

# Électronique

## IV - Électronique numérique

E. Saudrais

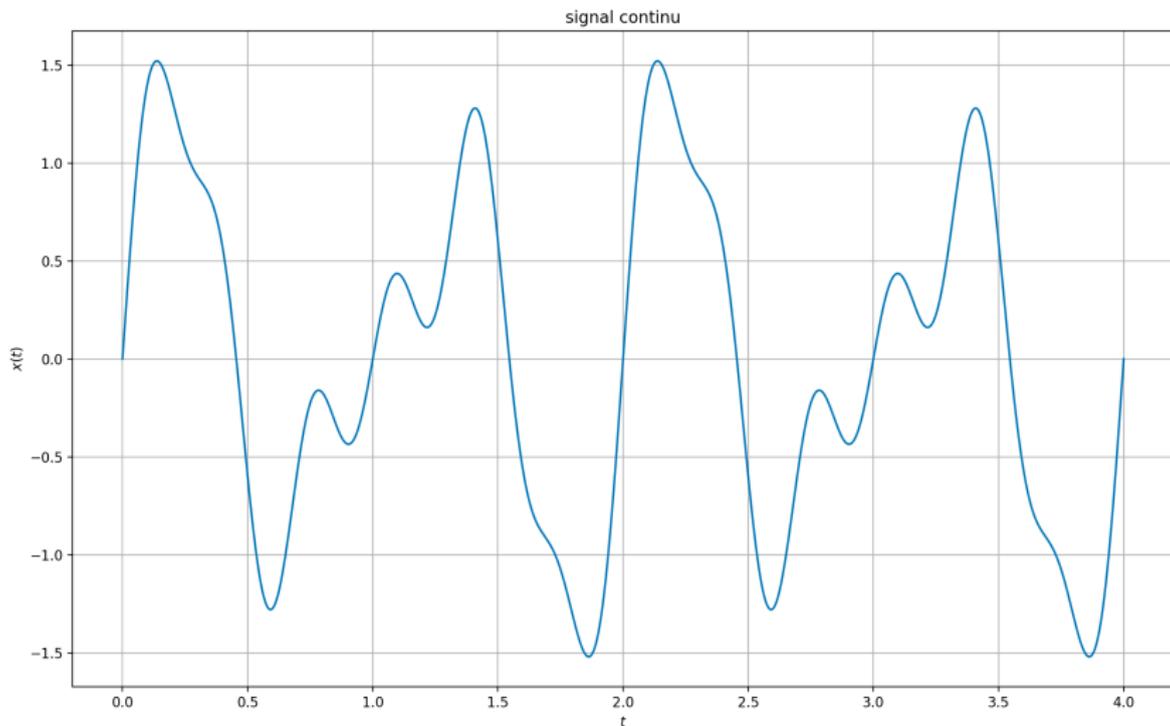
Jean Perrin PSI

21 septembre 2024

# [1] — Numérisation d'un signal

Signal analogique

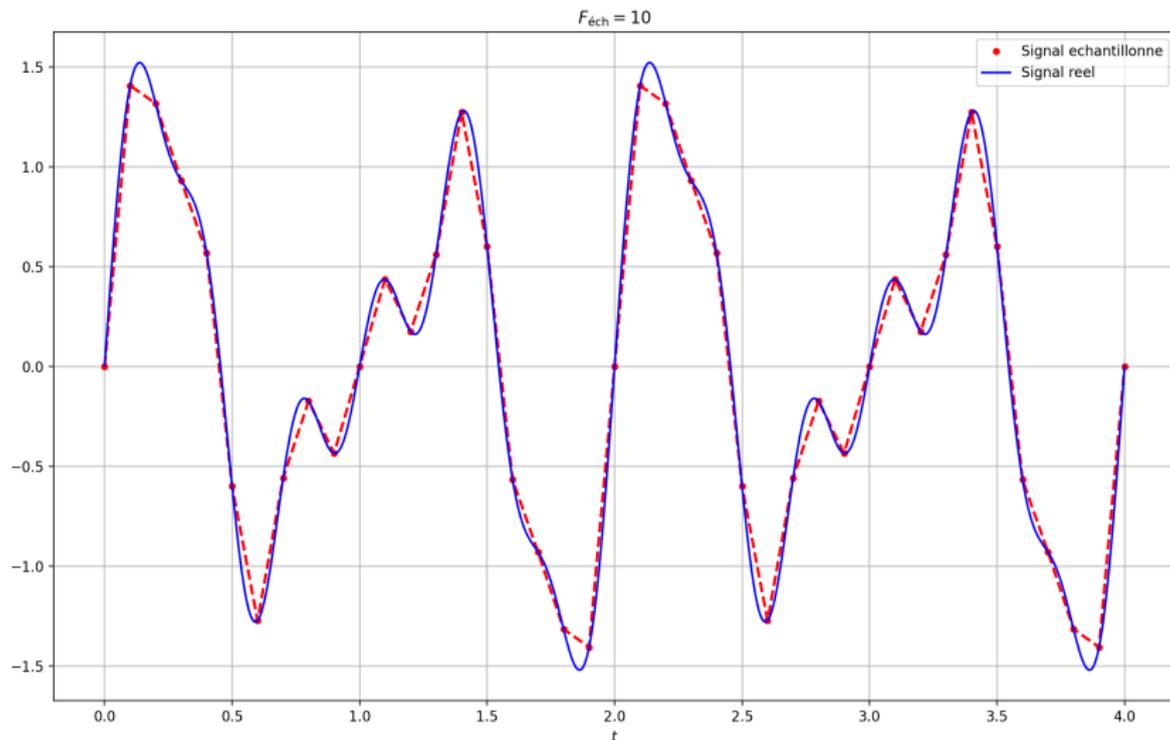
Signal  $x(t)$  de fréquence  $f = 0,5$  Hz.



## [2] — Numérisation d'un signal

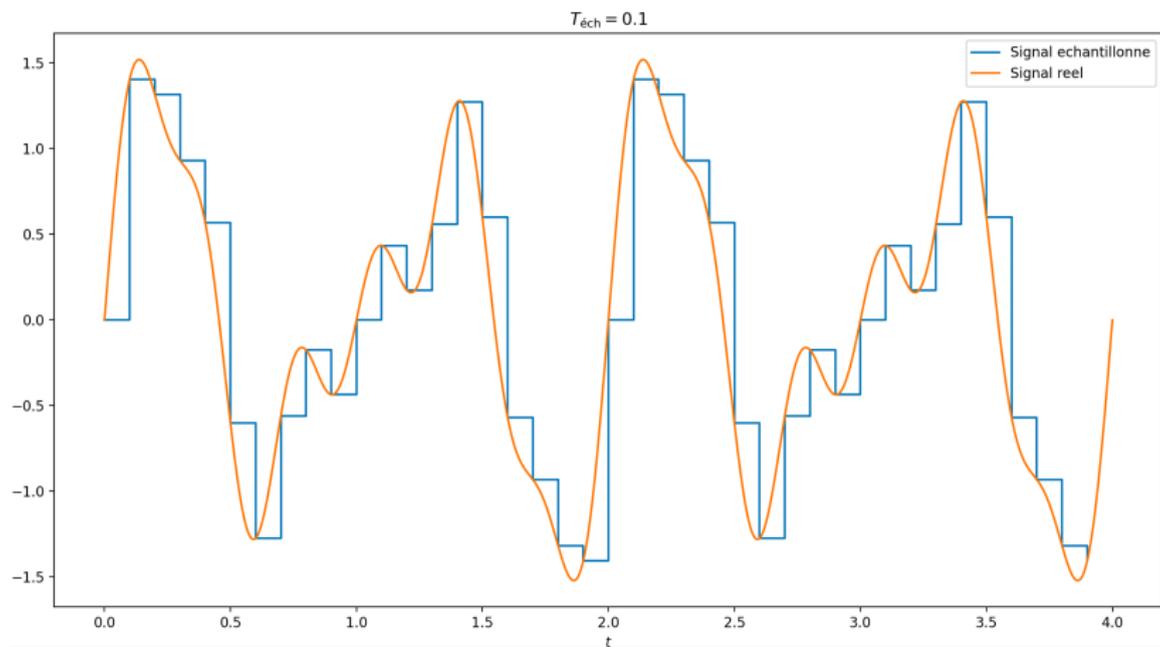
1<sup>re</sup> étape : échantillonnage

Numérisation à la fréquence d'échantillonnage  $F_{\text{éch}} = 20f$ .



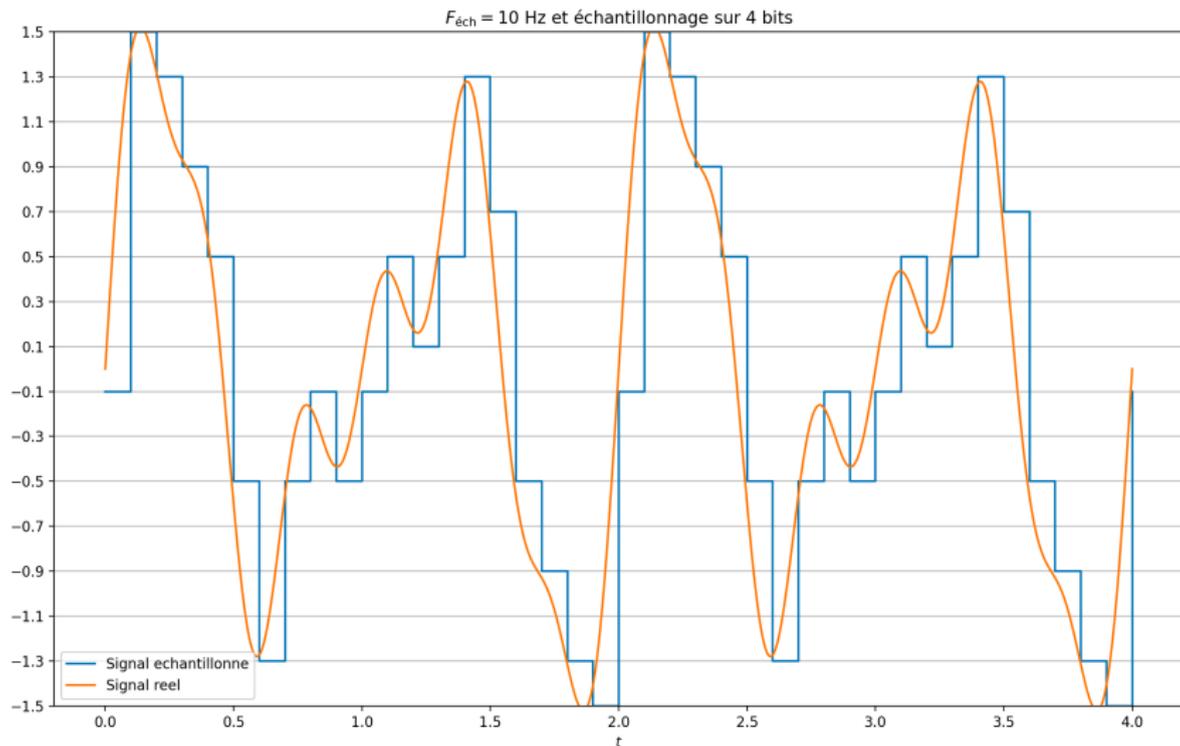
# [3] — Numérisation d'un signal

2<sup>e</sup> étape : blocage (échantillonneur bloqueur)



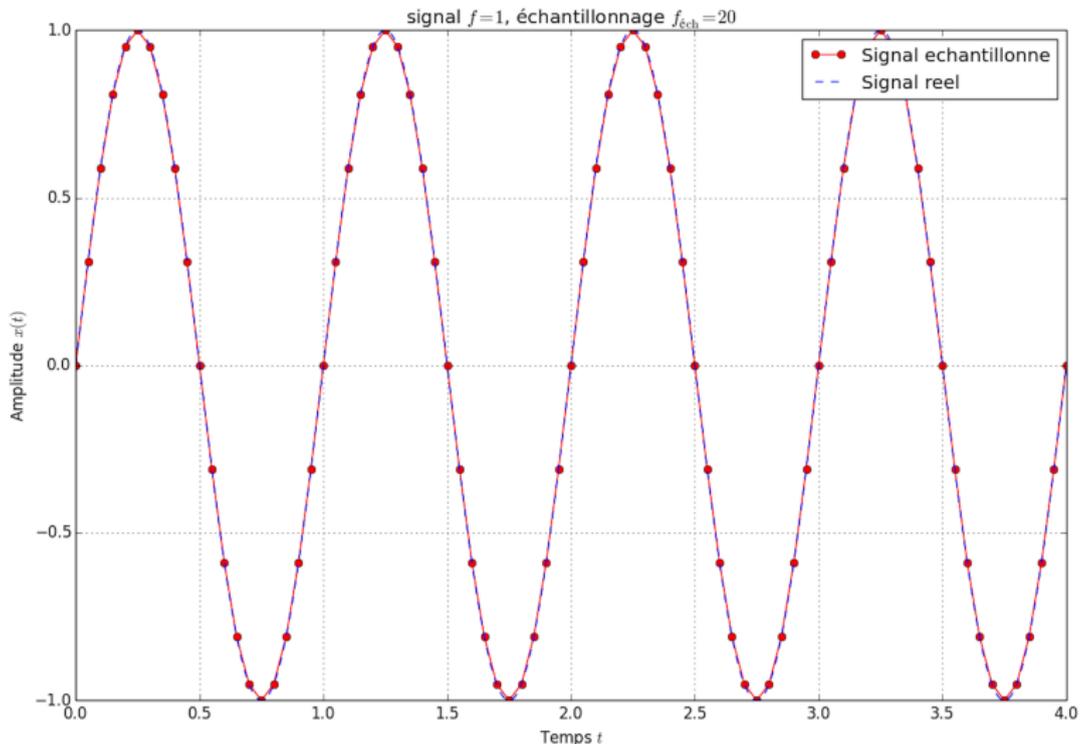
## [4] — Numérisation d'un signal

3<sup>e</sup> étape : quantification



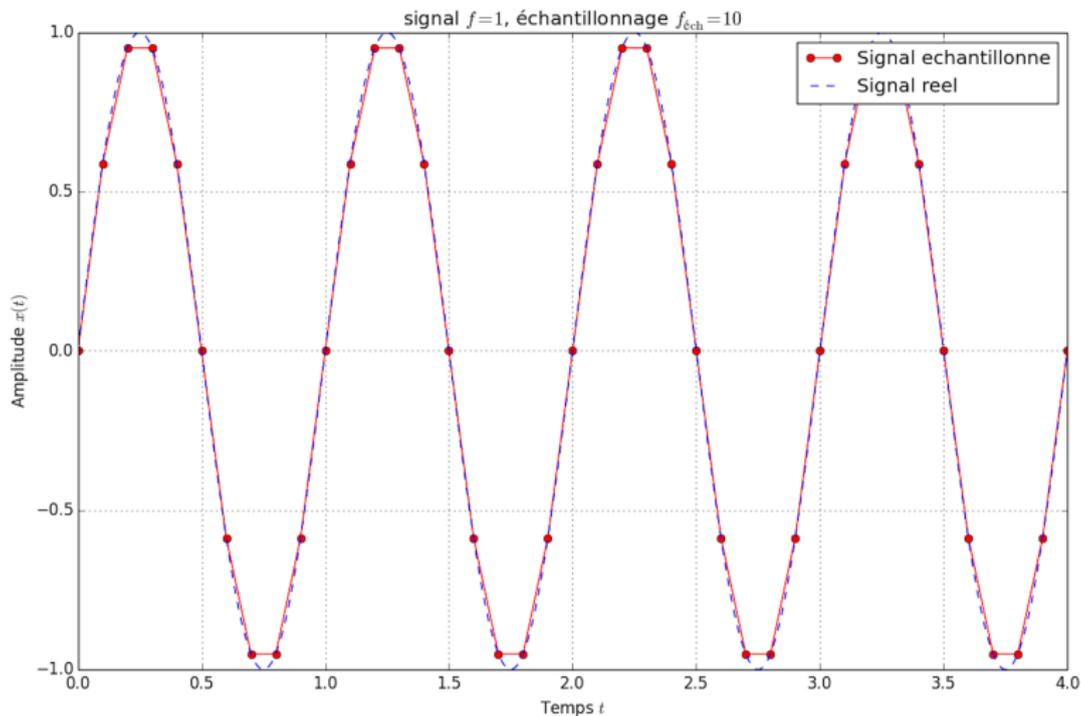
# [5] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 20f$$



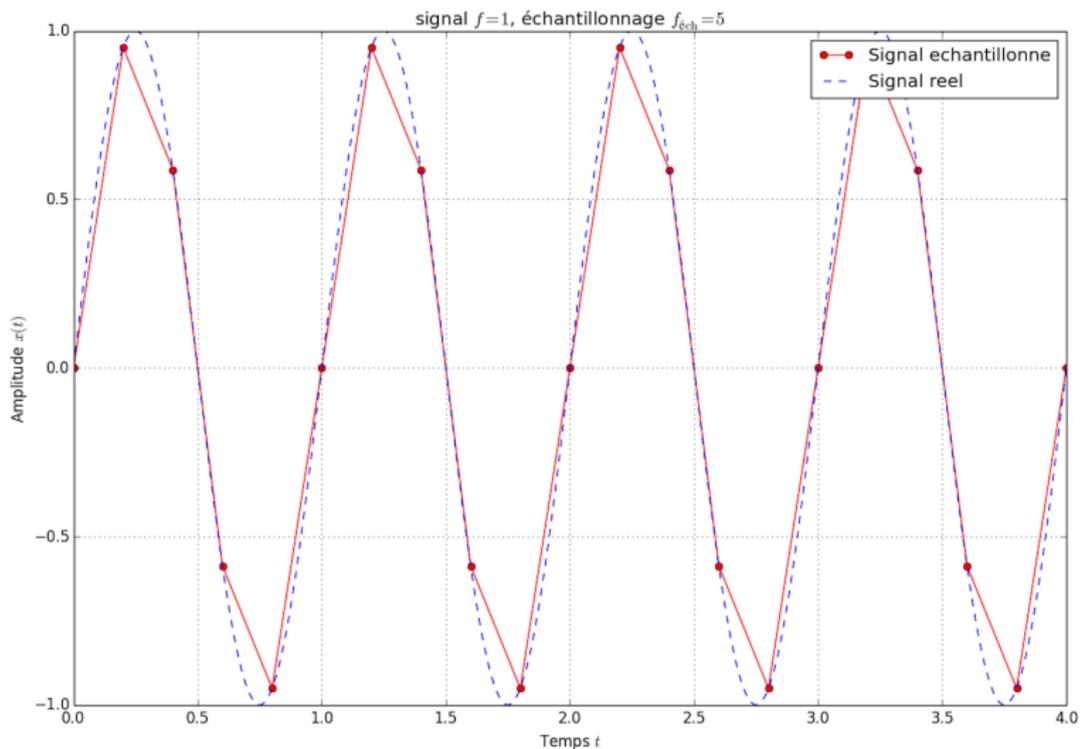
## [6] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 10f$$



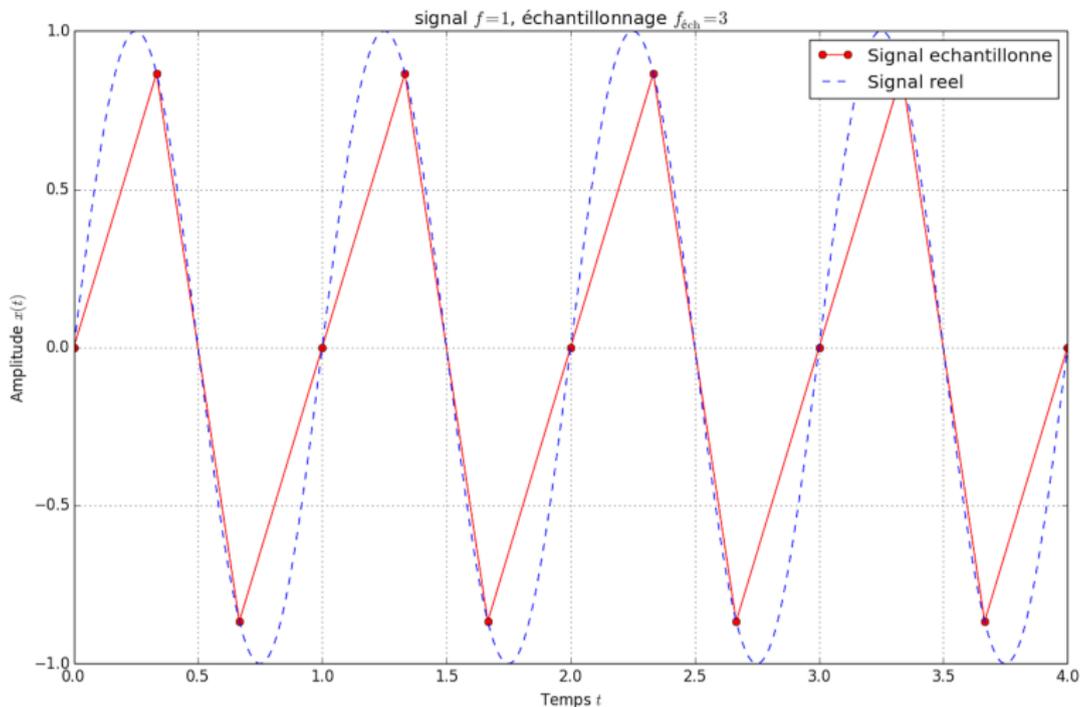
# [7] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 5f$$



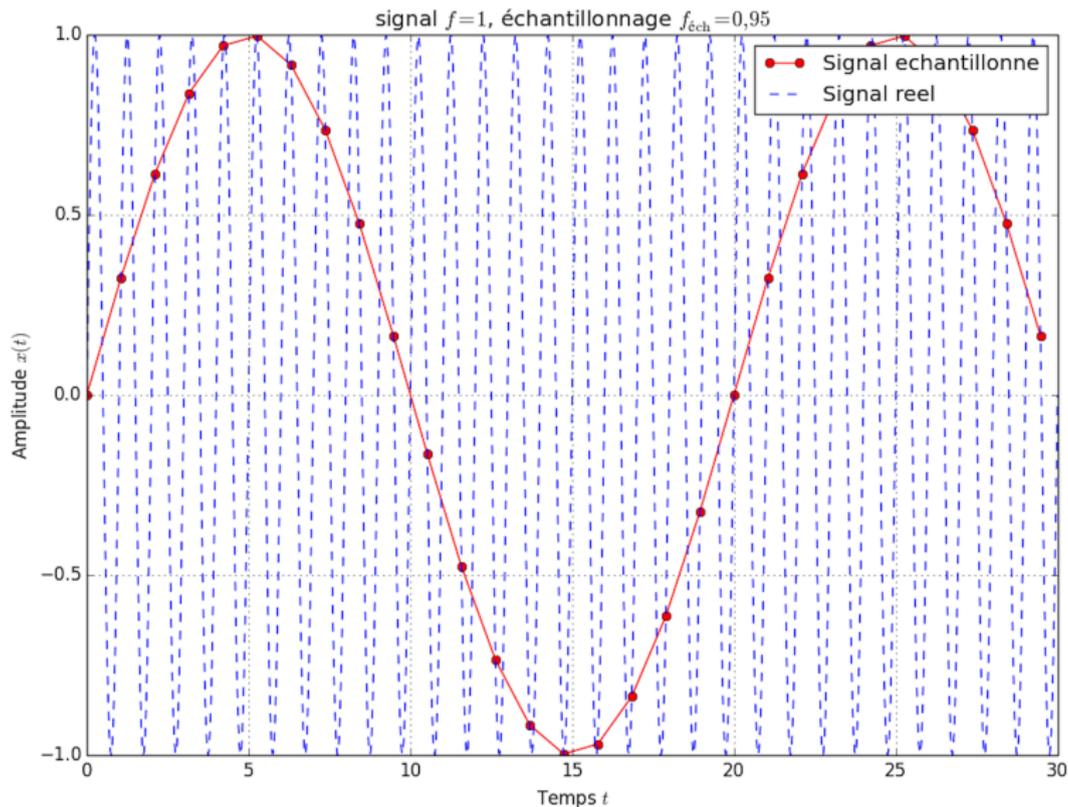
## [8] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 3f$$



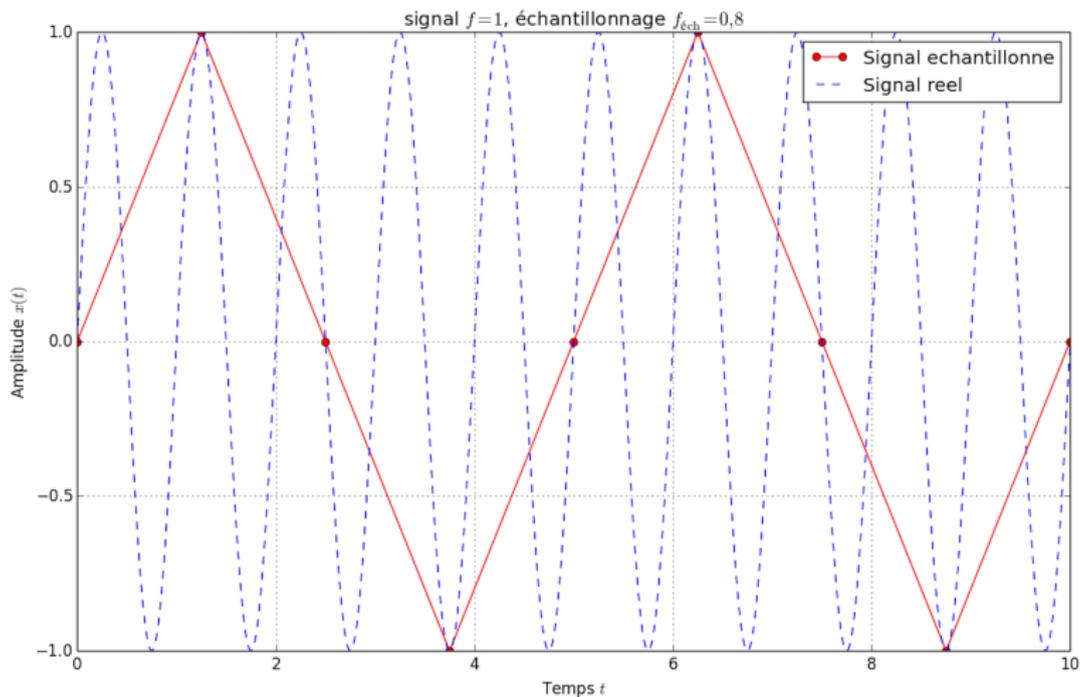
# [9] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 0,95f$$



# [10] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

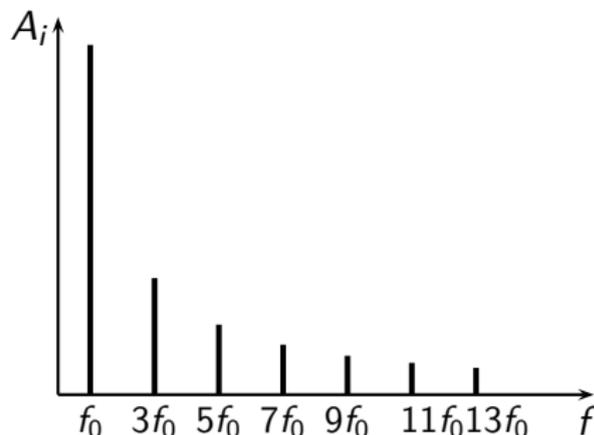
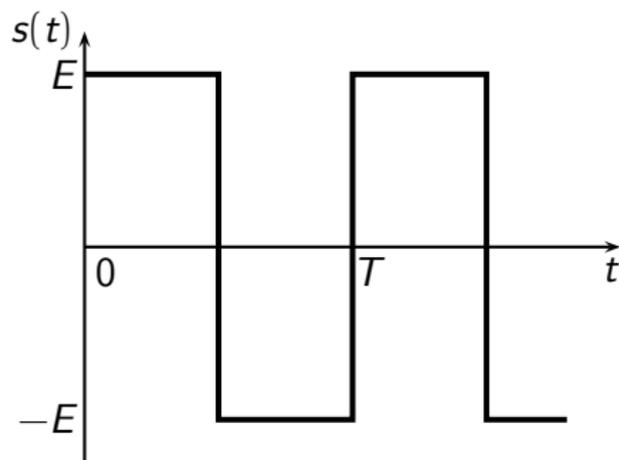
$$F_e = 0,8f$$



## [11] — Spectre d'un signal carré symétrique

### Spectre théorique

Signal carré symétrique d'amplitude  $E$ , de période  $T = \frac{1}{f_0}$ .

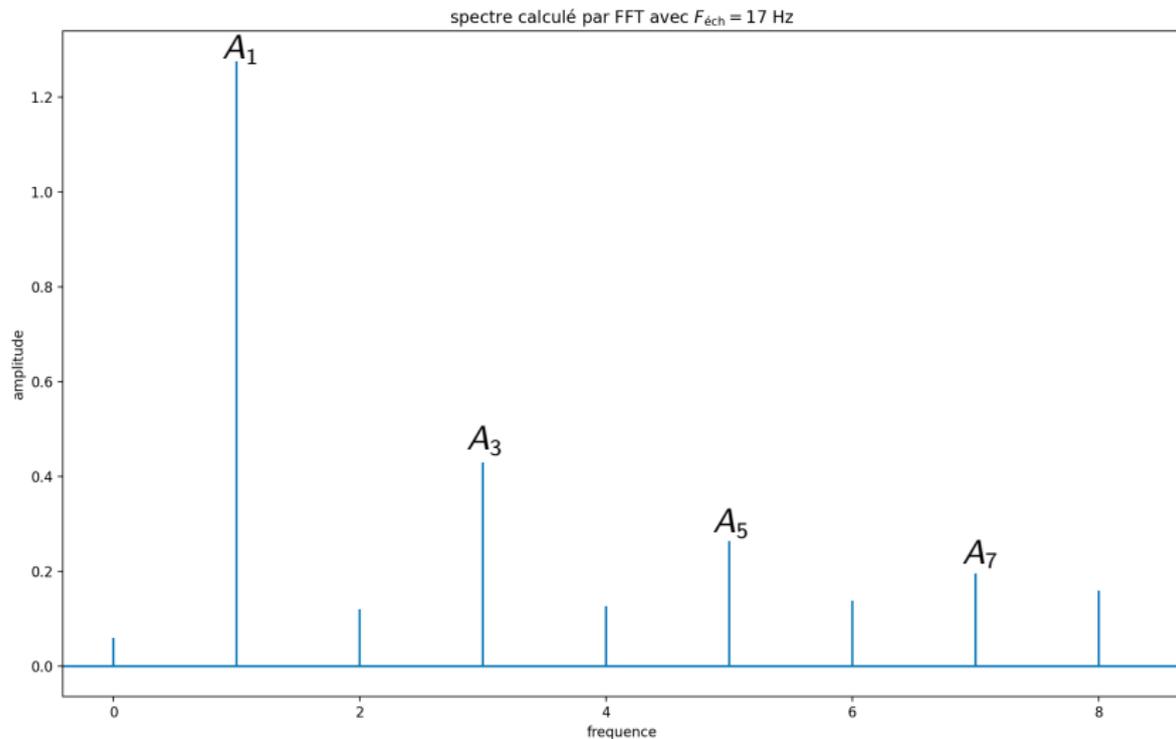


Le spectre comporte une infinité d'harmonique, de rang impair  $n = 2p + 1$

$$A_n = \frac{4E}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{n}$$

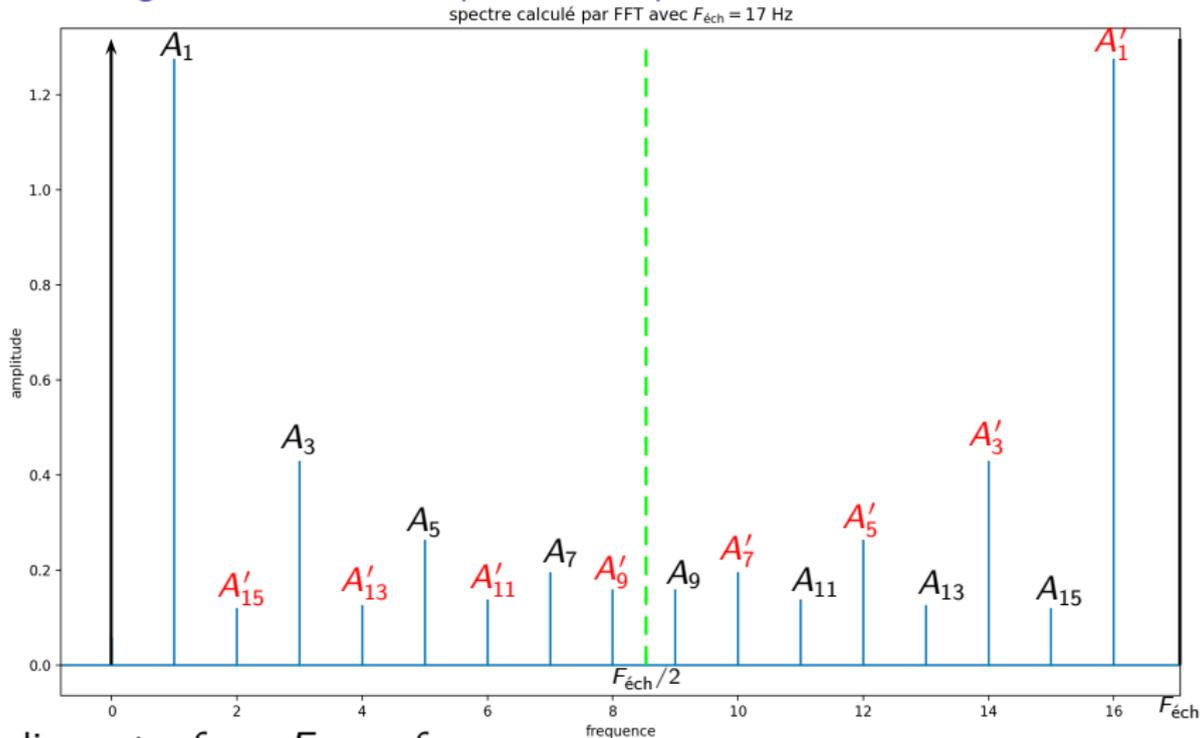
# [12] — Spectre d'un signal carré symétrique

Spectre du signal de fréquence 1 Hz échantillonné, sur  $[0, F_e/2]$



# [13] — Spectre d'un signal carré symétrique

Spectre du signal échantillonné : repliement de spectre

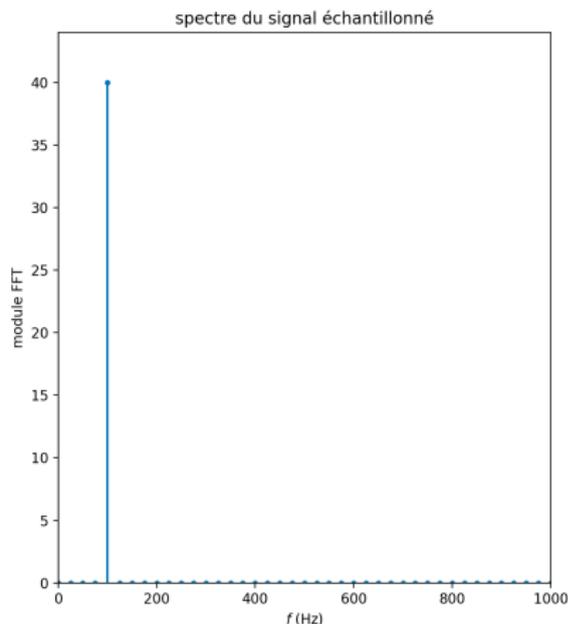
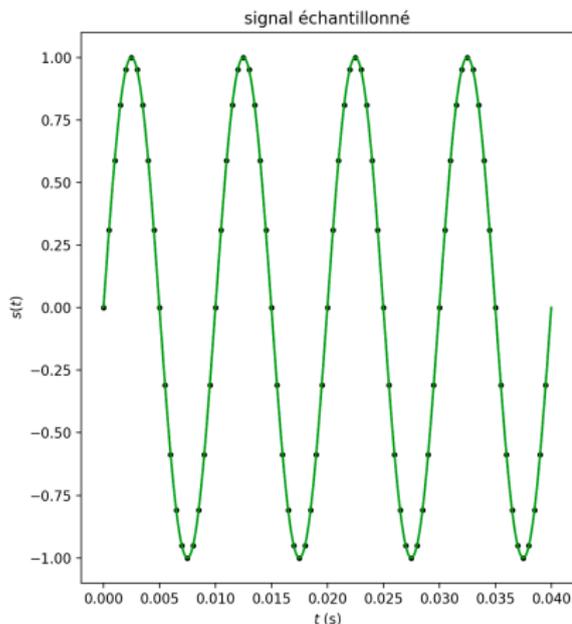


Repliement :  $f_{A'_i} = F_{\text{éch}} - f_{A_i}$ .

# [14] — Taille de l'échantillon et FFT

Spectre du signal de période  $T$  échantillonné

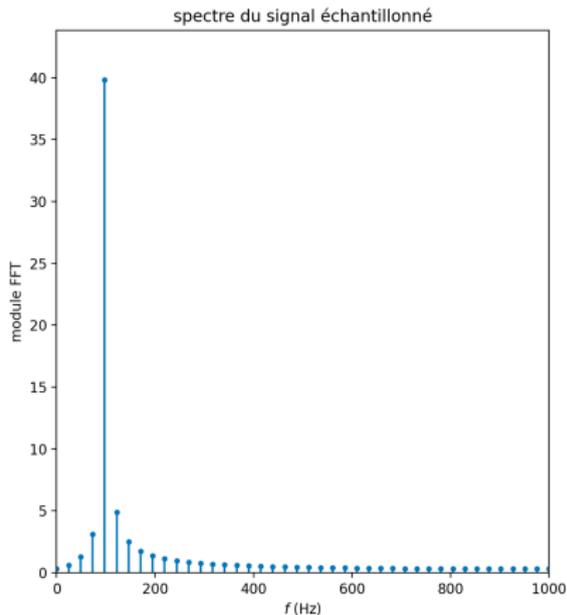
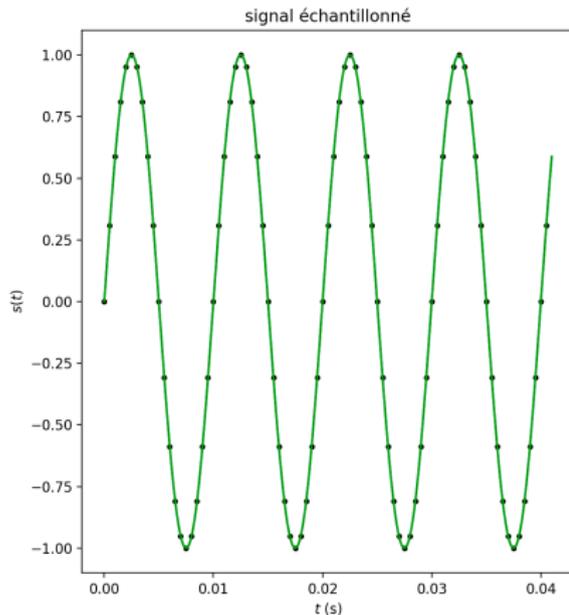
Durée échantillon  $T_{\text{tot}} = 4T$



# [15] — Taille de l'échantillon et FFT

Spectre du signal de période  $T$  échantillonné

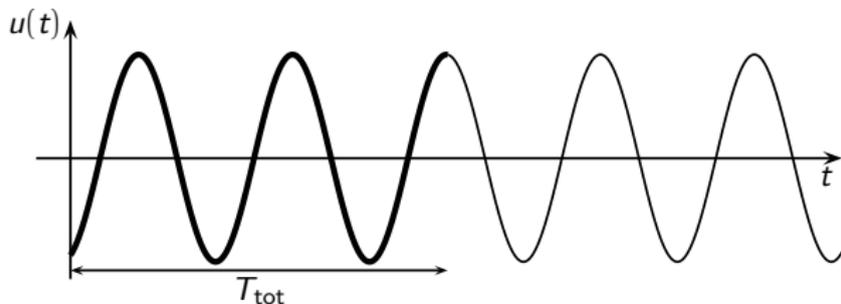
Durée échantillon  $T_{\text{tot}} = 4,1T$



## [16] — De l'échantillon à un signal périodique

### Échantillon de durée finie

Échantillon : un fragment de sinusoïde

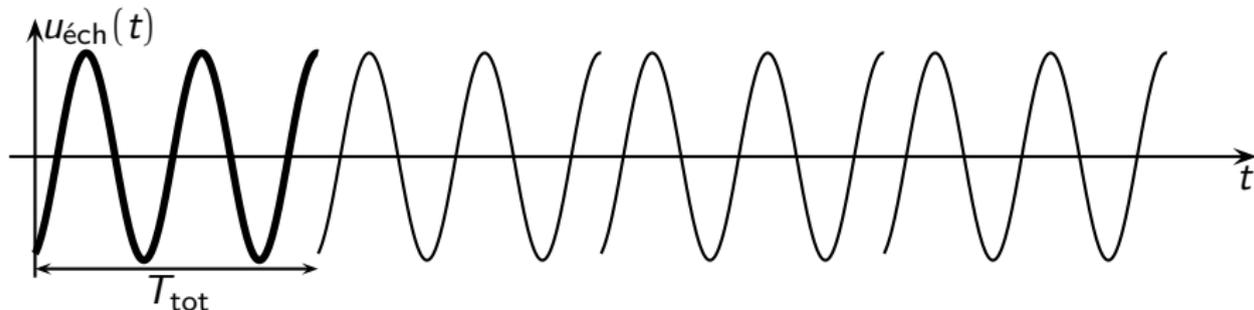


- Le calcul de la transformée de Fourier discrète revient à considérer un signal de période  $T_{\text{tot}}$ , construit par concaténation de l'échantillon.
- Si  $T_{\text{tot}}$  est un multiple de la période du signal, on reconstruit le signal et le spectre obtenu est correct.

## [17] — De l'échantillon à un signal périodique

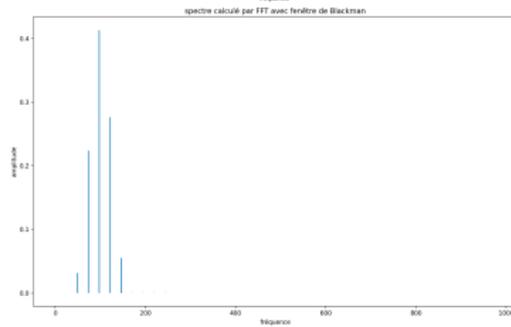
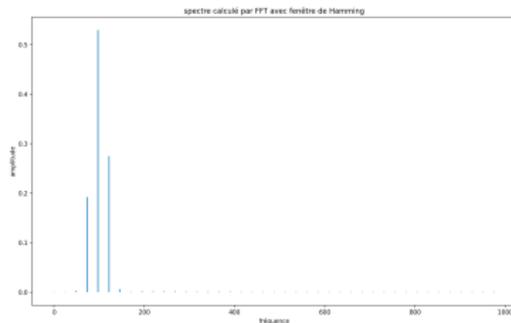
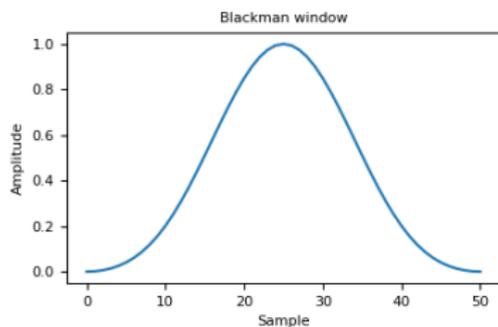
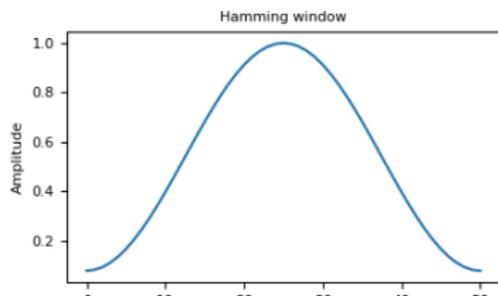
### Construction d'un signal périodique

Échantillon : un fragment de sinusoïde



- Si  $T_{\text{tot}}$  n'est pas un multiple de la période du signal, on ne retrouve pas le signal. Le spectre calculé n'est pas le spectre du signal.
- L'écart entre le spectre calculé et le spectre du signal est d'autant plus marqué qu'il y a une discontinuité aux points de jonction des échantillons.

## [18] — Utilisation de fenêtres



- On peut améliorer le spectre en utilisant une fenêtre, fonction tendant vers zéro aux extrémités de l'échantillon.