

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

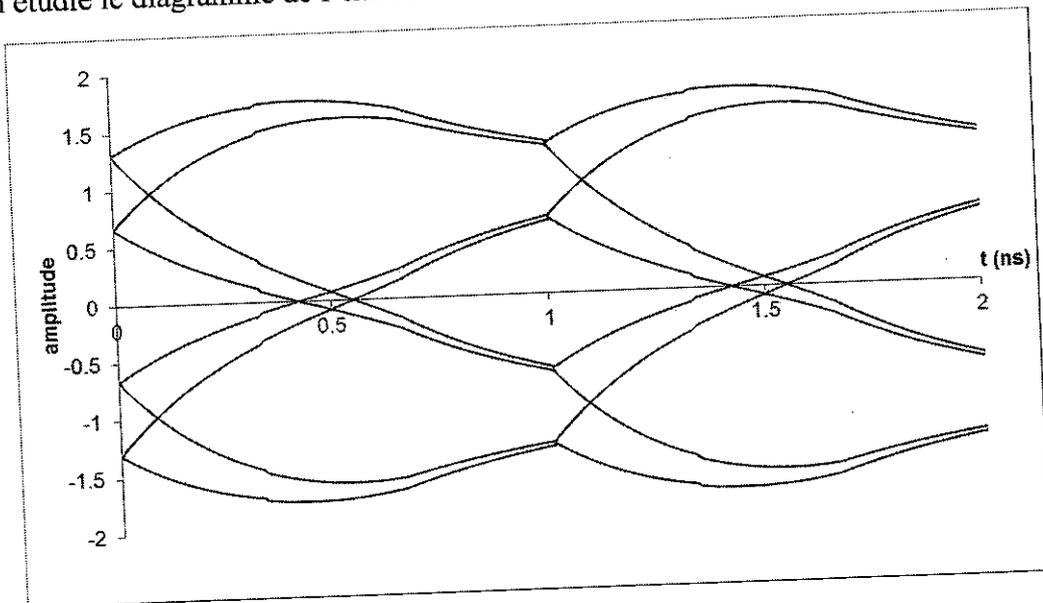
Date : 13/03/2024

Durée : 1h30

- Une feuille A4 recto verso manuscrite et calculatrice autorisées

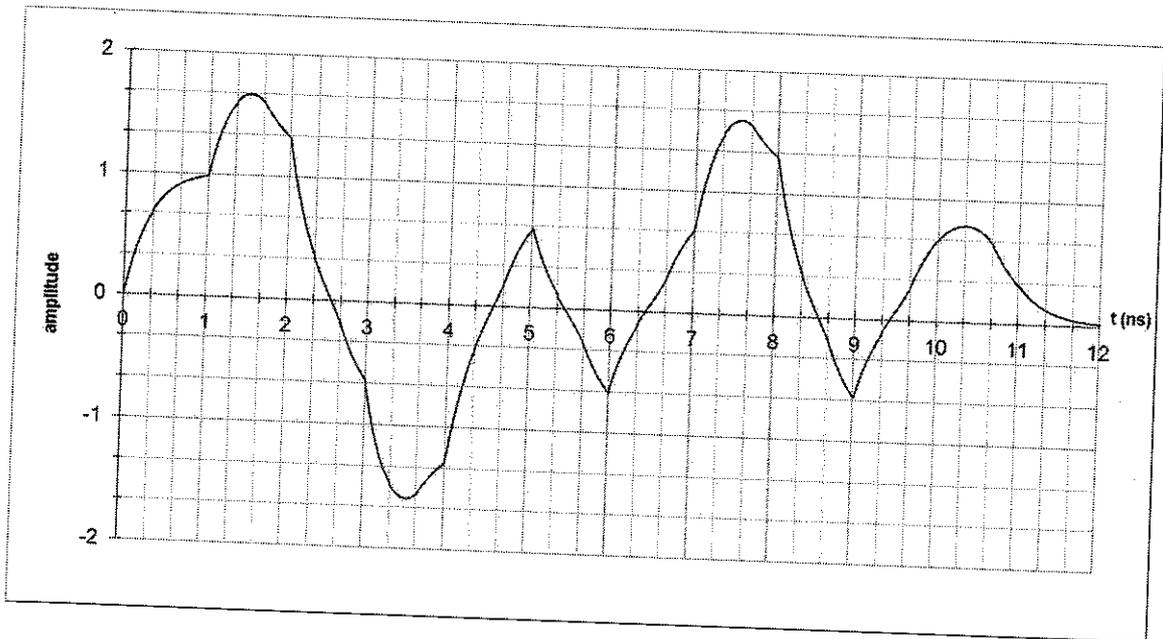
1. Questions de cours

- Q1. a. Rappeler ce que sont le débit, la rapidité et la valence. Préciser leur unité.
b. Exprimer la valence en fonction du débit et de la rapidité.
c. Combien de bits représente un symbole dans une liaison de valence 128 ?
- Q2. a. Quel phénomène se produisant dans le canal de communication limite la valence ?
b. Quel phénomène se produisant dans le canal de communication limite la rapidité ?
- Q3. La formule suivante permet de calculer la capacité d'un canal : $C = W \cdot \log_2(1 + SNR)$
a. Qu'est-ce que la capacité d'un canal ? Quelle est son unité ?
b. A quoi correspondent les paramètres W et SNR ?
c. En quoi les paramètres W et SNR sont-ils liés aux limites sur la valence et la rapidité ?
- Q4. On étudie le diagramme de l'œil suivant :



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

- c. Déterminer le ou les seuil(s) de détection.
- d. Expliquer quel est le principal défaut de cette liaison.
- e. Affecter un code binaire à chaque amplitude de symbole possible.
- f. En utilisant les réponses données aux questions b, c et e, décoder le message suivant :



2. Transmission en bande de base

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

$$e(t) = +A \quad \text{pour } kT < t < (k+1)T \quad \text{pour un bit à « 1 »}$$

$$e(t) = 0 \quad \text{pour } kT < t < (k+1)T \quad \text{pour un bit à « 0 »}$$

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 :

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

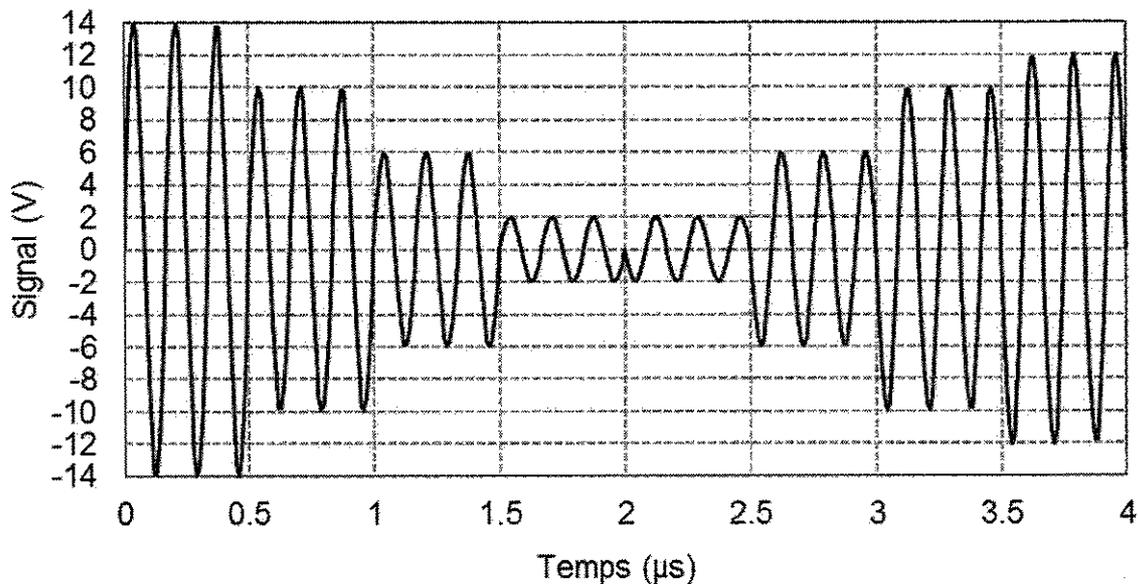
m_a , σ_a^2 désignent respectivement la moyenne, la variance des symboles a_k .

Q5. Calculer et tracer la DSP $\gamma_e(f)$ du signal $e(t)$. Commenter.

Q6. Pour augmenter le débit, on décide d'augmenter la valence à 8. 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. On considère le signal suivant :

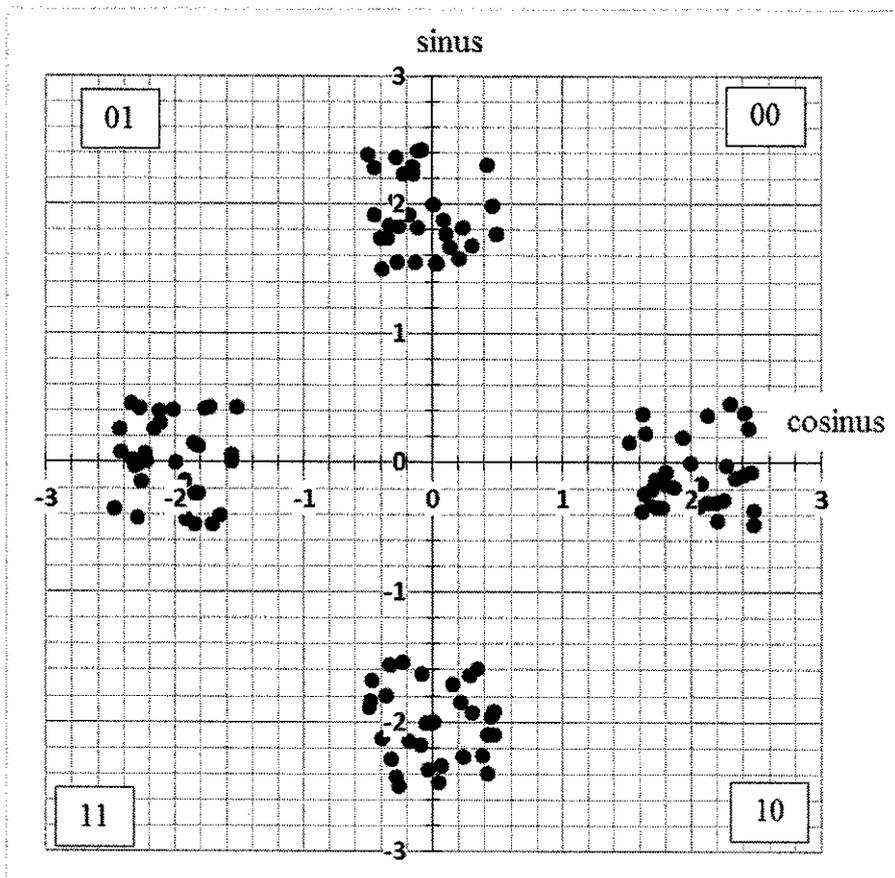


- Quelle est la technique de modulation utilisée ?
- Préciser la valence utilisée.
- Quelle est la rapidité de modulation de la liaison ?
- Tracer le diagramme de constellation de cette liaison.
- Associer à chaque symbole un code binaire en respectant le code Gray.
- Décoder le signal envoyé.
- Sans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

Q2. On considère une modulation de fréquence de valence 2. Le symbole '1' est représenté par une fréquence de 1 MHz et le symbole '0' par la fréquence 4 MHz. La rapidité est de 1 MBauds.

- Représenter le signal temporel correspondant au message 011001.
- Sans calcul, représenter la forme de la DSP.

Q3. On considère à présent le diagramme de constellation mesuré en réception d'une autre liaison (les amplitudes sont en volts) :



- Pour chacun des symboles, indiquer l'amplitude et la phase de la porteuse (on partira du principe que la porteuse est un cosinus).
- Comment pourrait-on appeler cette modulation ?
- Tracer le signal temporel correspondant au message 1001110010. On prendra une porteuse de fréquence 4 MHz et une rapidité de modulation de 1 MBauds.
- Evaluer en dB le rapport signal/bruit de la liaison. Détailler le calcul.

CONSIGNES

L'examen est découpé en 2 parties : Questions de cours et Exercice.

Les questions de cours ont toutes été vues en cours, il n'y a pas de piège, servez-vous de votre bon sens.

1 QUESTIONS DE COURS

Question 1 : Donner les 3 notions distinctes qui caractérisent le Web

- L'adresse URL, le réseau, le client
- Le transport, l'URL, le rendu
- La ressource, le réseau, le client Web

Question 2 : De nouvelles balises ont été intégrées à HTML 5, lesquelles ?

- <section>
- <a>
- <link >
- <details>

Question 3 : En HTML, il existe un certain nombre de balise permettant de créer un tableau, cocher celles-ci.

- </TABLE>
- </TI>
- <TR>
- <TFOOT>

Question 4 : A quoi sert le DOCTYPE ?

- Le DOCTYPE permet d'organiser correctement notre page
- Le DOCTYPE permet de valider que les balises que l'on utilise sont valides
- Le DOCTYPE n'existe pas
- Le DOCTYPE sert à la mise à page

Question 5 : Quel ensemble de balises permet de gérer des titres ?

- <h1>, <h2>, <h3> ... <h6>
- , ,
- <div>,

Question 6 : Avant HTML5, à quoi ressemblait le DOCTYPE ?

- <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
- <DOCTYPE html>
- <!DOCTYPE html>
- Il n'y en avait pas

Question 7 : Question sur les formulaires : parmi les codes suivants, lequel est juste ?

Réponse : ____.

Proposition 1 :

```
<form method="PUT">
Enregistrement d'un utilisateur
<br />Login : <input type="text" name="login">Login</input>
<br />Mot de passe : <input type="password">Passwd</input>
<br /><input type="submit">Me connecter</input>
</form>
```

Proposition 2 :

```
<form method="get" action="/mapage">
Enregistrement d'un utilisateur
<br />Login : <input type="text" name="login">Login</input>
<br />Mot de passe : <input type="password">Passwd</input>
<br /><submit>Me connecter</submit>
</form>
```

Proposition 3 :

```
<form method="POST" action="/mapage">
Enregistrement d'un utilisateur
<br />Login : <input type="text" name="login" name="Login" />
<br />Mot de passe : <input type="password" name="passwd" />
<br /><input type="submit" />
</form>
```

Question 8 : In HTML, a section is a **semantic element for creating standalone sections in a web page**. Please could you tell which HTML elements is true ?

- <head>, <body>, <foot>
- <header>, <content>, <footer>
- <header>, <article>, <footer>
- <head>, <content>, <foot>

Question 9: En CSS, comment peut-on sélectionner le premier élément HTML « div » ?

- div first-element { ... }
- .first-element { ... }
- div:first-child { ... }
- div first-child { ... }

Question 10: Quel définition des Medias Queries est juste ?

- Les medias queries servent à gérer l'audio et la vidéo depuis du CSS
- Les medias queries permettent de mieux gérer les différents types d'écrans ainsi que leurs résolutions
- Les medias queries permettent d'avoir un langage d'interrogation des éléments HTML

Question 11: Flask s'exécute dans le navigateur

- Vrai
- Faux

Question 12: Quel(s) définition(s) du moteur de template est juste selon vous (plusieurs réponses possibles) ?

- Un moteur de Template est une technique de programmation populaire qui permet de séparer distinctement l'interface graphique du reste de votre application
- Un moteur de modèle est une bibliothèque ou un Framework qui utilise certaines règles/langages pour interpréter les données et rendre les vues.
- Aucune de ces 2 définitions

Question 13: Quel(s) élément(s) caractérise(nt) le mieux Flask (plusieurs réponses possibles) ?

- Il permet d'avoir un serveur de développement
- Il a une forte empreinte mémoire
- Il permet d'avoir un moteur de template
- Il supporte les sessions
- Aucun de ces éléments

Question 14: Avec Flask, nous avons ce code minimum :

```
from flask import Flask, request

app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def index():
    return "My website with a form"

if __name__ == "__main__":
    app.run()
```

Nous souhaitons rajouter une route pour récupérer le contenu du formulaire présent sur notre page d'accueil, quel est la bonne route :

Réponse : ____.

Proposition 1 :

```
@app.route('/create', methods=['POST'])
def create_post():
    if request.method == 'POST':
        return 'form'
```

Proposition 2 :

```
@app.route('/create', methods=('POST'))
def create_post():
    if request.method == 'POST':
        args = request.args
        return 'form'
```

Proposition 3 :

```
@app.route('/create')
def create_post():
    return 'form'
```

Question 15: Le DOM permet de manipuler les objets de notre navigateur Web.

- Vrai
- Faux

Question 16: In computer science, **ACID** is a set of properties of database transactions intended to guarantee data validity despite errors, power failures, and other mishaps. In the context of databases, a sequence of database operations that satisfies the ACID properties (which can be perceived as a single logical operation on the data) is called a *transaction*.

For the Durability properties, tell if this definition is true :

Durability don't guarantees that once a transaction has been committed, it will not remain committed even in the case of a system failure (e.g., power outage or crash).

- Vrai
- Faux

Question 17: Les bases de données relationnelles sont faiblement typées ?

- Vrai
- Faux

Question 18: Une clé primaire est un index un peu particulier ?

- Vrai
- Faux

Question 19 : Quel est la meilleure requête selon vous ?

- `SELECT * FROM table1 JOIN table2 WHERE table1.idT1 = table2.idT2`
- `SELECT val1, val2, val3 FROM table1 JOIN table2 ON table1.idT1 = table2.idT2`
- `SELECT * FROM table1, table2`
- `SELECT val1, val2, val3 FROM table1 t1 LEFT JOIN table2 t2 WHERE t1.idT1 = t2.idT2`

Question 20 : En algèbre relationnel, pourquoi réaliser un produit cartésien est une mauvaise opération ?

- Ce n'est pas une mauvaise opération
- C'est une mauvaise opération car c'est extrêmement couteux en temps CPU
- C'est une mauvaise opération car elle retourne une erreur
- C'est une mauvaise opération car elle ne retournera pas le bon résultat

2 EXERCICE 1

Vous remplacez votre collègue au pied levé car il est malade, il n'a pas fini son code et vous devez livrer son site Web Flask pour .. aujourd'hui ! Malheureusement, le code qu'il a produit est rempli d'erreurs ou d'éléments non terminés, corrigez-le.

2.1 CODE

```
from flask import Flask

app = Flask(__name__)
app.config['SECRET_KEY'] = 'change_me'

@app.route('/')
def index(name):

    return render_template('index.html', welcome_message=name)

@app.route('/create')
def create():
    if request.method == 'POST':
        title = request.form['title']
        content = request.form['content']

        return 'to be finished'
    if not title:
        flash('Title is required!')
    else:
        conn = get_db_connection()
        conn.execute('INSERT INTO posts (title, content) VALUES (?, ?)',
                    (title, content))
        conn.commit()
        conn.close()
        return redirect(url_for('index'))

    return render_template('create.html')

@app.route('/<entier:id>/edit', methods=('GET', 'POST'))
def edit(id):
    post = get_post(id)

    if request.method == 'POST':
        title = request.form['title']
        content = request.form['content']

        if not title:
            flash('Title is required!')
        else:
            return redirect(url_for('index'))

    return render_template('edit.html', post=post)
```

2.1.1 INDIQUEZ ICI VOS CORRECTIONS

2.2 AJOUT D'UNE FONCTIONNALITE

Votre chef se rend compte qu'il manque une route pour aller sur la page de login nommée « /login » avec le verbe GET et allant vers la page login.html, ajoutez cette route ici :

2.3 ERREUR SUR LE TEMPLATE

Votre collègue est finalement, revenu mais il n'arrive pas à voir son erreur, il essaye dans sa fonction edit de récupérer la valeur du titre, mais, son code ne retourne rien, voici son template HTML, indiquez l'erreur.

```
{% extends 'base.html' %}

{% block content %}
<h1>{% block title %} Edit "{{ post['title'] }}" {% endblock %}</h1>

<form method="post">
  <div class="form-group">
    <label for="title">Title</label>
    <input type="text" name="titre" placeholder="Post title"
          class="form-control"
          value="{{ request.form['title'] or post['title'] }}">
    </input>
  </div>

  <div class="form-group">
    <label for="content">Content</label>
    <textarea name="content" placeholder="Post content"
             class="form-control">{{ request.form['content'] or
post['content'] }}</textarea>
  </div>
  <div class="form-group">
    <button type="submit" class="btn btn-primary">Submit</button>
  </div>
</form>
<hr>
{% endblock %}
```

2.3.1 INDIQUEZ ICI L'ERREUR

3 EXERCICE 2

Vous êtes embauché pour réaliser un site Web proposant un service de location de vélo. Vous êtes le DBA qui réalisera les requêtes en fonction de votre système.

3.1 SUJET

Voici le schéma relationnel de la base existante :

- Velo (idVelo, Marque, Modele, Taille, PrixHT)
- Casque (idCasque, Marque, Modele, Taille, PrixHT)
- Pack (idPack, idVelo, idCasque, PrixHT)

3.2 QUESTIONS

- 1) Remplir votre base de 2 Vélos, de 2 Casques et d'1 pack (Velo + Casque)
 - a. Marques disponible : Lapierre, Peugeot, Decathlon
- 2) Trouver toutes les photos des Vélos de marque Peugeot
- 3) Lister les Casques avec leurs appartenances à un pack

3.3 RÉPONSES AUX QUESTIONS

Durée 1h30

Autorisés : Une feuille A4 recto-verso manuscrite, et votre calculatrice.

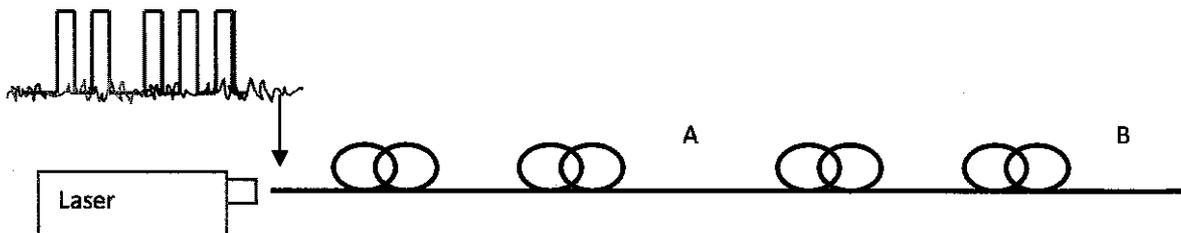
Recommandations importantes :

- Lisez la totalité du sujet avant de commencer (5mn). Faites des réponses courtes, et des phrases compréhensibles.
- Écrivez lisiblement les réponses, organisez clairement votre copie.
- Indiquez les numéros des questions auxquelles vous répondez.

Exercice I Questions de cours (4 points)

Un signal binaire transmis par voie optique dans une fibre multimode est soumis aux effets de l'atténuation et de la dispersion.

- 1.1. Expliquez en quelques lignes ce qu'est l'atténuation d'un signal optique. A quoi est-elle due dans une fibre de courte longueur (quelques mètres de fibre en silice) ? et dans une fibre de grande longueur (plusieurs km de fibre en silice) ?
- 1.2. Expliquez ce qu'est la dispersion d'un signal optique dans une fibre multimode : quelle est son origine ? quel impact a-t-elle sur la forme d'un signal binaire ? quel impact a-t-elle sur la qualité d'une transmission numérique ?
- 1.3. Dessinez la forme des signaux que l'on observerait en A et en B en présence d'atténuation seulement puis en présence de dispersion seulement.



- 1.4. On peut caractériser la dispersion d'une fibre par la bande passante de celle-ci. En faisant l'analogie avec un filtre passe-bas, expliquez pourquoi on peut parfois considérer que la dispersion se traduit aussi par des pertes (en dB/km).

Exercice II Ethernet 10 Gbit/s (7 points)

Le standard Ethernet 10 Gigabits utilise plusieurs types de média différents pour les réseaux locaux, réseaux métropolitains et réseaux étendus. Nous en étudierons 3 qui font appel à la fibre optique : les standards Short Range (SR), Long Range (LR) et Extended Range (ER). Les autres standards utilisent soit des câbles en cuivres soit des méthodes des fibres optiques mais avec des méthodes de multiplexage en longueur d'ondes.

- 10GBASE-SR (850 nm MM, 300 mètres) – créé pour supporter de courtes distances sur de la fibre optique multimode, il a une portée de 26 à 82 mètres, en fonction du type de fibre (OM1 ou OM2). Il supporte aussi les distances jusqu'à 300 m sur la fibre multimode OM3 de bande passante 2000 MHz.km.
- 10GBASE-LR (1310 nm SM, 10 km) pour communication jusqu'à 10 km avec fibre monomode.
- 10GBASE-ER (1550 nm SM, 40 km, *dark fiber*) pour communication jusqu'à 40 km avec fibre monomode à la longueur d'onde de 1310 nm.

N° d'intercalaire :

Pour ces trois standards les données sont envoyées en série au taux de **10.3125 GBit/s**. La puissance des lasers fonctionnant à 850, à 1310 ou à 1550 nm est de 0 dBm sauf information contraire. On considérera que la transmission est bonne si la puissance de réception est au moins égale à -10 dBm.

Partie I : 10GBASE-SR.

Conçu pour les distances de quelques centaines de mètres ce standard utilise des fibres multimodes de différentes génération : OM1 (fibre 62.5/125 μm), OM2 (fibre 50/125 μm) et OM3 (fibre 50/125 μm avec optimisation du profil d'indice pour couplage laser).

On donne ci dessous les principales caractéristiques de ces fibres :

Nom de fibre	ϕ coeur	ϕ gaine	O.N.	Indice coeur	pertes
OM 1	62.5 μm	125 μm	0.275	1.496	3 dB/km @ 850 nm 0.7 dB/km @ 1300 nm
OM 3	50 μm	125 μm	0.2	1.483	3 dB/km @ 850 nm 0.7 dB/km @ 1300 nm

II.1. Pour chacun des deux types de fibres décrit ci-dessus calculer le nombre de modes se propageant dans la fibre, puis calculer l'élargissement temporel Δt induit par la dispersion intermodale selon que les fibres sont à saut d'indice ou à gradient d'indice.

Pour pouvoir transmettre un débit de B on fixe le critère $\Delta t < 1/2B$. Selon vous, si l'on veut « passer » un débit de 10 GBit/s sur 33 m quelle fibre faut-il utiliser ? et sur 300 m ?

En réalité les résultats obtenus avec les formules du cours sont très optimistes car ils supposent un profil d'indice parfait. En effet, le gradient d'indice n'est pas idéal avec notamment un « creux » au centre de la fibre ce qui a tendance à favoriser l'excitation de modes d'ordre élevés très dispersifs. Les bandes passantes effectivement mesurées sont alors de :

Fibre OM1 : bande passante effective 200 MHz.km

Fibre OM3 : bande passante effective 2000 MHz.km

Pour en conclure sur la capacité à la fibre de supporter le débit de 10.3125 GBits/s à partir de la connaissance de la bande passante en Hz il faut tenir compte du type de codage. On va supposer ici que pour un débit de 10.3125 GBits/s il faut une bande passante de 8.25 GHz.

II.2. En tenant compte de ces données réelles quelles sont les distances de liaisons que l'on peut envisager avec les fibres de type OM1 et OM3 pour le 10 GBit Ethernet ?

II.3. Calculer les pertes de propagation à 850 nm et à 1300 nm pour les deux types de fibres pour les longueurs de 33 m et 300 m. Inclure des pertes de couplage dans les connecteurs (en entrée et en sortie) de 0.5 dB. Calculer la puissance d'émission nécessaire pour obtenir -10 dBm en sur le récepteur.

Partie 2 : 10GBASE-LR et ER

Pour étendre la longueur des liaisons on utilise des fibres monomodes qui évitent les effets de dispersion intermodale. Les caractéristiques de ces fibres sont les suivantes :

Nom	ϕ coeur	ϕ gaine	$d\lambda$ ps/nm/km	Indice coeur	Pertes
OS1	9.3 μm	125 μm	<3 à 1300 nm <18 à 1550 nm	1.47	0.36 dB/km @ 1310 nm 0.22 dB/km @ 1550 nm

N° d'intercalaire :

- II.4. Pour ce type de fibre calculer la bande passante pour un laser de largeur spectrale d'émission $\Delta\lambda=1$ nm centré en 1300 nm puis en 1550 nm en prenant en compte le facteur de dispersion chromatique D_c . Quelle est la longueur de liaison utile permettant de transmettre 10.3125 Gbit/s ?
- II.5. Pour une puissance d'émission de 0 dBm et une puissance de réception de -10 dBm calculer la longueur maximale de liaison possible en tenant compte des pertes de propagation et de connexion à 1300 nm puis à 1550 nm. Quelle longueur d'onde doit-on utiliser pour le standard Long Range (10 km) et pour le standard Extended Range (40 km).
- II.6. Dans le cas d'une longueur d'onde de 1550 nm si on veut atteindre des distances de 40 km quelle valeur de largeur spectrale faut-il utiliser ?
- II.7. Exprimer la largeur spectrale trouvée en Q-7. en largeur fréquentielle en Hz. Comparer votre résultat avec la bande passante de 8.25 GHz qui correspond au flux de données de 10.3125 Gbit/s.

Exercice III Réseau optique passif (8 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 un 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 % ($\alpha_i=3$ dB) de cette puissance est couplée dans la fibre optique.

La fibre optique monomode G.652 employée est de dispersion chromatique $D=3.5$ ps/(km.nm) à $1.3 \mu\text{m}$ et possède une atténuation linéique égale à $\alpha_{\text{propa}}=2.5$ dB/km.

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

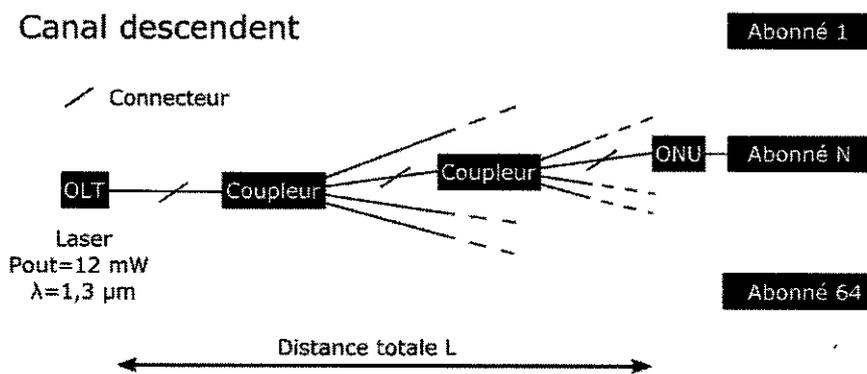


Figure 3 : Schéma simplifié d'un réseau optique passif avec coupleur 1x4 en cascade ;

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 $0,5$ A/W et un niveau minimum de détection égal à -60 dBm.

- III.1. Quel est le nombre total de coupleurs 1x4 nécessaire pour cette liaison ?
- III.2. Quel est le nombre total de connecteurs nécessaire pour cette liaison ?

N° d'intercalaire :

- III.3. Calculer la puissance laser couplée dans la fibre en dBm. On la notera $P_{OLT,dBm}$.
- III.4. Quel est la transmission d'un coupleur $T_{1x4,dB}$ en dB entre son entrée et l'une des sorties.
- III.5. Écrire l'équation reliant la puissance en sortie de l'OLT ($P_{OLT,dBm}$) et la puissance détectée à un ONU ($P_{ONU,dBm}$). Cette équation fera intervenir la longueur totale de fibre L entre l'OLT et l'ONU.
- III.6. Calculer la distance maximale entre l'OLT et l'ONU. Cette distance est-elle suffisante pour un déploiement commercial de réseaux optiques passifs ?
- III.7. Pour cette distance, calculez l'élargissement temporel dû à la dispersion chromatique. En déduire le débit binaire minimum de ce type de système.
- III.8. Selon vous, quelles sont les avantages et les inconvénients des réseaux optiques passifs ? Quelles améliorations pourriez-vous envisager ?

On donne le nombre de modes égal à : $M=V^2/2$ avec

$$V^2 = a^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 [n_1^2 - n_2^2] = a^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 ON^2$$

$$\Delta T = T' - T_0 = \frac{L(n_{coeur} - n_{gaine})}{2c}$$

$$\Delta T = \frac{L(n_{coeur} - n_{gaine})^2}{4cn_{coeur}}$$

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

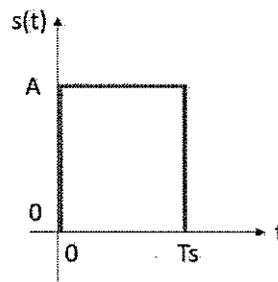
Date : 19/06/2024

Durée : 1h30

- Deux feuilles A4 recto verso manuscrite et calculatrice autorisées

1. Questions de cours

Q1. Un émetteur envoie le symbole suivant sur un canal de transmission :



- Dessiner l'allure du symbole reçu si le canal est bruité.
- Dessiner l'allure du symbole reçu si la bande passante du canal est trop étroite par rapport à la rapidité utilisée.

Q2. En quoi le bruit ajouté par le canal de transmission limite le débit de cette dernière ?

Q3. Qu'est-ce que l'interférence inter symboles ? Sous quelle condition ce phénomène devient gênant pour une transmission ? En quoi cela limite-il le débit ?

Q4. A l'aide du diagramme de l'œil de la figure 1 (les ordonnées sont en Volts, les abscisses en 10^{-7} s), déterminez pour cette transmission :

- Sa valence
- Sa rapidité de modulation
- Son débit
- L'instant optimal pour échantillonner
- L'amplitude de bruit canal

Q5. Que pensez-vous de la qualité de cette transmission ?

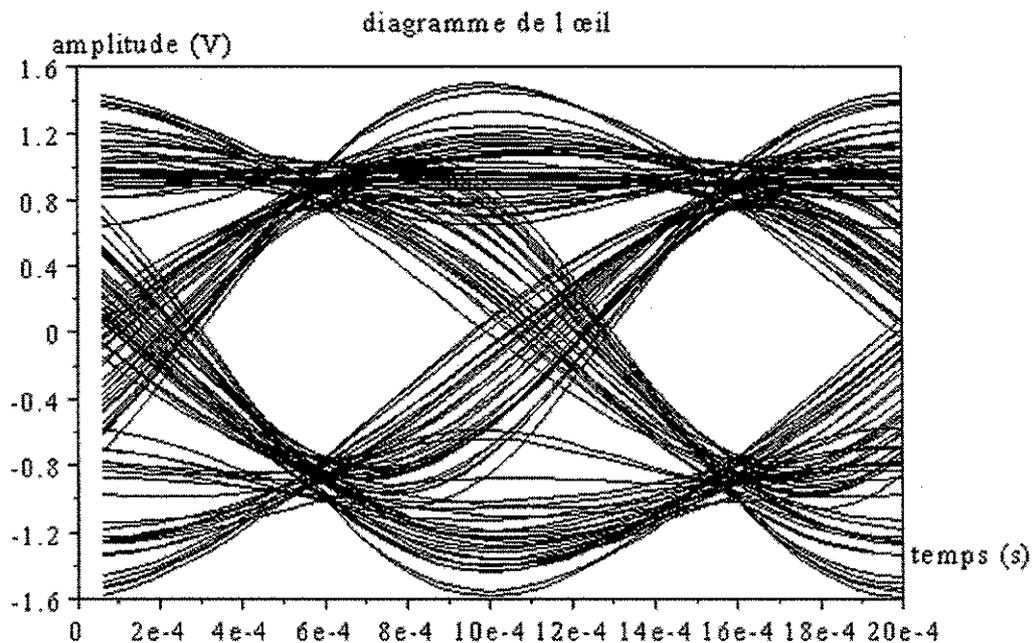


Figure 1

2. Transmission en bande de base

On souhaite utiliser un codage NRZ pour une liaison numérique. Dans l'optique d'augmenter le débit, on choisit une valence de 4. Les 4 symboles sont équirépartis entre 9 V et -9 V.

- Q1. Donner les valeurs des amplitudes a_k de chaque symbole.
- Q2. Quel est le nombre de bits par symbole ? Affecter à chaque a_k un code binaire en utilisant le code Gray.
- Q3. On souhaite envoyer le message suivant : "0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1". Dessiner le chronogramme du message envoyé $e(t)$.
- Q4. Donner l'expression de la fonction de codage $h(t)$ et tracer la sur un graphique.

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.

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

avec :

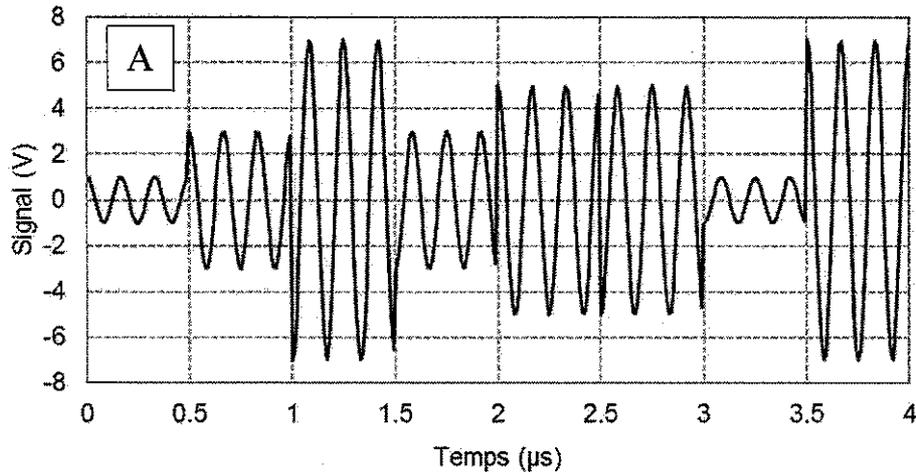
$$\gamma_a(f) = \frac{\sigma_a^2}{T} + \frac{m_a^2}{T^2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(f - \frac{k}{T})$$

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

- Q5. Calculer et tracer la DSP $\gamma_e(f)$ du signal $e(t)$. Commenter en donnant les avantages et inconvénients de ce code.
- Q6. Tracer le diagramme de l'œil de la liaison avant l'envoi sur la ligne et estimer quel est l'instant optimal d'échantillonnage τ pour détecter correctement le message émis. A quel(s) niveau(x) placeriez-vous le(s) seuil(s) de décision ?

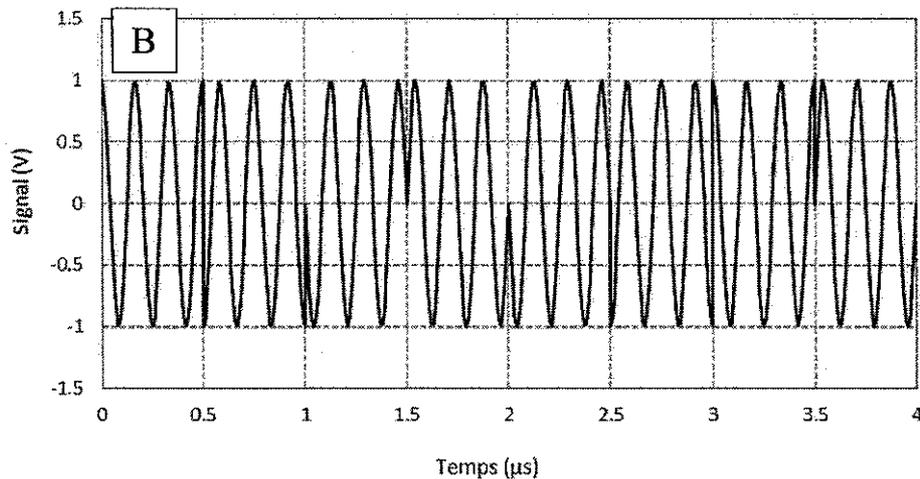
3. Transmission en bande transposée

On étudie le signal temporel A suivant :



- Q1. Quelle est la technique de modulation utilisée?
- Q2. Quelle est la valence utilisée?
- Q3. Quelle est la rapidité de modulation de la liaison?
- Q4. Quel est le débit de la liaison ?
- Q5. Quelle est la fréquence en MHz de la porteuse?
- Q6. Tracez le diagramme de constellation correspondant à cette modulation.
- Q7. Sans faire de calcul supplémentaire, tracer la DSP correspondant à cette modulation.

On étudie à présent le signal temporel B suivant :

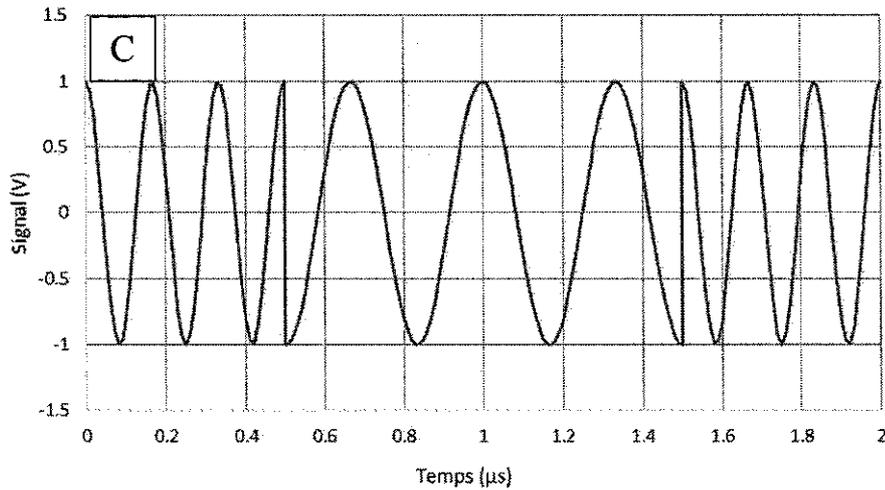


- Q8. Quelle est la technique de modulation utilisée?
- Q9. Quelle est la valence utilisée?
- Q10. Quel est le débit de la liaison ?
- Q11. Tracez le diagramme de constellation correspondant à cette modulation.

Q12. Dans le cas d'une communication présentant beaucoup de bruit, conseillez-vous d'utiliser la technique de modulation du signal A ou celle du signal B ? Justifiez

Q13. Dans le cas d'une communication présentant beaucoup de jitter, conseillez-vous d'utiliser la technique de modulation du signal A ou celle du signal B ? Justifiez

On étudie à présent le signal temporel C suivant :



Q14. Quelle est la technique de modulation utilisée?

Q15. Sans faire de calcul, tracer la DSP correspondant à cette modulation.

Q16. Quels sont les avantages et inconvénients de cette technique ?

Exercice 1 : Boulangerie

Une boulangerie cuit des pains de 400 grammes. Pour pouvoir être vendu, chaque pain doit peser au moins 385 grammes, dans le cas contraire le pain est jeté. La masse du pain peut être modélisée par une variable aléatoire X suivant une loi Normale de moyenne $\mu=400$ grammes et d'écart type $s=11$ grammes.

1. Donner l'expression de la densité de probabilité de la variable X . Comment ramener la variable X à une variable centrée et normée nommée t qui permettra d'utiliser le tableau de la fonction $\mathcal{N}(t)$ donné en annexe ?
2. Calculer la probabilité qu'un pain pris au hasard soit commercialisable.
3. Afin de réduire la quantité de pain rejeté, on cherche à améliorer le processus de fabrication pour diminuer l'écart type σ . Quelle valeur faut-il atteindre pour que la proportion de pains commercialisable soit supérieure à 96 %.

Afin de peser les pains on utilise une balance dont le temps de fonctionnement sans dérèglement, estimé en jours, est une variable aléatoire T qui suit une loi exponentielle de paramètre λ . On rappelle que la densité de probabilité d'une telle loi s'écrit :

$$f_T(t) = \begin{cases} Ae^{-\lambda t} & \text{si } t \geq 0 \\ 0 & \text{si } t < 0 \end{cases} \quad \text{avec } t \text{ en jours.}$$

4. Donner la valeur du paramètre A pour que cette loi soit bien une densité de probabilité.
5. Tracer approximativement mais de manière réaliste $f_T(t)$. Donner la signification de cette courbe. Le fabricant des balances certifie que la probabilité que la balance ne se dérègle pas en 30 jours est de 0.913. Donnez la valeur du paramètre λ .
6. A partir de la densité de probabilité calculer la loi de répartition $F_T(t)$ de la variable T . A quoi sert celle loi ? Calculer la probabilité que la durée de bon fonctionnement d'une balance soit inférieure à 60 jours.
7. Calculer la probabilité que la durée de bon fonctionnement soit supérieure à 90 jours.
8. Sachant qu'une balance a bien fonctionné pendant 60 jours, quelle est la probabilité qu'elle fonctionne encore correctement après 90 jours ?
9. Le vendeur de cette balance affirme que l'on a une chance sur deux que la balance fonctionne correctement pendant un an (365 jours). A-t-il raison ? si non pour combien de jours son affirmation est-elle vraie ?

Exercice 2 : Codage de Huffman

Une source d'information émet un symbole pris parmi un alphabet de 4 lettres (a, b, c, d), avec les probabilités

$$p(a) = 1/2, \quad p(b) = 1/4, \quad p(c) = p(d).$$

Les symboles sont codés en binaire par l'algorithme de Huffman :

$$a : 0 \qquad b : 10 \qquad c : 110 \qquad d : 111$$

soit X la variable aléatoire correspondant à la longueur du code (pour un symbole émis), i.e. le nombre de symboles binaires. Les valeurs possibles de X sont donc 1, 2 ou 3.

1. En admettant que les symboles sont indépendants les uns des autres, calculer la distribution de probabilité de la v.a. X, c'est-à-dire les probabilités que X=1, 2 etc...
2. Trouver et tracer la fonction de répartition de la v.a. X.
3. Quelle est la longueur moyenne du code transmis par symbole ?
4. Quelle est la probabilité d'émission d'au moins un 0 ? d'au moins un 1 ?
5. On émet désormais un mot de 4 symboles choisi au hasard parmi toutes les combinaisons possibles utilisant l'alphabet (par exemple 'aaaa', 'baba', 'cadab' etc...).
6. Combien de mots différents peut-on écrire ?
7. Chaque symbole du mot étant codé selon la loi ci-dessus (a= 0, b=10 etc...) et étant toujours émis avec les probabilités données ci-dessus, on note Y la longueur (en nombre de symboles) du mot de 4 lettres (exemple, pour le mot 'aaaa' qui est codé 0000 nous avons Y=4). Quelles sont les valeurs possibles de la v.a. Y ? Combien de mots différents vont donner Y=6 ?
8. Calculer la probabilité d'avoir Y=4 ; puis d'avoir Y= 8

Exercice 3 : Canal de transmission bruité

Un canal binaire de transmission bruité a une probabilité de transmission erronée de $p = 0,01$ (i.e. le récepteur reçoit un 1 alors qu'un zéro a été émis, ou vice versa, avec la probabilité p).

1. Calculer la probabilité qu'il y ait deux erreurs de transmission ou plus sur une séquence de 10 bits transmis.
2. La loi de probabilité qu'il y ait k erreurs pour 10 bits envoyés est approximée par une loi de Poisson de moyenne λ . Calculer λ et reprendre la question précédente.

Formulaire de Probabilité

Probabilités

Evènements incompatibles $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$
 Evènements indépendants : $P(A \cap B) = P(A)P(B)$
 Probabilité conditionnelle : $P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$ avec $P(A) \neq 0$
 Formule de Bayes : $P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A|B)P(B) + P(A|\bar{B})P(\bar{B})}$

Variabes aléatoires

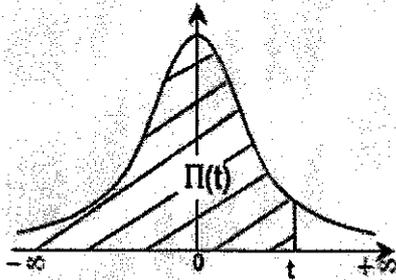
Fonction de répartition	$F(x) = P(X \leq x)$	$F(x) \in [0, 1]$	$F(-\infty) = 0$	$F(+\infty) = 1$
Loi de probabilité discrète	$P(X = x_k) = p_k$		$F(x) = \sum_{x_k \leq x} p_k$	
Loi de probabilité continue	densité de probabilité : $f(x) = F'(x)$		$P(x_1 < X \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$	
Espérance mathématique	$E(X) = \sum_{x_k} x_k P(X = x_k)$ (loi discrète)		$= \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$ (loi continue)	
Variance	$V(X) = E[(X - E(X))^2]$		$= E(X^2) - (E(X))^2$	
Ecart-type	$\sigma_X = \sqrt{V(X)}$			

Lois usuelles

Nom	Notation	Domaine	Loi	$E(X)$	$V(X)$
Loi binomiale	$B(p, n)$	entiers $\in [0, n]$	$P(X = k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$	np	$np(1-p)$
Loi de Poisson	$P(\lambda)$	\mathbb{N}	$P(X = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$	λ	λ
Loi uniforme	$\mathcal{U}(a, b)$	réels $\in [a, b]$	$f(x) = \frac{1}{b-a}$ $x \in [a, b]$ 0 sinon	$\frac{a+b}{2}$	$\frac{(b-a)^2}{12}$
Loi normale	$\mathcal{N}(m, \sigma)$	\mathbb{R}	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right)$	m	σ^2

Loi Normale centrée réduite

Probabilité de trouver une valeur inférieure à t



$$\Pi(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

t	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8169	0.8196	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

Table pour les grandes valeurs de t :

t	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8
$\Pi(t)$	0.99865003	0.99931280	0.99966302	0.99984085	0.99992763	0.99996631	0.99998665	0.99999458	0.99999789	0.99999921



Durée 1h30

Autorisés : Une feuille A4 recto-verso manuscrite, et votre calculatrice.

Recommandations importantes :

- Lisez la totalité du sujet avant de commencer (5mn). Faites des réponses courtes, et des phrases compréhensibles.
- Écrivez lisiblement les réponses, organisez clairement votre copie.
- Indiquez les numéros des questions auxquelles vous répondez.

Exercice I Question de cours : couche anti-reflet (6 points)

Lorsqu'une onde électromagnétique est incidente sur une interface entre deux milieux d'indice n_1 et n_2 , cette onde est partiellement réfléchiée et transmise. Lorsque l'incidence est normale à l'interface ($\theta = 0$), le coefficient de réflexion en amplitude (en champ) vaut :

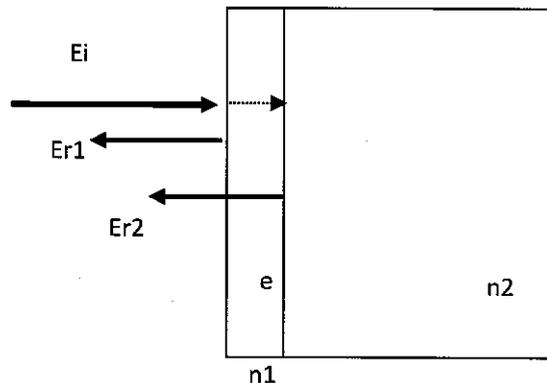
$$r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$$

En intensité le coefficient de réflexion est $R=r^2$ (quelle que soit la polarisation).

- I.1. Soient deux ondes d'amplitudes égales (E_0) et de longueur d'onde (λ_0) égale qui se propagent dans la même direction (vers les x positifs) avec un déphasage relatif $\Delta\phi = \Phi_1 - \phi_0$. Écrire l'amplitude totale. A quelle condition sur $\Delta\phi$ la somme de ces deux ondes est parfaitement nulle ? à quelle condition l'amplitude totale est-elle maximale ?

On pourra utiliser l'identité remarquable : $\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a + b) + \cos(a - b)]$

- I.2. Une onde traverse un objet transparent d'indice n et d'épaisseur e . Quel déphasage a-t-elle subit ?
I.3. On dépose sur le milieu n_2 une fine couche de milieu d'indice n_1 . On réalise le dispositif suivant :

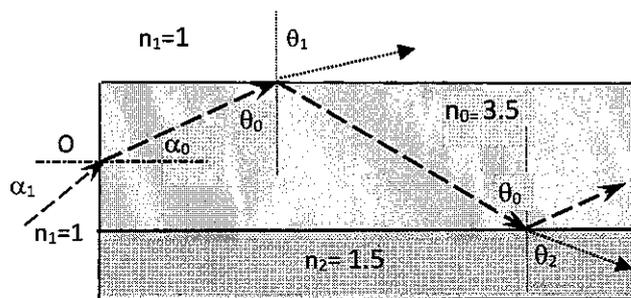


- I.4. Dans ce problème on ne tient pas compte des réflexions secondaires (en décrire cependant une). Écrire les amplitudes des ondes réfléchiées Er_1 et Er_2 aux interfaces air/ n_1 et n_1/n_2 . Quel déphasage ont-elles subit à la réflexion ? (On ne tient pas compte d'éventuels déphasage subit à la transmission).
I.5. On supposera que les coefficients de transmission des interfaces air/ n_1 et n_1/n_2 sont proches de 1. Quelle relation n_1 et n_2 doivent-ils vérifier pour avoir $Er_1=Er_2$. Faire l'application numérique pour $n_2=1.8$.
I.6. Calculer l'épaisseur de la couche d'indice n_1 pour avoir un coefficient de réflexion global (tenant compte de Er_1 et de Er_2) nul.

Exercice II Excitation d'un guide à saut d'indice. (7 points)

Un guide optique planaire (voir figure ci-dessous une vue de profil) est constitué d'un cœur d'indice n_0 pris en sandwich entre deux matériaux d'indice n_1 et n_2 . En entrée de guide un rayon lumineux passant par O est incliné d'un angle α_1 sur l'axe Ox dans l'air ($n_1=1$), il est réfracté dans le guide puis il est réfléchi à l'interface entre le cœur et le milieu supérieur (indice n_1). Au niveau de cette interface on peut éventuellement avoir un rayon transmis dans le milieu supérieur. Le rayon se propageant dans le milieu n_0 est ensuite réfléchi à l'interface inférieure séparant les milieux d'indices n_0 et n_2 .

- II.1. Écrire la relation liant les angles α_1 et α_0 et les indices n_1 et n_0 . Écrire aussi la relation liant les angles θ_1 et θ_0 et les indices n_1 et n_0 .
- II.2. Écrire $\cos \theta_1$ en fonction de $\sin \theta_0$, n_1 et n_0 . Si $n_1 > n_0$ montrer que l'on a toujours un rayon réfléchi dans le cœur et un autre rayon transmis dans le milieu supérieur.
- II.3. Dans le cas où $n_1 < n_0$ montrer qu'il existe un angle limite θ_{0c1} au-delà duquel $\cos \theta_1$ ne peut pas prendre une valeur réelle. Expliquez ce qui se passe alors pour les rayons lumineux.
- II.4. Faire le lien entre θ_1 et α_0 puis α_1 . En déduire la relation liant l'angle θ_{0c1} à l'angle θ_{1c1} qui est situé à l'entrée du guide.
- II.5. Suivre la même démarche que pour les questions 2, 3 et 4 mais pour l'interface inférieure entre n_0 et n_2 . Quelle relation doit-on avoir pour qu'il n'y ait pas de rayon transmis dans le milieu n_2 ? A quel angle d'injection α_{1c2} limite cela correspond-il en O ?
- II.6. Écrire finalement une condition liant n_0 , n_1 et n_2 pour que le rayon injecté dans le guide soit confiné dans celui-ci. On donne l'exemple d'un guide en silicium sur SiO_2 : $n_1=1$, $n_2=1.5$ et $n_0=3.5$. Calculer les valeurs numériques de θ_{0c1} et θ_{0c2} . Donnez les valeurs des angles α_{1c1} et α_{1c2} leur correspondant.
- II.7. Résumer les conditions sur l'angle α_1 d'injection du rayon qui permettent d'avoir un rayon entièrement guidé uniquement dans la zone d'indice n_0 . Laquelle de ces deux conditions est la plus contraignante ? Si on excite le guide avec un faisceau focalisé avec un angle au sommet supérieur à α_{1c2} ou α_{1c1} expliquer ce qui se passe en termes de qualité d'injection de la lumière dans le guide.



Injection dans le guide par le côté.

Exercice III *Liaison Ethernet Gigabit (6 points)*

Conçu pour les distances de quelques centaines de mètres le standard Ethernet Gigabit utilise des fibres multimodes à gradient d'indice de différentes générations : OM1, OM2 ou OM3.

On donne ci-dessous les distances maximales que l'on peut couvrir selon la norme Gigabit utilisée et selon le type de fibre. Toutes ces normes utilisent une source laser pour l'émission.

Fiber Type	Gigabit Link @ 850nm Laser IEEE 802.3z 1000BASE-SX	Gigabit Link @ 1310nm Laser IEEE 802.3z 1000BASE-LX	10 Gigabit Link @ 850nm Laser IEEE 802.3ae 10GBASE-SR
62.5/125 µm multimode fiber			
062/OM1	300m	550m	86m
50/125 µm multimode fiber			
050/OM1	550m	550m	86m
50E/OM2	750m	600m	150m
50U/OM3	970m	600m	300m
5U5/OM3	1040m	600m	550m

*LX4 standard uses Wide Wave Division Multiplexing scheme

Table 1. Fiber Type and Distance per IEEE Standards

- III.1. Dans une liaison à fibre optique multimode, rappeler les deux effets physiques qui peuvent limiter *la longueur de la liaison* optique. Ces effets ont-ils tous les deux un impact sur *le débit maximal* des données véhiculées par la liaison optique ? Si oui quel est l'effet qui limite le plus le débit ?
- III.2. Quelle que soit la fibre utilisée les distances de la colonne de droite (10 GBits/s) sont plus faibles que ceux des deux autres colonnes (1 GBits/s à 850 nm ou à 1310 nm). En conséquence quel est l'effet qui limite la distance de la liaison dans ce cas.
- III.3. On rappelle que le nombre de modes se propageant dans une fibre vaut approximativement $M = \frac{1}{2} a^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 ON^2$ où a est le rayon du cœur. Calculer M pour les fibres OM1 ($a=31 \mu\text{m}$, $ON=0.2$) et OM3 ($a=25 \mu\text{m}$, $ON=0.2$) à la longueur d'onde de 850 nm.
- III.4. En déduire la principale différence technique qui existe entre la fibre **062/OM1** et **50U/OM3**. Quel est son impact sur les performances de la fibre OM3 ? Expliquer.
- III.5. Pour développer un lien ethernet à 10 Gigabit sur une distance de 200 mètres quelle fibre vaut-il mieux utiliser ?

On précise les données sur les fibres et on apprend que pour une longueur d'onde de 850 nm on a :

- **Fibre 062/OM1 : bande passante effective 200 MHz.km, pertes de propagation : 2.5 dB/km**
- **Fibre 50U/OM3 : bande passante effective 1500 MHz.km, pertes de propagation : 2.5 dB/km**

On va supposer ici que pour un débit de 10.3125 GBits/s il faut une bande passante de 8.25 GHz.

- III.6. En tenant compte de ces données réelles recalculer les distances de liaisons que l'on peut envisager avec les fibres de type 062/OM1 et 50U/OM3 pour le 10 GBit Ethernet ?
- III.7. Calculer les pertes de propagation à 850 nm et à 1300 nm pour les deux types de fibres pour des longueurs de 86 m et 300 m. Inclure des pertes de couplage dans les connecteurs (en entrée et en sortie) de 0.5 dB. Calculer la puissance d'émission nécessaire pour obtenir -10 dBm en sur le récepteur.

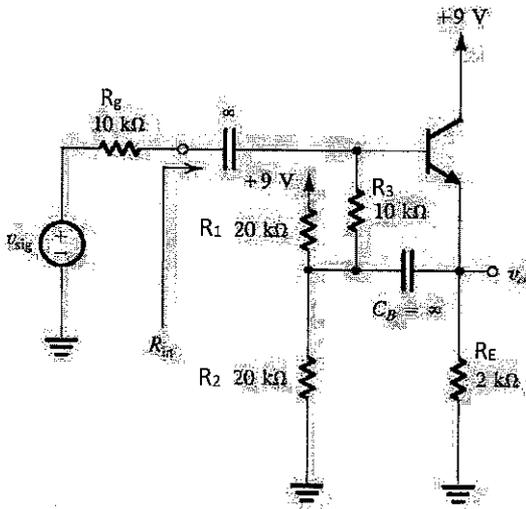


Contrôle ETRS604 Juin 2024

Durée 1h30 – 1 feuille de notes A4 autorisée. Calculatrice autorisée. Téléphone interdit.

Problème 1 : Montage suiveur

Le circuit ci-dessous est dénommé « Suiveur avec effet Bootstrap » :



Pour le transistor on prendra $\beta=100$

v_{sig} est une source de tension sinusoïdale d'amplitude 100 mV fonctionnant au-delà de 100 Hz. Les deux capacités sont de valeurs élevées et on peut les considérer comme des court-circuits pour les fréquences de travail considérées.

Q1 (2 pt) : Calculer le point de repos du transistor : I_{B0} , I_{C0} et V_{CE0} . On considérera que $V_{BE0}=0.7$ V si le transistor est passant. Dans quel régime de fonctionnement est le transistor ?

Q2 (0.5 pt) : Rappeler le modèle équivalent en Π du transistor bipolaire en petit signaux (en négligeant la résistance liée à l'effet Early).

Q3 (0.5 pt) : Sachant que $r_b = h_{11} = \frac{V_T}{I_{B0}}$ donner la valeur de cette résistance pour $I_{B0}=17 \mu\text{A}$ et $V_T=26$ mV.

On déconnecte tout d'abord la capacité C_B (circuit ouvert)

Q4 (1 pt) : En négligeant la résistance dynamique due à l'effet Early établir le schéma équivalent du circuit en régime de petits signaux.

Q5 (1 pt) : Calculer l'impédance d'entrée du montage R_{in} (cf. fig). Donner sa valeur pour $r_b=1.53$ k Ω .

Q6 (1 pt) : Calculer le gain du $A_{v_0} = \frac{v_o}{v_{sig}}$ en l'absence de R_g ($= 0 \Omega$). Faire l'application numérique.

Q7 (1 pt) : On branche maintenant, via une capacité de découplage non montrée ici (et d'impédance négligeable) une résistance de charge R_L en parallèle avec la résistance d'émetteur R_E de 2k Ω . Donner la nouvelle expression du gain en tension, toujours en l'absence de R_g . Pour quelle valeur de cette résistance R_L le gain vaut-il 0.5 ? En déduire la valeur de l'impédance de sortie du montage.

Q8 (1 pt) : Donner l'expression de A_{v_0} en tenant compte de $R_g=10$ k Ω . Faire l'application numérique et comparer le résultat avec celui de la question 6.

On connecte la capacité C_B

Q9 (1 pt) : Montrer que le schéma équivalent en régime de petits signaux peut se ramener au schéma ci-dessous. Pour cela il faudra considérer que $r_b // R_3 = r_b$.

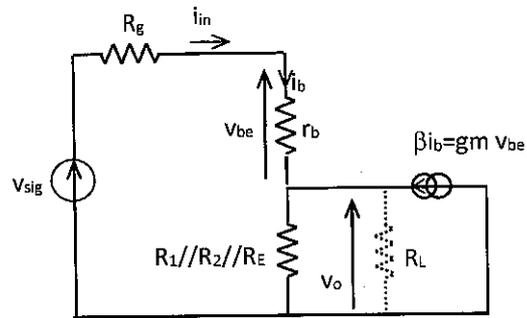
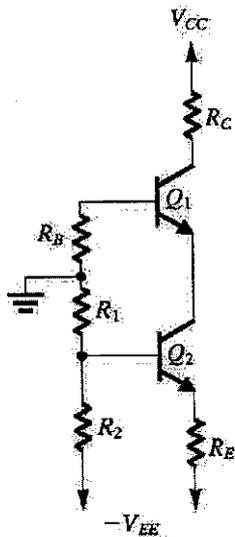


Schéma équivalent avec modèle en Π .

Q10 (4 pts) : Refaire les questions 5, 6 et 8 pour cette nouvelle configuration avec les applications numériques. Comparer les résultats obtenus avec ou sans C_B et conclure sur les avantages introduits pas la capacité C_B dite « capacité bootstrap ».

Exercice 2 : Source de courant



Dans le circuit ci-contre, le transistor Q_2 joue le rôle de source de courant pour le transistor Q_1 . Ce circuit permet de fournir un courant de collecteur Q_1 qui est peu dépendant de R_B et de β .

On donne : $\beta=50$, $R_B=?$, $R_C=?$, $R_1=10.43 \text{ k}\Omega$, $R_2=12.27 \text{ k}\Omega$, $R_E=20 \text{ k}\Omega$. $V_{EE}=V_{CC}=5 \text{ V}$. Si les transistors sont passants on prend $V_{BE}=0.7 \text{ V}$.

Q11 (2 pts) : Dans un premier temps on enlève R_B , Q_1 , R_C et V_{CC} . Le collecteur de Q_2 est « en l'air » mais on suppose qu'un courant I_{C2} peut circuler. Simplifier le montage par pont diviseur de tension (R_1 et R_2) en utilisant Thévenin. Donner l'expression du courant I_{E2} en fonction des éléments du montage.

Q12 (1 pt) : Simplifier l'expression obtenue en supposant que β tend vers l'infini. Calculer la valeur de la tension aux bornes de R_E .

Q13 (1 pt) : Refaire le calcul de la tension aux bornes de R_E pour $\beta=50$. Conclusion sur la stabilité de cette tension ?

On étudie maintenant le montage complet et on cherche à déterminer les valeurs de R_C et de R_B qui assurent une valeur de $V_{CE1}=1.5 \text{ V}$ pour β_1 infini et une valeur de $V_{CE1}=2.5 \text{ V}$ pour $\beta_1=50$.

Q14 (1 pt) : Si $V_{RE}=2 \text{ V}$ quelle est la valeur du courant I_{E2} ? En déduire celle de I_{E1} et finalement celle de I_{C1} si on branche Q_1 .

Q15 (1 pt) : Pour β_1 qui tend vers l'infini (ce qui revient à négliger I_{B1}) donner la valeur de R_C qui assure $V_{CE1}=1.5 \text{ V}$. (pour I_{C1} prendre la valeur calculée en question 14). Que vaut V_{CE2} ?

Q16 (1 pt) : Déterminer la valeur de R_B qui va faire passer V_{CE1} à 2.5 Volts si $\beta=50$.

L3 SPI Session 2
TRAITEMENT DU SIGNAL ANALOGIQUE (ETRS 521)
Epreuve théorique

Date : 11/06/2024

Durée : 1h30

Règles pour l'épreuve :

- Calculatrice autorisée
- 1 feuille A4 manuscrite

1. Etude d'un signal modulé en amplitude

Un signal modulé en amplitude est du type : $f(t) = x(t).y(t)$

Avec :

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega_0 t) \quad (\text{on rappelle que } \omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{T_0})$$

$$y(t) = E \cos(\omega_p t) \quad \text{où } \omega_p = 2\pi f_p = \frac{2\pi}{T_p} \text{ est la pulsation de la porteuse}$$

On sait que $\omega_p \gg \omega_0$

Q1. Représenter $y(t)$ dans le domaine temporel en précisant correctement les échelles.

Q2. Calculer la puissance et l'énergie de $y(t)$.

Q3. Donner l'expression de $Y(F)$, spectre de $y(t)$.

Q4. Représenter le spectre de $x(t)$ en module/phase en considérant que le signal est composé des trois premières harmoniques avec les amplitudes suivantes :

$$a_0 = -1$$

$$a_1 = -0.8$$

$$a_2 = 0.5$$

$$a_3 = 0.2$$

Q5. Calculer la puissance de chaque harmonique ainsi que le taux de distorsion harmonique du signal $x(t)$.

Q6. Donner l'expression mathématique du signal $f(t)$.

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

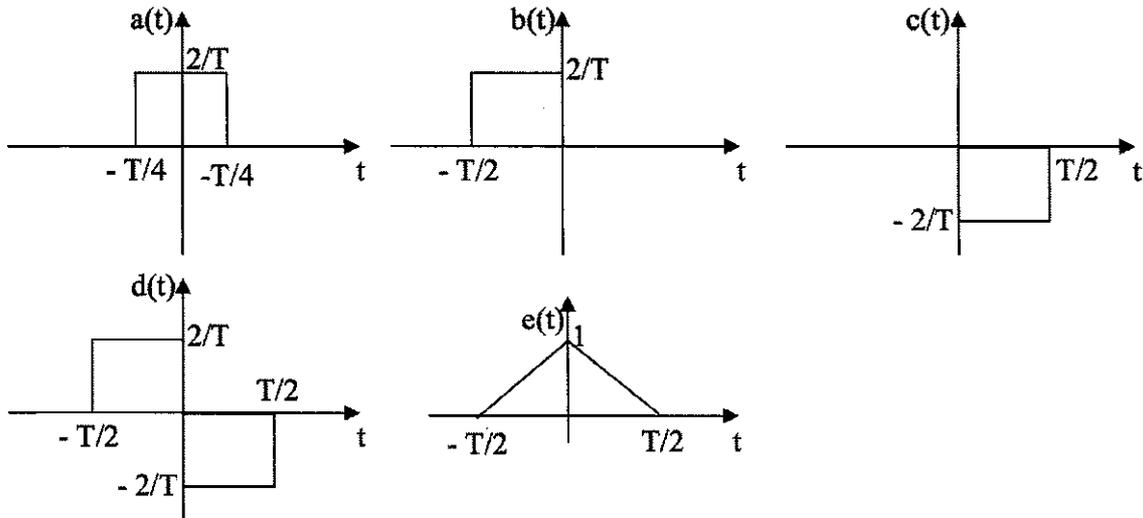
Q7. Tracer le module du spectre de $f(t)$ en considérant que $\omega_p = 6\omega_0$.

2. Transformée de Fourier

Q8. Démontrer que la Transformée de Fourier du signal $a(t)$ est $A(f) = \sin c\left(\pi f \frac{T}{2}\right)$

Q9. En déduire les Transformées de Fourier des signaux $b(t)$ et $c(t)$ puis $d(t)$.

Q10. Donnez une relation simple entre $d(t)$ et $e(t)$. En déduire la Transformée de Fourier du signal $e(t)$.

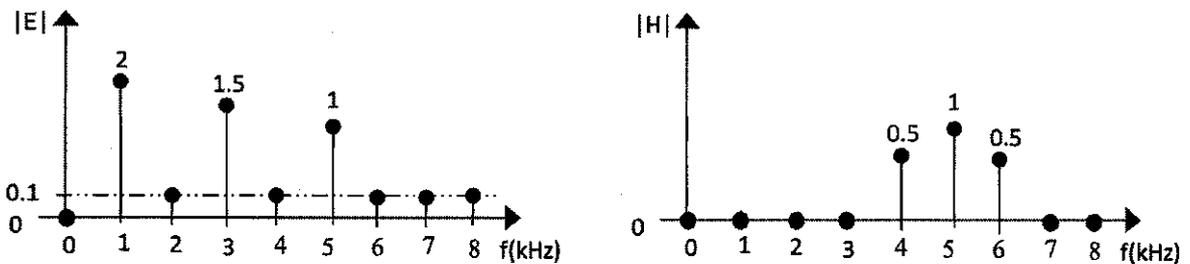


Q11. Représenter le spectre de $a(t)$

Q12. Le signal $a(t)$ est périodisé avec une période T_p pour devenir $a_p(t)$. Tracer $a_p(t)$ dans le domaine temporel puis tracer le spectre de ce nouveau signal $a_p(t)$ sachant que $T_p=T$.

3. Filtrage

Q13. Un signal $e(t)$ entre dans un SLIT (système linéaire invariant dans le temps) dont la fonction de transfert est définie par $H(f)$. Déterminer $S(f)$, spectre du signal en sortie du SLIT, sachant que les modules des spectres $E(f)$ et $H(f)$ sont les suivants (seule la partie positive du spectre est donnée ; la partie négative, non représentée ici, existe aussi bien évidemment !) :



Q14. Quelle est la fonction réalisée par le SLIT ?

Q15. Quelle est l'allure du signal temporel $s(t)$?

4. Série de Fourier

On donne les C_n d'un signal périodique $v_p(t)$:

$$C_0=0.5$$

$$C_1=-1+0.5j$$

$$C_2=0.5$$

Q15. Donner les a_n et b_n de ce signal $v_p(t)$.

Q16. Donner l'expression mathématique de $v_p(t)$ dans le domaine temporel.

Q17. Tracer le spectre $V_p(f)$ en réel/imaginaire.

Rappel des formules importantes :

L'énergie d'un signal $x(t)$ s'exprime : $E = \int_{-\infty}^{+\infty} |x(t)|^2 dt$; sa puissance : $P = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} |x(t)|^2 dt$

Formule d'Euler : $\cos x = \frac{e^{jx} + e^{-jx}}{2}$ et $\sin x = \frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2j}$

Expression d'un complexe : $\rho e^{jx} = \rho \cos x + j\rho \sin x$ où ρ est le module et x la phase.

Série de Fourier :

$$v_p(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(2\pi n f_p t) + b_n \sin(2\pi n f_p t)]$$

avec : $a_0 = \frac{1}{T_p} \int_{T_p} v_p(t) dt$; $a_n = \frac{2}{T_p} \int_{T_p} v_p(t) \cos(2\pi n f_p t) dt$ et $b_n = \frac{2}{T_p} \int_{T_p} v_p(t) \sin(2\pi n f_p t) dt$

$$v_p(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_n e^{j2\pi n f_p t} \text{ avec } C_0 = a_0 \text{ et } C_n = \frac{a_n - j b_n}{2} \text{ pour } n \neq 0$$

Transformée de Fourier :

$$TF : V(f) = \int_{-\infty}^{\infty} v(t) e^{-j2\pi f t} dt$$

$$TF^{-1} : v(t) = \int_{-\infty}^{\infty} V(f) e^{j2\pi f t} df$$

