

## Devoir surveillé n°2 - Corrigé

**Exercice 1 :** 1. On considère  $L=[6,9,4,8,12]$ , donc  $\text{len}(L)=5$ .

Appel de `mystere(L,2)` :

- $i = 2 \neq (5 - 1)$   
 $L[2] \leq L[3]$ , donc **appel à `mystere(L,3)`**
- $i = 3 \neq (5 - 1)$   
 $L[3] \leq L[4]$ , donc **appel à `mystere(L,4)`**
- $i = 4 = (5 - 1)$  donc **le programme s'arrête : `return True`**

Appel de `mystere(L,0)` :

- $i = 0 \neq (5 - 1)$   
 $L[0] \leq L[1]$ , donc **appel à `mystere(L,1)`**
- $i = 1 \neq (5 - 1)$   
 $L[1] > L[2]$ , donc **le programme s'arrête : `return False`**

2. Cette fonction détermine si la liste est **triée dans l'ordre croissant à partir de l'indice  $p$** .

3. Voici une fonction non récursive qui réalise la même chose :

```
1 def croissant(L,p):
2     assert p>=0 and p<=len(L)-1
3     if p==len(L)-1:
4         return True
5     for i in range(p, len(L)-1):
6         if L[i]>L[i+1]:
7             return False
8     return True
```

**Exercice 2 :** 1. (a) Nous créons un dictionnaire vide, et au fur et à mesure du parcours de la liste, nous créons une entrée dans le dictionnaire, ou bien nous actualisons la valeur correspondant à une clef.

```
1 def occurrences(L):
2     d={}
3     for x in L:
4         if x in d:
5             d[x]+=1
6         else:
7             d[x]=1
8     return d
```

(b) Complexité : Notons  $n$  la longueur de la liste  $L$ .

On observe qu'on a une boucle, qui va s'effectuer  $n$  fois, et que chaque tour de boucle a un coût constant : en effet le test `x in d` a **une complexité qui ne dépend pas de la taille du dictionnaire  $d$**  (qui au pire des cas a une taille égale à  $n$ ), ceci est une caractéristique des dictionnaires.

On peut donc évaluer à 3 le cout d'un tour de boucle, et finalement le cout de la fonction est  $C(n) = 1 + 3n + 1 = 3n + 2 = O(n)$ , il s'agit d'une complexité linéaire.

2. (a) Comparaison de deux listes de même longueur en utilisant des dictionnaires :

```

1 def compare(L1,L2):
2   d1=occurrences(L1) #on crée les dictionnaires une fois pour toutes
3   d2=occurrences(L2)
4   for cle in d1:
5     if cle not in d2:
6       return False
7     else:
8       if d1[cle]!=d2[cle]:
9         return False
10  return True

```

(b) Complexité : Notons  $n$  la longueur communes des deux listes.

- On a deux appels à la fonction `occurrences`, donc un coût de  $O(n) + O(n) = O(n)$ .
- On a ensuite une boucle qui tourne au pire  $n$  fois (la taille maximale du dictionnaire `d1`), et chaque tour de boucle a un coût constant (pour les mêmes raisons que dans la question 1(b), le test `cle not in d2` se fait en temps constant), donc finalement l'exécution des tours de boucle à un coût en  $O(n)$ .

Finalement le cout de la fonction est  $C(n) = O(n) + O(n) = O(n)$ , il s'agit d'une complexité linéaire.

**Exercice 3 :** 1. On considère la matrice  $M = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 2 \\ 1 & 9 & 1 \\ 0 & 2 & 8 \end{pmatrix}$ .

Pour effectuer un déplacement de la case  $(0, 0)$  à la case  $(2, 2)$ , on effectue exactement 2 déplacements à droite et 2 déplacements en bas, soit 4 déplacements; l'ordre des déplacements détermine le chemin. Il y a  $\binom{4}{2} = 6$  chemins. Voici les chemins (en notant  $R$  pour droite et  $D$  pour bas) et leurs poids :

- $RRDD$  ( $\rightarrow \rightarrow \downarrow \downarrow$ ) : cases parcourues 5, 3, 2, 1, 8  
somme =  $5 + 3 + 2 + 1 + 8 = 19$ .
- $RDRD$  ( $\rightarrow \downarrow \rightarrow \downarrow$ ) : cases 5, 3, 9, 1, 8  
somme =  $5 + 3 + 9 + 1 + 8 = 26$ .
- $RDDR$  ( $\rightarrow \downarrow \downarrow \rightarrow$ ) : cases 5, 3, 9, 2, 8  
somme =  $5 + 3 + 9 + 2 + 8 = 27$ .
- $DRRD$  ( $\downarrow \rightarrow \rightarrow \downarrow$ ) : cases 5, 1, 9, 1, 8  
somme =  $5 + 1 + 9 + 1 + 8 = 24$ .
- $DRDR$  ( $\downarrow \rightarrow \downarrow \rightarrow$ ) : cases 5, 1, 9, 2, 8  
somme =  $5 + 1 + 9 + 2 + 8 = 25$ .
- $DDRR$  ( $\downarrow \downarrow \rightarrow \rightarrow$ ) : cases 5, 1, 0, 2, 8  
somme =  $5 + 1 + 0 + 2 + 8 = 16$ .

Donc le poids maximal obtenu est 27, atteint par le chemin  $RDDR$  ( $\rightarrow \downarrow \downarrow \rightarrow$ ).

2. (a) Pour aller de  $(0, 0)$  à  $(n - 1, n - 1)$  on doit effectuer exactement  $(n - 1)$  déplacements vers la droite et  $(n - 1)$  déplacements vers le bas, soit au total  $2(n - 1)$  déplacements.

Choisir un chemin revient donc à choisir où placer les  $(n - 1)$  déplacements vers le bas parmi les  $2(n - 1)$  déplacements à faire. (les autres déplacements seront alors automatiquement des déplacements vers la droite). Le nombre de chemins possibles est donc  $\binom{2(n - 1)}{n - 1}$ .

(b) Posons  $k = n - 1$ . On obtient :

$$\binom{2k}{k} = \frac{(2k)!}{k! k!} \sim \frac{\sqrt{2\pi(2k)} (2k)^{2k} e^{-2k}}{(\sqrt{2\pi k} k^k e^{-k})^2} = \frac{\sqrt{4\pi k} (2k)^{2k} e^{-2k}}{2\pi k k^{2k} e^{-2k}} = \frac{(2k)^{2k}}{k^{2k}} \cdot \frac{\sqrt{4\pi k}}{2\pi k}.$$

Simplifions :

$$\frac{(2k)^{2k}}{k^{2k}} = (2^2)^k = 4^k, \quad \frac{\sqrt{4\pi k}}{2\pi k} = \frac{2\sqrt{\pi k}}{2\pi k} = \frac{1}{\sqrt{\pi k}}.$$

Donc  $\binom{2k}{k} \sim \frac{4^k}{\sqrt{\pi k}}$ , et en remplaçant  $k = n - 1$  :  $\boxed{\binom{2(n-1)}{n-1} \sim \frac{4^{n-1}}{\sqrt{\pi(n-1)}}}$ .

### Complexité de l'approche exhaustive :

Un algorithme qui énumère tous les chemins et calcule la somme pour chacun aura une complexité proportionnelle au nombre de chemins fois le coût par chemin. Chaque chemin comporte  $2(n-1)$  déplacements, donc un coût  $O(n)$  par chemin.

Ainsi la complexité temporelle est  $O\left(n \cdot \frac{4^{n-1}}{\sqrt{\pi(n-1)}}\right)$  qui est *exponentielle* en  $n$ .

On peut résumer en disant que l'approche exhaustive a une complexité exponentielle en  $n$ .

3. (a) Une implémentation simple en Python :

```
1 def max2(a, b):
2     if a >= b:
3         return a
4     else:
5         return b
```

(b) **Cas terminal** : si  $(i, j) = (n-1, n-1)$  alors `poids_max(n-1, n-1) = M[n-1][n-1]`.

(c) **Bord droit** : si  $i = n-1$  et  $j \neq n-1$  (dernière ligne, on ne peut que faire des déplacements à droite), alors `poids_max(i, j) = M[i][j] + poids_max(i, j+1)`.

(On ajoute la valeur courante et on continue uniquement vers la droite.)

(d) **Bord bas** : si  $j = n-1$  et  $i \neq n-1$  (dernière colonne, on ne peut que descendre), alors `poids_max(i, j) = M[i][j] + poids_max(i+1, j)`.

(e) **Cas général** : si  $i \neq n-1$  et  $j \neq n-1$ , on a le choix entre aller à droite ou aller en bas, donc `poids_max(i, j) = M[i][j] + max2(poids_max(i, j+1), poids_max(i+1, j))`.

(f) Voici un script Python qui implémente `poids_max(M, i, j)` de façon récursive et qui utilise un dictionnaire `D` pour mémoriser les sous-résultats.

```
1 D={} #dictionnaire pour la mémorisation;
2     #clef = (i, j), valeur = poids_max à partir de (i, j)
3 def poids_max(M, i, j):
4     if (i, j) in D:
5         return D[(i, j)]
6     n=len(M)
7     if i==n-1 and j==n-1:
8         D[(i, j)]=M[i][j]
9         return D[(i, j)]
10    if i==n-1 and j!=n-1:
11        D[(i, j)]=M[i][j]+poids_max(M, i, j+1)
12        return D[(i, j)]
13    if i!=n-1 and j==n-1:
14        D[(i, j)]=M[i][j]+poids_max(M, i+1, j)
15        return D[(i, j)]
16    D[(i, j)]=M[i][j]+max2(poids_max(M, i+1, j), poids_max(M, i, j+1))
17    return D[(i, j)]
```

(g) Pour obtenir le poids maximal global, appeler `poids_max(M, 0, 0)`.