

**Exercice 1 – Fonction mystère**

**Question 1** Sans coder la fonction, déterminer le résultat de l'instruction `print(mystere([14, 20, 3, 16]))` ? Vous pourrez représenter de façon graphique l'empilement et le dépilement de la pile d'exécution.

**Question 2** D'après vous quel est le but de cette fonction ?

**Question 3** Programmer la fonction et tester l'instruction précédente. Sur plusieurs exemples, vérifiez la conjecture faite à la question précédente.

**Question 4** Question subsidiaire. – Montrer que la propriété suivante est une propriété d'invariance :  $\mathcal{P}(k)$  : l'algorithme retourne le plus petit élément de toute liste de taille  $k$ .

**Correction** Soit  $L$  une liste de taille  $n$ . Alors  $n$  est un variant de boucle car :

- si  $n = 1$  ou  $n = 0$ , l'algorithme se termine ;
- si  $n > 1$  chaque appel récursif est réalisé avec l'argument  $L[0 : n - 1]$ , qui est de longueur  $n - 1$ . Ainsi  $n$  décrit une suite strictement décroissante, jusqu'à ce que  $n = 1$  (terminaison de l'algorithme).

Soit la propriété suivante : soit  $L$  une liste de taille  $k$ . L'appel à la fonction mystère retourne le plus petit élément de  $L$ . Montrons-le par récurrence.

Pour une liste de longueur 0 ou 1, le résultat est immédiat.

Soit une liste de taille  $k + 1$ . Alors  $x$  reçoit le résultat de `mystere(L[0 : k])`. D'après la propriété,  $x$  contient donc le plus petit élément de la liste  $L[0 : k]$ . Ensuite  $x$  est comparé à l'élément  $L[k]$ . Si  $x$  est inférieur à cet élément, c'est donc le plus petit élément, et  $x$  est bien retourné. Sinon c'est que l'élément  $L[k]$  est le plus petit de la liste. C'est bien celui qui est retourné.

La propriété énoncée est donc bien héréditaire, et l'algorithme renvoie bien toujours le minimum de la liste entrée en argument.

**Exercice 2 – Palindrome...**

**Question 1** Programmer la fonction `miroir_it` permettant de répondre au problème de manière itérative.

**Question 2** Programmer la fonction `miroir_rec` permettant de répondre au problème de manière récursive.

**Question 3** Que renvoie la fonction si la chaîne de caractère est "Eh ! ça va la vache" ?

**Question 4** Évaluer la complexité algorithmique de chacune des deux fonctions.

**Exercice 3 – Suite de Fibonacci**

**Question 1** Définir la fonction `fibonacci_it` permettant de calculer  $u_n$  par une méthode itérative. Évaluer la complexité algorithmique de l'algorithme.

**Question 2** Définir la fonction `fibonacci_rec` permettant de calculer  $u_n$  par une méthode récursive « intuitive ». Évaluer la complexité algorithmique de l'algorithme.

**Question 3** Observer comment passer du couple  $(u_n, u_{n+1})$  au couple  $(u_{n+1}, u_{n+2})$ . En déduire une autre méthode récursive pour calculer le  $n^{\text{e}}$  terme de la suite de Fibonacci. Évaluer la complexité algorithmique de l'algorithme.

**Exercice 4 – Les tours de Hanoi**

**Question 1** Résoudre le problème pour  $n = 1$ .

**Correction** Trivial : on déplace le disque du piquet A et on le place sur le piquet C.

**Question 2** On suppose que l'on sait résoudre le problème pour  $n - 1$  disques. Donner alors une résolution du problème pour  $n$  disques.

**Correction** Si l'on sait transférer  $n - 1$  disques, il suffit de transférer  $n - 1$  disques vers le piquet B, puis le  $n$ -ème disque vers le piquet C et enfin de transférer les  $n - 1$  disques du piquet B vers le piquet C.

**Question 3** Écrivez maintenant un programme récur­sif résolvant ce problème. Il s'agit d'écrire un programme `hanoi` ayant quatre arguments  $A$ ,  $B$ ,  $C$  et  $n$  :

- le premier,  $A$ , est le piquet sur lequel se trouvent les disques au départ ;
- le second,  $B$ , est le piquet "de transition" ;
- le troisième,  $C$ , est le piquet sur lequel on veut récupérer les disques à la fin ;
- et enfin le quatrième et dernier argument,  $n$ , est le nombre de disques.

On lui demande également d'afficher tous les déplacements effectués sous forme de chaînes : la chaîne " $a \rightarrow b$ " signifie par exemple que le disque du dessus du piquet  $A$  est déplacé sur le piquet  $B$ . On utilisera le programme d'impression des déplacements suivant :

#### ■ Python

```
def deplace(x, y) :  
    print (x + " -> " + y + "\n")
```

Attention :  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $x$  et  $y$  sont ici de type `string`.

Écrire le programme `hanoi`. Attention : il s'agit d'un programme récursif, qui va donc être très court ! En aucun cas le programme en lui-même ne fait apparaître les opérations effectuées.

#### Correction

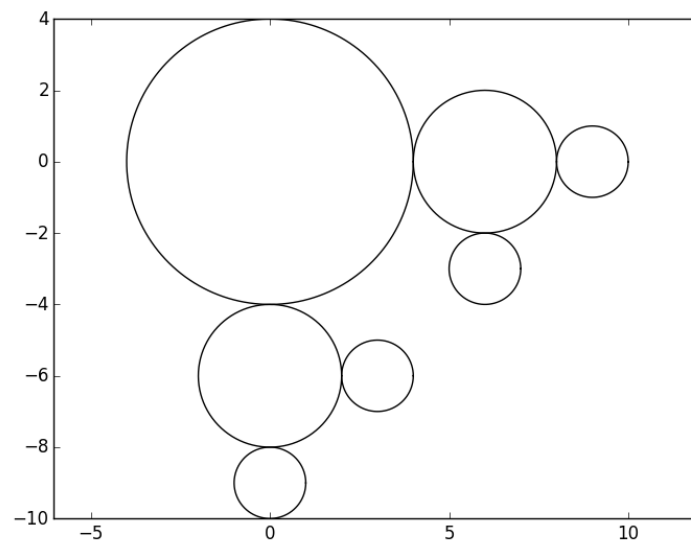
#### ■ Python

```
def hanoi(A, B, C, n) :  
    if n == 1 :  
        deplace(A, C)  
    else :  
        hanoi(A, C, B, n-1)  
        hanoi(A, B, C, 1)  
        hanoi(B, A, C, n-1)
```

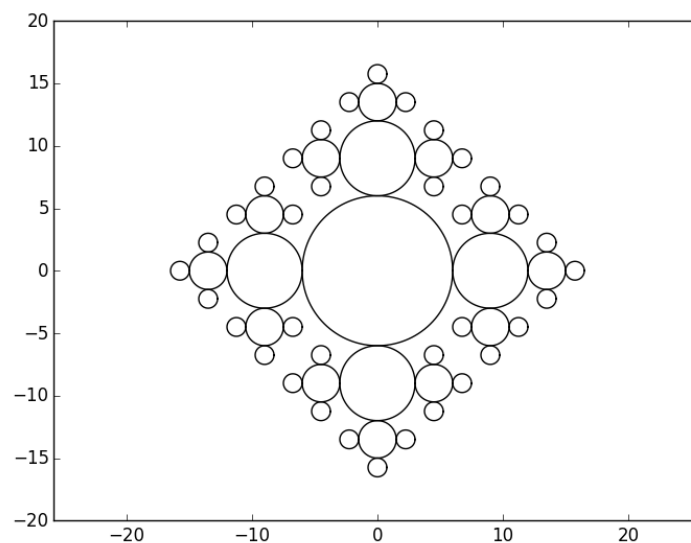
## Exercice 5 – Faisons des Bulles

**Question 1** Écrire une fonction `cercle` d'arguments  $x$ ,  $y$  et  $r$  qui trace le cercle de centre le point  $A(x, y)$  et de rayon  $r$  (supposé strictement positif).

**Question 2** Écrire une fonction récursive `bubble` d'arguments  $x$ ,  $y$ ,  $r$  et  $n$ . Elle effectuera la construction pour un nombre  $n$  d'étapes en ayant pour figure de base le cercle de centre  $A(x, y)$  et de rayon  $r$  (supposé strictement positif). À chaque étape, le rayon du cercle est divisé par 2.



**Question 3** Ecrire une fonction récursive `bubbleComplet` d'arguments `x`, `y`, `r`, `n` et une chaîne de caractères `position`. Elle effectuera la construction ci-dessous pour un nombre `n` d'étapes en ayant pour figure de base le cercle de centre  $A(x, y)$  et de rayon `r` (supposé strictement positif).



**Correction** `### tracé d'un cercle`

`import matplotlib.pyplot as plt`

`import numpy as np`

`def cercle(x,y,r):`

`""" tracé d'un cercle de centre A(x,y) et de rayon r """`

`angles=np.linspace(0,2*np.pi,500)`

`les_X=(x+r*np.cos(angle) for angle in angles)`

`les_Y=(y+r*np.sin(angle) for angle in angles)`

`plt.plot(les_X,les_Y)`

`plt.axis("equal")`

`plt.show()`

`def cerclesRec(x,y,r,n):`

`""" tracé des cercles à droite et en bas du cercle de centre A(x,y) et de rayon r """`

`cercle(x,y,r)`

```

if n>0:
    cerclesRec(x+1.5*r,y,r/2,n-1)
    cerclesRec(x,y-1.5*r,r/2,n-1)

def cerclesRec_2(x,y,r,n,position):
    """ tracé des cercles autour du cercle de centre A(x,y) et de rayon r """
    cercle(x,y,r)
    if n>0:
        if position=='centre':
            cerclesRec_2(x,y+1.5*r,r/2,n-1,'haut')
            cerclesRec_2(x-1.5*r,y,r/2,n-1,'gauche')
            cerclesRec_2(x+1.5*r,y,r/2,n-1,'droite')
            cerclesRec_2(x,y-1.5*r,r/2,n-1,'bas')
        if position=='droite':
            cerclesRec_2(x,y+1.5*r,r/2,n-1,'haut')
            cerclesRec_2(x+1.5*r,y,r/2,n-1,'droite')
            cerclesRec_2(x,y-1.5*r,r/2,n-1,'bas')
        if position=='bas':
            cerclesRec_2(x-1.5*r,y,r/2,n-1,'gauche')
            cerclesRec_2(x+1.5*r,y,r/2,n-1,'droite')
            cerclesRec_2(x,y-1.5*r,r/2,n-1,'bas')
        if position=='gauche':
            cerclesRec_2(x-1.5*r,y,r/2,n-1,'gauche')
            cerclesRec_2(x,y+1.5*r,r/2,n-1,'haut')
            cerclesRec_2(x,y-1.5*r,r/2,n-1,'bas')
        if position=='haut':
            cerclesRec_2(x-1.5*r,y,r/2,n-1,'gauche')
            cerclesRec_2(x+1.5*r,y,r/2,n-1,'droite')
            cerclesRec_2(x,y+1.5*r,r/2,n-1,'haut')

```