NOM / Prénom / Groupe :

TEST D'ELECTRONIQUE

Durée : 2h – document autorisé : 1 feuille A4 rassemblant vos notes personnelles

Les applications numériques sans unité seront considérées comme fausses.

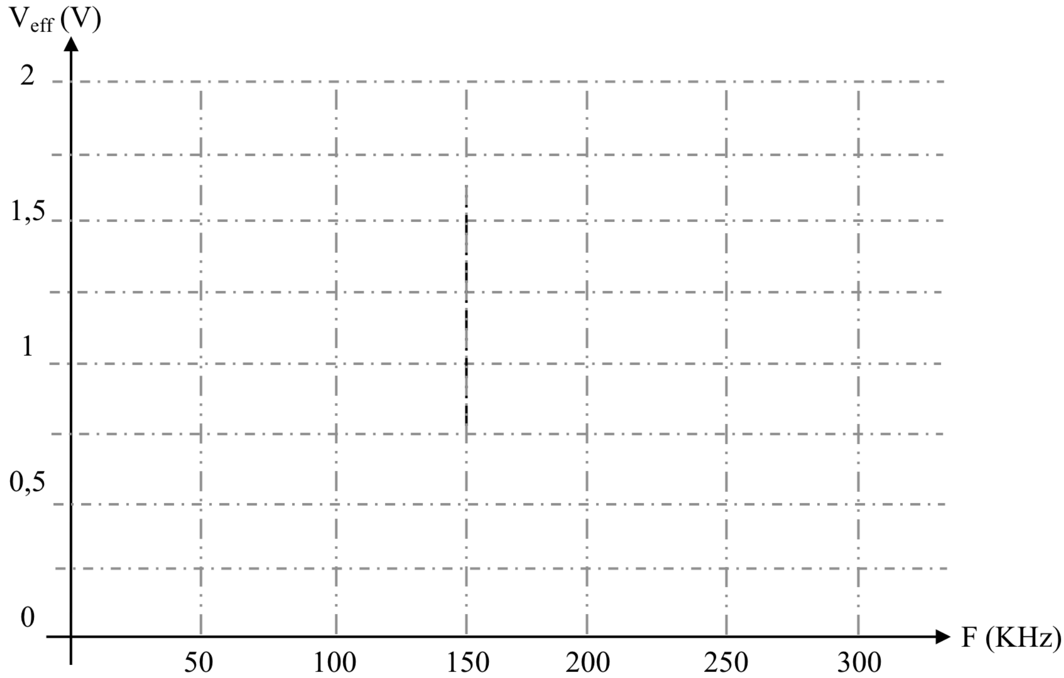
Le barème est sur 40 points

I. Analyse spectrale de signaux élémentaires (5 pts)

On considère un signal sinusoïdal $v(t) = V_0 \sin(2\pi f_0 t)$ avec $V_0 = 2V$ et $f_0 = 100\ kHz$

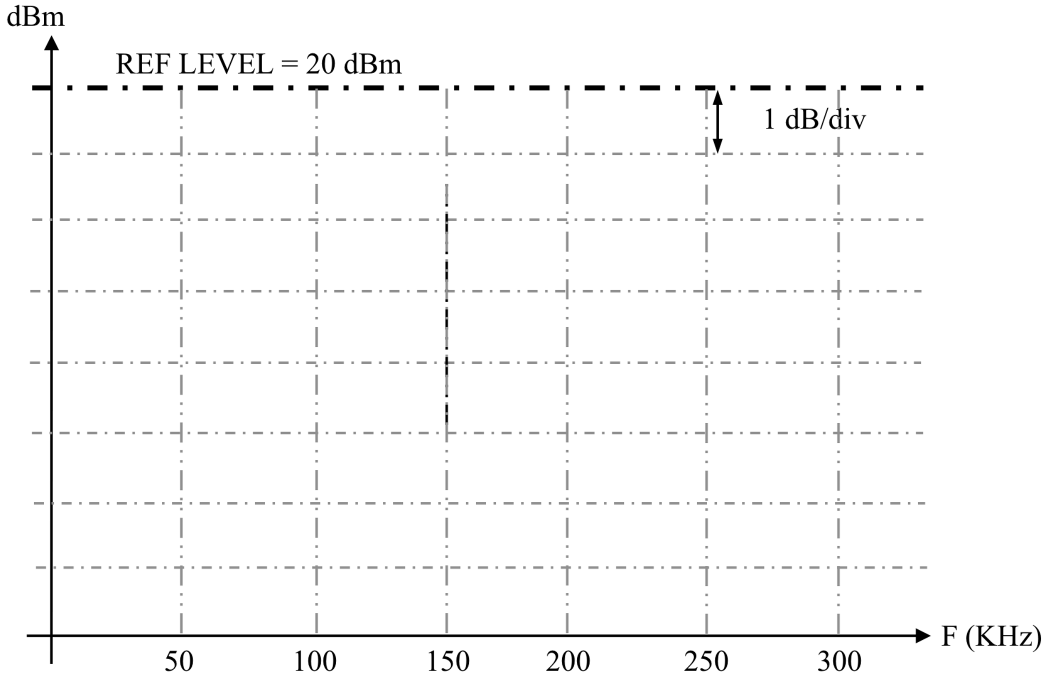
1. Calculer la valeur efficace de V(t), puis tracer son spectre sur le diagramme ci-dessous .

$V_{eff} =$



2. On mesure le signal V(t) à l'aide d'un analyseur de spectre analogique dont l'impédance d'entrée est égale à 50 Ω. Dessiner le spectre observé sur l'appareil dont les paramètres REF LEVEL et dB/div sont respectivement 20 dBm et 1dB/div.

Calcul de la puissance dissipée en dBm :



On considère maintenant une somme de 4 signaux sinusoïdaux :

$$V'(t) = V_1 \sin(2\pi f_1 t) + V_2 \sin(2\pi f_2 t) + V_3 \sin(2\pi f_3 t) + V_4 \sin(2\pi f_4 t), \quad \textbf{Equation 1}$$

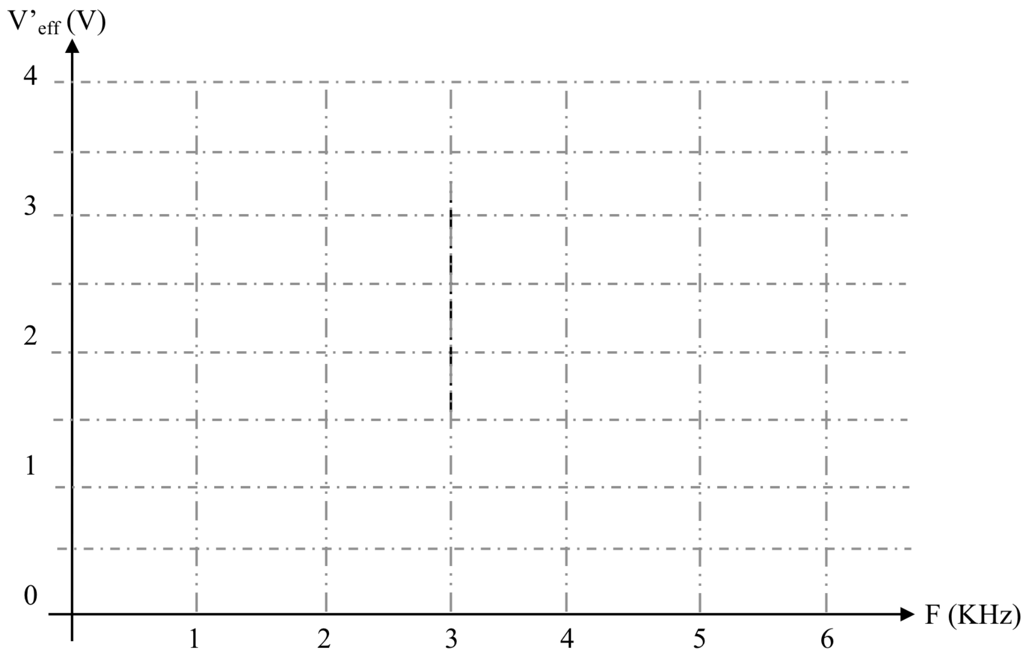
avec :

i	1	2	3	4
V_i	1V	2V	3V	5V
$V_{i\ eff}$				
f_i	1kHz	2 kHz	3 kHz	5 kHz

3. Compléter le tableau en calculant pour chaque composante de V'(t) sa valeur efficace.

4. Combien de raies sont présentes dans le spectre de V'(t) ? On précisera leurs valeurs.

5. Tracer le spectre du signal V'(t)



II. Echantillonnage (10 pts)

On souhaite maintenant échantillonner le signal V'(t) défini par l'équation 1 du I. Sa représentation temporelle est donnée ci-dessous.

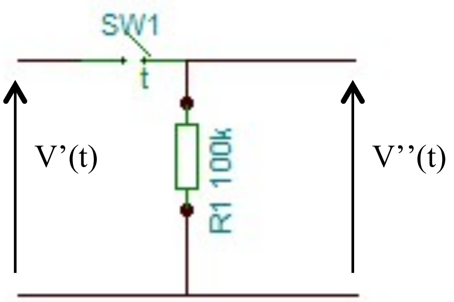


Figure 1 : échantillonneur simple

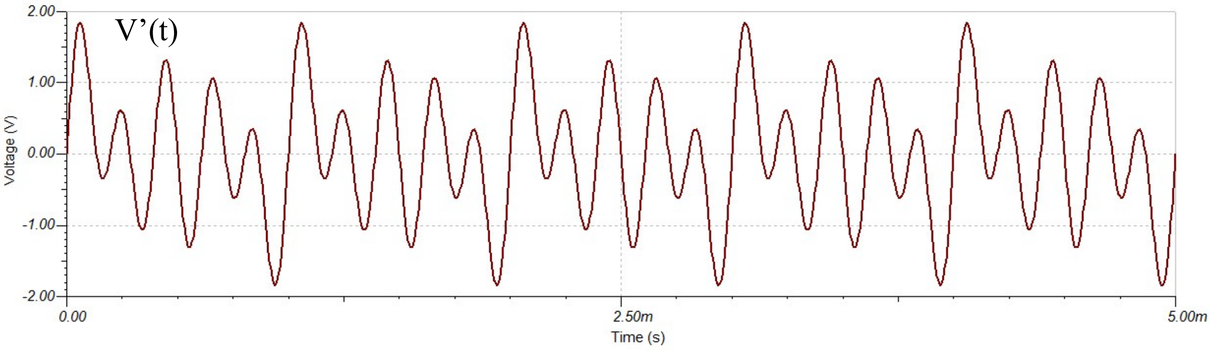


Figure 2 : signal à échantillonner

1. Déduire de ce chronogramme ou de l'équation 1 la période de ce signal.

T =

2. D'après l 'équation 1 quelle est la fréquence maximale du spectre de V'(t).

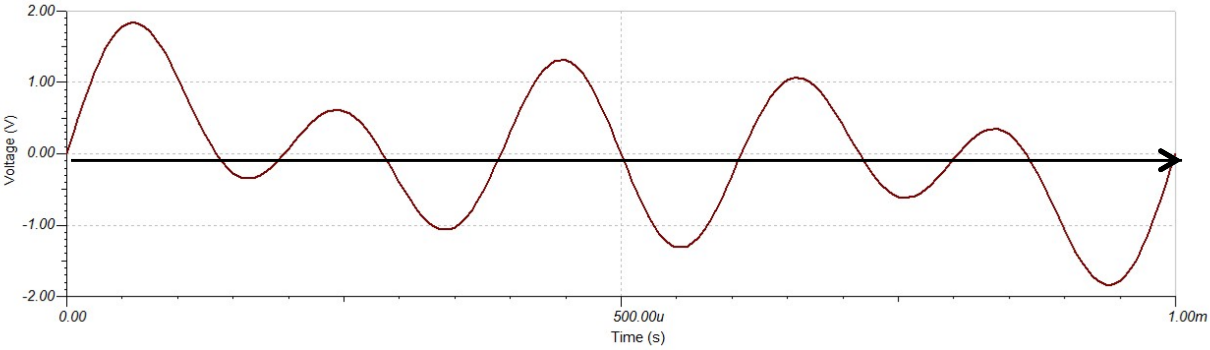
F_{max} =

3. Rappeler la règle de bonne pratique pour le choix de la valeur minimale de la fréquence d'échantillonnage par rapport à F_{max}

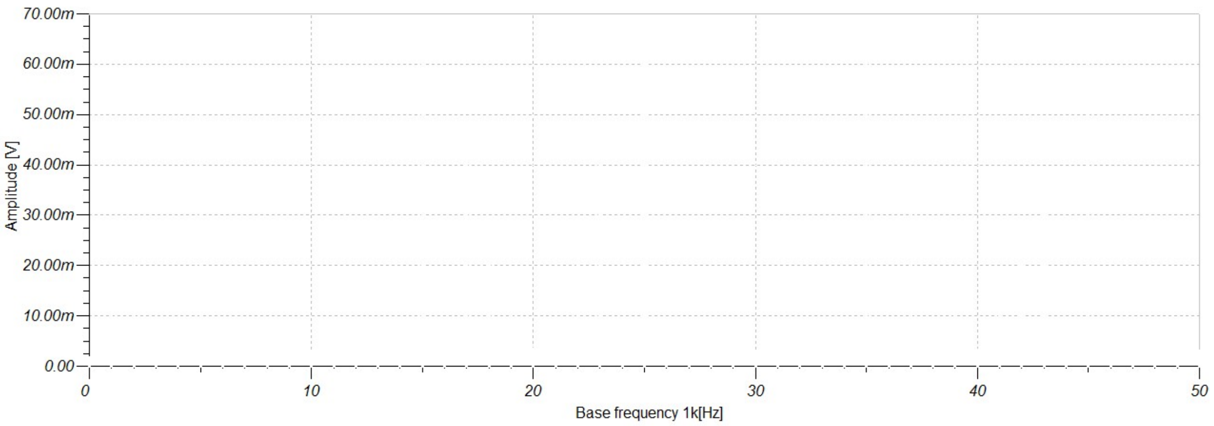
4. On choisit de réaliser un échantillonnage simple (**sans blocage**) avec une fréquence d'échantillonnage F_e = 20 kHz et une durée d'impulsion de commande θ = 2µs. La condition de la question 3 est-elle respectée ?

5. Calculer la valeur de la période d'échantillonnage T_e.

6. On suppose que la première impulsion débute à t= 0, dessiner le signal à la sortie de l'échantillonneur sur le diagramme ci-dessous



7. Tracer le spectre du signal échantillonné **en précisant les fréquences observées** (Pour l'amplitude des raies on respectera leurs amplitudes relatives en partant d'une amplitude de 10 mV pour la raie à la fréquence 1kHz)



On rajoute un condensateur à la sortie de l'échantillonneur selon le schéma de la figure 3.
On conserve une fréquence d'échantillonnage F_e = 20 kHz et une durée d'impulsion de commande $\theta = 2\mu s$.

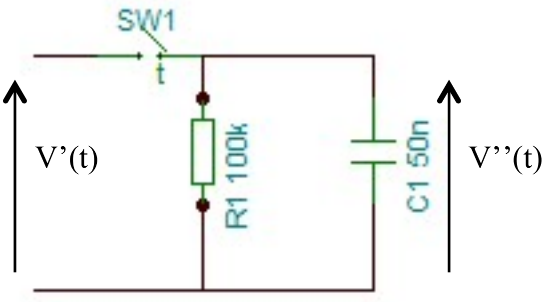
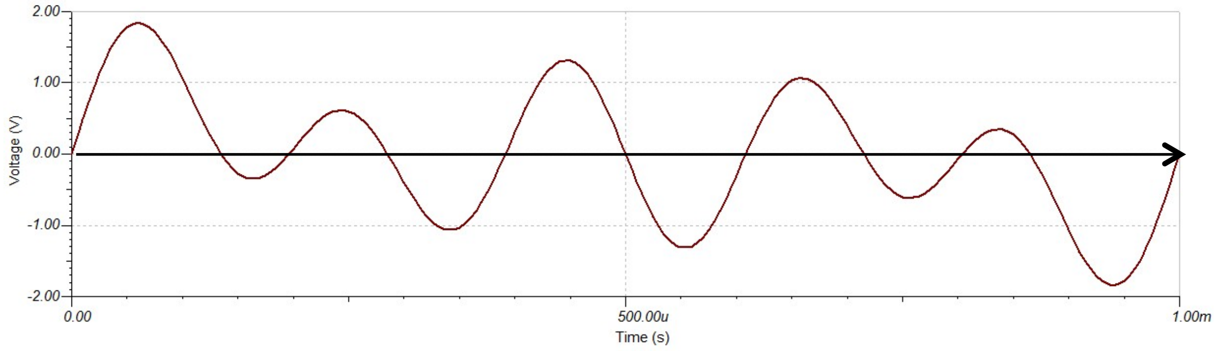


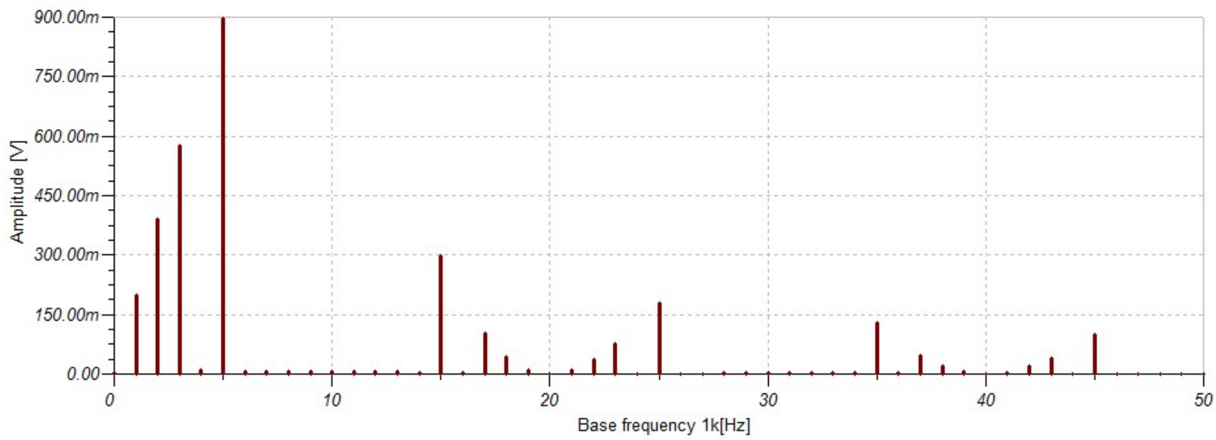
Figure 3 : Echantillonneur bloqueur

8. Quelle relation doit respecter la constante de temps R_1C_1 vis à vis de Te pour obtenir un blocage de la tension de sortie ? Si $R_1 = 100\ k\Omega$, proposer une valeur pour C_1.

9. Tracer le signal échantillonné bloqué obtenu sur le chronogramme ci-dessous :



10. Le spectre de ce signal est donné ci-dessous. Comparer au spectre que vous avez tracé à la question 6 et expliquer les différences observées notamment sur les raies autour de 20 kHz et de 40 kHz.



III. Conversion Analogique Numérique (5 pts)

On souhaite maintenant convertir d'analogique en numérique le signal échantillonné-bloqué représenté ci-dessous.

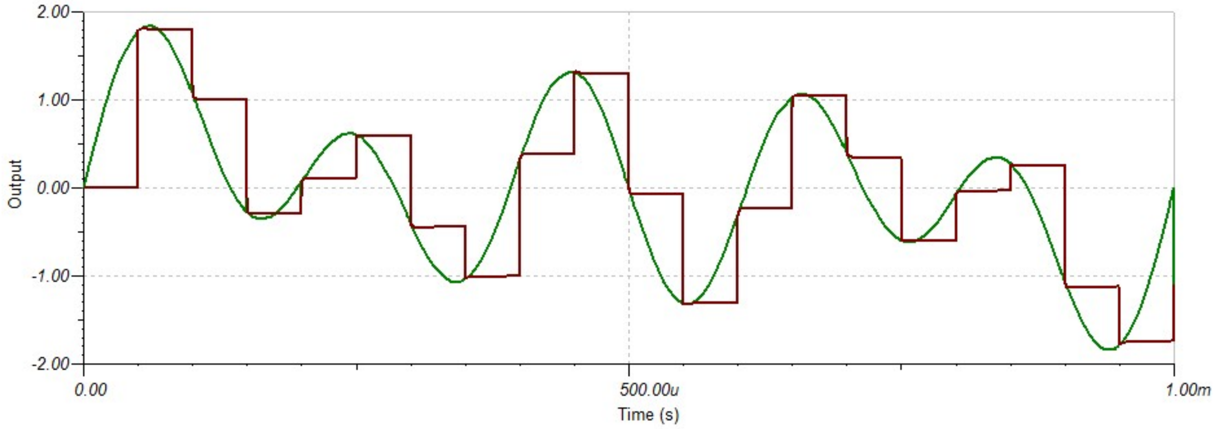


Figure 4 : signal échantillonné bloqué

1. Que vaut la période d'échantillonnage ?

On a le choix entre 4 convertisseurs dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous.

	CAN1	CAN2	CAN3	CAN4
Résolution	6 bits	8bits	8 bits	4 bits
Dynamique d'entrée	0 – 5 V	-2,5V - +2,5 V	-2,5V - +2,5 V	-2,5 V - +2,5 V
Temps de conversion	100 ns	100 ns	500 µs	100 ns

2. En comparant le signal échantillonné de la figure 4 aux caractéristiques des 4 convertisseurs, expliquez **pour chacun d'entre eux** pourquoi il peut ou non être utilisé.

CAN1 :

CAN2 :

CAN3 :

CAN4 :

On admet que le bruit de quantification présente une amplitude comprise entre -½ q et + ½ q où q est le quantum du convertisseur selon la courbe représentée figure 5.

3. Rappeler l'origine du bruit de quantification.

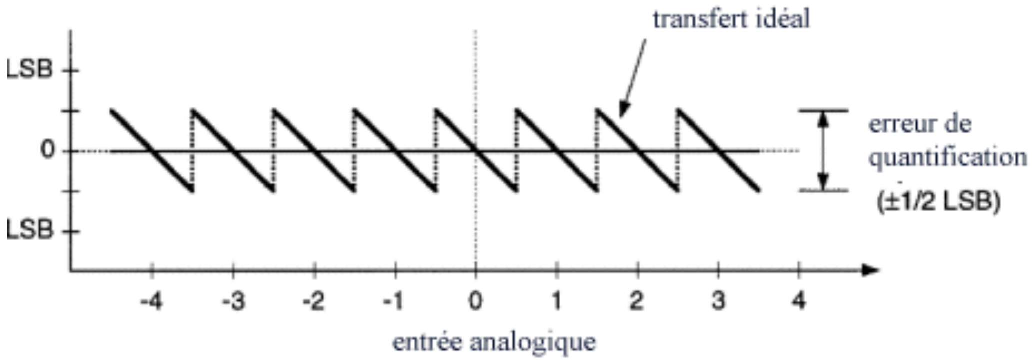


Figure 5 : bruit de quantification

4. Rappeler la relation entre le quantum, la résolution et le FSR (Full Scale Range) , puis calculer sa valeur pour chaque convertisseur du tableau ci-dessous

q =

	CAN1	CAN2	CAN3	CAN4
FSR				
q (mV)				
Erreur de quantification (mV)				

5. Si on s'impose une erreur de quantification inférieure à 10 mV combien reste-t-il de convertisseurs utilisables ?

IV. FFT (10 pts)

On considère un signal sinusoïdal $v(t) = V_0 \sin(2\pi f_0 t)$ avec $V_0 = 2V$ et $f_0 = 1\ kHz$
Il traverse un échantillonneur bloqueur avec Fe = 20 kHz. On dispose d'une mémoire pouvant stocker 1000 échantillons. On souhaite calculer la transformée de Fourier du signal en appliquant un algorithme de FFT sur ces échantillons.

1. Quelle condition doit respecter le nombre d'échantillons avant de pouvoir appliquer l'algorithme de FFT ? Préciser l'opération que l'on devra effectuer avant le calcul.

2. En déduire le nombre d'échantillons sur lequel sera calculé la FFT ?

N =

3. Rappeler la plage de fréquence sur laquelle on calcule une FFT. On justifiera ce choix.

4. Sur cette plage, pour quelles valeurs de fréquence sera calculée la FFT, si on note N le nombre d'échantillons considérés pour le calcul et F_e la fréquence d'échantillonnage ? On justifiera la relation proposée.

Après calcul de l'algorithme on obtient le spectre ci-dessous ?

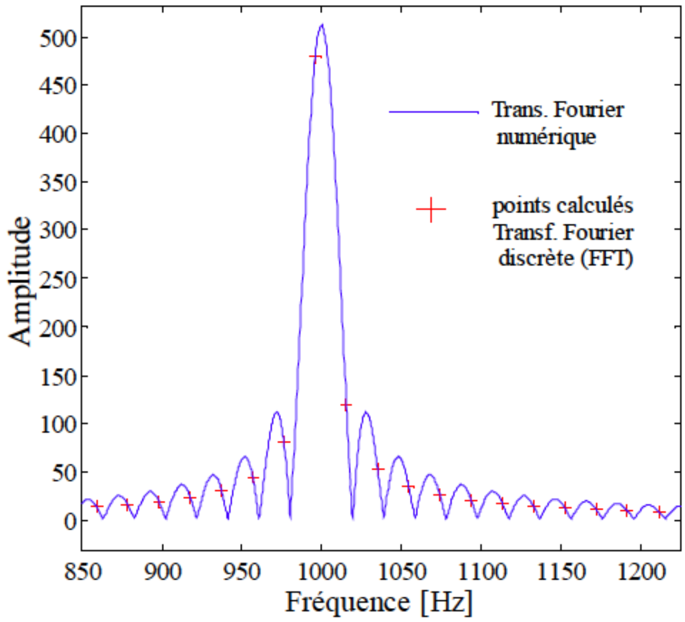


Figure 6 : FFT calculée sur un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz

5. Expliquer l'allure de la courbe continue (transformée de Fourier numérique). Quel type de fenêtre temporelle a-t-on utilisé ?

6. A quelle valeur de fréquence correspond la croix rouge la plus élevée ?

7. Quelle relation doit exister entre la fréquence du signal, N le nombre d'échantillons et Fe la fréquence d'échantillonnage pour obtenir une FFT ne faisant apparaître qu'une seule raie ?

On souhaite maintenant calculer une FFT sur des signaux plus complexes visualisés sur un oscilloscope numérique. Cet appareil dispose de plusieurs fenêtres d'analyses. On rappelle l'allure de la transformée de Fourier des différentes fenêtres d'analyse rectangulaire, Hanning et Flat top sur la figure 7.

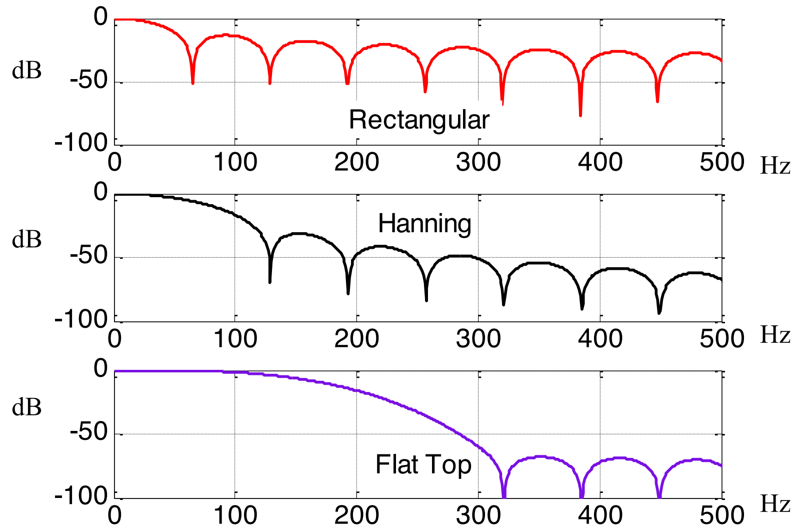


Figure 7 : Transformée de Fourier de différentes fenêtres

8. En admettant que les zéros de la transformée de Fourier de la fenêtre rectangulaire apparaissent aux fréquences 65 Hz, 130 Hz, 195 Hz, … et que le calcul de la FFT se fait sur 16384 échantillons, déterminer la fréquence d'échantillonnage et la largeur de la fenêtre temporelle ?

9. Un signal est composé de deux signaux de même amplitude à deux fréquences très proches l'une de l'autre. Quelle fenêtre utiliseriez vous pour que la FFT fasse apparaître deux raies distinctes ? Justifier votre choix.

10. Un signal est composé de deux signaux de fréquences éloignées l'une de l'autre de 400 Hz avec des amplitudes dans un rapport 10 000. Quelle fenêtre utiliseriez vous pour que la FFT fasse apparaître deux raies distinctes ? Justifier votre choix.

11. Un signal est composé de deux signaux de fréquences éloignées l'une de l'autre de 200Hz avec des amplitudes dans un rapport 300. Quelle fenêtre utiliseriez vous pour que la FFT fasse apparaître deux raies distinctes ? Justifier votre choix.

V. Composant discret (10 pts)

On considère une bobine dont la courbe d'impédance en fonction de la fréquence est donnée figure 8. Sa valeur nominale donnée par le fabricant est de 1 mH.

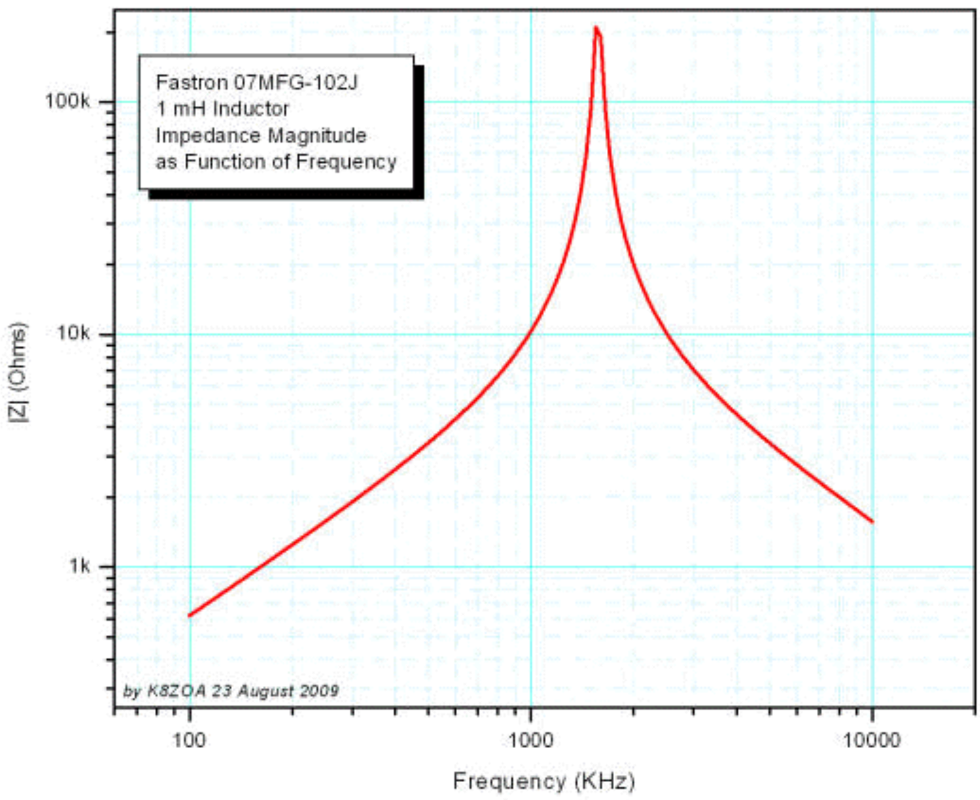


Figure 8 : Module de l'impédance en fonction de la fréquence

1. Rappelez le schéma équivalent généralement adopté pour modéliser l'impédance d'une bobine.

2. Rappelez la méthode vue en TD et en TP pour le calcul de l'inductance à partir de la courbe de l'impédance en fonction de la fréquence. Déduire la valeur de l'inductance correspondant à la courbe de la figure 8.

3. Rappelez la méthode utilisée pour déterminer la capacité apparaissant dans le schéma équivalent usuel de l'impédance à partir de sa courbe en fonction de la fréquence. En déduire C pour notre bobine.

4. Rappelez la méthode utilisée pour déterminer la résistance apparaissant dans le schéma équivalent usuel de l'impédance à partir de sa courbe en fonction de la fréquence. En déduire R pour notre bobine.

5. Exprimer le facteur de qualité de la bobine en fonction de L, R et $\omega_0 = 2\pi f_0$ *où* f_0 est la fréquence d'antirésonance de la bobine ? Calculer sa valeur ?

6. Que vaut l'impédance équivalente à notre bobine en continu ? Cette valeur vous paraît-elle refléter la réalité physique ?

Pour palier au défaut souligné dans la question précédente, certains préfèrent adopter comme schéma équivalent d'une bobine celui de la figure 9. On supposera que L et C conservent les valeurs calculées aux questions 2 et 3.

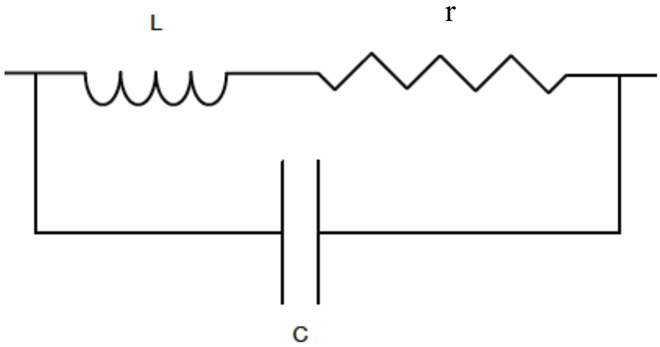


Figure 9 : schéma équivalent alternatif d'une bobine

7. Calculer l'expression de l'impédance complexe Z'(jω).

8. Que vaut l'impédance correspondant à ce nouveau schéma **en continu**.

9. Déterminer l'expression du module de l'impédance complexe à la fréquence d'antirésonance f_0. On rappelle que $LC\omega_0^2 = 1$. En déduire la valeur de r.

10. Exprimer le facteur de qualité associé au schéma de la figure 9 en fonction de L, r et $\omega_0 = 2\pi f_0$ où f_0 est la fréquence d'antirésonance de la bobine ? Calculer sa valeur.

11. Comparez à la valeur calculée à la question 5. En déduire une méthode alternative pour le calcul de r.