

# 1 Introduction

Soit  $f : [0, 1] \longrightarrow \mathbb{R}$  définie pour tout  $x \in [0, 1]$  par  $f(x) = \frac{1}{2}x(1 - x)$ .

On se propose d'étudier le comportement des suites récurrentes de relation de récurrence  $u_{n+1} = f(u_n)$ .

On étudiera d'abord la convergence de ces suites, en fonction de leur premier terme  $u_0$ , puis, en s'appuyant sur l'outil informatique, on regardera leur «comportement asymptotique», c'est-à-dire si elle s'approche d'une suite que l'on peut exprimer simplement.

## 2 Étude générale

Soit  $u_0 \in [0, 1]$ , et  $(u_n)$  la suite définie par  $u_{n+1} = f(u_n)$  pour tout  $n \in \mathbb{N}$ .

- Établir le tableau de variation de la fonction  $f$ , en déduire que le segment  $[0, 1]$  est stable par  $f$ . En déduire que  $(u_n)$  est bien définie, et bornée.
- En étudiant le signe de  $g : x \longmapsto f(x) - x$ , montrer que  $(u_n)$  est monotone.
- Conclure que  $(u_n)$

## 3 Comportement asymptotique

On s'appuiera ici sur l'utilisation du langage informatique Python pour analyser le comportement de  $u_n$  pour  $n$  grand.

Tout d'abord, on importe dans l'instance Python démarrée les librairies de fonctions qui vont nous permettre, respectivement, de tracer des graphes (matplotlib et son module matplotlib.pyplot) et mener des calculs mathématiques (numpy):

```
In [9]: import matplotlib as mpl
        %matplotlib inline
        from IPython.display import set_matplotlib_formats
        set_matplotlib_formats('png', 'pdf')
        import matplotlib.pyplot as plt
        import numpy as np
        from ipywidgets import interact, widgets
```

*NB: La dernière ligne sert à présenter les figures tracées juste après les blocks de code sur cette page.*

On peut maintenant définir la fonction  $f$  de la relation de récurrence:

```
In [10]: def f(x):
        return 0.5*x*(1-x)
```

Et calculer quelques termes de la suite  $(u_n)$  :

```
In [11]: U = [0.5]
        n = 30

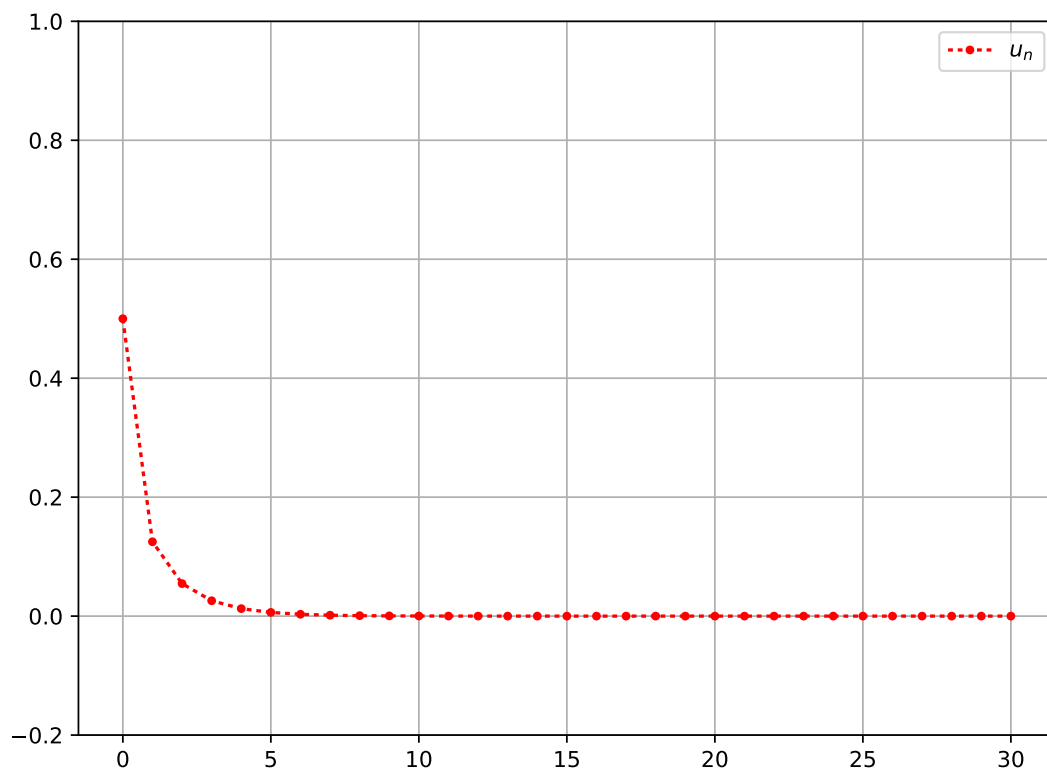
        for i in range(n):
            U.append(f(U[-1]))
```

Et enfin construire une figure fig constituée de deux graphes ax0 et ax1, respectivement les termes de la suite  $u_n$  et ceux de la suite  $2^n u_n$ :

```
In [12]: fig0, ax0 = plt.subplots(1,1, figsize=(8,6))

        ax0.grid()
        ax0.set_ylim(bottom=-0.2)
        ax0.plot(U, 'r.: ', label = r'$u_n$')
        ax0.legend()
```

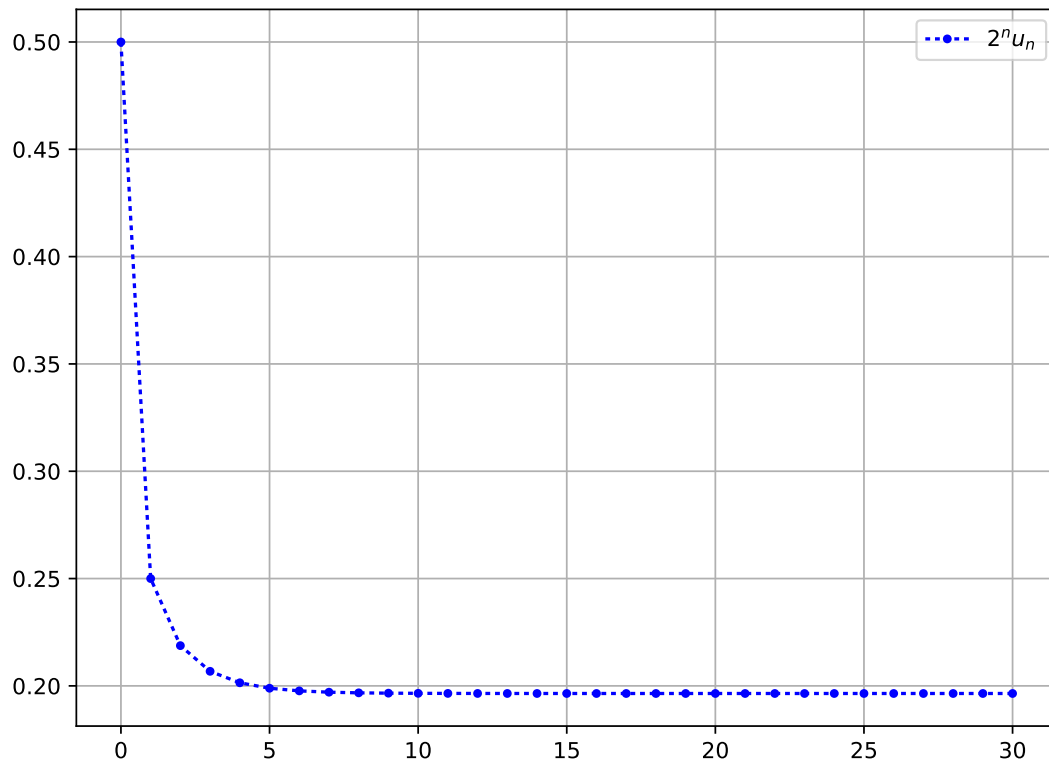
```
Out[12]: <matplotlib.legend.Legend at 0x26a63abb3c8>
```



```
In [13]: fig1, ax1 = plt.subplots(1,1, figsize=(8,6))
```

```
ax1.grid()
def build_aux():
    su = [u*2**i for i,u in enumerate(U)]
    return su
s = build_aux()
ax1.plot(s, 'b.: ', label= r'$2^{\text{nu}_n}$')
ax1.legend()
```

```
Out[13]: <matplotlib.legend.Legend at 0x26a637b6080>
```



Pour avoir une idée de vers quoi tend  $2^n u_n$ , on peut prendre les derniers termes calculés:

In [14]: s[-11:-1]

Out [14]: [0.19645349999004186,  
0.1964534631839566,  
0.19645344478092086,  
0.19645343557940473,  
0.1964534309786471,  
0.19645342867826837,  
0.19645342752807904,  
0.19645342695298437,  
0.19645342666543705,  
0.1964534265216634]

Ainsi, on a que  $2^n u_n \longrightarrow C$ , où  $C \approx 0.196$  à  $10^{-3}$  près, d'où

$$u_n \simeq \frac{0.196}{2^n}.$$

## 4 Une autre suite

On s'intéresse ici aux suites vérifiant une relation de récurrence de la forme

$$u_{n+1} = a \sin(u_n)$$

où  $a \in \mathbb{R}$  est fixé.

On propose le programme suivant : les deux variables a et u0 peuvent être ajustées pour étudier le comportement de la suite.

In [15]: ##### Définition de f

```

def plot_u(a,u0):
    def F(x):
        return a*np.sin(x)

    U = [u0]
    n = 60

    for i in range(n):
        U.append(F(U[-1]))

    fig = plt.figure(figsize=(8,6))
    ax = fig.add_subplot(1,1,1)
    ax.grid()
    ax.set_ylim(bottom=-4,top=4)
    ax.plot(U, 'r.:')
    ax.set_xlim()

# Éléments interactifs / sliders

interact(plot_u,
        a = widgets.FloatSlider(value=1,min=-4.,max=4.,step=0.05),
        u0 = widgets.FloatSlider(value=1,min=-1.,max=1.,step=0.05))

```

