

TEST D'ÉLECTRONIQUE 2^{ème} Année - Semestre 3

Durée : 2h à 06 janvier 2016 (Documents autorisés : Cours, TDs et TPs)

Les exercices sont indépendants.

Exercice 1 : Caractérisation d'un câble coaxial de transmission (9 points : 0,5/0,5/1/1/0,5-1/0,5/1/1,5-1/0,5)

On considère un câble coaxial de type BNC RG58 d'impédance caractéristique $Z_C = 50\Omega$ de longueur $L = 1000\text{m}$. On souhaite caractériser ce câble avec pour objectif de déterminer les éléments suivants :

- la résistance (r_C)
- la vitesse de propagation (V_p)
- les constantes linéiques (on supposera que la conductance linéique $g = 0$)
- les effets de l'atténuation à haute fréquence

Volet 1/ Caractérisation en régime harmonique à très basse fréquence

Pour déterminer l'atténuation de ce câble en fonction de la fréquence, il est nécessaire de travailler en régime harmonique. Dans ce cas, on règle le générateur de type AGILENT HP33220 (*identique à celui utilisé en TP*), de résistance interne $R_g = 50\Omega$, pour qu'il délivre une tension sinusoïdale $V_E(t)$ telle que l'amplitude crête à crête (V_{ECC}) soit égale à 5V. Cette valeur correspond à celle affichée sur l'écran du générateur si la fonction « load » de ce dernier est activée pour travailler dans les conditions optimales d'adaptation d'impédance (Cf figure 1).

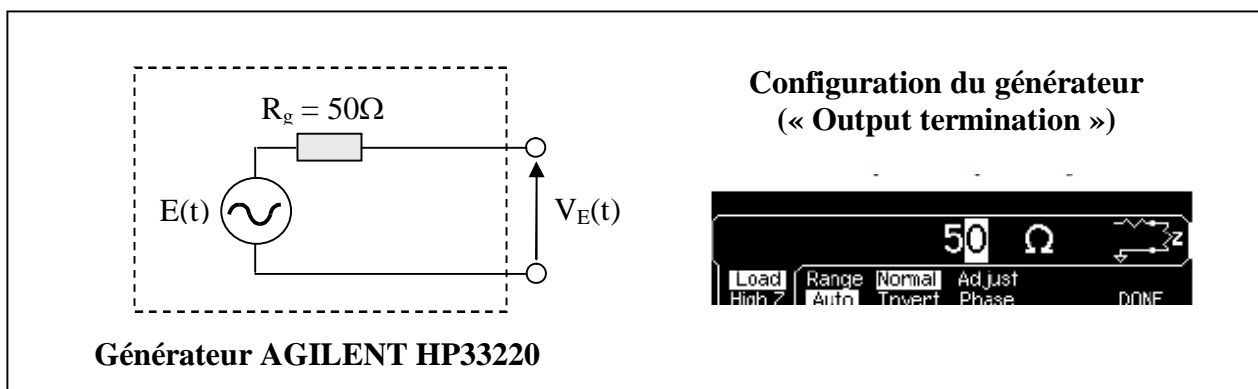
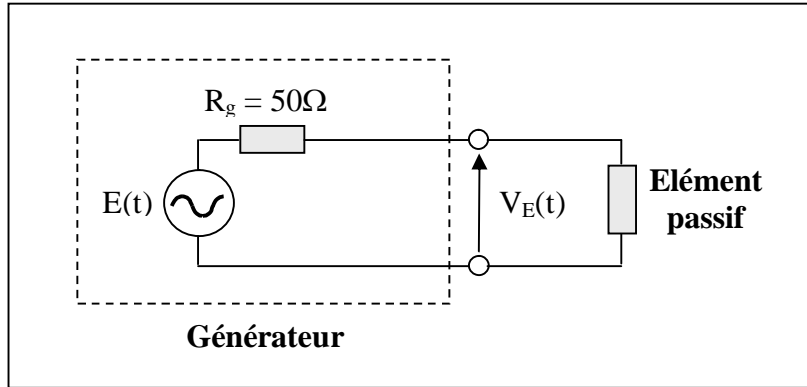


Figure 1 : Caractéristique du générateur utilisé pour la caractérisation du câble coaxial

Q1/ On souhaite visualiser la tension $V_E(t)$ à l'oscilloscope dont la résistance d'entrée est égale à $1\text{M}\Omega$ (*pas d'autre possibilité*). La valeur V_{ECC} de la tension $V_E(t)$ obtenue à l'écran de l'oscilloscope est égale à 10V. Quelle est l'origine de cette différence ? Justifier votre réponse.

Q2/ La valeur précédente étant différente de celle affichée par l'écran du générateur et souhaitée par l'utilisateur, quel **élément passif** faut-il placer pour être en accord avec la valeur affichée par l'écran du générateur ?

Q3/ En considérant la configuration de la question Q2, calculer la valeur efficace $V_{E\text{eff}}$ de la tension délivrée et la puissance dissipée dans l'élément passif proposé (en W puis en dBm).



Q4/ On branche le câble coaxial à caractériser pour mesurer la résistance (r_C) du câble (Cf figure 2). **La fréquence du générateur est fixée à quelques centaines de Hz.** Le rapport V_S/V_E qui caractérise l'atténuation, **représentative des pertes en régime continu**, est égal à $-4,58\text{dB}$. En déduire la valeur de la résistance du câble (r_C) en Ω puis la résistance linéique (r_{Cl}) en Ω/m .

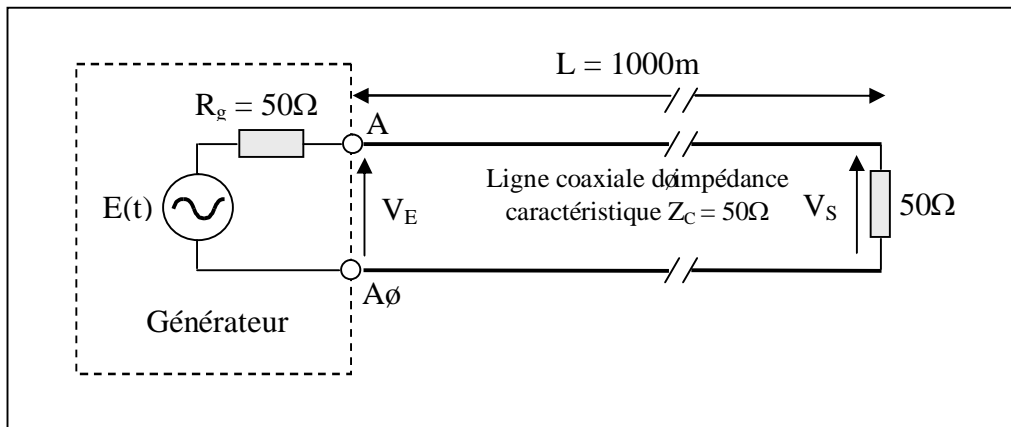


Figure 2 : Configuration pour la mesure de la résistance du câble

Q5/ En supposant que la résistance r_C est uniquement liée au conducteur central, comparer la valeur obtenue avec celle calculée à partir des données techniques du câble considéré :

- résistivité $\rho = 1,78 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
- diamètre du conducteur central $d = 0,81 \text{ mm}$

Volet 2/ Caractérisation en régime impulsionnel

On branche le câble à caractériser pour mesurer la vitesse de propagation (V_p) selon la figure 3. Pour cela, le générateur fonctionne **en mode impulsionnel à la fréquence de 100kHz**. La figure 3 présente le branchement effectué et la figure 4 montre les signaux relevés sur les voies CH1 et CH3 avec une charge infinie placée en bout de câble.

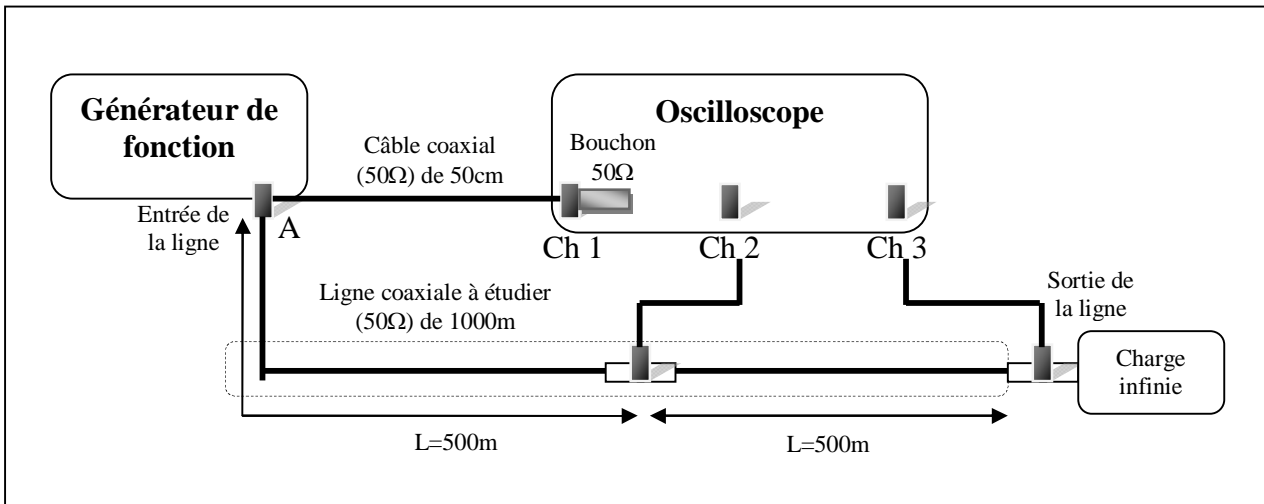


Figure 3 : Configuration pour la mesure de la vitesse de propagation

Q6/ A partir du calcul du coefficient de réflexion imposé par la charge (Γ_L), expliquer la raison pour laquelle l'amplitude de l'impulsion obtenue sur la voie CH3 est positive (Cf figure 4) ? Si l'on négligeait les effets de l'atténuation du câble à 100kHz, quelle serait la valeur théorique de l'amplitude de l'impulsion obtenue en CH3 ?

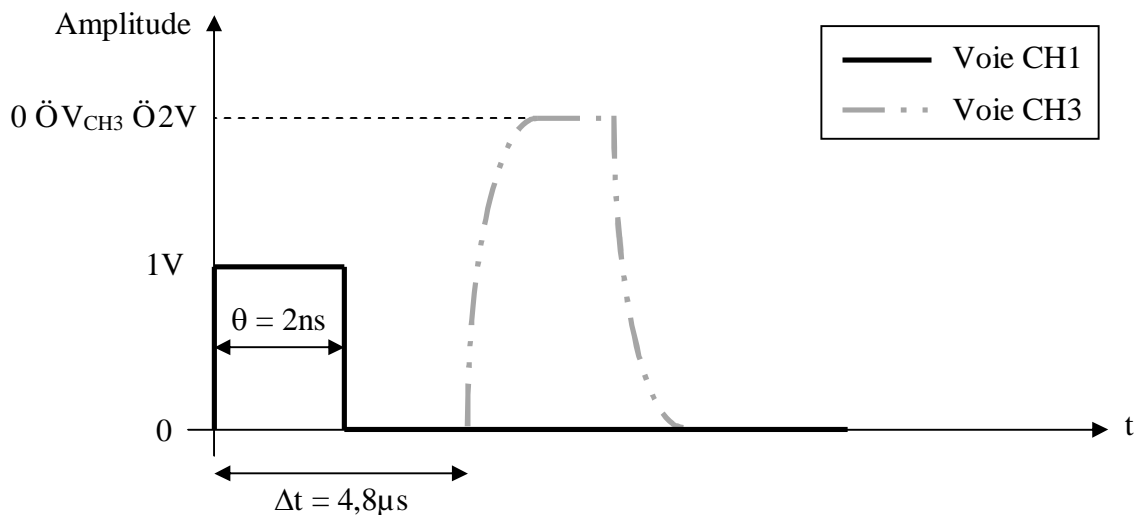


Figure 4 : Caractéristiques des signaux mesurés sur les voies CH1 et CH3

Q7/ A partir des indications données en figure 4, calculer la valeur de la vitesse de propagation (V_p).

Q8/ En considérant, les relations vues en cours, TD et TP, reliant l'impédance caractéristique et la vitesse de propagation aux constantes linéiques du câble coaxial (ℓ et C), calculer les valeurs numériques de ces constantes en prenant soin de détailler vos calculs et précisant les unités.

Q9/ Pour travailler dans des conditions de transmission de **puissance maximale**, par quelle charge doit-on remplacer la charge infinie ? Quelle serait alors la valeur du coefficient de réflexion (Γ_L) imposée par la charge ? Cette valeur dépend-elle de la longueur du câble ?

Volet 3/ Effet de l'atténuation à haute fréquence

Dans les conditions de la question Q9/, il est imposé que la sortie du câble coaxial (en CH3) reçoive une impulsion d'amplitude minimale égale à 1mV à la fréquence de 1GHz. La durée de l'impulsion d'entrée est alors modifiée et fixée à 0,5ns.

Q10/ En considérant l'atténuation du câble (en dB/100m) en fonction de la fréquence (Cf tableau ci-dessous), quelle sera l'amplitude de l'impulsion obtenue en CH3 ? Satisfait-on au cahier des charges ?

Fréquence	1MHz	10MHz	100MHz	1GHz
Atténuation (dB/100m)	1,1	3,9	12,5	39,4

Q11/ Quelle sera la longueur maximale (L_{max}) du câble à utiliser pour satisfaire au cahier des charges ? Justifier votre raisonnement.

Exercice 2 : Caractérisation d'un composant passif (3 points : 1/2)

Q1/ Donner le modèle électrique équivalent simplifié d'une **self-inductance bobinée** en justifiant les éléments de ce modèle qui peuvent être négligés.

La figure 5 présente la variation du module de l'impédance d'un tel composant passif en fonction de la fréquence.

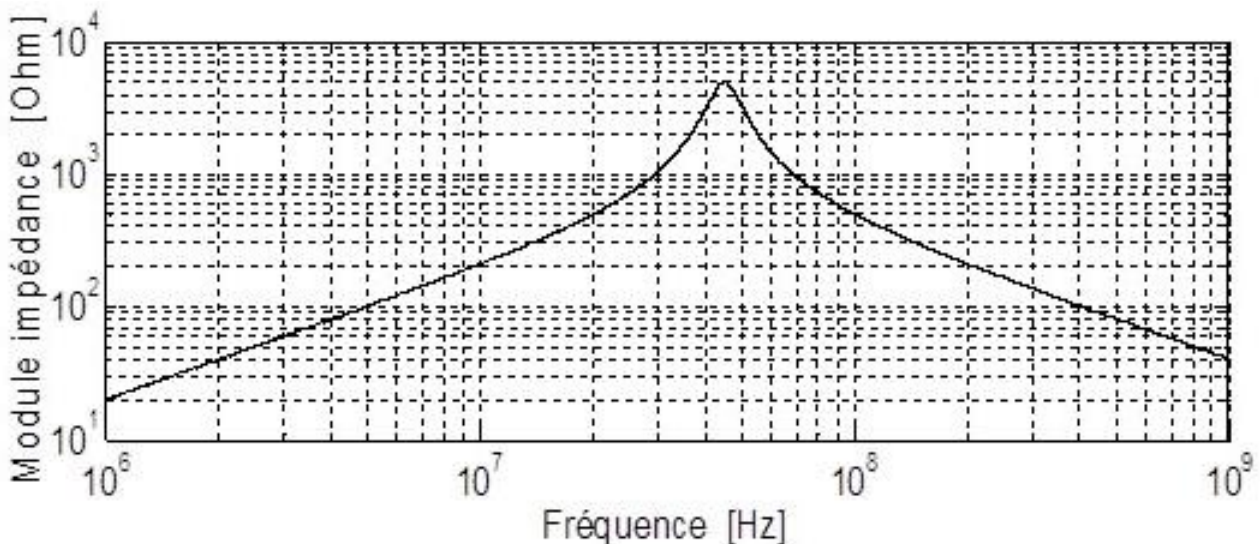


Figure 5 : Variation du module de l'impédance d'une self-inductance bobinée en fonction de la fréquence

Q2/ A partir de cette courbe, déterminer les valeurs numériques des éléments du modèle électrique équivalent proposé en Q1/ et du coefficient de qualité Q_p .

Exercice 3 : Analyseur de spectre (6 points : 1/0,5/1/1,5/1/1)

Q1/ On considère les éléments de base d'un analyseur de spectre en figure 6. Ecrire l'expression analytique de la tension V_A . Comment se nomme une telle opération ?

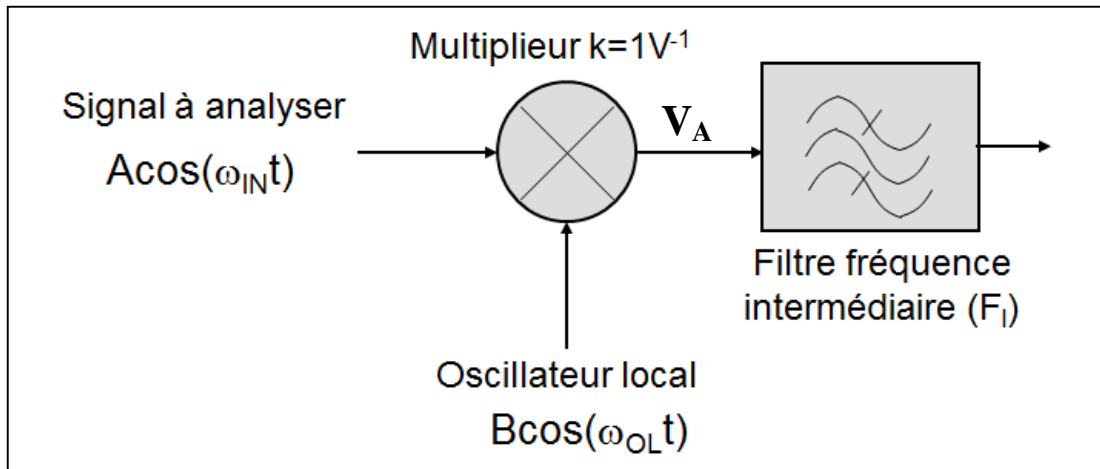


Figure 6 : Synoptique du fonctionnement simplifié d'un analyseur de spectre

Q2/ Quelle est la nature du filtre de fréquence intermédiaire (passe-bas, passe-haut ou passe-bande) ?

Q3/ Représenter le spectre du signal V_A (en précisant la valeur de l'amplitude des raies). Quelles seront les fréquences sélectionnées par le filtre de fréquence intermédiaire ?

Q4/ La figure 7a présente un signal purement sinusoïdal et la figure 7b sa représentation spectrale. A partir des indications relevées sur le spectre, calculer :

- la fréquence fondamentale (F) du signal sinusoïdal,
- la valeur efficace (V_{eff}), crête à crête (V_{cc}) et la puissance dissipée (en mW) par le fondamental dans la résistance d'entrée de l'analyseur de spectre (50Ω).

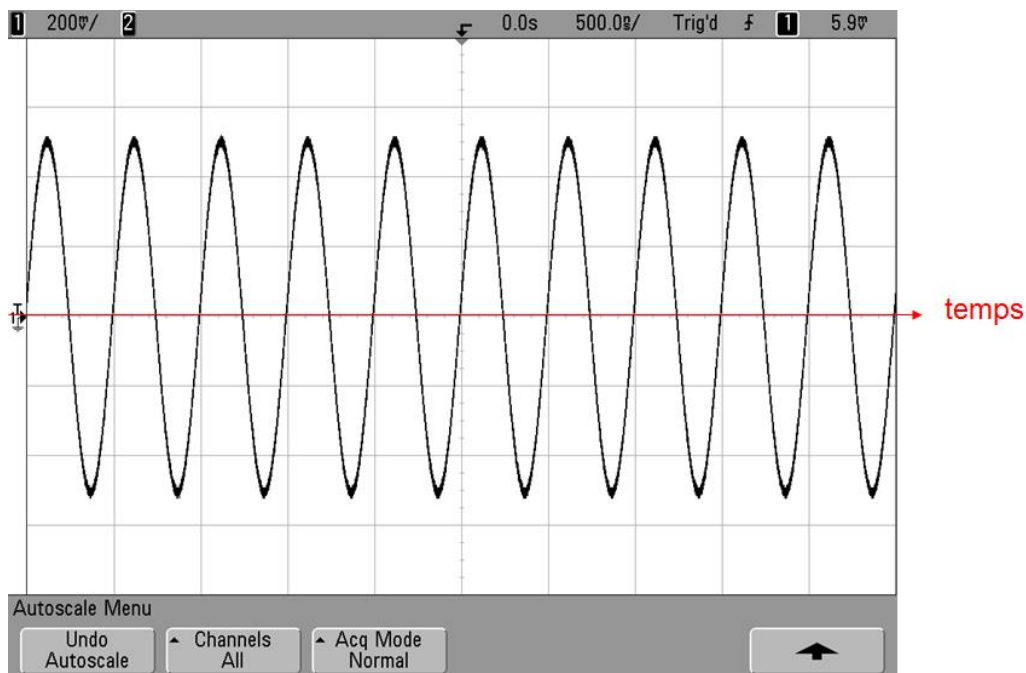


Figure 7a : Signal sinusoïdal pur (sensibilité verticale : 200mV/div, horizontale : 500ns/div)

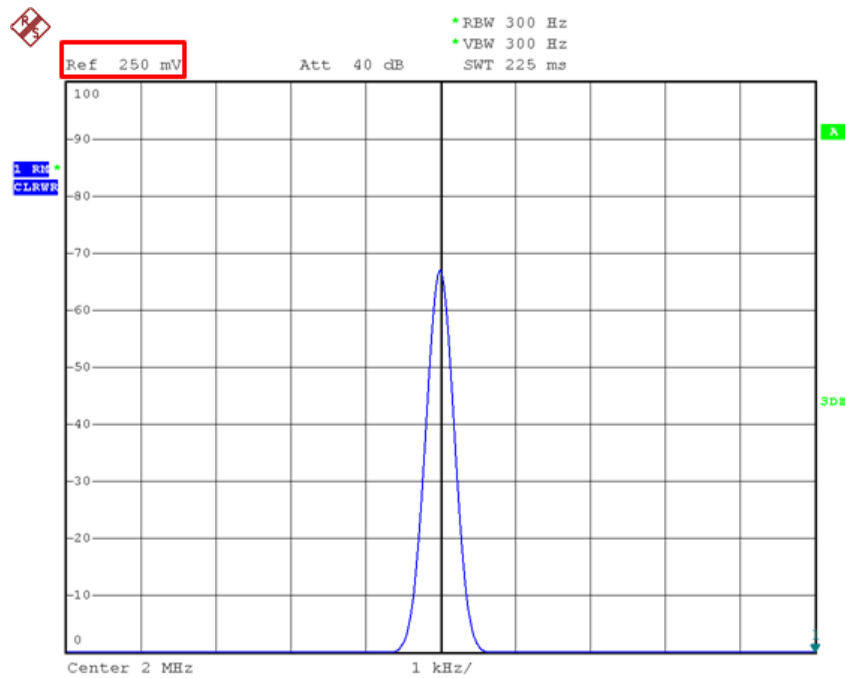


Figure 7b : Spectre du signal de la figure 7a (sensibilité verticale : 10%/div, horizontale : 1kHz/div)

Q5/ Quelle est la valeur du « SPAN » sur laquelle s'effectue l'analyse ? En déduire les valeurs « start frequency » et « stop frequency ».

Q6/ La figure 8 présente un signal impulsionnel de fréquence 2MHz et de largeur d'impulsion $\theta=100\text{ns}$. Parmi les trois représentations spectrales données en figure 9, quelle est celle qui correspond au signal étudié ? Justifier votre réponse.

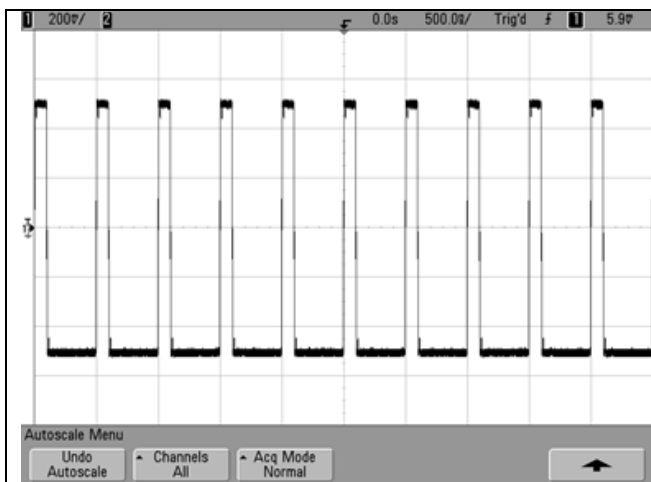


Figure 8 : Signal impulsionnel (sensibilité verticale : 200mV/div, horizontale : 500ns/div)

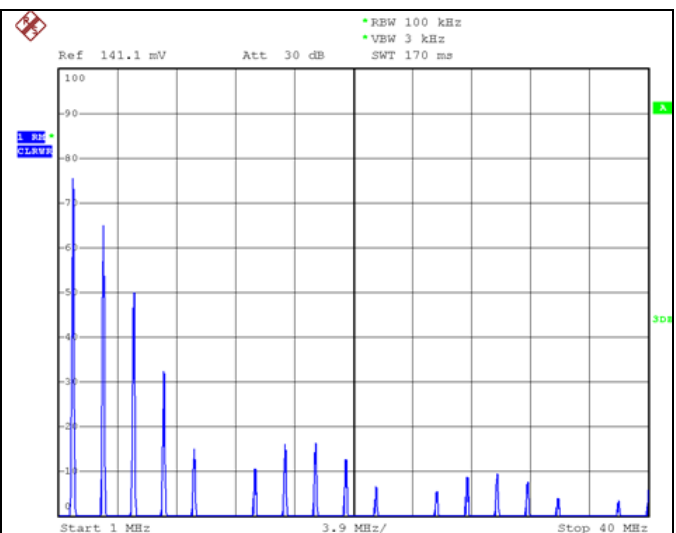
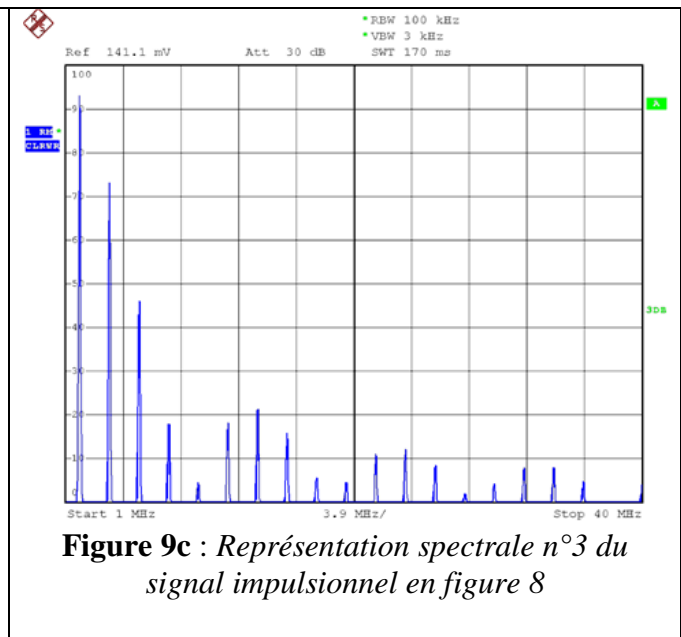
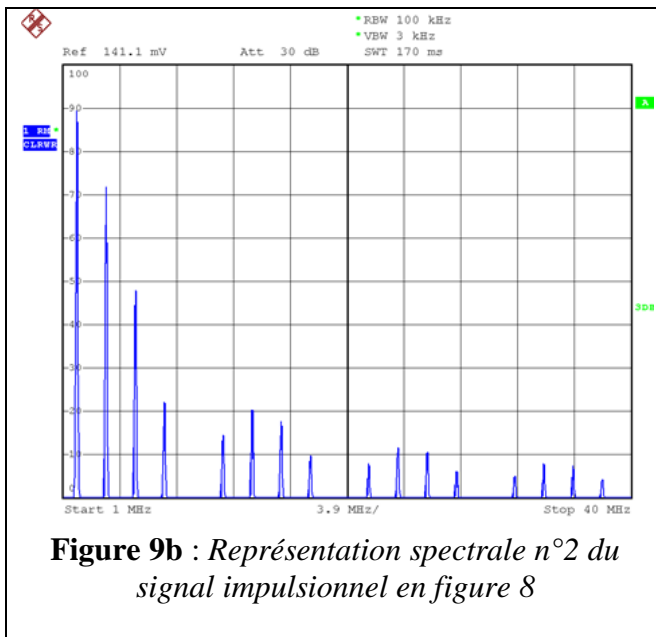


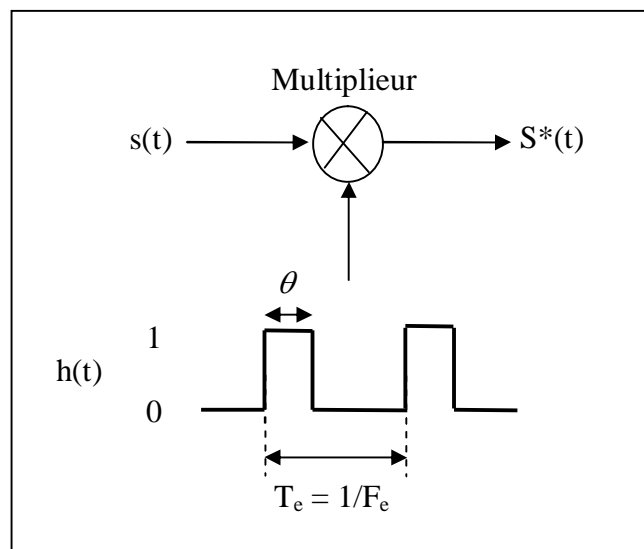
Figure 9a : Représentation spectrale n°1 du signal impulsionnel en figure 8



Exercice 4 : Echantillonnage (6 points : 0,5/0,5/1/2/1/1)

Q1/ On considère un **signal sinusoïdal pur** $s(t) = 2.\sin(2\pi F_0 t)$ avec $F_0 = 100\text{kHz}$. Tracer le spectre $S(f)$ de ce signal.

Ce signal est échantillonné à la fréquence F_e . On rappelle que l'opération d'échantillonnage est modélisable par la représentation suivante :



Le signal d'échantillonnage $h(t)$ est périodique et admet comme série de Fourier :

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

Q2/ On suppose que l'échantillonnage est parfait c'est-à-dire que les impulsions du signal d'échantillonnage $h(t)$ (de fréquence F_e) ont une largeur θ quasi-nulle. Que devient l'expression (E-1) si $\theta \rightarrow 0$?

On rappelle que : $\frac{\sin(x)}{x} = 1$ quand $x \rightarrow 0$

Q3/ Tracer le spectre $S^*(f)$ du signal $s(t)$ échantillonné, obtenu dans les deux cas suivants :

- $F_e = 3 \times F_0$
- $F_e = 1,5 \times F_0$

Limitez votre représentation spectrale à l'intervalle $[0, 3F_e]$.

Pour compenser l'effet d'un sous-échantillonnage qui provoque un problème si l'on souhaite récupérer le signal utile lors de la conversion inverse (numérique-analogique), quel critère doit-on appliquer pour fixer la fréquence F_e ?

Q4/ On souhaite traiter numériquement un **signal modulé en amplitude**. Un tel signal est donné par :

$$v(t) = A[1 + m \cos(2\pi f_m t)] \cdot \cos(2\pi f_p t)$$

avec : $A = 10V$; $m = 0,6$ (taux de modulation) ;
 $f_m = 4kHz$ (fréquence du signal utile), $f_p = 166kHz$ (fréquence dite porteuse)

A partir des relations trigonométriques usuelles, développer l'expression de $v(t)$ en faisant apparaître une composante à la fréquence f_p et deux autres composantes à la fréquence $f_p \pm f_m$

Tracer le spectre $V(f)$ du signal $v(t)$.

Q5/ On ne peut échantillonner le signal $v(t)$ qu'à une **fréquence F_e de 334kHz**. Tracer le spectre $V^*(f)$ du signal échantillonné (entre 0 et F_e) en supposant que l'échantillonnage est parfait. Que constatez-vous ?

Q6/ Quelle solution proposeriez-vous, relative au signal $v(t)$, sachant qu'en sortie de la chaîne de traitement (CAN + traitement numérique + CNA), on souhaite récupérer un signal uniquement proportionnel à $\cos 2\pi(f_p - f_m)t$? Justifier votre réponse.
