



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

**session 2011**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## GENIE OPTIQUE

### Épreuve U41 : électronique – informatique industrielle

SESSION 2011

**Durée : 1H30**

**Coefficient : 1,5**

**Matériel autorisé :**

*Toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante. (Circulaire n°99-186, du 16/11/1999)*

**Tout autre matériel est interdit**

**Aucun document autorisé**

Ce sujet comporte 4 parties indépendantes

Répartition du temps: (à titre indicatif)

- Lecture du sujet : 10 minutes
- Partie 1 : 30 minutes
- Partie 2 : 25 minutes
- Partie 3 : 10 minutes
- Partie 4 : 15 minutes

Documents:

- Texte du sujet : pages 2/12 à 7/12
- Documents annexes: pages 8/12 à 9/12
- Documents réponses : pages 10/12 à 12/12

**Document à rendre avec la copie :**

**Document réponse n°1 .....page 10/12**

**Document réponse n°2 .....page 11/12**

**Document réponse n°3 .....page 12/12**

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

*Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12*

# Spectrophotomètre de Laboratoire

## 1) Présentation générale

Dans l'industrie chimique, un des buts de l'analyse spectrophotométrique est de déterminer la concentration **C** d'une solution en mesurant l'absorbance **A** de la substance qu'elle contient.

Le principe mis en œuvre dans la spectrophotométrie s'appuie sur la loi de Beer-Lambert dont l'énoncé est le suivant :

L'absorbance d'une solution colorée traversée par une lumière incidente monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  est proportionnelle à la concentration **C** et à la longueur **L** du trajet de la lumière dans la solution.

$$A = e_{\lambda} \cdot L \cdot C$$

$e_{\lambda}$  = coefficient d'absorption molaire, ici constant,  
L = longueur en m, ici constante,  
C = concentration molaire en mol.l<sup>-1</sup>.  
A = absorbance : sans unité.

Il existe donc, une relation linéaire entre A et C :

$$A = \alpha \cdot C \quad (\alpha = \text{constante})$$



spectrophotomètre

## 2) Principe de mesure (voir schéma de principe page 3)

- Un dispositif (source de lumière blanche, réseau tournant et fentes) permet de sélectionner la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière envoyée sur la solution.  
**La longueur d'onde choisie  $\lambda_0$  correspond au pic d'absorption de la solution étudiée.**
- **Le faisceau lumineux est envoyé alternativement** (grâce à un chopper et des miroirs de renvoi) :
  - soit sur une **cuve** contenant une **solution de référence**
  - soit sur une **cuve** identique contenant la **solution à analyser**.
- Un seul photo-détecteur capte la valeur des flux lumineux correspondants :  $\phi_{REF}$  et  $\phi_X$ .  
L'absorbance **A** est alors déterminée par la relation :

$$A = - \log \frac{\phi_X}{\phi_{REF}}$$

$\phi_{REF}$  = intensité du flux lumineux ayant traversé la solution de référence : en W

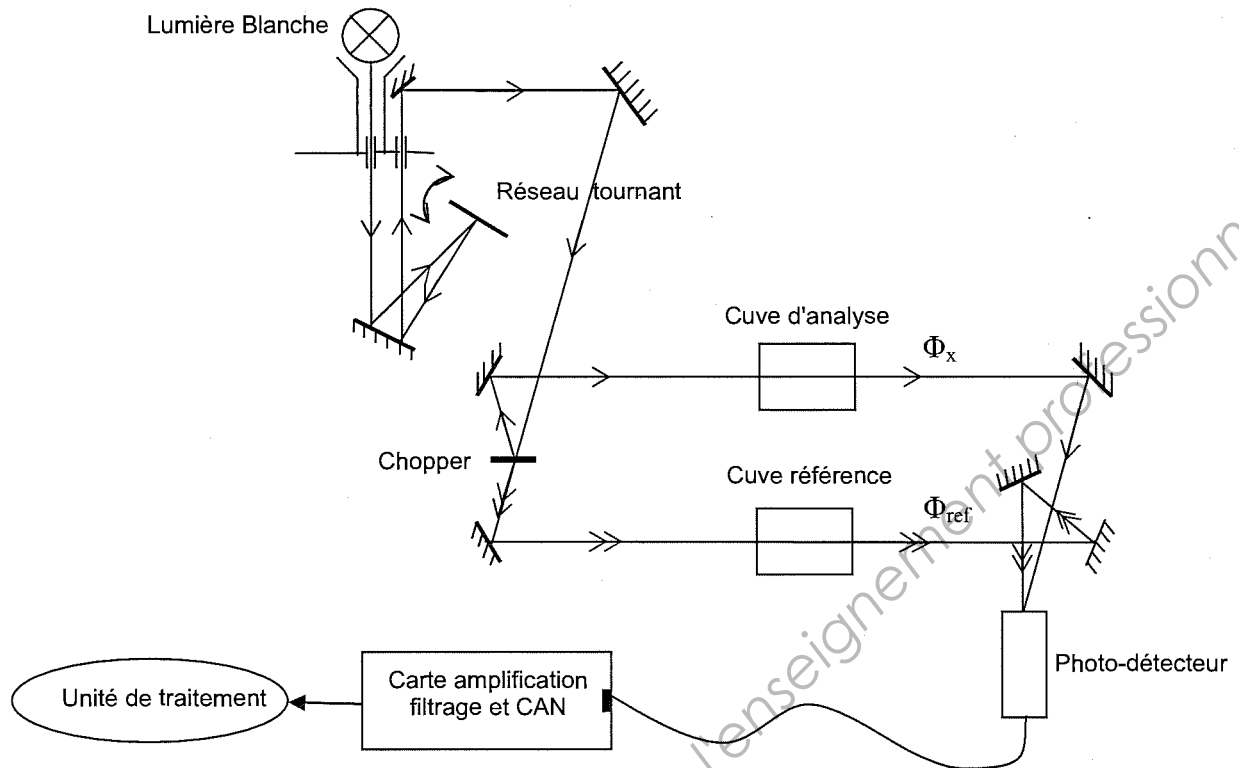
$\phi_X$  = intensité du flux lumineux ayant traversé la solution à analyser : en W

Dans un premier temps, on étalonne le spectrophotomètre :

- En sélectionnant  $\lambda = \lambda_0$  (pic d'absorption de la solution)
- En mesurant l'absorption **A** pour différentes concentrations **C** connues de la solution

Ensuite, pour une concentration inconnue  $C_X$  de la solution, le spectrophotomètre permet de calculer et d'afficher l'absorbance  $A_X$  ainsi que la concentration  $C_X$  ( $A_X = \alpha \cdot C_X$ ).

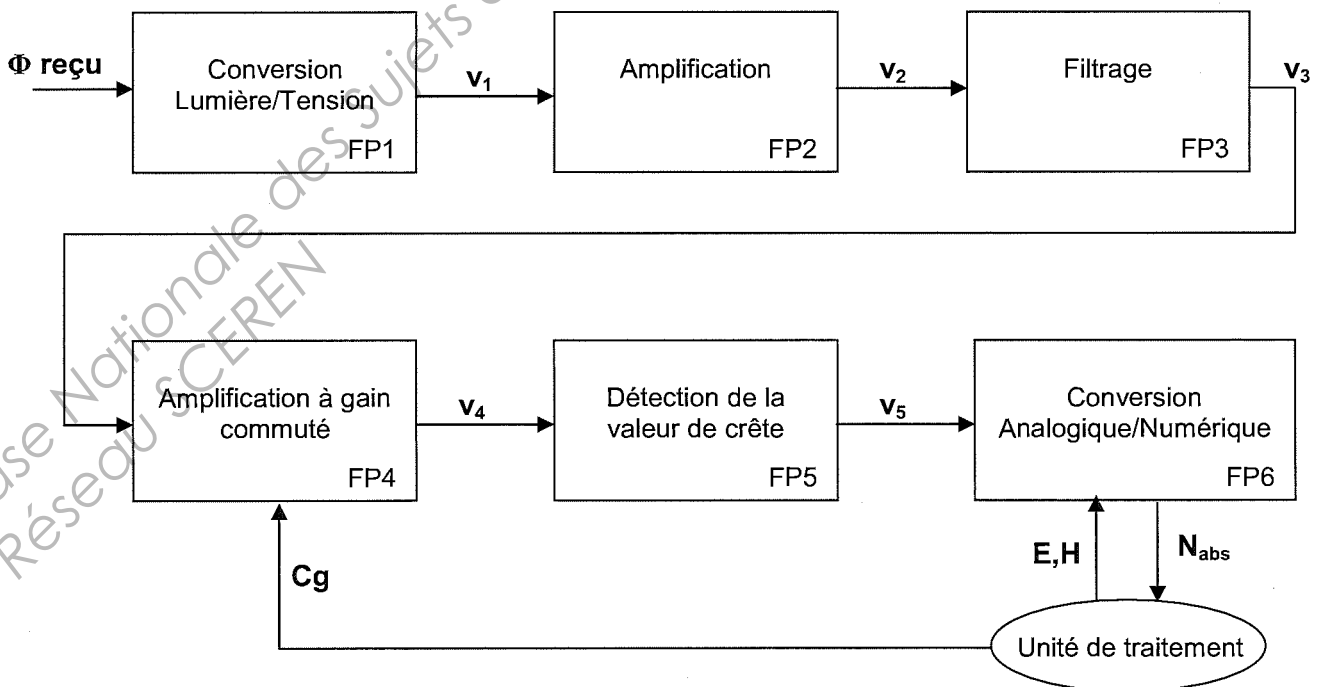
### Schéma de principe:



La partie électronique du système permet d'obtenir sous forme numérisée une information  $N_{abs}$  représentative de l'absorbance.

A partir de cette information, l'unité de traitement déterminera la valeur de la concentration  $C$ .

### Schéma fonctionnel de la partie électronique :



Tous les amplificateurs opérationnels sont parfaits et alimentés en  $\pm V_{cc} = \pm 15V$ .

## 1<sup>ère</sup> PARTIE

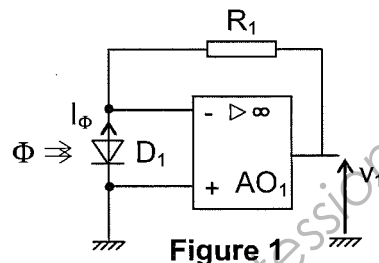
### 1. Etude de FP1: Conversion lumière/tension

Le circuit est représenté **figure 1**.

Il utilise une photodiode SFH 2332.

La longueur d'onde du faisceau utilisé  $\lambda_0$  est de 550 nm.

Etude de la photodiode



#### Question 1:

En utilisant la documentation constructeur donnée en **annexe 1 page 8/12**, déterminer la sensibilité  $S_{\lambda_0}$  en A/W de cette photodiode à la longueur d'onde utilisée.

Justifier votre calcul en indiquant les valeurs remarquables sur le **document réponse 1 page 10/12**.

Etude de la conversion courant/tension

**Question 2:** Exprimer  $v_1$ , tension de sortie de AO1, en fonction de  $R_1$  et  $I_\phi$ .

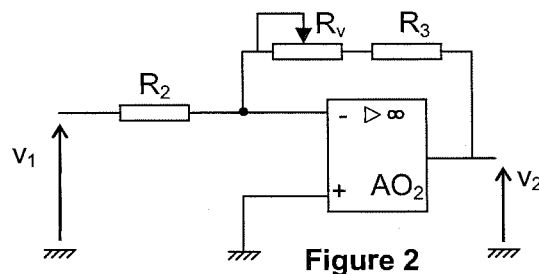
**Question 3:** Calculer la valeur de  $R_1$  afin d'obtenir une tension  $v_1 = -1V$  pour un courant  $I_\phi$  de  $10\mu A$ .

### 2. Etude de FP2: Amplification de tension

Le montage amplificateur est donné **figure 2**.

La résistance variable  $R_v$  est réalisée à partir d'un potentiomètre de valeur  $100\text{ k}\Omega$ .

$R_2 = 10\text{ k}\Omega$  et  $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ .



**Question 4:** Exprimer le coefficient d'amplification en tension  $A_{v1} = \frac{v_2}{v_1}$  en fonction de  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_v$ .

**Question 5:** Calculer l'intervalle de variation possible pour  $A_{v1}$ .

### 3. Synthèse des études de FP1 et FP2: Conversion lumière/tension et amplification

**Question 6:** A partir des questions précédentes, montrer que  $v_2 = -S_{\lambda_0} \cdot R_1 \cdot A_{v1} \cdot \Phi = k \cdot \Phi$ .

**Question 7:** Calculer  $A_{v1}$  pour obtenir  $k = 210 \cdot 10^3$  U.S.I ou V.W<sup>-1</sup>.

**Question 8:** Calculer  $v_2$ :

- pour  $\Phi = \Phi_{ref} = 30\mu W$  (notation  $v_{2ref}$ ) le faisceau traverse le liquide référence,
- pour  $\Phi = \Phi_x = 20\mu W$  (notation  $v_{2x}$ ) le faisceau traverse le liquide à analyser.

## 2<sup>ème</sup> PARTIE

### 4. Etude de FP3: Fonction filtrage

La tension  $v_2$  issue de FP2, représentée ci-dessous **figure 3**, est appliquée à l'entrée d'un filtre (voir **figure 4**).

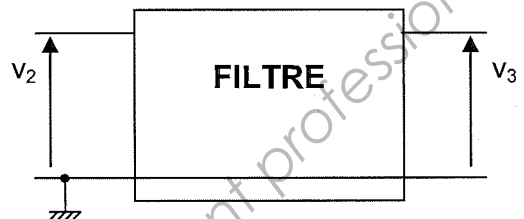
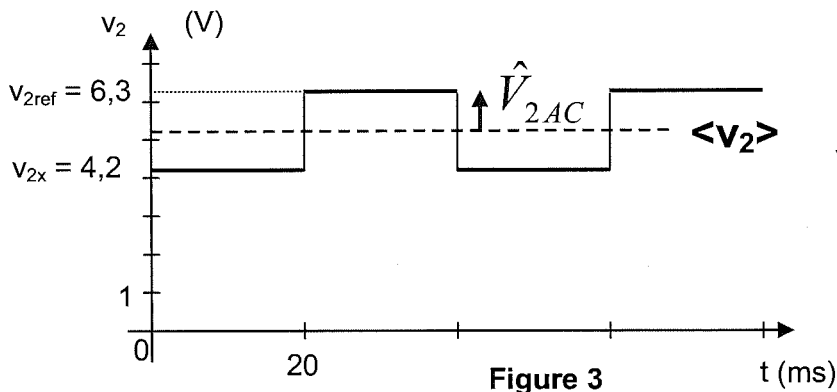


Figure 4

**Question 9:**  $v_2(t) = \langle v_2 \rangle + v_{2AC}(t)$ .  $\langle v_2 \rangle$  et  $v_{2AC}(t)$  sont respectivement la valeur moyenne et la composante alternative de  $v_2(t)$ .

Calculer la valeur moyenne  $\langle v_2 \rangle$  ainsi que l'amplitude de la composante alternative  $\hat{V}_{2AC}$  grandeurs représentées sur la figure 3.

**Question 10:** Le spectre du signal  $v_2$  est donné sur le **document réponse 2 page 11/12**.

Déterminer la fréquence du fondamental de  $v_2$  ainsi que son amplitude : notation  $f_{21}$  et  $\hat{V}_{21}$ .

**Question 11:** Une étude en régime sinusoïdal du filtre a permis d'obtenir la courbe du module de la transmittance complexe  $|T| = T = \frac{V_3}{V_2}$  en fonction de la fréquence  $f$  sur le **document réponse 2 page 11/12**.

Indiquer sur le **document réponse 2 page 11/12**:

La nature, la fréquence centrale  $f_0$ , la ou les fréquence(s) de coupure à -3dB correspondant à  $T = \frac{T_{\max}}{\sqrt{2}}$ , et la largeur de la bande passante  $\Delta f_{-3dB}$  du filtre étudié.

**Question 12:** Tracer le spectre du signal  $v_3$  sur le **document réponse 2 page 11/12** en précisant l'amplitude et la fréquence de chaque raie.

### 3<sup>ème</sup> PARTIE

#### 5. Etude de FP4: Fonction amplification à gain commuté

Le signal  $v_3(t)$ , considéré comme sinusoïdal, d'amplitude généralement insuffisante pour le traitement ultérieur des informations, doit pouvoir être amplifié.

Cette fonction est réalisée à partir d'un montage amplificateur non inverseur.

Le gain est commandé par le signal  $C_g$  (commande de gain) provenant de l'unité de traitement.  $C_g$  est un signal logique (« 0 » ou « 1 ») appliqué à l'entrée de contrôle du circuit intégré 4066 (voir **annexe 1 page 8/12**), permettant ainsi d'obtenir 2 valeurs pour le coefficient d'amplification noté

$A_{v2} = \frac{v_4}{v_3}$ . Le schéma est donné ci-dessous, **figure 5**.

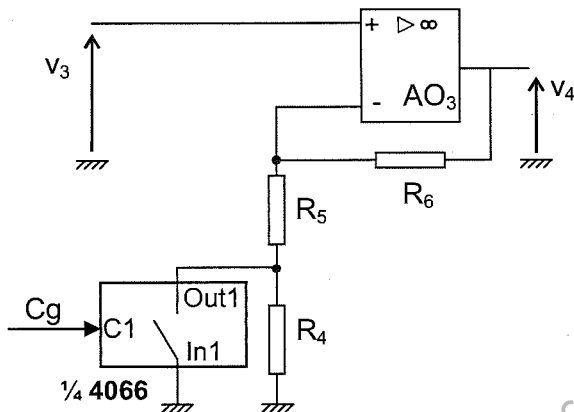


Figure 5

**Question 13:** Pour les deux valeurs de gain possibles, indiquer dans le **document réponse 1 page 10/12** :

- l'état de la liaison entre « In1 » et « Out1 » du commutateur  $\frac{1}{4}$  du C.I. 4066.
- L'état de  $C_g$  correspondant.

**Question 14:** Calculer la valeur des résistances  $R_4$  et  $R_5$  sachant que  $R_6 = 120 \text{ k}\Omega$  et que les 2 valeurs de  $A_{v2}$  sont :  $A_{v2\min} = 2$  ,  $A_{v2\max} = 5$ .

La tension  $v_4(t)$  sinusoïdale, correctement calibrée au niveau de l'amplitude, est appliquée à un montage détecteur de crête, non étudié, qui permet d'obtenir en sortie un signal  $v_5(t)$  continu égal à  $\hat{V}_4$ , image de la différence de flux ( $\Phi_{\text{ref}} - \Phi_x$ ).

## 4<sup>ème</sup> PARTIE

### 6. Etude de FP6: Conversion analogique/numérique

La tension  $v_5(t)$  issue de la fonction « détection de crête » doit être convertie en un nombre  $N_{abs}$  afin d'être interprétée par l'unité de traitement.

Cette conversion est réalisée grâce au convertisseur binaire Max187 (voir **annexe 2 page 9/12**). Le schéma est donné ci-après, **figure 6**.

$N_{abs}$  sera lu sous forme série sur la sortie D du convertisseur.

La tension minimale détectable appelée quantum est régie par la relation  $q=V_{ref}/2^n$  avec  $n$  le nombre de bits du convertisseur.

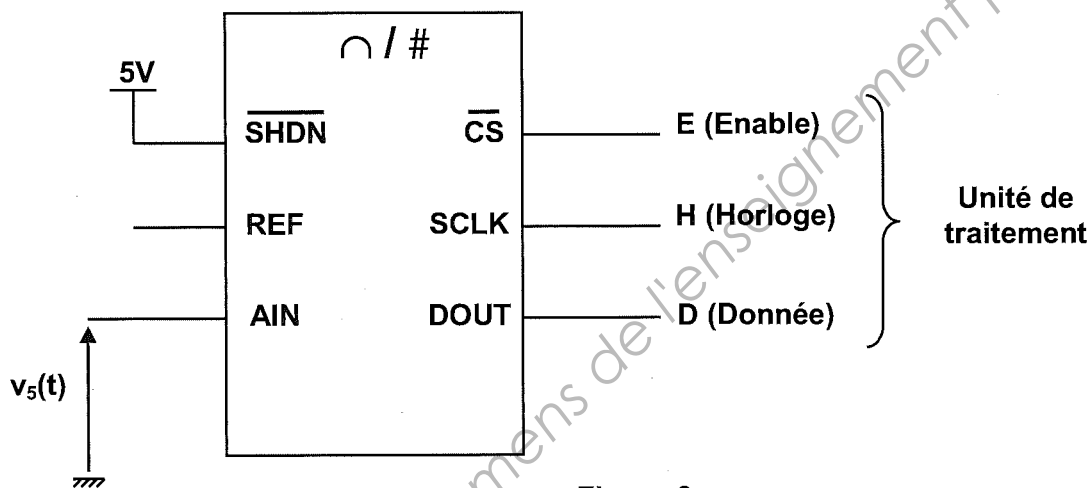


Figure 6

**Question 15:** Compte tenu du câblage de l'entrée  $\overline{\text{SHDN}}$ , déterminer la valeur de la tension de référence  $V_{ref}$  (voir **schéma structurel ci-dessus et annexe 2 page 9/12**) puis calculer la valeur du quantum  $q$ .

**Question 16:** On donne  $v_5 = 2,68V$ . Calculer la valeur décimale du nombre  $N_{abs}$  correspondante puis, compléter le tableau du **document réponse 3 page 12/12** avec sa valeur binaire.

**Question 17:** A l'aide du **document annexe 2 page 9/12**, compléter l'**organigramme** de lecture des 12 bits de la donnée  $N_{abs}$  du **document réponse 3 page 12/12**.



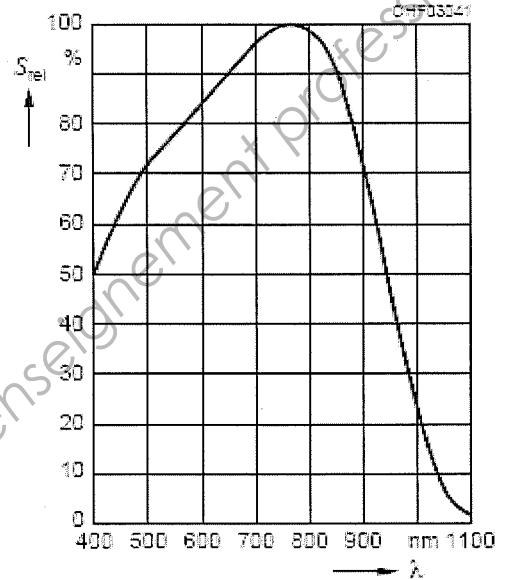
# ANNEXE 1 : DOCUMENTS CONSTRUCTEUR

## PHOTODIODE SFH 2332

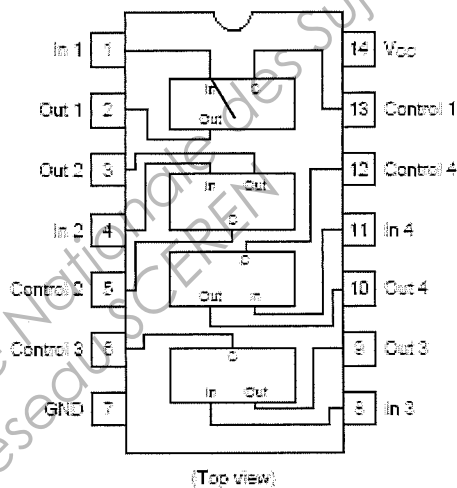
Tension inverse maximale :  $V_R = 15V$   
 Puissance maximale dissipée :  $P_{tot} = 150mW$

| Paramètre caractéristique   | Valeur                     |      |     | unité   |
|---|----------------------------|------|-----|---------|
|   | Min                        | typ  | max |         |
| Longueur d'onde $\lambda_p$<br>sensibilité spectrale maximale   | 780                        |      |     | nm      |
| Sensibilité spectrale $S_\lambda$<br>$\lambda = 405 \text{ nm}$<br>$\lambda = 650 \text{ nm}$<br>$\lambda = 780 \text{ nm}$ |                            | 0,26 |     | A/W     |
|   |                            | 0,49 |     | A/W     |
|   |                            | 0,54 |     | A/W     |
| Courant d'obscurité $I_R$   | 0,05                       | 5    |     | nA      |
| Photocourant $I_{ph}$<br>$V_R = 5V, E_e = 0,5 \text{ mW/cm}^2$  |                            |      |     |         |
|   | $\lambda = 405 \text{ nm}$ | 4,5  |     | $\mu A$ |
|   | $\lambda = 650 \text{ nm}$ | 7,6  |     | $\mu A$ |
|   | $\lambda = 780 \text{ nm}$ | 8,5  |     | $\mu A$ |

Relative Spectral Sensitivity  
 $S_{rel} = f(\lambda)$



## Circuit intégré 4066



Ce circuit comporte 4 commutateurs (switch) analogiques indépendants et bidirectionnels, pilotés par une entrée de contrôle :

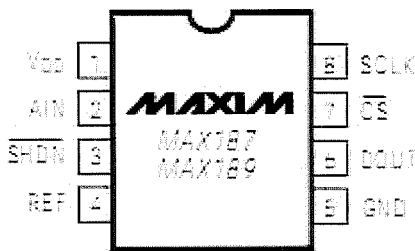
| Control      | switch |                              |
|--------------|--------|------------------------------|
| « 0 »<br>GND | OFF    | In et Out ne sont pas reliés |
| « 1 »<br>Vcc | ON     | In et Out sont reliés        |

## ANNEXE 2: DOCUMENTS CONSTRUCTEUR (suite)

### Convertisseur Analogique/Numérique MAX187

**Fonction** : Convertisseur Analogique/Numérique 12 bits série. Codage en binaire naturel.

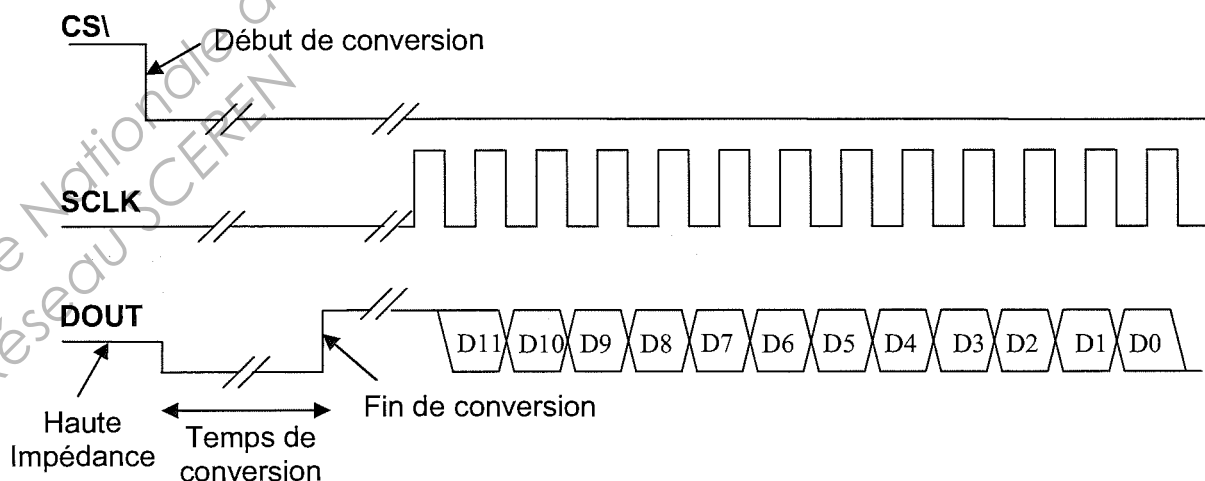
**Brochage et signaux** :



| Broche | Nom             | Description   |
|--------|-----------------|---|
| 1      | V <sub>DD</sub> | Tension d'alimentation +5V  |
| 2      | AIN             | Entrée analogique entre 0V et V <sub>REF</sub>  |
| 3      | SHDN\           | Sélection du mode de fonctionnement : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\overline{\text{SHDN}} = 0</math> mise en veille</li> <li>• <math>\overline{\text{SHDN}} = 1</math> conversion en utilisant la référence interne soit V<sub>ref</sub>=4,096V</li> <li>• <math>\overline{\text{SHDN}} = \text{NC}</math> (Non Connecté) conversion en utilisant la référence externe</li> </ul> |
| 4      | REF             | Tension de référence externe  |
| 5      | GND             | Masse (0V)  |
| 6      | DOUT            | Sortie des données série, les données changent d'états sur les fronts descendants de SCLK   |
| 7      | CS\             | Déclenchement de conversion sur le front descendant de CS\  |
| 8      | SCLK            | Entrée d'horloge pour la lecture en série des données   |

**Fonctionnement** :

Un front descendant sur l'entrée CS\ déclenche une séquence de conversion => le convertisseur débute la conversion et DOUT passe de l'état haute impédance à l'état « 0 ». A la fin de la conversion, DOUT passe à « 1 ». La donnée est sauvegardée alors dans un registre. A chaque front descendant de SCLK, il y a décalage du contenu du registre (B11 à B0) sur la sortie de donnée DOUT.



Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Examen ou Concours : \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

Né(e) le : \_\_\_\_\_

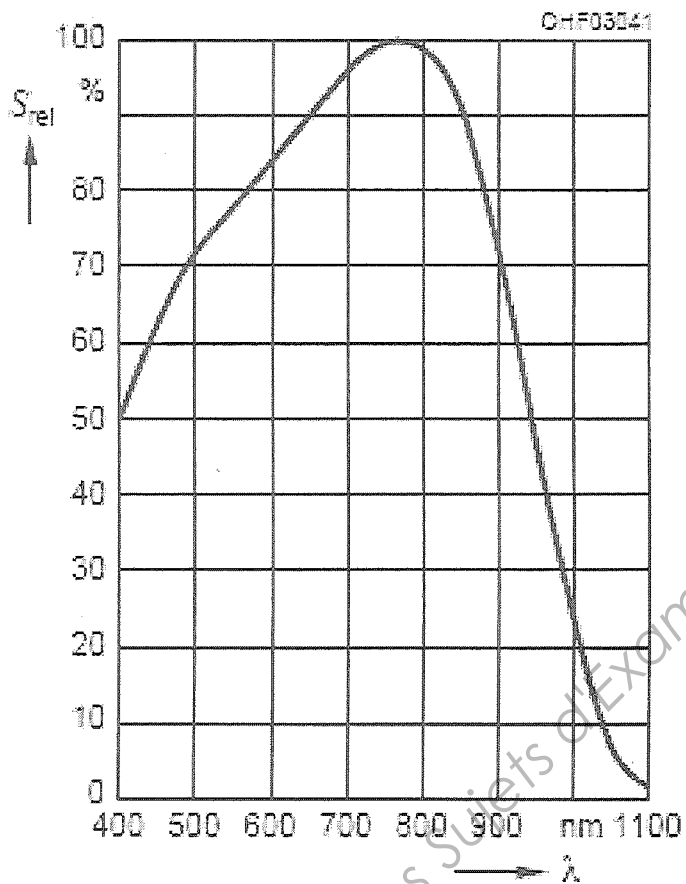
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

**DOCUMENT REPONSE N°1 – QUESTIONS 1 et 13**

Réponse question 1 : **PHOTODIODE SFH 2332**

**Relative Spectral Sensitivity**

$S_{rel} = f(\lambda)$



Réponse question 13 : **tableau à compléter :**

| Expression de $A_{v2} = \frac{v_4}{v_3}$ | Liaison In1 ↔ Out1<br>¼ 4066   | Etat de Cg<br>(0 ou 1) |
|--|--|------------------------|
| $A_{v2} = 1 + \frac{R_6}{R_4 + R_5}$     | <input type="checkbox"/> non reliées<br><br><input type="checkbox"/> reliées |                        |
| $A_{v2} = 1 + \frac{R_6}{R_5}$           | <input type="checkbox"/> non reliées<br><br><input type="checkbox"/> reliées |                        |

DANS CE CADRE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Examen ou Concours : \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_

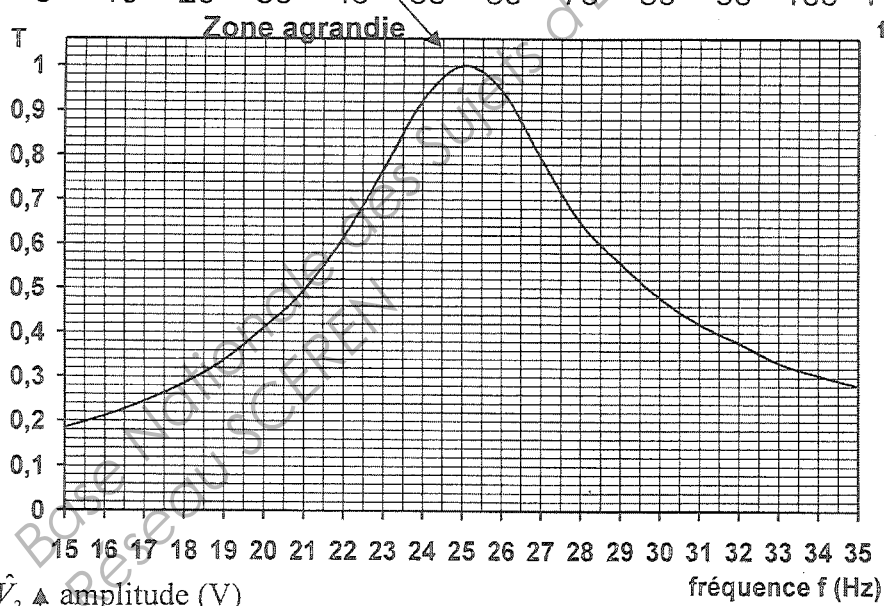
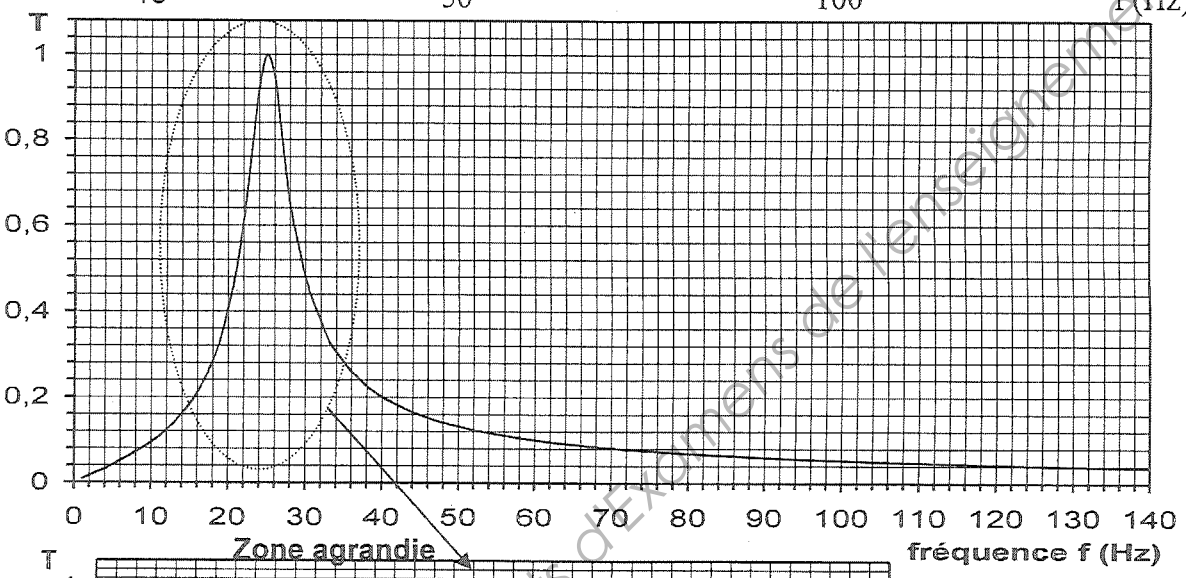
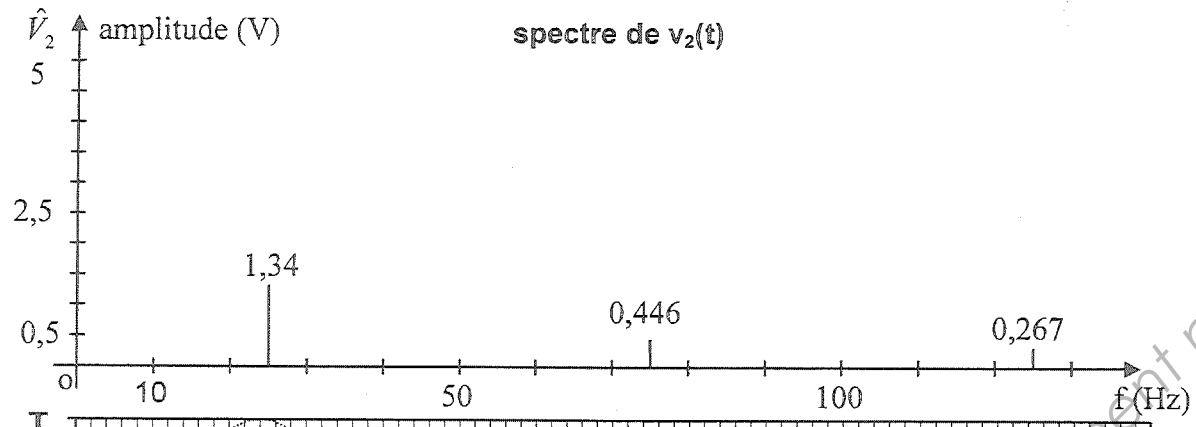
NOM : \_\_\_\_\_

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

Né(e) le : \_\_\_\_\_ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

**DOCUMENT REPONSE N°2 – QUESTIONS 11 et 12**

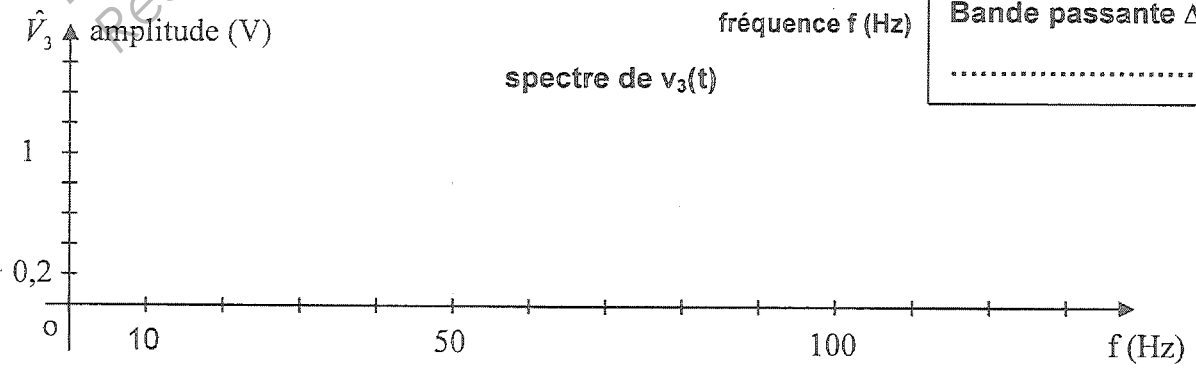


**Nature du filtre :**  
.....

**Fréquence centrale  $f_0$  :**  
.....

**Fréquence(s) de coupure  $f_c$  :**  
.....  
.....

**Bande passante  $\Delta f_{.3dB}$  :**  
.....



Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Examen ou Concours : \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_  
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

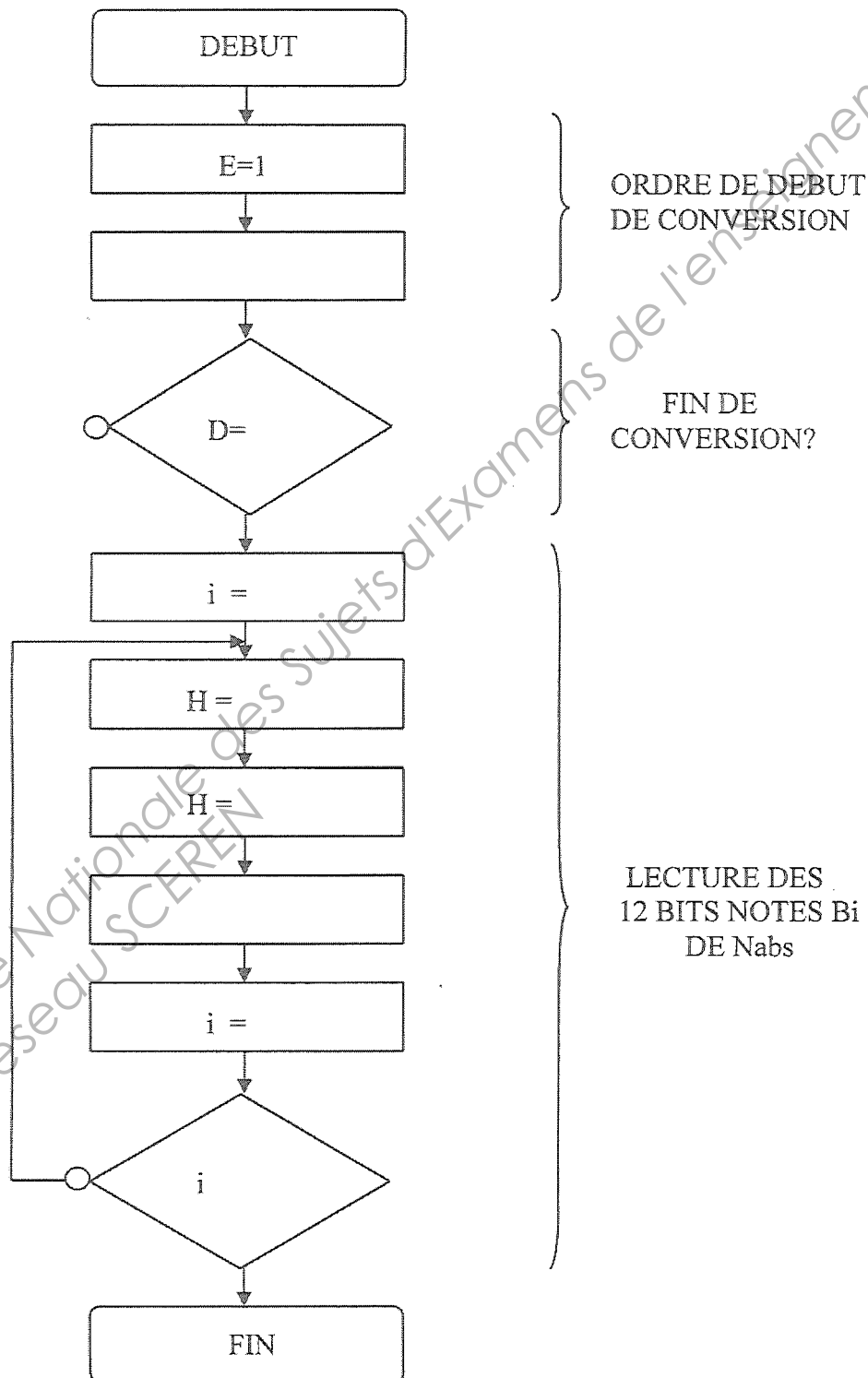
Né(e) le : \_\_\_\_\_ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

**DOCUMENT REPONSE N°3 – QUESTIONS 16 et 17**

Réponse question 16 :

| Nabs |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| B11  | B10 | B9 | B8 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|      |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Réponse question 17 :



DANS CE CADRE