

# TD4 : Simulations probabilistes

## Fonctions définies précédemment

On pourra réutiliser dans ce TD la fonction `affiche_tableau` définie lors du TD2.

## I. Lancer de dés

On lance deux dés à six faces, et on calcule la somme  $X$  des chiffres indiqués.

### 1. Calcul de probabilités

Déterminer la loi de  $X$ , c'est à dire calculez chacune des probabilités  $\mathbb{P}[X = 0]$ ,  $\mathbb{P}[X = 1]$ ,  $\mathbb{P}[X = 2]$ ,  $\mathbb{P}[X = 3]$ , etc.

Écrire une fonction `proba_des` telle que `proba_des(k)` renvoie  $\mathbb{P}[X = k]$

### 2. Simulation d'un lancer de dés

Le module `random` contient une fonction `choice` pour tirer un élément au hasard parmi une liste d'éléments. Ainsi, `choice(range(1,7))` choisit au hasard un entier entre 1 et 6 (selon la loi uniforme).

Pour simuler un lancer de deux dés il suffit d'additionner deux nombres tirés au hasard de cette façon, comme ci-dessous :

```
from random import choice
def simul_deux_des():
    return choice(range(1,7))+choice(range(1,7))
```

On peut ensuite calculer, lorsqu'on répète  $n$  fois l'expérience, la proportion de fois où  $X$  a pris chaque valeur, et on peut le comparer aux probabilités obtenues précédemment

```
def repete_des(n):
    """Cette fonction répète n fois un lancer de dés et calcule la
    proportion de fois où chaque valeur est tombée"""
    nbs=[0]*15 #Pour l'instant chaque valeur est "tombée" 0 fois
    for i in range(n):
        v=simul_deux_des()
        nbs[v]=nbs[v]+1 #nb de fois que cette valeur est "tombée"
    return [["", "Proportion", "Probabilite"]+[[X=''+str(i),
        (float(nbs[i])/n),proba_des(i)] for i in range(15)]
```

```
affiche_tableau(repete_des(200000))
```

On constate, lorsque le nombre de lancers de dés est élevé, que les proportions ainsi obtenues sont très proches des probabilités calculées précédemment.

## II. Lancer de fléchettes

On considère un rectangle de  $2m \times 2m$ , au centre duquel se trouve un cible de  $1m$  de rayon. On suppose que l'on lance une fléchette dans le rectangle, selon une loi uniforme.

### 1. Calcul de probabilité

Quelle est la probabilité que la fléchette arrive dans le cercle ?  
Enregistrez là dans la variable `proba_cercle`.

```
proba_cercle= ....
```

### 2. Intérieur du cercle

Écrire une fonction `dans_cercle` qui, étant donné deux nombres  $x$  et  $y$ , détermine si le point de coordonnées  $(x,y)$  est à l'intérieur du cercle de centre 0 et de rayon 1.

Par exemple `dans_cercle(0,0.5)` devra renvoyer `True` tandis que `dans_cercle(-1,0.5)` devra renvoyer `False`.

### 3. Simulation

Le module `random` contient aussi une fonction `uniform` qui permet de simuler une loi uniforme sur un intervalle arbitraire. Ainsi, la position aléatoire de la fléchette s'obtient en choisissant une abscisse et une ordonnée selon la loi `uniform(-1,1)`

On peut maintenant simuler de nombreuses fois ce "lancer de fléchettes" et comparer la proportion expérimentale à la probabilité théorique :

```
from random import uniform
def repete_cercle(n):
    p=0
    for i in range(n):
        if dans_cercle(uniform(-1,1),uniform(-1,1)):
            p=p+1
    return float(p)/n
```

```
for n in [10**k for k in range(1,7)]:
    print("En répétant "+str(n)+" fois, on a obtenu la
          proportion expérimentale "+str(repete_cercle(n))+" que
          l'on peut comparer à la valeur théorique "+str(proba_cercle))
    print("")
```

### III. Le Monty Hall

Monty Hall est le nom du présentateur d'un jeu télévisé où le candidat pouvait gagner une voiture. Il présentait au candidat trois boîtes dont deux contenaient des chèvres et une contenait la voiture (le présentateur savait laquelle mais pas le candidat). Après que le candidat ait choisi une boîte, le présentateur ouvrait une autre boîte que celle désignée par le candidat, mais qui contenait une chèvre. Le candidat se voyait alors proposer de choisir la dernière boîte ou de conserver son choix initial. Si la boîte qu'il choisissait à la fin contenait la voiture, le candidat gagnait la voiture, sinon il perdait.

#### 1. Simulations numériques

À l'aide de simulations, on souhaite estimer la probabilité de gagner pour un candidat qui change de boîte après qu'on ait ouvert une des boîtes perdantes.

De même on souhaite estimer cette probabilité pour un candidat qui ne changerait pas de boîte.

**Pour cela vous complétez (puis exécutez) le code ci-dessous.**

```
def candidat_qui_change():
    bv=choice(range(3)) #boîte de la voiture
    bc=choice(range(3)) #boîte du candidat
    lb=[] #liste des boîtes que le présentateur pourrait ouvrir
    for b in range(3):
        if b!=bv and b!=bc: lb=lb+[b]
    bo=choice(lb) #boîte ouverte par le présentateur
    lb=[] #boîte vers laquelle le candidat pourrait changer d'avis
    for b in range(3):
        if .....:
            lb=lb+[b]
    bc=lb[0] #changement d'avis du candidat
    return bc==bv
```

```
def candidat_qui_ne_change_pas():
    .....
    .....
    return bc==bv
```

```
def repete_monty_hall(n):
    n1=0 # nombre de succès du candidat qui change
    n2=0 # nombre de succès du candidat qui ne change pas
    for i in range(n):
        if candidat_qui_change():n1=n1+1
        .....
    return (float(n1)/n,float(n2)/n)
```

```
print(repete_monty_hall(5000))
```

**En déduire une estimation de la probabilité de gain d'un candidat qui change d'avis, et d'un candidat qui ne change pas d'avis**

#### 2. Calcul de probabilité

**Déterminer par le calcul la probabilité exacte de gain dans chacune des deux situations**

### IV. Test de dépistage

On considère un test de dépistage d'une maladie.

On suppose que la maladie touche une proportion  $p_0$  de la population.

On suppose aussi que lors du test, un individu sain a une probabilité  $e_1$  d'être diagnostiqué à tort comme malade, et qu'un individu malade a une probabilité  $e_2$  de ne pas être diagnostiqué comme malade.

**Si un individu est diagnostiqué malade, quelle est la probabilité qu'il soit réellement malade ?**

**Vous la déterminerez par le calcul et comparerez avec des simulations, comme précédemment.**

**En particulier commentez le cas d'une maladie rare, pour laquelle  $p_0 = 10^{-5}$ ,  $e_1 = 10^{-3}$ , et  $e_2 = 10^{-3}$ .**