélisant l'objet/action réelle
sans autres détails d'implémentations techniques.

```
struct ip_source=struct ip={192,168,34,28};
struct ip_dest_ecran_central=struct ip={192,157,05,01};
struct ip_dest_ecran_droit=struct ip={192,157,05,02};
struct ip_dest_ecran_gauche=struct ip={192,157,05,03};

struct message msg_1={ip_source,
                      ip_dest_ecran_gauche,
                      "inutile",
                      "temps restant: [5:00]\n",
                      "21/04/2012"};
struct message msg_2={ip_source,
                      ip_dest_ecran_central,
                      "inutile",
                      "OM VS PSG\n 0 - 2\n",
                      "21/04/2012"};
struct message msg_3={ip_source,
                      ip_dest_ecran_droit,
                      "inutile",
                      "Applaudissez\n",
                      "21/04/2012"};


struct modem mon_modem;
modem_connecte_internet(&mon_modem);
envoit_message(&mon_modem,&msg_1);
envoit_message(&mon_modem,&msg_2);
envoit_message(&mon_modem,&msg_3);
modem_fin_connection(&mon_modem);
```

trop bas niveau:
inutile d'exposer l'utilisation d'internet

```
struct ecran;
void ecran_initialise(struct ecran* mon_ecran,char identificateur[]);
void ecrit(const struct* ecran,char message[]);
```

nouvelle API au dessus de la gestion de paquets et d'IP

```
struct ecran_central;
struct ecran_lateral_droit;
struct ecran_lateral_gauche;

ecran_initialise(&ecran_central,"centre");
ecran_initialise(&ecran_lateral_gauche,"lateral gauche");
ecran_initialise(&ecran_lateral_droit,"lateral droit");

ecrit(&ecran_lateral_gauche,"temps restant: [5:00]\n");
ecrit(&ecran_central,"OM VS PSG\n 0 - 2\n");
ecrit(&ecrant_lateral_droit,"Applaudissez\n");
```

haut niveau:
on ne gère que l'identifiant des écrans et le texte

Exemple: affichage d'un message sur 3 écrans lors d'un match de foot

Design API

Règles standards d'utilisation:

l'API doit être de *haut niveau*
(par rapport à son rôle)

Rappel: Un bon code = code **lisible**
= code qui **cache sa complexité**
= code qui propose de manipuler des **abstractions** aisément

Design API

Règles standards d'utilisation:

Chaque bloc de l'API doit **minimiser**:

* l'exposition de son implémentation

* le nombre de fonctions les manipulants

* les interactions avec les autres blocs

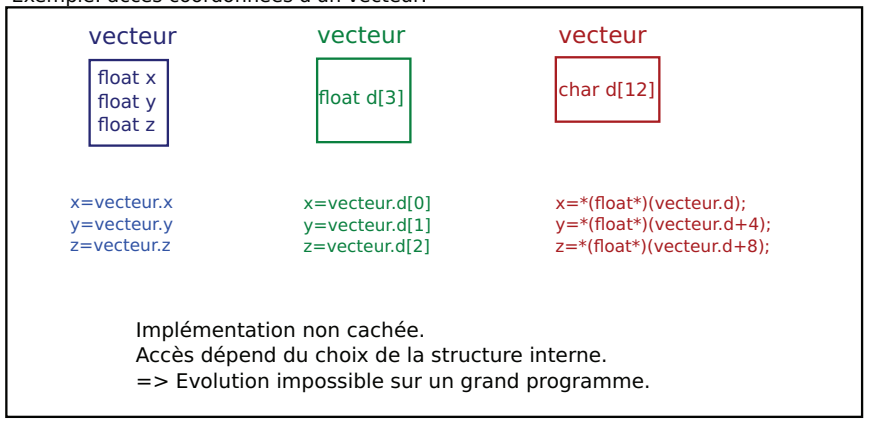
Truc: Pour vérifier l'organisation de votre interface, représenter la (avec les interactions) sous forme de schéma bloc.
Le schéma est il simple, logique, lisible?

Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser l'exposition de son implémentation

Exemple: accès coordonnées d'un vecteur:



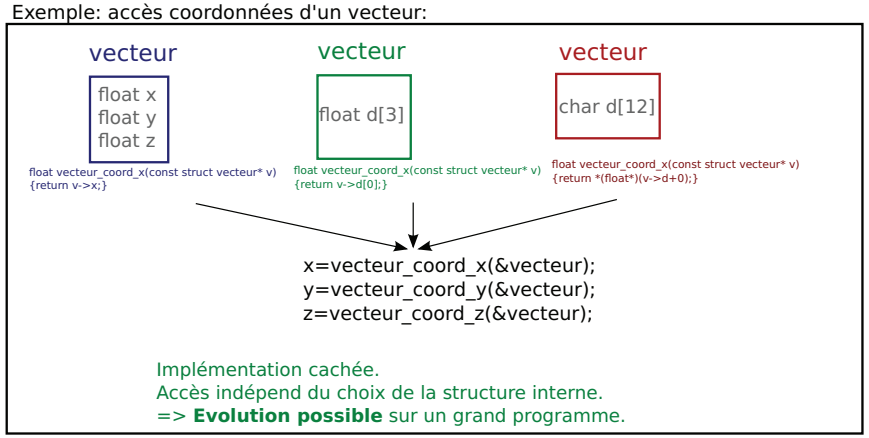
Implémentation non cachée.
Accès dépend du choix de la structure interne.
=> Evolution impossible sur un grand programme.

Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser l'exposition de son implémentation

Exemple: accès coordonnées d'un vecteur:



Implémentation cachée.
Accès indépend du choix de la structure interne.
=> **Evolution possible** sur un grand programme.

Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser l'exposition de son implémentation

Note: Pour les struct *conteneurs*

but est de contenir des données
(vecteurs, tableaux, ...)

Opérations de *get/set* très classiques
Dénomination=**Accessors**

ex.

```
vecteur v;
v.get_x();
v.get_y(4.5);
```

```
tree b;
b.get_trunc();
```

```
airplane a;
a.get_reactor();
a.set_weapon(weapon_1);
```

=> On ne sait pas comment sont stockées les données
=> On ne veut pas le savoir vue utilisateur (encapsulation)
=> Stockage interne peut être modifié sans changer l'API

Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser le nombre de fonctions les manipulants

fonctionnalitées précises
niveau d'abstraction bien défini

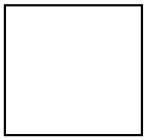
+ simple à gérer
+ simple à faire évoluer
+ augmente la cohérence

Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser le nombre de fonctions les manipulants

struct voiture



voiture_set/get_carburant();
voiture_set/get_puissance();
voiture_distance_parcourus();
voiture_avance(int km);
voiture_avance_paris();
voiture_avance_marseille();
voiture_avance_lyon();
voiture_entretien();
voiture_repare();

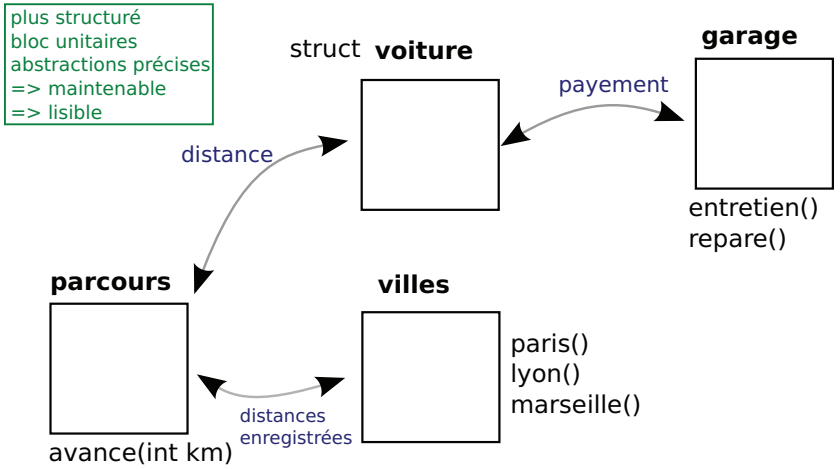
- trop de fonctions
- difficile à manipuler/faire évoluer

Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser le nombre de fonctions les manipulants

plus structuré
bloc unitaires
abstractions précises
=> maintenable
=> lisible

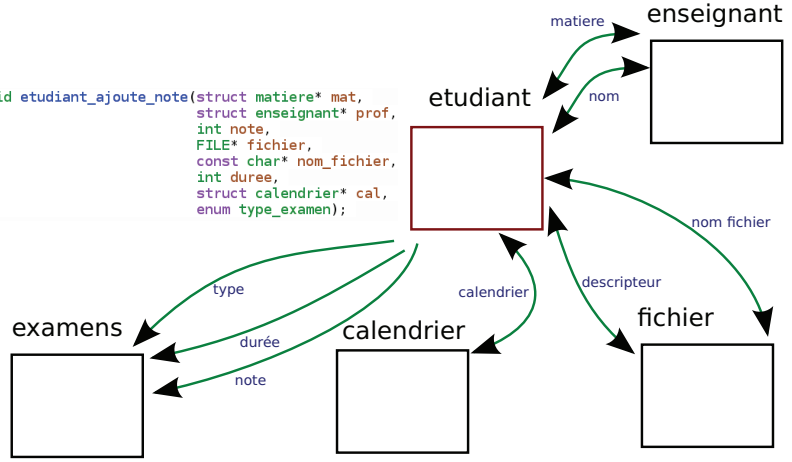


Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser les interactions avec les autres blocs

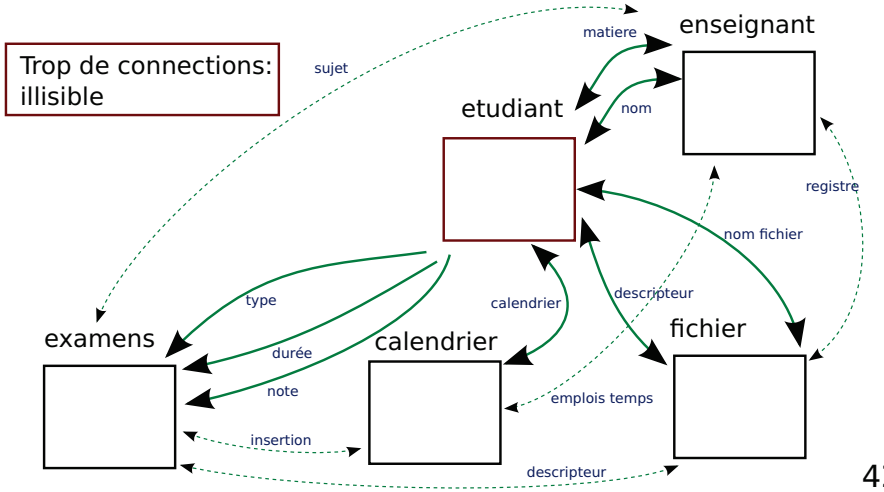
```
void etudiant_ajoute_note(struct matiere* mat,
                          struct enseignant* prof,
                          int note,
                          FILE* fichier,
                          const char* nom_fichier,
                          int duree,
                          struct calendrier* cal,
                          enum type_examen);
```



Design API

Règles standards d'utilisation:

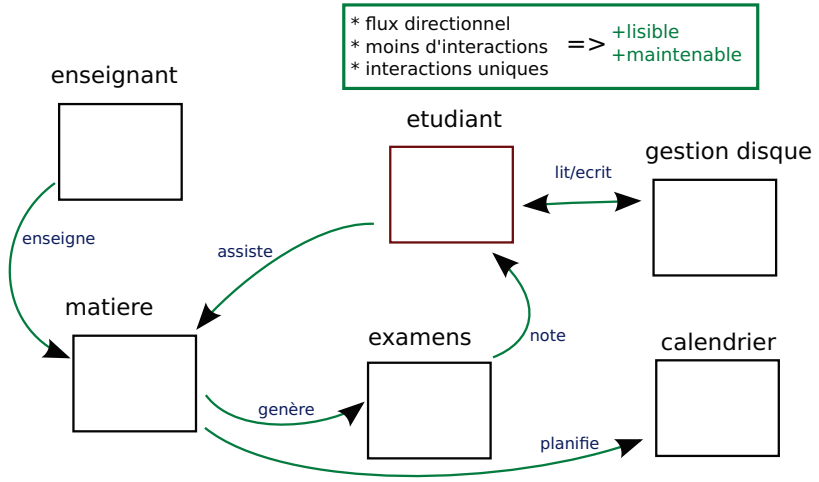
minimiser les interactions avec les autres blocs



Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser les interactions avec les autres blocs



Design API

Règles standards d'utilisation:

minimiser les interactions avec les autres blocs

Règles suggérées:

1 bloc communique avec au plus 3 autres blocs
Evitez les communication bi-directionnelles
Evitez les abstractions *omnisciences*

↳ qui a accès à tout

Developpement logiciel en C

Software development in C

Contact: damien.rohmer@cpe.fr