Haute École Léonard de Vinci
SCIENCES ET TECHNIQUES

I2011 Langage C : bases

Chap. 4 Pointeurs

Anthony Legrand
Jérôme Plumat

Les tableaux statiques

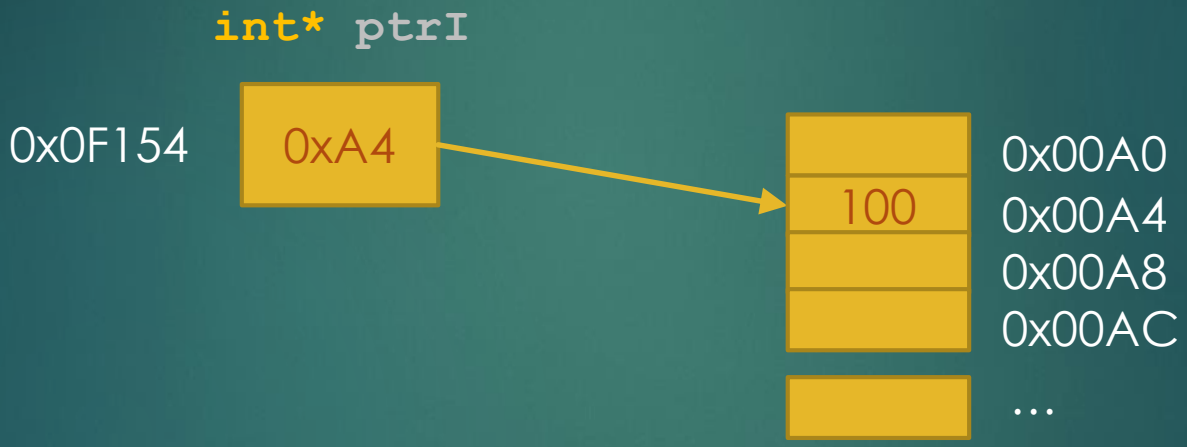
- **Avantages** : simplicité d'utilisation + rapidité
- **Inconvénients** : ils sont statiques !
  - → Leur taille doit être connue dès la compilation
  - → Le programmeur est obligé de prévoir la taille maximale du tableau dont il aura besoin.
    - ⇒ limitation du domaine de validité du programme (borne maximale fixée)
    - ⇒ gaspillage de mémoire (espace mémoire alloué mais inutilisé si taille réelle < taille maximale)

Les pointeurs : définition

- Un pointeur est une variable qui contient une adresse mémoire.
  - → La valeur d'un pointeur est toujours une adresse mémoire (ou la valeur NULL).
- Un pointeur permet d'accéder et de manipuler de manière indirecte la valeur stockée à l'emplacement mémoire désigné.

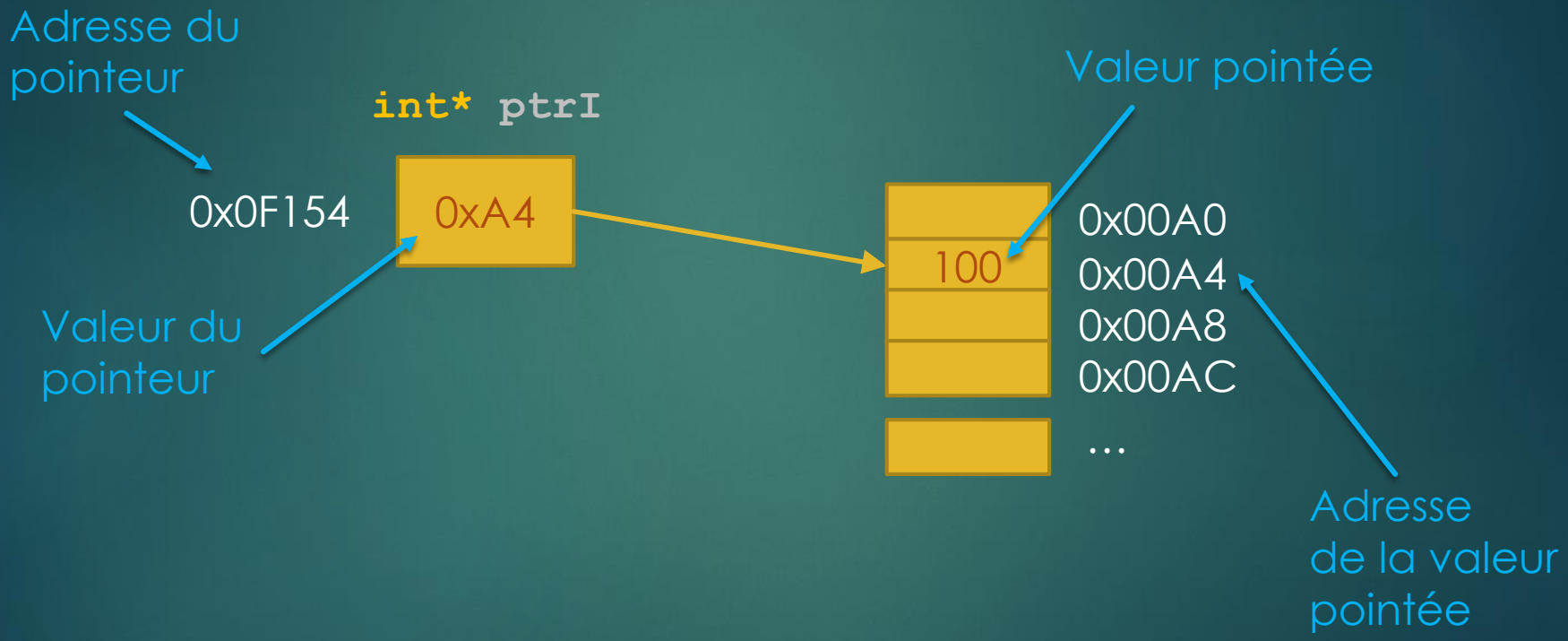
Les pointeurs : définition

- Les pointeurs contiennent des adresses mémoires



Les pointeurs : définition

- Les pointeurs contiennent des adresses mémoires



Les pointeurs : déclaration

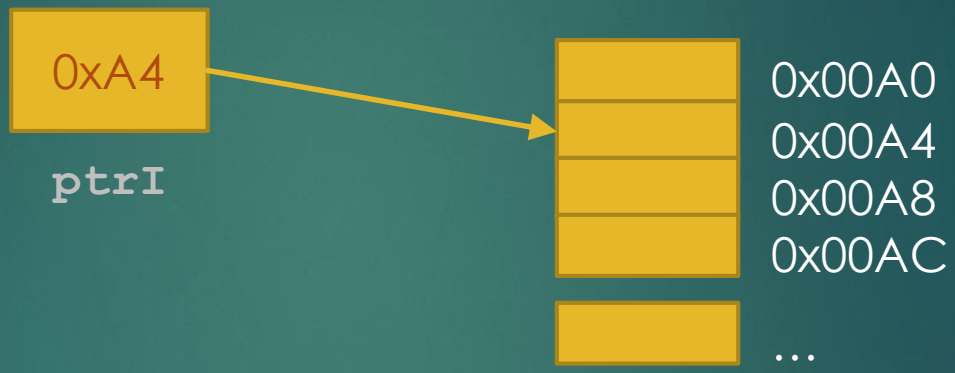
- On déclare un pointeur à l'aide de l'opérateur « * »
- Les pointeurs sont typés ; on déclare un pointeur avec le type de la valeur pointée

```
int* ptrI;   // pointeur vers un entier

double* ptrI; // pointeur vers un double

Noeud* ptrN;    // pointeur vers un Noeud
```

- Un peu comme une référence Java mais…

Ça sert à quoi?

- Accéder une adresse précise (driver, mémoire vidéo…)



- Allouer dynamiquement de la mémoire
- Créer des structures de données chaînées
- Passer des paramètres par adresse à une fonction

Initialisation (1)

- Pas initialisé par défaut ⇒ Danger!
- Prendre l'adresse d'une variable

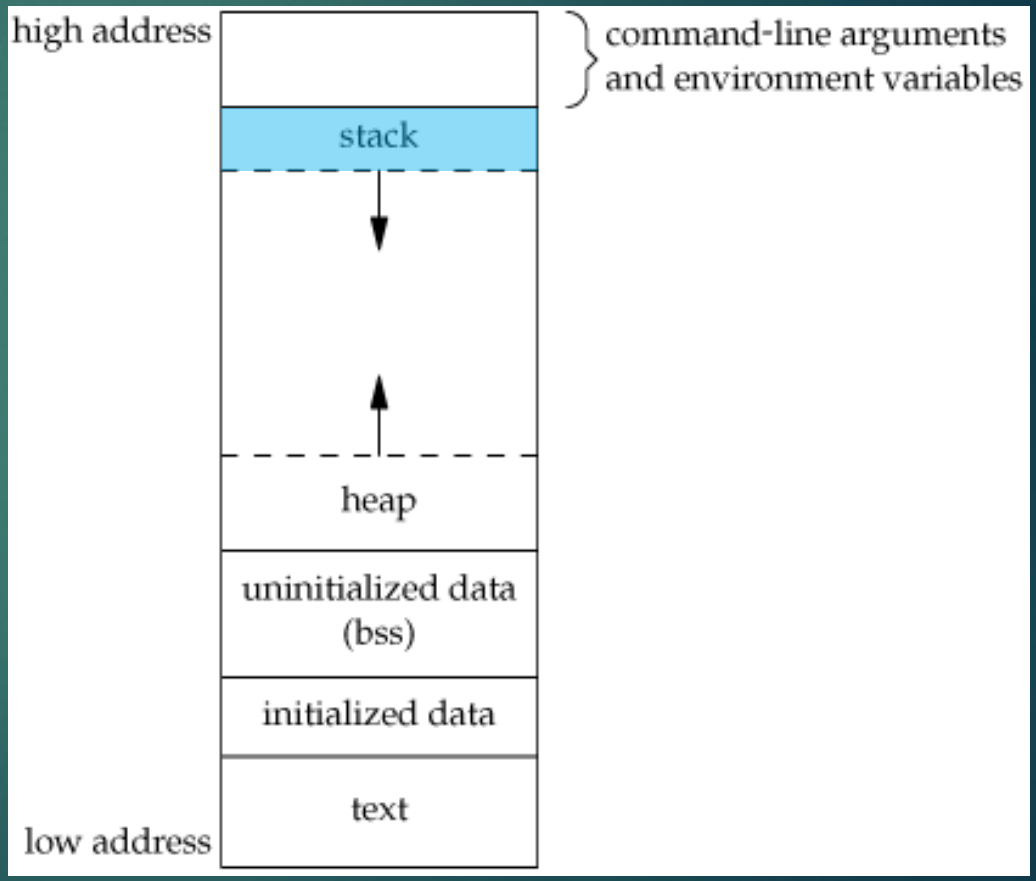
```
int a = 38;

int* ptrI = &a;  // ptrI reçoit l'adresse de a
```

- Vous avez déjà utilisé l'opérateur '&'.
  Où ça?

Initialisation (2)


```
int my_function() {
    int a = 38;
    int* ptrI = &a;
    ...
}
```

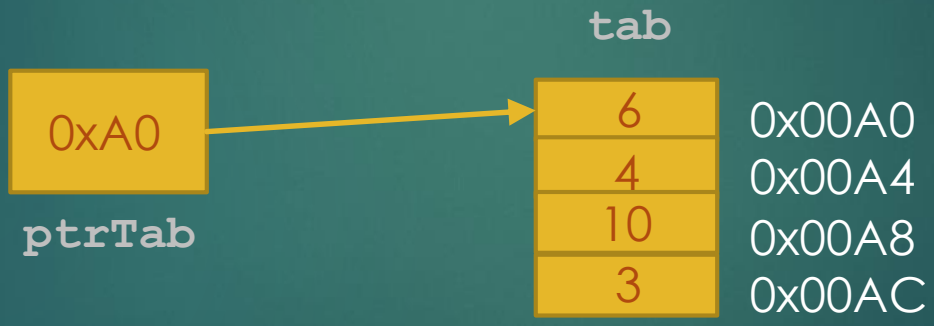
- *a* est sur le stack



Initialisation (3)

- Prendre l'adresse d'un tableau

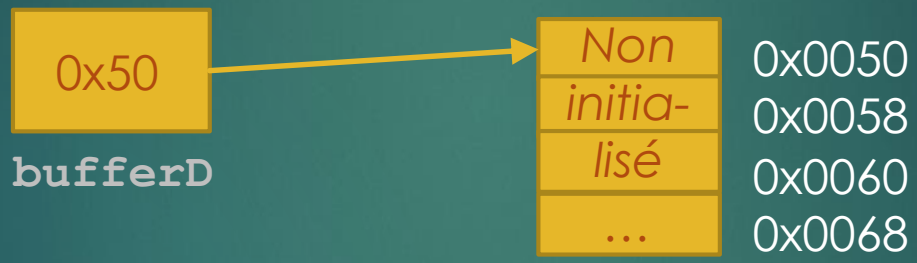
```
int tab[4] = {6, 4, 10, 3};

int* ptrTab = tab;  // adresse de l'élément 0
```



Mémoire dynamique (1)

- Allouer une zone mémoire de taille quelconque

```
double* bufferD =
    (double*) malloc(n * sizeof(double));
```



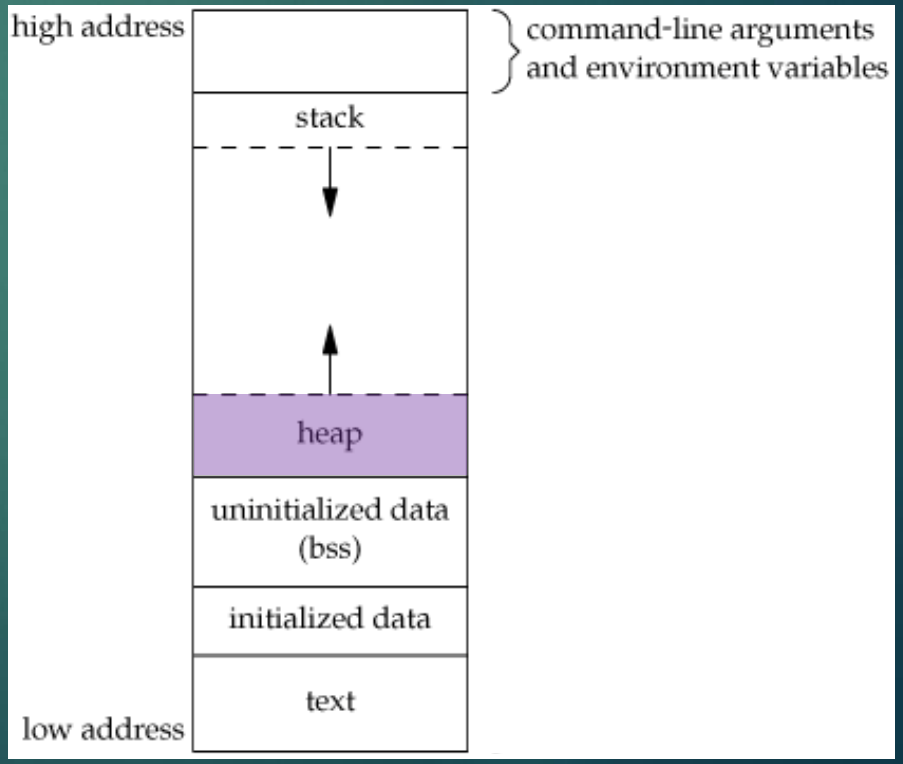
- Remarquez :
  - Le type (double) et le nombre (n=4) de valeurs stockées doivent être précisés dans l'appel à **`malloc`**
  - Les +8 dans les adresses. Pourquoi?
- Cf. **`man malloc`**

Mémoire dynamique (2)

- Allouer une zone mémoire de taille quelconque

```
double* bufferD =
    (double*) malloc(n * sizeof(double));
```

- *malloc* travaille sur le heap



Mémoire dynamique (3)

- Si à court de mémoire

```
double* bufferD =
    (double*) malloc(n * sizeof(double));

if (bufferD == NULL) ...
```

Mémoire dynamique (3 bis)

- En cas de problème (renvoi de NULL par malloc)
- Quid si l'appel à **`malloc`** se fait dans une fonction ?
  - → Alors ne pas quitter le programme (**`exit`**) depuis la fonction. Pourquoi ?
  - → Solution : faire remonter le problème à la fonction appelante (en retournant *NULL* ou *false* par exemple) qui effectuera les tâches nécessaires avant l'éventuelle fermeture de votre programme. Lesquelles ?

Mémoire dynamique (4)

- Pas de garbage collector
- Libérez la mémoire !

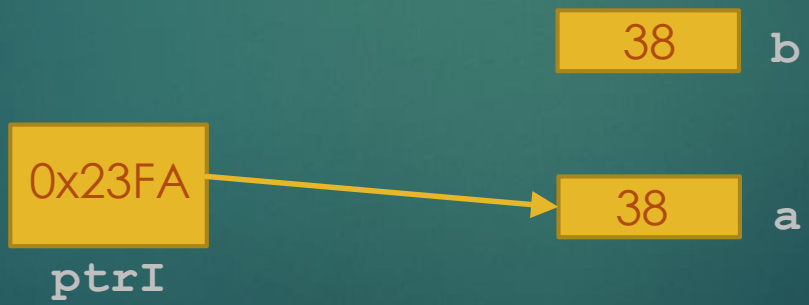
```
double* bufferD =
    (double*) malloc(n * sizeof(double));

...

free(bufferD);
```

- La gestion de la mémoire est l'un des points les plus importants du C ! Pour éviter les *memory leaks*, il est obligatoire de libérer la mémoire (notamment en cas d'erreur).

Déréférencement (1)

- Accéder à la valeur pointée via l'opérateur *****

```
int a = 38;

int* ptrI = &a;   // reçoit l'adresse de a

int b = *ptrI;   // déréférencement: prend le
                 // contenu de l'élément pointé
```



Déréférencement (2)

- Modifier la valeur pointée via l'opérateur *****

```
int a = 38;

int* ptrI = &a;  // reçoit l'adresse de a

*ptrI = 27;  // modifie le contenu de a!
```

Déréférencement (3)

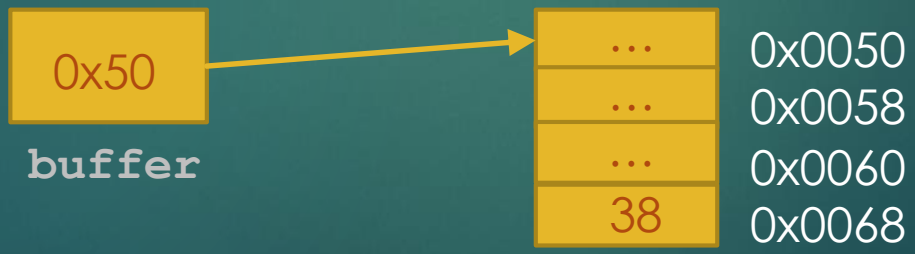
- Accéder au contenu de l'élément pointé via un indice

```
double* buffer =
     (double*) malloc(n * sizeof(double));
...
double db = buffer[1]; // déréférencement: accès
                       // au contenu de l'élément 1
```

Déréférencement (4)

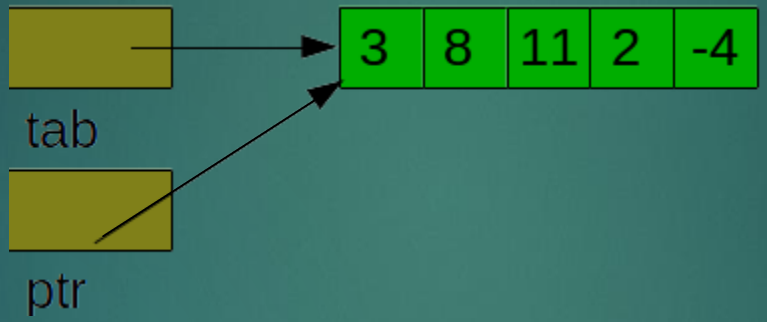
- Modifier le contenu de l'élément pointé via un indice

```
double* buffer =
    (double*) malloc(n * sizeof(double));
...
buffer[3] = 38;  // modifie l'élément 3
```

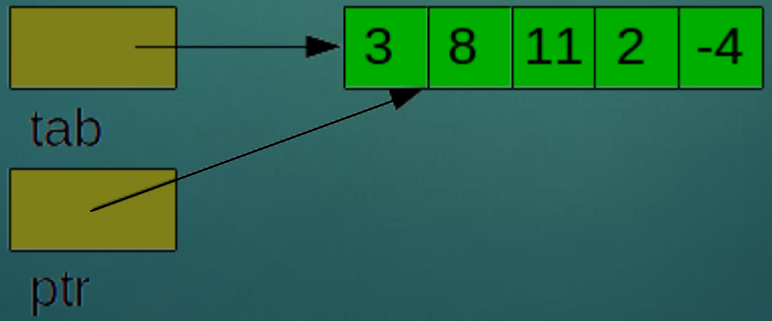


Arithmétique des pointeurs (1)


```
int tab[5] = {3, 8, 11, 2, -4};

int *ptr = tab;
```



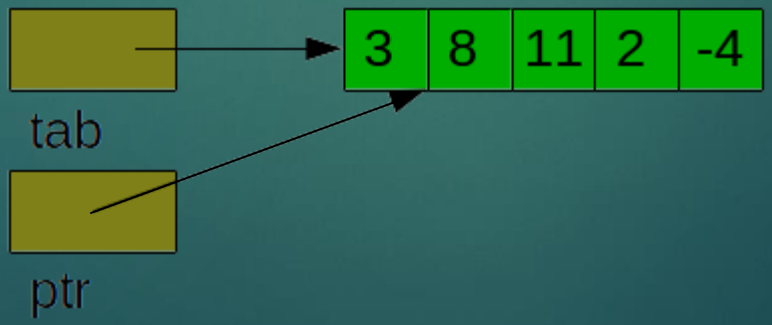

```
ptr++;   // <==> adresse ptr + sizeof(int) bytes
```



Arithmétique des pointeurs (2)

- Parcours (performant!) d'un tableau avec un baladeur de type pointeur

```
int tab[5] = {3, 8, 11, 2, -4};
for (int *ptr=tab; ptr-tab < 5; ptr++) {
    // traitement de l'entier *ptr
}
```



Equivalence des notations

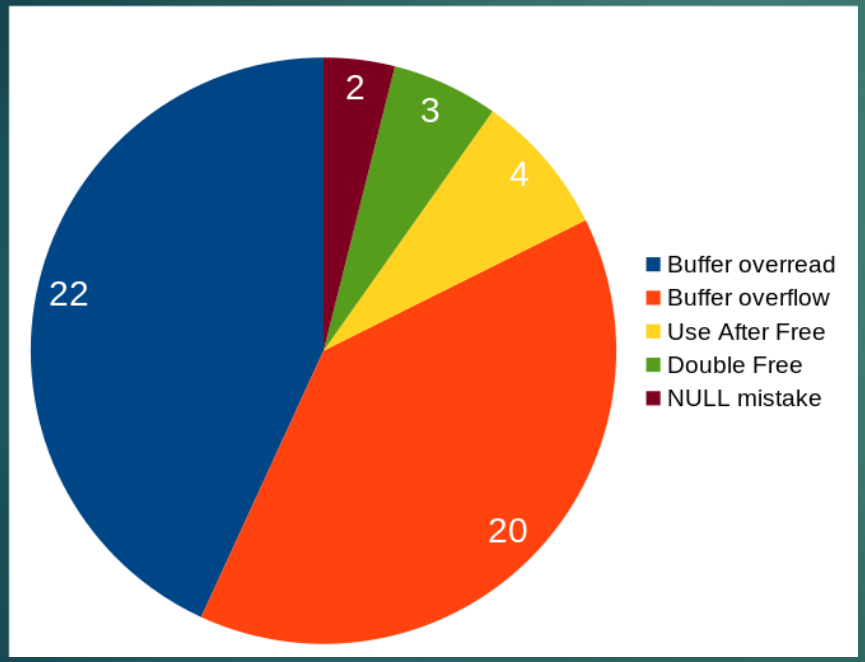
- L'arithmétique des pointeurs permet de montrer l'équivalence de notation entre les déréférencements par **indice** et par l'opérateur *****

```
double* buffer =
     (double*) malloc(n * sizeof(double));
```

```
double* ptr = buffer      ⇔   double* ptr = &buffer[0]
double db = *buffer       ⇔   double db = buffer[0]
double* ptr = buffer+i    ⇔   double* ptr = &buffer[i]
double db = *(buffer+i)   ⇔   double db = buffer[i]
```

Erreurs communes en C

- La plupart des erreurs de programmation en C sont liées à la gestion de la mémoire



- **Buffer overread** – reading outside the buffer size/boundary
- **Buffer overflow** – code wrote more data into a buffer than it was allocated to hold
- **Use after free** – code used a memory area that had already been freed
- **Double free –** freeing a memory pointer that had already been freed
- **NULL mistakes** – NULL pointer dereference

Source (*article très intéressant!*): https://wonderfall.space/buffer-overflow/

Débuggage

- Les fautes classiques liées à la manipulation des pointeurs provoquent des erreurs d'exécution
- Généralement l'erreur « **segmentation fault** »

  = tentative d'accès à un emplacement mémoire qui n'est pas alloué au programme (ex: NULL)
- Difficile d'identifier la cause d'une ***segfault***

  ⇒ Utilisation d'un débugger :
  - **gdb** (*GNU Debugger*) pour UNIX / Linux
  - **lldb** (*Low Level Debugger*) pour macOS


Wow, a different error message... Finally some progress!
ENERGY
ENERGY
AGENT-X COMICS
WWW.AGENT-X.COM.AU