

**BTS Génie Optique**  
**Epreuve de Physique appliquée**

**Electronique et Informatique Industrielle**

**Durée 1 h 30**

**Casque audio à transmission infrarouge**

**Ce sujet comporte 2 parties indépendantes .**

**Répartition du temps :**

Il est conseillé de répartir votre temps de travail de la manière suivante :

- Lecture du sujet                      10 mn
- Première partie                        40 mn
- Deuxième partie                       40 mn

**Documents :**

- Texte du sujet :                        pages 2 à 5
- Feuilles réponses :                    pages 6 et 7
- Annexes :                                pages 8 et 9

**Calculatrice autorisée**

**Aucun document autorisé**

## Casque audio à transmission infrarouge

Le système est constitué d'un émetteur recevant le signal audio issu de la prise casque d'un téléviseur et d'un casque muni d'un récepteur porté par l'utilisateur. Le signal issu du téléviseur est transformé en émission modulée par l'émetteur et démodulé par le récepteur selon le schéma de la figure 1.

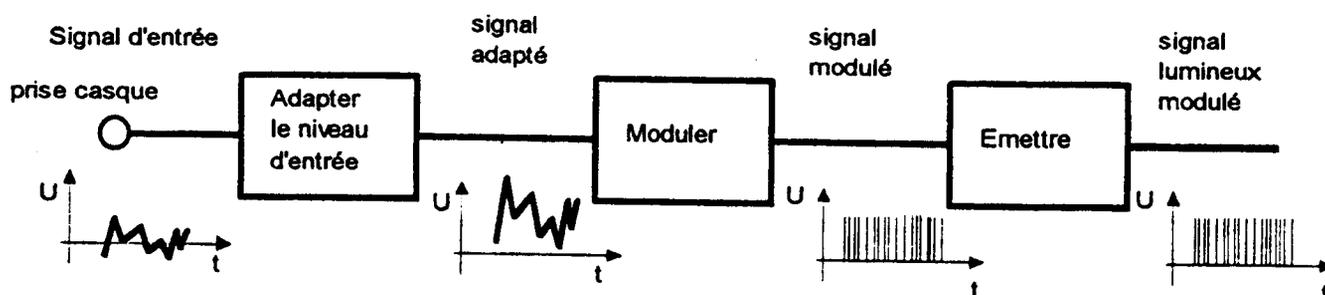


Schéma fonctionnel de l'émission

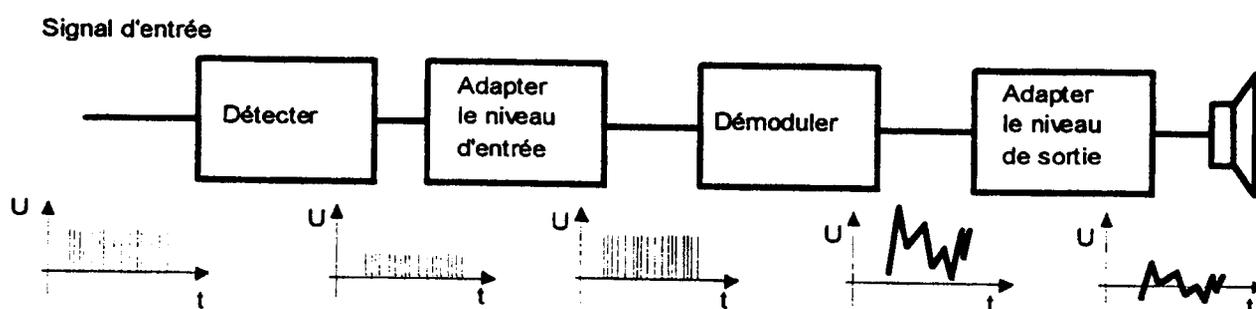


Schéma fonctionnel de la réception

**Figure 1**

L'étude portera sur les points suivants :

### 1- *Emetteur* :

- Adaptation du niveau du signal d'entrée
- Détermination des caractéristiques de la modulation
- Conversion du signal modulé en signal lumineux

### 2- *Récepteur* :

- Détection du signal
- Résultat de la démodulation
- Transformation du signal démodulé en signal audio

#### Remarque :

- Les amplificateurs opérationnels seront tous considérés comme idéaux
- Les deux parties sont indépendantes

# 1- Analyse de l'émetteur :

Le signal reçu par l'émetteur a une amplitude maximale de 1,5 V crête à crête (imposée par la sortie casque du téléviseur). La sortie est modulée en fréquence. Ceci permet d'obtenir un signal dont la fréquence est une fonction de la tension d'entrée. Le signal est modulé de telle manière qu'à 0,75 Volt corresponde 50 kHz et à - 0,75 Volt corresponde 500 kHz. Le circuit de modulation permet d'obtenir cette gamme de modulation s'il reçoit en entrée une tension comprise entre 1 et 10 Volts.

## 1-1 Analyse de la fonction adaptation

Le circuit étudié ( fig 2) doit donc réaliser la conversion de  $V_e$  [-0,75 +0,75] en  $V_{s1}$  [10, 1].  
(10 V correspond à - 0,75 V et 1 V à + 0,75 V)

1\*) Montrez que

$$V_{s1} = -\frac{R_2}{R_1} V_e + \frac{R_1+R_2}{R_1} V_{dec}$$

2\*) Déterminez, compte tenu des conditions définies ci-dessus le rapport des résistances  $R_1$  et  $R_2$

3\*) Déterminez la valeur de  $V_{dec}$

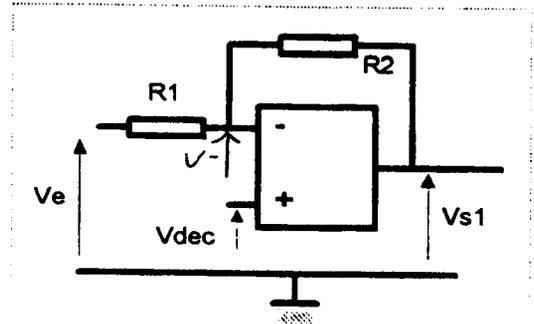


Figure 2 Fonction adapter le niveau d'entrée

## 1-2 Analyse de la fonction modulation :

Le circuit ADVFC32 dont la description figure en annexe 3 est utilisé selon le schéma donné ci-contre figure 3. Il fournit à sa sortie  $V_{Fout}$  un signal en créneaux défini par sa fréquence  $F_{out}$  et son temps haut  $t_{os}$ . Les équations caractéristiques permettant de calculer  $t_{os}$  (temps haut) et  $F_{out}$  (fréquence de sortie) sont données ci-dessous. La fréquence de modulation doit être comprise entre 50 kHz et 500 kHz.

- 1\*) Déterminer  $C1_{maxi}$  pour que  $t_{os} = 1\mu s$
- 2\*) Calculer  $Rin$  nominale pour que  $F_{out} = 500$  kHz lorsque  $Vin = 10$  Volts
- 3\*) Calculer  $F_{out}$  pour  $Vin = 1$  Volt et  $Rin = Rin$  nominale

4\*) L'allure du signal de sortie ( $F_{out}$ ) correspondant à un signal d'entrée  $Vin$  de 2 Volts est défini pendant les 25 premières microsecondes sur la feuille réponse 1 question 1-2. Complétez ce chronogramme (feuille réponse 1 question 1-2) compte tenu de l'évolution de  $Vin$ .

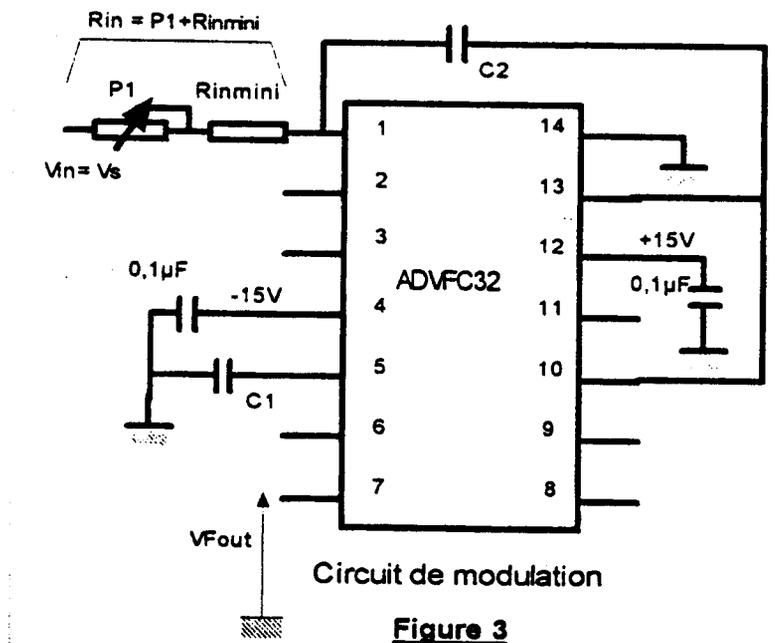


Figure 3

N.B: Les créneaux de sortie du convertisseur ont une durée haute constante de :

$$t_{os} (s) = (C_1 (F) + 44 \cdot 10^{-12}) \cdot 6700$$

et une durée basse, fonction de la tension d'entrée  $Vin$  telle que la fréquence du signal de sortie vaut :

$$F_{out} (Hz) = \frac{V_{in} (V)}{R_{in} (\Omega)} \cdot \frac{1}{10^{-3} \cdot t_{os} (s)}$$

### 1-3 Analyse de la fonction de conversion du signal électrique en signal lumineux :

Le schéma de la conversion du signal modulé en impulsions lumineuses est donné ci-contre (figure 4). Le courant circulant dans les diodes est fixé à 500 mA. On considère que la tension  $V_{cesat} = 0$ . Pour élargir le champ d'émission, on place plusieurs diodes électroluminescentes en série.

- 1\*) Rechercher sur la feuille de caractéristique des DEL la tension  $V_f$  pour  $I_{d1} = 500$  mA (Annexe 1)
- 2\*) Au maximum, combien de DEL, traversées par un courant de 500 mA, peut-on placer dans le montage ? Calculer alors la résistance  $R_p$  à placer en série ?

#### Génération des impulsions lumineuses

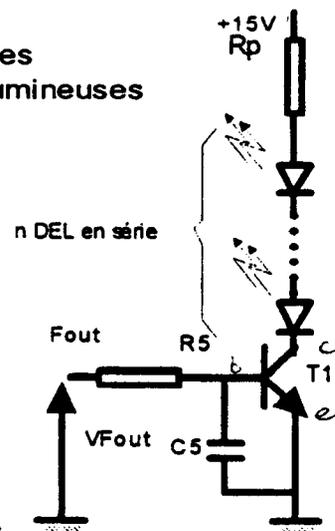


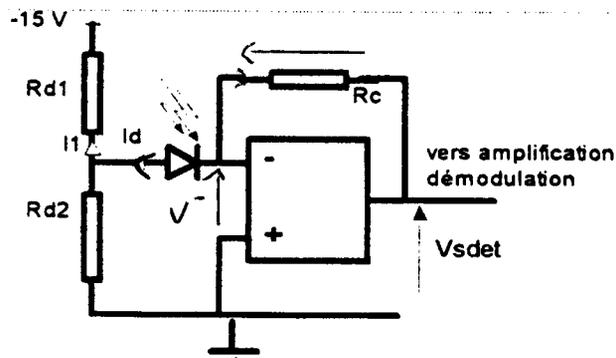
Figure 4

## 2- Analyse de la détection

Le détecteur utilisé est une photodiode PIN référencée 4707-01 dont les caractéristiques sont données dans l'annexe 2. Elle est polarisée en inverse par le pont diviseur  $R_{d1}$ ,  $R_{d2}$ . En utilisation normale du casque, le flux reçu maximum vaut  $20 \mu\text{W}$  et correspond à une longueur d'onde de 940 nm.

### 2-1 Analyse de la fonction détection

- 1\*) Recherchez la sensibilité de la photodiode pour un flux reçu de longueur d'onde 940 nm.
- 2\*) Calculez le courant  $I_{dm}$  pour le flux maximum reçu
- 3\*) Calculez  $R_c$  pour que  $V_{sdet}$  maximum soit égal à 0,5 Volt
- 4\*) Déterminer un couple de valeurs pour  $R_{d1}$  et  $R_{d2}$  permettant de polariser la photodiode sous une tension de 0,5 Volt. On devra pouvoir négliger le courant variable  $I_{dm}$  traversant la photodiode devant le courant  $i_1$  traversant les résistances  $R_{d1}$  et  $R_{d2}$  ( $i_1 > 100 I_{dm}$ )



Montage de détection

Figure 5

### 2-2 Analyse de la fonction de démodulation :

Le signal  $V_{sdet}$  est ensuite amplifié pour obtenir une amplitude de 4,5 Volts injecté sur l'entrée du circuit de démodulation. Le signal démodulé obtenu est adapté au niveau d'entrée des haut parleurs du casque. Le fonctionnement du circuit de démodulation est "symétrique" du circuit de modulation. Le circuit de démodulation transforme la fréquence ( $F_{in}$ ) du signal d'entrée ( $V_{ad}$ ) en une tension  $V_{demod}$ .  $V_{demod}$  est une fonction de  $F_{in}$  ( $V_{demod} = K.F_{in}$ , Lorsque  $F_{in} = 500$  kHz  $V_{demod} = 10$  Volts)

- 1\*) Donnez le coefficient  $K$
- 2\*) Complétez le chronogramme de la feuille réponse 1 (question 2-2) définissant  $V_{demod}$  en fonction de  $V_{ad}$ .

## 2-3 Analyse de la fonction d'adaptation du signal de sortie :

Le signal démodulé  $V_{demod}$  varie entre 1 et 10 Volts, le filtre ci-contre le transforme en un signal de valeur moyenne nulle

$$R1 = 120 \text{ k}\Omega$$

$$R2 = 82 \text{ k}\Omega$$

$$C1 = 47 \text{ nF}$$

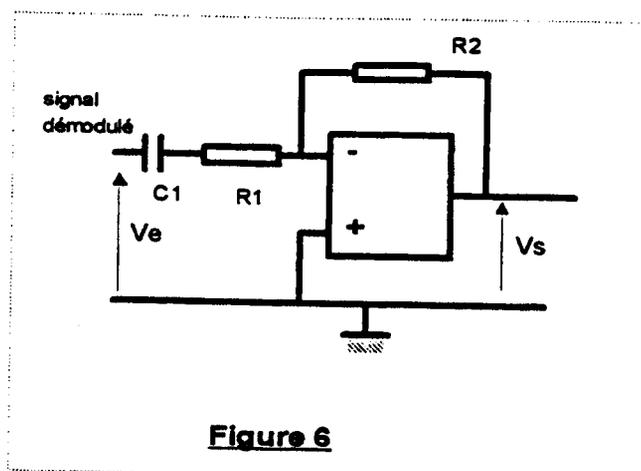
La fonction de transfert complexe de ce filtre est

$$T = \frac{V_{hp}}{V_{demod}} = - \frac{j R2 C1 \omega}{1 + j R1 C1 \omega}$$

1\*) Quelle est la nature du filtre réalisé ?

2\*) Représentez le diagramme asymptotique de Bode en fréquence de  $T$  (diagramme de l'amplitude)

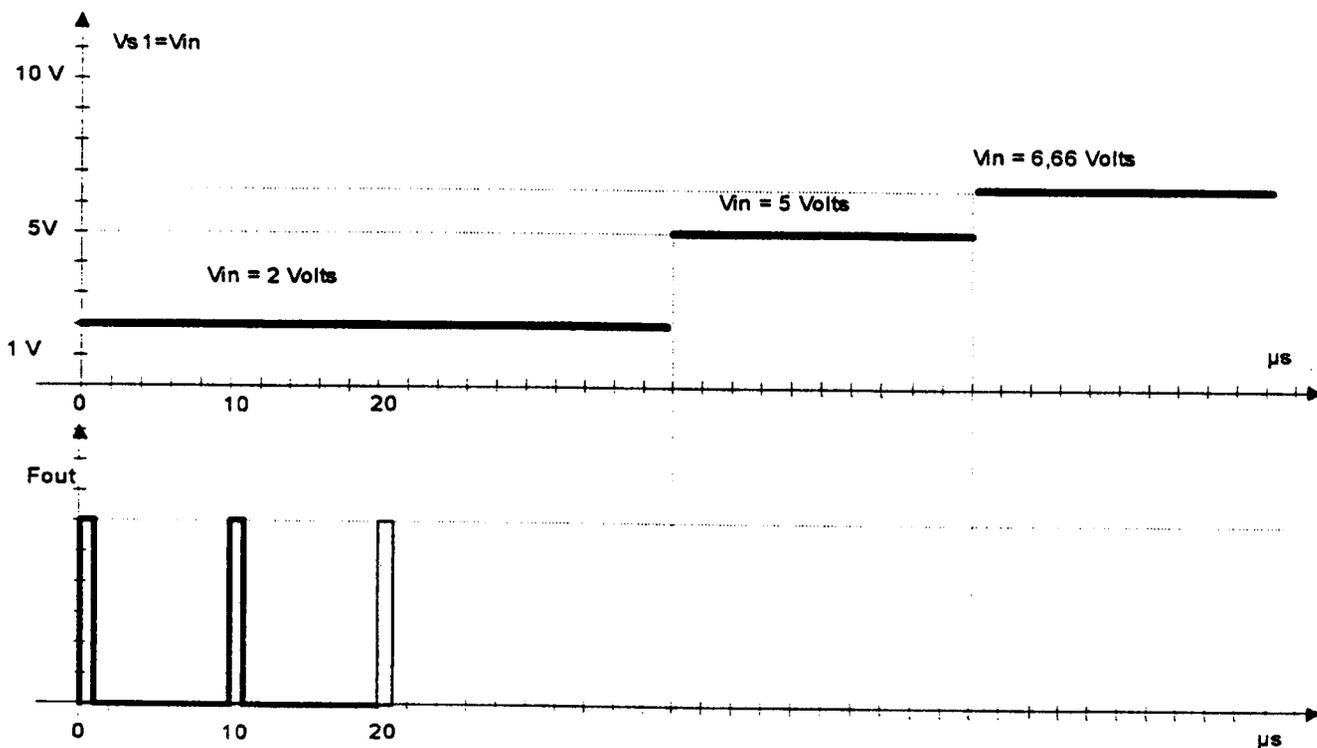
(feuille réponse 2)



**Figure 6**

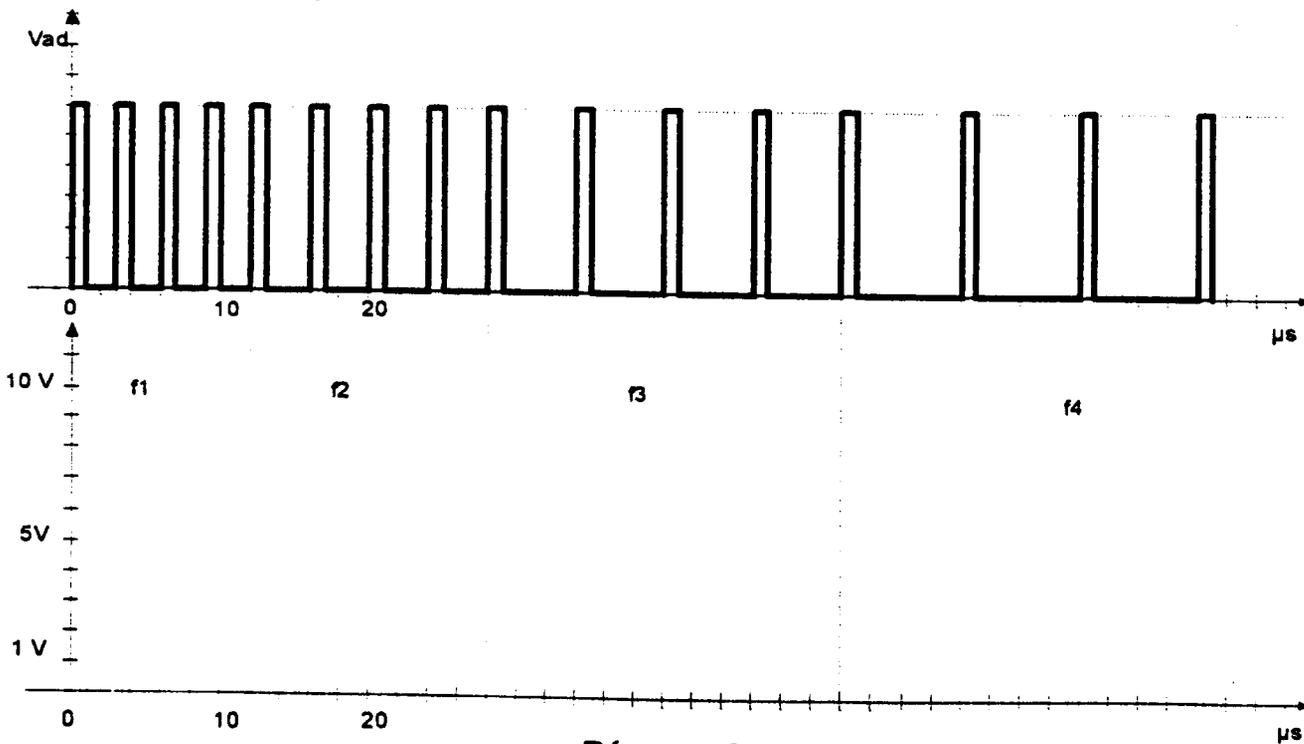
# Feuille réponse 1:

Question 1-2 4°)



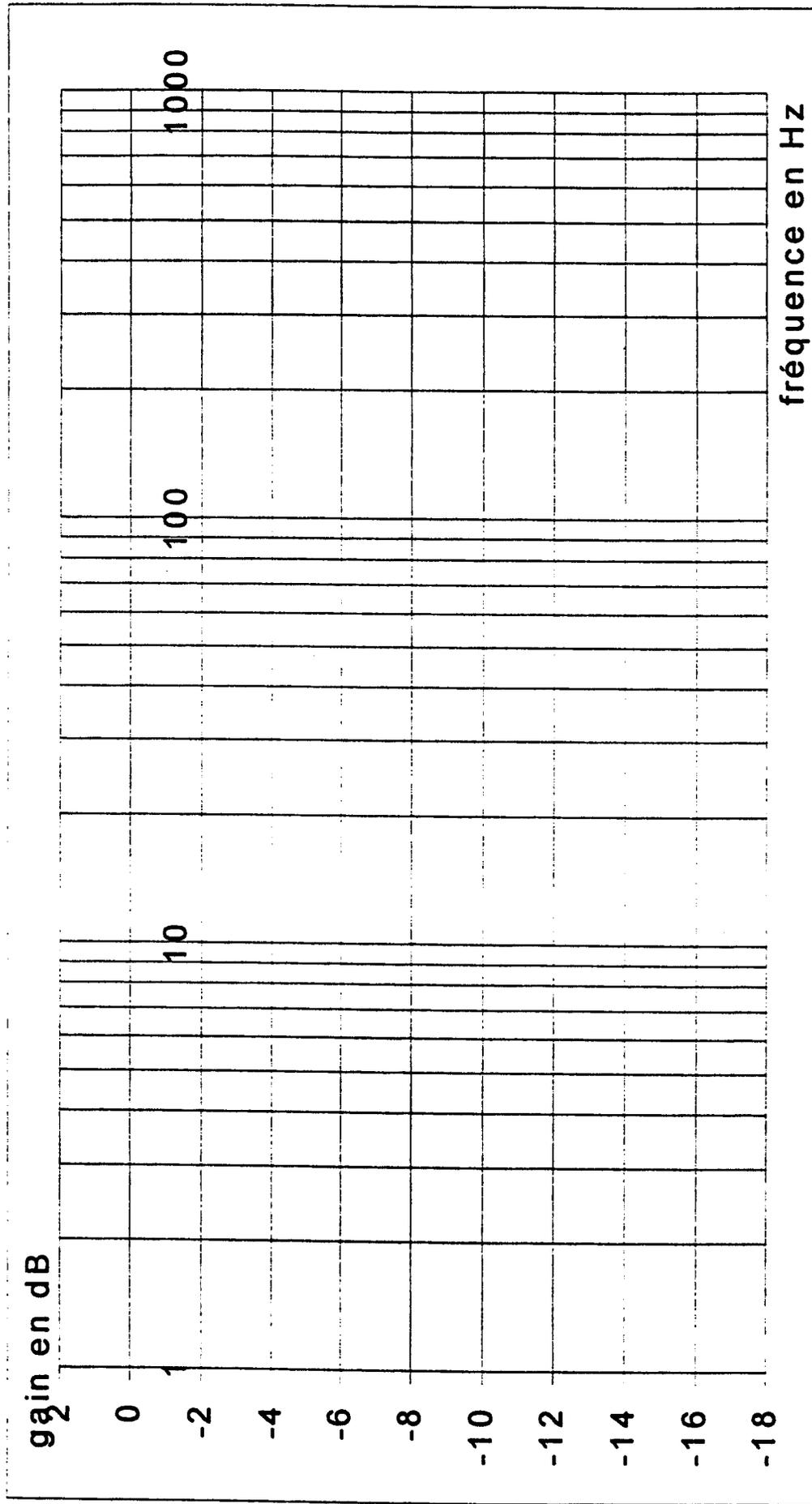
Réponse 1

Question 2-2 2°)



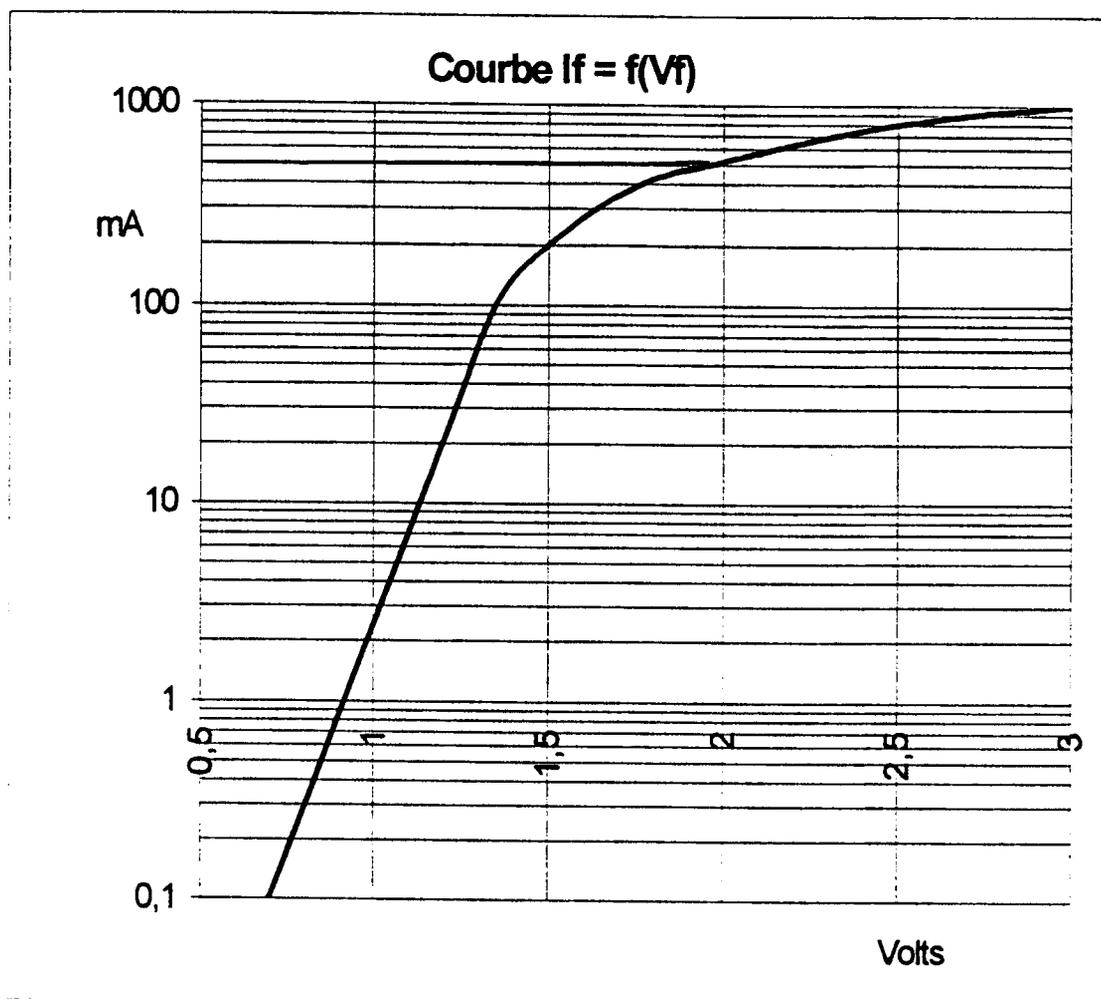
Réponse 2

**Feuille réponse 2: (question 2-3 3°)**



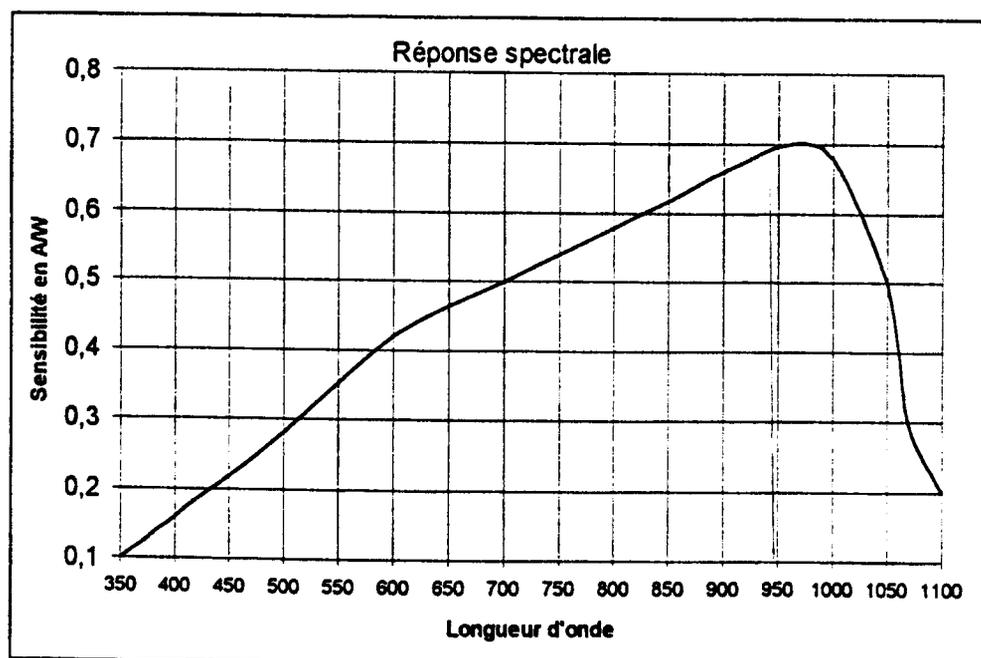
## Annexe 1 :

Diode électroluminescente HEMT-3301  
Courant  $I_f$  en fonction de  $V_f$



## Annexe 2 :

Photodiode PIN Hamamatsu 4707-01 courbe de sensibilité



Annexe 3 :

ADVFC32

UNIPOLAR V/F. POSITIVE INPUT VOLTAGE

When operated as a V/F converter, the transformation from voltage to frequency is based on a comparison of input signal magnitude to the 1 mA internal current source.

A more complete understanding of the ADVFC32 requires a close examination of the internal circuitry of this part. Consider the operation of the ADVFC32 when connected as shown in Figure 1.

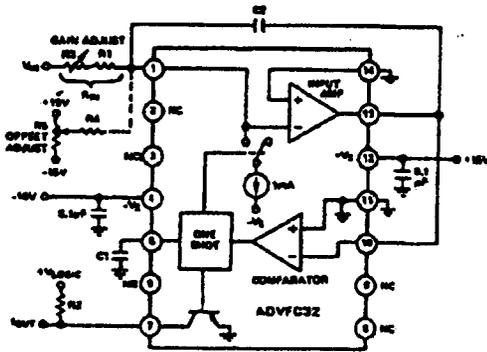


Figure 1. Connection Diagram for V/F Conversion, Positive Input Voltage

At the start of a cycle, a current proportional to the input voltage flows through R3 and R1 to charge integration capacitor C2. As charge builds up on C2, the output voltage of the input amplifier decreases. When the amplifier output voltage (Pin 13) crosses ground (see Figure 2 at time  $t_1$ ), the comparator triggers a one shot whose time period is determined by capacitor C1. Specifically, the one shot time period (in nanoseconds) is:

$$t_{OS} \approx (C_1 + 44 \text{ pF}) \times 6.7 \text{ k}\Omega$$

During this period, a current of  $(1 \text{ mA} - I_{IN})$  flows out of the integration capacitor. The total amount of charge depleted during one cycle is, therefore  $(1 \text{ mA} - I_{IN}) \times t_{OS}$ . This charge is replaced during the remainder of the cycle to return the integrator to its original voltage. Since the charge taken out of C2 is equal to the charge that is put on C2 every cycle,

$$(1 \text{ mA} - I_{IN}) \times t_{OS} = I_{IN} \times \left( \frac{1}{F_{OUT}} - t_{OS} \right)$$

or, rearranging terms,

$$F_{OUT} = \frac{I_{IN}}{1 \text{ mA} \times t_{OS}}$$

The complete transfer equation can now be derived by substituting  $I_{IN} = V_{IN}/R_{IN}$  and the equation relating C1 and  $t_{OS}$ . The final equation describing ADVFC32 operation is:

$$\frac{V_{IN} / R_{IN}}{1 \text{ mA} \times (C_1 + 44 \text{ pF}) \times 6.7 \text{ k}\Omega}$$

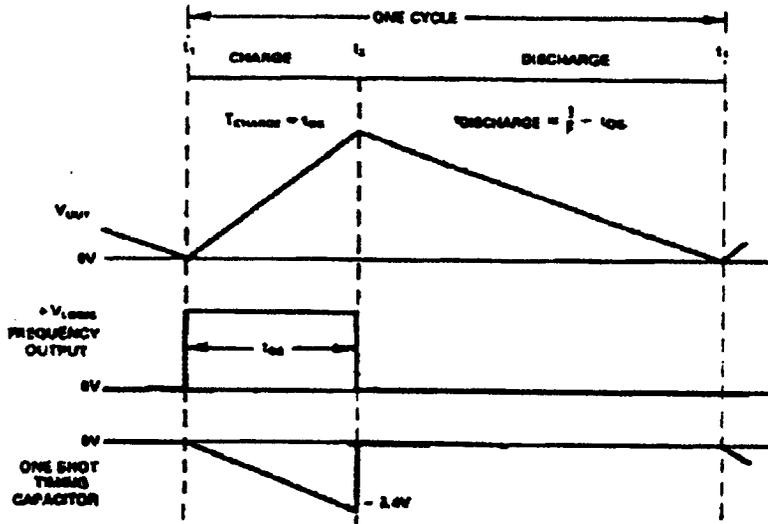


Figure 2. Voltage-to-Frequency Conversion Waveforms

N.B : En résumé les créneaux de sortie du convertisseur ont une durée haute constante de :

$$t_{OS} (s) = (C_1 + 44 \cdot 10^{-12}) 6700$$

et une durée basse, fonction de la tension d'entrée  $V_{in}$  telle que la fréquence du signal de sortie vaut :

$$F_{out} (Hz) = \frac{V_{in} (V)}{R_{in} (\Omega)} \frac{1}{10^{-3} \cdot t_{OS} (s)}$$