IN 101 - Cours 08

4 novembre 2011

présenté par
Matthieu Finiasz

Structures en C

IN101 - 2011-2012

Qu'est-ce qu'un structure en C ?

- Les structures sont une façon de définir de nouveaux types en C :
  - des types composés de plusieurs éléments d'autres types,
  - chaque sous élément a un nom → accessible avec `.`

```
1 struct complex {
2   double re;
3   double im;
4 };                            // attention au ;
```

- Les structures s'utilisent ensuite exactement comme les types natifs

```
1 struct complex complex_add(struct complex a,
2                                 struct complex b) {
3   struct complex res;         // déclaration
4   res.re = a.re + b.re;       // accès à la partie re
5   res.im = a.im + b.im;
6   return res;                 // valeur de retour
7 }
```

IN101 - 2011-2012

Qu'est-ce qu'un structure en C ?

- Taper `struct` avant le type à chaque fois est un peu lourd
  - on utilise en général un `typedef` → crée un alias

```
1 struct complex_st {
2   double re;
3   double im;
4 };
5 typedef struct complex_st complex;
```

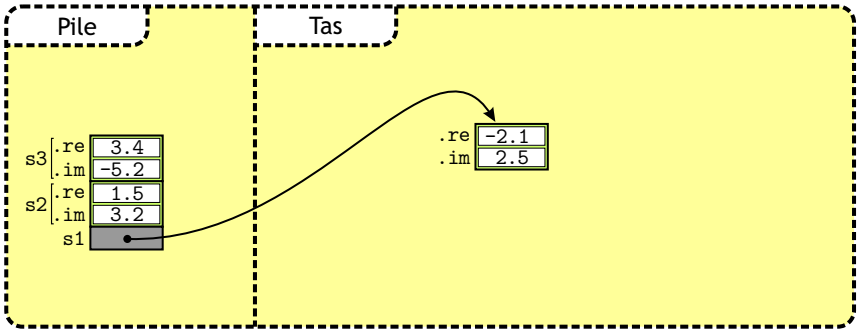
- On peut aussi utiliser le `typedef` directement à la définition :

```
1 typedef struct {
2   double re;
3   double im;
4 } complex;
```

- La structure s'utilise alors directement avec `complex res;`

Représentation en mémoire

- Une structure est un "objet" composée de plusieurs parties
  - c'est la même chose en mémoire.
- On peut aussi utiliser `sizeof` sur une structure
  → renvoie le nombre d'octet nécessaire à son stockage (au moins la somme des `sizeof` de ses parties).



Quelques exemples de structures

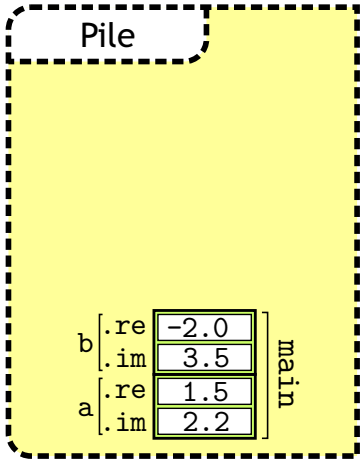
```
1  typedef struct {
2    unsigned int l,c;      // lignes/colonnes
3    double** coef;         // coefficients
4  } matrix;
5
6  typedef struct {
7    unsigned int epoch_sec;
8    int utc_offset;
9  } date;
10
11 typedef struct {
12   char* nom;
13   char* prenom;
14   int sexe;
15   int promo;
16 } eleve;
```


Structures et fonctions

- Les structures sont gérées comme des types natifs :
  - elles sont donc recopiées quand on les passe en argument,
  - elles peuvent être des variables locales
    → libérées automatiquement en fin de fonction.
- C'est pratique, mais c'est assez cher
  - pour les petites structures recopier n'est pas trop cher,
  - pour des grosses structures, mieux vaut utiliser des pointeurs.
- Attention, seul le contenu de la structure est recopié, pas ce sur quoi elle pointe !

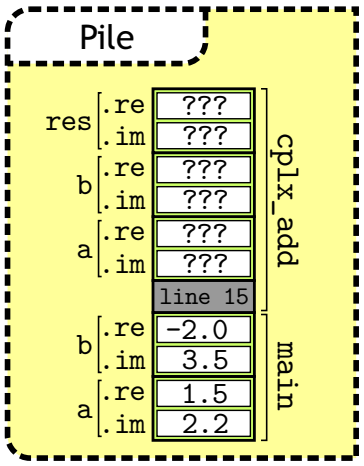
```
1 struct table {
2   int size;
3   int* tab;
4 };
```


Structures et fonctions
Exemple en recopiant




```
1  typedef struct {
2    double re, im;
3  } complex;
4
5  complex cplx_add(complex a,
6                   complex b) {
7    complex res;
8    res.re = a.re + b.re;
9    res.im = a.im + b.im;
10   return res;
11 }
12 int main() {
13 ▶ complex a = {1.5, 2.2};
14   complex b = {-2, 3.5};
15   a = cplx_add(a,b);
16   return 0;
17 }
```

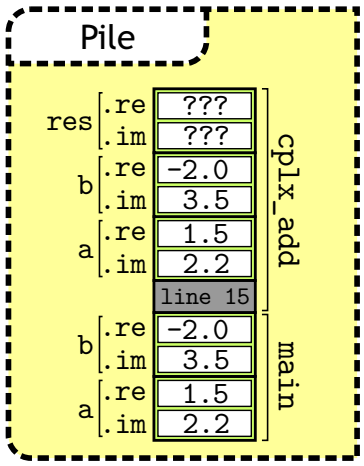
Structures et fonctions
Exemple en recopiant




```
1  typedef struct {
2    double re, im;
3  } complex;
4
5  complex cplx_add(complex a,
6                   complex b) {
7    complex res;
8    res.re = a.re + b.re;
9    res.im = a.im + b.im;
10   return res;
11 }
12 int main() {
13   complex a = {1.5, 2.2};
14   complex b = {-2, 3.5};
15 ▶ a = cplx_add(a,b);
16   return 0;
17 }
```

IN101 - 2011-2012

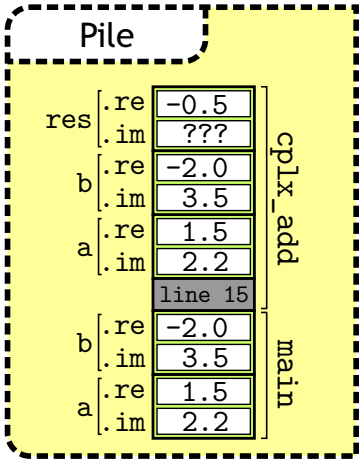
Structures et fonctions
Exemple en recopiant




```
1  typedef struct {
2    double re, im;
3  } complex;
4
5  complex cplx_add(complex a,
6                   complex b) {
7    complex res;
8    res.re = a.re + b.re;
9    res.im = a.im + b.im;
10   return res;
11 }
12 int main() {
13   complex a = {1.5, 2.2};
14   complex b = {-2, 3.5};
15 ▶ a = cplx_add(a,b);
16   return 0;
17 }
```

IN101 - 2011-2012

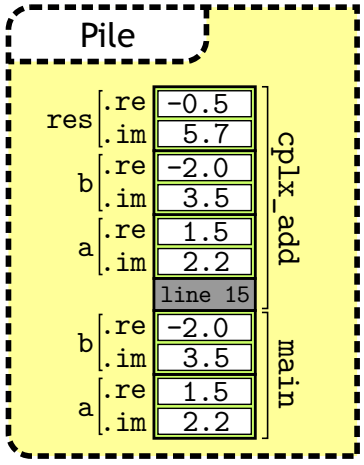
Structures et fonctions
Exemple en recopiant




```
1  typedef struct {
2    double re, im;
3  } complex;
4
5  complex cplx_add(complex a,
6                   complex b) {
7    complex res;
8  ▶ res.re = a.re + b.re;
9    res.im = a.im + b.im;
10   return res;
11 }
12 int main() {
13   complex a = {1.5, 2.2};
14   complex b = {-2, 3.5};
15   a = cplx_add(a,b);
16   return 0;
17 }
```

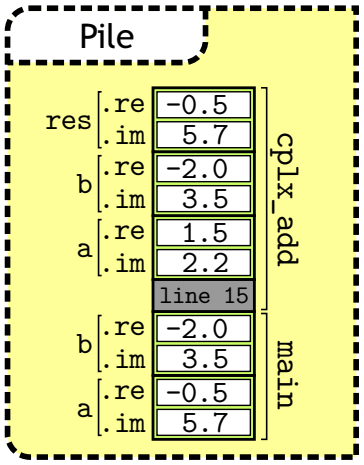
IN101 - 2011-2012

Structures et fonctions
Exemple en recopiant




```
1  typedef struct {
2    double re, im;
3  } complex;
4
5  complex cplx_add(complex a,
6                   complex b) {
7    complex res;
8    res.re = a.re + b.re;
9  ▶ res.im = a.im + b.im;
10   return res;
11 }
12 int main() {
13   complex a = {1.5, 2.2};
14   complex b = {-2, 3.5};
15   a = cplx_add(a,b);
16   return 0;
17 }
```

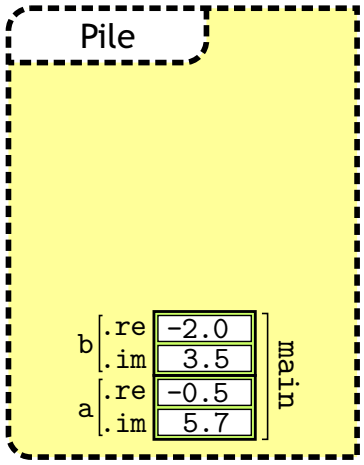
Structures et fonctions
Exemple en recopiant




```
1  typedef struct {
2    double re, im;
3  } complex;
4
5  complex cplx_add(complex a,
6                   complex b) {
7    complex res;
8    res.re = a.re + b.re;
9    res.im = a.im + b.im;
10 ▶ return res;
11 }
12 int main() {
13   complex a = {1.5, 2.2};
14   complex b = {-2, 3.5};
15   a = cplx_add(a,b);
16   return 0;
17 }
```

IN101 - 2011-2012

Structures et fonctions
Exemple en recopiant




```
1  typedef struct {
2    double re, im;
3  } complex;
4
5  complex cplx_add(complex a,
6                   complex b) {
7    complex res;
8    res.re = a.re + b.re;
9    res.im = a.im + b.im;
10   return res;
11 }
12 int main() {
13   complex a = {1.5, 2.2};
14   complex b = {-2, 3.5};
15   a = cplx_add(a,b);
16 ▶ return 0;
17 }
```

IN101 - 2011-2012

Structures et fonctions
Passage par adresse

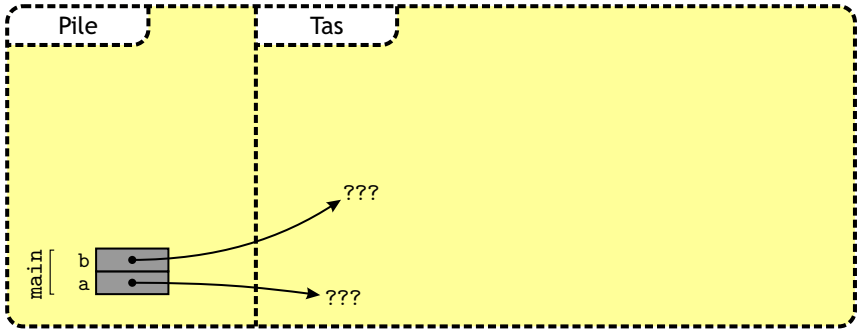
- Pour éviter la recopie de structures on utilise le passage par adresse
  - on ne recopie alors qu'une adresse mémoire
    - → la taille du pointeur ne dépend pas de la taille de la structure.
- En général on préfère aussi stocker les structures dans le tas :
  - on déclare uniquement les pointeurs en variables locales,
  - on alloue les structures avec `malloc`,
  - il faut ensuite les libérer avec `free`.
- Avec des pointeurs uniquement, le code est un peu plus long à écrire, mais on ne recopie qu'une adresse
  - → on peut gagner beaucoup en efficacité.
- Pour accéder à une composante il faut d'abord suivre un pointeur
  - `(*a).re` est un peu lourd,
  - la notation `a->re` est équivalente (et plus lisible).

IN101 - 2011-2012

Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1  complex* cplx_add(complex* a,
2                    complex* b) {
3    complex* res;
4    res = malloc(sizeof(complex));
5    res->re = a->re + b->re;
6    res->im = a->im + b->im;
7    return res;
8  }
```

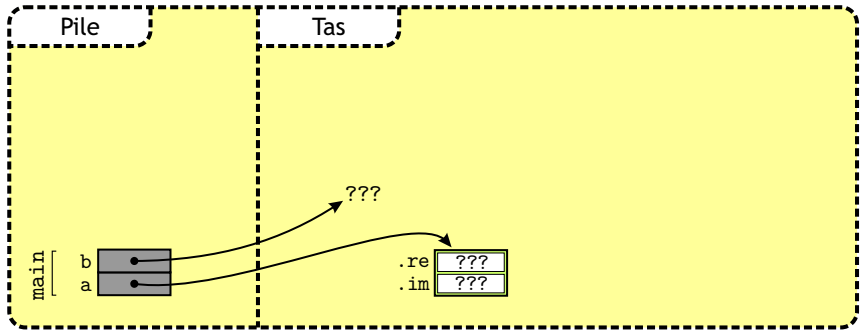
```
9  int main() {
10 ▶ complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```



Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1 complex* cplx_add(complex* a,
2                   complex* b) {
3   complex* res;
4   res = malloc(sizeof(complex));
5   res->re = a->re + b->re;
6   res->im = a->im + b->im;
7   return res;
8 }
```

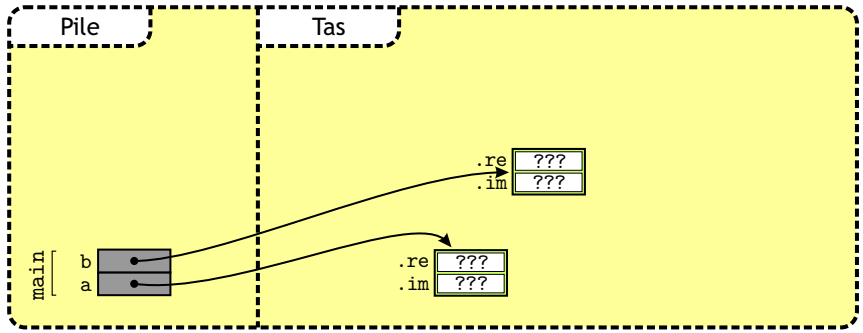
```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11 ▶ a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```



Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1 complex* cplx_add(complex* a,
2                   complex* b) {
3   complex* res;
4   res = malloc(sizeof(complex));
5   res->re = a->re + b->re;
6   res->im = a->im + b->im;
7   return res;
8 }
```

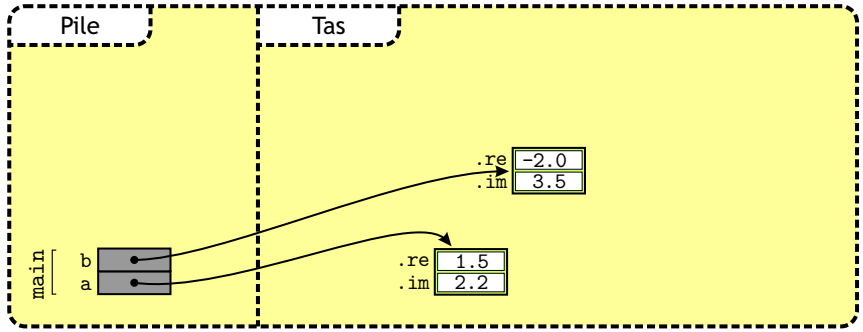
```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12 ▶ b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```



Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1 complex* cplx_add(complex* a,
2                   complex* b) {
3   complex* res;
4   res = malloc(sizeof(complex));
5   res->re = a->re + b->re;
6   res->im = a->im + b->im;
7   return res;
8 }
```

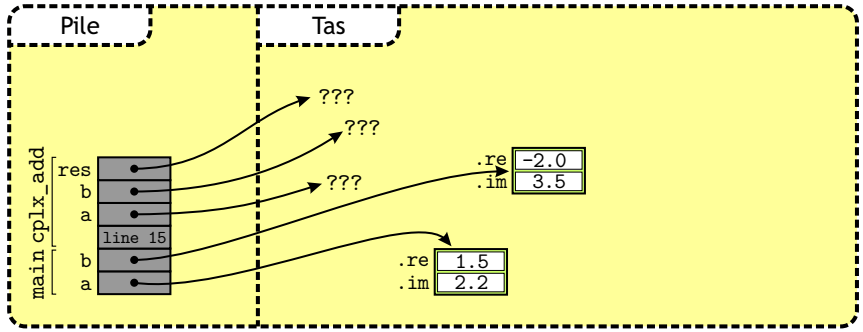
```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13 ▶ a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```



Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1 complex* cplx_add(complex* a,
2                   complex* b) {
3   complex* res;
4   res = malloc(sizeof(complex));
5   res->re = a->re + b->re;
6   res->im = a->im + b->im;
7   return res;
8 }
```

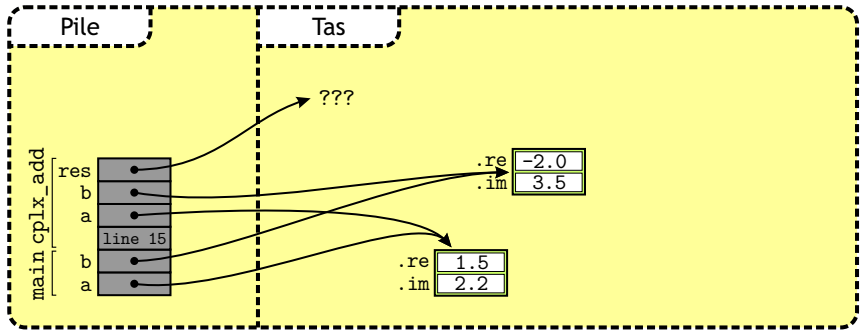
```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15 ▶ a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```



Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1  complex* cplx_add(complex* a,
2                    complex* b) {
3    complex* res;
4    res = malloc(sizeof(complex));
5    res->re = a->re + b->re;
6    res->im = a->im + b->im;
7    return res;
8  }
```

```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15 ▶ a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```

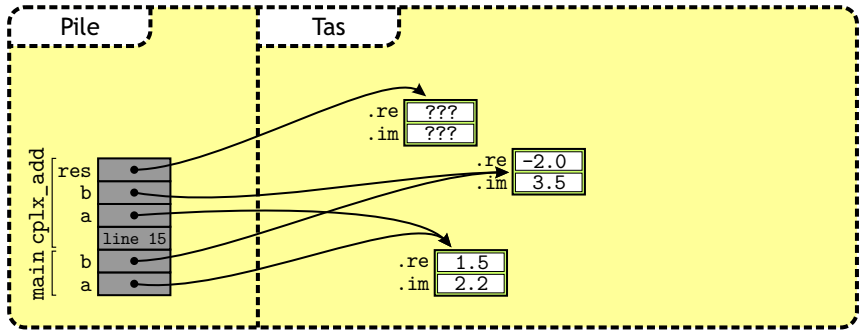


IN101 - 2011-2012

Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1  complex* cplx_add(complex* a,
2                    complex* b) {
3    complex* res;
4  ▶ res = malloc(sizeof(complex));
5    res->re = a->re + b->re;
6    res->im = a->im + b->im;
7    return res;
8  }
```

```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```

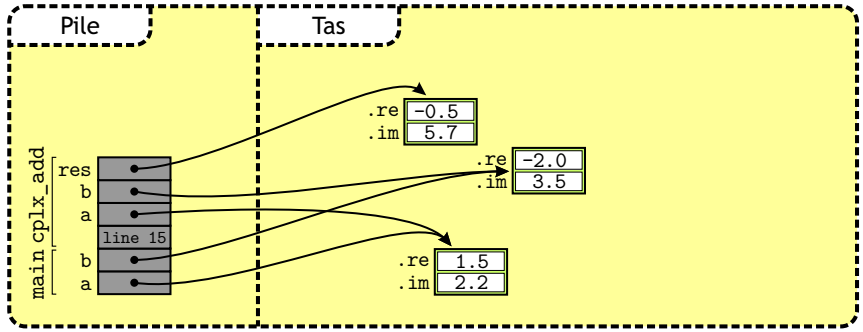


IN101 - 2011-2012

Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1  complex* cplx_add(complex* a,
2                    complex* b) {
3    complex* res;
4    res = malloc(sizeof(complex));
5  ▶ res->re = a->re + b->re;
6    res->im = a->im + b->im;
7    return res;
8  }
```

```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```

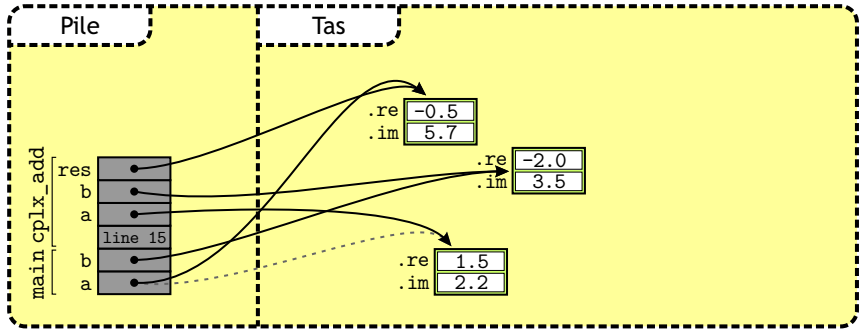


IN101 - 2011-2012

Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1  complex* cplx_add(complex* a,
2                    complex* b) {
3    complex* res;
4    res = malloc(sizeof(complex));
5    res->re = a->re + b->re;
6    res->im = a->im + b->im;
7  ▶ return res;
8  }
```

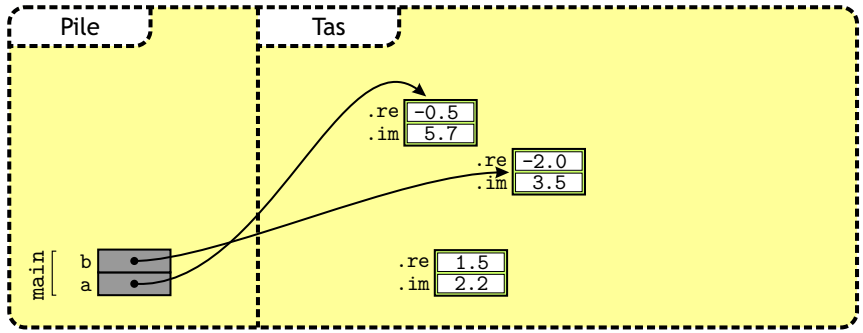
```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16   free(a); free(b);  }
```



Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1  complex* cplx_add(complex* a,
2                    complex* b) {
3    complex* res;
4    res = malloc(sizeof(complex));
5    res->re = a->re + b->re;
6    res->im = a->im + b->im;
7    return res;
8  }
```

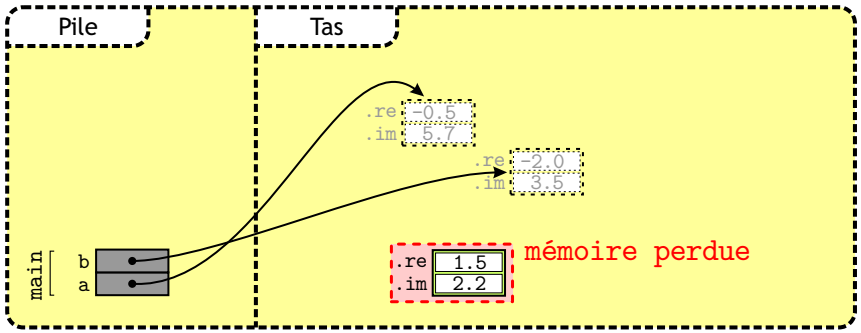
```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16 ▶ free(a); free(b);  }
```



Structures et fonctions
Exemple avec passage par adresse

```
1  complex* cplx_add(complex* a,
2                    complex* b) {
3    complex* res;
4    res = malloc(sizeof(complex));
5    res->re = a->re + b->re;
6    res->im = a->im + b->im;
7    return res;
8  }
```

```
9  int main() {
10   complex *a, *b;
11   a = malloc(sizeof(complex));
12   b = malloc(sizeof(complex));
13   a->re=1.5; a->im=2.2;
14   b->re=-2; b->im=3.5;
15   a = cplx_add(a,b);
16 ▶ free(a); free(b);  }
```



Tableaux de structures

- Il est aussi possible de faire des tableaux de structures
  - soit des tableaux simples :

```
1  complex* tab;
2  tab = (complex*) malloc(10*sizeof(complex));
3  tab[5].re = 2;
```

  - soit des tableaux de pointeurs :

```
1  complex** tab;
2  tab = (complex**) malloc(10*sizeof(complex*));
3  for (i=0; i<10; i++) {
4    tab[i] = (complex*) malloc(sizeof(complex));
5  }
6  tab[5]->re = 2;
```

- Il faut bien regarder si `tab[5]` est une structure ou un pointeur et utilise le bon symbole `.` ou `->`

Structure récursives

- Il est aussi possible de définir des structure récursives
  - pas des structures qui contiennent un élément de leur type
    → on aurait un problème de condition d'arrêt...
  - mais contenant un pointeur vers une structure du même type.

```
1  typedef struct cell_st {
2    int val;
3    struct cell_st* next;
4  } cell;
```

- On ne peut pas encore utiliser le nom du `typedef` à ce moment
  → obligatoire d'avoir un nom de structure.
- Nous reverrons cela pour les listes chaînées, arbres...

(*cf.* prochains cours)

Structures et bibliothèques

Bibliothèques et modularité

- Une structure sert à représenter un type de données
  - soit très spécifique → ne sert qu'à un programme,
  - soit plus général → peut resservir dans d'autres programmes.
- Quand on définit une structure, on veut en général aussi définir :
  - une fonction d'initialisation,
  - une fonction d'affichage,
  - une fonction de "destruction" (libération de la mémoire)...

  → on ne veut pas tout récrire à chaque fois.
- Il sera plus facile de la réutiliser cela dans une "bibliothèque"
  - plutôt que de tout écrire dans un seul fichier, faire un fichier qui contient toutes les fonctions propres à la bibliothèque, et un fichier à côté avec le `main` et autres fonction spécifiques.

Écriture d'une bibliothèque

- Une bibliothèque peut simplement être un fichier `.c` à inclure en début de programme
  - oblige l'utilisateur à tout lire pour connaître les fonctions,
  - le code de la bibliothèque est recompilé à chaque compilation.
- Pour plus de lisibilité on fait en général deux fichiers :
  - un fichier `.c` qui contient le code des fonctions,
  - un fichier `.h` qui ne contient que les en-têtes de fonctions

    → seul ce fichier est inclus et suffit pour utiliser la bibliothèque.
- Le fichier `.c` doit quand même être inclus à la compilation :

  `> gcc -Wall prog.c lib.c -o prog`

  et `prog.c` doit contenir `#include "lib.h"`

Exemple de bibliothèque

Nombres complexes

cplx.h

```
1  struct cplx_st {
2    double re,im;
3  };
4  typedef struct cplx_st* cplx;
5
6  cplx cplx_init(double re, double im);
7
8  cplx cplx_add(cplx a, cplx b);
9  cplx cplx_mul(cplx a, cplx b);
10 cplx cplx_inv(cplx a);
11 double cplx_norm(cplx a);
12
13 void cplx_print(cplx a);
14 void cplx_free(cplx a);
```

Exemple de bibliothèque
Nombres complexes

cplx.c

```
#include "cplx.h"
cplx cplx_init(double re, double im){
  cplx res = malloc(sizeof(struct cplx_st));
  if (res != NULL) {
    res->re = re;
    res->im = im;
  }
  return res;
}
...
void cplx_print(cplx a) {
  printf("%f + i%f",a->re,a->im);
}
void cplx_free(cplx a) {
  free(a);
}
```


Exemple de bibliothèque
Nombres complexes

prog.c

```
#include "cplx.h"

int main() {
  cplx a,b,c;
  a = cplx_init(1.5, 3.2);
  b = cplx_init(-2, 2.5);
  c = cplx_add(a, b);
  cplx_print(c);
  printf("\n");
  cplx_free(a);
  cplx_free(b);
  cplx_free(c);
  return 0;
}

```

- Compiler avec : `gcc -Wall -O3 cplx.c prog.c -o prog`

Ce qu'il faut retenir de ce cours

- Les structures sont un outil centrale en C
  - permettent de regrouper des variables,
  - simplifient la manipulation de données complexes.
- Les structures sont souvent très efficaces
  - attention à ne pas faire trop de recopies inutiles,
  - en général on les utilise toujours avec des pointeurs
    - → la notation -> existe pour une raison !
- Les structures ne remplacent pas des vrais objets comme en C++, java ou OCaml : pas de méthodes, d'héritage...
- Elles servent surtout pour les structures de données :
  - matrices,
  - listes chaînées,
  - arbres,
  - graphes...