

Électronique

IV - Électronique numérique

E. Saudrais

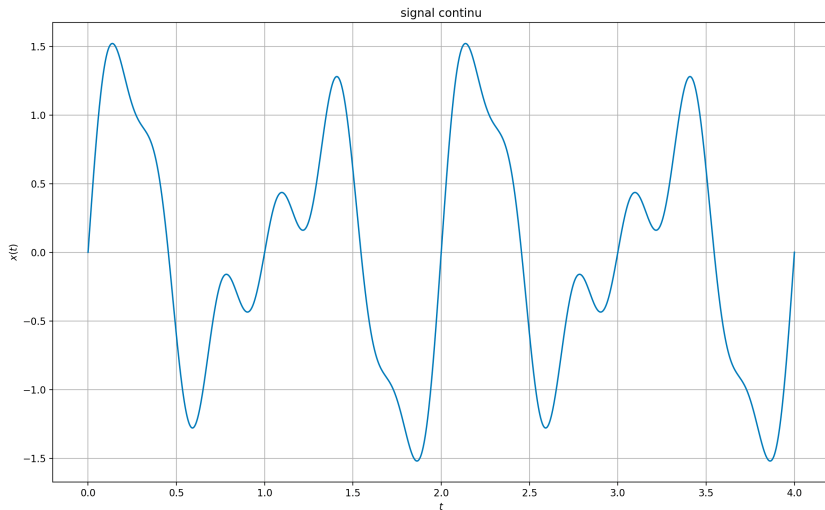
Jean Perrin PSI

22 septembre 2026

[1] — Numérisation d'un signal

Signal analogique

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

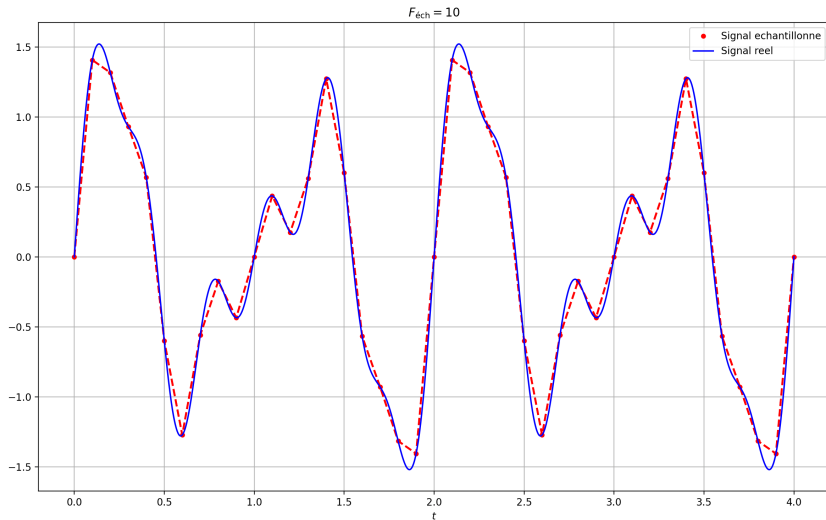


W

[2] — Numérisation d'un signal

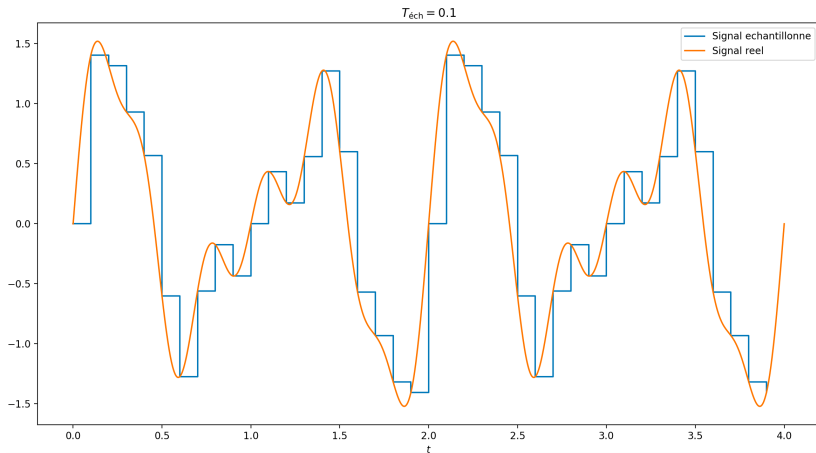
1^{re} étape : échantillonnage

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



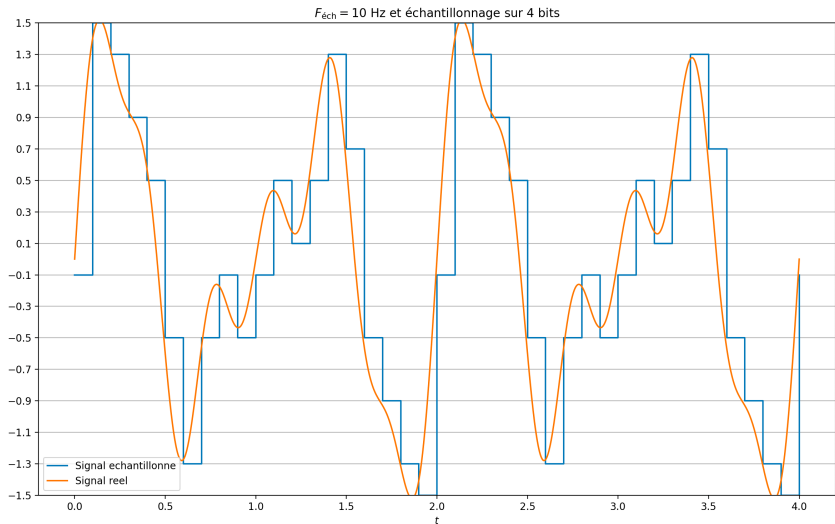
[3] — Numérisation d'un signal

2^e étape : blocage (échantillonneur bloqueur)



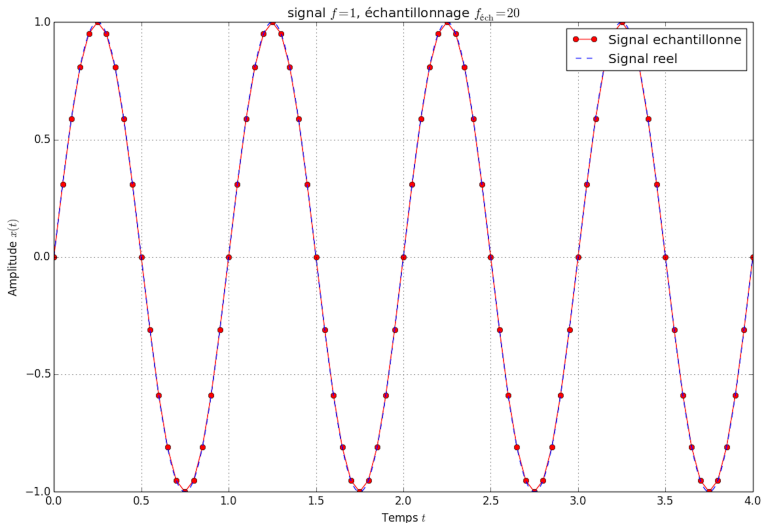
[4] — Numérisation d'un signal

3^e étape : quantification



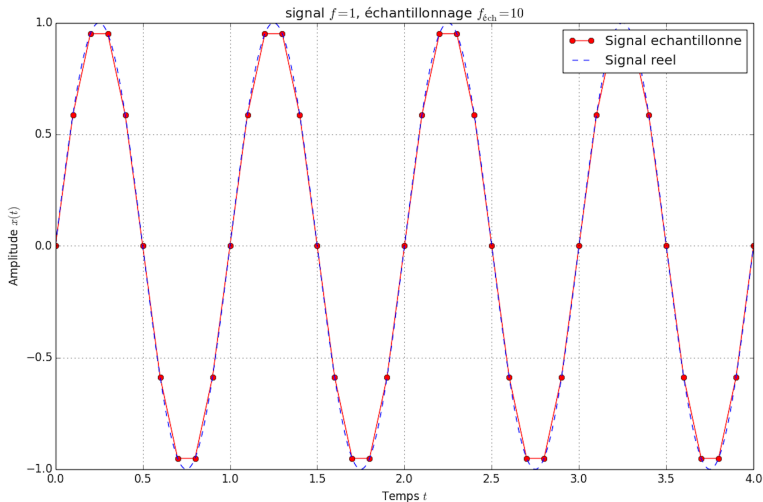
[5] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 20f$$



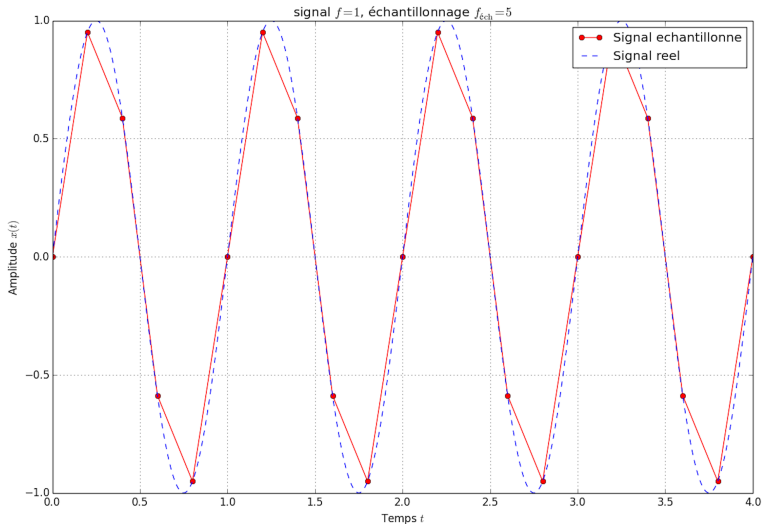
[6] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 10f$$



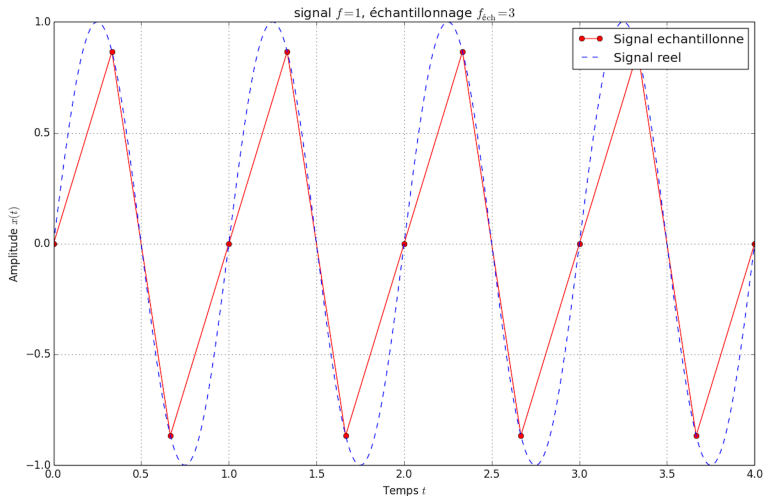
[7] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 5f$$



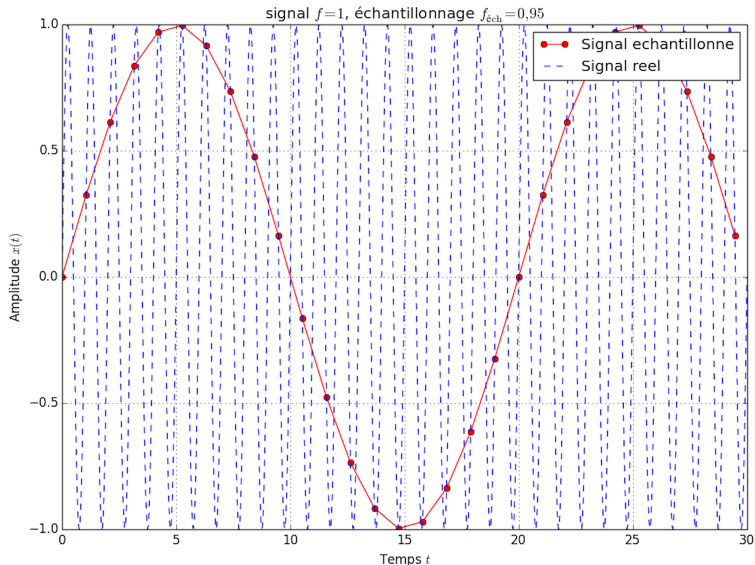
[8] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 3f$$



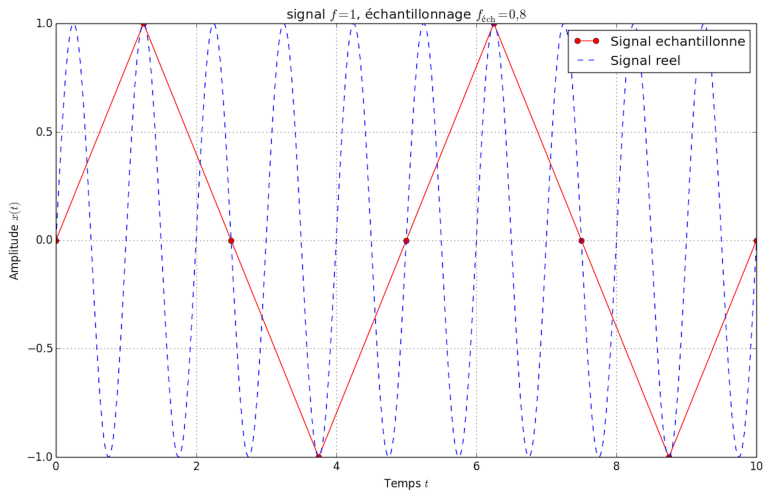
[9] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

$$F_e = 0,95f$$



[10] — Influence de la fréquence d'échantillonnage

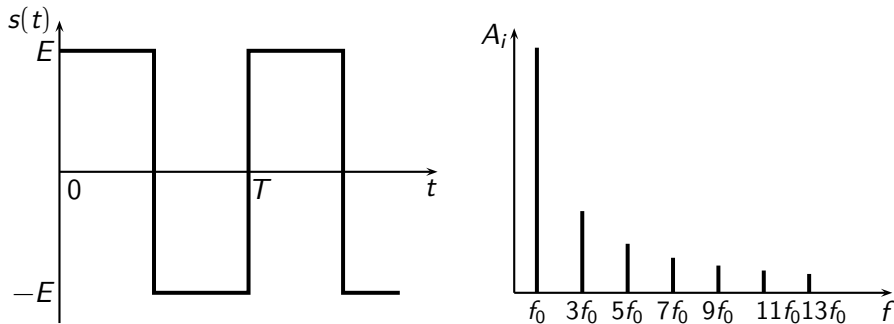
$$F_e = 0,8f$$



[11] — Spectre d'un signal carré symétrique

Spectre théorique

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

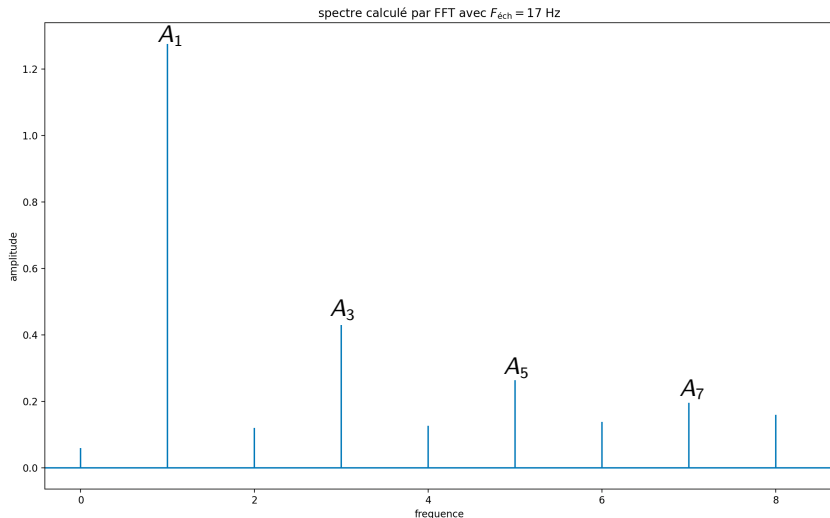


Le spectre comporte une infinité d'harmonique, de rang impair $n = 2p + 1$

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

[12] — Spectre d'un signal carré symétrique

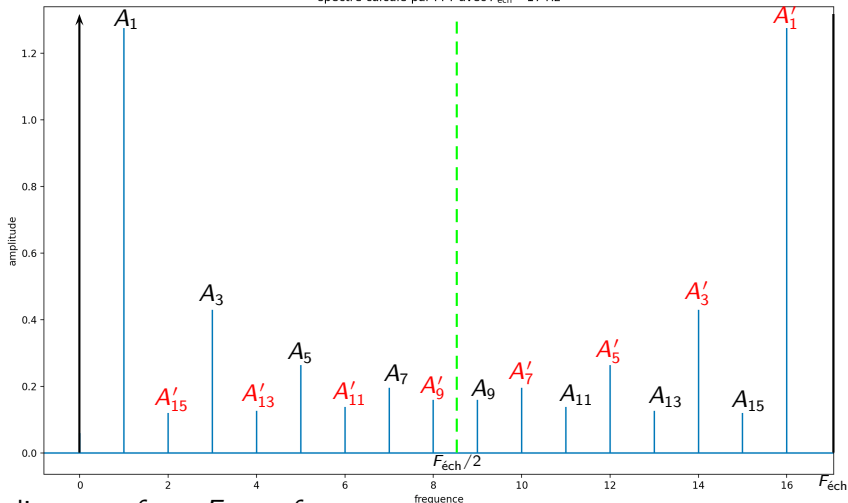
Spectre du signal de fréquence 1 Hz échantillonné, sur $[0, F_e/2]$



[13] — Spectre d'un signal carré symétrique

Spectre du signal échantillonné : repliement de spectre

spectre calculé par FFT avec $F_{\text{éch}} = 17 \text{ Hz}$

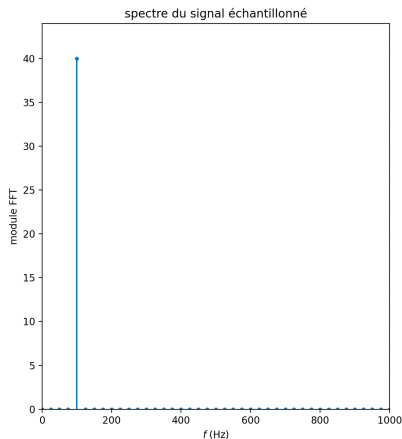
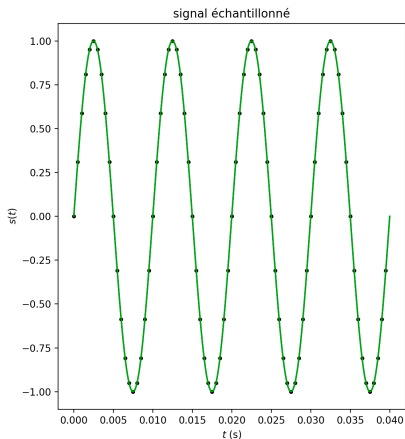


Repliement : $f_{A'_i} = F_{\text{éch}} - f_{A_i}$.

[14] — Taille de l'échantillon et FFT

Spectre du signal de période T échantillonné

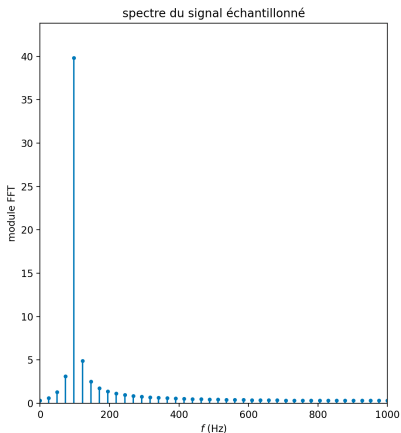
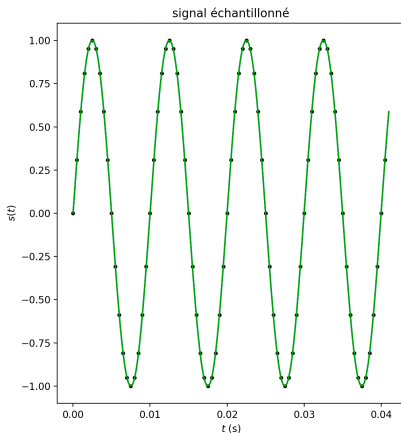
Durée échantillon $T_{\text{tot}} = 4T$



[15] — Taille de l'échantillon et FFT

Spectre du signal de période T échantillonné

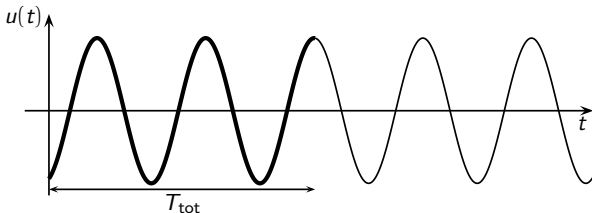
Durée échantillon $T_{\text{tot}} = 4,1T$



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

Échantillon de durée finie

Échantillon : un fragment de sinusoïde

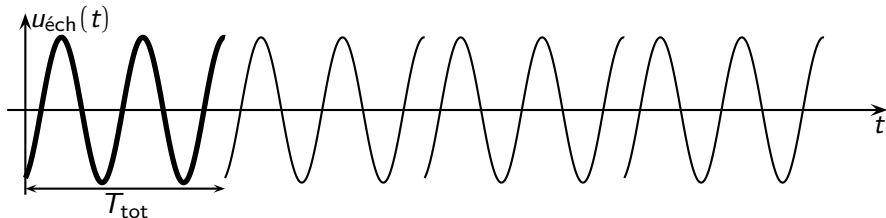


- Le calcul de la transformée de Fourier discrète revient à considérer un signal de période T_{tot} , construit par concaténation de l'échantillon.
- Si T_{tot} est un multiple de la période du signal, on reconstruit le signal et le spectre obtenu est correct.

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

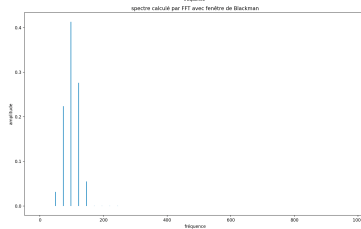
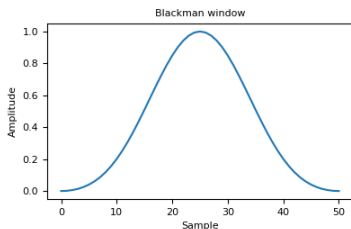
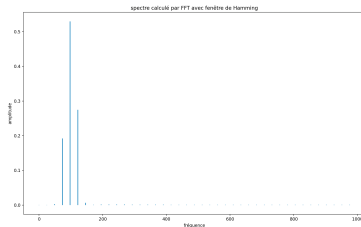
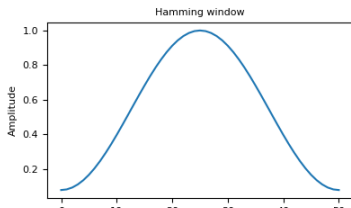
Construction d'un signal périodique

Échantillon : un fragment de sinusoïde



- Si T_{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.