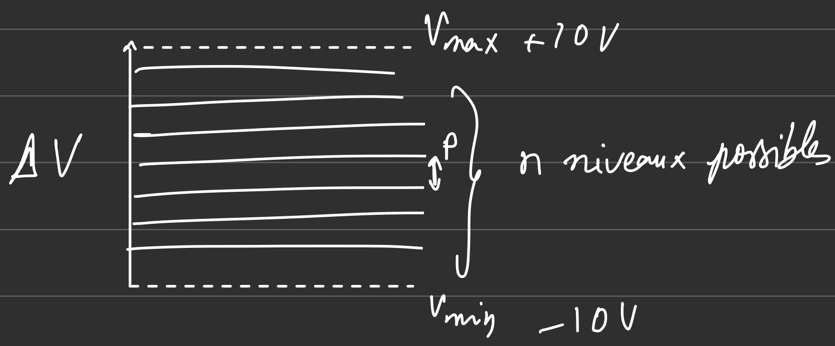
→ **Numérisat°** = 2 étape

- **échantillonage** = discrétisat° du signal en collectant ses valeurs à intervalles de tps réguliers.

- **quantificat°** : on attribue un poids / valeur numérique à chaque échantillon.

→ **Résolut°** = codage des valeurs discrètes échantillonnées.

codage sur n bits : | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 bits → 2^4 valeurs

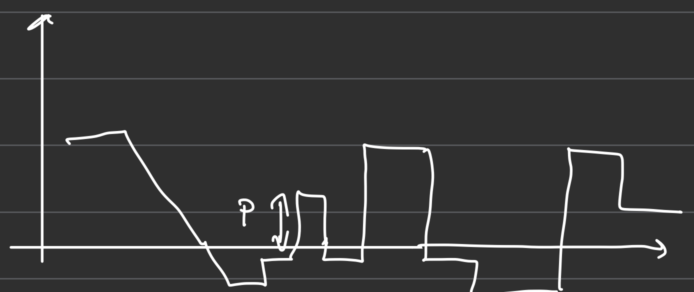


ΔV = calibre

p = pas de quantificat°

$$\boxed{p = \frac{\Delta V}{2^n - 1} \approx \frac{\Delta V}{2^n}}$$

Acquisit° d'1 tension = 0 V

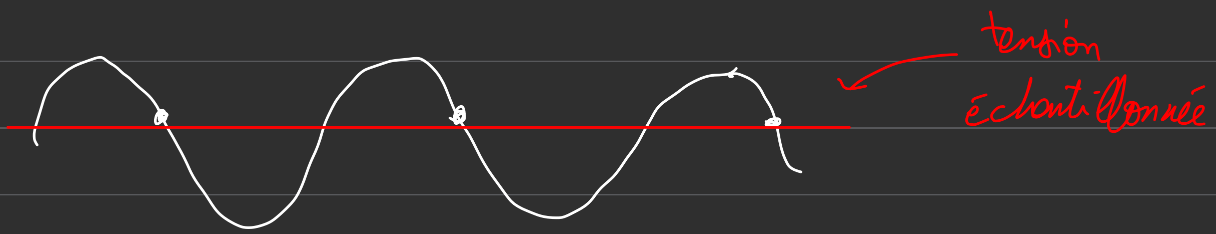


Erreur de quantificat° $\approx \pm p/2$

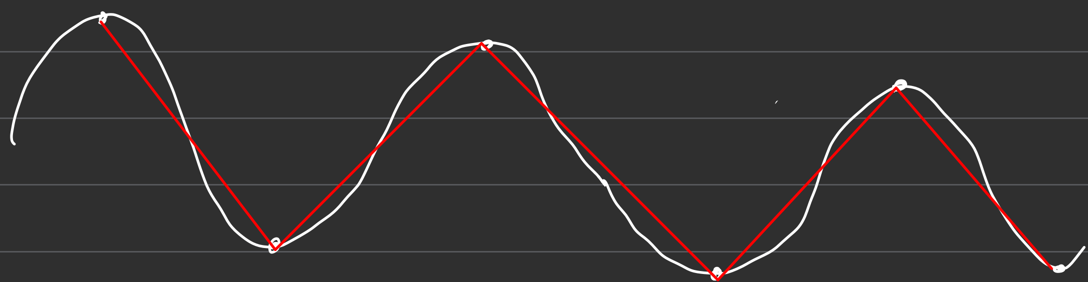
La résolut° est d'autant meilleure que n bits est grand!

Influence fe / Te :

$T_e = T$



$T_e = \frac{T}{2}$

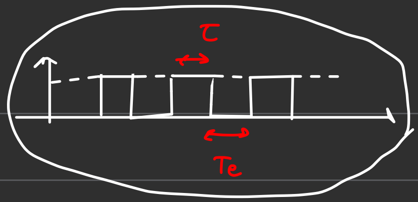


Le mieux ! $\boxed{T_e \ll T}$

Perte d'info sur le signal numérisé :
pour $T_e = \frac{T}{2}$: mauvaise qualité pour mesurer l'amplitude.
Déformation du signal
Apparition d'harmoniques (pollution spectrale)

→ **Repliement spectral et critère de Shannon :**

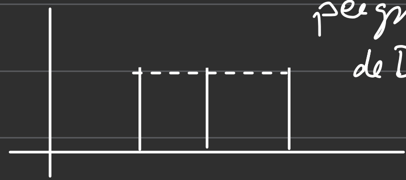
rapport cyclique : $\alpha = \frac{\tau}{T_e}$

$s_{éch} = s(t) \times$ 

échantillonné — $s_{éch}$

réel / analogique — $s(t)$

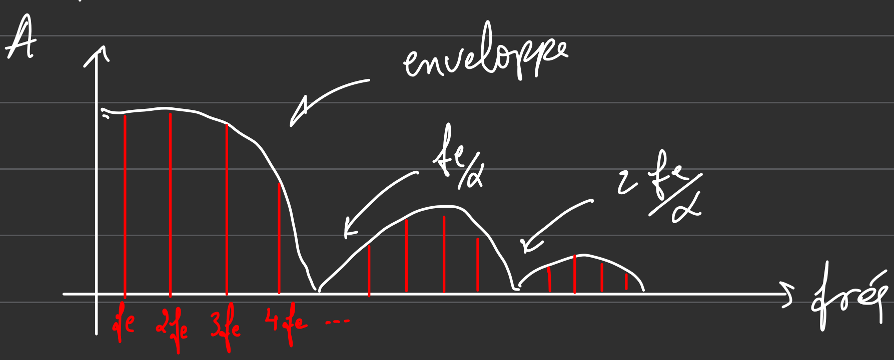
$\omega(t)$

Si l'échantillonnage était idéal $\Rightarrow \omega(t)$ 

$\tau \to 0 \Rightarrow \alpha \Rightarrow 0$

$\omega(t)$ est un signal créneau de fréq f_e et de rapport cyclique α faible

Spectre de $\omega(t)$:



enveloppe $\Longrightarrow A_n = \sin\left(\dfrac{n\pi\alpha}{n\pi}\right)$

$A_n \to$ cste qd $\alpha \to 0$

$$\omega(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} A_n \left(\cos 2\pi f_n t + \varphi_n\right) \qquad \text{avec } f_n = nf_e$$

Pour simplifier au départ considérons un signal $s(t)$ monochromatique.

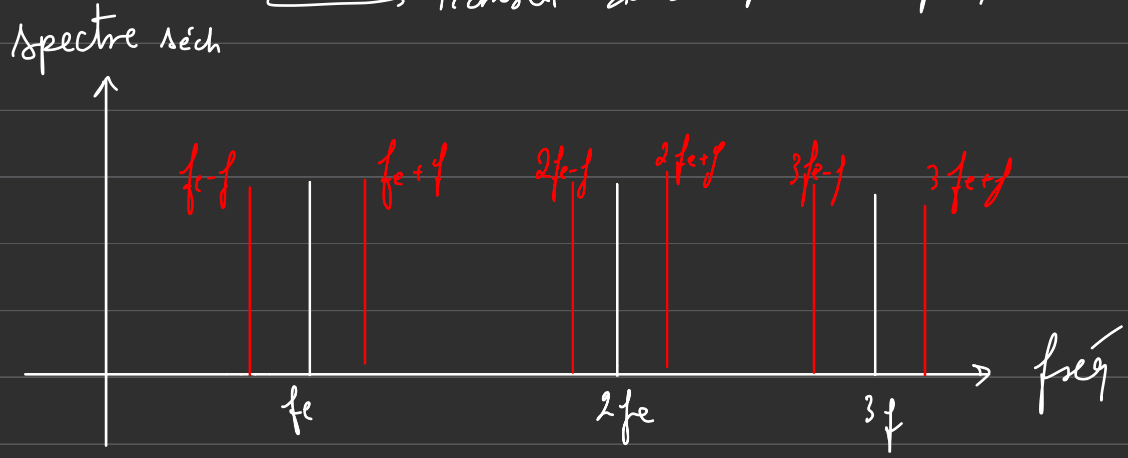
$$s(t) = S\cos(2\pi f t)$$

$$s_{éch}(t) = S\cos 2\pi f t \times \sum_{n=0}^{+\infty} A_n \cos(2\pi f_n t)$$

$$s_{éch}(t) = \frac{S}{2} \sum_{n=0}^{+\infty} \left(A_n \left(\cos(2\pi(f - f_n)t + \cos(2\pi(f+f_n)t\right)\right)$$

↳ $\times$ dans le tps

↳ translat° dans l'espace des fréq.

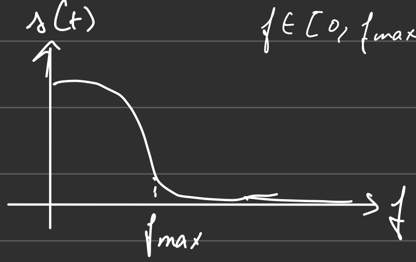


Avec une diminut° légère de l'amplitude qd f ↗ (car A_n ...)

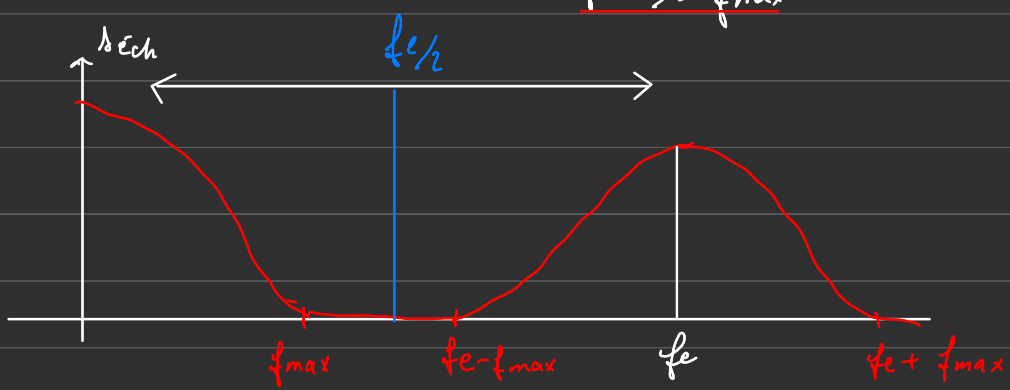
<u>Effet de l'échantillonnage</u> : le spectre est dupliqué (répété) sur tous les f_e = on dit qu'il est est replié sur tous les f_e.

♡

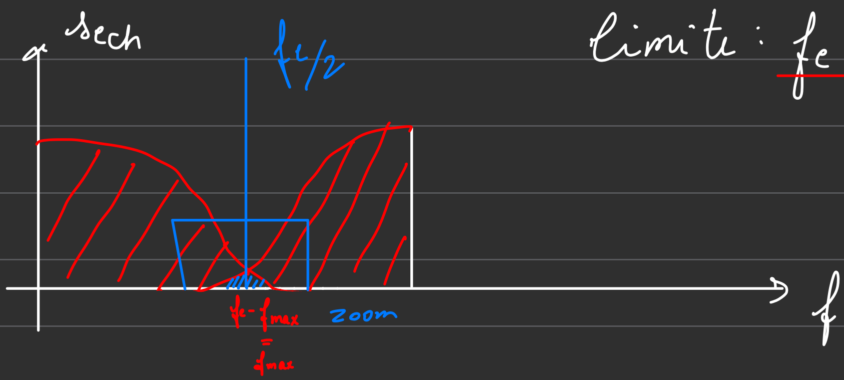
Considérons un signal réel avec le spectre suivant :



<u>$f_e > 2 f_{max}$</u>

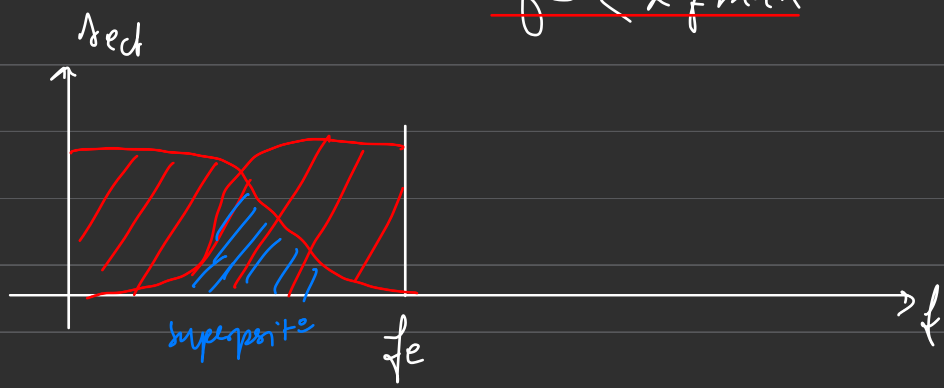


limite : $f_e = 2 f_{max}$



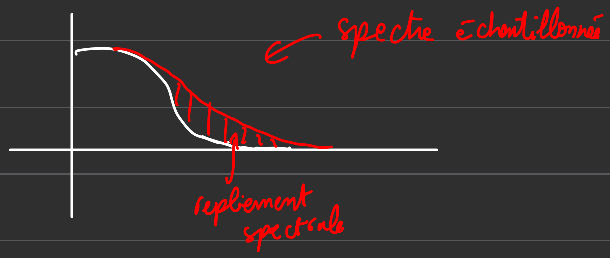
Le spectre dupliqué (artefact) se superpose avec le spectre.

$f_e < 2 f_{max}$



Mélange de spectre

Zoom :



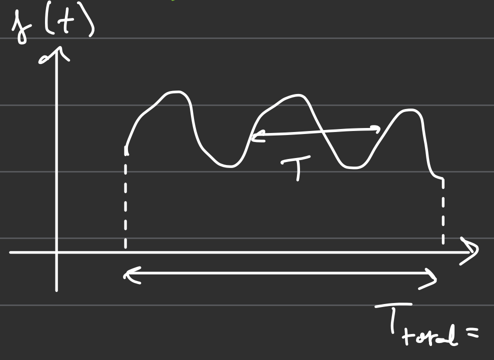
Pour un échantillonnage de qualité :

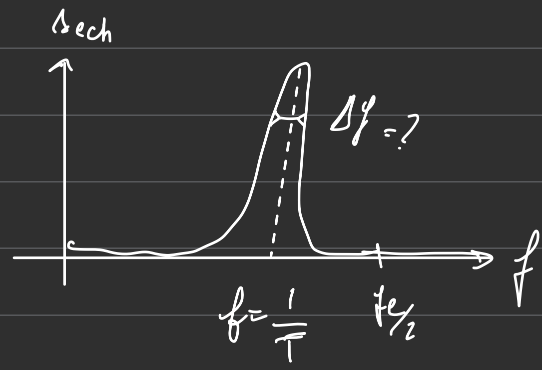
$$\boxed{\begin{array}{c} f_e > 2 f_{max} \\ \text{ou} \quad f_e/2 > f_{max} \end{array}}$$

Critère de Shannon

Rq) avant CNA $\longrightarrow$ filtre passe-bas qui coupe à $f_e/2$ pour limiter le repliement spectral $\longrightarrow$ aliasing.

$\longrightarrow$ Résolut° en fréq d'1 acquisit° et durée totale d'acquisit° :





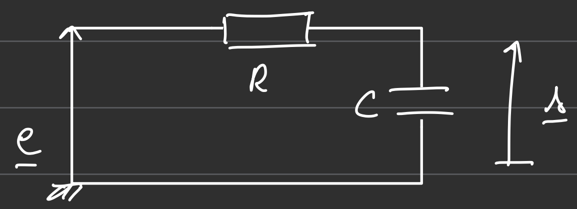
Relation temps/fréq :

$$\boxed{\Delta t \, \Delta f \approx 1}$$

$$\boxed{\Delta f \simeq \frac{1}{T_{total}}}$$

$\longrightarrow$ Filtrage numérique :

Filtre analogique RC :



$\tau = RC$

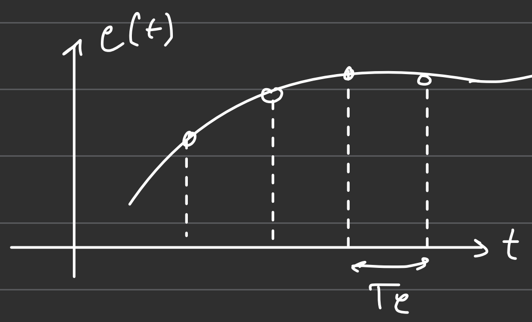
$$\tau \frac{ds}{dt} + s = e \iff \frac{ds}{dt} + \frac{s}{\tau} = \frac{e}{\tau}$$

avec $\underline{H} = \dfrac{\underline{s}}{\underline{e}} = \dfrac{1}{1+j\omega\tau}$ Passe-bas ordre 1

- Filtre numérique :

On réalise la CAN de e(t) et on applique 1 filtrage numérique

Méthode d'Euler avec éléments finis :



On enregistre le tableau des e[k] au cours du tps : (CAN)

$$\frac{ds}{dt} = \frac{s[k]-s[k-1]}{t_k - t_{k-1}}$$

$$s[k] - s[k-1] = \frac{T_e}{\tau}\left(e[k]-s[k]\right)$$

$$\boxed{s[k] = s[k-1] + \frac{T_e}{\tau}\left(e[k]-s[k]\right)}$$