Documenter et tester un programme

1ère NSI

Germain Becker, Lycée Emmanuel Mounier à Angers

Introduction

Utilisateur
(d'une fonction)

- Pas besoin
  - de connaître le code
  - de comprendre le code
- Besoin de connaître le rôle de la fonction
  = ce que fait la fonction
  (pour pouvoir l'utiliser)

Programmeur
(d'une fonction ou d'un programme)

- Doit expliquer ce que fait son programme
  → création d'une **documentation**
- Doit s'assurer que son programme est correct
  → mise en place d'un **jeux de tests**

Que « fait » un programme ?

À quoi sert cette fonction ?

In [1]:
```
def f(x, n):
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

- En analysant un peu, on peut essayer de comprendre le rôle de la fonction…
- Mais :
  - Ni le temps ni l'envie
  - Surtout : ce n'est pas notre travail !

Mieux :

In [2]:
```
def puissance(x, n):
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

- Mais pas suffisant…
- Calcul d'une puissance…
  - x^n
  - n^x
  - Autre chose ?
  - Pour quelles valeurs de x ? De n ?

Documenter un programme

- Le programmeur doit toujours expliquer son programme (ici sa fonction)
- Première possibilité :

In [3]:
```
# fonction qui renvoie la valeur de x^n
def puissance(x, n):
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

- Beaucoup mieux : utiliser une **chaîne de documentation** (ou **docstring** en anglais)
  - Au début du code de la fonction
  - Entre triples guillemets

In [4]:
```
def puissance(x, n):
    """
    Renvoie la valeur de x^n.
    """
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

Documenter un programme

- Car permet à l'utilisateur de la consulter avec la fonction `help()` :

In [4]:
```
def puissance(x, n):
    """
    Renvoie la valeur de x^n.
    """
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

In [5]:
```
help(puissance)
```

```
Help on function puissance in module __main__:

puissance(x, n)
    Renvoie la valeur de x^n.
```

In [6]:
```
help(abs)  # abs est la fonction valeur absolue
```

```
Help on built-in function abs in module builtins:

abs(x, /)
    Return the absolute value of the argument.
```

In [7]:
```
help(len)
```

```
Help on built-in function len in module builtins:

len(obj, /)
    Return the number of items in a container.
```

Documenter un programme

- Maintenant que l'utilisateur connaît le rôle de cette fonction, il peut l'utiliser sereinement :

```
In [8]:  puissance(2, 3) # renvoie bien la valeur de 2^3
Out[8]:  8

In [9]:  puissance(0.5, 2) # renvoie bien la valeur de (1/2)^2 = 1/4
Out[9]:  0.25

In [10]: puissance(-2, 5) # renvoie bien la valeur de (-2)^5 = -32
Out[10]: -32
```

Documenter un programme

- … ou pas… :

```
In [11]: puissance(2, -3)  # ne renvoie pas la valeur de 2^(-3) = 1/8

Out[11]: 1

In [12]: puissance(4, 1/2) # ne renvoie pas la valeur de 4^(1/2) = 2 mais lève une erreur

---------------------------------------------------------------------------
TypeError                                 Traceback (most recent call last)
<ipython-input-12-de97611f6342> in <module>
----> 1 puissance(4, 1/2) # ne renvoie pas la valeur de 4^(1/2) = 2 mais lève une erreur

<ipython-input-4-81cdac8eae66> in puissance(x, n)
      4     """
      5     r = 1
----> 6     for i in range(n):
      7         r = r * x
      8     return r

TypeError: 'float' object cannot be interpreted as an integer
```

Documenter un programme

- Il faut être précis dans sa chaîne de documentation !
  - **Rôle** de la fonction
  - Les **paramètres** et les **valeurs acceptées** (= *préconditions*)
  - La ou les **valeurs renvoyée(s)** + éventuelles conditions sur ces valeurs (= *postconditions*)

In [13]:
```
def puissance(x, n):
    """
    Renvoie la valeur de x^n, où x est un flottant et n est un entier positif ou nul.
    """
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

Documenter un programme

- Il faut être précis dans sa documentation !
  - Une version plus « professionnelle » :

In [14]:
```
def puissance(x, n):
    """
    Renvoie la valeur de x^n.

    Paramètres
    ----------
        x : float
        n : int
            n doit être positif ou nul
    """
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

Documenter un programme

- Faire les exercices 1 et 2

Programmation défensive

- Le programmeur a fait correctement son travail si sa fonction est correcte et bien documentée :

In [13]:
```
def puissance(x, n):
    """
    Renvoie la valeur de x^n, où x est un flottant et n est un entier positif ou nul.
    """
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

- Et si l'utilisateur essaie d'appeler la fonction avec des paramètres d'entrée ne respectant pas les préconditions ?

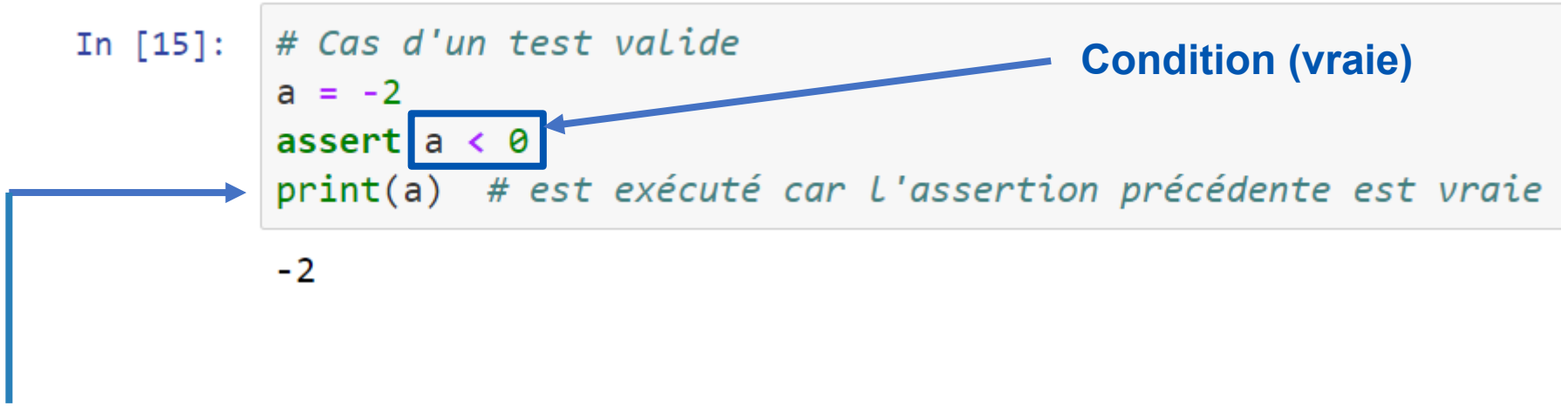
In [11]:
```
puissance(2, -3)
```

Out[11]: 1

→ C'est de la faute de l'utilisateur !

Programmation défensive

- Néanmoins, le programmeur a la possibilité de faire en sorte que sa fonction soit bien utilisée : grâce à la construction `assert`



Programmation défensive

- Néanmoins, le programmeur a la possibilité de faire en sorte que sa fonction soit bien utilisée : grâce à la construction `assert`

```
In [16]: # Cas d'un test invalide
         a = -2
         assert a >= 0
         print(a)  # n'est pas exécuté car l'assertion précédente est fausse
```

Condition (fausse)

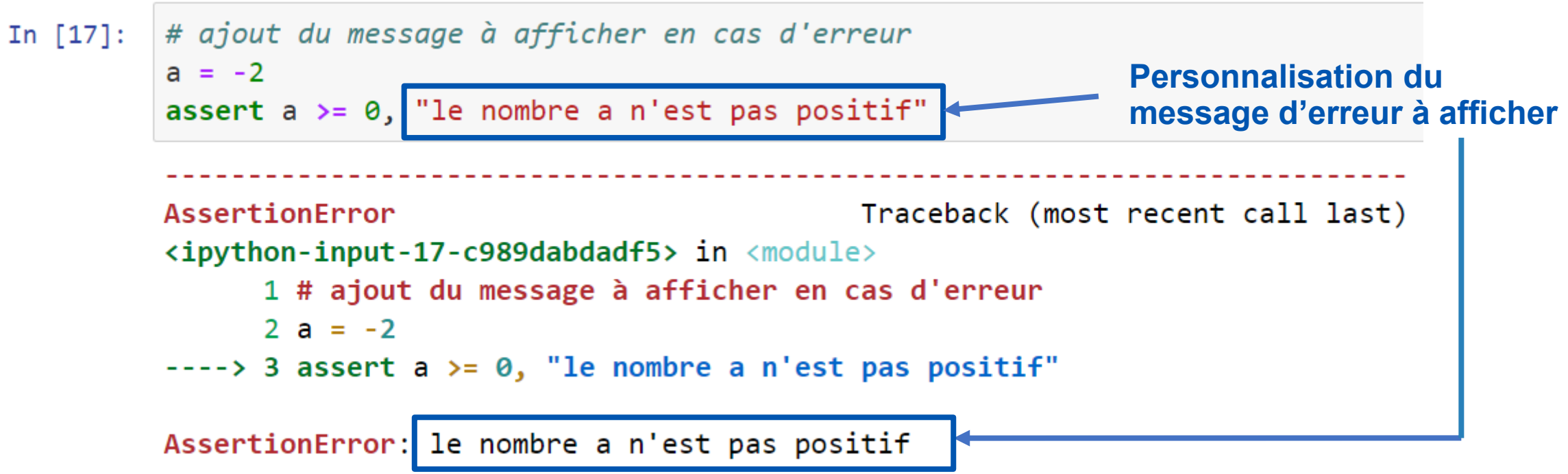
```
---------------------------------------------------------------------------
AssertionError                            Traceback (most recent call last)
<ipython-input-16-2b60d98e5060> in <module>
      1 # Cas d'un test invalide
      2 a = -2
----> 3 assert a >= 0
      4 print(a)  # n'est pas exécuté car l'assertion précédente est fausse

AssertionError:
```

Une erreur de type `AssertionError` (erreur d'assertion) est levée

Le reste du code n'est pas exécuté car la condition est fausse

Programmation défensive

- On peut personnaliser le message d'erreur :



Programmation défensive

- Utilisation sur notre exemple :

In [18]:
```
def puissance(x, n):
    """
    Renvoie la valeur de x^n, où x est un flottant et n est un entier positif ou nul.
    """
    assert type(n) == int and n >= 0, "n n'est pas un entier positif ou nul"
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

- Pas de problème en cas d'assertion vraie :

In [20]:
```
puissance(2, 3)  # précondition vérifiée
```

Out[20]: 8

Programmation défensive

- Et interruption de la fonction en cas d'assertion fausse :

```
In [19]: puissance(2, -3)  # précondition non vérifiée
```

```
---------------------------------------------------------------------------
AssertionError                            Traceback (most recent call last)
<ipython-input-19-04dc12ea1cf6> in <module>
----> 1 puissance(2, -3)  # précondition non vérifiée

<ipython-input-18-36877ddaacf4> in puissance(x, n)
      3     Renvoie la valeur de x^n, où x est un flottant et n est un entier positif ou nul.
      4     """
----> 5     assert type(n) == int and n >= 0, "n n'est pas un entier positif ou nul"
      6     r = 1
      7     for i in range(n):

AssertionError: n n'est pas un entier positif ou nul
```

Programmation défensive

- Il est aussi possible d'écrire plusieurs assertions si on veut s'assurer que plusieurs conditions soient vraies

```
assert type(n) == int and n >= 0, "n n'est pas un entier positif ou nul"
```

équivaut à :

```
assert type(n) == int, "n n'est pas un entier"
assert n >= 0, "n n'est pas positif"
```

Documenter un programme

- Faire les exercices 3 et 4

Tester ses programmes pour (se) convaincre

- Le programmeur peut spécifier et documenter convenablement sa fonction sans que celle-ci soit correcte (il n'est pas rare de se tromper dans le code).
- Pour repérer les erreurs éventuelles il doit tester son programme
- Au lieu de faire les tests un à un, il est plus pertinent d'écrire des **jeux de tests**
- Cela peut se faire directement dans le programme, en utilisant `assert`

Jeux de tests

In [21]:
```python
def puissance(x, n):
    """
    Renvoie la valeur de x^n, où x est un flottant et n est un entier positif ou nul.
    """
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r

# jeu de tests :
assert puissance(2, 3) == 8
assert puissance(0, 2) == 0
assert puissance(5, 0) == 1
assert puissance(-2, 5) == -32
assert puissance(0.5, 2) == 0.25
```

- Si l'un des tests échoue, un message indique le premier test qui échoue et la fonction doit être corrigée
- Une fois la correction apportée, il faut relancer **tous** les tests

Jeux de tests

- Une pratique intéressant est d'écrire les tests avant même d'écrire le code de la fonction !

In [ ]:

```python
def appartient(v, t):
    """
    Renvoie True si l'entier v appartient à tableau d'entiers t, et False sinon.
    """
    # CODE DE LA FONCTION À ÉCRIRE


# jeu de tests
assert appartient(2, [2, 4, 7, 5]) == True
assert appartient(2, [0, 4, 7, 5]) == False
assert appartient(2, [2]) == True
```

- Après avoir écrit le code de la fonction, on exécute le programme :
  - Si un test échoue : il faut corriger notre fonction
  - Si tous les tests passent avec succès : **rien ne dit que notre fonction est correcte** !

Jeux de tests

- Ici, tous les tests suivants passent avec succès :

In [22]:
```
def appartient(v, t):
    """
    Renvoie True si l'entier v appartient à tableau d'entiers t, et False sinon.
    """
    for i in range(len(t)):
        if t[i] == v:
            return True
        else:
            return False

# jeu de tests
assert appartient(2, [2, 4, 7, 5]) == True
assert appartient(2, [0, 4, 7, 5]) == False
assert appartient(2, [2]) == True
```

- Mais …

In [23]:
```
appartient(2, [0, 4, 2, 5])
```

Out[23]: False

In [24]:
```
appartient(2, [])  # ne renvoie rien !
```

Jeux de tests

- Qu'est-ce qu'un **bon** jeu de tests ? Difficile !
  - Impossible (la plupart du temps) de couvrir l'ensemble des cas possibles
  - Mais on peut suivre quelques règles :
    - si la spécification mentionne plusieurs cas, il faut s'assurer de tous les tester ;
    - si la fonction renvoie un booléen, il faut s'assurer de tester les deux résultats possibles ;
    - si la fonction s'applique à un tableau, il faut tester le cas où le tableau est vide ;
    - si la fonction doit parcourir un tableau en entier, il faut s'assurer que celui-ci est parcouru entièrement ;
    - si la fonction s'applique à un nombre, il faut s'assurer de tester des cas où le nombre est positif, où le nombre négatif et où le nombre vaut zéro ;
    - si la fonction s'applique à un nombre appartenant à un intervalle, il faut s'assurer de tester les cas où le nombre est égal aux bornes de l'intervalle.

Jeux de tests

- Essayons d'améliorer le jeu de tests pour notre fonction appartient

```
# jeu de tests
assert appartient(2, [2, 4, 7, 5]) == True
assert appartient(2, [0, 4, 7, 5]) == False
assert appartient(2, [2]) == True
```

→ **Un cas où la fonction renvoie `True`**

→ **Un cas où la fonction renvoie `False`**

→ **Cas particulier d'un tableau réduit à un seul élément**

- On peut partir des tests qui ont échoué :

```
In [23]: appartient(2, [0, 4, 2, 5])
Out[23]: False
```

→ **Il manque un test où la valeur cherché est « au milieu » du tableau**

```
assert appartient(2, [0, 4, 2, 5]) == True
```

```
In [24]: appartient(2, [])  # ne renvoie rien !
```

→ **Il manque un test pour le cas particulier du tableau vide**

```
assert appartient(2, []) == False
```

Jeux de tests

- En ajoutant un test où la valeur cherchée est en dernière position :

```python
def appartient(v, t):
    """
    Renvoie True si l'entier v appartient à tableau d'entiers t, et False sinon.
    """
    for i in range(len(t)):
        if t[i] == v:
            return True
        else:
            return False

# un meilleur jeu de tests :
assert appartient(2, [2, 4, 7, 5]) == True
assert appartient(2, [0, 4, 7, 5]) == False
assert appartient(2, [2]) == True
assert appartient(2, [0, 4, 2, 5]) == True  # cas où v est au "milieu du tableau"
assert appartient(2, [0, 4, 5, 2]) == True  # cas où v est en dernière position
assert appartient(2, []) == False  # cas du tableau vide
```

Des tests qui échouent (pour le moment)

Corriger sa fonction

- Comment trouver les erreurs ? → en partant d'un test qui échoue en suivant l'état des variables
  - Mentalement ou sur papier
  - Ou avec des outils numériques :
    - 1ère possibilité : afficher les valeurs de certaines variables
    - 2ème possibilité : exécuter un programme ligne par ligne (possible dans la plupart des IDE, ou sur Python Tutor)
    - 3ème possibilité : utiliser un débogueur (ou debugger) intégré à un IDE

Corriger sa fonction

- On affiche la valeur de certaines variables à des endroits stratégiques :

In [25]:
```
def appartient(v, t):
    """
    Renvoie True si l'entier v appart
    """
    for i in range(1, len(t)):
        print("i =", i)
        if t[i] == v:
            print("ici")
            return True
        else:
            print("là")
            return False
```

Pour suivre la variable `i` à chaque tour de boucle

Pour voir si on passe « dans le `if` » ou « dans le `else` »

In [26]:
```
appartient(2, [0, 4, 2, 5])
```

```
i = 1
là
```

Out[26]: False

Constatations :

- la variable `i` ne prend que la valeur 1
  → il n'y a qu'un seul tour de boucle
- au cours de ce 1er tour : on passe dans le `else` et donc notre fonction renvoie `False` (dès le premier tour)

Corriger sa fonction

- On corrige :

In [ ]:
```
def appartient(v, t):
    """
    Renvoie True si l'entier v
    """
    for i in range(len(t)):
        if t[i] == v:
            return True
        else:
            return False
```

Il ne faut pas renvoyer `False` si `T[i] != v` mais seulement lorsque tout le tableau a été parcouru

In [29]:
```
def appartient(v, t):
    """
    Renvoie True si l'entier v appartient à t
    """
    for i in range(len(t)):
        if t[i] == v:
            return True
    return False

# un meilleur jeu de tests :
assert appartient(2, [2, 4, 7, 5]) == True
assert appartient(2, [0, 4, 7, 5]) == False
assert appartient(2, [2]) == True
assert appartient(2, [0, 4, 2, 5]) == True  #
assert appartient(2, [0, 4, 5, 2]) == True  #
assert appartient(2, []) == False  # cas du t
```

Tous les tests passent avec succès

→ notre fonction est *a priori* correcte

Documenter un programme

- Faire les exercices 5, 6, 7, 8

Intégration des tests à la chaîne de documentation

- Choisir et vérifier des tests pertinents = travail précieux → important d'en garder trace
- Des tests bien choisis peuvent constituer une explication très efficace de l'effet d'une fonction
  - On peut les **inclure directement dans la chaîne de documentation**
  - Utiliser des **modules spécifiques pour extraire les tests et les vérifier** (par exemple `doctest`, mais il en existe d'autres)

Intégration des tests à la chaîne de documentation

- Syntaxe à respecter avec les trois chevrons (>>>)
- Vérifier les tests avec le module `doctest` :

```
In [31]: import doctest

In [32]: doctest.testmod()

Out[32]: TestResults(failed=0, attempted=5)
```

```
In [33]: doctest.testmod(verbose = True)

Trying:
    puissance(2, 3)
Expecting:
    8
ok
Trying:
    puissance(0, 2)
Expecting:
    0
ok
Trying:
    puissance(5, 0)
Expecting:
    1
ok
Trying:
    puissance(-2, 5)
Expecting:
    -32
ok
Trying:
```

Si on veut plus de détails

```
In [30]: def puissance(x, n):
    '''
    Renvoie la valeur de x^n

    >>> puissance(2, 3)
    8

    >>> puissance(0, 2)
    0

    >>> puissance(5, 0)
    1

    >>> puissance(-2, 5)
    -32

    >>> puissance(0.5, 2)
    0.25

    etc.

    '''
    r = 1
    for i in range(n):
        r = r * x
    return r
```

Documenter un programme

- Faire l’exercice 9

Bilan

- Le programmeur peut/doit documenter sa fonction en spécifiant son comportement de manière concise et précise dans sa chaîne de documentation (ou docstring)
  → permet aux autres utilisateurs de comprendre le rôle de la fonction et son domaine d'utilisation
- Le programmeur a la possibilité de se prémunir d'une mauvaise utilisation de sa fonction (programmation défensive) grâce à la construction `assert`
- La construction `assert` permet aussi d'effectuer une série de tests pour se convaincre que notre programme est correct ou mettre en évidence des erreurs
- Un bon jeu de tests est difficile à élaborer : il doit contenir tous les tests importants, en particulier il faut penser aux cas particuliers
- Le succès d'un jeu de tests ne garantit pas qu'un programme est correct

Sources / Références

- Documents ressources du DIU EIL, Université de Nantes, C. DECLERCQ.
- Numérique et Sciences Informatiques, 1re, T. BALABONSKI, S. CONCHON, J.-C. FILLIATRE, K. NGUYEN, éditions ELLIPSES : Site du manuel
- Ressource Eduscol : Mise au point de programmes testés