

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTEMES ÉLECTRONIQUES

SESSION 2008

ÉPREUVE : PHYSIQUE APPLIQUÉE

*Calculatrice à fonctionnement autonome autorisé conformément
à la circulaire n° 991836 du 16/11/99
Tout autre matériel est interdit*

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 20 pages, numérotées de 1/20 à 20/20.

Le sujet est à remettre avec la copie

| | |
|--------------------------------------|------------------------|
| SESSION 2008 | CODE : SEE 4 PA |
| B.T.S. SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES | |
| ÉPREUVE : PHYSIQUE APPLIQUÉE | |
| Durée : 4 heures | Coefficient : 4 |

Présentation

Une balise maritime est un dispositif de signalisation lumineuse installé en mer. Elle embarque sur sa structure une batterie d'accumulateurs, un feu de signalisation, un panneau solaire et un coffret comprenant la gestion électronique du rythme du feu, de l'énergie et de la communication par ondes « radio » avec un poste central de supervision.

Lorsqu'un poste central l'interroge sur son état, la balise renvoie la valeur des paramètres demandés (par exemple la tension de la batterie, l'état des alarmes etc.) par ondes radio. La carte de communication de la balise qui était en mode "réception" passe alors en mode "émission" et transmet les informations numériques sur une porteuse de fréquence 151,65 MHz. La modulation est de type F.S.K. La production de ce signal est confiée à un synthétiseur de fréquence à boucle à verrouillage de phase (P.L.L.).

Le schéma de principe du synthétiseur est le suivant :

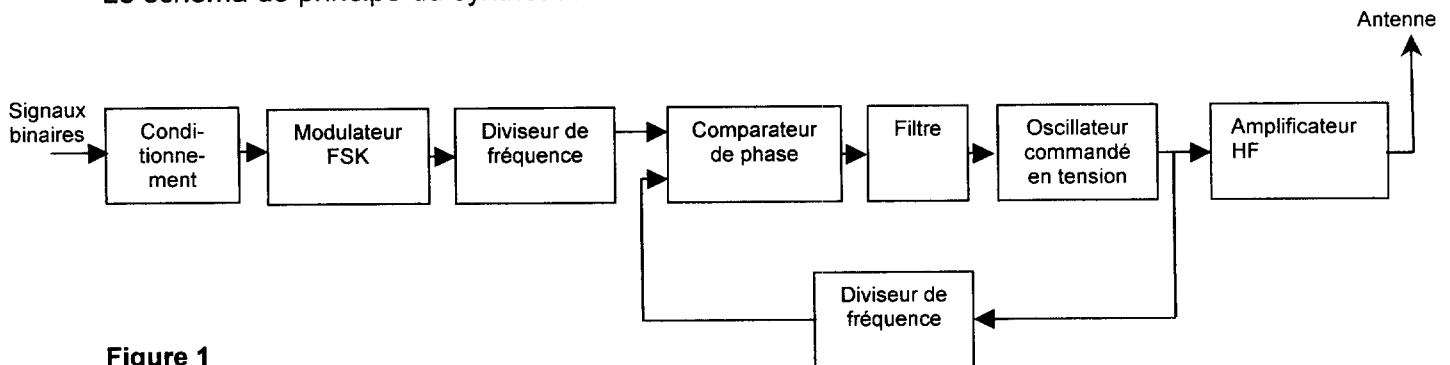


Figure 1

Le problème est constitué de quatre parties indépendantes.

Dans une première partie, on étudiera les caractéristiques de la modulation utilisée ainsi que les principes physiques intervenant dans le choix du codage et le conditionnement des données numériques.

La seconde partie du problème a pour objectif la détermination de quelques paramètres du synthétiseur afin qu'il puisse produire le signal demandé dans des conditions de stabilité satisfaisantes.

On abordera dans la troisième partie deux points concernant les perturbations et le découplage en haute fréquence.

La dernière partie a pour objectif la comparaison du rayonnement de feux à LED et à incandescence.

1 Modulation, codage et conditionnement

Les signaux binaires sont émis par une modulation de type F.S.K. L'objet de cette partie est d'étudier les principes physiques intervenants dans le choix de la solution mise en œuvre.

1.1 Caractéristiques de la transmission

Les signaux émis ont les caractéristiques suivantes :

| | |
|----------------------------------|--|
| Type de modulation | B.F.S.K. (binary frequency shift keying). |
| Fréquence de la porteuse | F_p = 151,650 MHz. |
| Excursion en fréquence ± 2,5 kHz | ΔF = 2,5 kHz. |
| Largeur d'un canal | B_{canal} = 12,5kHz. |
| Le débit binaire | D = 1200 bps (bits par seconde). |

Les porteuses adjacentes sont à 12,5 kHz de la porteuse étudiée.

L'encombrement en fréquence Bf₁ d'un signal modulé FSK est estimé par la relation (dérivée de la règle de Carson) : **Bf₁ = 2 (R + ΔF)** où R est la rapidité de modulation.

La fréquence basse F_L correspond à un niveau logique "0".

La fréquence haute F_H correspond à un niveau logique "1".

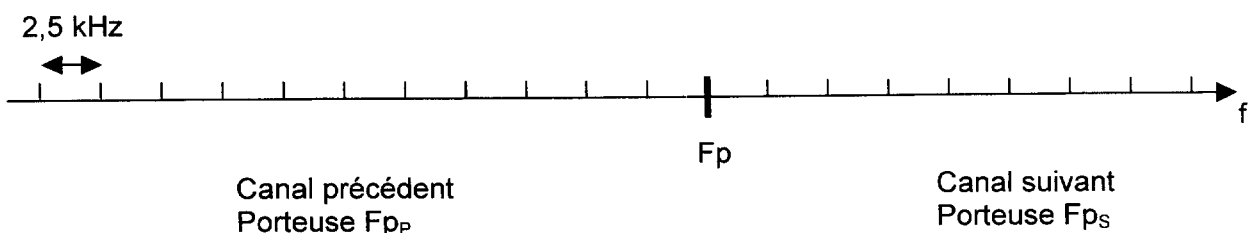
1.1.1 Donner les valeurs des deux fréquences F_H et F_L

1.1.2 En modulation B.F.S.K. : R = D, calculer l'encombrement en fréquence Bf₁ du signal F.S.K.

Bf₁ =

1.1.3 Compléter le graphe ci-dessous en représentant :

- les limites des canaux (barres verticales),
- les porteuses F_p et F_{p_s} des deux canaux adjacents,
- les deux fréquences F_H et F_L,
- l'encombrement en fréquence du signal modulé calculé précédemment (on le représentera par une zone hachurée).



1.1.4 En pratique le spectre du signal modulé est représenté sur la figure 1.1. Repérer sur cette figure l'emplacement de la porteuse et les limites du canal (le jour de la mesure les canaux adjacents n'étaient pas occupés).

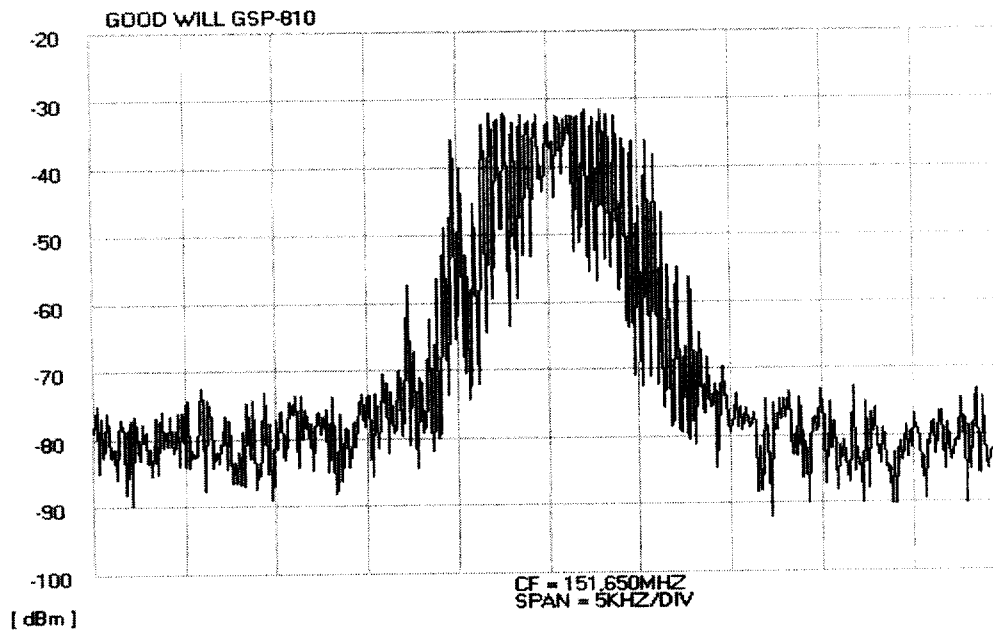


Figure 1-1

Pour respecter la largeur du canal, les cartes d'émissions doivent limiter la bande passante de signal modulant. La chaîne de traitement du signal de la modulation numérique est la suivante (figure 1.2) :

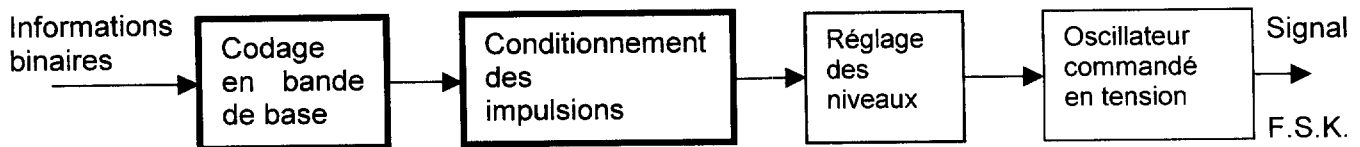


Figure 1-2

1.2 Codage en bande de base

Le but du codage en bande de base est de traduire les informations binaires en grandeurs électriques non modulées. Les codages N.R.Z. et Manchester sont comparés

1.2.1 Codage N.R.Z. (No Return to Zero)

Ce codage est défini par :

- Etat "1" : Niveau haut $+V_D$;
- Etat "0" : Niveau bas $-V_D$ avec $V_D = 2,5V$

1.2.1.1 Exprimer la durée d'un bit T_B en fonction du débit binaire D .

1.2.1.2 $s_N(t)$ représente le signal de sortie du système de codage NRZ pour une séquence de données binaires présentes à l'entrée, compléter le graphe $s_{N2}(t)$ de la figure 1.3.

1.2.1.3 Sachant que les données binaires correspondent à une séquence périodique 111 000 111 000 etc..., exprimer la période T_{N2} en fonction de T_B , en déduire la fréquence F_{N2} (figure 1.3).

1.2.1.4 En supposant que l'on émette une très longue série de "1", quelles sont les caractéristiques du signal électrique obtenu (forme, valeur moyenne, fréquence) ?

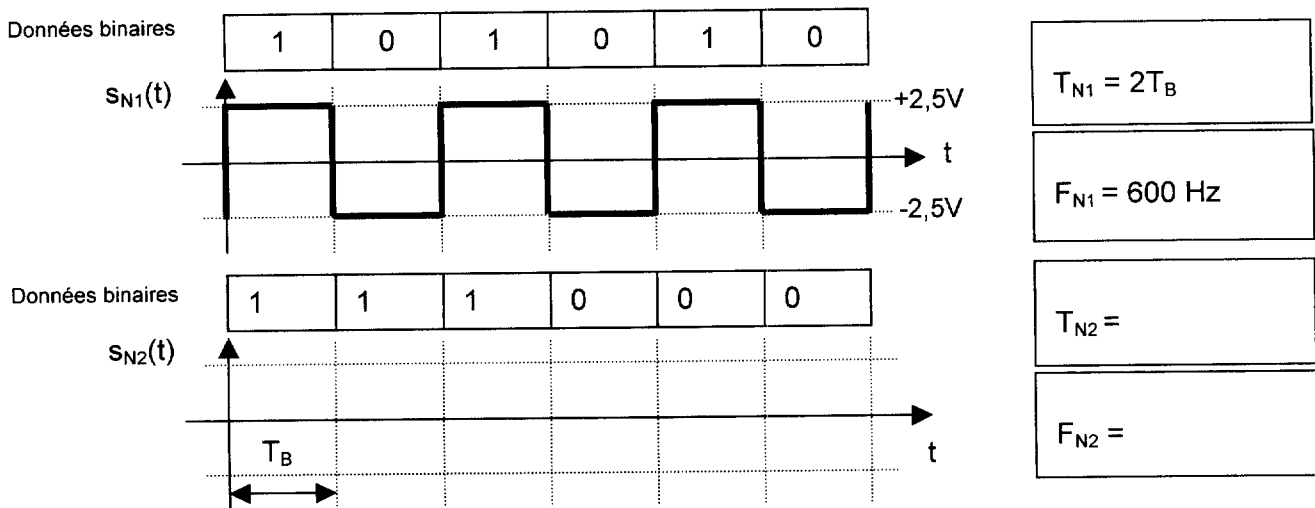


Figure 1-3

1.2.2 Codage Manchester.

Ce codage est défini par :

Etat "1" : Front montant pendant la durée d'un bit (T_B).

Etat "0" : Front descendant pendant la durée d'un bit (T_B).

1.2.2.1 $s_M(t)$ représente le signal de sortie du système de codage Manchester pour une séquence de données binaires présentes à l'entrée, compléter les graphes $s_{M1}(t)$ et $s_{M2}(t)$ sur la figure 1.4.

1.2.2.2 Exprimer les deux périodes T_{M1} et T_{M2} des signaux en fonction de T_B . En déduire les fréquences F_{M1} et F_{M2} correspondantes.

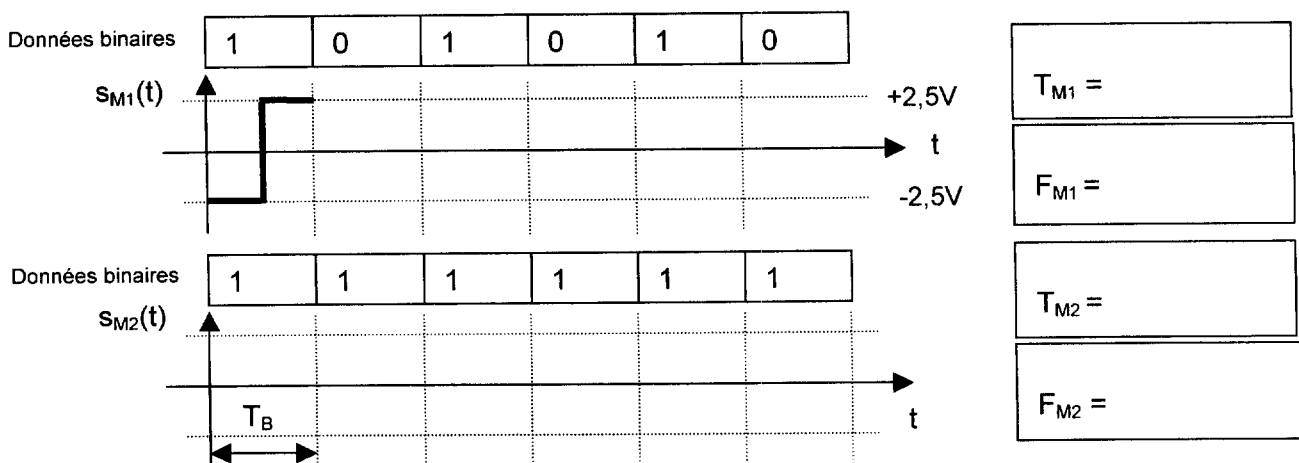


Figure 1-4

1.2.3 Spectres des codes NRZ et Manchester (figure 1.5).

La figure 1.5 représente la D.S.P (Densité Spectrale de Puissance) relative des signaux aléatoires codés N.R.Z et Manchester. L'encombrement spectral pourra être assimilé, ici, à la largeur du premier lobe de la D.S.P.

1.2.3.1 Estimer graphiquement l'encombrement spectral dans chaque cas : B_{NRZ} pour le codage NRZ, B_{MAN} pour le codage Manchester (répondre sur la figure)

1.2.3.2 Le critère de choix pour la carte étudiée est de minimiser l'encombrement en fréquence : quel est alors le codage le plus adapté ?

1.2.3.3 Si les critères de choix avaient été : la DSP doit être minimale en basse fréquence et avoir un certain niveau à la fréquence d'horloge (1200Hz) : quel codage serait le plus adapté ? Justifier la réponse

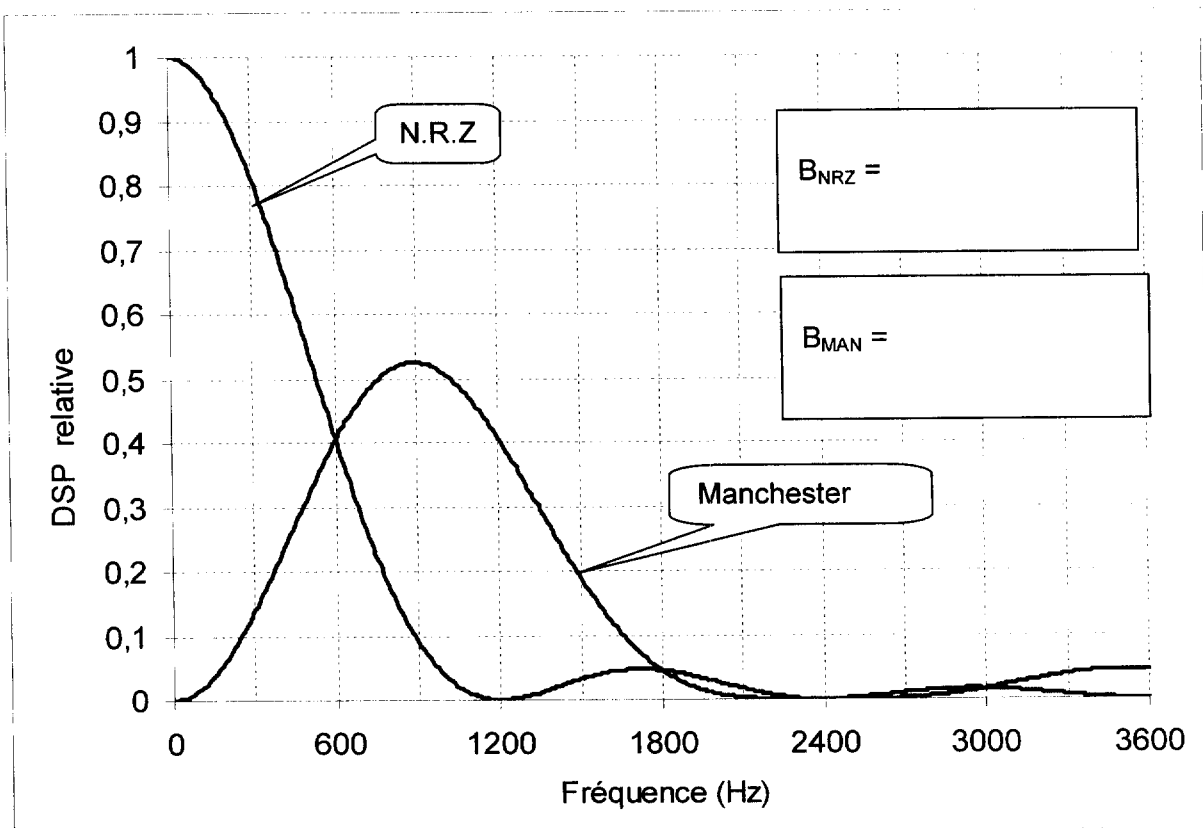


Figure 1-5

1.3 Conditionnement du signal NRZ

Afin de réduire l'encombrement spectral des signaux en bande de base, les impulsions sont conditionnées. La structure est représentée sur la figure 1.6.

Les amplificateurs linéaires intégrés (ALI) sont alimentés sous tension simple $+V = +6\text{ V}$.

Le signal d'entrée (FSK.EM) est un signal carré (0 à +5V) de fréquence 600Hz.

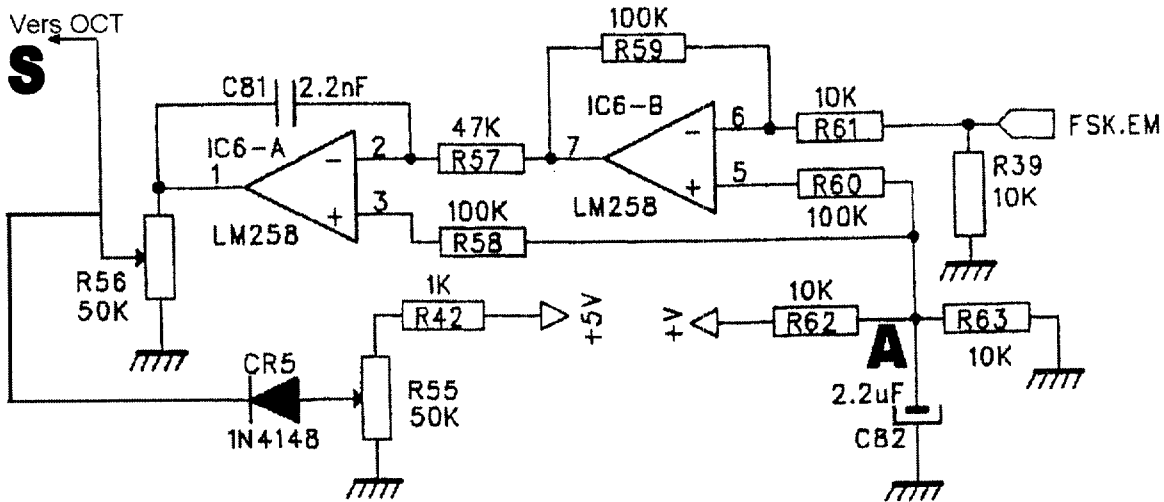


Figure 1-6

1.3.1 Etablissement d'un schéma simplifié.

Les amplificateurs linéaires intégrés (du circuit LM258) sont considérés idéaux.

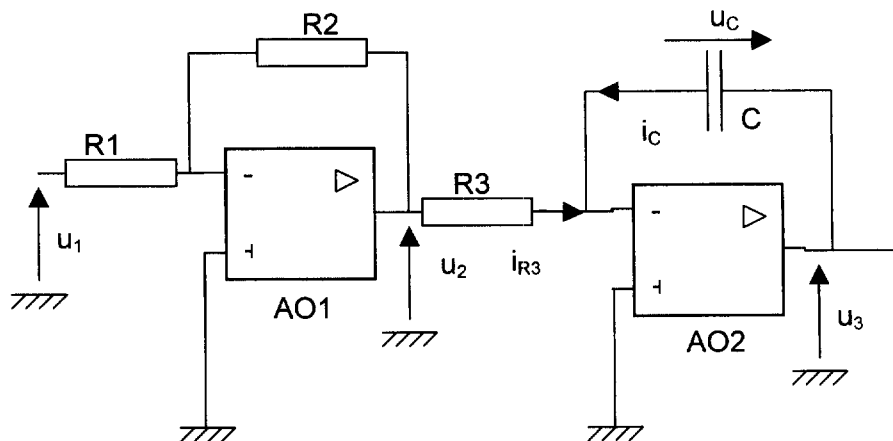
1.3.1.1 Calculer la tension au point A. En déduire la valeur de la tension V^+ sur les entrées 5 et 3 de IC6.

Handwritten notes:
 1.3.1.1 Calculer la tension au point A. En déduire la valeur de la tension V^+ sur les entrées 5 et 3 de IC6.
 pour cela on va utiliser le théorème de superposition
 on va d'abord calculer la tension au point A en considérant que le +5V est à 0V
 puis on va calculer la tension au point A en considérant que le +5V est à +5V
 et on va additionner les deux tensions pour obtenir la tension au point A

| | |
|---------|---------|
| $V_A =$ | $V^+ =$ |
|---------|---------|

Le schéma figure 1.7 est proposé pour étudier plus simplement la structure.

Figure 1-7



1.3.1.2 Donner les valeurs des composants suivants :

$R1 =$; $R2 =$; $R3 =$; $C =$;

1.3.1.3 Quels sont les noms des deux fonctions présentes dans cette structure simplifiée ?

| Amplificateur | AO1 | AO2 |
|-------------------|-----|-----|
| Fonction réalisée | | |

1.3.1.4 Dans la structure simplifiée, l'origine des potentiels a changé.
Compléter le tableau suivant :

| | | | | | |
|------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tension | V^+ | $V_{SAT\ MIN}$ | $V_{SAT\ MAX}$ | $FSK.EM_{MAX}$ | $FSK.EM_{MIN}$ |
| Structure carte réelle | | 0 V | 6V | 0V | 5V |
| Tension | V^+ | $-V_{SAT}$ | $+V_{SAT}$ | $U1_{MIN}$ | $U1_{MAX}$ |
| Structure simplifiée | 0 V | | | | |

1.3.2 Etude du schéma structurel simplifié.

On s'intéresse à la deuxième fonction (amplificateur AO2). On suppose que cet amplificateur travaille en régime linéaire mais la sortie de l'amplificateur AO1 est, elle, saturée : $u_2(t) = -V_{SAT}$ durant cette étude (d'une durée d'une demi période).

1.3.2.1 Donner les expressions de i_{R3} et i_C en fonction des éléments du montage et rappeler la relation liant $i_C(t)$ et $u_C(t)$.

1.3.2.2 Soit k la vitesse de variation de la tension u_3 . Montrer que
$$k = \frac{du_3}{dt} = \frac{V_{SAT}}{R_3 C}$$

1.3.2.3 Calculer k et le temps ΔT nécessaire pour que la variation de la tension de sortie soit de $\Delta U_3 = 6V$? En déduire que, dans les conditions de fonctionnement envisagées, la tension de sortie sera saturée.

1.4 Analyse de Fourier du signal N.R.Z conditionné.

Le but de cette partie est de mettre en évidence le rôle de l'étage de conditionnement dans la réduction du spectre du signal modulant.

Lors de la transmission de données, le cas le plus défavorable (d'un point de vue spectral) correspond à l'émission d'un train de données {101010...} à 1200 bps. Le signal peut être considéré comme périodique de fréquence $F_0 = 600\text{Hz}$ et donc décomposable en série de Fourier.

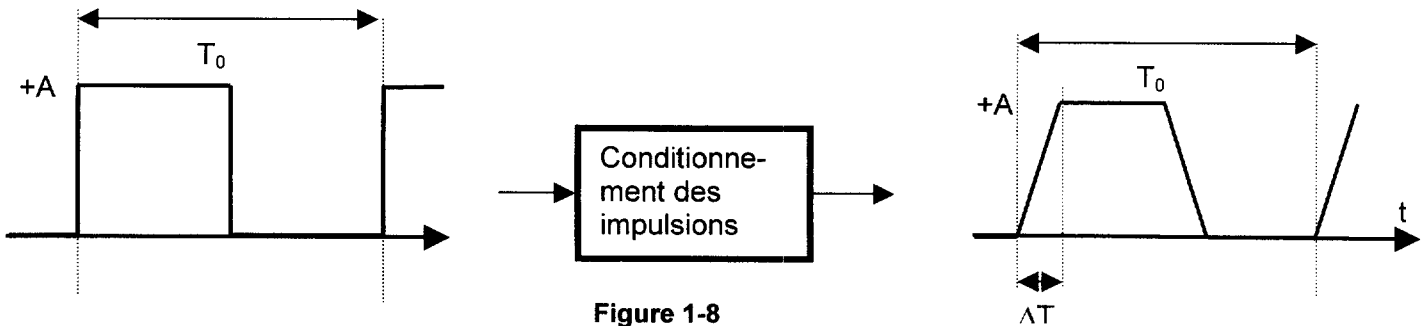


Figure 1-8

1.4.1 Signal N.R.Z initial.

Le signal est carré de période T_0 . (figure 1.8)

Les coefficients des harmoniques de la décomposition en série de Fourier sont :

$$C_n = \frac{2.A}{\pi} \cdot \frac{1}{n} \quad n \text{ étant impair : } n = 1 ; 3 ; 5 \dots ; \text{ Avec } A = 5V$$

Calculer la valeur de l'amplitude de l'harmonique à la fréquence 4200 Hz.

1.4.2 Signal N.R.Z conditionné.

Le signal obtenu est "trapézoïdal" (figure 1.8).

Les coefficients de la décomposition en série de Fourier sont :

$$C_n = \frac{2.A}{\pi} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{\sin(n\alpha.\pi)}{n.\alpha.\pi} \quad n \text{ étant impair : } n = 1 ; 3 ; 5 \dots \quad \alpha = \frac{\Delta T}{T_0} = 0,125 ; A = 5V$$

1.4.2.1 Calculer l'amplitude de l'harmonique à la fréquence 4200 Hz

On donne les amplitudes relatives $\frac{C_n}{C_1}$ des harmoniques :

| Rang | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Carré | 1,00 | 0,33 | 0,20 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| Trapèze | 1,00 | 0,27 | 0,10 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |

1.4.2.2 On néglige les harmoniques dont l'amplitude est strictement inférieure à 10% de celle du fondamental ; donner pour chaque signal le rang du dernier harmonique pris en compte et en déduire une approximation de la bande de fréquence occupée par chaque forme.

| |
|--|
| Carré ($\leq 10\%$) Rang _{max} = |
| B _{NRZ CAR} = |

| |
|--|
| Trapèze ($\leq 10\%$) Rang _{max} = |
| B _{NRZ TRAP} = |

2 Synthèse de fréquence

2.1 Calcul du coefficient du diviseur de fréquence

On considère une boucle à verrouillage de phase avec un diviseur de fréquence placé dans la branche de rétroaction (voir figure 2.1)

On notera f_e , f_r et f_s respectivement les fréquences des signaux v_e , v_r et v_s .

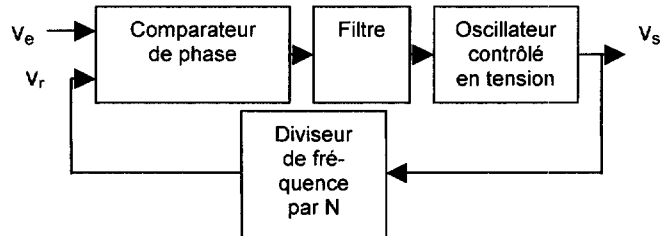
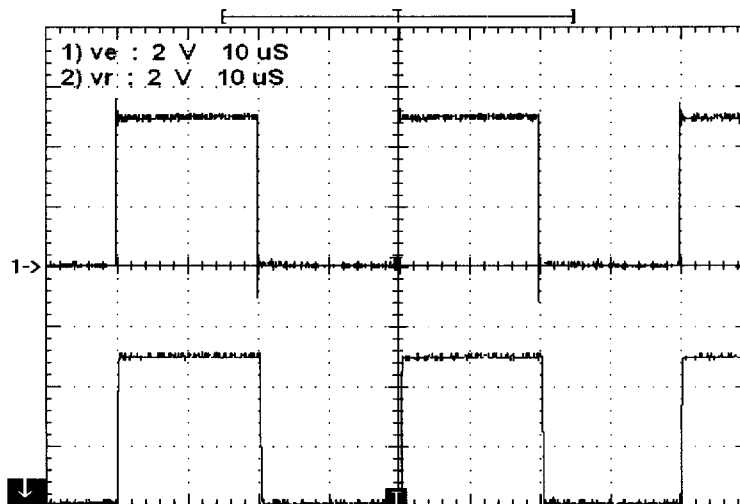


Figure 2-1

Dans les conditions de l'étude, les signaux v_e et v_r sont représentés sur la figure 2.2 :



v_e : trace supérieure
 v_r : trace inférieure
Calibres :
2V par division
10 μ s par division

Figure 2-2

2.1.1 Quelle relation lie les fréquences f_e et f_r ? Que peut-on dire de l'état de la boucle ?

2.1.2 Déterminer la relation entre f_s et f_e .

2.1.3 Mesurer la fréquence f_e .

2.1.4 On utilise ce synthétiseur pour émettre sur une fréquence de 151,65 MHz. En déduire la valeur de N.