

SESSION 2005

# B.T.S. GÉNIE OPTIQUE

Épreuve U41 : électronique - informatique industrielle

Durée : 1h30

Ce sujet comporte trois parties indépendantes.

Répartition du temps :

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

- Lecture du sujet : 10 minutes
- Partie 1 : 20 minutes
- Partie 2 : 30 minutes
- Partie 3 : 30 minutes

Documents :

- Texte du sujet : pages 2/11 à 7/11
- Annexes : pages 8/11 et 9/11 (à rendre avec la copie)
- Feuilles réponse : pages 10/11 et 11/11

**Calculatrice autorisée  
Aucun document autorisé**

# MESURE DU DIAMÈTRE DE MODE D'UNE FIBRE OPTIQUE

## PRÉSENTATION :

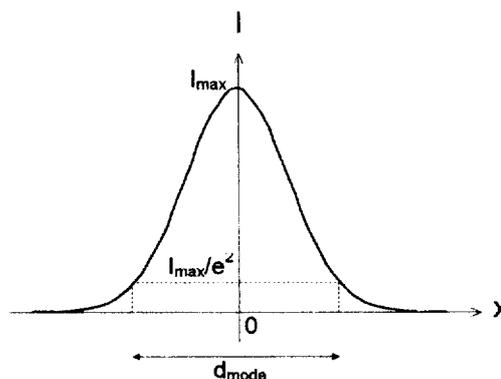
### 1. DÉFINITION DU DIAMÈTRE DE MODE :

L'intensité lumineuse de l'onde guidée dans une fibre possède une répartition spatiale transverse approximativement gaussienne dans un plan de section droite (figure ci-contre).

Le diamètre pour lequel l'intensité lumineuse guidée a chuté d'un facteur  $1/e^2$  par rapport à sa valeur maximum  $I_{\max}$ , est appelé diamètre de mode ( $d_{\text{mode}}$ ).

Pour le diamètre dit de mode ( $d_{\text{mode}}$ ), l'intensité

lumineuse vaut donc :  $I_{d_{\text{mode}}} = \frac{I_{\max}}{e^2}$ .



La mesure du diamètre de mode permet de déterminer l'ouverture numérique de la fibre.

### 2. MÉTHODE DE MESURE :

Une première mesure de flux est faite sur la totalité du faisceau (diaphragme suffisamment grand) et donne le flux total  $\Phi_{\max}$ .

Si alors le faisceau traverse un diaphragme de diamètre égal au diamètre de mode, on peut

montrer que  $\Phi_{\text{mes}} = \left(1 - \frac{1}{e^2}\right) \cdot \Phi_{\max} = 0,865 \cdot \Phi_{\max}$

En procédant par essais successifs avec des diaphragmes de différents diamètres, on peut déterminer, ou du moins encadrer la valeur du diamètre de mode.

Le système qu'on se propose d'étudier est basé sur ce principe et met en œuvre ce qu'on appelle une "détection synchrone", qui a pour but de rendre la mesure insensible aux perturbations liées à la lumière ambiante. Son organisation est donnée en page 3 sous forme d'un schéma de principe et d'un schéma fonctionnel.

Pour réaliser cette détection synchrone, il faut d'abord moduler le faisceau à une fréquence très supérieure à celle des perturbations.

Cette modulation est obtenue par un "chopper", constitué du moteur M1 et du disque D1.

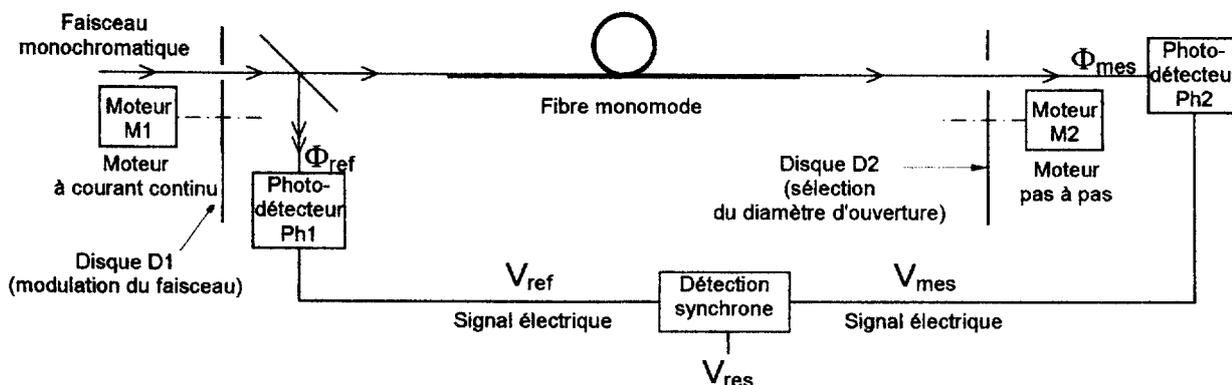
Le faisceau ainsi modulé est ensuite séparé en deux par une lame semi-réfléchissante.

- Une partie de ce faisceau ( $\Phi_{\text{ref}}$ ) sert à créer, à l'aide du photo-détecteur Ph1, le signal électrique  $V_{\text{ref}}$  qui servira de référence pour la détection synchrone.
- L'autre partie du faisceau est injectée dans la fibre puis récupérée au travers d'un diaphragme qui peut être sélectionné en faisant tourner le disque 2 à l'aide du moteur M2.

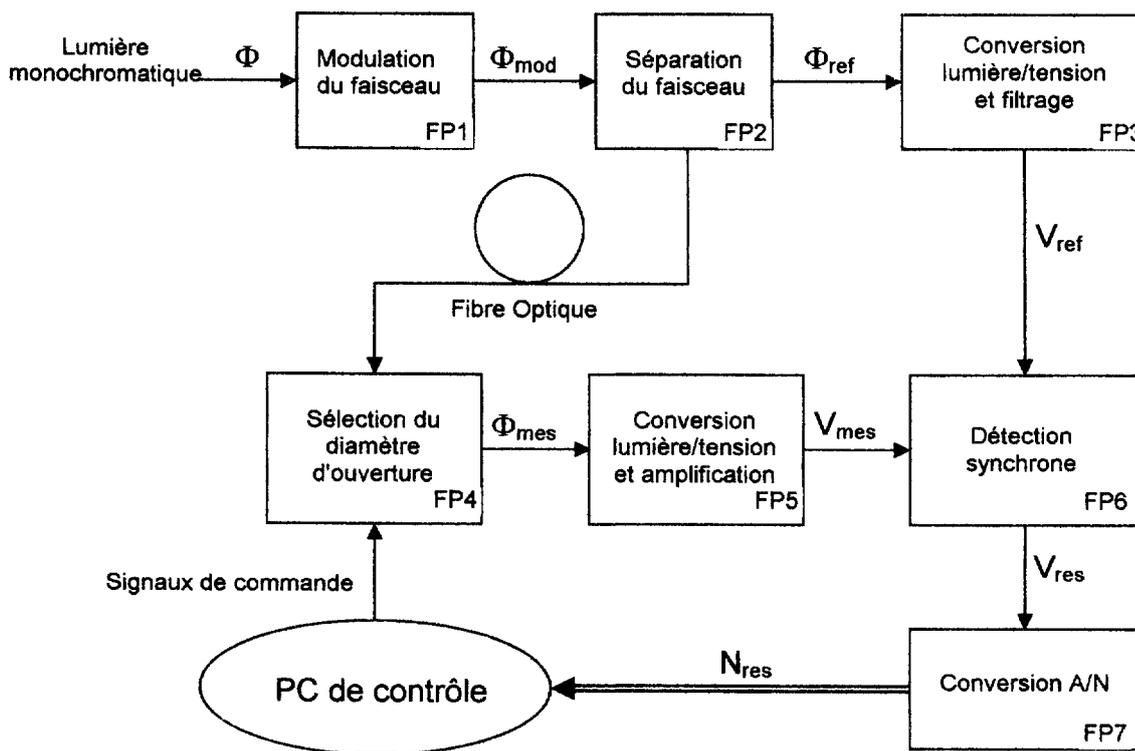
Le flux présent à la sortie du diaphragme ( $\Phi_{\text{mes}}$ ) est alors converti en un signal électrique  $V_{\text{mes}}$  grâce au photo-détecteur Ph2.

La détection synchrone permet ensuite d'obtenir l'image de  $\Phi_{\text{mes}}$  "débarassée" des perturbations lumineuses ambiantes, sous la forme d'une tension  $V_{\text{res}}$ .

3. SCHÉMA DE PRINCIPE :



4. SCHÉMA FONCTIONNEL :



## PREMIÈRE PARTIE

### 1. ÉTUDE DE FP1 : MODULATION DU FAISCEAU

Le disque D1 tourne à une vitesse de 3000 tr/mn et il est percé de 20 trous espacés régulièrement sur sa circonférence.

**QUESTION 1** : Déterminer la fréquence  $F_0$  de modulation du faisceau (en Hz).

### 2. ÉTUDE DE FP3 : CONVERSION LUMIÈRE/TENSION ET FILTRAGE

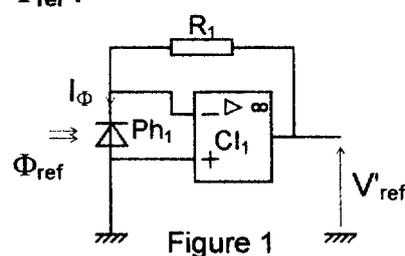
#### 2.1. Conversion lumière/tension du flux de référence $\Phi_{ref}$ :

Le circuit est représenté figure 1.

L'amplificateur opérationnel est supposé idéal.

Il utilise une photodiode Ph<sub>1</sub> G5853-23.

La longueur d'onde du faisceau utilisé  $\lambda_0$  est de 1500 nm.



**QUESTION 2** : En utilisant la documentation donnée en annexe 1 page 10, déterminer la sensibilité  $S_{\lambda_0}$  de cette photodiode à la longueur d'onde utilisée.

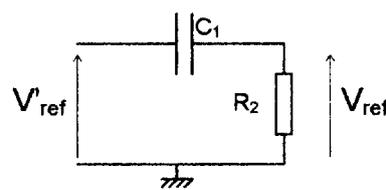
**QUESTION 3** : Exprimer  $I_{\phi}$  en fonction de la sensibilité  $S_{\lambda_0}$  de la photodiode et de  $\Phi_{ref}$ .

**QUESTION 4** : La valeur maximum de  $\Phi_{ref}$  est de 80  $\mu W$ . En déduire la valeur maximum de  $I_{\phi}$ .

**QUESTION 5** : Exprimer  $V'_{ref}$  en fonction de  $I_{\phi}$  puis de  $\Phi_{ref}$  et déterminer la valeur maximale de  $V'_{ref}$  pour  $R_1 = 220 \text{ k}\Omega$

#### 2.2. Filtrage du signal :

Pour que la détection synchrone rende le système insensible aux perturbations lumineuses, la tension  $V_{ref}$  doit être alternative. Elle est obtenue à partir de  $V'_{ref}$  à l'aide du circuit de la figure 2.



#### **QUESTION 6** :

- Expliquer le comportement du condensateur en très basse fréquence puis en très haute fréquence et montrer que ce circuit correspond à un filtre passe-haut.
- Exprimer la fréquence de coupure du filtre passe-haut  $F_c$  et calculer sa valeur pour  $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$  et  $C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$ .
- Justifier que  $V_{ref}$  est la composante alternative de  $V'_{ref}$ .

## 2ème PARTIE

### 3. ÉTUDE DE FP5 ET FP6 :

#### 3.1. FP5 : Conversion lumière-tension du flux de mesure $\Phi_{mes}$

Elle n'est pas étudiée, mais les résultats seront utilisés dans les questions suivantes.

Le principe est le même que pour FP3, mais le signal obtenu est amplifié, le flux en sortie de la fibre monomode étant très faible.

On obtient une tension  $V_{mes}$  de la forme  $V_{mes} = K \cdot \Phi_{mes}$ , où  $K$  est une constante multiplicative, exprimée en  $V \cdot W^{-1}$ .

On note  $U$  le niveau haut de  $V_{mes}$ . On donne la valeur numérique de  $U$  pour le diamètre d'ouverture maximal :  $U_{max} = 10V$ .

**QUESTION 7 :** Quelle est la valeur numérique de  $U$  si le diamètre d'ouverture est égal au diamètre de mode ?

**On ne tiendra pas compte dans cette étude des perturbations lumineuses.**

#### 3.2. FP6 : Détection synchrone :

##### • Étude de FS6-1 : Multiplieur

On utilise le multiplieur analogique AD633JN ; voir annexe 1 page 10. On le câble selon la figure 3.

**QUESTION 8 :** Exprimer  $V'_{res}$  en fonction de  $V_{ref}$  et de  $V_{mes}$ .

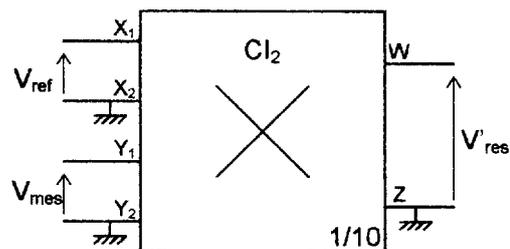


Figure 3

**QUESTION 9 :**

- Sur le document-réponse1 page 8, tracer  $V'_{res}$  en concordance de temps avec  $V_{ref}$  et  $V_{mes}$ .
- Préciser la valeur du niveau minimum et l'expression du niveau maximum en fonction de  $U$ .

##### • Etude de FS6-2 : Filtre passe-bas et amplificateur

Le montage est représenté par la figure 4.

Le filtre est un passe-bas d'ordre 5 dont la fréquence de coupure est de 100 Hz.

L'amplificateur opérationnel est supposé idéal.

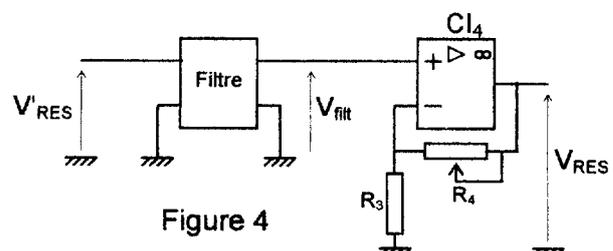


Figure 4

**QUESTION 10 :** Sachant que  $\frac{V_{filt}}{V_{RES}} = 1$  dans la

bande passante, donner la valeur de ce rapport (ou celle de  $G$  en dB) à la fréquence de 1 kHz.

**QUESTION 11 :** On applique à l'entrée de ce filtre le signal  $V'_{res}$ . Montrer qu'en sortie on obtient une tension continue  $V_{filt}$  égale à la valeur moyenne  $\langle V'_{res} \rangle$  de  $V'_{res}$ .

**QUESTION 12 :**

- Exprimer l'amplification  $A$  de l'amplificateur placé derrière le filtre.
- Quelle doit être la valeur de  $A$  pour que  $V_{res} = 5V$  lorsque  $\langle V'_{res} \rangle = 1,65 V$  ?
- On donne  $R_3 = 10 k\Omega$ . Quelle doit être la valeur de  $R_4$  ?

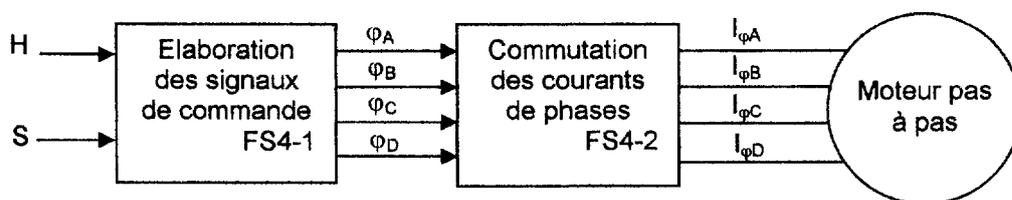
## 3ème PARTIE

### 4. ÉTUDE DE FP4 : Sélection du diamètre d'ouverture

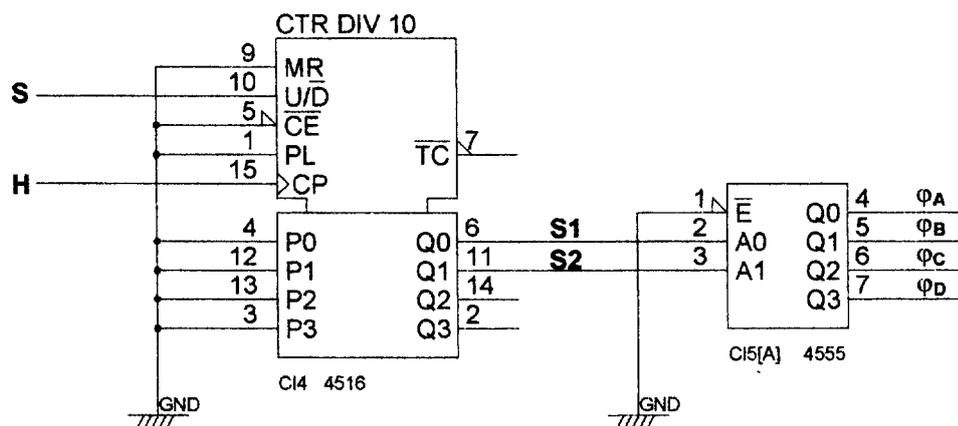
Le rôle de FP4 est de permettre la sélection du diaphragme à travers lequel on veut faire passer le faisceau en sortie de fibre. Cette sélection s'effectue en faisant tourner le disque D2 à l'aide d'un moteur pas à pas.

La commande du moteur nécessite deux signaux logiques provenant de l'ordinateur de contrôle : un signal d'horloge H et un signal de sens S.

L'étude de FP4 se fera uniquement sur la première des deux parties FS4-1 conformément au schéma fonctionnel suivant:



#### Schéma structurel de FS4-1 :



#### QUESTION 13 :

A partir des informations contenues dans la documentation technique de CI<sub>4</sub> (annexe 1 page 10) :

- Donner le mode de fonctionnement de ce circuit en fonction de l'état du signal S.
- Compléter les chronogrammes du document-réponse 2 (page 9) en représentant l'allure des signaux S1 et S2 en fonction de H et de S.

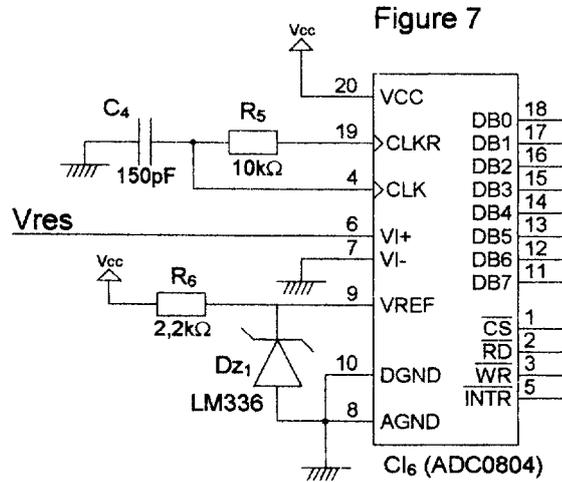
#### QUESTION 14 :

- En vous aidant des informations contenues dans la documentation technique de CI5 (annexe 2 page 11), rappeler la fonction logique de ce circuit.
- Compléter le tableau 1 du document-réponse 1 (page 8) en définissant les états logiques des signaux  $\varphi_A$ ,  $\varphi_B$ ,  $\varphi_C$  et  $\varphi_D$ .

**QUESTION 15 :** Compléter les chronogrammes du document-réponse 2 (page 9) en représentant l'allure des signaux  $\varphi_A$ ,  $\varphi_B$ ,  $\varphi_C$  et  $\varphi_D$  en fonction de S1 et S2.

## 5. ETUDE DE FP7 : Conversion Analogique/Numérique

Le rôle de FP7 est de numériser la valeur de la tension  $V_{res}$  afin qu'elle puisse être traitée directement par le PC de contrôle. Cette fonction est réalisée par le convertisseur analogique/numérique ADC0804 selon le schéma de la figure 7.



Le résultat de la conversion  $N_{res}$  est restitué au PC par l'intermédiaire des broches de données  $DB_0$  à  $DB_7$ . La tension de référence  $V_{REF}$  est fixée à 2,5 V grâce au régulateur de tension  $Dz_1$ , dans ce cas, la tension pleine échelle est de 5 V pour le convertisseur.

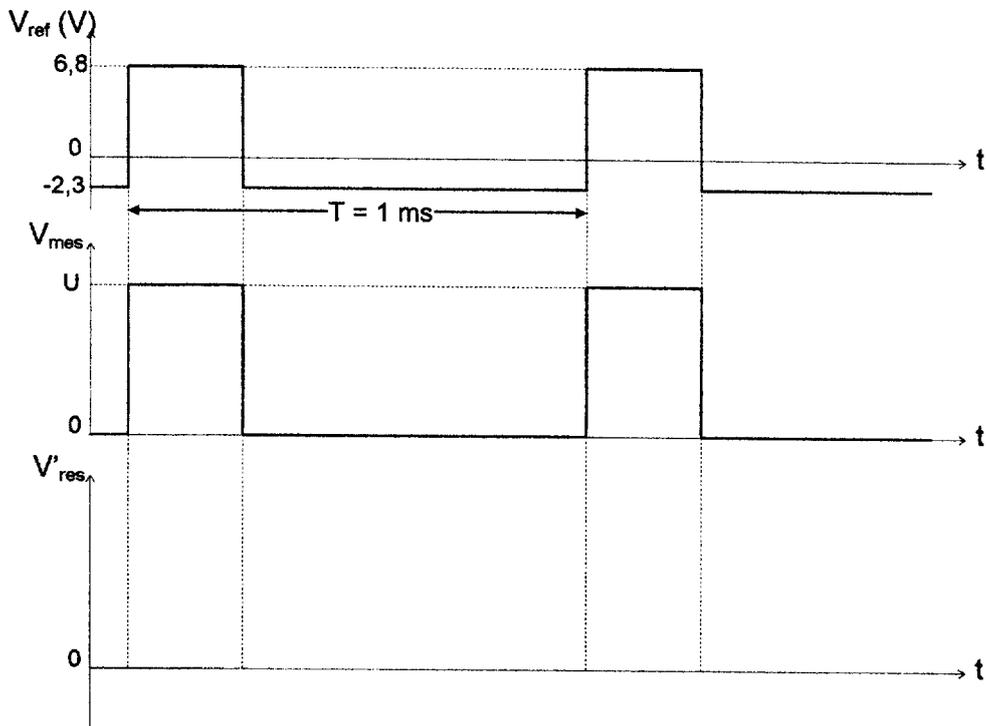
### QUESTION 16 :

Sachant que le convertisseur fonctionne en mode unipolaire ( $V_{res} = 5$  V et le nombre numérique  $DB_0$ - $DB_7$  est un nombre au format 8 bits non signé) :

- Calculer le quantum de conversion  $q$ , puis établir la relation qui permet de déterminer la valeur de  $N_{res}$  à partir de  $V_{res}$ .
- Compléter le tableau 2 du document-réponse 1 (page 8) en précisant pour chacune des valeurs de  $V_{res}$  la valeur décimale, la valeur binaire puis la valeur hexadécimale de  $N_{res}$ .

**DOCUMENT REponse N°1**

**QUESTION N°9 :**



**QUESTION N°14 : Tableau 1 :**

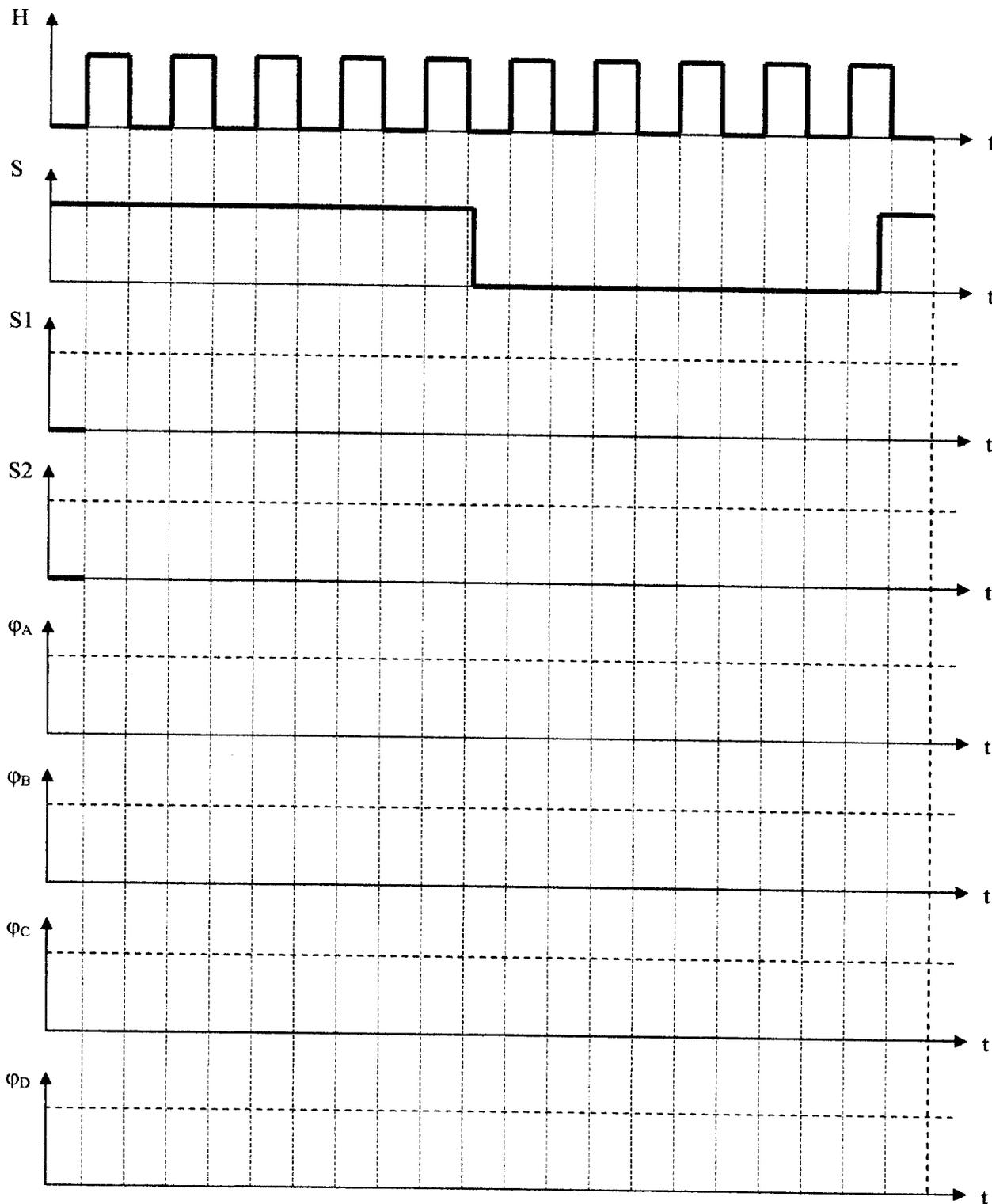
S2	S1	$\Phi_A$	$\Phi_B$	$\Phi_C$	$\Phi_D$
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

**QUESTION N°16 : Tableau 2**

	Nres (décimal)	Nres (binaire)	Nres (hexadécimal)
<b><math>V_{res} = 0,02V</math></b>			
<b><math>V_{res} = 2,5V</math></b>			
<b><math>V_{res} = 5V</math></b>			

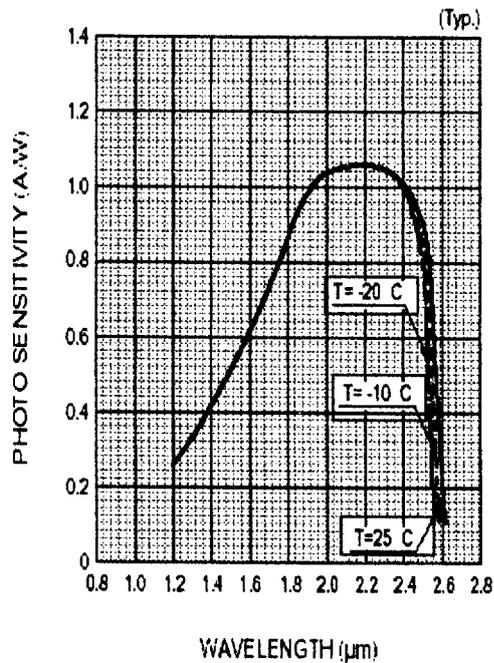
**DOCUMENT REPOSE N°2**

**QUESTION N°13 et QUESTION N°15**



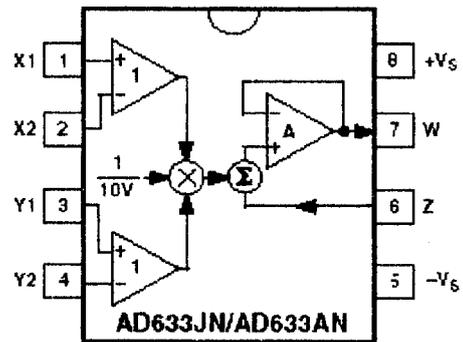
**ANNEXE 1 : DOCUMENTS CONSTRUCTEUR**

**Spectral response**



**MULTIPLIEUR ANALOGIQUE AD633JN**

**CONNECTION DIAGRAMS  
8-Lead Plastic DIP (N) Package**



$$W = \frac{(X_1 - X_2)(Y_1 - Y_2)}{10V} + Z$$

**COMPTEUR BINAIRE HEF 4516:**

**DESCRIPTION**

The HEF4516B is an edge-triggered synchronous up/down 4-bit binary counter with a clock input (CP), an up/down count control input (UP/DN), an active LOW count enable input ( $\overline{CE}$ ), an asynchronous active HIGH parallel load input (PL), four parallel inputs ( $P_0$  to  $P_3$ ), four parallel outputs ( $O_0$  to  $O_3$ ), an active LOW terminal count output ( $\overline{TC}$ ), and an overriding asynchronous master reset input (MR).

**PINNING**

- PL parallel load input (active HIGH)
- $P_0$  to  $P_3$  parallel inputs
- $\overline{CE}$  count enable input (active LOW)
- CP clock pulse input (LOW to HIGH, edge triggered)
- UP/DN up/down count control input
- MR master reset input
- $\overline{TC}$  terminal count output (active LOW)
- $O_0$  to  $O_3$  parallel outputs

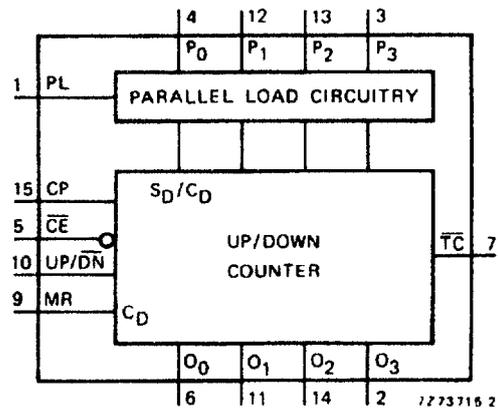


Fig.1 Functional diagram.

**FUNCTION TABLE**

MR	PL	UP/DN	$\overline{CE}$	CP	MODE
L	H	X	X	X	parallel load
L	L	X	H	X	no change
L	L	L	L	$\nearrow$	count down
L	L	H	L	$\nearrow$	count up
H	X	X	X	X	reset

**Notes**

- 1. H = HIGH state (the more positive voltage)
- L = LOW state (the less positive voltage)
- X = state is immaterial
- $\nearrow$  = positive-going transition

## ANNEXE 2: DOCUMENTS CONSTRUCTEUR (suite)

### DECODEUR/DEMULPLEXEUR HEF 4555:

#### DESCRIPTION

The HEF4555B is a dual 1-of-4 decoder/demultiplexer. Each has two address inputs ( $A_0$  and  $A_1$ ), an active LOW enable input ( $\bar{E}$ ) and four mutually exclusive outputs which are active HIGH ( $O_0$  to  $O_3$ ). When used as a decoder,  $\bar{E}$  when HIGH, forces  $O_0$  to  $O_3$  LOW. When used as a demultiplexer, the appropriate output is selected by the information on  $A_0$  and  $A_1$  with  $\bar{E}$  as data input. All unselected outputs are LOW.

#### PINNING

$\bar{E}$  enable inputs (active LOW)  
 $A_0$  and  $A_1$  address inputs  
 $O_0$  to  $O_3$  outputs (active HIGH)

#### TRUTH TABLE

INPUTS			OUTPUTS			
$\bar{E}$	$A_0$	$A_1$	$O_0$	$O_1$	$O_2$	$O_3$
L	L	L	H	L	L	L
L	H	L	L	H	L	L
L	L	H	L	L	H	L
L	H	H	L	L	L	H
H	X	X	L	L	L	L

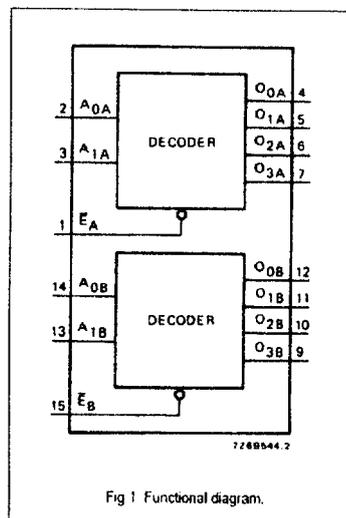


Fig 1 Functional diagram.

#### Notes

- H = HIGH state (the more positive voltage)
- L = LOW state (the less positive voltage)
- X = state is immaterial