

Numpy et les images

INFORMATIQUE COMMUNE - TP n°7 - Olivier Reynet

À la fin de ce chapitre, je sais :

- ✎ importer la bibliothèque Numpy
- ✎ utiliser un tableau Numpy mono et multidimensionnel
- ✎ écrire des opérations élément par élément

A Tableaux numpy

Pour comprendre les différences entre les listes et les vecteurs, on propose de définir deux tableaux numpy à partir de deux listes comme suit :

```
1  import numpy as np
2
3  L1 = [1, 2, 3]
4  L2 = [4, 5, 6]
5  L3 = [L1, L2]
6
7  v1 = np.array(L1)
8  v2 = np.array(L2)
9  m = np.array([L1, L2])
```

A1. Exécuter puis commenter ce qui est renvoyé par les commandes suivantes :

```
1  print(L1 + L2)
2  print(v1 + v2)
3  print(2 * L1)
4  print(2 * v1)
5  print(1.5 * L1)
6  print(1.5 * v1)
7  print(L1 ** 2)
8  print(v1 ** 2)
9  L1.append(7)
10 v1.append(7)
11 print(np.sin(v1))
12 print(L3[1][2])
13 print(m[1, 2])
14 print(L3[1,2])
```

Solution :

Code 1 – Tableaux numpy

```

1  import numpy as np
2
3  L1 = [1, 2, 3]
4  L2 = [4, 5, 6]
5  L3 = [L1, L2]
6
7  v1 = np.array(L1)
8  v2 = np.array(L2)
9  m = np.array([L1, L2])
10
11 print(L1 + L2) # List concatenation [1, 2, 3, 4, 5, 6]
12 print(v1 + v2) # element by element addition # [5 7 9]
13 print(2 * L1) # List demultiplication [1, 2, 3, 1, 2, 3]
14 print(2 * v1) # element by element multiplication [2 4 6]
15 # print(1.5 * L1) # TypeError: can't multiply sequence by non-int of type 'float'
16
16 print(1.5 * v1) # element by element multiplication [1.5 3. 4.5]
17 # print(L1 ** 2) # TypeError: unsupported operand type(s) for ** or pow(): 'list'
18 # and 'int'
18 print(v1 ** 2) # element by element exponentiation [1 4 9]
19 L1.append(7) # append an element to the list
20 # v1.append(7) # AttributeError: 'numpy.ndarray' object has no attribute 'append'
21
21 print(np.sin(v1)) # [0.84147098 0.90929743 0.14112001]
22 print(L3[1][2]) # nested list 6
23 print(m[1, 2]) # matrice 6
24 # print(L3[1, 2]) # TypeError: list indices must be integers or slices, not
    tuple

```

B Image et tableaux de pixel

Les images sont représentées par des tableaux de pixels.

 **Vocabulary 1 — Picture element or Pixel** ↔ élément d'une image (point)

Un pixel peut être encodé de manière différente selon que l'image est couleur ou en niveaux de gris.

a Image couleur

Lorsque l'image est couleur, chaque pixel décompose la lumière par synthèse additive en trois couleurs primaires : rouge, vert et bleu. C'est ce qu'on appelle le système RVB. On peut coder l'intensité de chaque couleur avec une profondeur plus ou moins grande allant de quelques centaines à quelques millions de couleurs. Couramment, on choisit 256 niveaux d'intensité pour une couleur et on la code sur 8 bits, de 0 (le plus sombre) à 255 (le plus clair). Dans ce cas, un pixel couleur est donc un vecteur à dimension 3 contenant 3 entiers non signés sur 8 bits généralement encodés un `uint8`.

Une image couleur `img` est donc un tableau de dimension (largeur, hauteur, 3). L'accès à l'élément `img[i, j]` renvoie un vecteur de taille 3.

b Image en niveaux de gris

Lorsque l'image est en niveaux de gris, chaque pixel n'est cette fois représenté que par un seul entier, codant la nuance de gris entre le noir 0 et le blanc 255. Une image en niveaux de gris est un tableau à deux dimensions d'entiers non signés sur 8 bits, donc une matrice de dimension (largeur, hauteur). L'accès à un élément `img[i, j]` renvoie un scalaire de type `uint8`.

C Manipuler les images

Pour manipuler des images avec Python, on procède comme indiqué sur le code 2.

Code 2 – Manipuler des images en Python

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 img = plt.imread("plage.jpg")
4 plt.imshow(img) # for color image
5 # plt.imshow(img, cmap = plt.cm.gray)} # for gray level image
6 plt.show()
7
8 print(img)
9 print(img.shape)
```

C1. Téléchargez l'image `plage.jpg` et l'enregistrer dans le répertoire de travail (cf. premier TP et module `os`).

D Traitement d'images

D1. Écrire une fonction `gris(p)` prenant en entrée un pixel de couleur (donc un vecteur de taille 3) et renvoyant le niveau de gris correspondant à la moyenne de ses trois composantes RVB, arrondie à l'entier le plus proche. On utilisera les commandes :

- `np.mean(v)` renvoie la moyenne des éléments du vecteur `v` sous forme d'un flottant, compatible avec le type `np.uint8`,
- `round` pour arrondir un flottant en entier,
- `np.uint8()` pour convertir le résultat en non signé entier codé sur 8 bits.

D2. Écrire une fonction `conversion(img)` prenant en entrée une image en couleurs (un tableau à 3 dimensions) et renvoyant une image en niveaux de gris (un tableau à 2 dimensions) construite à partir de celle-ci en prenant pour chaque pixel la moyenne (arrondie) de ses 3 composantes RVB.

Dans toute la suite, on ne manipulera que des images en niveaux de gris, donc des tableaux à 2 dimensions.

D3. Écrire une fonction `inverser(A)` renvoyant l'image inverse de `A`, c'est-à-dire que chaque pixel de niveau de gris `p` est remplacé par celui de niveau `255-p`.

D4. Écrire une fonction `flip(A)` renvoyant l'image obtenue à partir de `A` en appliquant une symétrie d'axe vertical passant par le milieu de l'image.

D5. Écrire une fonction `tourner(A)` renvoyant l'image obtenue à partir de `A` en appliquant une rotation de 180°.

On souhaite maintenant redimensionner une image. On dispose d'une image A de taille (N, M) que l'on veut redimensionner en une image a de taille (n, m) . La première méthode est celle d'interpolation au plus proche voisin, définie par la formule :

$$a(i, j) = A\left(\left\lfloor \frac{iN}{n} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{jM}{m} \right\rfloor\right),$$

où $\lfloor x \rfloor$ désigne la partie entière de x .

- D6. Écrire une fonction `ppvoisin(A, n, m)` prenant en entrée une image A en niveaux de gris et deux entiers n et m et qui renvoie une nouvelle image de taille (n, m) obtenue par redimensionnement de A à l'aide de l'interpolation au plus proche voisin.

La deuxième méthode de redimensionnement est celle de réduction par moyenne locale : on suppose ici que $p_n = N/n$ et $p_m = M/m$ sont des entiers. Chaque pixel de la nouvelle image $a(i, j)$ est égal à la moyenne (arrondie) des $A(k, l)$ pour (k, l) dans un rectangle de côtés (p_n, p_m) et de coin gauche $(i * p_n, j * p_m)$.

- D7. Écrire une fonction `moyenne_locale(A, n, m)` réalisant ce redimensionnement. On pourra utiliser une commande de troncçonnage comme `A[i1:i2, j1:j2]` qui extrait la sous-matrice de lignes comprises entre i_1 et $i_2 - 1$ et de colonnes comprises entre j_1 et $j_2 - 1$.

On souhaite maintenant détecter les contours d'une image. Pour cela on remplace chaque pixel $A(i, j)$ par la norme de son gradient discret :

$$\sqrt{(A(i, j) - A(i, j - 1))^2 + (A(i, j) - A(i - 1, j))^2}$$

sauf pour la première ligne et la colonne où on mettra des 0.

- D8. Écrire une fonction `contour(A)` qui réalise cette opération sur l'image A . Pour plus de lisibilité, on pourra renvoyer une image inversée. Pour réaliser la soustraction de deux entiers x et y codés sur 8 bits : on pourra écrire `x + (-1)*y`, le résultat sera codé sur 32 bits, et on pourra utiliser `np.sqrt` pour la racine carrée.

Solution : Tout l'intérêt de numpy réside dans l'utilisation des opérations éléments par éléments pour éviter les boucles. Comme vous débutez dans la manipulation, on propose deux corrections :

- la première (cf. code 3) explicite la manipulation des tableaux avec des boucles `for`.
- La seconde (cf. code 4) utilise les opérations éléments par éléments et le troncçonnage et l'inversion de séquences pour accélérer le traitement.

Code 3 – Traitement des images

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4
5 def gris(p):
6     m = np.mean(p)
7     return np.uint8(round(m))
8
9
10 def conversion(img):
```

```
11     (n, m, p) = img.shape
12     A = np.zeros((n, m), dtype=np.uint8)
13     for i in range(n):
14         for j in range(m):
15             A[i, j] = gris(img[i, j])
16     return A
17
18
19 def inverser(A):
20     (n, m) = A.shape
21     B = np.zeros((n, m), dtype=np.uint8)
22     for i in range(n):
23         for j in range(m):
24             B[i, j] = 255 - A[i, j]
25     return B
26
27
28 def flip(A):
29     (n, m) = A.shape
30     C = np.zeros((n, m), dtype=np.uint8)
31     for i in range(n):
32         for j in range(m):
33             C[i, j] = A[i, m - 1 - j]
34     return C
35
36
37 def tourner(A):
38     (n, m) = A.shape
39     D = np.zeros((n, m), dtype=np.uint8)
40     for i in range(n):
41         for j in range(m):
42             D[i, j] = A[n - 1 - i, m - 1 - j]
43     return D
44
45
46 def ppvoisin(A, n, m):
47     (N, M) = A.shape
48     a = np.zeros((n, m), dtype=np.uint8)
49     for i in range(n):
50         for j in range(m):
51             a[i, j] = A[(i * N) // n, (j * M) // m]
52     return a
53
54
55 def moyenneLocale(A, n, m):
56     (N, M) = A.shape
57     a = np.zeros((n, m), dtype=np.uint8)
58     pn, pm = N // n, M // m
59     for i in range(n):
60         for j in range(m):
61             A_ex = A[(i * pn):((i + 1) * pn),
62                     (j * pm):((j + 1) * pm)]
63             a[i, j] = round(np.mean(A_ex))
64     return a
65
```

```

66
67 def contour(A):
68     (n, m) = A.shape
69     E = np.zeros((n, m), dtype=np.uint8)
70     for i in range(1, n):
71         for j in range(1, m):
72             deriv = np.sqrt(abs(A[i, j] + (-1) * A[i, j - 1]) ** 2 + abs(A[i, j]
73                                     + (-1) * A[i - 1, j]) ** 2)
74             E[i, j] = np.uint8(round(deriv))
75     return inverser(E)
76
77 if __name__ == "__main__":
78     img = plt.imread("plage.jpg")
79     # plt.imshow(img) # for color image
80     # plt.imshow(img, cmap = plt.cm.gray)} # for gray level image
81     # plt.show()
82
83     print(img)
84     print(img.shape)
85
86     A = conversion(img)
87     print(A)
88     plt.imshow(A, cmap=plt.cm.gray)
89     plt.show()
90
91     B = inverser(A)
92     plt.imshow(B, cmap=plt.cm.gray)
93     plt.show()
94
95     C = flip(A)
96     plt.imshow(C, cmap=plt.cm.gray)
97     plt.show()
98
99     D = tourner(A)
100    plt.imshow(D, cmap=plt.cm.gray)
101    plt.show()
102
103    a = ppvoisin(A, 102, 204)
104    plt.imshow(a, cmap=plt.cm.gray)
105    plt.show()
106
107    b = moyenneLocale(A, 102, 204)
108    plt.imshow(b, cmap=plt.cm.gray)
109    plt.show()
110
111    E = contour(A)
112    plt.imshow(E, cmap=plt.cm.gray)
113    plt.show()

```

Code 4 – Traitement accéléré des images avec numpy

```

1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3

```

```
4
5 def gray(img):
6     return np.dot(img[..., :3], [0.299, 0.587, 0.114])
7
8
9 def conversion(img):
10    return gray(img)
11
12
13 def invert(A): # gray scale
14    return 255 - A
15
16
17 def flip(A): # gray scale
18    return A[:, ::-1]
19
20
21 def rotate(A): # gray scale
22    return A[::-1, :]
23
24
25 def ppvoisin(A, n, m):
26    (N, M) = A.shape
27    step_n = N // (n - 1)
28    step_m = M // (m - 1)
29    return A[0:-1:step_n, 0:-1:step_m]
30
31
32
33
34 if __name__ == "__main__":
35     img = plt.imread("plage.jpg")
36
37     print(img)
38     print(img.shape)
39
40     A = conversion(img)
41     print(A, A.shape)
42     plt.imshow(A, cmap=plt.cm.gray)
43     plt.show()
44
45     B = invert(A)
46     plt.imshow(B, cmap=plt.cm.gray)
47     plt.show()
48
49     C = flip(A)
50     plt.imshow(C, cmap=plt.cm.gray)
51     plt.show()
52
53     D = rotate(A)
54     plt.imshow(D, cmap=plt.cm.gray)
55     plt.show()
56
57     a = ppvoisin(A, 322, 429)
58     plt.imshow(a, cmap=plt.cm.gray)
```

59 `plt.show()`
