

Listes chaînées

Christophe Viroulaud

Terminale - NSI

**Archi 03**

# Listes chaînées

Christophe Viroulaud

Terminale - NSI

**Archi 03**

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

### Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

vrai en C, un peu différent en Python (haut-niveau)

Quand un tableau est créé, le système lui alloue un espace contigu en mémoire.

h	e	l	l	o	!					
3						9				
							6			
h	e	y	8	5	3	9	1	0	2	!
3	4									

FIGURE 1 – Le tableau est enregistré dans un espace libre

On accède à chaque élément du tableau **en temps constant**. Cependant insérer un nouvel élément devient problématique.

Quand un tableau est créé, le système lui alloue un espace contigu en mémoire.

h	e	l	l	o	!					
	3						9			
								6		
h	e	y	8	5	3	9	1	0	2	!
	3	4								

FIGURE 1 – Le tableau est enregistré dans un espace libre

On accède à chaque élément du tableau **en temps constant**. Cependant insérer un nouvel élément devient problématique.

Comment définir un autre type de structure de données  
qui pallie les limitations d'un tableau ?

Comment définir un autre type de structure de données  
qui pallie les limitations d'un tableau ?

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

# Sommaire

## 1. Liste chaînée

### 1.1 Principe

### 1.2 Comparaison avec un tableau

## 2. Implémentation

## 3. Manipuler une liste chaînée

[Liste chaînée](#)[Principe](#)[Comparaison avec un tableau](#)[Implémentation](#)[Manipuler une liste chaînée](#)[Taille de la liste](#)[N-ième élément](#)[Insertion](#)

pointe vers

# Liste chaînée - principe

Chaque élément :

- prend une place libre quelconque en mémoire.

pointe vers

Chaque élément :

- prend une place libre quelconque en mémoire.
- connaît l'emplacement de l'élément suivant.

## Liste chaînée - principe

Chaque élément :

- prend une place libre quelconque en mémoire.
- connaît l'emplacement de l'élément suivant.

# Listes chaînées

- Liste chaînée
- Principe

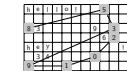


FIGURE 2 – Chaque élément pointe vers le suivant.

tête de liste = dernier élément ajouté (ici 2)

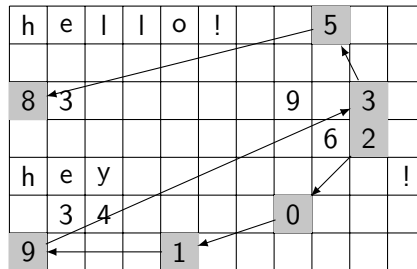


FIGURE 2 – Chaque élément pointe vers le suivant.

## Liste chaînée

## Principe

Comparaison avec un tableau

## Implémentation

## Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

# Sommaire

## 1. Liste chaînée

### 1.1 Principe

### 1.2 Comparaison avec un tableau

## 2. Implémentation

## 3. Manipuler une liste chaînée



## Listes chaînées

## Liste chaînée

## Comparaison avec un tableau

## Comparaison avec un tableau

Comparaison avec un tableau

h	e	l	l	o	!

h	e	l	l	o	!

**Activité 1 :** Comparer l'efficacité des deux structures lors de :

- l'ajout d'un élément,
- l'accès à un élément,
- l'insertion d'un élément.

## Comparaison avec un tableau

h	e	l	l	o	!				
	3					9			
							6		
h	e	y	8	5	3	9	1	0	2
	3	4							

h	e	l	l	o	!		5		
8	3					9		3	
							6	2	
h	e	y							!
	3	4					0		
9									

**Activité 1 :** Comparer l'efficacité des deux structures lors de :

- l'ajout d'un élément,
- l'accès à un élément,
- l'insertion d'un élément.

## Listes chaînées

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

## Implémentation

Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

FIGURE 3 – Pour ajouter 7 au tableau il faut recopier entièrement ce-dernier dans un espace libre.

L'ajout d'un élément à un tableau a une complexité **linéaire** dans le pire des cas.

## Listes chaînées

## Liste chaînée

## Comparaison avec un tableau

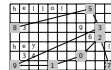


FIGURE 4 – Pour ajouter 7 à la liste, il suffit de modifier la tête de liste.

## À retenir

L'ajout d'un élément à une liste chaînée se fait en temps constant.

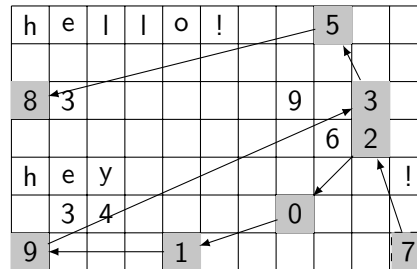


FIGURE 4 – Pour ajouter 7 à la liste, il suffit de modifier la tête de liste.

## À retenir

L'ajout d'un élément à une liste chaînée se fait en temps constant.

## Listes chaînées

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

## Implémentation

Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

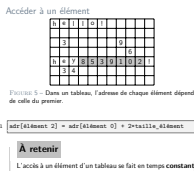
Insertion

## Listes chaînées

## Liste chaînée

## Comparaison avec un tableau

## Accéder à un élément



## Accéder à un élément

h	e	l	l	o	!					
	3						9			
								6		
h	e	y	8	5	3	9	1	0	2	!
	3	4								

FIGURE 5 – Dans un tableau, l'adresse de chaque élément dépend de celle du premier.

1  $\text{adr}[\text{élément } 2] = \text{adr}[\text{élément } 0] + 2 \times \text{taille\_élément}$

**À retenir**

L'accès à un élément d'un tableau se fait en temps **constant**.

## Liste chaînée

## Principe

## Comparaison avec un tableau

## Implémentation

## Manipuler une liste chaînée

## Taille de la liste

## N-ième élément

## Insertion

## Listes chaînées

## Liste chaînée

## Comparaison avec un tableau

h	e	l	l	o	!				
8	3								
h	e	y							
3	4								
9									

FIGURE 6 – Pour accéder à l'élément de rang  $n$  il faut partir de la tête et avancer 5 fois.

## À retenir

L'accès à l'élément de rang  $n$  a une complexité linéaire.

h	e	l	l	o	!				
						5			
8	3						9	3	
							6	2	
h	e	y							!
	3	4					0		
9									
				1					

FIGURE 6 – Pour accéder à l'élément de rang  $n$  il faut partir de la tête et avancer 5 fois.

## À retenir

L'accès à l'élément de rang  $n$  a une complexité **linéaire**.

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

## Implémentation

Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## Liste chaînée

## Comparaison avec un tableau

## Insérer un élément

Insérer un élément

h	e	l	l	o	!				
3				9					
h	e	y	8	5	3	9	1	0	2
3	4								

FIGURE 7 – Pour insérer 7 dans le tableau il faut recopier entièrement ce-dernier dans un espace libre.

## À retenir

L'insertion d'un élément dans un tableau a une complexité **linéaire** dans le pire des cas.

## Insérer un élément

h	e	l	l	o	!				
	3					9			
							6		
h	e	y	8	5	3	9	1	0	2
	3	4							
						7			

FIGURE 7 – Pour insérer 7 dans le tableau il faut recopier entièrement ce-dernier dans un espace libre.

## À retenir

L'insertion d'un élément dans un tableau a une complexité **linéaire** dans le pire des cas.

## Liste chaînée

## Principe

## Comparaison avec un tableau

## Implémentation

## Manipuler une liste chaînée

## Taille de la liste

## N-ième élément

## Insertion

## Listes chaînées

## Liste chaînée

## Comparaison avec un tableau



FIGURE 8 – Pour insérer 7 au rang  $i$  de la liste, il faut modifier le successeur de l'élément de rang  $i$ .

## À retenir

L'insertion d'un élément à une liste chaînée se fait en temps **linéaire**.

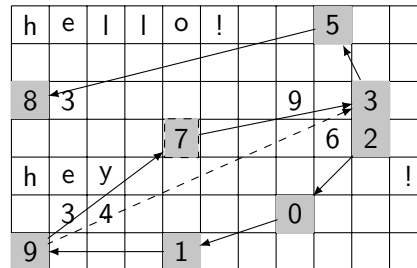


FIGURE 8 – Pour insérer 7 au rang  $i$  de la liste, il faut modifier le successeur de l'élément de rang  $i$ .

## À retenir

L'insertion d'un élément à une liste chaînée se fait en temps **linéaire**.

## Listes chaînées

## Liste chaînée

## Principe

## Comparaison avec un tableau

## Implémentation

## Manipuler une liste chaînée

## Taille de la liste

## N-ième élément

## Insertion

- Listes chaînées
  - Liste chaînée
    - Comparaison avec un tableau
      - Bilan

Bilan

	tableau	liste
ajout	linéaire	constant
accès	constant	linéaire
insertion	linéaire	linéaire

# Bilan

	tableau	liste
ajout	linéaire	constant
accès	constant	linéaire
insertion	linéaire	linéaire

Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

Implémentation

Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion



# Sommaire

1. Liste chaînée

2. **Implémentation**

3. Manipuler une liste chaînée

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion



## Implémentation - le maillon

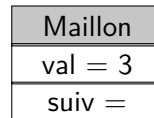


FIGURE 9 – Chaque maillon contient 2 informations

```

1 class Maillon:
2     """
3     Crée un maillon de la liste chaînée
4     """
5
6     def __init__(self, val: int, suiv: object):
7         self.valeur = val
8         self.suivant = suiv
  
```

Code 1 – Un objet Maillon

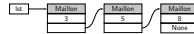


FIGURE 10 – La liste est une succession de maillons

## La liste

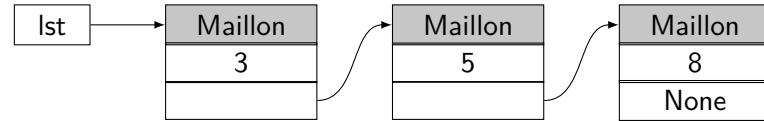


FIGURE 10 – La liste est une succession de maillons

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

```
1 lst = Maillon(3, Maillon(5, Maillon(8, None)))
```

Code 2 – Chaque maillon est le suivant d'un autre.

```
1 lst = Maillon(3, Maillon(5, Maillon(8, None)))
```

Code 2 – Chaque maillon est le suivant d'un autre.

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

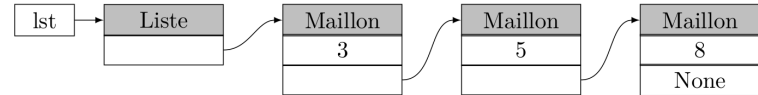
Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

FIGURE 11 – L'objet **Liste** contient une référence à la tête.

## La liste - seconde approche

FIGURE 11 – L'objet **Liste** contient une référence à la tête.

### Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

### Implémentation

#### Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

# Listes chaînées

## Implémentation

1. L'attribut *tete* représente le premier *Maillon*.
2. Une liste vide renvoie alors *None*.

```
1 class Liste:
2     """
3     Crée une liste chaînée
4     """
5     def __init__(self):
6         self.tete: Maillon = None
7
```

Code 3 – Objet Liste

```
1 class Liste:
2     """
3     Crée une liste chaînée
4     """
5
6     def __init__(self):
7         self.tete: Maillon = None
```

Code 3 – Objet Liste

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Activité 2 :

1. Écrire la méthode `est_vide(self) → bool` qui renvoie `True` si la liste est vide, `False` sinon.
2. Écrire la méthode `ajoute(self, val: int) → None` qui ajoute un `Maillon` en tête de la liste.
3. Créer la liste contenant les éléments 8, 5, 3.

**Activité 2 :**

1. Écrire la méthode `est_vide(self) → bool` qui renvoie `True` si la liste est vide, `False` sinon.
2. Écrire la méthode `ajoute(self, val: int) → None` qui ajoute un `Maillon` en tête de la liste.
3. Créer la liste contenant les éléments 8, 5, 3.

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

# Listes chaînées

## Implémentation

```
1 def est_vide(self) -> bool:
2     return self.tete is None
3
4 def ajoute(self, val: int) -> None:
5     self.tete = Maillon(val, self.tete)
```

```
1 lst = Liste()
2 lst.ajoute(8)
3 lst.ajoute(5)
4 lst.ajoute(3)
```

Code 4 – Création de la liste

```
1 def est_vide(self) -> bool:
2     return self.tete is None
3
4 def ajoute(self, val: int) -> None:
5     self.tete = Maillon(val, self.tete)
```

```
1 lst = Liste()
2 lst.ajoute(8)
3 lst.ajoute(5)
4 lst.ajoute(3)
```

Code 4 – Création de la liste

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion



# Listes chaînées

## Implémentation

La méthode `__str__` permettra de visualiser l'état de la liste.

```

1 def __str__(self):
2     s = self.tete
3     s = ""
4     while m is not None:
5         s += str(m.valeur) + " - "
6         m = m.suivant
7     else:
8         s += "fin"
9     return s

1 print(lst)

```

Code 5 – Afficher la liste

La méthode `__str__` permettra de visualiser l'état de la liste.

```

1 def __str__(self):
2     m = self.tete
3     s = ""
4     while m is not None:
5         s += str(m.valeur) + " - "
6         m = m.suivant
7     else:
8         s += "fin"
9     return s

```

```

1 print(lst)

```

Code 5 – Afficher la liste

### Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

### Implémentation

Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

# Sommaire

## 1. Liste chaînée

## 2. Implémentation

## 3. Manipuler une liste chaînée

### 3.1 Taille de la liste

### 3.2 N-ième élément

### 3.3 Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ Taille de la liste

## └ Manipuler une liste chaînée - taille

Manipuler une liste chaînée - taille

Pour connaître la taille de la liste il faut la parcourir entièrement.

## Activité 3 :

1. Écrire la méthode récursive `taille_rec(self, m: Maillon) → int` qui renvoie la taille de la liste démarrant à `m`.
2. Écrire la méthode `taille(self) → int` qui renvoie la taille de la liste. Cette méthode utilisera `taille_rec`.
3. **Pour les plus avancés** : Écrire la méthode native (itérative) `__len__(self) → int` qui redéfinit la fonction `len` pour la classe `Liste`.

## Manipuler une liste chaînée - taille

Pour connaître la taille de la liste il faut la parcourir entièrement.

## Activité 3 :

1. Écrire la méthode récursive `taille_rec(self, m: Maillon) → int` qui renvoie la taille de la liste démarrant à `m`.
2. Écrire la méthode `taille(self) → int` qui renvoie la taille de la liste. Cette méthode utilisera `taille_rec`.
3. **Pour les plus avancés** : Écrire la méthode native (itérative) `__len__(self) → int` qui redéfinit la fonction `len` pour la classe `Liste`.

## Listes chaînées

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

## Implémentation

## Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ Taille de la liste

```
1 def taille_rec(self, m: Maillon) -> int:
2     """
3     méthode interne pour calculer la taille
4     de la chaîne
5     """
6     if m is None:
7         return 0
8     else:
9         return 1 + self.taille_rec(m.suivant)
```

```
1 def taille_rec(self, m: Maillon) -> int:
2     """
3     méthode interne pour calculer la taille
4     de la chaîne
5     """
6     if m is None:
7         return 0
8     else:
9         return 1 + self.taille_rec(m.suivant)
```

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ Taille de la liste

```

1 def taille(self) -> int:
2     """
3     appel principal de la méthode récursive
4     pour mesurer
5     la taille de la chaîne
6     """
7     return self.taille_rec(self.tete)

```

```

1 print(lst.taille())

```

Code 6 – Affichage de la taille de la liste

```

1 def taille(self) -> int:
2     """
3     appel principal de la méthode récursive
4     pour mesurer
5     la taille de la chaîne
6     """
7     return self.taille_rec(self.tete)

```

```

1 print(lst.taille())

```

Code 6 – Affichage de la taille de la liste

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée**Taille de la liste**

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ Taille de la liste

```

1 def __len__(self) -> int:
2     maillon = self.tete
3     taille = 0
4     while maillon is not None:
5         maillon = maillon.suivant
6         taille += 1
7     return taille

1 print(len(lst))

```

Code 7 – Appel de la fonction len

```

1 def __len__(self) -> int:
2     maillon = self.tete
3     taille = 0
4     while maillon is not None:
5         maillon = maillon.suivant
6         taille += 1
7     return taille

```

```

1 print(len(lst))

```

Code 7 – Appel de la fonction len

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

# Sommaire

## 1. Liste chaînée

## 2. Implémentation

## 3. Manipuler une liste chaînée

### 3.1 Taille de la liste

### 3.2 N-ième élément

### 3.3 Insertion

#### Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

#### Implémentation

#### Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

**N-ième élément**

Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ N-ième élément

## └ N-ième élément

N-ième élément  
Il faut parcourir la liste jusqu'au rang  $n$  pour trouver l'élément.

## Activité 4 :

1. Écrire la méthode récursive `get_element_rec(self, n: int m: Maillon) → int` qui renvoie la valeur du  $n$ -ième élément de la liste démarrant à  $m$ .
2. Écrire la méthode `get_element(self) → int` qui renvoie la valeur du  $n$ -ième élément. Cette méthode utilisera `get_element_rec`.
3. **Pour les plus avancés :** Écrire la méthode native (itérative) `__getitem__(self) → int` qui redéfinit la structure à crochets (`lst[n]`) pour la classe `Liste`.

## N-ième élément

Il faut parcourir la liste jusqu'au rang  $n$  pour trouver l'élément.

## Activité 4 :

1. Écrire la méthode récursive `get_element_rec(self, n: int m: Maillon) → int` qui renvoie la valeur du  $n$ -ième élément de la liste démarrant à  $m$ .
2. Écrire la méthode `get_element(self) → int` qui renvoie la valeur du  $n$ -ième élément. Cette méthode utilisera `get_element_rec`.
3. **Pour les plus avancés :** Écrire la méthode native (itérative) `__getitem__(self) → int` qui redéfinit la structure à crochets (`lst[n]`) pour la classe `Liste`.

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un tableau

## Implémentation

Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion



## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ N-ième élément

## └ Correction

Correction

```
1 def get_element_rec(self, n: int, m: Maillon) -> int:
2     """
3     méthode interne pour renvoyer le n-ième élément.
4     """
5     if n == 0:
6         return m.valeur
7     else:
8         return self.get_element_rec(n-1, m.suivant)
```

## Correction

```
1 def get_element_rec(self, n: int, m: Maillon) -> int:
2     """
3     méthode interne pour renvoyer le n-ième élément.
4     """
5     if n == 0:
6         return m.valeur
7     else:
8         return self.get_element_rec(n-1, m.suivant)
```

## Listes chaînées

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ N-ième élément

## └ Correction

Correction

```

1 def get_element_rec(self, n: int, m: Maillon) -> int:
2     """
3     méthode interne pour renvoyer le n-ième élément.
4     """
5     # n est plus grand que la taille de la liste
6     if m is None:
7         raise IndexError("indice invalide")
8     if n == 0:
9         return m.valeur
10    else:
11        return self.get_element_rec(n-1, m.suivant)

```

Code 8 – Avec gestion du dépassement de taille

## Correction

```

1 def get_element_rec(self, n: int, m: Maillon) -> int:
2     """
3     méthode interne pour renvoyer le n-ième élément.
4     """
5     # n est plus grand que la taille de la liste
6     if m is None:
7         raise IndexError("indice invalide")
8     if n == 0:
9         return m.valeur
0     else:
1         return self.get_element_rec(n-1, m.suivant)

```

Code 8 – Avec gestion du dépassement de taille

## Listes chaînées

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ N-ième élément

## └ Correction

Correction

```

1 def get_element(self, n: int) -> int:
2     """
3     appel principal de la méthode récursive pour
      renvoyer le n-ième élément
4     """
5     return self.get_element_rec(n, self.tete)

```

```

1 print(lst.get_element(3))

```

Code 9 – Appel de la fonction

## Correction

```

1 def get_element(self, n: int) -> int:
2     """
3     appel principal de la méthode récursive pour
      renvoyer le n-ième élément
4     """
5     return self.get_element_rec(n, self.tete)

```

```

1 print(lst.get_element(3))

```

Code 9 – Appel de la fonction

## Listes chaînées

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ N-ième élément

```

1 def __getitem__(self, n: int) -> int:
2     """
3     renvoie l'élément de rang n. Les indices
      commencent à 0.
4     """
5     maillon = self.tete
6     i = 0
7     while i < n and maillon is not None:
8         maillon = maillon.suivant
9         i += 1
10
11    if maillon is None:
12        raise IndexError("indice invalide")
13
14    return maillon.valeur

```

```

1 print(lst[3])

```

Code 10 – Appel de la fonction

```

1 def __getitem__(self, n: int) -> int:
2     """
3     renvoie l'élément de rang n. Les indices
      commencent à 0.
4     """
5     maillon = self.tete
6     i = 0
7     while i < n and maillon is not None:
8         maillon = maillon.suivant
9         i += 1
10
11    if maillon is None:
12        raise IndexError("indice invalide")
13
14    return maillon.valeur

```

```

1 print(lst[3])

```

Code 10 – Appel de la fonction

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

# Sommaire

## 1. Liste chaînée

## 2. Implémentation

## 3. Manipuler une liste chaînée

### 3.1 Taille de la liste

### 3.2 N-ième élément

### 3.3 Insertion

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Listes chaînées

## Manipuler une liste chaînée

## Insertion

## Insertion

## Insertion

L'insertion d'un élément au rang  $n$  peut être réalisée sur le même principe. On prendra le parti d'insérer l'élément en fin si la valeur de  $n$  dépasse la taille de la liste.

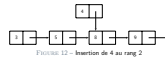


FIGURE 12 – Insertion de 4 au rang 2

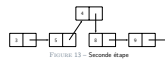


FIGURE 13 – Seconde étape

## Insertion

L'insertion d'un élément au rang  $n$  peut être réalisée sur le même principe. On prendra le parti d'insérer l'élément en fin si la valeur de  $n$  dépasse la taille de la liste.

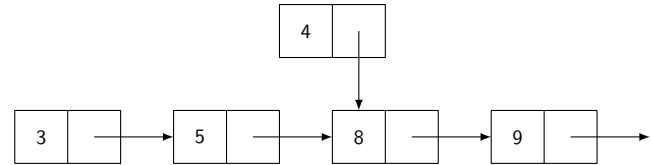


FIGURE 12 – Insertion de 4 au rang 2

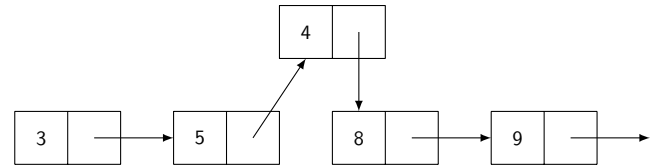


FIGURE 13 – Seconde étape

## Liste chaînée

## Principe

Comparaison avec un tableau

## Implémentation

## Manipuler une liste chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion

## Activité 5 :

1. Écrire la fonction récursive `insérer_rec(self, val: int, n: int, m: object) → None` qui insère l'élément au rang `n`.
2. Écrire la fonction `insérer(self, val: int, n: int) → None` qui insère l'élément `val` au rang `n`. Cette fonction gèrera le cas où `n = 0`.

## Remarque

Il faut remarquer que la fonction `insérer_rec` place en réalité l'élément au rang `n+1`.

## Activité 5 :

1. Écrire la fonction récursive `insérer_rec(self, val: int, n: int, m: object) → None` qui insère l'élément au rang `n`.
2. Écrire la fonction `insérer(self, val: int, n: int) → None` qui insère l'élément `val` au rang `n`. Cette fonction gèrera le cas où `n = 0`.

## Remarque

Il faut remarquer que la fonction `insérer_rec` place en réalité l'élément au rang `n+1`.

## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ Insertion

## └ Correction

Correction

```

1 def inserer_rec(self, val: int, n: int, m:
  object) -> None:
2     """
3     méthode interne pour placer val au rang n
4     si n est trop grand, place l'élément en
      fin de liste
5     """
6     if m.suivant is None or n == 0:
7         nouveau = Maillon(val, m.suivant)
8         m.suivant = nouveau
9     else:
10        self.inserer_rec(val, n-1, m.suivant)

```

## Correction

```

1 def inserer_rec(self, val: int, n: int, m:
  object) -> None:
2     """
3     méthode interne pour placer val au rang n
4     si n est trop grand, place l'élément en
      fin de liste
5     """
6     if m.suivant is None or n == 0:
7         nouveau = Maillon(val, m.suivant)
8         m.suivant = nouveau
9     else:
10        self.inserer_rec(val, n-1, m.suivant)

```

## Listes chaînées

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion



## Listes chaînées

## └ Manipuler une liste chaînée

## └ Insertion

```

1 def inserer(self, val: int, n: int) -> None:
2     """
3     appel principal de l'insertion pour
4     placer val en n
5     """
6     # gestion du cas particulier où l'
7     insertion est en début
8     if n == 0:
9         nouveau = Maillon(val, self.tete)
10        self.tete = nouveau
11    else:
12        # n-1 pour ajuster la position
13        self.inserer_rec(val, n-1, self.tete)

```

```

1 def inserer(self, val: int, n: int) -> None:
2     """
3     appel principal de l'insertion pour
4     placer val en n
5     """
6     # gestion du cas particulier où l'
7     insertion est en début
8     if n == 0:
9         nouveau = Maillon(val, self.tete)
10        self.tete = nouveau
11    else:
12        # n-1 pour ajuster la position
13        self.inserer_rec(val, n-1, self.tete)

```

## Liste chaînée

Principe

Comparaison avec un  
tableau

## Implémentation

Manipuler une liste  
chaînée

Taille de la liste

N-ième élément

Insertion