

Puissance nième d'un nombre [rc02] - Exercice

Karine Zampieri, Stéphane Rivière

Unisciel  algoprogram  Version 21 mai 2018

Table des matières

1	Puissance nième d'un nombre / pgpuissance	2
1.1	Puissance naïve	2
1.2	Stratégie basée sur la parité	3
1.3	Autre stratégie basée sur la parité	3
1.4	Fonction itérative	5
1.5	Programme de test	5
2	Références générales	6

Python - Puissance nième d'un nombre (Solution)



Mots-Clés Récursivité des actions ■

Requis Schéma itératif ■

Difficulté ●●○



Objectif

Cet exercice calcule récursivement la puissance x^n d'un réel x par un entier $n \geq 0$ de plusieurs manières. Dans le même ordre d'idées, l'exercice @[Fonction produit] calcule récursivement le produit $a \cdot n$ d'un réel a par un entier $n \geq 0$ de plusieurs manières.

1 Puissance nième d'un nombre / pgpuissance

1.1 Puissance naïve

Soient un réel x et un entier $n \geq 0$.

L'idée la plus simple pour le calcul de x^n consiste à utiliser :

$$x^n = \begin{cases} 1 & \text{si } n = 0 \\ x \cdot x^{n-1} & \text{sinon} \end{cases}$$



Écrivez une fonction récursive `puiss1(x,n)` qui calcule et renvoie la puissance d'un réel x (avec $x \neq 0$) et d'un entier positif n à partir de la définition par récurrence.



Validez votre fonction avec la solution.

Solution Python @[pgpuissance.py]

```
def puiss1Rec(x, n, y):
    """ Puissance naive terminale

    :param x: un réel
    :param n: un entier
    :param y: le cumul
    :return: Puissance x^n
    """
    return (y if n == 0 else puiss1Rec(x, n - 1, x * y))

def puiss1(x, n):
    """ Puissance naive (suppose n >= 0)

    :param x: un réel
    :param n: un entier
    :return: Puissance x^n
    """
    return puiss1Rec(x, n, 1.0)
```

Solution commentée

La fonction `puiss1Rec` est récursive terminale.



Combien y a-t-il d'appels récursifs ?

Solution simple

Le nombre d'appels récursifs est n .

1.2 Stratégie basée sur la parité

La propriété suivante accélère le calcul :

$$x^n = \begin{cases} 1 & \text{si } n = 0 \\ (x^{n \operatorname{div} 2})^2 & \text{si } n \text{ pair} \\ x \cdot x^{n-1} & \text{sinon} \end{cases}$$



Écrivez une fonction `carre(x)` qui renvoie le carré de x (réel).



Écrivez une fonction récursive `puiss2(x,n)` qui calcule et renvoie la puissance d'un réel x (avec n entier positif) comme décrit ci-avant.



Validez votre fonction avec la solution.

Solution Python

@[pgpuissance.py]

```

def puiss2(x, n):
    """ Puissance basée sur la parité de n (suppose n >= 0)

    :param x: un réel
    :param n: un entier
    :return: Puissance x^n
    """
    if n == 0:
        return 1.0
    elif n % 2 == 0:
        return carre(puiss2(x, n // 2))
    else:
        return x * carre(puiss2(x, (n - 1) // 2))
  
```

1.3 Autre stratégie basée sur la parité

Une autre façon d'accélérer significativement le calcul de la puissance (en le ramenant à au plus $2 \log_2 n$) est la propriété suivante :

$$x^n = \begin{cases} 1 & \text{si } n = 0 \\ (x^2)^{n \operatorname{div} 2} & \text{si } n \text{ pair} \\ x \cdot x^{n-1} & \text{sinon} \end{cases}$$

Par exemple, on calcule x^{10} en quatre multiplications au lieu de 9 :

$$x^{10} = (x^2)^5 = x^2 \left((x^2)^4 \right) = x^2 \left((x^2)^2 \right)^2$$



Écrivez une fonction récursive `puiss3(x,n)` qui calcule et renvoie la puissance d'un réel x (avec n entier positif) en appliquant la relation ci-dessus.



Validez votre fonction avec la solution.

Solution Python @[pgpuissance.py]

```
def puiss3Rec(x, n, y):
    """ Puissance terminale

    :param x: un réel
    :param n: un entier
    :param y: le cumul
    :return: Puissance x^n
    """
    if n == 0:
        return y
    elif n % 2 == 0:
        return puiss3Rec(x * x, n // 2, y)
    else:
        return puiss3Rec(x, n - 1, x * y)

def puiss3(x, n):
    """ Puissance basée sur la parité de n (suppose n >= 0)

    :param x: un réel
    :param n: un entier
    :return: Puissance x^n
    """
    return puiss3Rec(x, n, 1.0)
```

Solution commentée

La fonction `puiss3Rec` est récursive terminale.



Donnez la suite des transformations de (x,n,y) pour le calcul de 5^8 puis le calcul de 5^7 . Concluez.

Solution simple

Le cas bénéficiant de la plus forte accélération est celui où l'exposant est une puissance de 2. Voici la suite des transformations de (x,n,y) pour le calcul de 5^8 (en trois opérations au lieu de 8) :

(5, 8, 1) -> (25, 4, 1) -> (625, 2, 1) -> (390625, 0, 1)

La situation est moins favorable quand l'exposant n'est pas une puissance de 2 : le calcul de 5^7 se fait en 5 opérations, soit moins de $2 \log_2 7$:

(5, 7, 1) -> (5, 6, 5) -> (25, 3, 5) -> (25, 2, 125) -> (625, 1, 125) ->
(625, 0, 78125)

Cet algorithme est décrit dans le *Chandah Sutra d'Acharya Pingala* (écrit avant 200 ans avant J.C.).

1.4 Fonction itérative

La fonction du problème précédent étant récursive terminale,



Écrivez une fonction itérative `puiss4(x,n)`, équivalente à la version récursive terminale `puiss3(x,n)`, en remplaçant la liste des paramètres des appels récursifs par des affectations appropriées.



Validez votre fonction avec la solution.

Solution Python @[pgpuissance.py]

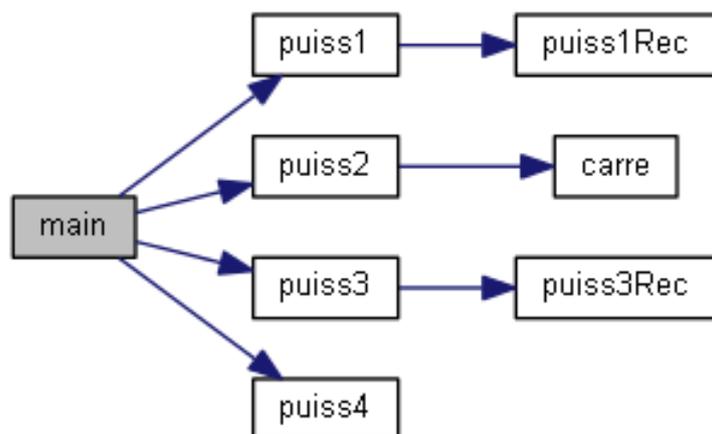
```
def puiss4(x, n):
    """ Puissance itérative basée sur la parité de n (suppose n >= 0)

    :param x: un réel
    :param n: un entier
    :return: Puissance x^n
    """
    y = 1.0
    while n != 0:
        if n % 2 == 0:
            x *= x
            n //= 2
        else:
            y *= x
            n -= 1
    return y
```

1.5 Programme de test



Écrivez un script qui saisit un réel et un entier puis calcule et affiche le résultat de chacune des fonctions.



Testez. Exemple d'exécution :

```

Puissance x? 5
Ordre n? 7
==> puiss1(x,n) vaut 78125
==> puiss2(x,n) vaut 78125
==> puiss3(x,n) vaut 78125
==> puiss4(x,n) vaut 78125
  
```



Validez votre script avec la solution.

Solution Python @[pgpuissance.py]

```

def PGPuissance():
    x = float(input("Puissance x? "))
    n = int(input("Ordre n? "))
    print("==> puiss1(x,n) vaut ", puiss1(x, n), sep="")
    print("==> puiss2(x,n) vaut ", puiss2(x, n), sep="")
    print("==> puiss3(x,n) vaut ", puiss3(x, n), sep="")
    print("==> puiss4(x,n) vaut ", puiss4(x, n), sep="")
  
```

2 Références générales

Comprend [Divay-CC1 :c1 :xm5] ■