Ch. 5 - Allocation

Langage C / C++

R. Absil

Haute École Bruxelles-Brabant
École supérieure d'Informatique

14 octobre 2020

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Introduction

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En `C` / `C++`, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Les classes d'allocation

- En C / C++, il est possible d'allouer une variable de plusieurs manières
- Ces manières sont appelées *classes d'allocation*
- Il existe trois classes d'allocation
  1. Statique (variables globales et `static`)
  2. Automatique (variables locales)
  3. Dynamique (allocation avec `new` et `malloc`)
- Chaque classe définit
  - habituellement la zone mémoire où l'espace est alloué
  - la durée de vie de la mémoire allouée
  - une potentielle valeur par défaut

Allocation statique

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

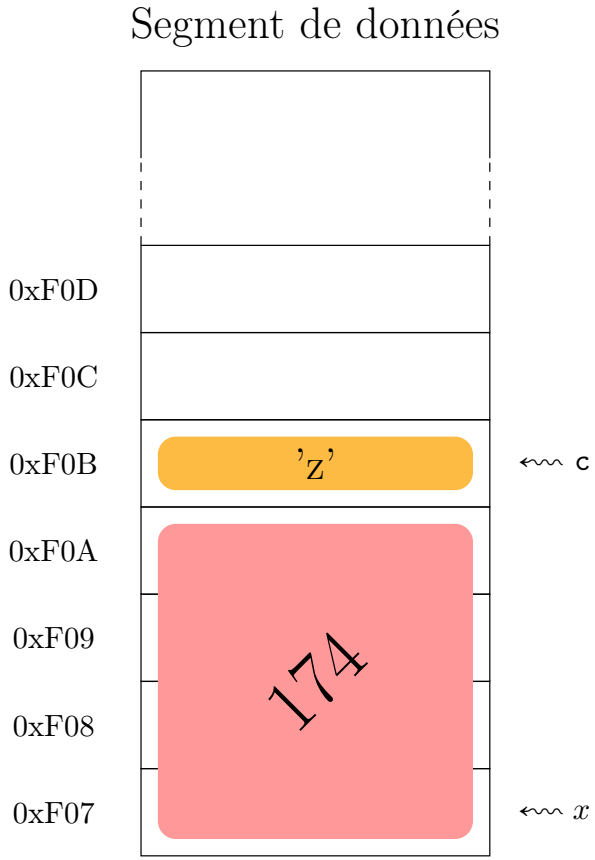
Classe d'allocation statique

- Variables globales et variables déclarées avec le mot-clé `static`
- Portée
  - globale si la variable est globale
  - locale si la variable est déclarée au sein d'un bloc
- Durée de vie
  - Mémoire allouée au lancement du programme
  - Mémoire désallouée en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Zéro pour les types numériques et `char` (+ tableaux)
  - Les objets doivent être instanciés
- Stockage
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à la compilation
  - Le stockage des données est réalisé à la compilation
  - Très haute performance : allocation une fois avant l'exécution
  - Habituellement dans le segment de données

Illustration

```
{
   ...
   static int x = 174; //&x = 0xF07
   ...
}
...
char c = 'z';//global
```

`sizeof(int) = 4`



x et c sont détruits en fin de programme

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Métaphore

- Enregistrer des données dans le segment de données est comme mettre des marchandises dans un gros sac sous vide
  - La taille du sac est exactement celle des marchandises stockées
    - Taille du segment = somme des tailles des données
  - Les marchandises sont les unes à côté des autres, il n'y a pas d'espace libre
    - Données contiguës en mémoire

Attention

- `static` en `Java` a donc une signification très différente en `C` / `C++`.
- Les « constantes » globales déclarées avec `#define` *ne* sont *pas* allouées

Exemple 1

- Fichier `static.cpp`

```
1  const double PI = 3.14;
2
3  double circle_area(double r)
4  {
5    return PI * r * r;
6  }
7
8  int main()
9  {
10   cout << circle_area(2) << endl;
11 }
```

Exemple 2

- Fichier `static.cpp`

```
1  int countDown()
2  {
3    static int i = 6;
4    i--;
5    return i;
6  }
7
8  void boom()
9  {
10   bool stop = false;
11   while(! stop)
12   {
13     int j = countDown();
14     if(j >= 0)
15       cout << j << endl;
16     else
17       stop = true;
18   }
19   cout << "BOOM" << endl;
20 }
21
22 int main()
23 {
24   boom();
25 }
```

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
- Organisation de code
- Durée de vie illimitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
- Durée de vie illimitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
- Durée de vie illimitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
- Organisation du code
- Durée de vie illimitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
  - Organisation de code
- Durée de vie illimitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
  - Organisation de code
- Durée de vie illimitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
  - Organisation de code
- Durée de vie illimitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation très rapide
- Portée illimitée
- Durée de vie illimitée

Inconvénients

- Portée (semi) globale
  - Organisation de code
- Durée de vie illimitée

Remarques à propos du segment de données

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans le segment de données
  - La taille maximale du segment de donnée est déterminée par le système (`ulimit -d`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- Le segment de donnée n'est pas « protégé » par la portée
  - Le programmeur est responsable de son utilisation

Hygiène de programmation

- Éviter en `C++`

Remarques à propos du segment de données

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans le segment de données
  - La taille maximale du segment de donnée est déterminée par le système (`ulimit -d`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- Le segment de donnée n'est pas « protégé » par la portée
  - Le programmeur est responsable de son utilisation

Hygiène de programmation

- Éviter en C++

Remarques à propos du segment de données

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans le segment de données
  - La taille maximale du segment de donnée est déterminée par le système (`ulimit -d`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- Le segment de donnée n'est pas « protégé » par la portée
  - Le programmeur est responsable de son utilisation

Hygiène de programmation

- Éviter en C++

Remarques à propos du segment de données

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans le segment de données
  - La taille maximale du segment de donnée est déterminée par le système (`ulimit -d`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- Le segment de donnée n'est pas « protégé » par la portée
  - Le programmeur est responsable de son utilisation

Hygiène de programmation

- Éviter en C++

Remarques à propos du segment de données

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans le segment de données
  - La taille maximale du segment de donnée est déterminée par le système (`ulimit -d`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- Le segment de donnée n'est pas « protégé » par la portée
  - Le programmeur est responsable de son utilisation

Hygiène de programmation

- Éviter en C++

Remarques à propos du segment de données

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans le segment de données
  - La taille maximale du segment de donnée est déterminée par le système (`ulimit -d`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- Le segment de donnée n'est pas « protégé » par la portée
  - Le programmeur est responsable de son utilisation

Hygiène de programmation

- Éviter en `C++`

Exemple de bonne utilisation

- Fichier `good-static.cpp`

```
1  double random_double(double min, double max)
2  {
3      static random_device rd;
4      static mt19937 rng;
5
6      uniform_real_distribution<double> dist(min, max);
7      return dist(rng);
8  }
9
10 int main()
11 {
12     cout << random_double(0, 1) << endl;
13 }
```

- Les objets `rd` et `rng` sont instanciés et initialisés une unique fois
- Ils sont réutilisés à chaque appel de `random_double`

Allocation automatique

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
  - Registre : pas d'adresses mémoires
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
  - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
  - Registre : pas d'adresses mémoires
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
  - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
  - Registre : pas d'adresses reconnaissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
  - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
  - Registre : adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
  - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
  - Registre : pas d'adresses mémoires
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
  - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
  - Registre : adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
  - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
  - Registre : pas d'adresses mémoires
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
  - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
    - Registre `rsp`, adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
    - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
    - Registre `rsp`, adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
    - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
    - Registre `rsp`, adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
    - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
    - Registre `rsp`, adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
    - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
    - Registre `rsp`, adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
    - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
    - Registre `rsp`, adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
    - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

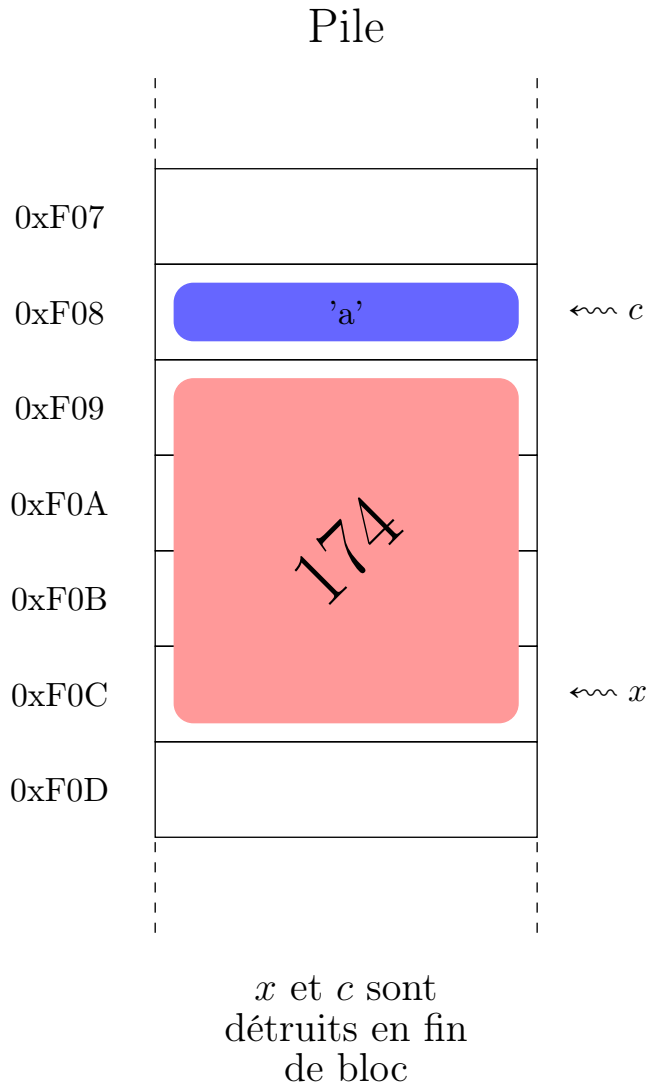
Classe d'allocation automatique

- Variables non globales allouées sans mot-clé ou avec `auto`, à la déclaration
- Portée toujours locale
- Durée de vie
  - Mémoire allouée à la déclaration
  - Mémoire désallouée automatiquement en fin de bloc
- Valeurs par défaut
  - Aucune (valeur indéterminée)
- Habituellement, les données sont stockées sur la pile
  - Stockées au sommet de la pile
    - Registre `rsp`, adresses décroissantes
  - Le plus grand espace allouable est déterminé par le système
  - Haute performance : on sait *à la compilation* où stocker
    - Pas de calcul ou d'appel système nécessaire à l'exécution
  - L'affectation des données est au pire réalisée à l'exécution

Illustration

```
{
   ...
   int x = 174; //&x = 0xF0C
   char c = 'a';
   ...
}
```

`sizeof(int) = 4`



x et c sont détruits en fin de bloc

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Métaphore

- Enregistrer des données sur la pile est comme stocker des caisses au fond d'un puits
  - Pour stocker, on lâche la caisse qui tombe au fond du puits
    - Données enregistrées au sommet de la pile
  - On sait *a priori* où va la caisse
    - À la compilation, on sait où la donnée est enregistrée
    - Au sommet de la pile, relativement à `rsp`
  - Très rapide de stocker : on lâche la caisse
    - Aucun calcul n'est effectué à l'exécution
- En `Java`, seuls les primitifs et les adresses d'objets sont alloués sur la pile

Exemple

- Fichier `automatic.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    int i = 5; //most likely on stack
4    while(i >= 0)
5    {
6      int j = i + 2; //most likely on stack
7
8      cout << i << "␣" << j << endl;
9
10     i--;
11   }//j is destroyed
12   cout << i << endl;
13   //cout << j << endl;//j is out of the scope
14 }//i is destroyed
```

Exemple 2

- Fichier `automatic2.cpp`

```
1  int explodeStack(int i)
2  {
3    int j = i * 2; //creates j most likely on the stack
4
5    if(i != 1)
6      explodeStack(j); //backup registers on stack and call (infinite recursion)
7  }
8
9  int main()
10 {
11   explodeStack(10);
12 }
```

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Avantages et inconvénients

Avantages

- Allocation rapide
- Portée limitée
- Durée de vie limitée
- Allocation et désallocation implicite

Inconvénients

- Portée limitée
- Durée de vie limitée

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en `C++`

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en C++

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en `C++`

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en C++

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en C++

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en `C++`

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en C++

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en C++

Remarques à propos de la pile

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place dans la pile
  - La taille maximale de la pile est déterminée par le système (`ulimit -s`)
  - S'il n'y a plus de place, l'allocation est rejetée
- La pile n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues
    - Pile d'exécution corrompue

Hygiène de programmation

- Utiliser au maximum en `C++`

Allocation dynamique

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
    - L'adresse des données est en classe automatique
    - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (1/2)

- Allocation avec `new` / `malloc` et destruction avec `delete` / `free`
  - Allouent un espace mémoire et retournent l'adresse vers l'espace alloué
  - L'adresse des données est en classe automatique
  - Les données sont en classe dynamique
- Portée
  - l'adresse allouée de la donnée est locale au bloc
  - les données sont accessibles globalement via leur adresse
- Les données sont habituellement stockées dans le tas
  - Ces données ne sont pas contiguës en mémoire
  - L'endroit où sont stockées les données est déterminé à l'exécution
  - Le stockage des données est réalisé à l'exécution
  - Performance plus faible : appel système est effectué (à l'exécution) pour déterminer où stocker les données

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

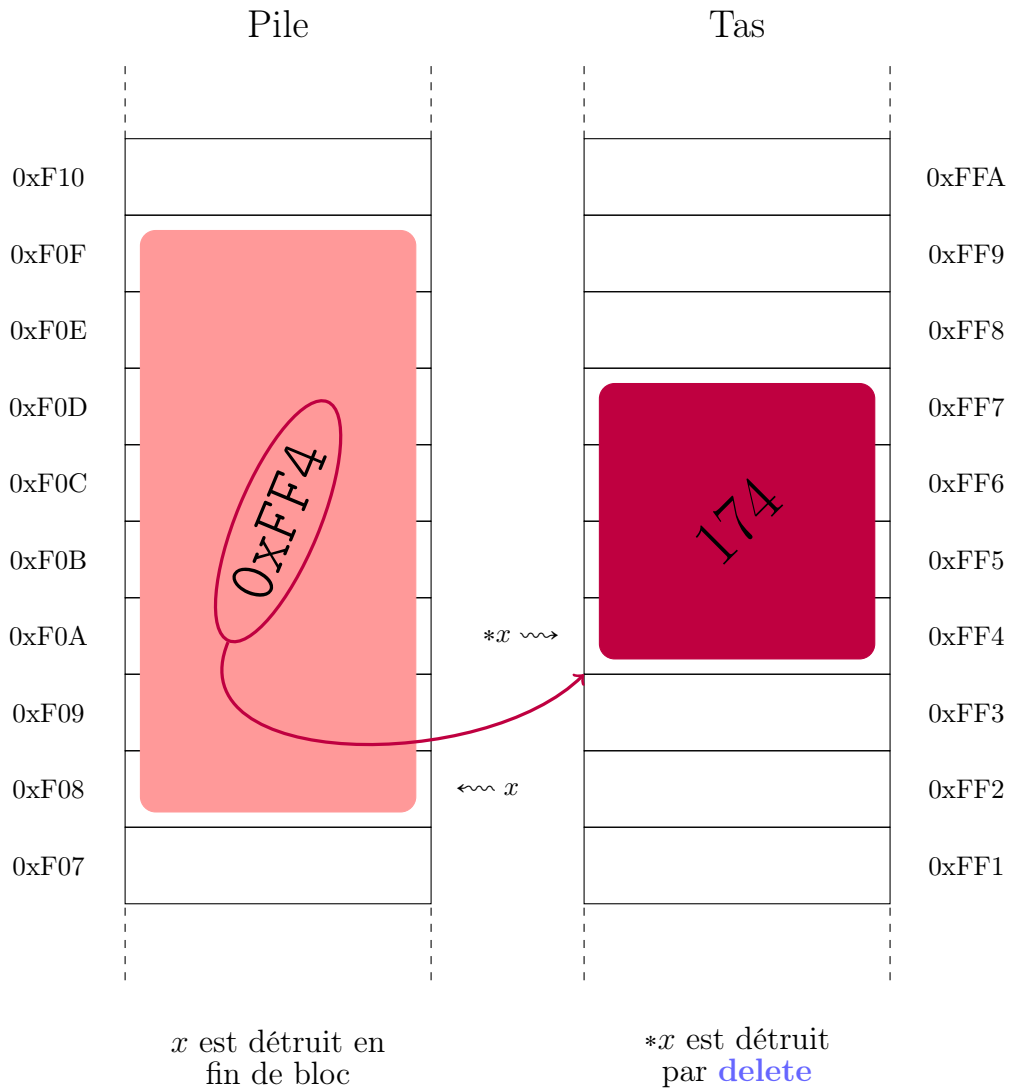
Classe d'allocation dynamique (2/2)

- Durée de vie
  - Mémoire allouée à l'instanciation par `new` / `malloc`
    - À la compilation, on sait où va l'adresse des données allouées
    - ... mais pas les données allouées
  - L'adresse des données est désallouée en sortie de bloc
    - Car elle est de classe automatique
  - Mémoire désallouée explicitement par `delete` / `free`
    - Si on ne le fait pas : fuite mémoire
    - Les ressources sont *perdues*
    - Le système d'exploitation *devrait* désallouer en fin de programme
- Valeurs par défaut
  - Aucune : instanciation explicite nécessaire

Illustration

```
{
   ...
   int * x = new int(174); //&x = 0xF08
                           //&*x = 0xFF4
   ...
}
```

```
sizeof(int) = 4
sizeof(int*) = 8 //x64
```



Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Métaphore

- Enregistrer des données dans le tas est comme stocker des marchandises dans un entrepôt
  1. Quand on veut stocker des marchandises, on demande au concierge si c'est possible
     - Appel système effectué pour l'allocation
  2. Le concierge cherche un endroit dans l'entrepôt où stocker
     - Le système d'exploitation cherche un espace mémoire libre
  3. S'il y a de la place, le concierge stocke la caisse et donne un ticket décrivant où elle est stockée
     - Le système d'exploitation alloue un espace mémoire et retourne l'adresse de cet espace
  4. S'il n'y a pas de place : ko
     - Cela ne veut pas dire que la mémoire est saturée
     - Elle est peut-être simplement fragmentée

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*
- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Fonction d'allocation dynamique en C

1. `malloc(size_t)` : alloue la mémoire sur le tas
   - Retourne l'adresse vers l'espace alloué
   - La mémoire a une valeur indéterminée
2. `calloc(size_t n, size_t m)` : alloue des « tableaux »
   - Mets la mémoire à zéro
   - À cause de l'alignement, la taille allouée n'est pas toujours *nm*
3. `realloc(void*, size_t)` : réalloue de la mémoire préalablement allouée par `malloc`, `calloc` ou `realloc`
   - Contracte ou étend un emplacement
   - Déplacement / copie possible

Remarque importante

- Avec `realloc`, si l'allocation échoue, l'ancien emplacement *n'est pas libéré*

- Nécessaire d'inclure `stdlib.h`

Exemple C++

- Fichier `dynamic-cpp.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    Point * p = new Point(2,3);
4    cout << p->getX() << " " << p->getY() << endl;
5    delete p;
6    cout << p->getX() << " " << p->getY() << endl;//unpredictable is p is deleted
7
8    Point * p2 = nullptr;
9    Point * pp2 = nullptr;
10   Point p3;//(0,0)
11
12   {
13     p2 = new Point(3,4);
14     cout << p2->getX() << " " << p2->getY() << endl;
15     pp2 = p2;
16     p3 = *p2;
17     //delete p2;//uncomment
18   }
19
20   cout << p2->getX() << " " << p2->getY() << endl;
21   cout << pp2->getX() << " " << pp2->getY() << endl;
22   cout << p3.getX() << " " << p3.getY() << endl;
23 }   //Q : does it leak ?
```

Exemple C

- Fichier `dynamic-c.cpp`

```
1  int main()
2  {
3      Point * p = (Point*) malloc(sizeof(Point));
4      p->x = 1; p->y = 2;
5      print_point(*p);
6
7      free(p);
8      print_point(*p);
9
10     Point * p2 = NULL; Point * pp2 = NULL;
11     Point p3;
12
13     {
14         p2 = (Point*) malloc(sizeof(Point));
15         p2->x = 3; p2->y = 4;
16         print_point(*p2);
17         pp2 = p2;
18
19         p3 = *p2;
20         //free(p2); //uncomment
21     }
22
23     print_point(*p2);
24     print_point(*pp2);
25     print_point(p3);
26 }
```

Illustration des fonctions d'allocation en C (1/2)

- Fichier `fct-alloc-c.c`

```
1  int main()
2  {
3      int * p = (int*) malloc(4 * sizeof(int));
4      print_int_array(p, 4); //undeterminate values
5
6      free(p);
7      print_int_array(p, 4); //undefined behaviour
8
9      p = (int*) calloc(4, sizeof(int));
10     print_int_array(p, 4); //0 0 0 0
11
12     for(int i = 0; i < 4; i++)
13         p[i] = i;
14     print_int_array(p, 4); //0 1 2 3
15 }
```

Illustration des fonctions d'allocation en C (2/2)

- Fichier `fct-alloc-c.c`

```
1  int main()
2  {
3      int * p = (int*) malloc(4 * sizeof(int));
4
5      p = (int*) realloc(p, 2 * sizeof(int));
6      if(p) //check wether allocation suceeded
7      {
8          print_int_array(p, 2); //0 1
9          print_int_array(p, 4); //0 1 2 3 : not undeterminate
10     }
11     else
12         free(p);
13
14     p = (int*) realloc(p, 4 * sizeof(int));
15     if(p)
16     {
17         print_int_array(p, 2); //0 1
18         print_int_array(p, 4); //0 1 ? ?
19     }
20     else
21         free(p);
22 }
```

Exemple

- Fichier `paginate.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    long long unsigned int j = 0;
4    while(true)//this is going to hurt
5    {
6      new int[250];//should weight 1kb
7      j++;
8      if(j % 100 == 0)
9        cout << j << "kb allocated" << endl;
10   }
11 }
```

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Rappel sur les pointeurs

- Les pointeurs *sont* des adresses
- Ces adresses peuvent correspondre à un espace alloué, ou non
- Accéder à un espace qui n'a pas été alloué amène à un comportement indéterminé
  - Zéro
  - Ancienne valeur
  - Erreur de segmentation
- Affecter une valeur à un pointeur change la valeur de l'adresse
  - Pas ce que pointe l'adresse
- Pour changer ce qui est pointé, il faut déférencer
  - `*pt = 42;`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Exemple

- `int * pt = 3;`
  1. Alloue un espace de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Donne à cet espace la valeur `0x00_00_00_00_00_00_00_03`
  3. L'instruction `int i = *pt;` provoque probablement une erreur de segmentation
- `int * pt = NULL;` et `int * pt = nullptr` se comportent de la même manière
  - Erreurs de segmentation au déférencement
- `int * pt = (int*)malloc(sizeof(int)); *pt = 3;`
  1. Alloue un espace `pt` de 8 bytes (x64) sur la pile
  2. Alloue un espace *s* de `sizeof(int)` sur le tas
  3. Affecte à `pt` l'adresse de *s*
  4. Affecte à l'adresse pointée par `pt` (dans *s*) la valeur 3
- `int * pt = new int(3);` est l'équivalent en `C++`

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
  - Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
- Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
- Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
- Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
  - Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
  - Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
  - Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
  - Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
  - Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Avantages et inconvénients

Avantages

- Portée relativement illimitée
- Durée de vie illimitée
- Émulation de passage par référence
- Possibilité d'allouer de larges quantité de mémoire

Inconvénients

- Allocation plus lente
- Destruction manuelle nécessaire
  - Attention aux fuites mémoires et double free
- Autres contraintes (copie, affectation)

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Remarques

- La mémoire est allouée tant qu'il reste de la place en mémoire
  - La taille maximale du tas est déterminée par le système
    - S'il n'y a plus de place (`ulimit -m`), l'allocation est rejetée
    - S'il n'y a plus de place en mémoire, les mécanismes de `swap` et de pagination du système *devraient* prendre le relais
- La mémoire n'est pas protégée en écriture (pour un même programme)
  - Le programmeur est responsable de son utilisation
  - Une sortie de tableau peut corrompre son état
    - Variables corrompues

Hygiène de programmation

- Limiter son utilisation `C++`

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Risques liés à `new` / `malloc`

1. Il faut libérer manuellement toute mémoire allouée
   - Sinon, il y a une fuite mémoire
   - La mémoire n'est pas toujours libérée dans le scope ou la classe où elle est allouée
   - Risque de double `delete` / `free` : erreur de segmentation
2. Un pointeur (en particulier ceux issus de `new` / `malloc`) peut être `NULL` ou `nullptr`
   - Pas une référence
3. En cas d'allocation dynamique pour un attribut de classe, il faut prendre des précautions particulières
   1. Destructeur
   2. Constructeur de recopie (cf. Chapitre 8)
   3. Opérateur d'affectation (cf. Chapitre 8)

Utilisation de `new` / `malloc`

- En `C`, utiliser l'allocation dynamique est parfois indispensable
  - Cf. section suivante

Je veux faire un `new` en `C++`

NON !

Utilisation de `new` / `malloc`

- En `C`, utiliser l'allocation dynamique est parfois indispensable
  - Cf. section suivante

Je veux faire un `new` en `C++`

NON !

Utilisation de `new` / `malloc`

- En `C`, utiliser l'allocation dynamique est parfois indispensable
  - Cf. section suivante

Je veux faire un `new` en `C++`

.Non !

Utilisation de `new` / `malloc`

- En `C`, utiliser l'allocation dynamique est parfois indispensable
  - Cf. section suivante

Je veux faire un `new` en `C++`

. NON !

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en Java
   - En Java, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En Java, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en `C++`

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en `C++`

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en `C++`

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en `C++`

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Utilisation de `new` en C++

Je veux quand même faire un `new`

1. J'ai l'habitude en `Java`
   - En `Java`, on ne peut pas écrire sur la pile
   - En `Java`, il y a un garbage collector (compromis efficacité / sûreté)
2. Je veux éviter une copie de paramètre de fonction
   - Utilise le passage par référence
3. Je veux qu'une fonction modifie ses paramètres (effet de bord)
   - Utilise le passage par référence
4. Je veux avoir un attribut sans avoir à le recopier par le constructeur
   - Utilise une référence
5. Je veux activer le polymorphisme
   - Utilise une référence

Moralité

Hygiène de programmation en C++

- Utilisez des références quand vous pouvez
- Utilisez des pointeurs quand vous devez

- Exemple d'obligation : résoudre une dépendance cyclique

Si on veut *vraiment* utiliser new

- Encapsulation dans des *pointeurs intelligents*

- Cf. fin de chapitre

Moralité

Hygiène de programmation en C++

- Utilisez des références quand vous pouvez
- Utilisez des pointeurs quand vous devez

- Exemple d'obligation : résoudre une dépendance cyclique

Si on veut *vraiment* utiliser new

- Encapsulation dans des *pointeurs intelligents*

- Cf. fin de chapitre

Moralité

Hygiène de programmation en C++

- Utilisez des références quand vous pouvez
- Utilisez des pointeurs quand vous devez

- Exemple d'obligation : résoudre une dépendance cyclique

Si on veut *vraiment* utiliser new

- Encapsulation dans des *pointeurs intelligents*

- Cf. fin de chapitre

Moralité

Hygiène de programmation en C++

- Utilisez des références quand vous pouvez
- Utilisez des pointeurs quand vous devez

- Exemple d'obligation : résoudre une dépendance cyclique

Si on veut *vraiment* utiliser new

- Encapsulation dans des *pointeurs intelligents*

- Cf. fin de chapitre

Moralité

Hygiène de programmation en C++

- Utilisez des références quand vous pouvez
- Utilisez des pointeurs quand vous devez

- Exemple d'obligation : résoudre une dépendance cyclique

Si on veut *vraiment* utiliser new

- Encapsulation dans des *pointeurs intelligents*

- Cf. fin de chapitre

Moralité

Hygiène de programmation en `C++`

- Utilisez des références quand vous pouvez
- Utilisez des pointeurs quand vous devez

- Exemple d'obligation : résoudre une dépendance cyclique

Si on veut *vraiment* utiliser `new`

- Encapsulation dans des *pointeurs intelligents*

- Cf. fin de chapitre

Moralité

Hygiène de programmation en C++

- Utilisez des références quand vous pouvez
- Utilisez des pointeurs quand vous devez

- Exemple d'obligation : résoudre une dépendance cyclique

Si on veut *vraiment* utiliser new

- Encapsulation dans des *pointeurs intelligents*

- Cf. fin de chapitre

Portée et durée de vie

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Récapitulatifs

- En C / C++, pas de notion de segment de données, pile ou tas
- Les classes d'allocation ne définissent que la durée de vie
- Allocation statique
  - Portée locale ou globale
  - Alloué en début de programme, détruit à la fin
- Allocation automatique
  - Portée locale
  - Alloué à la déclaration, désalloué en sortie de bloc
- Allocation dynamique
  - Portée « locale / globale »
  - Alloué et désalloué explicitement

Illustration en C

- Fichier `life.c`

```c
int * pt1, * pt2, * pt3 = NULL; //statiques, globales
int global = 2; //statique, globale

int f()
{
  int j = 42; //automatique, locale à f
  pt1 = &j; //ok
  int * k = (int*)malloc(sizeof(int)); //dynamique, locale
  *k = 23; //ok : espaec alloué
  pt2 = k; //ok
  static int l = 17; //statique, locale
  pt3 = &l;
  global = 3;
} //j et k sont désalloués (mais pas *k, ni l)

int main()
{
  f();
  printf("%p:", pt1); //ok
  printf("%d\n", *pt1); //ko : j est désaloué
  printf("%p:", pt2); //ok
  printf("%d\n", *pt2); //ko : *k n'a pas été désalloué
  printf("%p:", pt3); //ok
  printf("%d\n", *pt3); //ok : l n'a pas été désalloué
  printf("%d\n", global); //ok
}
```

Illustration en C++

- Fichier `life.cpp`

```
1  int *pt1, *pt2, *pt3 = nullptr; //statiques, globales
2  int global = 2; //statique, globale
3
4  int f()
5  {
6    int j = 42; //automatique, locale à f
7    pt1 = &j; //ok
8    int * k = new int(23); //dynamique, locale
9    pt2 = k; //ok
10   static int l = 17; //statique, locale
11   pt3 = &l;
12   global = 3;
13 } //j et k sont désalloués (mais pas *k, ni l)
14
15 int main()
16 {
17   f();
18   cout << pt1 << ":"; //ok
19   cout << *pt1 << endl; //ko : j est désaloué
20   cout << pt2 << ":"; //ok
21   cout << *pt2 << endl; //ok : *k n'a pas été désalloué
22   cout << pt3 << ":"; //ok
23   cout << *pt3 << endl; //ok : l n'a pas été désalloué
24   cout << global << endl; //ok
25 }
```

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Le cas des classes

- Souvent, l'adresse d'un objet est l'adresse du premier attribut
- Les attributs non dynamiques et non statiques ont la même classe d'allocation que l'objet
- Les attributs `static` sont statiques
- Attributs dynamiques
  - Données en classe d'allocation dynamique
  - Adresses de même classe d'allocation que l'objet
- Les fonctions membres sont généralement allouées dans le segment de code
  - Pas les fonctions `inline`
- Les remarques en terme de portée et de durée de vie sont valides sous ces conditions

Illustration

- Fichier `class-alloc.cpp`

```
1  struct Array {
2      int i;
3      int * arr;
4
5      Array(int i) : i(i) {
6          arr = new int[i];
7      }
8  }; //missing destructor... and other things
9
10 int main() {
11     Array a(2); //a automatic
12                 //i automatic
13                 //tab automatic
14                 //*tab dynamic
15
16     static Array b(2); //b static
17                        //i static
18                        //tab static
19                        //*tab dynamic
20
21     Array * c = new Array(2); //c dynamic
22                               //i dynamic
23                               //tab dynamic
24                               //*tab dynamic
25 }
```

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit

- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit

- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit
  - laisser le compilateur créer le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué
  - fournir le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué

- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit
  - laisser le compilateur créer le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué
  - fournir le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué
- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit
  - laisser le compilateur créer le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué
  - fournir le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué

- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit
  - laisser le compilateur créer le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué
  - fournir le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué

- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit
  - laisser le compilateur créer le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué
  - fournir le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué

- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Les doubles pointeurs en C

- En C, on a parfois besoin d'utiliser des doubles pointeurs
  - Classiquement, lorsque l'on dissocier des allocations

Exemple

- On veut créer une fonction qui alloue un tableau d'entiers
- On peut soit
  - laisser le compilateur créer le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué
  - fournir le pointeur qui contiendra l'adresse de l'espace alloué

- Parfois, l'application que l'on fait des pointeurs « force » le programmeur à le fournir

Premier cas : on laisse le compilateur faire

1. On déclare le pointeur, on alloue et on affecte le pointeur avec `malloc`
2. On affecte l'espace alloué avec l'opérateur `[]`
3. On retourne le pointeur

```
1  int* allocate(int size)
2  {
3    int* pt = (int*)malloc(size * sizeof(int));
4    for(int i = 0; i < size; i++)
5      pt[i] = i; //*(pt + i * sizeof(int)) si pt est void*
6
7    return pt;
8  }
9
10 int main()
11 {
12   int * pt = allocate(5); //crée un pointeur pour stocker 5 entiers
13   for(int i = 0; i < 5; i++)
14     printf("%d ", pt[i]);
15   printf("\n");
16
17   free(pt);
18 }
```

- Fichier `doubleptr.c`

Deuxième cas : on fournit le pointeur

1. On déclare le pointeur dans `main`, on alloue et on affecte le pointeur avec `malloc` dans une fonction
2. On affecte l'espace alloué en déférençant le pointeur
3. On retourne le pointeur

```
1  void allocate(int* pt, int size)
2  {
3    pt = (int*)malloc(size * sizeof(int));
4    for(int i = 0; i < size; i++)
5      pt[i] = i;
6  }
7
8  int main()
9  {
10   int * pt = NULL;
11   allocate(pt, 5);
12   for(int i = 0; i < 5; i++)
13     printf("%d ", pt[i]);
14   printf("\n");
15
16   free(pt);
17 }
```

- Erreur de segmentation !

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Le nœud du problème

1. On crée `pt` dans `main`
2. On lui affecte la valeur `NULL`
   - Macro, valeur zéro
3. On appelle `allocate` en passant `pt` en paramètre
4. `pt` est passé par *valeur*
   - On passe une copie `pt'` de `pt` à `allocate`
5. On alloue un espace dans `allocate`, et on affecte `pt'` à l'adresse de cet espace
6. On affecte des valeurs dans l'espace alloué
7. On retourne dans `main`
   - `pt` est toujours à `NULL`
8. On déférence `pt`
9. Erreur de segmentation

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En `C++`, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En `C++`, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En `C++`, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En `C++`, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En C++, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En C++, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En `C++`, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Solution

Idée

- Il faudrait passer `pt` par adresse

- Il faut donc prendre l'adresse d'un pointeur
  - L'adresse d'un type `T` est de type `T*`
  - L'adresse d'un type `T*` est de type `T**`
- Double pointeur
- En `C++`, les doubles pointeurs sont très souvent inutiles car on possède les références
  - On évite d'utiliser une grande quantité de pointeurs grâce à ce concept

Deuxième cas bis : on utilise un double pointeur

1. On déclare le pointeur dans `main`, on le passe par adresse à `allocate`
2. On affecte l'espace alloué en déférençant l'adresse du pointeur
   - Ainsi, on a un effet de bord dans `main`

```
1  void allocate(int** pt, int size)
2  {
3    *pt = (int*)malloc(size * sizeof(int));
4    for(int i = 0; i < size; i++)
5      (*pt)[i] = i;
6  }
7
8  int main()
9  {
10   int * pt = NULL;
11   allocate(&pt, 5);
12   for(int i = 0; i < 5; i++)
13     printf("%d ", pt[i]);
14   printf("\n");
15
16   free(pt);
17 }
```

- Fichier `double-ptr.c`

Pointeurs intelligents

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Nécessité en allocation dynamique

- Quand on sort d'un scope, il faut décider quoi faire de la mémoire allouée
- Utilisation du patron de classe, `unique_ptr`, `shared_ptr` et `weak_ptr`.
- Paramétré par le type de la variable dynamique à encapsuler
- Comportements « similaires » aux pointeurs / références, en classe automatique, implémenté via un patron de classe et la surcharge d'opérateurs (cf. Ch. 7).
- Chaque patron définit comment la mémoire doit être gérée à la destruction (automatique) du pointeur intelligent.
  - On détruit les données ?
  - On détruit les données si plus rien ne pointe dessus ?
  - On ne détruit rien ?
- Implémenté en comptant le nombre de références dans le constructeur à l'aide d'une variable statique.
- Inclure `memory.h` (C++uniquement)

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation
     - Quand le pointeur est détruit, la mémoire est libérée
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus, le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder à l'objet pointé
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un acteur extérieur
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Pointeurs intelligents

- Quand un pointeur possédant un objet est détruit, il faut définir comment libérer la mémoire
- Trois types de pointeurs intelligents « principaux »
  1. `unique_ptr` : pointeur intelligent qui n'autorise qu'une possession unique de l'objet.
     - Copier et affecter le pointeur provoque une erreur de compilation.
     - Quand le pointeur est détruit, la donnée est détruite.
  2. `shared_ptr` : pointeur intelligent qui autorise des possessions multiples d'un même objet.
     - Les données pointées sont détruites si plus rien ne pointe dessus.
     - Le dernier pointeur possédant les données est détruit
  3. `weak_ptr` : pointeur intelligent qui ne « possède pas » d'objet.
     - Doit être converti en `shared_ptr` pour accéder l'objet (`lock()`).
     - Pratique pour une possession temporaire, quand l'objet peut être détruit n'importe quand par un facteur extérieur.
- Instanciation « à la volée » avec `new` ou via `make_unique`, `make_shared`

Exemple `unique_ptr`

- Fichier `unique.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    int i = 2;
4    int * pti = &i;
5    unique_ptr<int> u1(&i);
6    {
7      //unique_ptr<int> u2(&i); //bad idea
8      //unique_ptr<int> u2 = u1; //compile error
9      unique_ptr<int> u2 = move(u1); //u2 owns, u1 invalid
10   }
11   cout << *pti << endl;
12   u1.reset();//deletes memory (why ?!)
13   cout << i << endl; //seg fault
14 }
```

Exemple `shared_ptr`

- Fichier `shared.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    shared_ptr<int> p1(new int(5));
4    weak_ptr<int> wp1 = p1; //p1 owns the memory.
5
6    {
7      shared_ptr<int> p2 = wp1.lock(); //Now p1 and p2 own the memory.
8      if(p2) //check if the memory still exists!
9      {
10         cout << "if p2" << endl;
11     }
12   } //p2 is destroyed. Memory is owned by p1.
13
14   p1.reset(); //Memory is deleted.
15
16   shared_ptr<int> p3 = wp1.lock(); //Memory is gone, so we get an empty shared_ptr.
17   if(p3)
18   {
19     cout << "if p3" << endl;
20   }
21 }
```

Exemple de fuite mémoire : initialisation (1/2)

```
1  int f(shared_ptr<int> i, int j);
2  int g();
3
4  f(shared_ptr<int> (new int (42)), g());
```

- Ordre d'appel
  1. Allocation dynamique de l'entier 42
  2. Création du `shared_ptr<int>`
  3. Appel de la fonction *g*
  4. Appel de la fonction *f*

Exemple de fuite mémoire : initialisation (2/2)

Ordre d'appel

- 3 peut avoir lieu *avant* 1 et 2, et peut en particulier être appelé entre 1 et 2

Problème potentiel : *g* lance une exception

- Le `shared_ptr` n'as pas encore eu le temps de posséder la mémoire
- Il ne peut pas la libérer
- Fuite mémoire

Exemple de fuite mémoire : initialisation (2/2)

Ordre d'appel

- 3 peut avoir lieu *avant* 1 et 2, et peut en particulier être appelé entre 1 et 2

Problème potentiel : *g* lance une exception

- Le `shared_ptr` n'as pas encore eu le temps de posséder la mémoire
- Il ne peut pas la libérer
- Fuite mémoire

Exemple de fuite mémoire : initialisation (2/2)

Ordre d'appel

- 3 peut avoir lieu *avant* 1 et 2, et peut en particulier être appelé entre 1 et 2

Problème potentiel : *g* lance une exception

- Le `shared_ptr` n'as pas encore eu le temps de posséder la mémoire
- Il ne peut pas la libérer
- Fuite mémoire

Solution

- Première idée

```
1 int f(shared_ptr<int> i, int j);
2 int g();
3
4 shared_ptr<int> si (new int (42));
5 f(si, g());
```

- Meilleure idée

```
1 int f(shared_ptr<int> i, int j);
2 int g();
3 f(make_shared<int>(42), g());
```

- Moralité : ne pas faire de `new`

Exemple de fuite mémoire : cycle

- Fichier `cycle.cpp`

```
1  class A
2  {
3    public:
4        shared_ptr<B> ptB;
5  };
6
7  class B
8  {
9      public:
10       shared_ptr<A> ptA;
11 };
12
13 int main()
14 {
15   shared_ptr<A> a(new A);
16   shared_ptr<B> b(new B);
17   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
18   a->ptB = b;
19   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
20   b->ptA = a;
21   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
22   a.reset();
23   b.reset();
24   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
25 }
```

Sournoiserie

- Affichage à la ligne 17 : `1 1`
- Affichage à la ligne 19 : `1 2`
  - `b` et `ptB` pointent vers l'objet de type `B`
- Affichage à la ligne 21 : `2 2`
- Affichage à la ligne 24 : `0 0`

Zombie

- `ptB` dans `A` fait survivre `B`
- `ptA` dans `B` fait survivre `A`

Solution

- Utiliser `weak_ptr`

Sournoiserie

- Affichage à la ligne 17 : `1 1`
- Affichage à la ligne 19 : `1 2`
  - `b` et `ptB` pointent vers l'objet de type `B`
- Affichage à la ligne 21 : `2 2`
- Affichage à la ligne 24 : `0 0`

Zombie

- `ptB` dans `A` fait survivre `B`
- `ptA` dans `B` fait survivre `A`

Solution

- Utiliser `weak_ptr`

Sournoiserie

- Affichage à la ligne 17 : `1 1`
- Affichage à la ligne 19 : `1 2`
  - `b` et `ptB` pointent vers l'objet de type `B`
- Affichage à la ligne 21 : `2 2`
- Affichage à la ligne 24 : `0 0`

Zombie

- `ptB` dans `A` fait survivre `B`
- `ptA` dans `B` fait survivre `A`

Solution

- Utiliser `weak_ptr`

Sournoiserie

- Affichage à la ligne 17 : `1 1`
- Affichage à la ligne 19 : `1 2`
  - `b` et `ptB` pointent vers l'objet de type `B`
- Affichage à la ligne 21 : `2 2`
- Affichage à la ligne 24 : `0 0`

Zombie

- `ptB` dans `A` fait survivre `B`
- `ptA` dans `B` fait survivre `A`

Solution

- Utiliser `weak_ptr`

Sournoiserie

- Affichage à la ligne 17 : `1 1`
- Affichage à la ligne 19 : `1 2`
  - `b` et `ptB` pointent vers l'objet de type `B`
- Affichage à la ligne 21 : `2 2`
- Affichage à la ligne 24 : `0 0`

Zombie

- `ptB` dans `A` fait survivre `B`
- `ptA` dans `B` fait survivre `A`

Solution

- Utiliser `weak_ptr`

Sournoiserie

- Affichage à la ligne 17 : `1 1`
- Affichage à la ligne 19 : `1 2`
  - `b` et `ptB` pointent vers l'objet de type `B`
- Affichage à la ligne 21 : `2 2`
- Affichage à la ligne 24 : `0 0`

Zombie

- `ptB` dans `A` fait survivre `B`
- `ptA` dans `B` fait survivre `A`

Solution

- Utiliser `weak_ptr`

Sournoiserie

- Affichage à la ligne 17 : `1 1`
- Affichage à la ligne 19 : `1 2`
  - `b` et `ptB` pointent vers l'objet de type `B`
- Affichage à la ligne 21 : `2 2`
- Affichage à la ligne 24 : `0 0`

Zombie

- `ptB` dans `A` fait survivre `B`
- `ptA` dans `B` fait survivre `A`

Solution

- Utiliser `weak_ptr`

Solution

- Fichier `cycle-sol.cpp`

```
1  class A
2  {
3    public:
4        shared_ptr<B> ptB;
5  };
6
7  class B
8  {
9      public:
10       weak_ptr<A> ptA;
11 };
12
13 int main()
14 {
15   shared_ptr<A> a(new A);
16   shared_ptr<B> b(new B);
17   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
18   a->ptB = b;
19   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
20   b->ptA = a;
21   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
22   a.reset();
23   b.reset();
24   cout << a.use_count() << ", " << b.use_count() << endl;
25 }
```

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
  - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
  - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
  - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
  - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Exemple complet

- Liste simplement chaînée
  1. Fichier `linkedlist-new.cpp`
  2. Fichier `linkedlist-smart.cpp`
- Classe interne de nœud
  - Une donnée, un élément suivant
  - Difficile d'utiliser des références
    - Initialement, la liste est vide (tête et queue)
    - La queue a toujours un successeur vide
- Remarque : aucune gestion explicite de la mémoire avec les pointeurs intelligents
  - Pas de `new`, `delete`
  - Pas de destructeur
- En `C`, on n'a pas le choix
  - `malloc` et `free` manuels nécessaires
  - Fichier `linkedlist-c.c`

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué
  - Permet de vérifier que l'espace est « invalide »
  - Permet d'éviter les doubles `delete` et `free`

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué
  - Permet de vérifier que l'espace est « invalide »
  - Permet d'éviter les doubles `delete` et `free`

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué
  - Permet de vérifier que l'espace est « invalide »
  - Permet d'éviter les doubles `delete` et `free`

Remarque

Hygiène de programmation C++

1. Ne faites pas de `new`
   1. Utilisez des références
   2. Utilisez des pointeurs intelligents
2. Utilisez `make_shared` et `make_unique`
   1. Évite de faire un `new` et de gérer la mémoire « à la main »
   2. Évite de créer des `shared_ptr` temporaires

Hygiène de programmation de base

- Mettez à `nullptr` ou `NULL` un pointeur dont l'espace a été désalloué
  - Permet de vérifier que l'espace est « invalide »
  - Permet d'éviter les doubles `delete` et `free`