

## T7.3 Recherche par dichotomie

JE CRAQUE WORDLE ! ■■■■■ (grâce aux maths)



### 1. 7.3.1 Préambule

Il s'agit dans ce chapitre d'étudier une *bonne* façon de rechercher une valeur (un entier pour ce qui nous concerne) dans **un tableau/une liste trié.e**.

La stratégie de recherche vue dans le DL4 consiste à restreindre de moitié l'intervalle d'étude à chaque étape. On appelle cela une méthode par dichotomie, du grec ancien διχοτομία, dikhotomia (« division en deux parties »).

La méthode de dichotomie fait partie des méthodes dites «**diviser pour (mieux) régner**», catégorie d'algorithmes que nous étudierons plus en détail en Terminale.

### 2. 7.3.2 Une première méthode

## Recherche séquentielle (par balayage)

C'est la méthode la plus intuitive : on essaie toutes les valeurs (par exemple, dans l'ordre croissant) jusqu'à trouver la bonne.

Écrire une fonction `trouve` qui prend en paramètre une liste et une valeur, et qui renvoie l'indice de la valeur dans la liste si elle y figure, et `None` sinon.

### Script Python

```
>>> lst = [2, 3, 6, 7, 11, 14, 18, 19, 24]
>>> trouve(lst, 14)
5
>>> trouve(lst, 42)
None
```

### Correction



#### Recherche par balayage

```
1 def trouve(tab: list, valeur: int):
2     for k in range(len(tab)):
3         if tab[k] == valeur:
4             return k
5     return None
```

## Terminaison et complexité de la méthode

- On est sûr que cet algorithme s'arrête (boucle `for`).
- Le nombre (maximal) d'opérations nécessaires est proportionnel à la taille de la liste à étudier. Si on appelle  $n$  la longueur de la liste, on dit que cet algorithme est **d'ordre  $n$** , ou **linéaire**, ou en  $O(n)$ .

### 3. 7.3.3 La méthode par dichotomie



## Recherche dichotomique

### Principe de l'algorithme:

- on se place **au milieu** de la liste;
- on compare la valeur cherchée à celle du milieu;
- si la valeur cherchée est inférieure, on ne garde que la première moitié (à gauche) de la liste, sinon on ne garde que la deuxième moitié (à droite);
- on recommence avec la bonne moitié de la liste jusqu'à trouver la valeur cherchée.

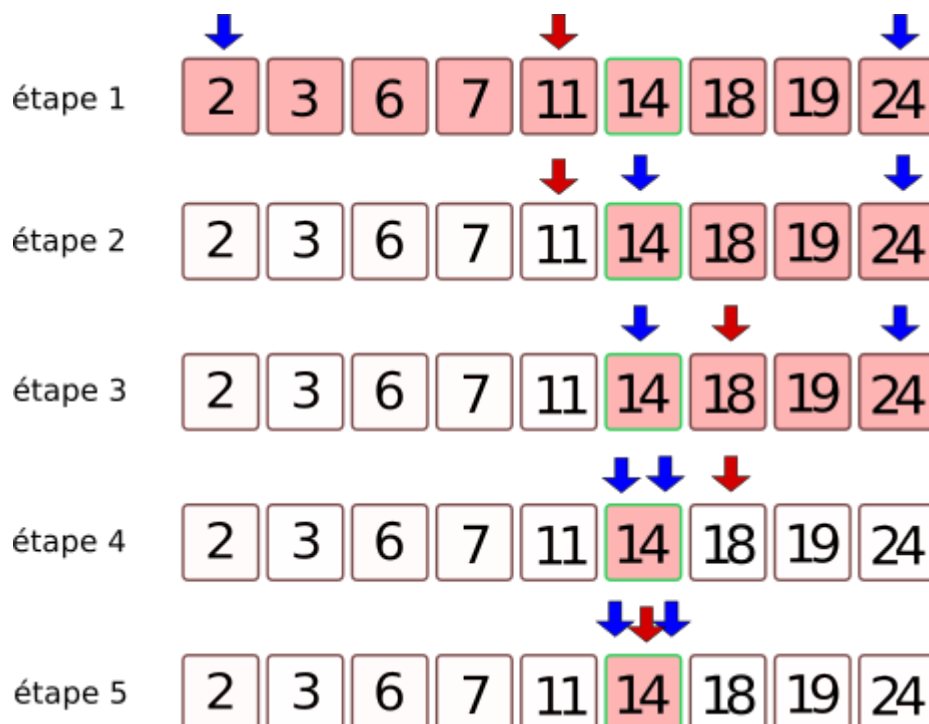
### Exemple

Cherchons la valeur 14 dans la liste suivante:



### Illustration

La flèche rouge indique la valeur centrale, d'indice `indice_centre`, les flèches bleues les valeurs du début et de fin de la liste à traiter, d'indices respectifs `indice_debut` et `_indice_fin`.



- étape 1 : toute la liste est à traiter. On se place sur l'élément central. Ici il y a 9 éléments, donc on se place sur le 4ème, qui est 11.

- étape 2 : on compare 11 à la valeur cherchée (14). Il faut donc garder tout ce qui est supérieur à 11.
- étape 3 : on se place au milieu de la liste des valeurs qu'il reste à traiter. Ici il y a 4 valeurs, donc il n'y a pas de valeur centrale. On va donc se positionner sur la 2ème valeur, qui est 18.
- étape 4 : on compare la valeur 18 à la valeur cherchée : 14. Elle est supérieure, donc on garde ce qui est à gauche. Il n'y a plus qu'une valeur.
- étape 5 : on se place sur la valeur 14 et on compare avec 14. La valeur est trouvée.

### Programmation de l'algorithme

#### Méthode de recherche par dichotomie (à compléter)

```

1  def trouve_dicho(tab: list, valeur: int) :
2      '''
3      Renvoie l'indice de 'valeur' si 'valeur' est trouvée dans la liste 'tab', et
4      None sinon.
5
6      'tab' doit être une liste triée dans l'ordre croissant.
7      '''
8      indice_debut = ...
9      indice_fin = ...
10     while indice_debut <= indice_fin :
11         indice_centre = (... + ...) // 2      # on prend l'indice central
12         valeur_centrale = tab[...]           # on prend la valeur centrale
13         if valeur_centrale == ... :          # si la valeur centrale est la
14     valeur cherchée...
15             return ...
16         elif valeur_centrale < ... :          # si la valeur centrale est trop
17     petite...
18             indice_debut = ...
19         else :
20             indice_fin = ...
21     return ...
22
23     lst = [2, 3, 6, 7, 11, 14, 18, 19, 24]
24
25     assert trouve_dicho(lst, 14) == 5
26     assert trouve_dicho(lst, 3) == 1
27     assert trouve_dicho(lst, 7) == None
28     assert trouve_dicho(lst, 42) == None

```

## ✎ Terminaison et complexité de la méthode

### Terminaison

Contrairement à la première méthode, l'algorithme de recherche par dichotomie contient une boucle `while` : il faut s'assurer que cette boucle s'arrête.

#### 📋 Variant de boucle

Dans la boucle `while`, la valeur `indice_fin - indice_debut` est un **variant de boucle**: c'est un nombre entier positif qui va décroître strictement à chaque passage dans la boucle, ce qui assure la terminaison.

En effet, dans la boucle:

- soit la valeur est trouvée, et le `return` assure la sortie de la boucle;
- soit `indice_debut` augmente d'au moins 1, et donc `indice_fin - indice_debut` diminue strictement;
- soit `indice_fin` diminue d'au moins 1, et donc `indice_fin - indice_debut` diminue strictement.

### Complexité

Dans le pire des cas (la valeur cherchée n'est pas dans la liste), combien d'itérations de la boucle sont nécessaires pour une liste de taille N ?

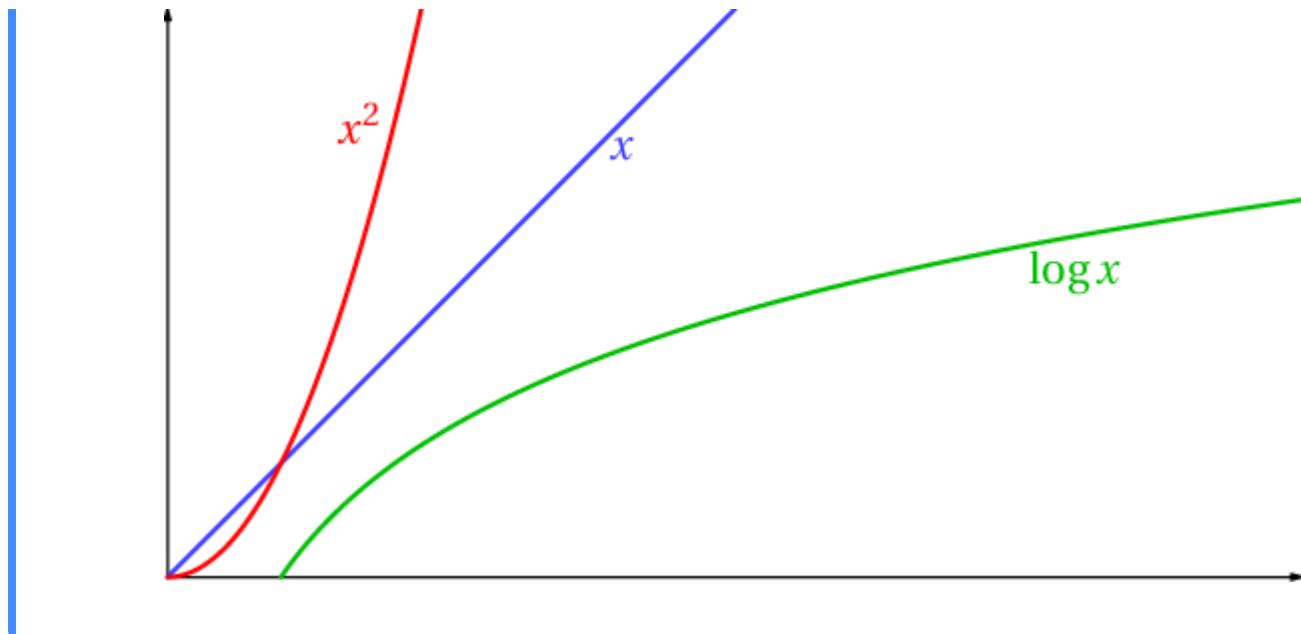
Sachant qu'à chaque itération de la boucle on divise le tableau en 2, cela revient donc à se demander combien de fois faut-il diviser le tableau en 2 pour obtenir, à la fin, un tableau comportant un seul entier ? Autrement dit, combien de fois faut-il diviser N par 2 pour obtenir 1 ?

taille de la liste	1	2	4	8	16	64
nombre d'étapes						

#### 📘 Logarithme

La fonction mathématique *logarithme de base 2* permet de trouver le nombre de puissances de 2 qui contient un nombre N. On note  $\log_2(N)$ .

La complexité de l'algorithme de dichotomie est donc **logarithmique**, en  $O(\log_2(n))$ .



## Exercice : mesure du temps d'exécution

### Énoncé

1. Utiliser la fonction suivante pour mesurer les temps d'exécution des deux fonctions `trouve` et `trouve_dicho` sur 100 appels en cherchant la plus grande valeur de la liste `tab_alea` fournie.

#### Script Python

```
1  import random
2  import time
3
4  def temps_moyen(f, tab: list, valeur: int, n:int) -> float:
5      '''
6          Renvoie le temps moyen d'exécution sur 'n' itérations de la fonction de
7          recherche 'f',
8          appelée sur une recherche de 'valeur' dans la liste 'tab'.
9      '''
10     t_moy = 0
11     for k in range(n):
12         t0 = time.time()
13         f(tab, valeur)
14         t1 = time.time()
15         t_moy += t1 - t0
16     return t_moy / n
17
18 tab_alea=sorted([random.randint(1, 1000000) for _ in range(100000)])
```

2. Recommencer en augmentant la taille de `tab_alea` (x 10) et comparer les temps d'exécution.

### Correction