Programmation « orientée système »
LANGAGE C – TYPES AVANCÉS

Jean-Cédric Chappelier

Laboratoire d'Intelligence Artificielle
Faculté I&C

Objectifs du cours d'aujourd'hui

Présenter des **types de données plus avancées** (que les types élémentaires) :

- Types élémentaires avancés
- Types énumérés
- Tableaux (de taille fixe)
- Alias de types
- Structures

Âge
20
35
26
38
22

Nom	Taille	Âge	Sexe
Dupond	1.75	41	M
Dupont	1.75	42	M
Durand	1.85	26	F
Dugenou	1.70	38	M
Pahut	1.63	22	F

Types élémentaires « avancés »

différent de Java !

Avant d'examiner les types composés, signalons qu'il existe aussi d'autres types élémentaires, dérivés des types élémentaires présentés.
Trois **modificateurs** peuvent être utilisés :

- pour les `int` et les `double`, on peut demander d'avoir une *plus grande précision* de représentation à l'aide du modificateur `long`.
  Exemple : `long int nb_etoiles;`
- pour les `int`, on peut aussi demander d'avoir une *moins grande précision* de représentation à l'aide du modificateur `short`.
  Exemple : `short int nb_cantons;`
- pour les `int` (et les `char`), on peut demander de travailler avec des données *positives*, à l'aide du modificateur `unsigned`.
  Exemple : `unsigned int nb_cacahouetes;`

On peut bien sûr combiner :

```
unsigned long int nb_etoiles;
unsigned short int nb_cantons;
```


Jean-Cédric Chappelier

Types élémentaires « avancés »

Depuis C99, il existe également les types :

- `long long int`
- `double complex` et `double imaginary`
  (définis dans `complex.h`)
- `bool`
  (défini dans `stdbool.h`)
- `int8_t`, `uint8_t`, ..., `int64_t`, `uint64_t`
  (définis dans `stdint.h`)

Jean-Cédric Chappelier

Types élémentaires « avancés »

En C, la taille des types **n'est pas spécifiée** dans la norme.

Seules indications :

- le plus petit type est `char`
- les inégalités suivantes sont toujours vérifiées sur les tailles mémoires :
  `char` $\leq$ `short int` $\leq$ `int` $\leq$ `long int`
  `double` $\leq$ `long double`

Les tailles effectivement utilisées peuvent changer d'une architecture à l'autre !

☞ **Attention à la portabilité !**

Jean-Cédric Chappelier

Bornes

Les bornes suivantes sont définies dans `limits.h` :

type	min.	max.
`signed char`	`SCHAR_MIN`	`SCHAR_MAX`
`unsigned char`	0	`UCHAR_MAX`
`short int`	`SHRT_MIN`	`SHRT_MAX`
`unsigned short int`	0	`USHRT_MAX`
`long int`	`LONG_MIN`	`LONG_MAX`
`unsigned long int`	0	`ULONG_MAX`

et dans `float.h` :

type	min. (valeur absolue)	max.	précision
`double`	`DBL_MIN`	`DBL_MAX`	`DBL_EPSILON`
`long double`	`LDBL_MIN`	`LDBL_MAX`	`LDBL_EPSILON`

Note : « *précision* » correspond au plus petit nombre x tel que $1 + x \neq 1$.

Connaissez-vous bien votre arithmétique ?

comme en Java

(ceci est **aussi** valable en Java !)

Que pensez-vous du code suivant (pas de problème sur `MAX`, qui est bien ≥ 1) ?

```
int index = demander_nombre();
if (index < 0)     { index = -index; }
if (index >= MAX) { index = MAX-1;  }
utilisation(tableau[index]);
```


Jean-Cédric Chappelier

Connaissez-vous bien votre arithmétique ?

comme en Java

(ceci est **aussi** valable en Java !)

Et de ce code ?

```
int i = 0;
...
if ( abs(i) < 0 ) { ... }
```

ou de ce code ?

```
int i = 0;
...
if ( i == -i ) { ... }
```

Quels sont les `int x` tel que `x == -x` ?

Jean-Cédric Chappelier

Connaissez-vous bien votre arithmétique ?

comme en Java

(ceci est **aussi** valable en Java !)

Quels sont les `int x` tel que `x == -x` ?

0 **ET** `INT_MIN` (ou similaire suivant le type, pour un entier quelconque :

```
~((unsigned)(~0) >> 1)
```

)

Types énumérés

presque comme en Java

En C, il est également possible de donner des noms aux valeurs de types **énumérés**, comme par exemple la liste des couleurs, la liste des cantons, etc...
Cela permet d'utiliser ensuite ces valeurs *sans* avoir à *se préoccuper* de leur *codage* effectif.

Ceci se fait à l'aide du mot clé `enum`. Pour déclarer un type énuméré, la syntaxe est la suivante :

```
enum Type { valeur1, valeur2, ... };
```

Par exemple :

```
enum CantonRomand { Vaud, Valais, Geneve, Neuchatel,
                    Fribourg, Jura };
```

Type énuméré (2)

On peut alors ensuite utiliser simplement ces valeurs comme pour un type entier :

```
enum CantonRomand moncanton = Vaud;
...
moncanton = Valais;
...
switch (moncanton) {
 case Valais: ... ; break;
 case Vaud:   ... ; break;
}
```

Type énuméré (2)

On peut même les utiliser comme entiers, sachant que la convention utilisée est que la première valeur énumérée (`Vaud` dans l'exemple précédent) correspond à `0`.

On pourrait alors par exemple faire :

```
int const NB_CANTONS_ROMANDS = Jura+1;
```

ou encore

```
for (i = Vaud; i <= Jura; ++i) ...
```

Remarque : on peut aussi les utiliser pour indexer des tableaux (les tableaux sont présentés plus loin) :

```
population[moncanton] = 616;
```

Note : en C, la conversion `int` vers `enum` est aussi possible.
En C++, elle est interdite (implicitement en tout cas).

Les types composés : les tableaux

presque comme en Java

Une première façon de *composer les types élémentaires* est de faire des **tableaux**.

Les tableaux en C sont des types composés **homogènes**, c'est-à-dire constitués d'éléments qui sont tous du **même type**.

On pourra donc définir des tableaux d'`int`, de `double`, de `char`,
... mais aussi de types composés, par exemple des tableaux de tableaux

En C, il n'y a que des tableaux **de taille fixe**.

Les tableaux de *taille variable* **n'existent pas en C**.
Nous verrons comment y remédier avec les pointeurs et l'allocation dynamique de mémoire.

Jean-Cédric Chappelier

Les différentes sortes de tableaux

rappel du MOOC Java

Il existe en général quatre sortes de tableaux :

		taille initiale connue *a priori* ? non	taille initiale connue *a priori* ? oui
taille pouvant varier lors de l'utilisation du tableau ?	oui	1.	2.
	non	3.	4.

Exemples :

1. gestion des notes des étudiants d'un cours (inscriptions/désincriptions)
2. (rare) informations sur les communes/cantons/départements dans une région (connu au départ mais pourrait changer)
3. tableau des scores des participants à un jeu (une fois le nombre de joueurs connus, il ne change plus)
4. vecteur dans l'espace : tableau de 3 nombres réels

Les différentes sortes de tableaux

rappel du MOOC Java

Il existe en général quatre sortes de tableaux :

		taille initiale connue *a priori* ? non	taille initiale connue *a priori* ? oui
taille pouvant varier lors de l'utilisation du tableau ?	oui	1.	2.
	non	3.	4.

Remarques :

- avec le premier type de tableau (1.), on peut faire tous les autres
- pratiquement aucun langage de programmation n'offre les 4 variantes

Les tableaux en C

Pour rappel en Java, on utilise :

		taille initiale connue *a priori* ? non	taille initiale connue *a priori* ? oui
taille pouvant varier lors de l'utilisation du tableau ?	oui	`ArrayList`	
	non	*type*`[]`	

En C, on a :

		taille initiale connue *a priori* ? non	taille initiale connue *a priori* ? oui
taille pouvant varier lors de l'utilisation du tableau ?	oui	—(1)	—
	non	(C99) VLA	*type*`[N]`

(1) N'existe pas en C, mais possible grâce au « flexible array member » ; voir slide 43

Jean-Cédric Chappelier

Déclaration d'un tableau

comme en Java

La syntaxe de déclaration d'un tableau de taille fixe est :

type identificateur[*taille*];

où *type* est le type des éléments constitutifs du tableau,
identificateur est le nom du tableau
et *taille* est le nombre d'éléments que contient le tableau. Ce nombre doit être **connu à l'avance**

Exemples :

```
int age[5];
```

correspond à la déclaration d'un tableau de 5 entiers.

```
size_t const NB_CANTONS = 26;
double superficie[NB_CANTONS];
```

correspond à la déclaration d'un tableau de 26 `double`.

Jean-Cédric Chappelier

Déclaration d'un tableau (2)

Conseil : N'écrivez jamais explicitement la taille d'un tableau (valeur littérale)

```
int age[5];
```

mais préférez mettre sa taille **dans une constante** [norme C99] :

```
size_t const NB_CANTONS = 26;
double superficie[NB_CANTONS];
```

ou (en C quelconque) **dans une macro**
(on verra les macros plus en détails plus tard)

```
#define NB_CANTONS 26
double superficie[NB_CANTONS];
```

Cela vous permet par la suite de référencer à plusieurs endroits la taille (par exemple dans des boucles) sans recopier la valeur explicite. Ainsi en cas de changement du programme vous n'aurez qu'une seule valeur à modifier : l'initialisation de la constante.

(Note : C99 supporte les « *variable length array* » (VLA). Dans le *premier* exemple ci-dessus, `superficie` est en fait une VLA, *même* avec le `const` de `NB_CANTONS` !)

variable length array (VLA)

Depuis C99, il existe des tableaux dont la taille n'est pas connue à la compilation (mais une fois fixée, elle ne change plus) :

```
size_t taille_lue = 0;
...
scanf("%zu", &taille_lue);
double mon_tableau[taille_lue];
...
```

Attention ! les VLA sont allouées sur la pile (« stack » ; voir cours 6) et **aucune** vérification d'allocation correcte n'est faite.
Les VLAs sont *très* critiquées pour ce point.

Jean-Cédric Chappelier

Initialisation d'un tableau

comme en Java

Comme pour les variables de type élémentaire, un tableau de taille fixe peut être initialisé directement lors de sa déclaration.

La syntaxe est similaire à celle des autres types :

type identificateur[*taille*] = { val_1, ... , val_{taille} };

(**sauf que**, en C 89, { val_1, ... , val_{taille} } *n'est pas* une valeur littérale de type tableau (depuis C99 oui ; en C++98 non, mais depuis C++11 oui !)

Exemples d'initialisation :

```
int age[5] = { 20, 35, 26, 38, 22 };
```

```
int age[] = { 20, 35, 26, 38, 22 };
```

Note : si au moins un élément est initialisé, le reste du tableau est initialisé à 0. Une façon simple d'initialiser un (gros) tableau à 0 est donc de faire :

```
int age[BIG_N] = { 0 };
```

Initialisation d'un tableau (2)

Depuis C99, on peut initialiser partiellement un tableau avec la syntaxe :
{ [n] = val_1, ... , val_q }

Note : le reste du tableau reste initialisé à 0.

Par exemple :

```
double tablo[N] = { [2] = 0.5 }; // 0.0, 0.0, 0.5, 0.0, ...

int tab[MAX] = {
  1, 2, 3, 4, 5,        // commence par faire : tab[0]=1, tab[1]=2, ...
  [MAX-5] = 9, 8, 7, 6   // puis : tab[MAX-5] = 9, tab[MAX-4] = 8, ...
  // le reste est initialisé à 0
};
// Pour MAX= 6, tab contient 1, 9, 8, 7, 6, 0
// Pour MAX=11, tab contient 1, 2, 3, 4, 5, 0, 9, 8, 7, 6, 0
```


Jean-Cédric Chappelier

Accès aux éléments d'un tableau

presque comme en Java

Le i+1ème élément d'un tableau d'identificateur `tablo` est référencé par `tablo[i]`

Attention ! Les indices correspondant aux éléments d'un tableau de taille `taille` **varient entre** `0` **et** `taille-1`
et il n'y a **pas de contrôle de débordement !!** `tablo[10000]`
☞ corruption mémoire / « buffer overflow »

Exemple :

```
#define TAILLE 5
int age[TAILLE];

for(size_t i = 0; i < TAILLE; ++i) {
    printf("Age de l'employé %d ?", i+1);
    scanf("%d", &age[i])
}
```

Attention ! Un tableau n'a **jamais** connaissance de sa taille !!!

EPFL

Passage d'un tableau à une fonction (1)

différent de Java !

La déclaration d'un tableau en argument d'une fonction s'écrit comme pour n'importe quel autre type :

```
int f(double tableau[TAILLE]);
```

On peut par contre omettre de spécifier la taille
(qui en fait **ne sert absolument à rien** ici) :

```
int f(double tableau[]);
```

Dans tous les cas, la fonction `f` prend comme argument un pointeur, et en particulier ne s'intéresse pas à la taille effectivement utilisée !! :

```
int f(double* tableau);
```

Passage d'un tableau à une fonction (2)

Conseil : Veillez à ce que la taille du tableau soit connue de la fonction, par exemple en faisant :

```
int f(double tableau[], size_t const taille);
```

ou en utilisant une macro (`#define`).

Attention ! Un tableau **ne** peut **pas** être un type de retour pour une fonction.

☞ voir les pointeurs

Jean-Cédric Chappelier
EPFL

Passage d'un tableau à une fonction (3)

Attention ! Le passage d'un tableau à une fonction se fait **toujours par référence**, bien que ce ne soit pas explicitement marqué par le signe `&`.

Exemple :

```
#define TAILLE 3
void g(int tab[], size_t const taille) {
  for (size_t i = 0; i < taille; ++i) {
    tab[i] = i+1;
  }
}
int main(void) {
  int t[TAILLE] = { 0, 0, 0 };
  g(t, TAILLE);
  for (size_t i = 0; i < TAILLE; ++i) {
    printf("%d ", t[i]);
  }
  return 0;
}
```

☞ affiche `1 2 3`
et non pas `0 0 0`

...donc l'appel à la fonction `g` **modifie les éléments** du tableau `tab`.

Si vous voulez évitez les effets de bord, ajoutez `const`

Tableaux à plusieurs dimensions

comme en Java

Comment déclarer un tableau à plusieurs dimensions ?

☞ On ajoute simplement un niveau de [ ] de plus :

C'est en fait un tableau de tableaux...

Exemples :

```
double rotation[2][2];
int statistiques[nb_cantons][nb_statistiques];
double tenseur[3][2][4];

statistique[Vaud][population] = 616000;
```

En faisant une analogie avec les mathématiques, un tableau à une dimension représente donc un vecteur, un tableau à deux dimensions une matrice et un tableau de plus de deux dimensions un tenseur.

Jean-Cédric Chappelier

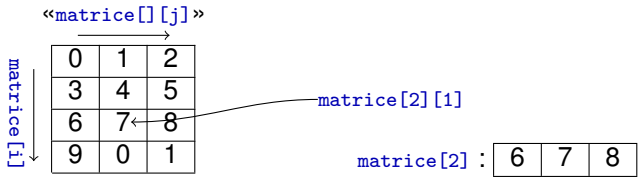
Tableaux à plusieurs dimensions

comme en Java

Les tableaux multidimensionnels peuvent également être initialisés lors de leur déclaration.
Il faut bien sûr spécifier autant de valeurs que les dimensions et ceci pour chacune des dimensions.

Exemple :

```
int matrice[4][3] = {
        { 0, 1, 2 },
        { 3, 4, 5 },
        { 6, 7, 8 },
        { 9, 0, 1 }
};
```



EPFL

Passage de tableaux à plusieurs dimensions

Attention ! Lors de la déclaration d'un tableau multidimentionnel comme argument, seule la première taille a le droit de ne pas être spécifiée. Toutes les autres *doivent* l'être :

```
void f(int tab[][3][5]);
```

Mais elles ne sont pas plus utilisables que la première dans le corps de la fonction

☞ Conseil : passer **toutes** les tailles comme arguments supplémentaires à la fonction !

```
#define N 3
#define M 3

void f(int tab[][M], size_t nb_lignes, size_t nb_colonnes);
...
int main(void)
{
  int tablo[N][M]; ...
  f(tablo, N, M);
  return 0;
}
```


EPFL

Attention avec des tableaux en C !

Les tableaux en C :

- sont toujours passés « par référence »
  En fait `Type1 f(Type2 t[TAILLE]);`
  est *remplacé* par `Type1 f(Type2* t);`
- n'ont pas connaissance de leur propre taille, en *aucune* façon
- ne peuvent pas être manipulés globalement (pas de « = »)
- ne peuvent pas être retournés par une fonction
- (C89) ont une syntaxe d'initialisation particulière :
  `{ val1, val2, etc. }` **n'**est **pas** une valeur

  Depuis *C99* (et depuis C++11, mais pas en C++98), on peut par contre écrire par exemple la valeur littérale (« *compound literals* »)
  `(double[2]){ 1.2, 3.4 }`
  (mais l'intérêt est limité vu qu'on n'a pas l'affectation (de « = »))

☞ Beaucoup de ces inconvénients peuvent être contournés en incluant le tableau dans une `struct`ure...

Jean-Cédric Chappelier
EPFL

Les tableaux

déclaration : `type identificateur[taille];`
déclaration/initialisation :

$$type\ identificateur[taille] = \{val_1, \ldots, val_{taille}\};$$

Accès aux éléments : `tab[i]` `i` entre **0** et **taille-1**

Le passage `type1 f(type2 tab[]);` d'un tableau `tab` à une fonction `f` se fait automatiquement **par référence**
pour éviter les effet de bords : `type1 f(type2 const tab[]);`

tableau multidimentionnel :
$type\ identificateur[taille1][taille2];$
`tab[i][j];`

Les tableaux ne peuvent pas être des types de retour pour les fonctions. :-(

Alias de types

différent de Java !

Pour des types composés complexes, dont l'utilisation directe est difficile, on peut utiliser la commande `typedef` pour

définir un nouveau *nom de* type

Syntaxe : comme une déclaration de variable mais précédée de `typedef`,
typiquement : `typedef type alias;`
où *alias* est le nouveau nom de type et *type* un type élémentaire ou composé.

Exemples :

```
typedef unsigned long int Compteur;
typedef double Matrice[3][3];
```

Un tableau bidimensionnel d'entiers pourra alors être déclaré plus simplement (et plus lisiblement) par :

```
Matrice rotation;
```

Mieux :

```
typedef double  Vecteur[3];
typedef Vecteur Matrice[3];
```


Jean-Cédric Chappelier

Alias de types

De telles définitions de nouveaux noms de types sont particulièrement utiles, pour :

- *bien identifier les types* des objets que l'on manipule

  Exemple : `typedef int distance;`
  - meilleure identification des « concepts »
    si tout est `int`, on ne distingue plus les choux des carottes (p.ex. les `distance`s des `age`s, des `couleur`s, etc.)
  - changements ultérieurs de types plus faciles
    (p.ex. toutes les distances deviennent des `double`)
- les *arguments de fonctions*
  - Écriture plus claire, plus compacte et plus systématique

  Exemple :

```
typedef double Vecteur[N];
double produit_scalaire(Vecteur, Vecteur);
```

- les déclarations de *tableaux*
  - améliore également la lecture, l'écriture et la manipulation

  Exemples :

```
#define N 3
typedef double Vecteur[N];
typedef Vecteur Matrice[N];
```


Jean-Cédric Chappelier

Données Structurées

différent de Java !

Comme vu précédemment, un programme peut avoir à représenter des **données structurées**, par exemple :

Âge
20
35
26
38
22

Nom	Taille	Âge	Sexe
Dupond	1.75	41	M
Dupont	1.75	42	M
Durand	1.85	26	F
Dugenou	1.70	38	M
Pahut	1.63	22	F

Les tableaux permettent de représenter des structures de données **homogènes**, c'est-à-dire des listes constituées d'éléments qui sont tous du **même type**.
Exemple : `unsigned short int ages[5];`

QUID des données non homogènes ?

☞ On les homogénéise dans un type composé : les **structures**

Les structures

différent de Java !

La seconde façon de composer les types élémentaires est donc de créer des **structures** regroupant des types **hétérogènes**.

La syntaxe pour déclarer un type « structure » est la suivante :

```
struct Nom_du_type {
        type1 identificateur1 ;
        type2 identificateur2 ;
        ...
};
```

où
Nom_du_type est le nom que vous souhaitez donner à votre type structuré,
et les
$type_i$ $identificateur_i$ sont les déclarations des types et identificateurs des **champs** de la structure.

Jean-Cédric Chappelier
EPFL

Déclaration d'une structure

Exemple :

```
struct Personne {
  char nom[TAILLE_MAX_NOM];
  double taille;
  int age;
  char sexe;
};
```

déclare un nouveau type, `Personne`, comme une `struct`ure composée de quatre **champs** : un de type `char[]`, un autre de type `double`, un troisième de type `int` et un dernier de type `char`.

Autre exemple :

```
struct Complexe {
  double x;
  double y;
};
```


Jean-Cédric Chappelier

Déclaration d'une structure (2)

Note : Les types des champs d'une structure peuvent aussi être des types composés, par exemple des tableaux ou des structures.

Exemple :

```
struct Simple {
  int souschamp1;
  double souschamp2;
};

struct Compliquee {
  double champ1[3];
  int champ2;
  struct Simple champ3;
};
```

Déclaration d'une structure (3)

Une fois le type de la structure déclarée, on peut utiliser son nom, précédé du mot `struct`, comme tout autre type pour déclarer des variables :

```
struct Nom_du_type nom_de_la_variable;
```

Exemples :

```
struct Personne {
  char nom[TAILLE_MAX_NOM];
  double taille;
  int age;
  char sexe;
};

struct Personne untel;
```

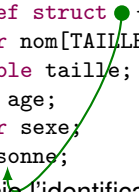
```
struct Complexe {
  double x;
  double y;
};

struct Complexe z;
```


Jean-Cédric Chappelier

Utilisation de typedef

La façon la plus pratique de définir un type « structure » est sûrement d'utiliser conjointement `typedef` :

```
typedef struct {
  char nom[TAILLE_MAX_NOM];
  double taille;
  int age;
  char sexe;
} Personne;
```



associe l'identificateur `Personne` au type `struct` défini.

Une structure définie de cette façon pourra alors être utilisée **sans** avoir besoin d'**ajouter** « `struct` » avant :

```
Personne untel;
Complexe z;
```

Note : on peut aussi faire cela (utiliser `typedef`) pour les types énumérés ; de la même façon (déplacement du nom de type).

Initialisation d'une structure (1/2)

Les structures peuvent être initialisées avec la syntaxe suivante :

Type identificateur = { *val1, val2, ...* };

où chaque val_i est une valeur du type du champs correspondant.

Exemple :

```
typedef struct {
  char nom[TAILLE_MAX_NOM];
  double taille;
  int age;
  char sexe;
} Personne;

Personne untel = { "Dupontel", 1.75, 20, 'M' };
```

Attention ! En C 89, { *val1, val2, ...* }; **n'**est **pas** une valeur littérale de type `struct`
(depuis C99, oui, avec casting ; en C++98 non, mais depuis C++11 oui !)

Initialisation d'une structure (2/2)

Depuis C99, on peut aussi initialiser *partiellement* (ou totalement) une structure en utilisant les noms des champs :

```
Personne untel = { .age = 20, .taille = 1.75 };
```

Bonne pratique : pour éviter toute fuite d'information, il est fortement recommandé d'initialiser **totalement** toute structure ; par exemple avec le schéma systématique suivant :

```
#include <string.h> // for memset()

Personne untel;
memset(&untel, 0, sizeof(untel));
```

Note : dans une `struct` partiellement initialisée, les autres champs sont initialisés à 0. Dans l'exemple en haut de ce slide, le `nom` est donc vide (tableau rempli de `'\0'`) et le `sexe` est `'\0'`.

Accès aux champs d'une structure

On peut accéder aux champs d'une structure en utilisant la syntaxe suivante :

structure.champ

Exemples :

```
untel.taille = 1.75;

++(untel.age); // déjà un an de plus !

printf("%c\n", untel.sexe);
```

Si la structure est passée par référence (pointeur), on utilisera `->` au lieu du `.` (point).
Exemple :

```
void anniversaire(Personne* p) {
  ++(p->age); // un an de plus !
}
```


Jean-Cédric Chappelier

Exemple complet

```c
typedef struct {
    double taille;
    int age;
    char sexe;
}  Personne;


void affiche_personne(Personne p) {
  printf("taille: %f\n", p.taille);
  printf("age   : %d\n", p.age);
  printf("sexe  : %c\n", p.sexe);
}

void anniversaire(Personne* p) {
  ++(p->age); // un an de plus !
}
```

```c
Personne naissance(void) {
  Personne p;
  memset(&p, 0, sizeof(p));

  puts("Saisie d'une nouvelle personne");

  printf("  Entrez sa taille :");
  scanf("%lf", &p.taille);

  printf("  Entrez son age: ");
  scanf("%d", &p.age);

  printf("   Homme [M] ou Femme [F] : ");
  scanf("%c", &p.sexe);

  return p;
}
```

Affectation de structures

Une variable de type composé `struct` peut être **directement affectée** par une variable du même type

Exemple :

```
Personne p1 = { "Durand", 1.75, 20, 'M' };
Personne p2;
p2 = p1;
```

La valeur de chaque champ de `p1` est affectée au champ correspondant de `p2`.

☞ L'instruction `p2=p1` est équivalente à la séquence d'instructions
`p2.nom=p1.nom; p2.taille=p1.taille; p2.age=p1.age; p2.sexe=p1.sexe;`

Note : l'affectation est le **seul** opérateur global sur les `struct`

Jean-Cédric Chappelier

Retour à l'exemple du début

Les structures sont particulièrement utiles pour les tableaux hétérogènes :

☞ **tableaux de structures**

Exemple :

```
typedef struct {
  char nom[TAILLE_MAX_NOM];
  double taille;
  int age;
  char sexe;
}  Personne;

Personne personnes[5] = {
    { "Dupond",  1.75, 41, 'M' },
    { "Dupont",  1.75, 42, 'M' },
    { "Durand",  1.85, 26, 'F' },
    { "Dugenou", 1.70, 38, 'M' },
    { "Pahut",   1.63, 22, 'F' }
};
```

Flexible array member (1/2)

La norme C99 a officialisé les « flexible array member » :

```
struct vector_double {
  size_t size; // nombre d'éléments
  double data[];
};
```

qui étaient déjà possibles par le passé, mais sous cette forme (que je recommande donc de garder) :

```
struct vector_double {
  size_t size; // nombre d'éléments
  double data[1];
};
```


Jean-Cédric Chappelier

Flexible array member (2/2)

```c
struct vector_double {
  size_t size; // nombre d'éléments
  double data[1];
};
```

Ceci permet d'avoir des tableaux dynamiques en C (équiv. `ArrrayList`, voir slide 14), via l'allocation dynamique :

```c
const size_t N_MAX = (SIZE_MAX - sizeof(struct vector_double)) / sizeof(double) + 1;
if (nb <= N_MAX) {
  struct vector_double* tab = malloc(sizeof(struct vector_double)
                                     + (nb-1)*sizeof(double) );
  if (tab != NULL) {
    tab->size = nb;
  }
}
```

Ce qui sera traité et expliqué plus tard avec les *pointeurs*.

Jean-Cédric Chappelier

Les structures

Déclaration du type correspondant :

```
struct Nom_du_type {
        type1 champ1 ;
        type2 champ2 ;
        ...
};
```

Déclaration d'une variable :

```
struct Nom_du_type identificateur;
```

Déclaration/Initialisation d'une variable :

```
struct Nom_du_type identificateur = { val1, val2, ... };
```

Accès à un champs donné de la structure :

```
identificateur.champ
```

Affectation globale de structures :

```
identificateur1 = identificateur2
```


Jean-Cédric Chappelier

Autres modificateurs

Nous avons vu les modificateurs `const`, `long`, `short`, `unsigned` (, `signed`)

Il en existe encore

`extern`	objet déclaré ailleurs. Voir cours n° 10 & 11.
`static`	limitation de portée. Dans une fonction, partage la valeur à tous les appels.
`register`	optimisation : *propose* le stockage dans un registre.
`restrict`	pour les pointeurs uniquement : aucun autre pointeur pointe au même endroit.
`volatile`	supprime toute optimisation liée à cette variable.

(`auto` est le contraire de `static` et est le mode par défaut, donc jamais utilisé.)

union

Si l'on considère les `struct` comme un « ET » entre champs, `union` correspond au « OU » : il permet de regrouper plusieurs façons de voir la même zone mémoire.

Exemple :

```
typedef union {
  int i;
  double d;
} Int_or_Double;

Int_or_Double x;

x.i = 3;
...
x.d = 9.87;
...
```

Le **GROS INCONVÉNIENT** de ce genre de choses est qu'il faut garantir la consistance de l'utilisation : le champs/type utilisé en lecture doit être compatible avec le dernier champs/type affecté ! !

union, remarques

En toute rigueur cela ne sert donc à rien car exactement le même rôle peut être joué par un pointeur générique `void*` (voir cours suivants).

Les seuls avantages de `union` pourraient être :

1. que l'allocation à la plus grande taille est effectuée automatiquement ;
2. leur utilisation lorsqu'il n'y a rien à pointer (r-values) ;
3. la lisibilité, pour ceux qui n'aiment pas lire les castings de `void*`.

Note : depuis C11, on peut emboîter des `struct` et/ou des `union` anonymes :

```
typedef struct {
  int key;
  union {
    int i;
    double d;
  };
} indexed_int_or_double_t;
```

```
indexed_int_or_double_t x;

x.key = 42;
x.i = 3;
...
x.d = 9.87;
...
```


Jean-Cédric Chappelier

Bit fields

Les « bit fields » permettent de spécifier bit à bit l'utilisation d'une zone mémoire en indiquant pour chaque champ le nombre de bits à utiliser.

Exemple :

```
typedef struct {
    unsigned int sign :  1 ;
    unsigned int exp  : 15 ;
    unsigned int mant : 32 ;
  } FloatNumber;
```

Dans ce contexte, il est utile de connaître/utiliser les opérateurs de manipulation binaire.

Jean-Cédric Chappelier

Opérateurs bit-à-bit

comme en Java

Opérateurs de manipulation du contenu binaire :

`~`	inversion bit-à-bit
`&`	« et » bit-à-bit
`|`	« ou » bit-à-bit
`^`	« ou exclusif » bit-à-bit
`<<`	décalage à gauche
`>>`	décalage à droite

*(Remarque : cet opérateur n'a qu'**un seul** opérande)*

Attention ! Ne pas confondre les opérateurs logiques et les opérateurs bit-à-bit. Par exemple : `&&` et `&` :
`1 && 2` s'évalue comme « vrai »,
`1 & 2` *vaut* `0`, qui s'évalue comme « faux » !

Exemple :

```
char a = 6;       // 00000110 en binaire
char b = a << 2; // 00011000, soit 24
char c = a >> 1; // 00000011, soit  3
char d = a | c ; // 00000111, soit  7
char e = a ^ c ; // 00000101, soit  5
char f = a & c ; // 00000010, soit  2
unsigned char g = ~a ; // 11111001, soit 249
```


Jean-Cédric Chappelier

Ce que j'ai appris aujourd'hui

- Suite et fin des bases du langage C :
  - Types élémentaires avancés : `unsigned`, `long`, `[u]int(8|16|32|64)_t`, `enum`
  - Tableaux (de taille fixe) : `Type tab[N]`
  - Alias de types : `typedef`
  - Structures : `struct`

  et leurs différences avec Java.

A NE PAS RATER cette semaine :
Attention !!!! Les `tableau[]` C sont très **très** différents de Java : ce ne sont PAS des objets ! Ils n'ont PAS de méthode ni d'attribut ! ! Ils ne connaissent pas leur taille, en *aucune* façon !

Jean-Cédric Chappelier
EPFL