

# T.P. VI - Variables aléatoires (I)

Code Cappytale : 5a40-1016474

## I - Ce qu'il faut savoir

- \* Le module `numpy.random` permet de générer des nombres pseudo-aléatoires. On importe généralement ce module avec l'instruction `import numpy.random as rd`.
- \* L'appel `rd.randint(a, b)` simule une variable aléatoire de loi uniforme sur l'ensemble des entiers  $\{a, a+1, \dots, b-1\}$ .
- \* Plusieurs variables aléatoires indépendantes peuvent être simulées en utilisant l'option `size`. Ainsi, l'appel `rd.randint(a, b, size=n)` simule `n` variables aléatoires indépendantes suivant toutes une même loi uniforme sur l'ensemble des entiers  $\{a, a+1, \dots, b-1\}$ .

Vous remarquerez en évaluant plusieurs fois le code suivant que la valeur de la simulation dépend du moment où vous l'effectuez. On modélise bien des phénomènes aléatoires.

```
import numpy.random as rd

print(rd.randint(1, 12))

print(rd.randint(1, 12, size=10))
```

Si la loi n'est pas une loi uniforme. On aura généralement des probabilités qui s'expriment sous forme de fractions. On utilise alors une loi uniforme pour simuler cette probabilité.

### Exemple 1

La suite d'instructions suivante permet de simuler une variable aléatoire de loi :

$k$	4	6	8
$P([X = k])$	$12/25$	$3/25$	$10/25$

On simule une variable aléatoire  $U$  de loi uniforme sur  $\{1, \dots, 25\}$ . La probabilité que cette variable aléatoire prenne une valeur entre

\* 1 et 12 vaut :

$$\begin{aligned} P([1 \leq U \leq 12]) &= P([U = 1]) + P([U = 2]) + \dots + P([U = 12]) \\ &= \frac{12}{25}. \end{aligned}$$

\* 13 et 15 vaut :

$$\begin{aligned} P([13 \leq U \leq 15]) &= P([U = 13]) + P([U = 14]) + P([U = 15]) \\ &= \frac{3}{25}. \end{aligned}$$

\* 16 et 25 vaut :

$$\begin{aligned} P([16 \leq U \leq 25]) &= P([U = 16]) + P([U = 17]) + \dots + P([U = 25]) \\ &= \frac{10}{25}. \end{aligned}$$

```
import numpy as np
import numpy.random as rd

def simulation():
    u = rd.randint(1, 25)
    if u <= 12:
        return 4
    elif u <= 15:
        return 6
    else:
        return 8
```

```
S = np.zeros((5, 1))
for i in range(0, 5):
    S[i] = simulation()

print(S)
```

Vous n'avez pas à les connaître par cœur, mais d'autres fonctions sont disponibles :

- \* `rd.binomial(n, p, size=N)` renvoie  $N$  simulations indépendantes d'une loi binomiale de paramètres  $n$  et  $p$ .
- \* `rd.binomial(1, p, size=N)` renvoie  $N$  simulations indépendantes d'une loi de Bernoulli de paramètre  $p$ .

## II - Loi uniforme : Exercices

**Exercice 1. (2 urnes)** On considère une urne  $U$  contenant deux boules blanches et une boule noire indiscernables au toucher, ainsi qu'une urne  $V$  contenant une boule blanche et trois boules noires, elles aussi indiscernables au toucher. On effectue une suite de tirages d'une boule dans ces urnes en procédant comme suit :

- \* le premier tirage a lieu dans l'urne  $U$  ;
- \* tous les tirages s'effectuent avec remise de la boule piochée dans l'urne dont elle provient ;
- \* si l'on pioche une boule blanche lors d'un tirage, le tirage suivant a lieu dans l'autre urne ;
- \* si l'on pioche une boule noire lors d'un tirage, le tirage suivant a lieu dans la même urne.

Pour tout entier naturel  $n$ , on note  $X_n$  la variable aléatoire égale au nombre de boules blanches piochées au cours des  $n$  premiers tirages. Compléter la suite d'instructions suivante pour qu'elle simule la variable aléatoire  $X_2$  :

```
import numpy.random as rd

def simulation():
    tirage1 = rd.randint(1, 4)
```

```
if tirage1 < 3:
    res1 = 1
    tirage2 = rd.randint(1, 5)
    if tirage2 == 1:
        res2 = 1
    else:
        res2 = 0
else:
    res1 = 0
    tirage2 = ...
    if tirage2 < 3:
        res2 = ...
    else:
        res2 = ...
return res1 + res2
```

**Exercice 2.** Une urne  $U$  contient 1 boule noire et 3 boules blanches indiscernables au toucher et une urne  $V$  contient 2 boules noires et 2 boules blanches indiscernables au toucher.

On lance une pièce équilibrée. Si elle tombe sur le côté Pile, on tire 2 boules successivement et avec remise dans l'urne  $U$  et si elle tombe sur le côté Face, on tire 2 boules successivement et avec remise dans l'urne  $V$ . On note  $T$  la variable aléatoire égale au nombre de fois où on a tiré une boule noire.

Compléter la suite d'instructions suivante pour qu'elle affiche une simulation de la variable aléatoire  $T$ .

```
import numpy.random as rd

T = ...

if rd.randint(1, 3) == 1:
    for k in range(1, 3):
        if rd.randint(1, 5) < 2:
            T = T + 1
else:
    ....
    ....
    ....

print("Une simulation de T : ", T)
```

### III - Loïs non uniformes : Exercices

**Exercice 3.** Une puce se déplace sur un axe gradué. À l'instant 0, la puce se trouve sur le point d'abscisse 0. À partir de l'instant 0, la puce effectue à chaque instant, un saut vers la droite selon le protocole suivant :

- \* elle effectue un saut d'une unité vers la droite avec probabilité  $\frac{1}{2}$  ;
- \* elle effectue un saut de deux unités vers la droite avec la probabilité  $\frac{1}{4}$  ;
- \* elle effectue un saut de trois unités vers la droite avec la probabilité  $\frac{1}{4}$ .

Les différents sauts sont supposés indépendants.

1. Compléter la suite d'instructions suivante pour qu'elle simule les 100 premiers déplacements de la puce.

```
import numpy as np
import numpy.random as rd

A = np.zeros((101, 1))
for k in range(0, 101):
    t = np.randint(1, 5)
    if t <= ...:
        A[k] = 1
    elif t == ...:
        A[k] = 2
    else:
        A[k] = 3

print(A)
```

2. On complète la suite d'instruction en y ajoutant les trois commandes suivantes. Quelle sortie graphique obtient-on ?

```
import matplotlib.pyplot as plt
X = np.arange(0, 101)
Y = np.cumsum(A)
plt.plot(X, Y)
plt.show()
```

**Exercice 4.** Un mobile se déplace sur les points à coordonnées entières positives d'un axe d'origine  $O$ . Au départ, le mobile est à l'origine (point d'abscisse 0). Le mobile se déplace selon la règle suivante : s'il est sur le point d'abscisse  $k - 1$  ( $k \in \mathbb{N}^*$ ) à l'instant  $n$  ( $n \in \mathbb{N}$ ), alors, à l'instant  $n + 1$ , il sera

- \* sur le point d'abscisse  $k$  avec la probabilité  $\frac{k}{k+1}$ ,
- \* ou sur le point d'abscisse 0 avec la probabilité  $\frac{1}{k+1}$ .

On note  $U$  l'instant auquel le mobile se trouve pour la première fois à l'origine (sans compter son positionnement au départ). On convient que  $U$  prend la valeur 0 si le mobile ne revient jamais en  $O$ .

Compléter la suite d'instruction suivante afin qu'elle calcule et affiche la valeur prise par  $U$  lors de l'expérience aléatoire étudiée.

```
import numpy.random as rd
k = 1
hasard = rd.randint(1, k+1)
while hasard ...:
    k = k + 1
    hasard = ...
print("U a pris la valeur :", k)
```