

PARTIEL D'ELECTRONIQUE 2^{ème} Année - Semestre 3
 Documents autorisés (Cours/TDs et TPs uniquement)
 Durée : 2h – 07 janvier 2014

I- Composants passifs (6 points : 1/2/2/1)

On se propose d'utiliser un quartz pour créer l'horloge d'un microcontrôleur 68HC12. La fréquence sera de 16MHz. Ce microcontrôleur sera utilisé dans un projet de pendule géante pour gymnase. Pour que la pendule ne dérive pas de plus 1 seconde par jour, la précision de la fréquence de l'horloge 16MHz doit être de 0,001%.

Cela sous-entend que vous devez utiliser au moins 7 chiffres significatifs dans vos calculs et résultats.

Pour rappel, le schéma électrique équivalent d'un quartz est le suivant :

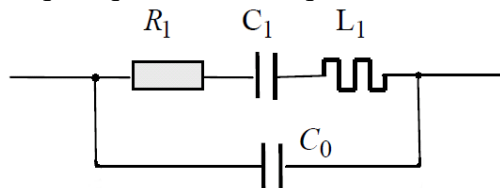
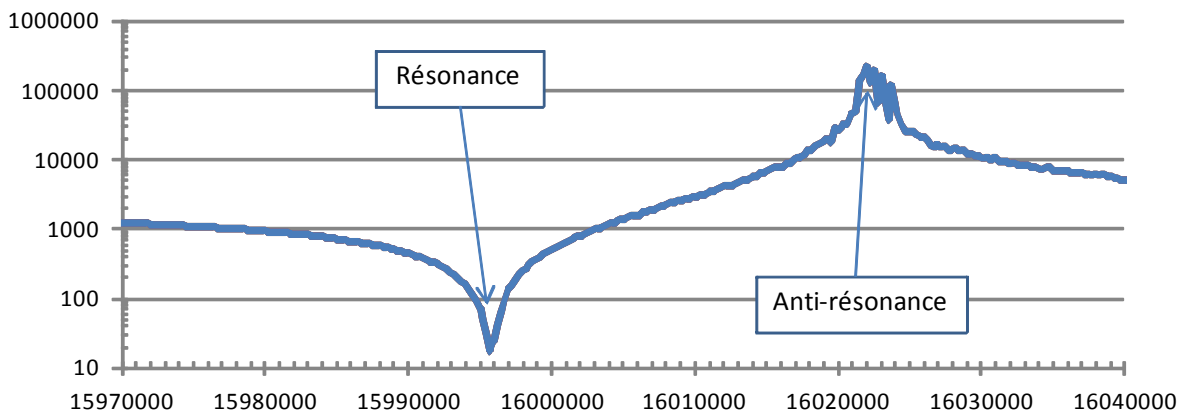


Figure 1 : Schéma électrique équivalent d'un quartz

Afin d'utiliser ce quartz avec la précision souhaitée, l'impédance en fonction de la fréquence avec un analyseur de réseau a été mesurée (Cf figure 2).



| Fréquence | Module de Z |
|-------------------------|-----------------|
| $f_r=15995750\text{Hz}$ | 17,689178ohm |
| $f_a=16022500\text{Hz}$ | 199908,50811ohm |

Figure 2 : Impédance du quartz en fonction de la fréquence et caractéristiques à la résonance et à l'anti-résonance

I-1/ A partir du tableau précédent, déterminer la valeur de R_1 .

I-2/ A partir de la courbe, on peut extraire la valeur de C_0 égale à 4,037338pF. A l'aide d'une des 3 relations données ci-dessous, calculer les valeurs de C_1 et L_1 .

$$\text{fréquence de résonance: } fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1.C_1}} \quad (1)$$

$$\text{fréquence d'anti - résonance: } fa = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1.\frac{C_1.C_0}{C_1 + C_0}}} \quad (2)$$

$$\frac{fr^2}{fa^2} = \frac{C_0}{C_1 + C_0} \quad (3)$$

Pour rappel : $1pF = 10^{-12}F$ et $1fF = 10^{-15}F$

I-3/ Pour obtenir la fréquence d'horloge attendue de manière précise, il est choisi de décaler la fréquence d'anti-résonance vers 16MHz en positionnant un condensateur C en parallèle avec le quartz et donc plus précisément avec le condensateur C_0 .

On souhaite déterminer la valeur du condensateur C pour que la fréquence d'anti-résonance (fa) résultante soit égale à 16MHz. Pour cela, on procède en 2 étapes :

- A l'aide de la 3^{ème} relation, calculer d'abord la valeur de C_0' en considérant que C_0' correspond à la mise en parallèle de C_0 avec C.
- A partir de la valeur de C_0' , en déduire la valeur de C.

I-4/ Etant donné la précision recherchée, le condensateur utilisé C sera un condensateur ajustable que l'on peut régler avec un tournevis. Lorsque l'on ajuste la valeur du condensateur, quel appareil (vu en TP) proposez-vous d'utiliser pour régler avec précision la fréquence d'horloge générée par le quartz ?

II- Propagation sur un câble coaxial (6 points : 1/2/1/2)

Dans cet exercice, on se propose d'utiliser un câble coaxial de la série RG59 dont les caractéristiques techniques sont données en annexe. Un lexique technique est également proposé en figure 3.

II-1/ Quelle est l'impédance caractéristique (Z_C) du câble utilisé ?


II-2/ Calculer la permittivité diélectrique relative (ϵ_r) du matériau isolant pour un câble pour un conducteur central possédant un diamètre de 0,64mm.

II-3/ On rappelle que la vitesse de la lumière est égale à 3.10^8 ms^{-1} . Donner alors la vitesse de propagation (en m.s^{-1}) des ondes électromagnétiques dans ce diélectrique.

NB : Si vous n'avez pas répondu à la question II-2/, prendre $\epsilon_r \approx 2$.

LEXIQUE

Afin de parfaire vos connaissances dans le domaine des câbles coaxiaux, AXON[®] vous propose un petit lexique :



IMPEDANCE CARACTERISTIQUE

Terme représentant le rapport entre la tension et le courant dans un câble d'une longueur infinie ; dans le cas des câbles coaxiaux, on trouve trois classes principales d'impédances caractéristiques : 50 Ω, 75 Ω et 95 Ω.

$$z_c = \frac{138,2}{\sqrt{\epsilon}} \cdot \text{Log}_{10} \frac{D}{d} \text{ exprimé en } \Omega$$

CAPACITE

Propriété du câble coaxial de stocker des charges électriques lorsqu'une différence de potentiel existe entre les deux conducteurs ; elle dépend de la géométrie du câble et de la nature de l'isolant.

$$C = \frac{24,12 \cdot \epsilon}{\text{Log}_{10} \frac{D}{d}} \text{ ou } \frac{3326 \cdot \sqrt{\epsilon}}{z_c} \text{ exprimé en pF/m}$$

VITESSE DE PROPAGATION

C'est la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le diélectrique dont est constituée la ligne coaxiale ; cette vitesse dépend de la constante diélectrique et s'exprime par :

$$V_p = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}} \times 100 \text{ exprimé en \% par rapport à la vitesse de la lumière}$$

Ex.: polyéthylène (massif) $v_p = 66 \%$
 PTFE (massif) $v_p = 69 \%$

Comme la constante diélectrique du milieu isolant est une fonction directe de la nature de ce milieu on comprend facilement que pour augmenter la vitesse de propagation il faut abaisser la constante diélectrique et essayer de la rapprocher le plus possible de celle de l'air ($\epsilon = 1$).

Ex.: Constante diélectrique ETFE = 2,6
 PTFE = 2,1
 Celloflon[®] = 1,3 à 2,1

- D = diamètre du diélectrique en mm
- d = diamètre du conducteur central en mm
- ε = constante diélectrique du matériau constituant le diélectrique
- z_c = impédance caractéristique exprimée en Ω
- C = capacité linéique exprimée en pF/m
- v_p = vitesse de propagation exprimée en % par rapport à la vitesse de la lumière
- A = atténuation exprimée en dB/m à la fréquence de travail
- R = résistance équivalente du conducteur à la fréquence f
- F = facteur de pertes diélectriques tg δ
- f = fréquence en MHz.

NB : ε représente la permittivité relative du diélectrique.

Figure 3 : Lexique technique associé au câble coaxial

II-4/ Une ligne de ce type dont la longueur L est inconnue est attaquée par un générateur de résistance de sortie $R_g = 75 \Omega$. La ligne est chargée par un court-circuit comme le montre le schéma de la figure 4. L'allure du signal mesuré en sortie du générateur est reportée en figure 5 ; les échelles des tensions ne sont pas respectées. Déterminer, en justifiant vos résultats :

- la longueur L de la ligne
- la valeur du coefficient de réflexion (module et phase) en bout de ligne
- l'amplitude V_1
- la tension E du générateur

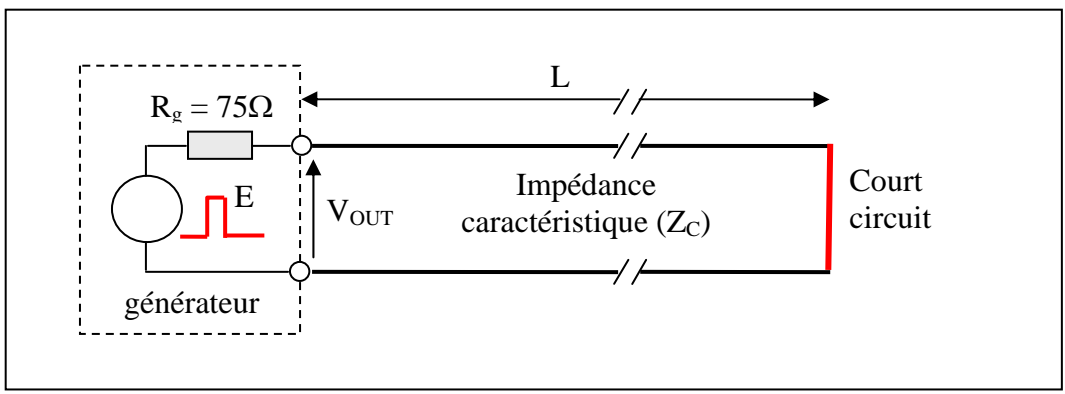


Figure 4 : Ligne de longueur L inconnue chargée par un court-circuit

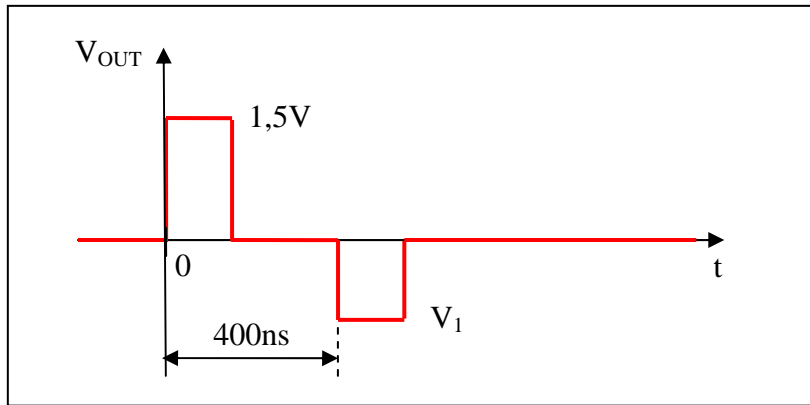


Figure 5 : Signal V_{OUT} en sortie du générateur

III- Analyse spectrale (6 points : 2/1/2/1)

III-1/ On considère le spectre reporté en figure 6. On suppose que le signal analysé est un signal du type $V(t)=V_m \cdot \cos(2\pi f_0 t)$

- l'amplitude V_m et la valeur crête à crête V_{pp}
- la fréquence du fondamental (f_0)

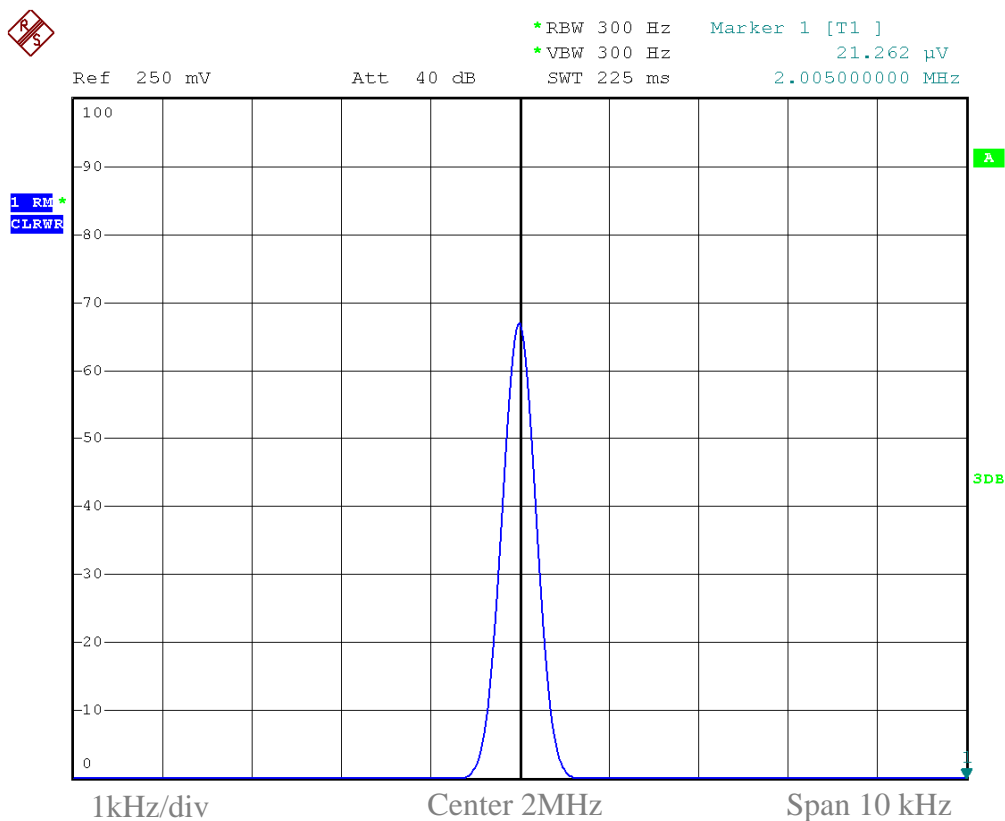


Figure 6 : Spectre du signal à déterminer (l'échelle des ordonnées est en %)

III-2/ Quelle fonction de l'appareil a été modifiée pour obtenir le spectre de la figure 7 ?

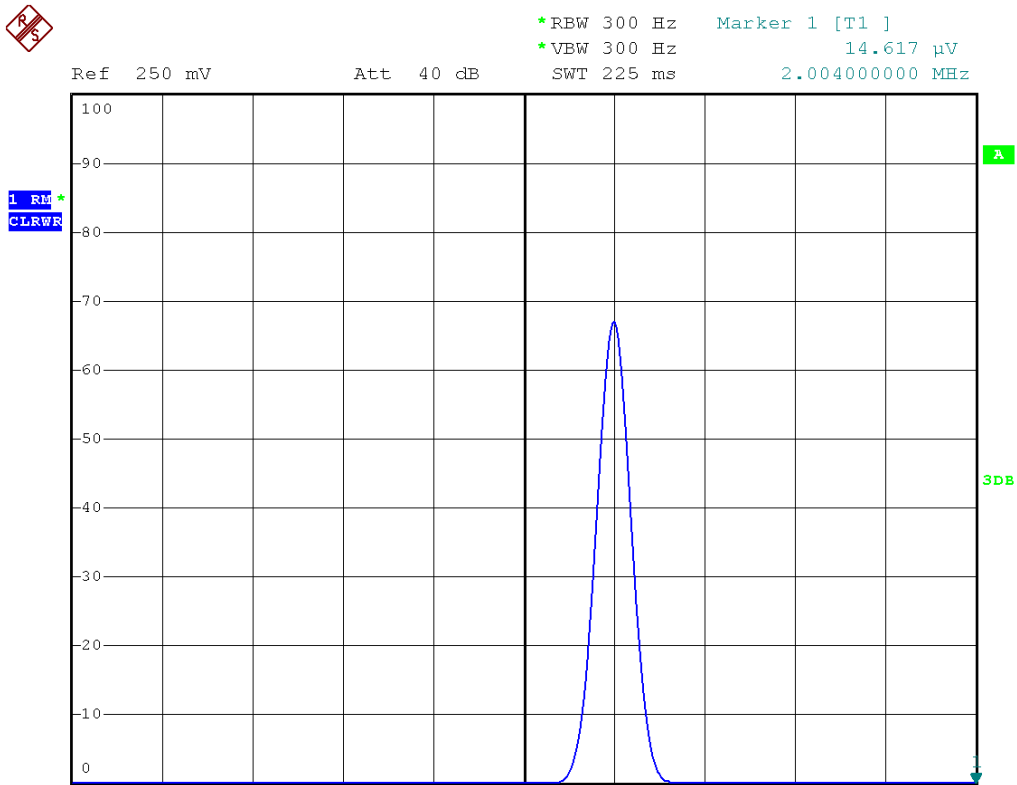


Figure 7 : Spectre du signal avec changement

III-3/ On modifie la largeur du filtre de résolution (RBW). Le résultat est indiqué en figure 8 avec certaines indications relevées par l'appareil. En justifiant votre réponse, donner la valeur choisie du RBW pour obtenir ce spectre.

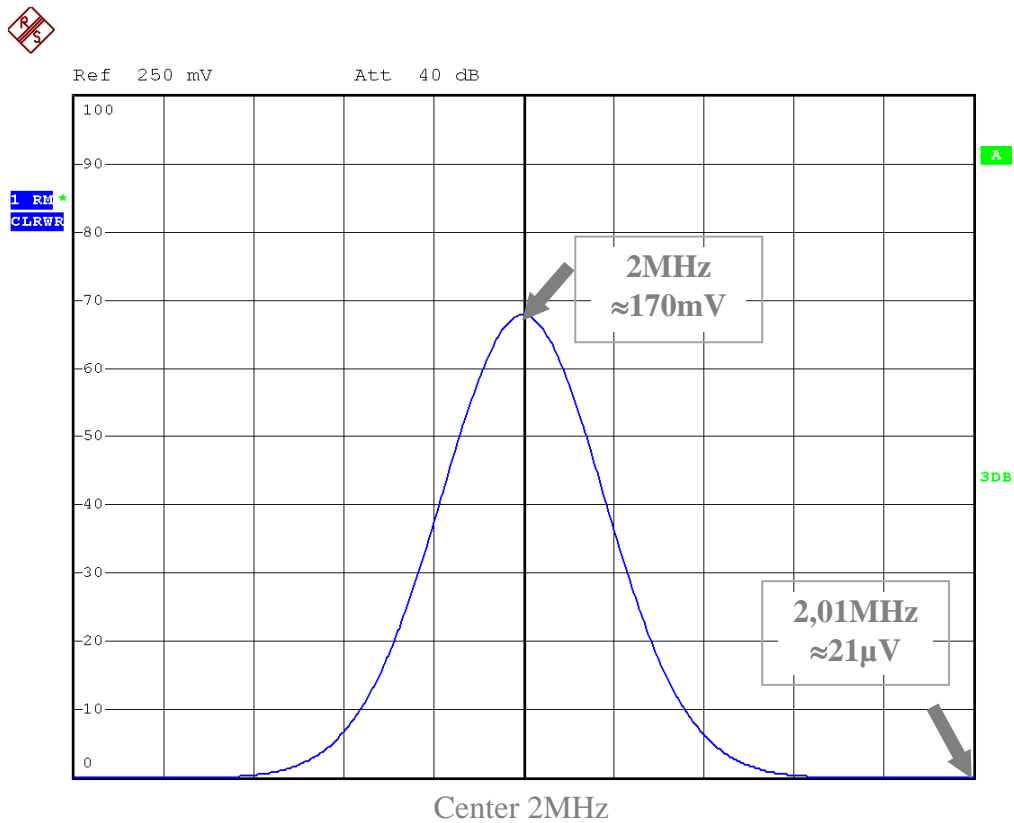


Figure 8 : Spectre du signal avec modification de la largeur du filtre de résolution (RBW)

III-4/ On souhaite visualiser le spectre d'un signal modulé en amplitude. Un tel signal peut s'écrire sous la forme :

$$S(t) = A[1 + m(t)]\cos \omega_p t$$

- Ecrire $S(t)$ dans le cas où $m(t) = B \cos \omega_m t$ en considérant que : $\omega_m \ll \omega_p$
- On fixe : $f_p = 100\text{kHz}$, $f_m = 10\text{kHz}$, $A = B = 1\text{V}$.

Représenter le spectre obtenu pour les deux cas suivants :

- « Center frequency » = 100kHz, Span = 100 kHz, **RBW = 30 kHz**
- « Center frequency » = 100kHz, Span = 100 kHz, **RBW = 1 kHz**

Rappel : $\cos(a).\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a-b) + \cos(a+b)]$

IV- Echantillonnage (7 points : 2/2/1/2)

On échantillonne un signal sinusoïdal $V(t) = 2\cos(2\pi 5.10^3 t)$ avec une fréquence d'échantillonnage égale à $F_e = 20\text{kHz}$ comme indiqué en figure 9. Les impulsions d'échantillonnage ont un rapport cyclique $(\frac{\theta}{T_e})$ égal à 25%. On rappelle la décomposition en série de Fourier du signal impulsionnel $h(t)$ se met sous la forme :

$$S.F \text{ de } h(t) = \frac{B\theta}{T_e} + \frac{2B\theta}{T_e} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{n\pi\theta}{T_e}\right)}{\left(\frac{n\pi\theta}{T_e}\right)} \cos(n\omega_e t) \text{ avec } \omega_e = \frac{2\pi}{T_e}$$

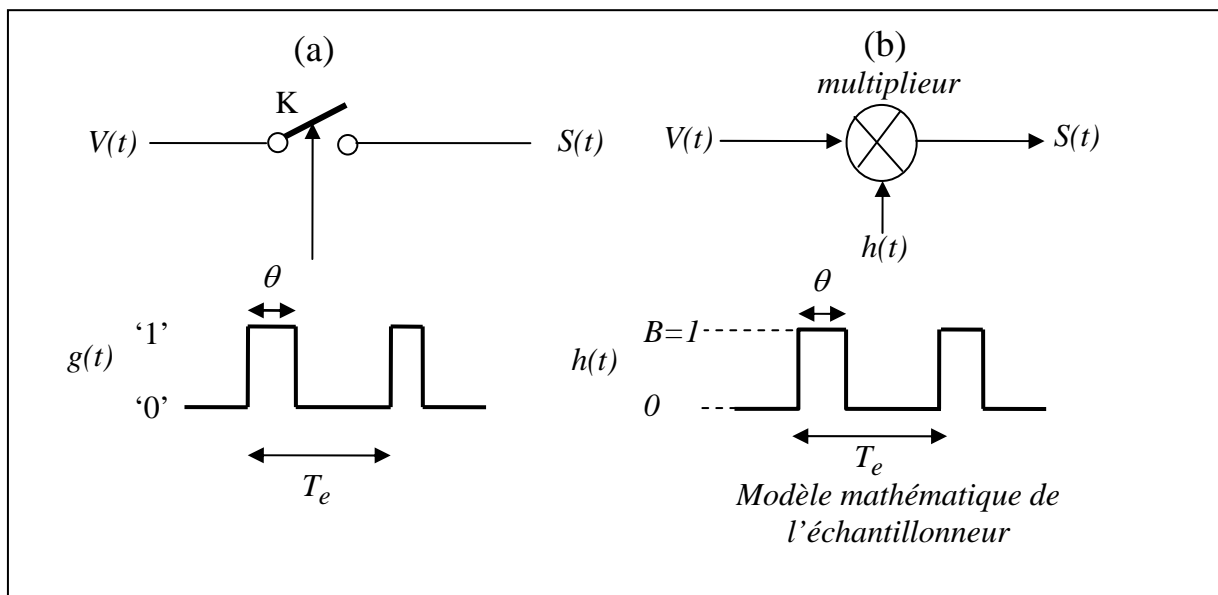


Figure 9 : Echantillonneur et modèle mathématique associé

IV-1/ A partir du synoptique en figure 9-b, écrire l'expression analytique du signal $S(t)$ après l'opération d'échantillonnage décrite ci-dessus. Donner les fréquences des trois premières raies contenues dans le spectre du signal échantillonné $S(t)$.

IV-2/ Calculer les amplitudes des trois premières raies du signal échantillonné $S(t)$.

IV-3/ Que deviendrait le spectre du signal $S(t)$ dans le cas où la largeur de l'impulsion θ tend vers 0 ? Une réponse uniquement qualitative est attendue.

IV-4/ Les échantillons du signal $V(t)$ sont codés sur N_0 bits. On souhaite fixer une valeur maximale du bruit de quantification (différence entre la vraie valeur de l'échantillon et la valeur restituée après CNA) égale à 8mV si la valeur crête à crête de la sinusoïde occupe la pleine échelle.

- Rappeler la relation liant la valeur pleine échelle (FSR), le nombre de bits (N_0) et le quantum de conversion (q).
- En considérant que la fréquence d'échantillonnage est très élevée, calculer la valeur N_0 nécessaire pour respecter le cahier des charges.