

Licence MIST-ESET 3^{ème} année

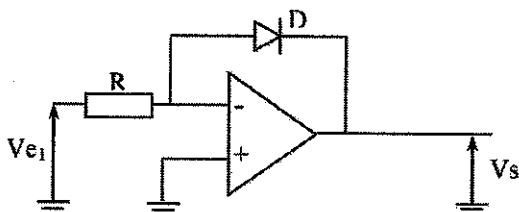
Épreuve de ETRS 602_ESET

Date : lundi 30 avril 2025

Durée : 1h30.

1) Question de cours - Montage à base d'AOP

On considère le montage suivant :



- En utilisant la méthode de votre choix, donner l'expression de la tension de sortie V_{s1} du montage en fonction de la tension d'entrée V_{e1} . Détaillez vos calculs.
- Quelle est la fonction d'un tel montage ?
- On désire fabriquer un circuit permettant de multiplier 2 tensions entre elles, pouvez-vous suggérer un montage à base d'AOP ?

Rappel concernant la diode D : la relation courant tension est donnée par l'équation :

$$I_D = I_0 e^{K \cdot V_D}, \quad I_0 \text{ et } K \text{ étant des constantes.}$$

2) Gabarit d'un filtre

Le but est de réaliser un filtre présentant une réponse de **Butterworth** (cf. rappel) dont les caractéristiques sont les suivantes : $A_{\max} = 1 \text{ dB}$, $A_{\min} = 40 \text{ dB}$, $f_p = 1500 \text{ Hz}$, $f_a = 5250 \text{ Hz}$.

- Dessiner le gabarit du filtre en transmission.
- De quel type de filtre s'agit-il ?
- Écrire les 2 équations de la fonction $H(\omega)$ relatives à $A_{\min}$ et $A_{\max}$ en fonction de ω_0 . En déduire les 2 valeurs possible pour ω_0 . On considérera in fine une valeur de ω_0 égale à la moyenne de ces 2 valeurs.
- Déduire des 2 équations précédentes, l'ordre du filtre n correspondant au gabarit ci-dessus.
- En utilisant le tableau ci-dessous (cf. rappel), donner l'expression générale de la fonction de transfert d'un tel filtre.

Rappel :

Les filtres de Butterworth ou "Maximally Flat" sont des filtres polynomiaux de la forme :

$$|H(\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 \cdot \Omega^{2n}} \text{ avec } \Omega = \frac{\omega}{\omega_0}$$

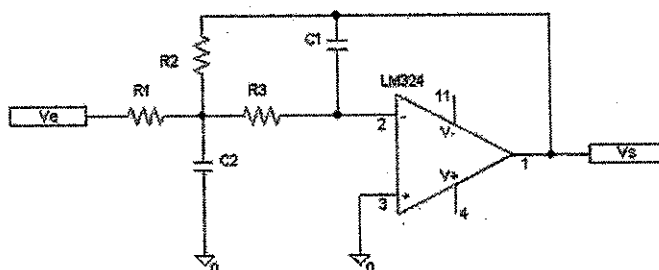
On donne aussi la table des polynômes pour la valeur de ε correspondant au cas présent :

Ordre du filtre	Dénominateur (le numérateur est à 1)
2	$p^2 + \sqrt{2}p + 1$
3	$(p^2 + p + 1)(p + 1)$
4	$(p^2 + 1.8477p + 1)(p^2 + 0.7653p + 1)$
5	$(p^2 + 1.6180p + 1)(p^2 + 0.6180p + 1)(p + 1)$
6	$(p^2 + 1.9318p + 1)(p^2 + \sqrt{2}p + 1)(p^2 + 0.5176p + 1)$

3) Étude d'un filtre

NB : pour que cet exercice soit indépendant du précédent, vous prendrez en compte un ordre du filtre $n=5$ et $\omega_0 = 11960$ rad/s, indépendamment des résultats que vous avez obtenus à l'exercice 2 !

On veut réaliser le filtre précédent avec des cellules du 2nd ordre de Rauch :



a) Combien de cellules de Rauch faut-il prendre en compte pour réaliser le filtre voulu ? Faut-il utiliser d'autres cellules, lesquelles ?

b) Donner l'expression de la fonction de transfert complexe $H(j\omega) = \frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)}$ de cette cellule de Rauch.

On se met dans le cas : $R_1 = R_2 = R_3 = R$.

c) Montrer que cette fonction de transfert peut s'exprimer comme suit et explicitez les paramètres de normalisation :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{K}{1 + 2j\zeta \frac{\omega}{\omega_0} + j^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}$$

On choisit comme composant de normalisation : $C_2 = 10$ nF.

d) Calculez les valeurs des composants dans les cas C_1 et R .

e) Proposez une structure pour finaliser le filtre souhaité.



Le barème est donné à titre indicatif.

Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française. Lire en entier chaque exercice avant d'y répondre.

1 TCP (6,5 points)

On considère un client FTP, noté A qui se connecte à un serveur FTP noté B. A envoie sur B un fichier .iso de grande taille. Lors de l'émission, l'utilisateur sur A constate un débit plus faible que celui de la connexion physique entre A et B. Il réalise une capture de trames de l'échange global FTP pour déterminer l'origine du problème.

Question 1 : *Comment faire pour trouver rapidement le début et la fin de chaque connexion TCP établie durant la capture de trames ? (1 point)*

Question 2 : *Avec le protocole FTP, deux connexions sont généralement mises en œuvre. Sur quelle connexion l'utilisateur doit-il focaliser son attention ? Y-a-t-il généralement un port spécifique pour cette connexion ? (1 point)*

Question 3 : *Comment fait-on pour mesurer le plus précisément possible, à partir de la capture de trames, le RTT qui nous intéresse entre les deux machines ? (1 point)*

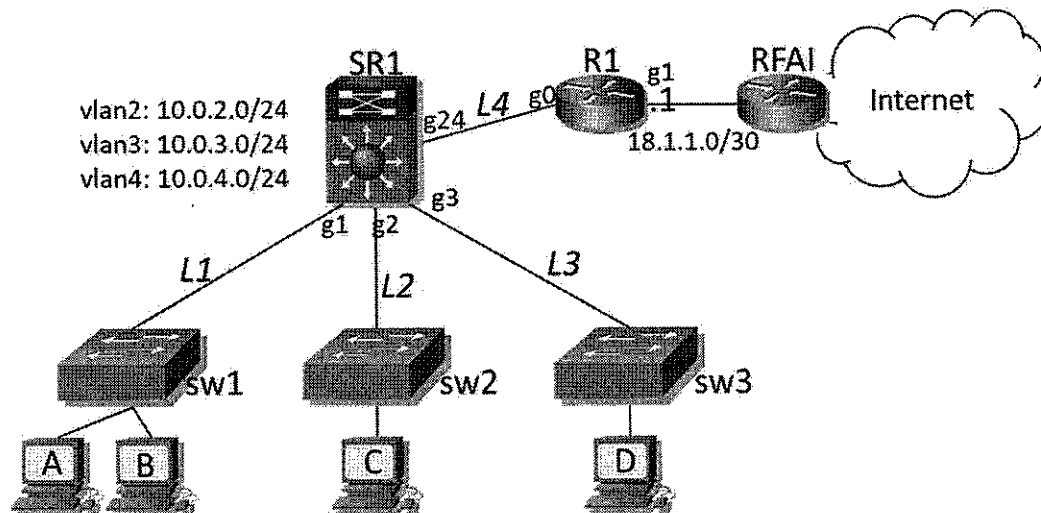
Question 4 : *Le RTT entre A et B est noté RTT_{AB} . La capacité (débit) physique du réseau entre A et B est notée C_{AB} . Donner la formule permettant de déterminer la valeur minimum de l'option Window Scale pour que la connexion TCP soit en adéquation avec la capacité physique du réseau. (2,75 points)*

Question 5 : *Dans quelle trame émise par quelle machine, l'utilisateur doit vérifier la valeur du Window_Scale ? (0.75 point)*

2 Infrastructure réseau (7,5 points)

Question 1 : On a vu en cours que, pour un réseau local, la segmentation d'un réseau en sous-réseaux permet d'améliorer les performances. Justifier cette affirmation (1.5 points).

On considère le schéma suivant :



sw1, sw2 et sw3 sont divisés en vlan. A est connectée à un port appartenant au vlan2, B a un port appartenant au vlan3, C à un port appartenant au vlan2 et D à un port appartenant au vlan4.

SR1 est un commutateur de niveau 3. Il réalise le routage intervlan. Les liens entre les différents équipements d'interconnexion sont numérotés L1 à L4.

Question 2 : On s'intéresse au lien entre SR1 et R1. Choisir et décrire de manière très précise les caractéristiques de ce lien est la façon dont il est mis en place au sein de SR1. Donner la table de routage de SR1. (2,25 points)

Pour les questions suivantes, on considère que les caches ARP sont remplis. Les différents en-têtes sont donnés en annexe.

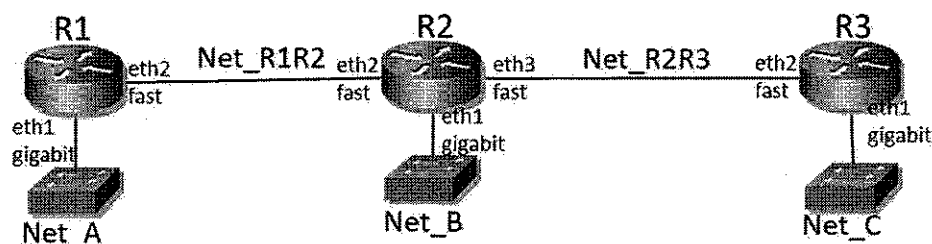
Question 3 : On se base sur le schéma de la question précédente. Sur la machine A, on saisit **ping @IP-C**. Dessiner de manière simplifiée et en respectant l'encapsulation la trame émise par A, les trames circulant sur les différents liens entre les équipements et la trame reçue par C. (1 point).

Question 4 : On se base sur le schéma de la question précédente. Sur la machine B, on saisit **wget https://www.google.fr**. Dessiner de manière simplifiée et en respectant l'encapsulation la trame émise par B, les trames circulant sur les différents liens entre les équipements. (1.5 points)

Question 5 : Justifier que la mise en œuvre du protocole spanning-tree dans le réseau dessiné n'est pas absolument nécessaire. Pourquoi sera-t-il quand même activé ? (1,25 point)

3 OSPF (6 points)

On considère le réseau suivant :



Les adresses de loopback des routeurs sont de la forme 10.255.100.X/32 où X est le numéro du routeur.

Les interfaces notées fast ont un débit de 100Mbit/s. Les interfaces notées giga ont un débit de 1000 Mbit/s. On a saisi dans tous les routeurs, la commande : **auto-cost reference-bandwidth 10000**

Question 1 : *Rappeler l'intérêt de configurer une interface de loopback dans le cas de l'utilisation du protocole OSPF. (1,25 point)*

Question 2 : *Citer deux avantages d'OSPF par rapport à RIP. (0.5 point)*

Question 3 : *Donner la table de routage du routeur R2 avant la mise en place du protocole de routage OSPF. (0.5 point)*

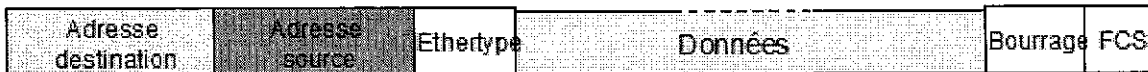
Question 4 : *Une machine X est reliée au réseau Net_B et configurée. On considère que tout est configuré dans les routeurs sauf le protocole de routage, il n'y a pas de route statique. Comment faites-vous pour tester la configuration actuelle de X et de R2 ? (1 point)*

Question 5 : *Donner la table de routage du routeur R2 après la mise en place du protocole de routage OSPF. (0.75 point)*

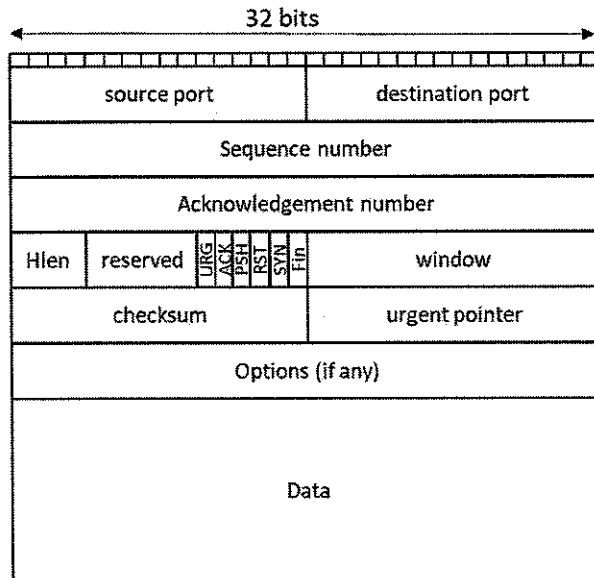
Question 6 : *Donner le contenu d'un paquet transportant un LSA (Link State Advertisement) émis par R1. Quels sont les routeurs qui ajouteront cette information d'état de liens à leur LSDB ? Une fois le LSA reçu que doivent faire les routeurs (2 points)*

4 Annexe

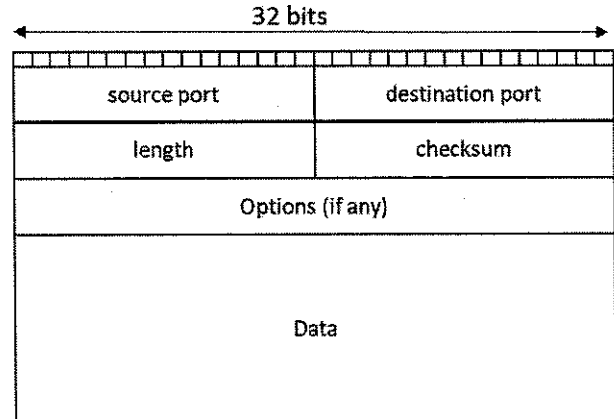
En tête Ethernet DIX : Adresse MAC : 6 octets, Ethertype : 2 octets



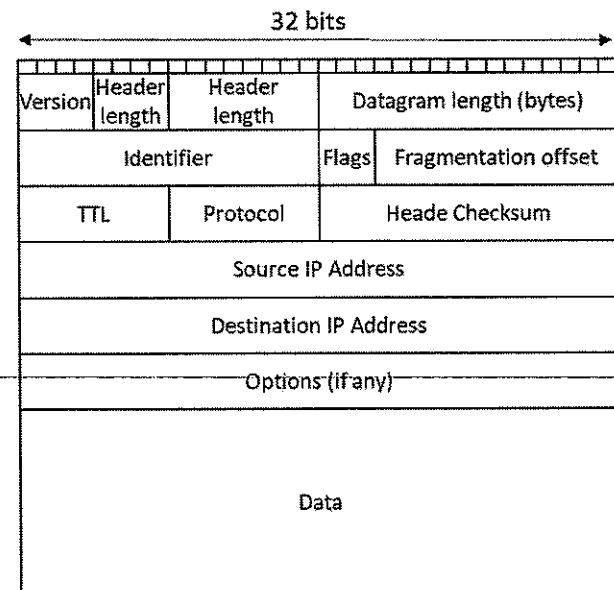
En tête TCP



En tête UDP



En tête IPv4



Ethertype : IPv4 : 0x0800 ; ARP : 0x0806

En tête IP : Protocole : ICMP : 1 ; TCP : 6 ; UDP : 17 ;

**L3-STIC-ET L3-STIC-TR
Communications numériques – ETRS621**

Date : 17/03/2025

Durée : 1h30

- Une feuille A4 recto verso manuscrite et calculatrice autorisées

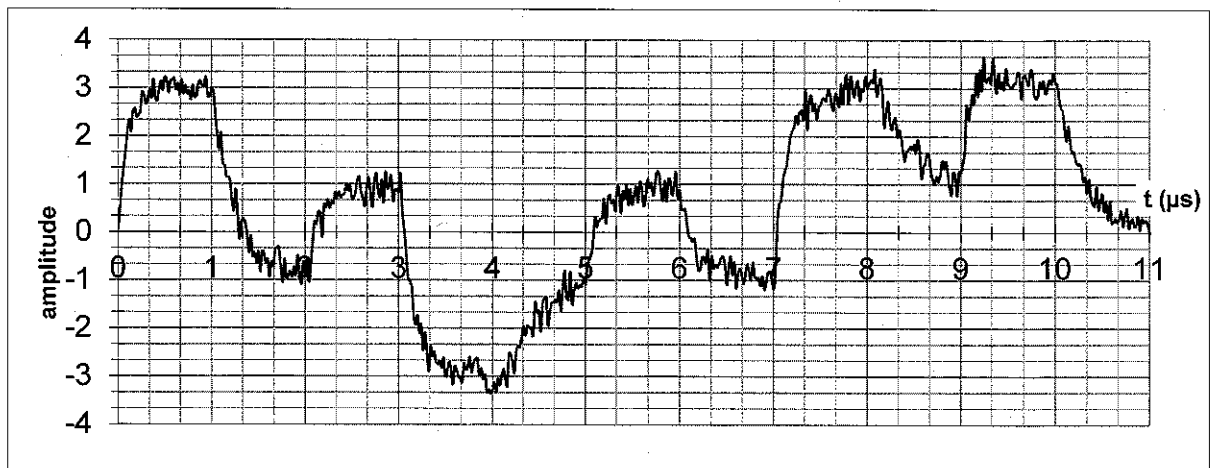
1. Questions de cours

Q1. Qui suis-je ?

- Dans une chaîne de transmission, je consiste à remplacer un message numérique par un autre message numérique plus concis à des fins d'économie de temps donc de gain de débit ou de bande passante.
- Dans une chaîne de transmission, je permets d'adapter le message numérique à transmettre au support de transmission et à la configuration technique de la communication.
- Je suis le support de l'information à transmettre. Je suis une suite d'éléments pouvant prendre des valeurs parmi celles d'un alphabet.

Q2. On souhaite transmettre le message 1101001. Pour pouvoir vérifier l'intégrité du message à la réception, on décide d'utiliser un code cyclique de redondance en utilisant le polynôme générateur $G(x) = x^3 + x$. Déterminer l'ensemble des bits composant le message qui sera finalement transmis.

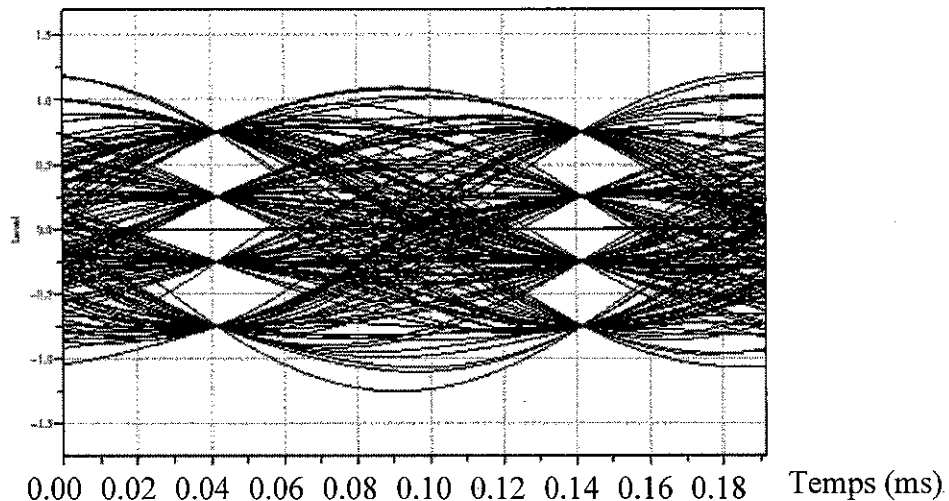
Q3. En réception, on mesure le signal suivant :



- Quels sont la rapidité, la valence, le nombre de bits par symbole et le débit de cette transmission ?
- Quelles sont les amplitudes possibles pour un symbole ? Affecter à chacune de ses amplitudes un code binaire.
- A partir du codage utilisé à la question b, déterminer le message qui a été reçu.
- Quels sont les défauts de cette communication que vous pouvez identifier ?

Q4. Sur le diagramme de l'œil suivant issu de l'analyse d'une communication très bruitée :

- Situer le meilleur moment pour prélever un échantillon.
- Déterminer la durée d'un symbole, la rapidité de modulation, la valence et le débit binaire.



Q5. On considère une transmission à travers un canal dont la bande passante est de 50 MHz. Le rapport signal/bruit au niveau du détecteur est de 25 dB. Quelle est la capacité du canal ?

2. Transmission en bande de base

Dans une chaîne de transmission en bande de base, on utilise un code défini par :

$$\begin{aligned}
 e(t) &= 12 && \text{pour } kT < t < (k+1/2)T && \text{pour un bit à « 1 »} \\
 &= 0 && \text{pour } (k+1/2)T < t < (k+1)T \\
 e(t) &= -12 && \text{pour } kT < t < (k+1/2)T && \text{pour un bit à « 0 »} \\
 &= 0 && \text{pour } (k+1/2)T < t < (k+1)T
 \end{aligned}$$

où T est la période d'émission d'un symbole.

Q1. Quels sont la valence de ce signal et l'ensemble des symboles a_k de ce code ?

On envoie le signal "00111001"

Q2. Dessiner le chronogramme du message envoyé $e(t)$.

Q3. Comment s'appelle ce code ?

Q4. Qu'est-ce qu'une fonction de codage ? Tracer la fonction de codage $h(t)$ utilisée ici et donner son expression mathématique.

La densité spectrale de puissance $\gamma_e(f)$ de $e(t)$ peut s'exprimer en fonction de la densité spectrale de puissance $\gamma_a(f)$ de $a(t)$ par la relation :

$$\gamma_e(f) = \gamma_a(f) \cdot |H(f)|^2$$

Sachant que les symboles a_k sont tous indépendants, la DSP $\gamma_a(f)$ de $a(t)$ s'exprime de la façon suivante :

$$\gamma_a(f) = \frac{\sigma_a^2}{T} + \frac{m_a^2}{T^2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(f - \frac{k}{T})$$

m_a , σ_a^2 désignent respectivement la moyenne, la variance des symboles a_k .

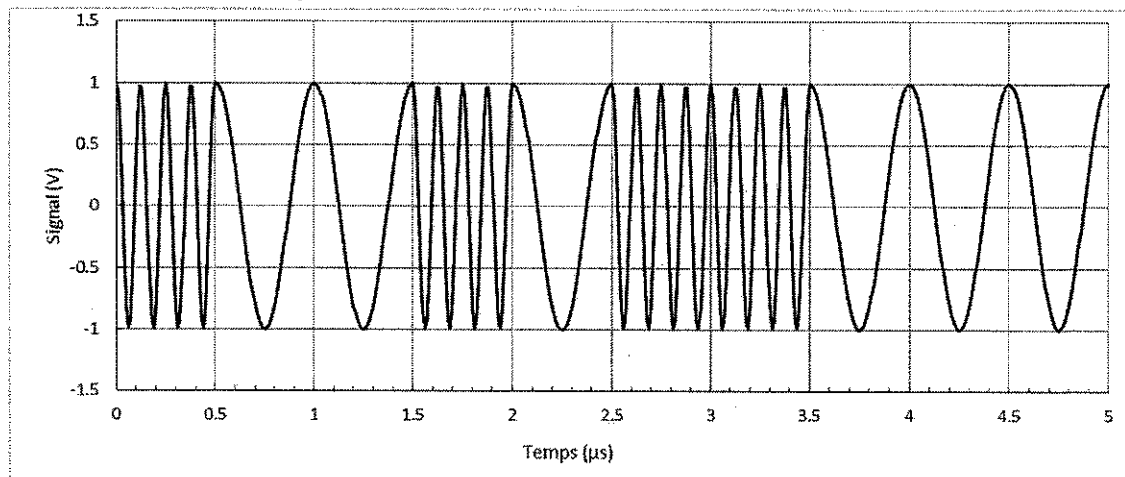
- Q5. Calculer et tracer la DSP $\gamma_e(f)$ du signal $e(t)$. Commenter.
- Q6. Pour augmenter le débit, on décide dans un premier temps de doubler la rapidité de la liaison.
- Tracer le nouveau message $e(t)$.
 - Sans calculer le nouvelle DSP, à quels changements peut-on s'attendre sur celle-ci ?
- Q7. Pour augmenter le débit, on décide finalement d'augmenter la valence à 4.
- Quels seront les nouveaux symboles a_k ?
 - Sans calculer le nouvelle DSP, à quels changements peut-on s'attendre sur celle-ci ?

3. Transmission en bande transposée

Q1. Tracer le diagramme de constellation d'une liaison de valence 16 si on utilise une modulation :

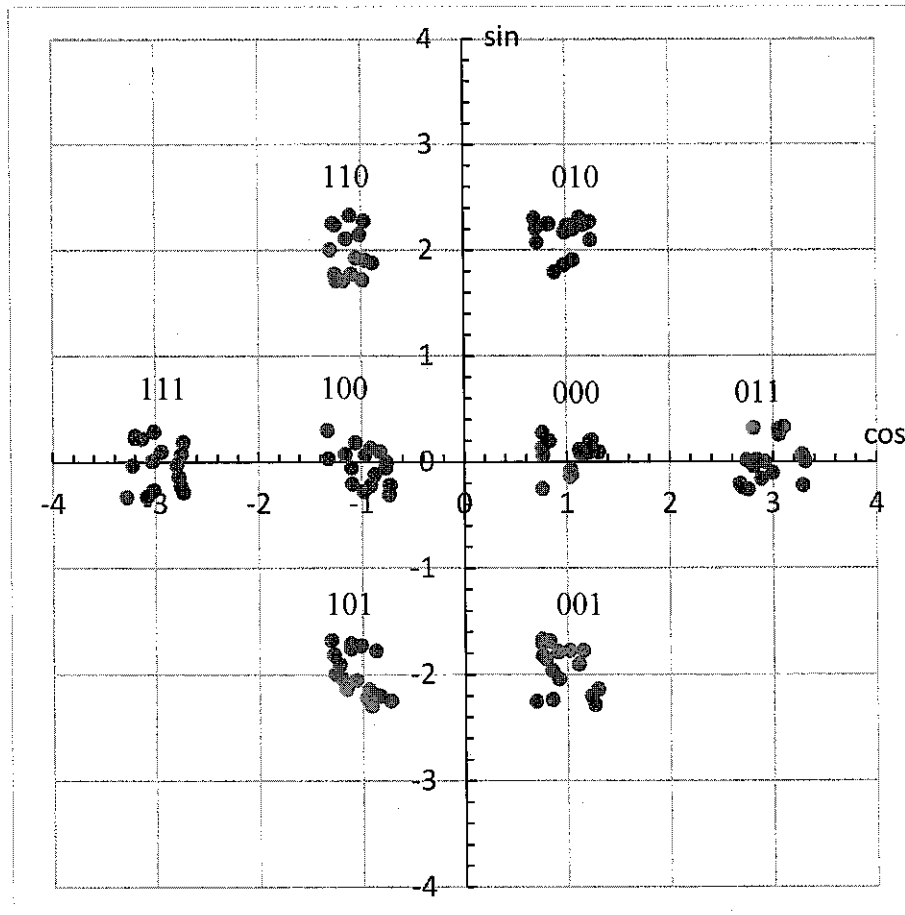
- En amplitude
- En phase
- En MAQ

Q2. On considère le signal suivant :



- Quelle est la technique de modulation utilisée ?
- Préciser la valence utilisée.
- Quelle est la rapidité de modulation de la liaison ?
- Associer à chaque symbole un code binaire.
- Décoder le signal envoyé.
- Sans faire de calcul, tracer l'allure de la DSP de cette liaison en identifiant bien les fréquences importantes.

Q3. On considère le diagramme de constellation suivant où les amplitudes sont en Volt :



- Quelle est la valence utilisée ?
 - Quel est le nom de cette modulation ?
 - On a noté sur le diagramme le code binaire correspondant à chaque symbole. Respecte-on le code de Gray ? Justifier.
 - Pour chaque symbole, donné l'amplitude du signal et sa phase.
-
- On considère que la liaison a un débit de 300 Mbits/s. Quel est la durée d'un symbole ?
 - On considère que la porteuse a une fréquence de 300 MHz. Tracer le signal temporel correspondant au message 000011010.
 - Estimer le rapport signal/bruit en dB de cette communication.
 - Dans le cas d'une communication présentant beaucoup de bruit, conseillez-vous d'utiliser la technique de modulation de la Q2 ou de la Q3 ? Justifiez
 - Dans le cas d'une communication sur un canal de bande passante limitée, conseillez-vous d'utiliser la technique de modulation de la Q2 ou de la Q3 ? Justifiez

Exercice 1 : Excitation d'une fibre à saut d'indice (10 points)

On considère un rayon lumineux se propageant dans une fibre optique multimode à la longueur d'onde $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$, le rayon est incident à l'entrée de la fibre avec un angle θ (voir Figure 1). La fibre optique est de longueur L , elle est à saut d'indice. L'indice du cœur vaut $n = 1.50$ et l'indice de la gaine vaut $n_1 = 1.485$. La fibre a pour diamètre de cœur $D = 2a = 50 \mu\text{m}$.

Q1 — Rappelez ce que signifie « fibre à saut d'indice ». Tracez le profil d'indice de la fibre de diamètre $50 \mu\text{m}$. On supposera que le diamètre de la gaine est de $125 \mu\text{m}$. Pour que la lumière injectée dans la fibre puisse rester confinée dans le cœur (jusqu'à la sortie) quelle relation les indices n et n_1 doivent-ils vérifier ? Pourquoi ?

Q2 — Les différents angles utiles sont représentés sur la figure 1. A quelle condition sur i le rayon reste-t-il à l'intérieur du cœur de la fibre ? On note i_c l'angle d'incidence limite. Donner l'expression de i_c en fonction des indices n et n_1 .

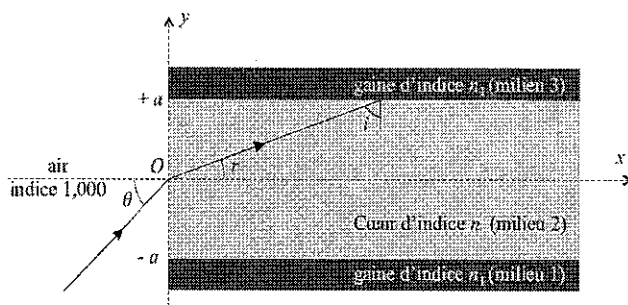


Figure 1 : fibre optique multimode à saut d'indice. Vue en coupe.

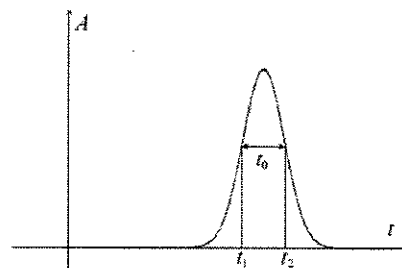


Figure 2 : impulsion optique d'entrée

Q3 — Montrez que la condition précédente est vérifiée si l'angle d'incidence θ (à l'interface air/ cœur) est inférieur à un angle limite θ_c . Exprimez $\sin(\theta_c)$ en fonction de n et i_c . En déduire l'expression de l'ouverture numérique $ON = \sin\theta_c$ de la fibre en fonction de n et n_1 uniquement.

Q4 — Donnez la valeur numérique de ON pour $n = 1,50$ et $n_1 = 1,485$. A quel angle limite θ_c cela correspond-il ?

Le faisceau lumineux est maintenant focalisé dans la fibre, il est constitué de rayons dont l'angle d'incidence θ est compris entre 0 et θ_c . On note c la vitesse de la lumière dans le vide.

Q5 — Pour quelle valeur de l'angle θ , le temps de parcours de la lumière dans la fibre est-il minimal ? puis maximal ? A l'aide d'un schéma montrez que l'intervalle de temps entre le temps de parcours minimal et maximal vaut $\delta t = \frac{n \cdot L}{c} \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right)$.

Q6 — On pose $2\Delta = 1 - \left(\frac{n_1}{n} \right)^2$. Calculer la valeur de Δ pour la fibre ci-dessus.

Q7 — En supposant un écart d'indice faible entre le cœur et la gaine ($n - n_1 \ll 1$), montrez à l'aide d'une identité remarquable que $\Delta \sim \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right)$. Réécrire δt en fonction de L , c , n et Δ .

On injecte à l'entrée de la fibre une impulsion lumineuse d'une durée caractéristique $t_0 = t_2 - t_1$ formée par un faisceau de rayons ayant un angle d'incidence compris entre 0 et θ_c . La figure 2 représente l'allure de l'amplitude A du signal lumineux en fonction du temps t .

Q8 — Reproduire la figure 2 en donnant l'allure du signal lumineux à la sortie de la fibre. Quelle est la durée caractéristique $t_{0, \text{sortie}}$ de l'impulsion lumineuse à la sortie d'une fibre de 1 km ? On négligera t_0 devant δt .

Exercice 2 : Réseau optique passif (10 points)

Un opérateur de télécommunication veut connecter 64 abonnés sur un réseau optique passif (PON) en utilisant des coupleurs 1x4 en cascade. Dans le cas du canal descendant, l'information est envoyée par un terminal optique (OLT) vers plusieurs unités optiques du réseau (ONUs, une par abonné).

L'émetteur, se trouvant dans l'OLT, est une diode laser type Fabry Péro à une longueur d'onde de $1,3 \mu\text{m}$ et une largeur spectrale de 5 nm . La puissance laser est de 12 mW et seulement 50% ($\alpha_i = 3 \text{ dB}$) de cette puissance est couplée dans la fibre optique.

La fibre optique monomode G.652 employée est de dispersion chromatique $D = 3.5 \text{ ps}/(\text{km} \cdot \text{nm})$ à $1,3 \mu\text{m}$ et possède une atténuation linéique égale à $\alpha_{\text{propa}} = 2.5 \text{ dB/km}$.

Il y a un connecteur de perte égale à $\alpha_c = 1 \text{ dB}$ entre les différents composants de la liaison optique.

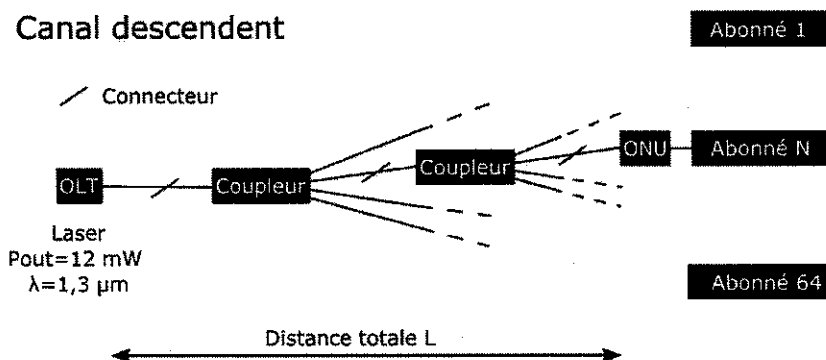


Figure 3 : Schéma simplifié d'un réseau optique passif avec coupleur 1x4 en cascade ;

Le coupleur 1x4 est sans pertes et la puissance d'entrée est répartie également entre les quatre sorties du coupleur. On suppose que les coupleurs 1x4 en cascade sont reliés à travers une fibre optique monomode G652. Le dernier coupleur 1x4 de la liaison est relié à l'unité optique du réseau (ONU) à travers une fibre optique monomode G.652. Chaque ONU convertit le signal optique en signal électrique pour un abonné.

Le récepteur, se trouvant dans l'ONU, est une photodiode PIN caractérisée par une sensibilité égale à $0,5 \text{ A/W}$ et un niveau minimum de détection égal à -60 dBm .

Q9 — Quel est le nombre total de coupleurs 1x4 nécessaire pour cette liaison ?

Q10 — Quel est le nombre total de connecteurs nécessaire pour cette liaison ?

Q11 — Calculer la puissance laser couplée dans la fibre en dBm. On la notera $P_{\text{OLT,dBm}}$.

Q12 — Quel est la transmission d'un coupleur $T_{1x4,\text{dB}}$ en dB entre son entrée et l'une des sorties.

Q13 — Écrivez l'équation reliant la puissance en sortie de l'OLT ($P_{\text{OLT,dBm}}$) et la puissance détectée à un ONU ($P_{\text{ONU,dBm}}$). Cette équation fera intervenir la longueur totale de fibre L entre l'OLT et l'ONU.

Q14 — Calculez la distance maximale entre l'OLT et l'ONU. Cette distance est-elle suffisante pour un déploiement commercial de réseaux optiques passifs ?

Q15 — Pour cette distance, calculez l'élargissement temporel dû à la dispersion chromatique. En déduire le débit binaire minimum de ce type de système.

Q16 — Selon vous, quelles sont les avantages et les inconvénients des réseaux optiques passifs ? Quelles améliorations pourriez-vous envisager ?

L3 ETR
TRAITEMENT DU SIGNAL (ETRS 521)
Epreuve pratique – Session 2

Date : 10/06/2025

Durée : 1h30

Règles pour l'épreuve :

- Calculatrice autorisée
- Compte rendu personnel de TP ETRS 521 autorisé
- Feuille manuscrite de l'examen théorique autorisée

Etude d'un signal

Q 1 : Pour le signal suivant (figure 1) donner les valeurs de a_0 , de a_n et de b_n . On donne de façon générale pour un signal périodique :

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t$$

Q 2 : Représenter le module du spectre du signal (figure 1) en faisant apparaître l'amplitude du signal et la fréquence. Représentation bilatérale.

Q 3 : Donner la puissance véhiculée par les harmoniques du signal de la figure 1.

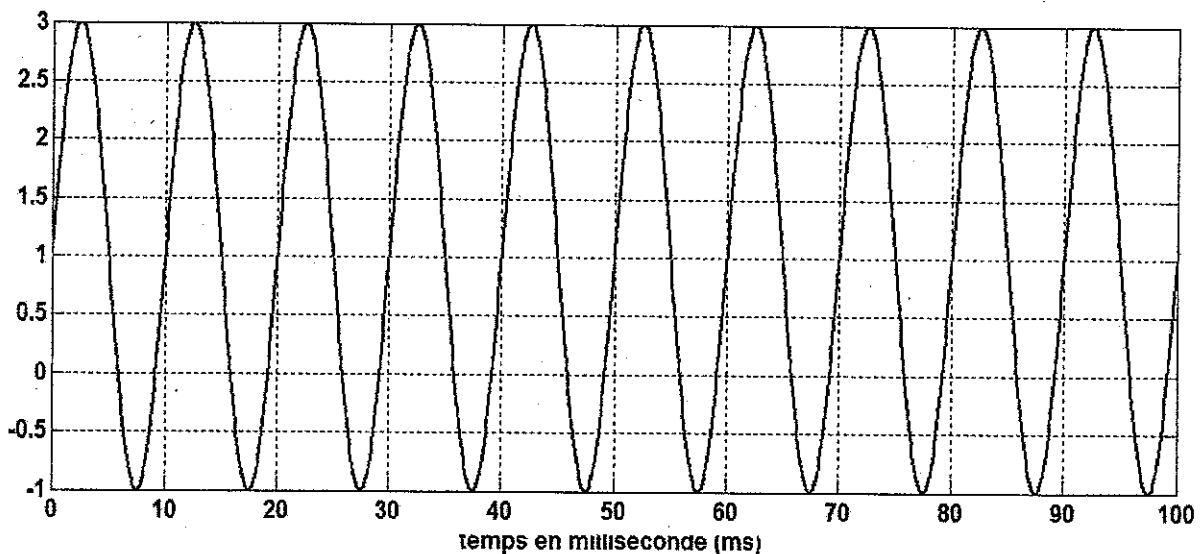


Figure 1

Q 4 : Le signal de la figure 1 passe dans un filtre passe bande parfait qui laisse passer uniquement les fréquences autour de 100 Hz. Représenter le signal de sortie dans le domaine temporel.

Q 5 : Le signal de la figure 1 passe dans un filtre passe bande parfait qui laisse passer uniquement les fréquences autour de 300 Hz. Représenter le signal de sortie dans le domaine temporel.

Synthèse de signaux périodiques

Q 6 : Pourquoi la synthèse d'un signal périodique triangulaire à l'aide de 5 harmoniques ($C_1=0.81$, $C_3=0.09$, $C_5=0.03$, $C_7=0.02$, $C_9=0.01$) est-elle plus performante que celle d'un signal périodique carré avec le même nombre d'harmoniques ($C_1=1.27$, $C_3=0.42$, $C_5=0.25$, $C_7=0.18$, $C_9=0.14$) ?

Etude de spectre

Q 7 : Un spectre d'un signal représenté figure 2 est à analyser. Donner l'expression du signal dans le domaine temporel.

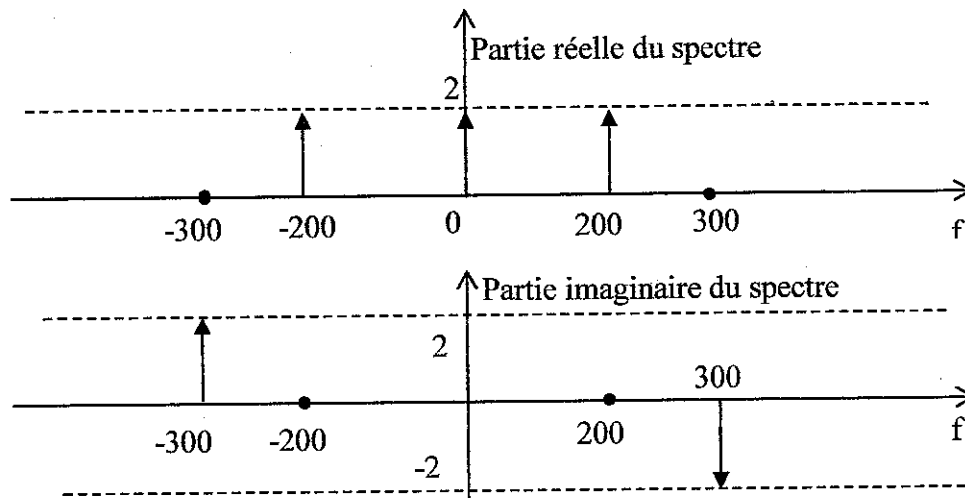
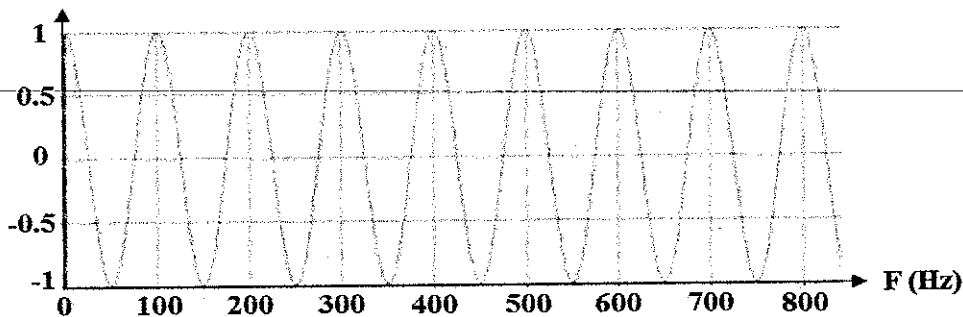


Figure 2

Q 8 : En calculant la transformée de Fourier de $f(t) = \delta(t-t_0)$, on obtient les spectres de la figure 3. Justifier ce résultat. En déduire la valeur de t_0 ?

Partie réelle :



Partie imaginaire :

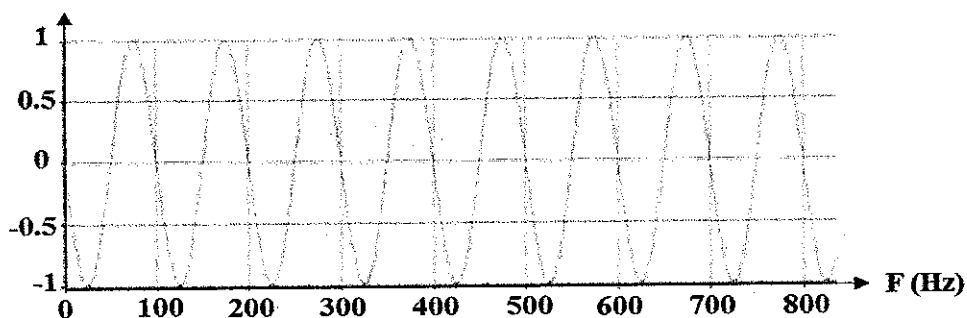


Figure 3

Q 9 : Quelle est la phase de la transformée de Fourier de $f(t) = \delta(t-t_0)$? Donner ensuite la valeur du module. La phase du signal est donnée figure 4 en déduire le retard t_0 dans le domaine temporel :

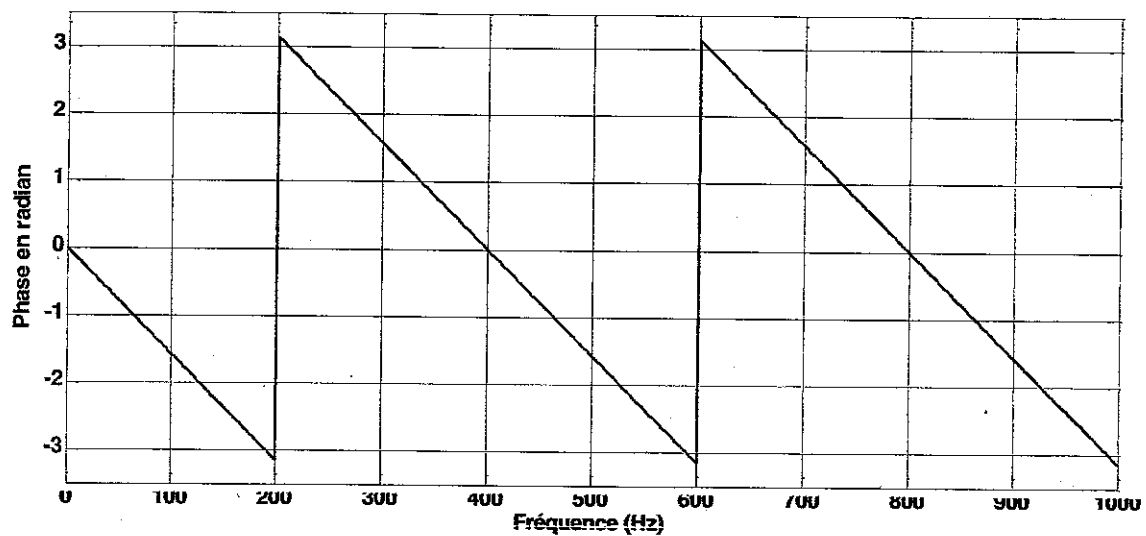
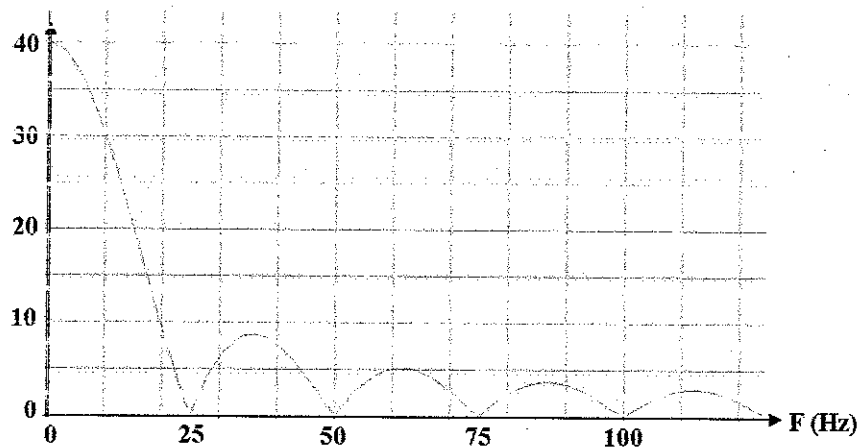


Figure 4

Q 10 : En calculant la transformée de Fourier d'une porte centrée en 0, on obtient le spectre de la figure 5. Justifier ce résultat.

Module :



Phase :

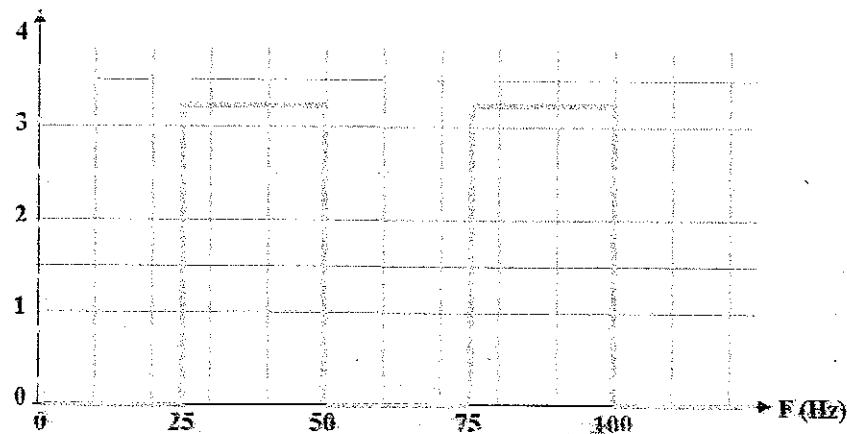


Figure 5

Q 11 : De quelle grandeur, observée dans le domaine temporel, dépend la position du premier 0 du module du spectre ? Donner alors la largeur de la porte.

Q 12 : Tracer les parties réelles et imaginaires du spectre de la figure 5.

Q 13 : Justifier l'amplitude du lobe principal et déterminer par calcul la valeur du premier lobe secondaire.

Q 14 : Si la porte est retardé de 100ms, quel sera l'allure de la phase de sa Transformée de Fourier (tracer un graphique) ?

Produit de convolution de Dirac

Q 15 : Quel est le résultat de la convolution d'un dirac centré en $t=10$ ms par un dirac centré en $t=40$ ms ?

Q 16 : Calculer la transformée de Fourier de la convolution précédente. Donner l'expression de la phase. Donner la valeur de la phase pour $f = 10$ Hz.

Produit de convolution d'un signal carré périodique avec un sinuscardinal

Soit $x(t) = \text{carré}(t) * \text{sinc}(2\pi f_{sc} t)$

Où $\text{carré}(t)$ est un signal carré de période T_0 avec une amplitude de 1V.

Q 17 : Exprimer $X(f)$, Transformée de Fourier de $x(t)$.

Q 18 : Dessiner le signal $x(t)$ dans le domaine temporel pour un signal carré de période $T_0 = 31.25\text{ms}$ et un sinuscardinal de fréquence $f_{sc} = 40\text{Hz}$.