Université Claude Bernard Lyon 1

LIFAPSD – Algorithmique, Programmation et Structures de données

Nicolas Pronost

LIRIS

Chapitre 7
Liste

Définition d'une liste

- Une liste est une structure de données à accès séquentiel

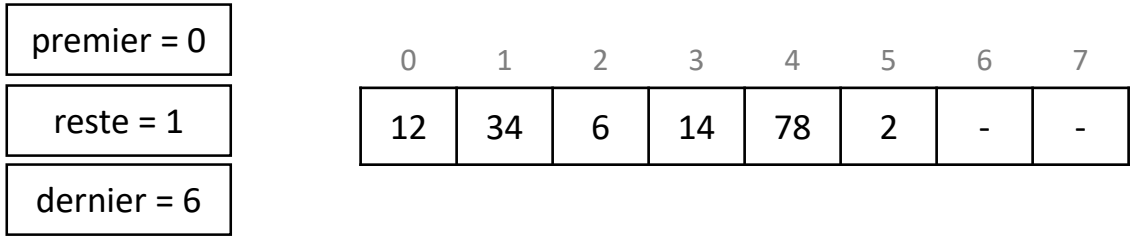
  liste = < > *(liste vide)*

  liste = < premier *(élément)* | reste *(liste)* >

- Opérations possibles sur une liste
  - créer et détruire
  - vider
  - récupérer le premier élément, le dernier ou un élément quelconque
  - ajouter un nouvel élément en tant que premier élément, dernier élément, ou insérer l'élément dans la liste
  - supprimer un élément
  - etc.

Gestion par un tableau simple

- On peut représenter une liste par un tableau et trois données



- Opérations sur les listes
  - Initialiser : premier=-1 (et/ou dernier=0)
  - Test si vide : renvoie vrai si premier==-1 (ou dernier==0)
  - Premier élément : renvoie la valeur en position premier (0 si ≠-1)
  - Ajouter en premier (tête) : tous les éléments sont décalés à droite d'une position, dernier=dernier+1, et le nouvel élément est mis en position 0
  - Supprimer un élément : repérer l'élément (en commençant sur le premier), puis décaler à gauche à partir de la position derrière l'élément, et finalement dernier=dernier-1

Gestion par un tableau simple

- **Avantages** :
  - le premier élément est toujours en 0, le reste toujours en 1, il faut simplement repérer la première place libre (dernier)
    - on peut utiliser un TableauDynamique
  - on bénéficie des avantages des tableaux, ex. accès en O(1)
- **Inconvénient** : on fait beaucoup de décalages (recopies d'éléments) qui prennent du temps (en O(n))
- Comment éviter de décaler (recopier) les éléments?
  - il faut laisser un « trou » lorsqu'on supprime un élément
  - mais comment gérer l'existence de « trous » dans un tableau?
    - ex: gérer à la main les places « occupées » et les places « libres » mais assez difficile à maintenir et pas optimal en espace mémoire

Les listes chaînées

- Une liste chaînée représente un ensemble d'éléments rangés linéairement
  - mais pas forcément contigus en mémoire
- Contrairement au tableau, l'accès se fait par des pointeurs
- Chaque élément, appelé une cellule, contient un ensemble d'informations dont un ou plusieurs liens vers d'autres éléments de la liste
- Les liens (pointeurs) qui désignent des éléments particuliers (ex. premier et/ou dernier) sont stockés à part
- Les liens ne désignant aucun autre élément ont un code spécial : le pointeur **nullptr**

Les listes chaînées

- Il existe plusieurs listes chaînées dont les 4 classiques
  - La liste simplement chaînée (CM et TD)
  - La liste simplement chaînée circulaire
  - La liste doublement chaînée (TP)
  - La liste doublement chaînée circulaire

Liste simplement chaînée

- Dans une liste simplement chaînée
  - la première cellule est repérée
  - chaque cellule contient l'information de l'élément et le lien vers la cellule suivante dans la liste
- Implémentation en C++

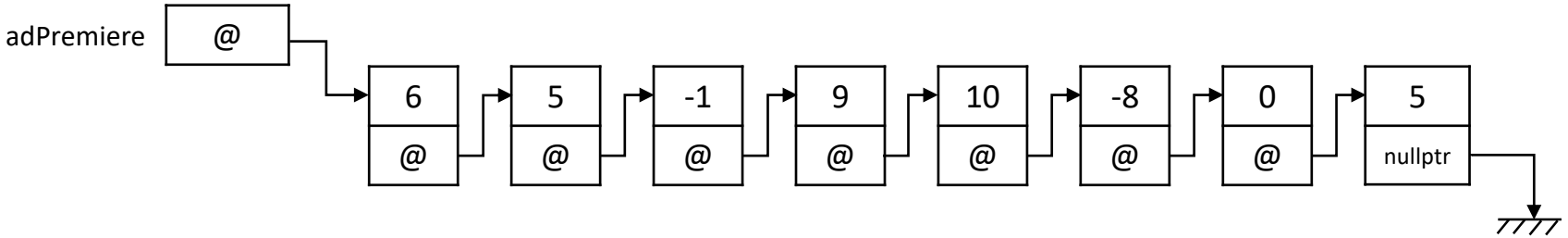
```
class Liste {
    Cellule * adPremiere;
    // ...
};
```

```
struct Cellule {
    ElementL info;
    Cellule * suivant;
};
```

```
typedef int ElementL;
```

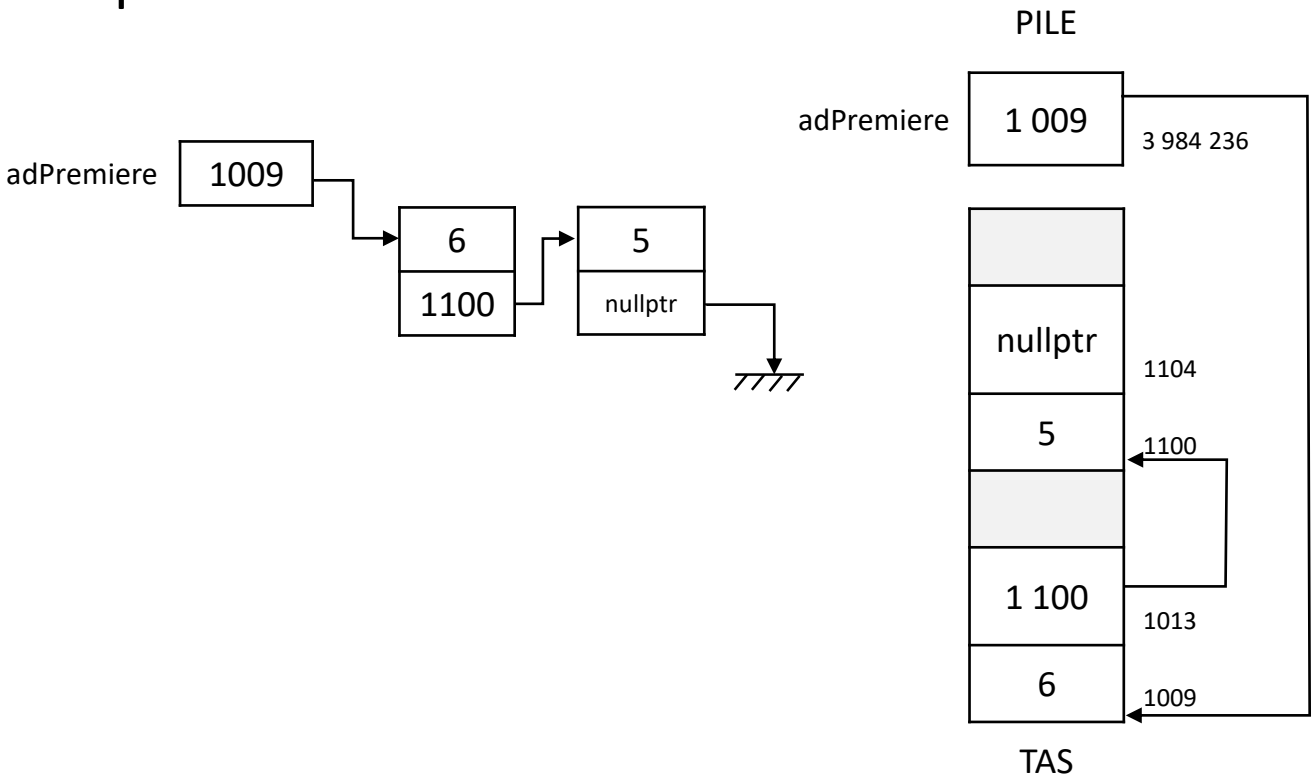
Liste simplement chaînée

- La liste 6,5,-1,9,10,-8,0,5 est représentée graphiquement:



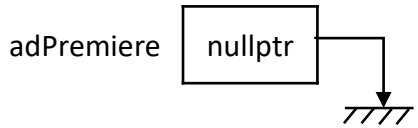
Liste en mémoire

- Les cellules sont allouées dynamiquement sur le tas
- L'objectif est de créer et de libérer les cellules selon les besoins (pas d'emplacement vide, pas de « trou »)
- Exemple en mémoire

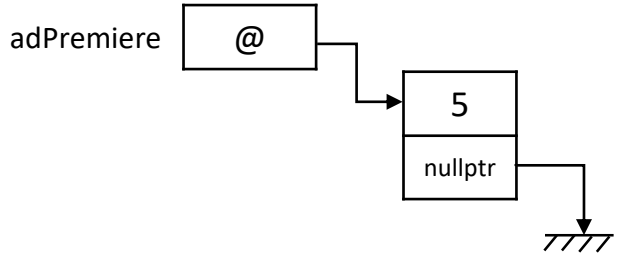


Evolution d'une liste

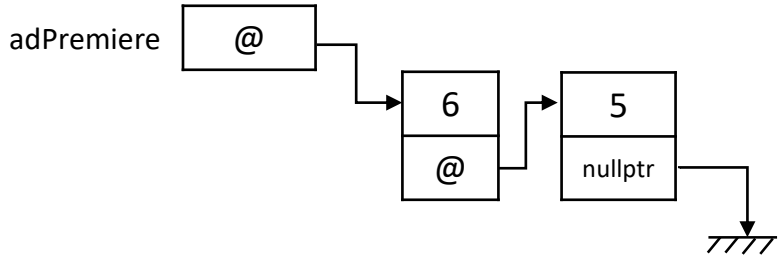
Liste vide



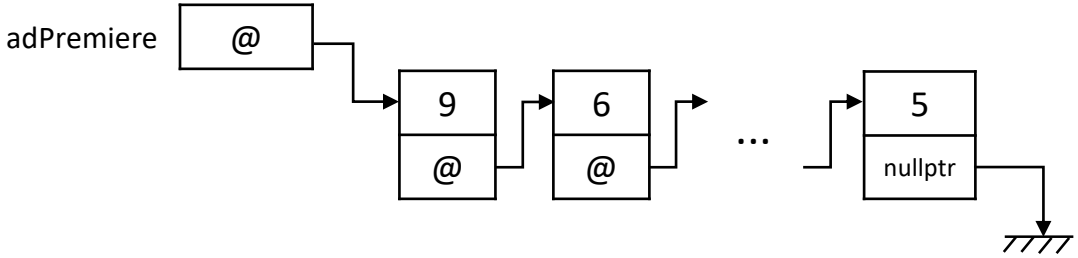
Liste contenant 1 cellule



Liste contenant 2 cellules



Liste contenant plus de 2 cellules

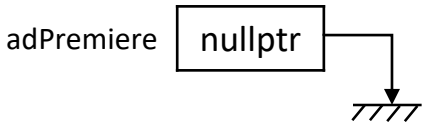


Opérations sur liste chaînée

- Chaînage d'une cellule créée sur le tas
  - en tête de liste
  - en queue de liste
  - à un indice donné
- Parcours des cellules d'une liste
  - affichage des éléments
  - recherche d'un élément
  - lecture ou modification d'un élément
  - réorganisation des éléments (ex. tri)
- Décrochage et libération d'une cellule de la liste

Création d'une liste chaînée

- On a vu que l'initialisation d'une liste doit produire l'état de la mémoire suivant :



- Le constructeur de la classe Liste est donc simplement

Liste.cpp

```
Liste::Liste () {
   adPremiere = nullptr;
}
```

- Ce n'est pas comme le tableau dynamique, il n'y a pas d'emplacement « pré-réservé », on alloue uniquement exactement ce dont on a besoin

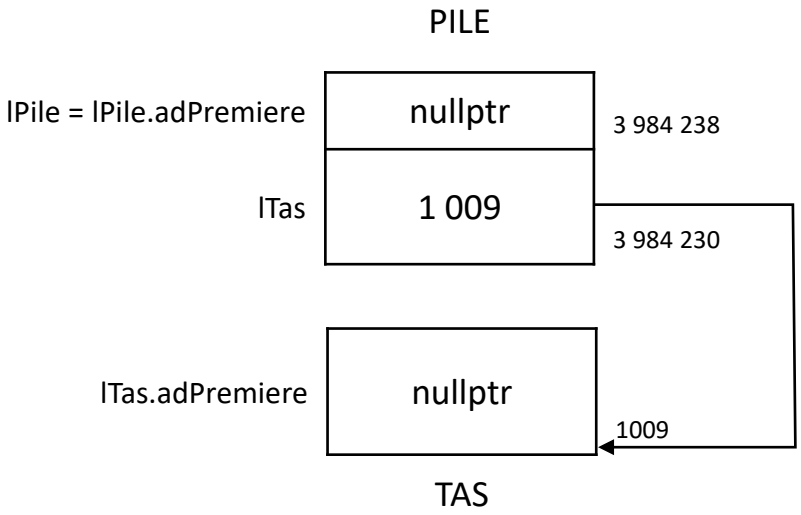
➢ Pas d'espace perdu  (mais il a fallu ajouter de l'espace mémoire pour les champs « suivant »)

Création d'une liste chaînée

- L'appel au constructeur se fait comme avec n'importe quel type (primitif ou abstrait)

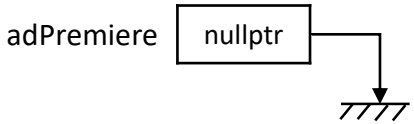
main.cpp

```
Liste lPile;
Liste * lTas = new Liste;
//...
delete lTas;
```

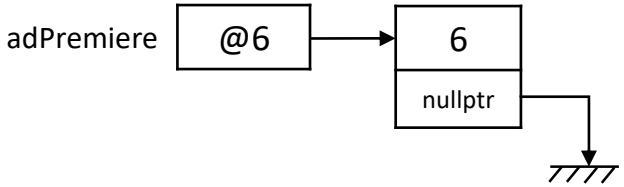


Ajout en tête de liste

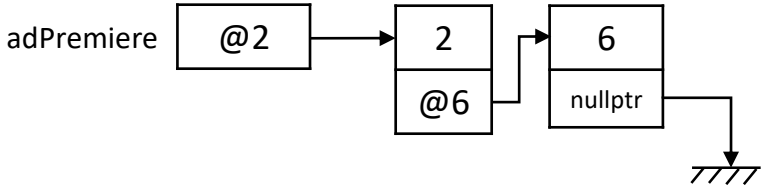
- On veut créer une liste d'entiers dans l'ordre suivant : 5 2 6
  - Etape 1 : initialisation



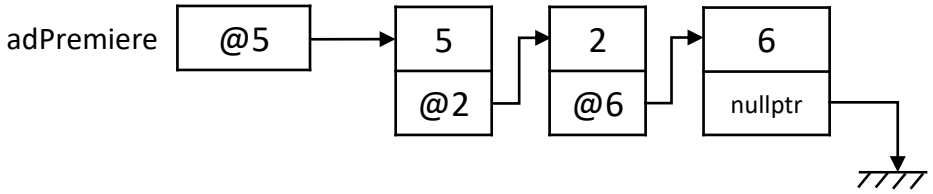
  - Etape 2 : ajout en tête de 6



  - Etape 3 : ajout en tête de 2

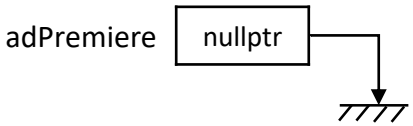


  - Etape 4 : ajout en tête de 5

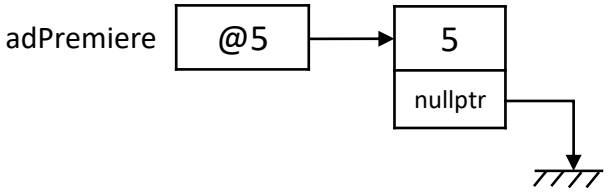


Ajout en queue de liste

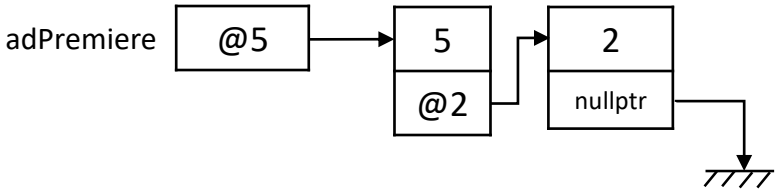
- Ou bien
  - Etape 1 : initialisation



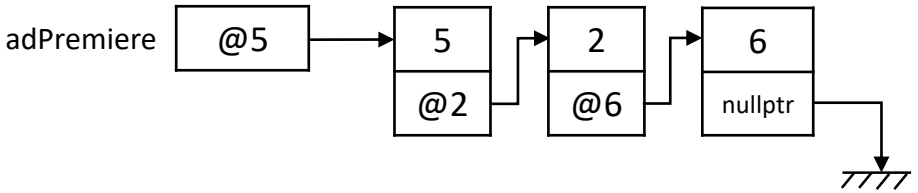
  - Etape 2 : ajout en queue de 5



  - Etape 3 : ajout en queue de 2



  - Etape 4 : ajout en queue de 6



Ajouts en tête et en queue

Ajouter en queue nécessite de parcourir en entier la liste

- on doit trouver l'élément en queue actuellement pour pouvoir ajouter le nouvel élément derrière
- mais dans une liste on a accès uniquement à adPremiere, l'adresse du premier élément de la liste
- il faut donc parcourir toute la liste pour ajouter en queue
- ajouter en queue est donc de complexité linéaire $O(n)$

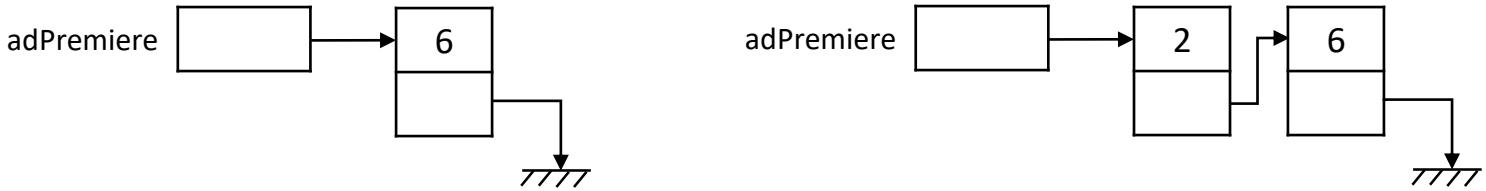
- Par contre, l'ajout en tête est fait indépendamment du nombre d'éléments dans la liste
  - il suffit de remplacer adPremiere par le nouvel élément et de désigner l'ancienne tête comme suivant de la nouvelle
  - ajouter en tête est de complexité constante $O(1)$

Chaînage des cellules

- Que ça soit pour l'ajout en tête ou l'ajout en queue, il faut
  - créer une nouvelle cellule sur le tas
  - affecter son champ « info » à la valeur de l'élément
  - affecter son champ « suivant » à l'adresse de la cellule suivante dans la liste
    - à **nullptr** si on ajoute en queue
    - à adPremiere si on ajoute en tête
    - au suivant de l'élément précédent sinon
  - éventuellement mettre à jour d'autres liens
    - adPremiere si ajout en tête
    - le suivant de l'élément précédent sinon

Ajout en tête de liste

- Pour passer de cette liste à celle là



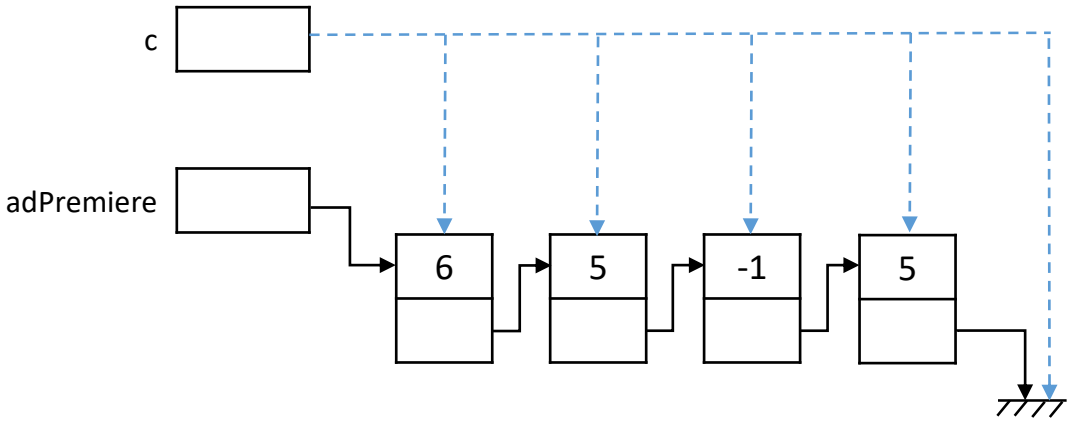
- il faut exécuter les instructions suivantes

```
Cellule * c = new Cellule;
c->info = 2;
c->suivant = adPremiere;
adPremiere = c;
```

- ce qui fonctionne aussi quand la liste est vide (ajout du premier élément) car adPremiere vaut d'abord **nullptr**, est affecté à la donnée membre suivant de la nouvelle cellule qui devient la première cellule

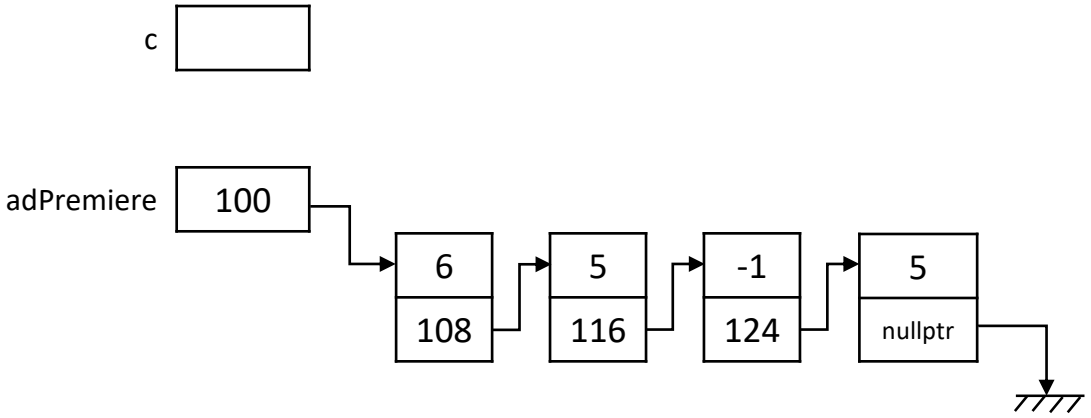
Parcours des éléments d'une liste

- Beaucoup d'algorithmes nécessitent de parcourir tous les éléments d'une liste une et une seule fois
- On utilise une variable temporaire de type pointeur sur Cellule qui débute sur adPremiere et qui utilise les champs « suivant » jusqu'à ce que le pointeur de la cellule soit **nullptr**



Parcours des éléments d'une liste

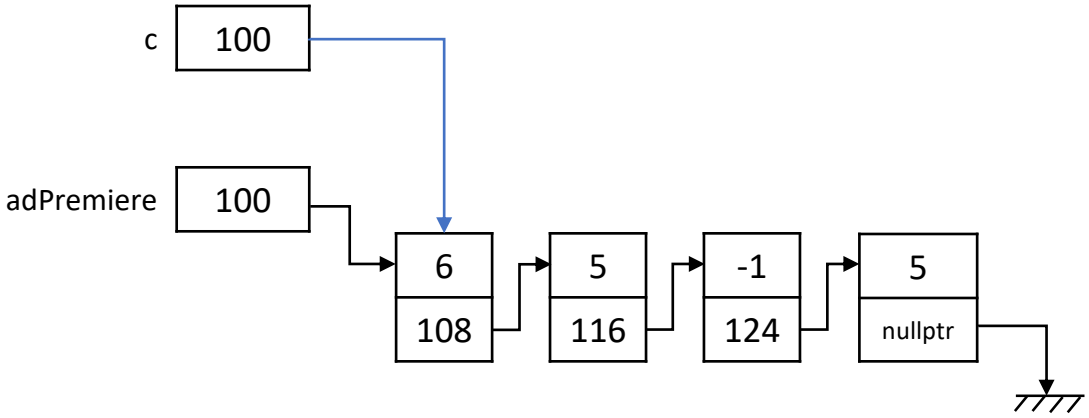
- Exemple pour afficher les éléments de la liste



- Trace écran :

Parcours des éléments d'une liste

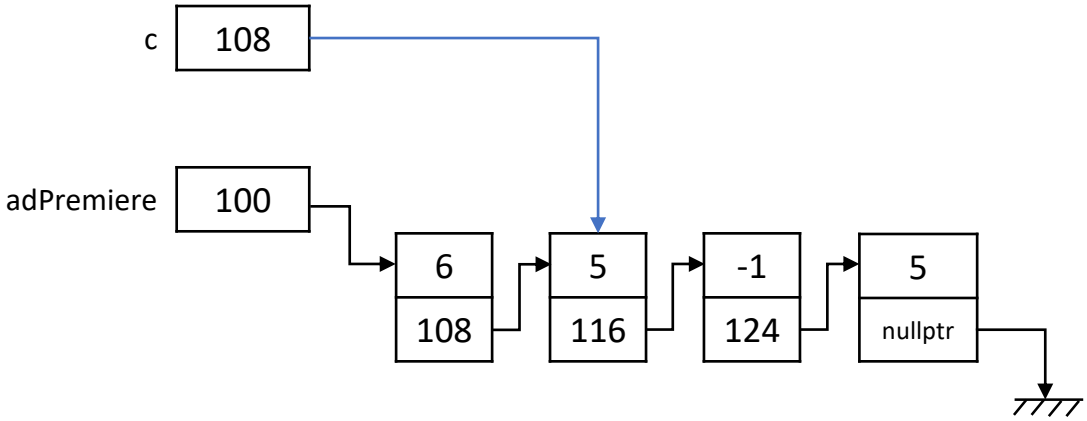
- Exemple pour afficher les éléments de la liste



- Trace écran : 6

Parcours des éléments d'une liste

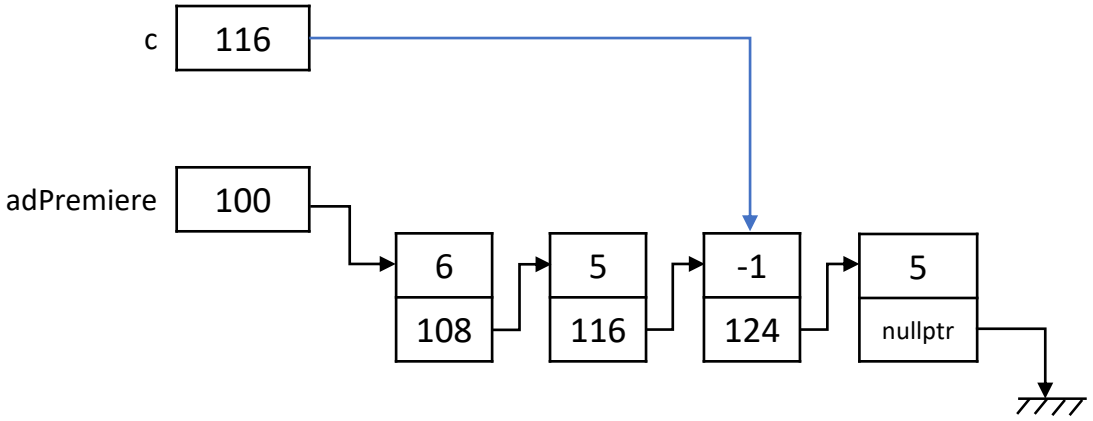
- Exemple pour afficher les éléments de la liste



- Trace écran : 6 5

Parcours des éléments d'une liste

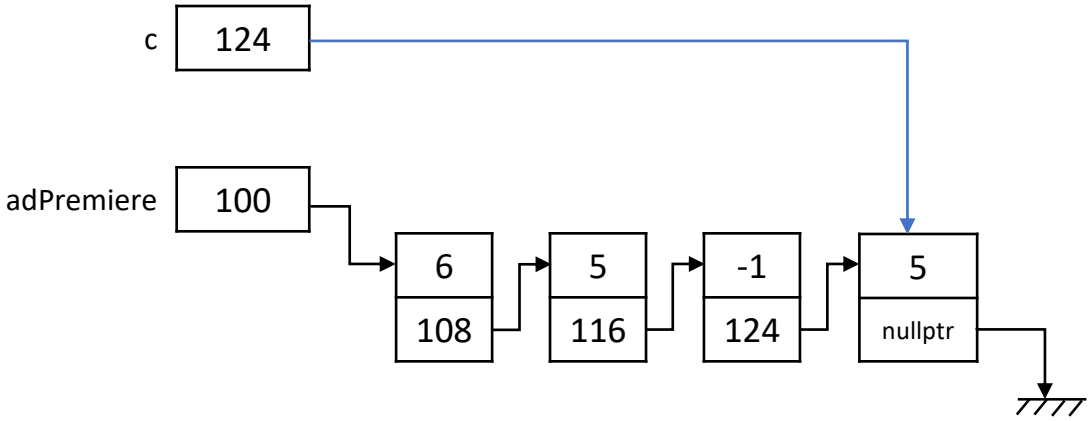
- Exemple pour afficher les éléments de la liste



- Trace écran : 6 5 -1

Parcours des éléments d'une liste

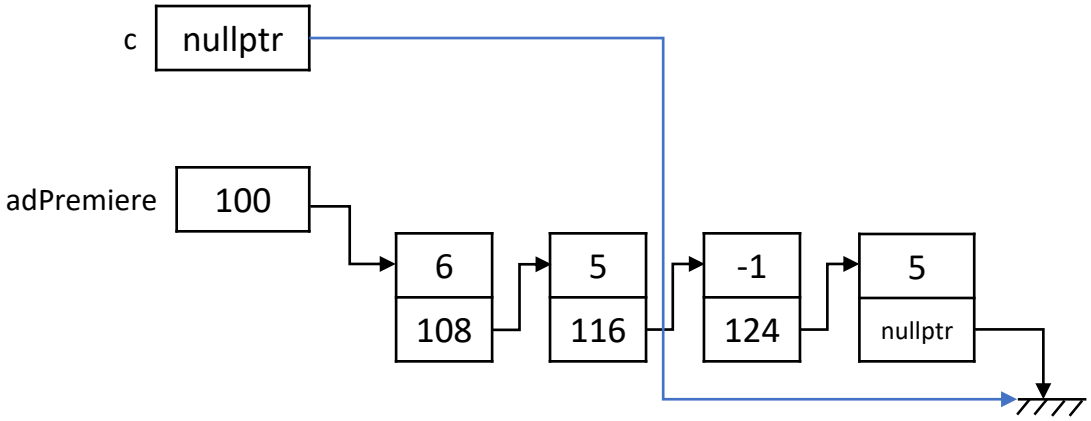
- Exemple pour afficher les éléments de la liste



- Trace écran : 6 5 -1 5

Parcours des éléments d'une liste

- Exemple pour afficher les éléments de la liste



- Trace écran : 6 5 -1 5

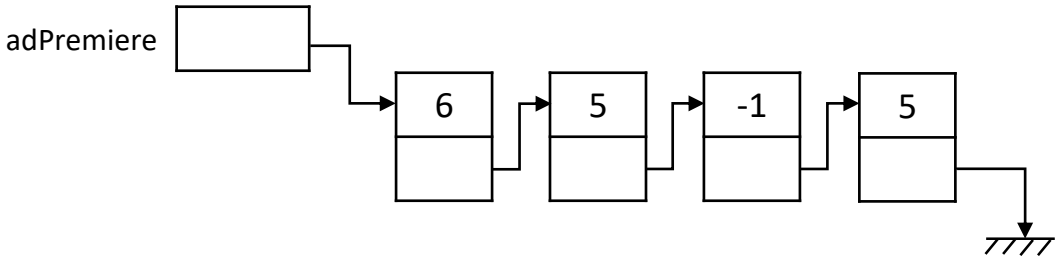
Parcours des éléments d'une liste

- Le code suivant peut donc être utilisé pour itérer sur tous les éléments d'une liste l, du premier (la tête, le plus à gauche) au dernier (la queue, le plus à droite)

```
Cellule * c = l.adPremiere;
while (c != nullptr) {
   // faire ce que l'on veut faire sur l'élément pointé par c
   // par exemple : cout << c->info << " ";
   c = c->suivant;
}
```

Décrochage et libération d'une cellule

- Comment libérer proprement les cellules d'une liste?

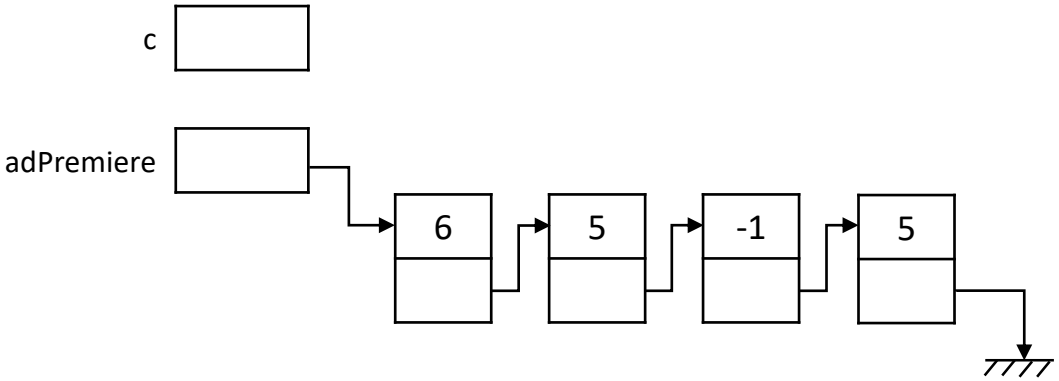


- C'est-à-dire libérer chaque cellule allouée sur le tas, sans en oublier, et obtenir une liste vide

Décrochage et libération d'une cellule

1. Utiliser un pointeur de travail c

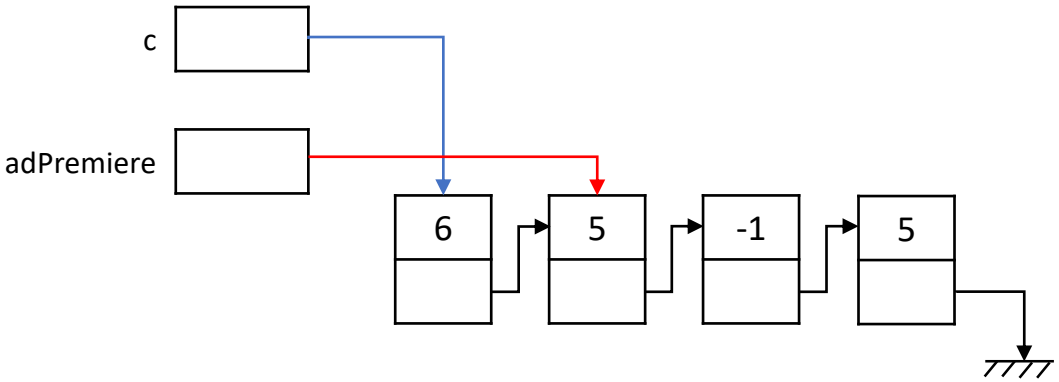
```
Cellule * c;
```



Décrochage et libération d'une cellule

1. Utiliser un pointeur de travail c
2. Isoler, à l'aide de c, la cellule de tête sans perdre le reste de la liste

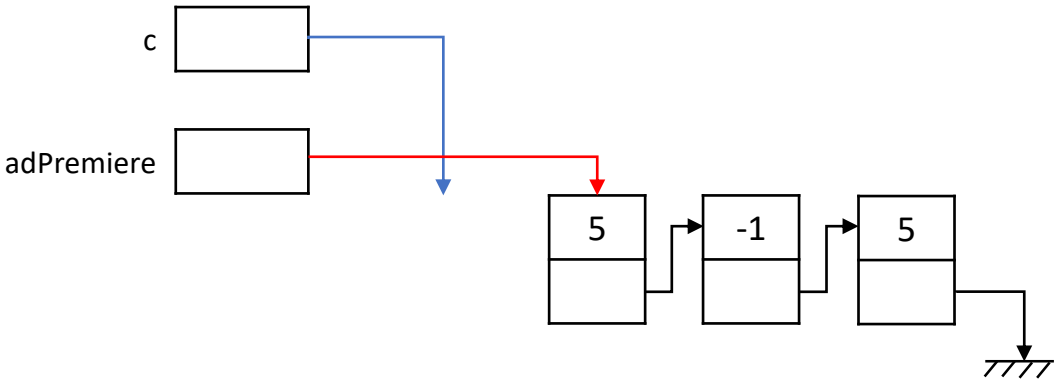
```
c = adPremiere;
adPremiere = c->suivant;
```



Décrochage et libération d'une cellule

1. Utiliser un pointeur de travail c
2. Isoler, à l'aide de c, la cellule de tête sans perdre le reste de la liste
3. Libérer la cellule ainsi isolée

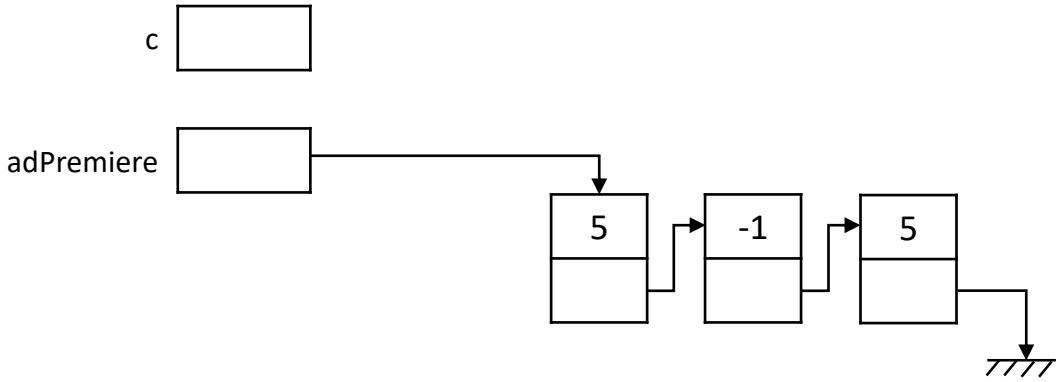
```
delete c;
```



Décrochage et libération d'une cellule

1. Utiliser un pointeur de travail c
2. Isoler, à l'aide de c, la cellule de tête sans perdre le reste de la liste
3. Libérer la cellule ainsi isolée

➢ Recommencer les étapes 2 et 3 jusqu'à ce que la liste soit vide



Décrochage et libération d'une cellule

- On obtient l'algorithme de libération suivant (destructeur et procédure vider)

```
Cellule * c;
while (adPremiere != nullptr) {
   c = adPremiere;
   adPremiere = c->suivant;
   delete c;
}
```

Module Liste

Module Liste {une liste d'éléments}

- **Importer:**
  - Module ElementL
- **Exporter:**
  - Type Cellule
  - Type Liste
    - Constructeur Liste()
      - Postconditions : la liste est une liste vide
    - Destructeur ~Liste()
      - Postconditions : libération de la mémoire utilisée sur le tas, la liste est une liste vide
    - Procédure ajouterEnTete (e: ElementL)
      - Postcondition : une copie de e est ajoutée en tête de liste
      - Paramètre en mode donnée : e
    - Procédure ajouterEnQueue (e: ElementL)
      - Postcondition : une copie de e est ajoutée en queue de liste
      - Paramètre en mode donnée : e
    - ...

Module Liste

- ...
- Procédure vider ()
  - Postcondition : la liste ne contient plus aucune cellule
- Fonction estVide () : booléen
  - Résultat : retourne vrai si la liste est vide, faux sinon
- Fonction iemeElement (indice: entier positif) : ElementL
  - Précondition : 0 <= indice < nombre d'éléments
  - Résultat : retourne l'élément à l'indice passé en paramètre
  - Paramètre en mode donnée : indice
- Procédure modifierIemeElement (e: ElementL, indice : entier positif)
  - Précondition : 0 <= indice < nombre d'éléments
  - Postcondition : l'élément à l'indice passé en paramètre vaut e
  - Paramètre en mode donnée : e, indice
- Procédure afficher ()
  - Postcondition : Les éléments de la liste sont affichés sur la sortie standard
- Procédure supprimerTete ()
  - Postcondition : l'élément en tête de liste est supprimé
- Procédure insererElement (e: ElementL, indice : entier positif)
  - Précondition : 0 <= indice <= nombre d'éléments
  - Postcondition : une copie de e est insérée de sorte qu'elle occupe la position d'indice en paramètre
  - Paramètre en mode donnée : e, indice

Module Liste

- **Implémentation:**
  - Type Cellule = Structure
    info : ElementL
    suivant : lien sur Cellule
    Fin Structure
  - Type Liste = Classe
    adPremiere : lien sur Cellule

    - Constructeur Liste()
      Début
        adPremiere ← **nullptr**
      Fin

    - Fonction estVide ()
      Début
        retourne adPremiere = **nullptr**
      Fin

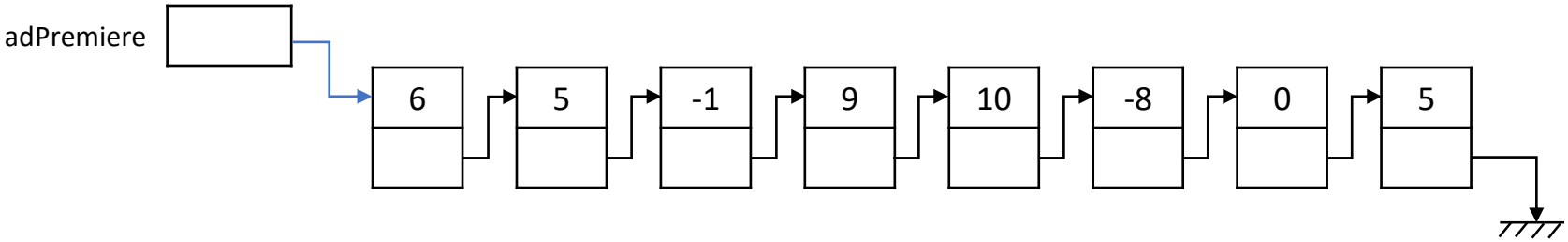
    - Etc.

    Fin Classe

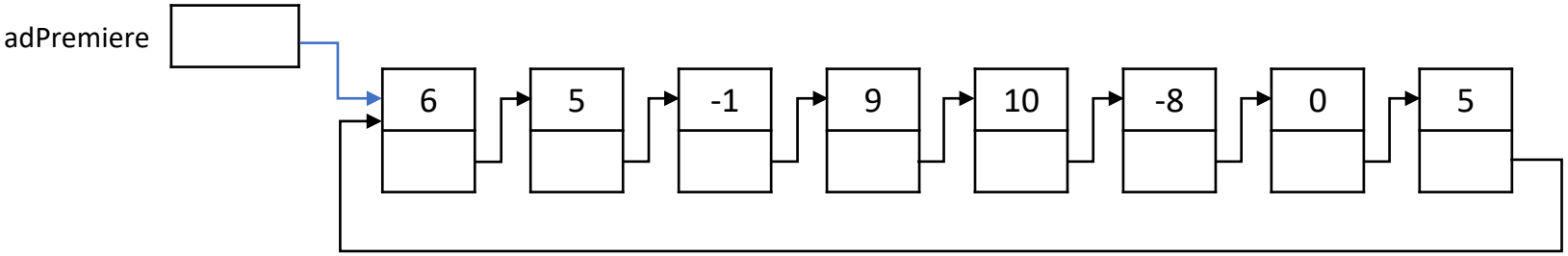
FinModule Liste

Les listes chaînées

- La liste simplement chaînée (CM et TD)

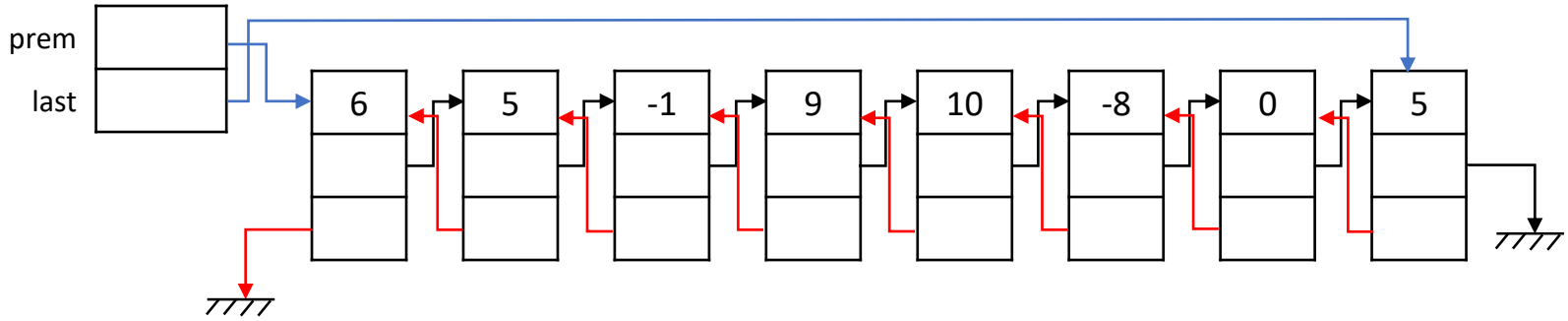


- La liste simplement chaînée circulaire



Les listes chaînées

- La liste doublement chaînée (TP)



- La liste doublement chaînée circulaire