

SUJET

Option B Électronique et Communication

Partie 2 Sciences Physiques

Durée 2h - Coefficient 2

Le sujet est composé de 4 parties indépendantes :

Partie A : capteur infrarouge de détection de flamme.

Partie B : suppression de fausses alertes.

Partie C : ligne de transmission

Partie D : décodage 100BASE-TX

Le détecteur de flamme a pour rôle d'avertir le plus tôt possible de la naissance d'un feu. Pour ce faire, il détecte les rayonnements infrarouges caractéristiques émis par les molécules de dioxyde de carbone (CO_2) excitées qui sont produites durant la combustion de composés carbonés (n-heptane, méthane, propane...).

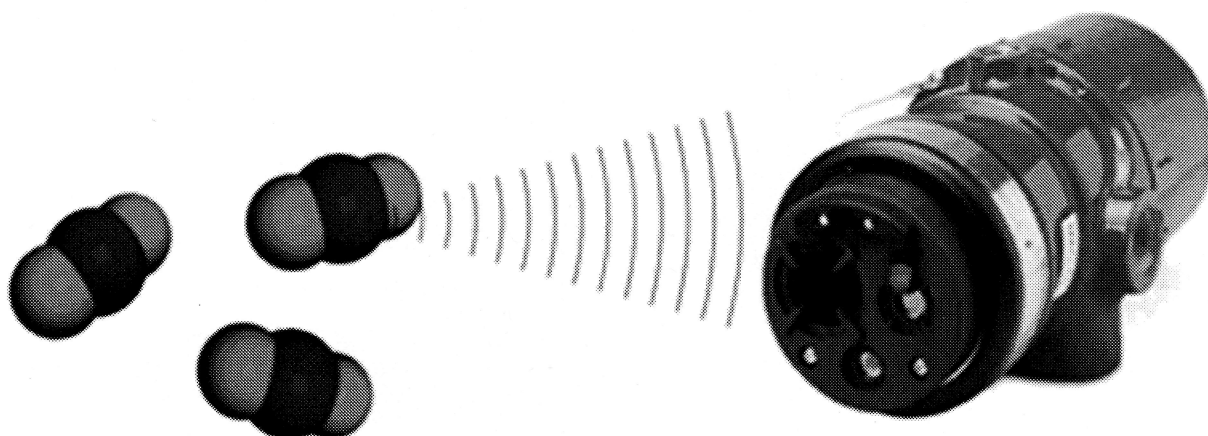


Figure 1

Détecteur de flamme de la centrale de sécurité
(extrait de la documentation technique Chubb)

La chaîne de traitement du détecteur de flamme est présentée à la **figure 2**.

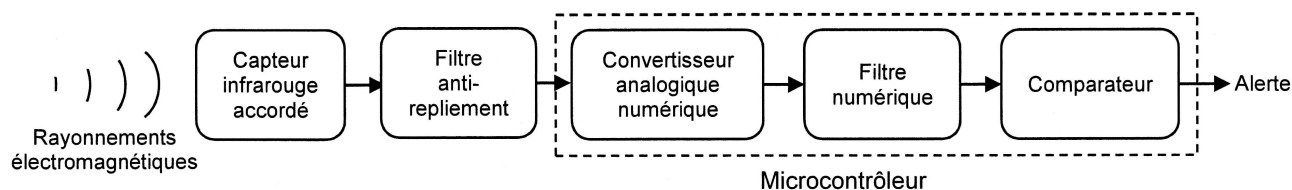


Figure 2

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 1 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie A. Capteur infrarouge de détection de flamme

Justification de la plage de longueurs d'onde détectée par le capteur

Les vibrations de la molécule de CO_2 s'accompagnent d'émissions dans la bande infrarouge à des longueurs d'ondes caractéristiques de sa géométrie. Ce phénomène étant réversible, cette molécule est sensible à ces mêmes longueurs d'ondes en absorption.

La courbe de la **figure 3** représente l'absorbance de la molécule de CO_2 en fonction du nombre d'onde σ défini par $\sigma = \frac{1}{\lambda}$, où λ est la longueur d'onde.

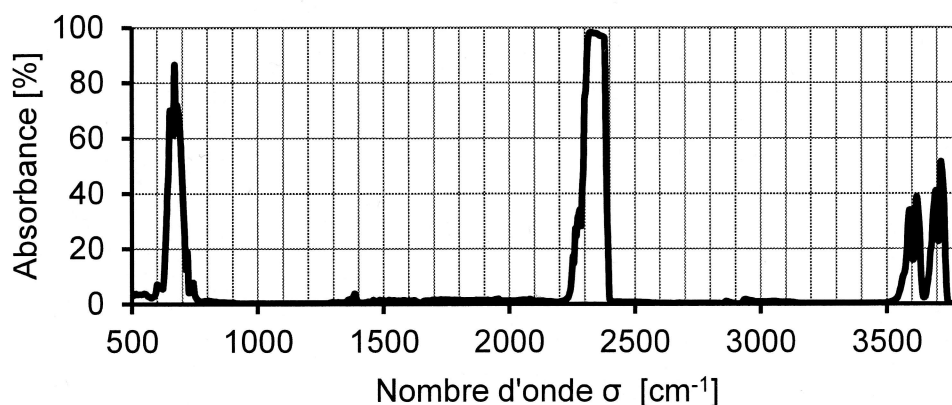


Figure 3

La Figure 4 rappelle les noms donnés aux différentes bandes de longueurs d'ondes infrarouges dans le spectre électromagnétique.

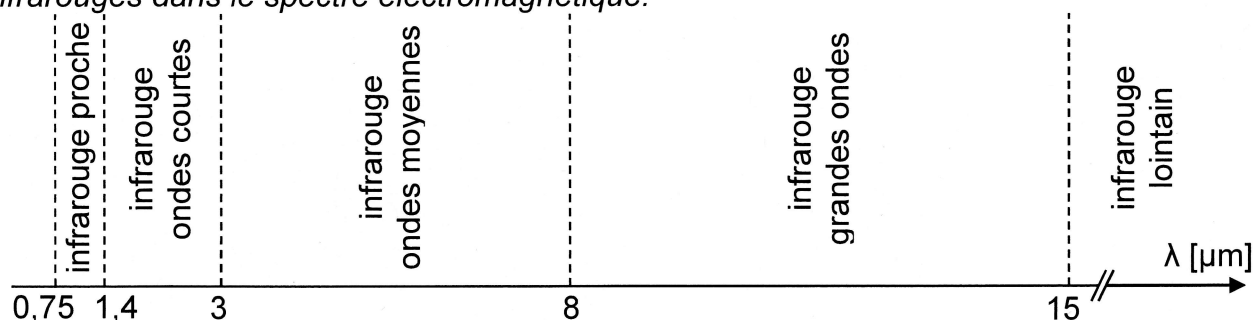


Figure 4

L'efficacité maximale de détection de la présence du CO_2 correspond au maximum de la courbe d'absorbance de la molécule.

- Q42.** Relever sur la **figure 3**, la plage de nombre d'onde $[\sigma_{\min} ; \sigma_{\max}]$ correspondant à ce maximum d'absorbance.
- Q43.** Dédire la plage de longueurs d'ondes $[\lambda_{\min} ; \lambda_{\max}]$ associée.
- Q44.** Indiquer le nom de la bande de longueurs d'ondes infrarouges à laquelle appartient ce rayonnement.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 2 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie B. Suppression de fausses alertes

Le rayonnement des flammes à détecter a une fréquence de scintillement caractéristique comprise dans la plage 7 Hz à 15 Hz. Mais d'autres sources peuvent apparaître dans le spectre du signal issu du capteur. On considère ici les 2 sources perturbatrices suivantes :

- éclairage ambiant naturel : ajout d'une composante continue,
- alimentation secteur : ajout d'une composante à 50 Hz.

La suppression de ces fréquences parasites s'effectue à l'aide d'un filtre numérique.

Synthèse du filtre numérique

Le but est de synthétiser un filtre numérique dont le comportement correspond à celui du filtre analogique dont la transmittance isochrone vaut :

$$H(jf) = \frac{1}{1 + jQ \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)}$$

où :

- Q est le coefficient de qualité défini par $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$;
- $f_0 = 10$ Hz est la fréquence de résonance ;
- Δf est la bande passante à -3 dB.

Le gain $G(f)$ de ce filtre analogique est représenté sur le **document réponses DR-SP1**.

Q45. Donner la nature de ce filtre.

Q46. Déterminer le coefficient de qualité Q du filtre analogique en faisant apparaître les constructions géométriques sur le **document réponses DR-SP1**.

L'approximation bilinéaire permet d'obtenir le filtre numérique dont la transmittance en z est :

$$T(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1 - z^{-2}}{4,149 - 5,094z^{-1} + 2,149z^{-2}}$$

- $X(z)$ et $Y(z)$ sont respectivement les transformées en z des signaux d'entrée x_n et de sortie y_n du filtre.
- Les signaux sont échantillonnés à une fréquence $f_e = 100$ Hz.

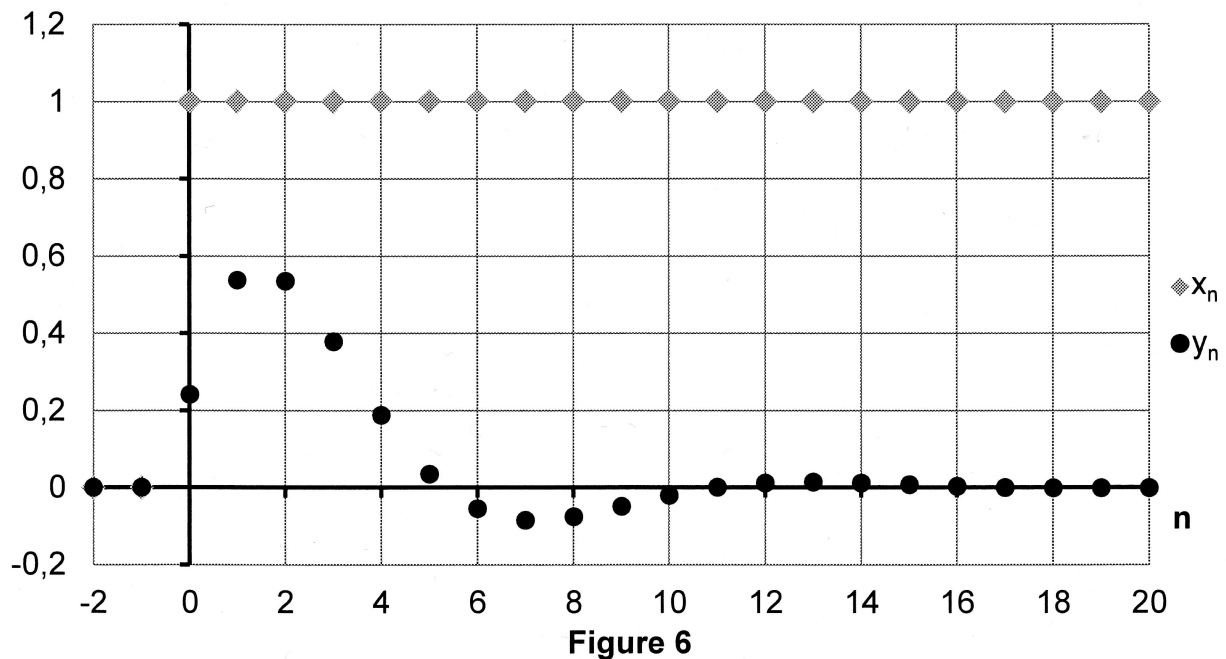


Figure 5

Q47. Déterminer la relation de récurrence liant les échantillons de sortie y_n , y_{n-1} , y_{n-2} et les échantillons d'entrée x_n , x_{n-1} , x_{n-2} .

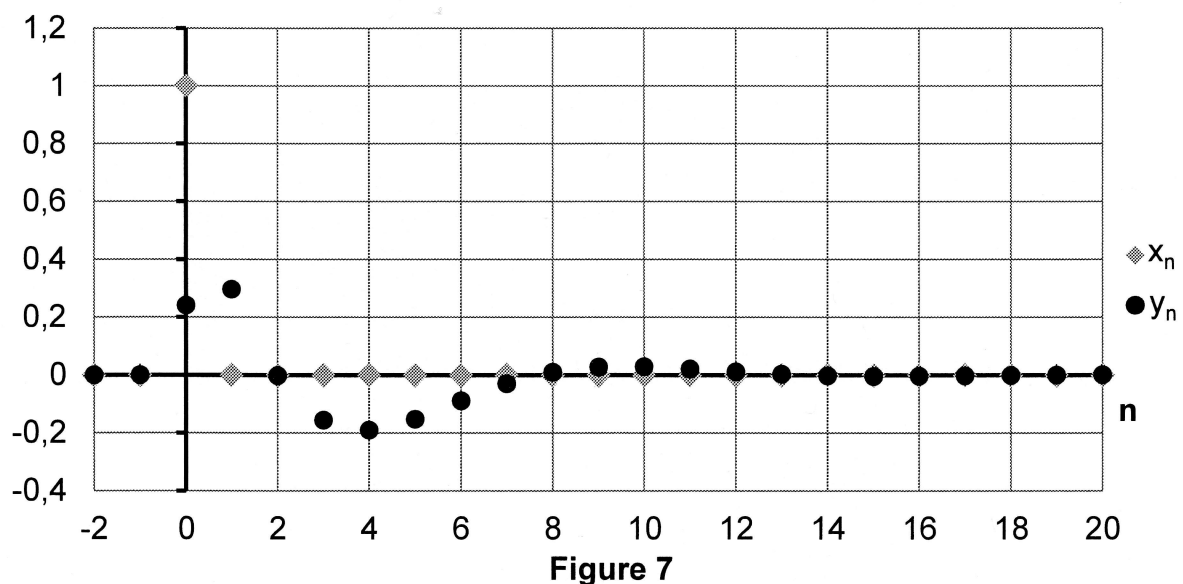
Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 3 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

La réponse indicielle de ce filtre est dessinée sur la **figure 6**.



Q48. Donner, en la justifiant, la nature du filtre numérique (passe-bas, passe-haut, passe-bande ou coupe-bande) en utilisant la **figure 6**.

La réponse impulsionnelle de ce filtre est représentée sur la **figure 7**.



Q49. Préciser si le filtre est stable.

Q50. Justifier votre réponse sachant que la transmittance du filtre numérique a deux pôles : $z_0 = 0,614 + 0,376j$ et $z_1 = 0,614 - 0,376j$.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 4 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

La représentation du module de la fonction de transfert en fonction de la fréquence est donnée sur le graphe du **document réponses DR-SP2**.

Q51. Représenter les limites de la bande passante $\Delta f = [f_{\min} ; f_{\max}]$ du filtre numérique sur le **document réponses DR-SP2** et en déduire la valeur du coefficient de qualité Q' .

Q52. Justifier que le filtre remplit le cahier des charges.

Partie C. Ligne de transmission

La communication de données entre la centrale de sécurité et l'extérieur se fait par le réseau informatique Ethernet 100BASE-TX du barrage hydroélectrique.

Afin de valider certaines caractéristiques des câbles Ethernet utilisés sur le réseau informatique de la centrale, on émet un signal impulsionnel à l'entrée d'une des 4 paires torsadées, d'une longueur de 25 m, refermée sur une résistance R de valeur variable.

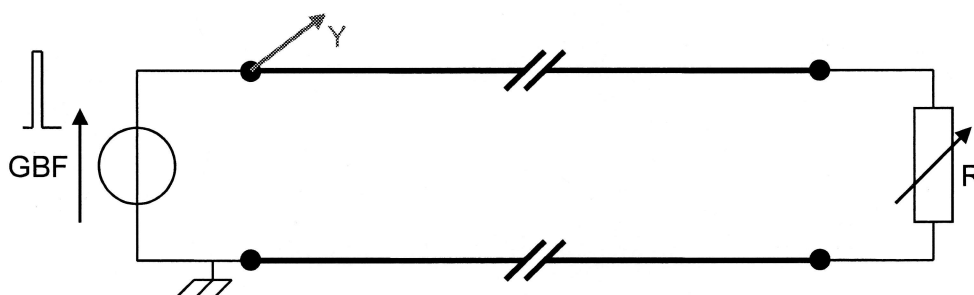


Figure 8 – Dispositif de mesure sur une paire torsadée

Les chronogrammes de la **figure 9** et de la **figure 10** ci-après ont été obtenus en entrée de la ligne pour deux valeurs de résistance R :

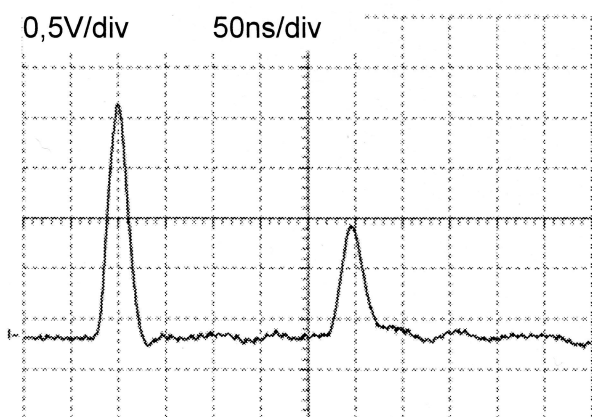


Figure 9 - $R = 32 \Omega$

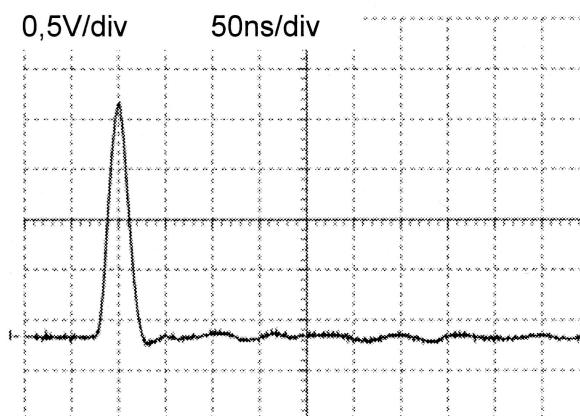


Figure 10 - $R = 104 \Omega$

On rappelle que la vitesse d'une onde dans le vide vaut $c = 3.10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 5 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

- Q53.** Donner, en la justifiant, la valeur de l'impédance caractéristique Z_C à partir de ces chronogrammes.
- Q54.** Déterminer la vitesse v du signal dans la paire torsadée en utilisant le chronogramme approprié.
- Q55.** Préciser si les valeurs de Z_C et v trouvées précédemment sont cohérentes avec celles de la **documentation SP1 (page DOC21)**.

Partie D. Décodage 100BASE-TX

Le réseau informatique de la centrale utilise la norme Ethernet 100BASE-TX.
 Cette dernière spécifie un processus de décodage en 3 étapes (voir figure 11) réalisé au niveau de la couche physique du modèle OSI.

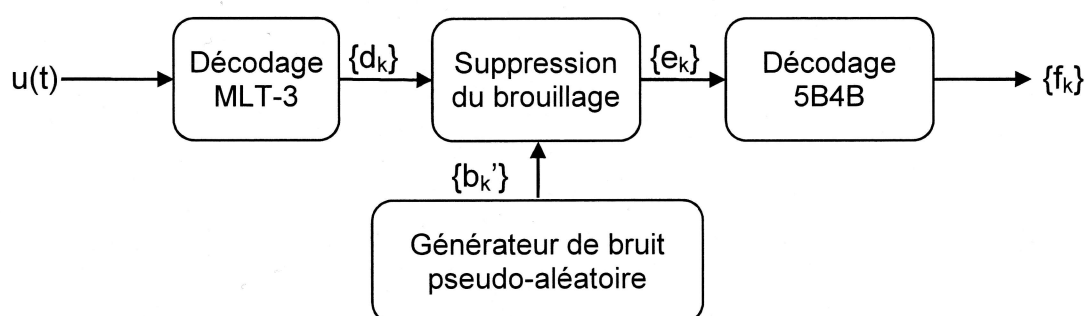


Figure 11
 Processus de décodage 100BASE-TX

Validation de la bande-passante du câble

Le codage MLT-3 est une variante du codage NRZI (Non Retour à Zéro Inversé) qui utilise 3 niveaux de tension : à chaque bit est associée une tension constante d'une durée T_b (période bit) :

- $0 \leftrightarrow$ conservation du niveau de tension précédent
- $1 \leftrightarrow$ niveau de tension suivant dans la liste périodique : $-1V, 0, 1V, 0, -1V, \dots$

Avec ce type de codage, la fréquence fondamentale maximale est obtenue lors de la transmission d'une succession de 1 (ligne au repos : IDLE) comme représenté sur la **figure 12**.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 6 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

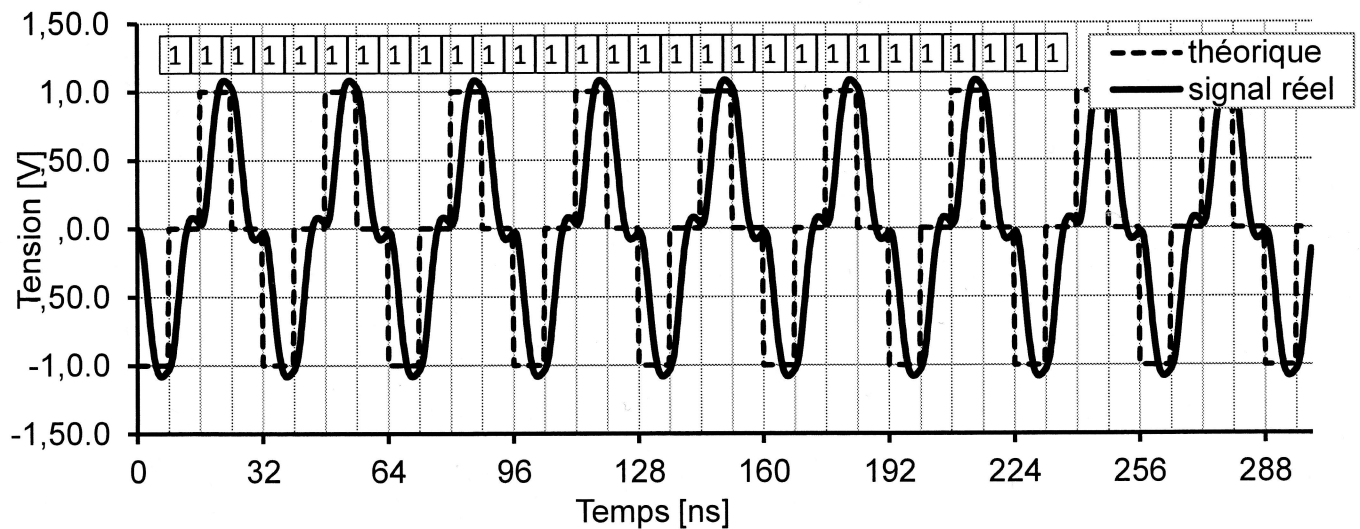


Figure 12

Oscillogramme d'une ligne au repos (non brouillée)

Q56. Donner un avantage du code MLT-3 par rapport à un code NRZ (codage d'un 0 par 0V et d'un 1 par 1V) lors de la transmission d'une longue suite de 1.

Q57. Mesurer la fréquence f_1 du fondamental du signal de repos périodique de la **figure 12**.

Le fondamental et l'harmonique de rang 3 suffisent pour réaliser un décodage de trame correct.

Q58. Montrer, à l'aide de la **documentation SP1**, que l'atténuation pour l'harmonique de rang 3 dans un câble de longueur 25 m est de l'ordre de 8 dB.

Q59. Relever la période bit T_b sur la **figure 12** et déduire la valeur de la fréquence de l'horloge de transmission f_b .

Q60. Décoder la suite de bits $\{d_k\}$ correspondant au signal Ethernet du **document réponses DR-SP3**.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 7 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Diminution des perturbations électromagnétiques

L'opération de suppression du brouillage nécessite la génération d'une suite de données aléatoires par un générateur (LFSR : registre à décalage à rétroaction linéaire). Ce générateur est constitué comme indiqué sur la figure 13.

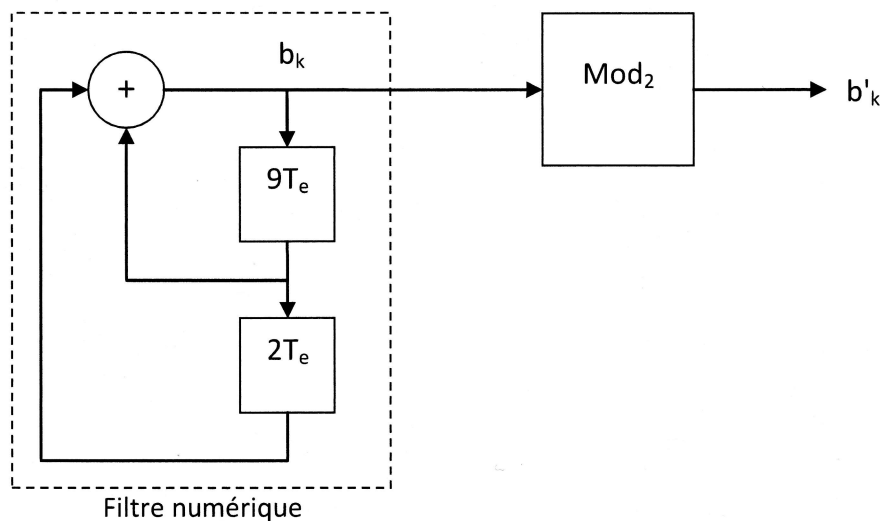


Figure 13

- une partie filtre numérique a pour relation de récurrence : $b_k = b_{k-9} + b_{k-11}$;
- un bloc Mod_2 réalise l'opération : $b'_k = \text{Mod}_2(b_k) = \begin{cases} 0 & \text{si } b_k \text{ est pair} \\ 1 & \text{si } b_k \text{ est impair} \end{cases}$
- Les 11 premières valeurs de b_k définissent de manière unique la suite d'échantillons de bruit $\{b'_k\}$ qui se répète au bout de 2047 échantillons.

Q61. Compléter le tableau d'échantillons $\{b_k\}$ et $\{b'_k\}$ sur le **document réponses DR-SP4**.

La suppression du brouillage s'obtient en effectuant un ou-exclusif (xor) bit à bit entre les données $\{d_k\}$ issues du décodeur MLT-3 et la séquence de bruit pseudo-aléatoire synchronisée $\{b'_k\}$ (la technique de synchronisation du décodeur n'est pas abordée ici).

Q62. Réaliser l'opération de suppression du brouillage sur les données $\{d_k\}$ en complétant le tableau du **document réponses DR-SP5**.

Les spectres de puissance d'une ligne au repos (transmission d'une séquence de 1) avec et sans brouillage sont fournis respectivement sur les **figure 14** et **figure 15**.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 8 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

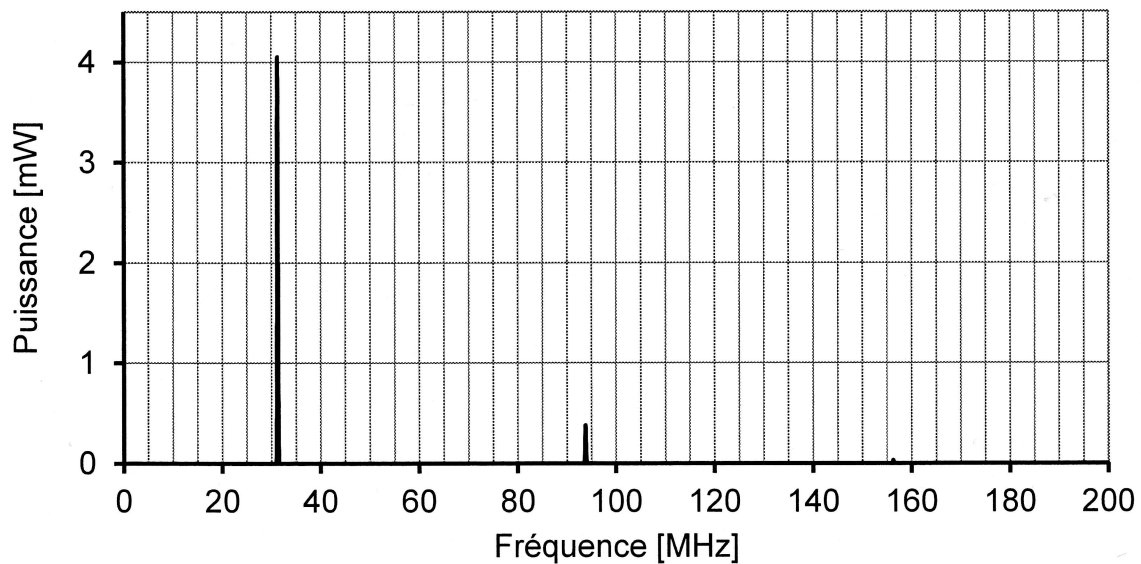


Figure 14

Spectre d'une ligne au repos (IDLE) codée en MLT-3 **sans brouillage**

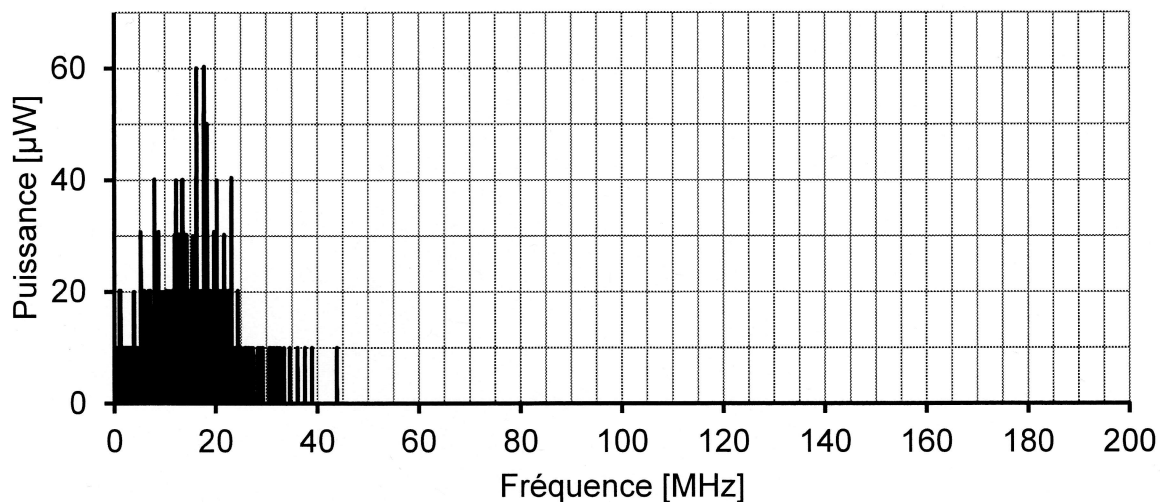


Figure 15

Spectre d'une ligne au repos (IDLE) codée en MLT-3 **avec brouillage**

Les signaux créent d'autant plus de perturbations électromagnétiques que leurs spectres contiennent des raies hautes fréquences avec une puissance crête importante.

- Q63.** Comparer les puissances maximales pour les deux spectres représentés **figure 14** et **figure 15**.
- Q64.** Comparer les fréquences maximales pour les deux spectres de la **figure 14** et **figure 15**.
- Q65.** Conclure sur l'intérêt du brouillage.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 9 sur 10
Code : 17SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Débit utile de la norme 100BASE-TX

Le principe du décodage 5B4B consiste à décomposer la séquence $\{e_k\}$ en groupe de 5 bits consécutifs puis à les interpréter à l'aide d'un tableau de correspondance dont deux lignes sont données en exemple :

Code	Avant décodage	Après décodage
3	10101	0011 (donnée)
B	10111	1011 (donnée)

On constate que 4 bits de données utiles proviennent de 5 bits de séquence $\{e_k\}$.

Q66. Sachant que les bits $\{e_k\}$ avant décodage sont reçus avec un débit de 125 Mbps, déterminer le débit D_u de données utiles $\{f_k\}$ après décodage 5B4B.

Q67. Conclure sur l'inconvénient de ce codage.