

# CONCOURS EXTERNE DE TECHNICIEN DE POLICE TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE DE LA POLICE NATIONALE

Concours 2012

## ***ELECTRONIQUE***

Epreuve écrite de connaissance  
se rapportant à la spécialité choisie

Durée de l'épreuve : 3 heures – Coefficient : 2

Il vous appartient de vous assurer que le sujet en votre possession comporte la totalité des pages (14 pages).

Il vous est demandé de répondre avec clarté à chaque question, sur votre feuille de composition (coin gommé).

**CALCULATRICES AUTORISEES  
(NON ALPHANUMERIQUES – NON PROGRAMMABLES)  
REGLE AUTORISEE**

**Sous peine d'annulation** de leur épreuve, les candidats ne devront faire apparaître **aucun signe ou mention** pouvant permettre l'identification des copies et intercalaires.

# Epreuve d'Electronique

**Durée 3 heures**

Aucun document n'est autorisé

Les calculatrices à fonctionnement autonome sont autorisées.

Le sujet comporte au total 13 pages.

Page 1 : Page de garde

Page 2 à 11 : Enoncé

Page 12 à 13 : Annexe 1

Le sujet a été rédigé de telle sorte que les questions soient dans une très large mesure indépendantes les unes des autres.

*La qualité de la présentation et de la rédaction des réponses entre en compte dans la notation.*

Les amplificateurs linéaires intégrés (amplificateurs opérationnels) sont supposés idéaux. On supposera en particulier que les potentiels de saturation en sortie d'amplificateur sont égaux aux potentiels d'alimentation (les tensions de déchet sont supposées nulles).

**Les résistances utilisées pour les montages demandés doivent faire partie de la série « E12 » :** 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82

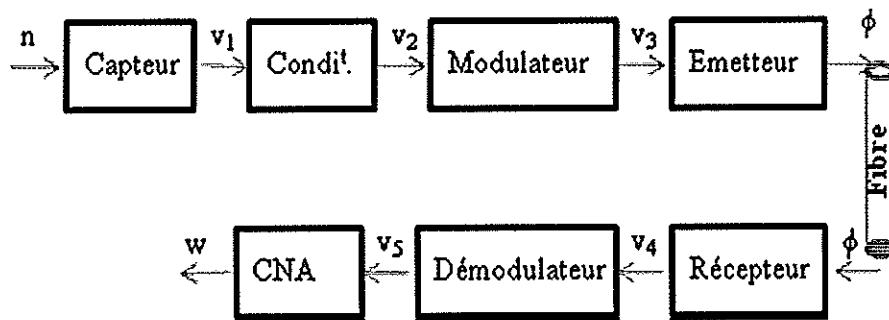
## ENONCE

### Etude d'une chaîne de mesure

On se propose d'étudier une chaîne de mesure de la vitesse de rotation d'un moteur.

Une dynamo-tachymétrique convertit la vitesse de rotation d'un moteur en une tension. Après conditionnement, cette grandeur électrique est transmise à grande distance à l'aide d'un ensemble modulateur-démodulateur. La transmission se fait par voie optique à l'aide d'une fibre optique. En bout de chaîne, le signal est numérisé par le convertisseur analogique numérique d'un micro-processeur.

Le schéma fonctionnel de la chaîne de mesure est le suivant :



(Figure 1)

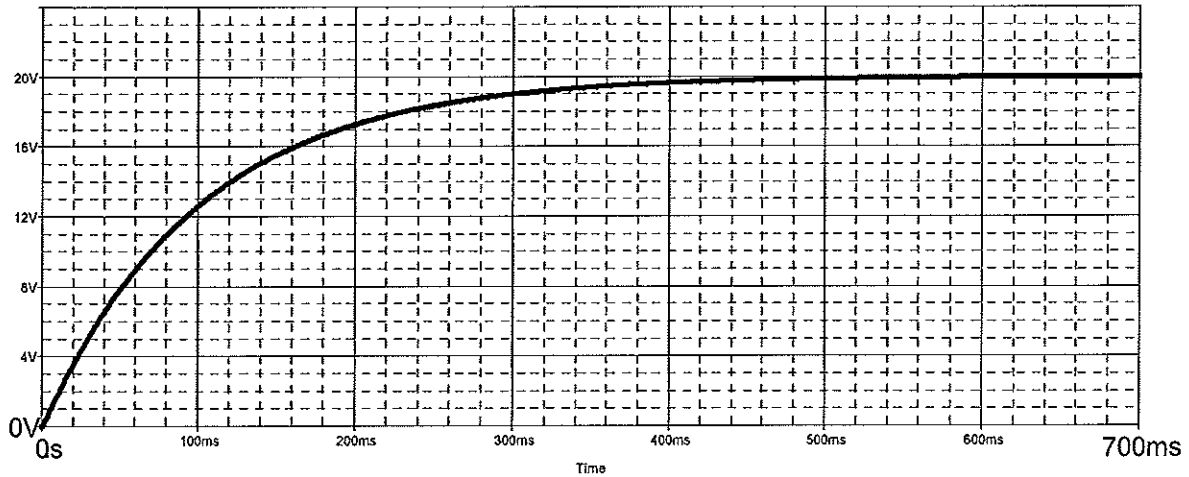
Le sujet a pour but l'étude de chacun de ces blocs fonctionnels. Le nom des variables utilisées est précisé sur la figure 1.

#### 1 Etude du capteur

Le capteur de vitesse est une dynamo-tachymétrique, qui délivre en régime permanent une tension continue  $v_1$  proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur, notée  $n$ .

Pour modéliser ce capteur, on réalise l'expérience suivante : alors que la dynamo est à l'arrêt, on impose une vitesse de rotation de l'arbre de  $n_0=2400$  tours par minute (on suppose que la vitesse de rotation passe instantanément de 0 à  $n_0$ ).

La réponse du capteur à cet échelon de vitesse est donnée figure 2.



(Figure 2)

On admet qu'on peut modéliser l'évolution de la tension  $v_1$  donnée figure 2 par l'équation suivante :  $v_1(t) = Kn_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  où  $K$  et  $\tau$  sont deux constantes caractéristiques du capteur.

- (2 points) 1.1 Déterminer la valeur numérique du coefficient  $K$ . On donnera le résultat en  $V.min.tr^{-1}$  puis en  $V.s.rad^{-1}$ .
- (2 points) 1.2 Déterminer la valeur numérique de la constante de temps  $\tau$ , en précisant la méthode utilisée.

**ATTENTION :**

*Dans la suite du problème, on ne prendra pas en compte la constante de temps  $\tau$  calculée au 1.2. On supposera donc que  $\tau=0$ .*

**2 Conditionnement**

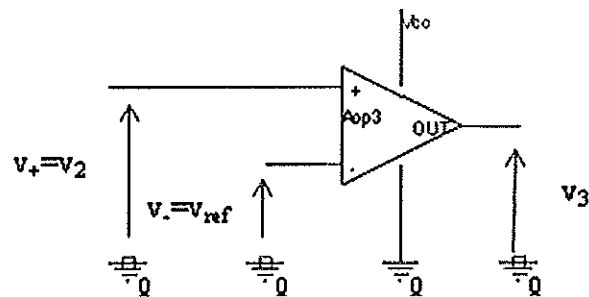
On souhaite que la tension  $v_2$  appliquée à l'entrée du modulateur soit égale à 15V quand la vitesse de rotation est égale à 3000 tr. min<sup>-1</sup>.

- (2 points) 2.1 Proposer un montage électrique linéaire qui, intercalé entre le capteur et le modulateur, permet un conditionnement correct de la tension. (On précisera la valeur des composants utilisés).
- (2 points) 2.2 La tension  $v_2$  vérifie l'équation  $v_2 = k.n$ , où  $n$  est la vitesse de rotation.

Déterminer la valeur numérique du coefficient  $k$ .

### 3 Modulateur

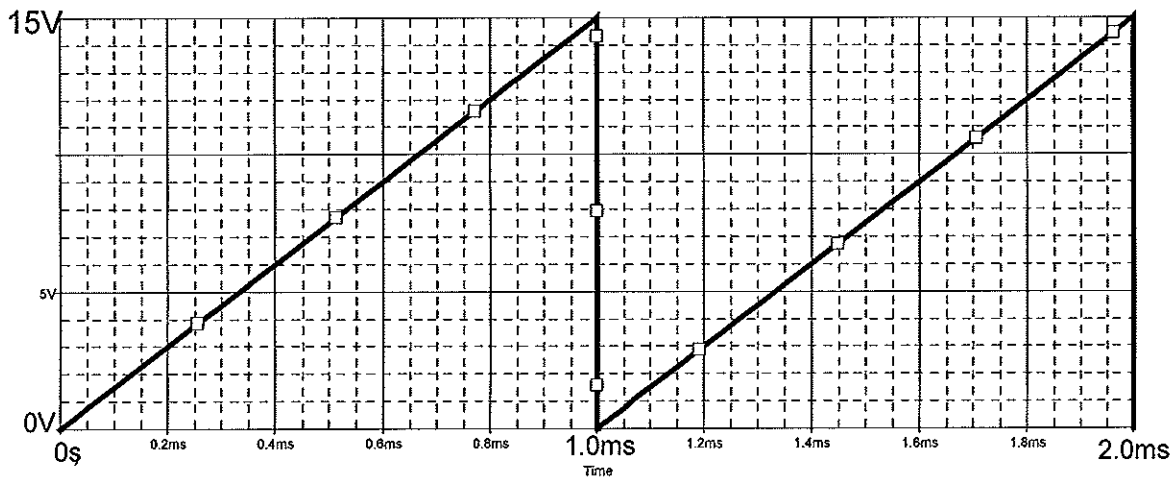
Le schéma structurel du modulateur est donné figure 3.



$$V_{cc}=15V$$

(Figure 3)

Le signal  $v_-=v_{ref}$  est un signal périodique de période  $T$ . Son chronogramme est représenté figure 4 sur une durée de 2ms.



(Figure 4)

(0,5 points) 3.1 Justifier le fait que l'amplificateur intégré linéaire fonctionne en mode comparateur.

(2 points) 3.2 On suppose que  $v_2$  est un signal continu égal à  $v_2=12V$

Tracer l'allure du chronogramme du signal  $v_3$  en sortie du modulateur (On prendra soin de définir les échelles du graphe en plaçant une valeur sur chaque axe).

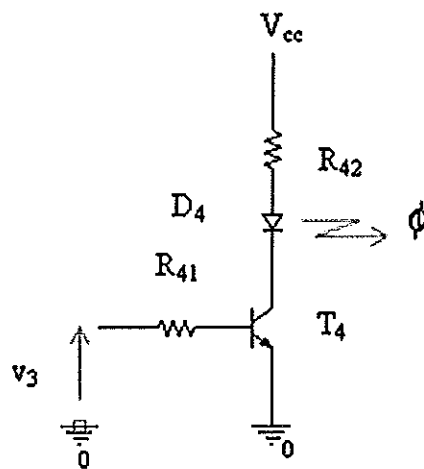
(2 points) 3.3.1 Sur l'intervalle de temps  $[0, T]$ , donner l'expression de la tension de référence  $v_{ref}(t)$  en fonction de  $V_{cc}=15V$ ,  $T$  et  $t$ .

(2 points) 3.3.2 Proposer un montage qui permet de générer le signal  $v_{ref}$  sur l'intervalle  $[0 ; T]$ .  
(On précisera la valeur numérique des composants utilisés).

(2 points) 3.4 Donner l'expression de la largeur de l'impulsion  $\Delta t$  du signal  $v_3$  en fonction de  $V_{cc}$ ,  $v_2$  et  $T$ . ( $\Delta t$  correspond à la durée durant laquelle le signal  $v_3$  est non nul sur une période).

#### 4 Emetteur

Le schéma structurel de l'émetteur est donné figure 5.



$$V_{cc}=15V$$

(Figure 5)

Le dipôle  $D_4$  est une diode électroluminescence (LED). On suppose que sa tension de seuil est de 2,0V. Quand elle est traversée par un courant, elle émet de la lumière dont le flux lumineux est noté  $\phi$ .

Le transistor  $T_4$  est un transistor bipolaire. Son amplification en courant est égale à  $\beta=100$  et on suppose que sa tension de saturation est égale à 0,2V.

(0,5 points) 4.1 Quel est l'état de  $T_4$  quand  $v_3=0V$  ?

(3 points) 4.2 On souhaite que la puissance dissipée dans la « led »  $D_4$  soit égale à 20mW (à 10% près) lorsque le transistor est saturé. Déterminer la valeur de la résistance  $R_{42}$ . Dans ces conditions, le flux lumineux émis par la LED est égal à  $\phi_0=100\mu W$ .

(2 points) 4.3 On souhaite que le transistor soit saturé quand  $v_3=V_{cc}=15V$ . En prenant un coefficient de sursaturation de 2, déterminer la valeur de la résistance  $R_{41}$ .

(2 points) 4.4 Calculer la puissance moyenne dissipée dans le transistor  $T_4$ , quand on applique le signal  $v_3$  déterminé au 3.2 à l'entrée du modulateur.

## 5 Transmission optique

La transmission du signal (le flux lumineux  $\phi$ ) est assurée par une fibre optique.

(2 points) 5.1 Donner des avantages que présente une transmission par fibre optique par rapport à une transmission par fil en paire torsadée.

(2 points) 5.2 La diode électro luminescente émet une onde électromagnétique de fréquence  $5.10^{14}$ Hz.

Déterminer la valeur de la longueur d'onde de cette onde dans le vide.

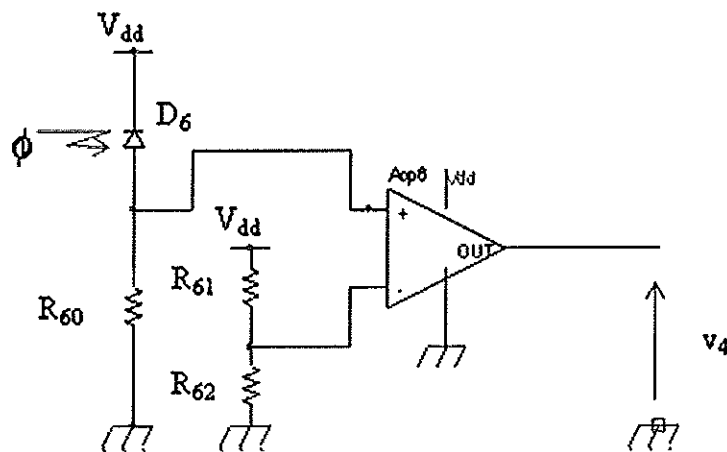
(2 points) 5.3 Le signal (le flux lumineux) produit par la photodiode dans la fibre optique résulte de la modulation d'une porteuse à  $5.10^{14}$  Hz par le signal  $v_3$ .

Le signal  $v_3$  module-t-il la porteuse en amplitude ou en fréquence ou en phase ?

(2 points) 5.4 Pourquoi n'applique-t-on pas directement le signal  $v_3$  à l'entrée de la fibre optique (sans utiliser de LED) pour transmettre l'information?

## 6 Récepteur

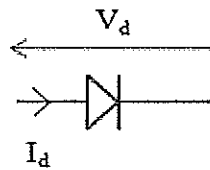
Le récepteur dont le schéma est donné figure 6 est essentiellement constitué d'une photodiode. On suppose que le flux lumineux  $\phi$  reçu par cette photodiode est égal à celui émis par la LED de l'émetteur (il n'y a pas d'atténuation lors de la transmission).



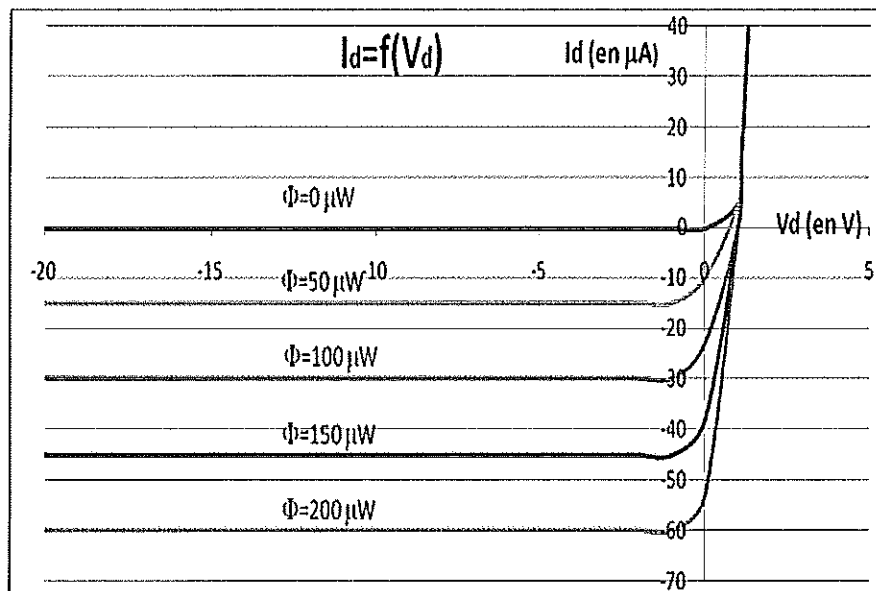
$$V_{dd}=5,0V, R_{60}=100 \text{ k}\Omega, R_{61}=100 \text{ k}\Omega, R_{62}=33 \text{ k}\Omega,$$

(Figure 6)

La caractéristique de la photodiode  $I_d=f(V_d)$  est donnée figure 7b pour 5 valeurs du flux lumineux. On rappelle (figure 7a) les conventions de signe pour  $V_d$  et  $I_d$ .



(Figure 7a)



(Figure 7b)

- (1 point) 6.1. Déterminer le potentiel  $v_4$ , quand le flux lumineux  $\phi$  est nul.
- (1 point) 6.2.1 On suppose que le flux lumineux  $\phi$  est égal à  $100\mu W$ . Dans ces conditions d'éclairage et de polarisation, quel est le dipôle équivalent à la photodiode?
- (1 point) 6.2.2 Déterminer la valeur de  $v_4$ , quand le flux lumineux  $\phi$  est égal à  $100\mu W$ .



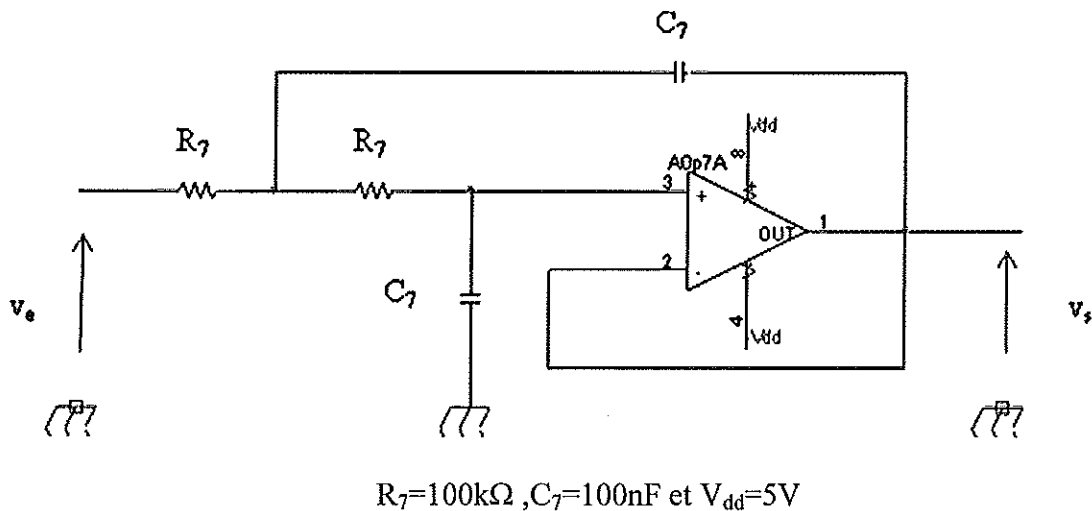
## 7 Démodulateur

L'étude du filtre démodulateur se fait en 3 étapes :

On étudie d'abord le filtre en régime sinusoïdal permanent (7.1). On s'intéresse dans un 2<sup>ème</sup> temps (7.2) au signal  $v_4$  appliqué à l'entrée du filtre. Enfin on analyse l'action de ce filtre démodulateur sur le signal  $v_4$  en déterminant sa réponse  $v_5$  (7.3).

### 7.1 Etude d'un filtre

On étudie en régime sinusoïdal permanent le filtre dont le schéma est donné figure 8. On suppose que l'amplificateur intégré linéaire AOp7A fonctionne en mode linéaire.



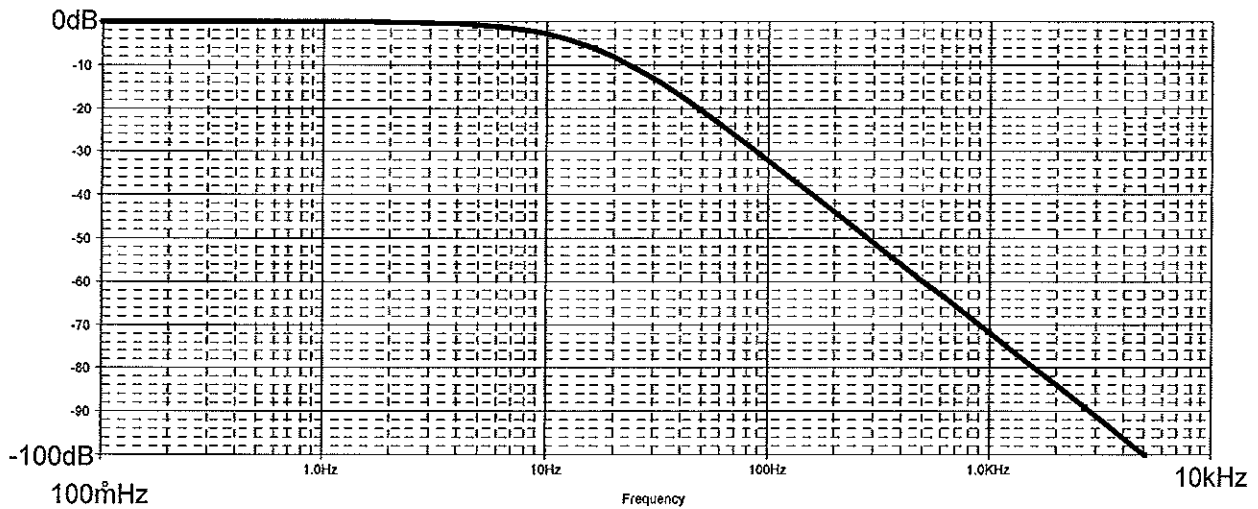
(Figure 8)

(2 points) 7.1.1 En rappelant l'expression de l'impédance complexe d'un condensateur de capacité  $C_7$ , donner un schéma équivalent de ce filtre à très basse fréquence, puis à très haute fréquence.

(2 points) 7.1.2 En déduire l'expression du potentiel  $v_s$  à très basse fréquence, puis à très haute fréquence.

Conclure sur le type de filtre (passe-bas, passe-bande ou passe-haut).

Le diagramme de gain du filtre (le gain en décibel en fonction de la fréquence) est le suivant :



(Figure 9)

(4 points)

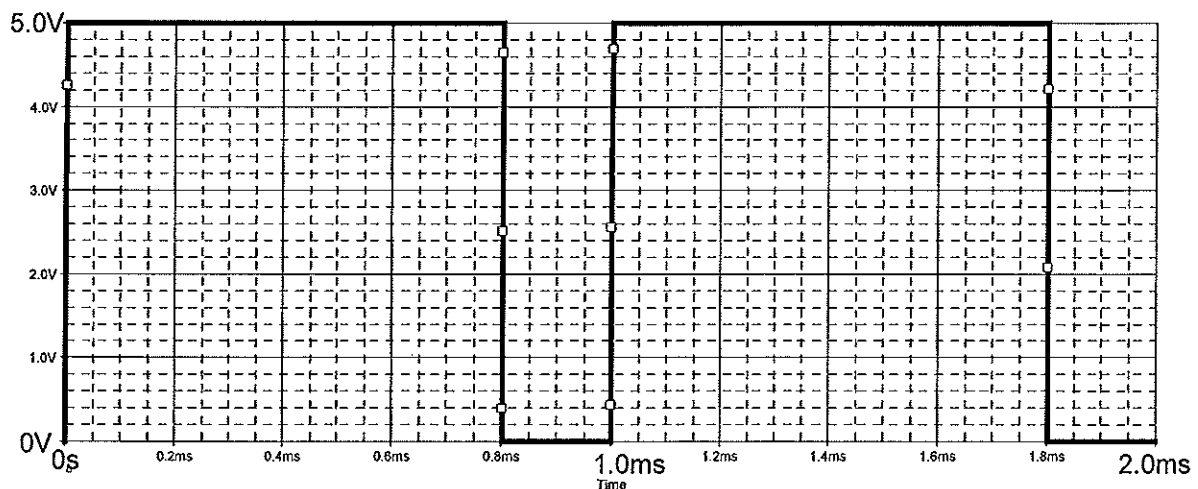
7.1.3 Quel est l'ordre du filtre? Justifier .

Quelle est la valeur de sa fréquence de coupure ?

Quelle est la valeur de l'amplification en tension du filtre à 1kHz ?

## 7.2 Etude du signal $v_4$ .

On admet que le signal  $v_4$  a l'allure suivante pour  $v_2=12V$ .



(Figure 10)

(2 points) 7.2.1 Quelle grandeur caractéristique du chronogramme de  $v_4$  dépend de la vitesse de rotation du moteur ?

(2 points) 7.2.2 Définir et calculer le rapport cyclique  $\alpha$  de ce signal.

On admet que ce signal périodique se décompose en série de Fourier de la manière suivante :

$$v_4(t) = V_{40} + \hat{V}_{41} \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_1) + \hat{V}_{42} \cos(2\pi \cdot 2 \cdot f \cdot t + \varphi_2) + \dots + \hat{V}_{4n} \cos(2\pi \cdot n \cdot f \cdot t + \varphi_n) + \dots$$

$$\text{Pour } n \geq 1, \hat{V}_{4n} = 2V_{dd} \frac{\sin(\pi \cdot n \cdot \alpha)}{\pi \cdot n} \quad \text{avec } V_{dd} = 5V$$

(2 points) 7.2.3 Que représente  $V_{40}$  ? Calculer sa valeur pour le chronogramme donné ci-dessus.

(2 points) 7.2.4 De manière plus générale, donner l'expression de  $V_{40}$  en fonction de  $\alpha$  et  $V_{dd}$ .

(3 points) 7.2.5 Calculer pour le chronogramme ci-dessus (Figure 10) les valeurs de  $\hat{V}_{41}$ ,  $\hat{V}_{42}$ ,  $\hat{V}_{43}$ .

(3 points) 7.2.6 Tracer l'allure du spectre d'amplitude du signal  $v_4$  pour le chronogramme donné ci-dessus. (On se limitera aux 4 premières raies et on précisera les échelles des axes).

### 7.3. Filtrage du signal $v_4$

On applique à l'entrée du filtre le signal  $v_4$  dont le chronogramme est donné figure 10.

(3 points) 7.3.1 Tracer l'allure du spectre d'amplitude du signal  $v_5$  en sortie de filtre, en justifiant votre réponse.

(2 points) 7.3.2 En déduire l'allure du chronogramme du signal  $v_5$ .

## 8 Synthèse de la chaîne analogique

(4 points) 8. Etablir la relation qui lie la tension  $v_5$  et la vitesse de rotation  $n$ . On donnera une expression littérale à l'aide des paramètres caractéristiques des différents montages.

## 9 Numérisation

Le signal  $v_5$  est appliqué à l'entrée d'un microcontrôleur pour pouvoir être numérisé. La tension d'alimentation du microcontrôleur est de 5V. Le convertisseur analogique numérique intégré au microcontrôleur comporte 10 bits. Le programme en C dans le microcontrôleur est donné avec quelques commentaires en annexe 1.

- (3 points) 9.1. Que vaut la variable « a » quand  $v_5=4,0V$  ? Donner le résultat sous forme décimale, binaire et hexadécimale.
- (2 points) 9.2.1 Quelle est la plus petite variation du potentiel  $v_5$  détectable par ce convertisseur ?
- (2 points) 9.2.2 En déduire la plus petite variation de vitesse détectable par cette chaîne de mesure.
- (2 points) 9.3.1 Expliquer le rôle de la fonction « Calcul() » dans le programme en C.
- (2 points) 9.3.2 Expliquer pourquoi les additions successives réalisées dans la fonction « Calcul() » ne peuvent en aucun cas générer un dépassement de capacité de la variable « somme ».
- (3 points) 9.4 Expliquer par quel procédé, le programme contrôle le fait que la mesure du signal  $v_5$  est effectuée à intervalles de temps réguliers. *On donnera succinctement le principe de fonctionnement de ce procédé sans chercher à calculer la période d'acquisition des mesures.*

## Annexe 1

```
#include <16F876a.h>          //Mico-processeur PIC 16F876
#device ICD=TRUE
#device *=16
#device ADC=10              // Convertisseur Analogique Numérique sur 10 bits
#use delay(clock=2500000)    // Fréquence du quartz 2,5MHz. La fréquence d'horloge est
de 625kHz
#fuses XT, NOPROTECT, BROWNOUT, NOWDT
#zero_ram                   //remet la ram a 0 (initialise les variables a 0)

#define led_off output_low(PIN_B1)

/* variables du système */
int16 w;
int1 mes_flag;              //indicateur pour mesure
int1 calc_flag;            //indicateur pour calcul
int16 mst;
int j;                      //compteurs de boucle
int table[18];

/* déclaration des fonctions */
void init();
void mesure();
void calcul();

/* timer des taches appelées par interruption */
#int_timer2
void isr_timer2(void)       //Le timer2 est un compteur sur 8 bits
{
    mst++;
    if (mst == 500){mes_flag = 1;}
    if (mst == 500){mst = 0;}
}

/* programme principal */
void main()
{
    init();
    while (1)
    {
        led_off;
        mesure();
        calcul();
    }
}
```

```
/* définitions des fonctions */
```

```
void mesure()
```

```
{int16 a;  
  if (mes_flag==1){set_adc_channel(0);  
                  delay_us(100);  
                  a=read_adc();  
                  table[j] = a;  
                  j++;  
                  if(j>=4){j=0;}  
                  mes_flag=0;  
                  calc_flag=1;  
                  }  
}
```

```
void calcul()
```

```
{int16 somme;  
  int i;  
  if (calc_flag==1){somme=0;  
                    for (i=0;i<=3;i++){somme=somme+table[i];}  
                    w=somme/4;  
                    calc_flag=0;  
                    }  
}
```

```
void init()
```

```
{can_init();  
  setup_adc_ports( ALL_ANALOG );  
  setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);  
  setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,8,5); // paramétrage du timer 2  
  enable_interrupts(INT_TIMER2); // autorisation interruption timer2  
  enable_interrupts(GLOBAL); // autorisation de toutes les interruptions (afin de prendre  
en compte timer2)  
}
```