

# Applications de la récursivité : Tris de tableaux

## 1. Rappels sur les algorithmes de tris vus en classe de première

### Principe du tri par insertion

Le principe du tri par insertion est le suivant : au moment où on considère un élément du tableau à trier, les éléments qui le précèdent sont déjà triés, tandis que les éléments qui le suivent ne sont pas encore triés.

On peut voir sur l'animation suivante extraite de wikipedia :

6 5 3 1 8 7 2 4

La complexité du tri par insertion est  $\mathcal{O}(n^2)$  dans le pire cas et en moyenne, et linéaire dans le meilleur cas (tableau presque trié). C'est donc un tri dont la vitesse d'exécution dépendra fortement de la situation initiale.

#### ▼ Le code en Python

```
1 def tri_insertion(L):
2     N = len(L)
3     for n in range(1, N):
4         cle = L[n]
5         j = n-1
6         while j >= 0 and L[j] > cle:
7             L[j+1] = L[j] # decalage
8             j = j-1
9         L[j+1] = cle
```

## Principe du tri par sélection

Sur un tableau de  $n$  éléments, le principe du tri par sélection est le suivant :

- rechercher le plus petit élément du tableau, et l'échanger avec l'élément d'indice 0 ;
- rechercher le second plus petit élément du tableau, et l'échanger avec l'élément d'indice 1 ;
- continuer de cette façon jusqu'à ce que le tableau soit entièrement trié.

On peut voir sur l'animation suivante extraite de wikipedia :

	8
	5
	2
	6
	9
	3
	1
	4
	0
	7

Cet algorithme de tri, simple à comprendre, est considéré comme mauvais car sa complexité en temps est en  $\mathcal{O}(n^2)$ , que ce soit dans le pire des cas ou bien le meilleur des cas (même pour un tableau déjà trié il faudra faire toutes les comparaisons).

### Le code en Python

```
def tri_selection(tab):  
    for i in range(len(tab)):  
        # Trouver le min  
        min = i  
        for j in range(i+1, len(tab)):  
            if tab[min] > tab[j]:  
                min = j  
  
        tmp = tab[i]  
        tab[i] = tab[min]  
        tab[min] = tmp  
    return tab
```

## 2. Le tri fusion

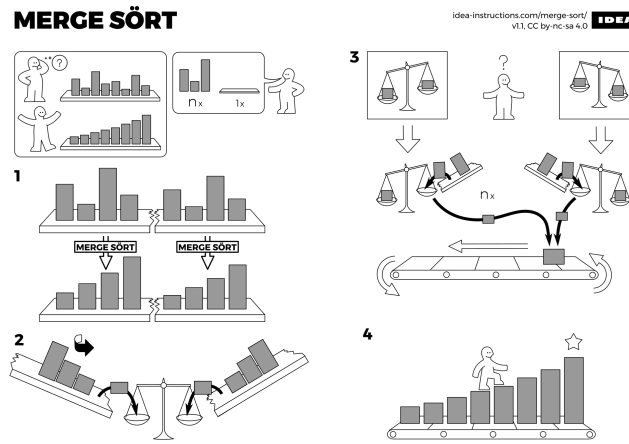


## Principe du Tri Fusion (Merge Sort)

Le principe du **tri fusion**, est de séparer un tableau à trier en **deux sous-tableaux** qu'on triera récursivement (ou itérativement mais ce ne sera pas le cas dans ce cours) de nouveau par tri fusion.

Une fois les sous-tableaux triés, il faudra **fusionner** ces deux sous-tableaux en une seule identité.

Cet algorithme est du type **diviser pour régner** (*Divide and Conquer*) : on sépare la tâche à priori difficile en deux tâches plus simples (ici, il s'agit de diminuer la taille des tableaux). Il a été inventé par **John Von Neumann en 1945**.



## ? Fonction de fusion

### Exercice

La principale difficulté dans cet algorithme est de créer une fonction fusionnant les deux tableaux triés.

1. Avant commencer, regardez la vidéo suivante :

2. De combien de variables compteurs avons nous besoins ?

3. Quel type de boucle allons nous utiliser ?

4. Que se passe-t-il dans la vidéo quand  $j$  atteint la valeur 3 ?

5. Rédiger en langage naturel l'algorithme fusionnant deux tableaux triés.

6. Implémenter une fonction `fusion(t1, t2)` qui prend en argument deux tableaux supposés triés (on ne vérifiera pas), et qui renvoie le tableau trié contenant tous les éléments des deux tableaux `t1` et `t2`. On pourra utiliser les tests suivants pour vérifier que la fonction est correcte :

## Les tests

```
>>> fusion([12,35,45],[4,42,63])
[4, 12, 35, 42, 45, 63]
>>> fusion([12,35], [57])
[12, 35, 57]
>>> fusion([12,35], [42,57])
[12, 35, 42, 57]
>>> fusion([12,35], [])
[12, 35]
>>> fusion([], [12,35])
[12, 35]
>>> fusion([42,57,67,75], [12,35])
[12, 35, 42, 57, 67, 75]
>>> fusion([], [])
[]
```

### Solution

1. C'est beau, c'est fait avec `manim`.
2. En réalité il n'y a que deux compteurs :  $i$  et  $j$ . En effet  $k$  est en permanence égal à  $i + j$ .
3. On peut utiliser une boucle `Pour`, vu que le nombre d'itérations est connu au départ : il s'agit de la somme des longueurs des deux tableaux. Mais il est aussi tout à fait possible d'utiliser une boucle `Tant que`, puisque l'algorithme se poursuit tant qu'un des deux compteurs n'a pas atteint sa position finale.
4. Quand  $j$  atteint la position 3 (soit la longueur du deuxième tableau), il ne reste plus qu'à compléter avec les valeurs restantes du premier tableau.
5. Différentes versions :

#### Version `Pour` sans initialisation du tableau final

```
fonction fusion(t1, t2)
  tf <- tableau vide
  i <- 0
  j <- 0
  n1 <- longueur de t1
  n2 <- longueur de t2
  Pour k allant de 0 à n1+n2-1
    Si i<n1 et j<n2
```

## ? Tri Fusion Récursif

### Exercice

Une fois la fonction `fusion` codée, l'algorithme de tri par fusion est simple :

1. Regardez la vidéo suivante :

2. Quel est le cas de base ?

3. Quel est le cas récursif ?

4. Implémenter une fonction `triFusion(t)` qui prend en argument un tableau et renvoie une copie triée de ce tableau.

### Solution

A venir !

## ? Complexité en temps

### Exercice

1. Copiez-collez le code ci-dessous permettant d'utiliser le décorateur `@timeit` :

```
import time

def timeit(method):

    def timed(*args, **kw):
        ts = time.time()
        result = method(*args, **kw)
        te = time.time()
        print(f" {method.__name__} ( {args}, {kw} ) {te-ts}" )
        return result

    return timed
```

### ! Décorateur @timeit

pour utiliser le décorateur, on le place dans la ligne précédant la définition de la fonction qu'on veut décorer. Par exemple :

```
@timeit
def tri_insertion(tab) :
    ...
```

Chaque fois que la fonction `tri_insertion` sera appelée, le décorateur sera appliqué et exécutera la fonction `timed`, qui calcule le temps d'exécution de la fonction décorée.

Il faudra être attentif à son utilisation **dans le cas des fonctions récursives** ! (Je vous laisse constater par vous même le problème rencontré.)

1. Créer une fonction `genereTab(n)` qui crée un tableau de taille  $n$  d'entiers aléatoires compris entre 0 et  $n^2$ .
2. Créer à l'aide de toutes les fonctions précédentes une fonction `testeTemps(n)` qui compare les temps d'exécution des différents tris pour  $n$  valant 100, 1 000, 10 000. **Attention**, il faudra effectuer à chaque fois les tests sur le même tableau, et donc créer des copies du tableau original avant de le trier (on peut utiliser la fonction `deepcopy` du module `copy`)
3. Que peut-on en conclure quand à la complexité en temps du tri fusion ?

### Solution

A venir !

## i Complexités du tri fusion

La version la plus simple du tri fusion sur les tableaux a une efficacité comparable au tri rapide, mais elle n'opère pas en place : une zone temporaire de données supplémentaire de taille égale à celle de l'entrée est nécessaire (des versions plus complexes peuvent être effectuées sur place mais sont moins rapides). La complexité en temps est en  $\mathcal{O}(n \log(n))$  dans tous les cas, et la complexité en espace est en général en  $\mathcal{O}(n)$ .

### 3. Plus vite ! QuickSort ! (Hors programme)

Principe du QuickSort

