

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

**ELECTROTECHNIQUE – ELECTRONIQUE – LOGIQUE APPLIQUEE**

**L'usage de la calculatrice est autorisé.**

*Le matériel autorisé comprend 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.*

- Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*
- Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

## PROBLEME I - ELECTRONIQUE (durée conseillée : 1 heure)

### Indications

#### Les différentes parties sont indépendantes

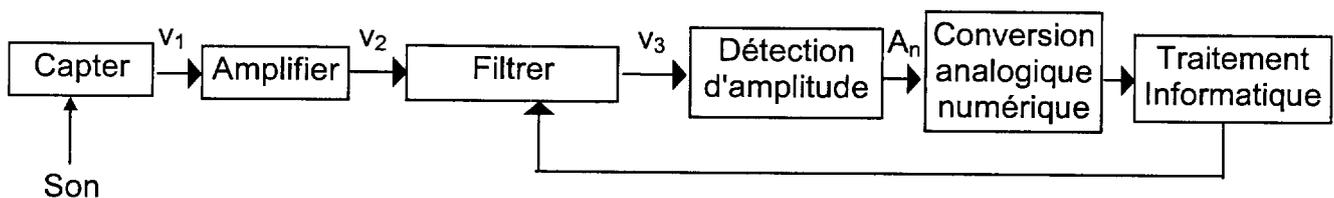
Dans les schémas, les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits et sont alimentés sous les tensions  $+V_{CC}$  et  $-V_{CC}$  avec  $V_{CC} = 12\text{ V}$ ; les tensions de saturation sont  $\pm V_{SAT} = \pm 12\text{ V}$ . On notera  $V^+$ , le potentiel de l'entrée non inverseuse et  $V^-$ , celui de l'entrée inverseuse.

On note  $v(t)$  la valeur instantanée de la tension,  $V$  sa valeur efficace et  $\hat{V}$  son amplitude ou valeur maximale.

### Introduction

Le bruit d'une machine tournante en fonctionnement normal génère un son produisant, à la sortie d'un capteur, un signal périodique. En cas de dégradation d'un organe présentant une panne, l'amplitude de ce signal périodique change. En détectant ce changement, on peut prévoir une panne imminente. C'est le but de l'étude.

### Schéma fonctionnel



### I.1 - ETUDE DU CAPTEUR ET DE L'AMPLIFICATEUR (figure 1 page 3)

Le capteur modélisé par son schéma équivalent  $\{v_c, R_c\}$  (figure 1, page 3), présente une f.e.m.  $v_c(t)$  supposée sinusoïdale, d'amplitude  $\hat{V}_c = 20\text{ mV}$ . On donne  $R_c = R_1 = 600\ \Omega$ .

I.1.1 - Calculer l'amplitude  $\hat{V}_1$  et la valeur efficace  $V_1$  de  $v_1(t)$ .

I.1.2 - Montrer que  $v_2(t)$  peut s'exprimer en fonction de  $v_1(t)$  et des résistances  $R_2$  et  $R_3$ .

I.1.3 - Pour  $R_3 = 10\text{ k}\Omega$  et  $\hat{V}_1 = 10\text{ mV}$ , déterminer la valeur de  $R_2$  qui permet d'obtenir, pour  $v_2(t)$ , une amplitude :  $\hat{V}_2 = 0,5\text{ V}$ .

### I.2 - FILTRAGE

Le signal délivré par le capteur n'est plus sinusoïdal, mais il reste périodique de fréquence  $f_1$ . A la sortie de l'amplificateur, la tension  $v_2(t)$  s'écrit maintenant :

$$v_2(t) = \langle v_2 \rangle + \hat{V}_{21} \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + \hat{V}_{22} \sin(2\pi(2f_1)t + \varphi_2) + \hat{V}_{23} \sin(2\pi(3f_1)t + \varphi_3) + \dots + \hat{V}_{2n} \sin(2\pi(nf_1)t + \varphi_n).$$

Pour mesurer les amplitudes des différents harmoniques de  $v_2(t)$ , on utilise un filtre sélectif intégré (figure 2) dont on peut caler la fréquence centrale  $f_0$  sur la fréquence de l'harmonique considéré en faisant varier la résistance  $R$ .

I.2.1 - La caractéristique  $f_0(R)$  du filtre est donnée figure 4.

Déterminer la valeur de la résistance  $R$  qui permet d'obtenir  $f_0 = 2000$  Hz.

I.2.2 - Lorsque la fréquence centrale est fixée à  $f_0 = 2000$  Hz, on a relevé le diagramme du gain  $G$  du filtre en fonction de la fréquence (figure 3).

On rappelle :  $G = 20 \log \left( \frac{V_3}{V_2} \right)$ .

Le signal  $v_2(t)$ , présent à l'entrée du filtre, a pour fréquence :  $f_1 = 1000$  Hz.

L'amplitude du fondamental est :  $\hat{V}_{21} = 0,5$  V. Celle de l'harmonique 2 est :  $\hat{V}_{22} = 50$  mV.

Calculer les amplitudes  $\hat{V}_{31}$  du fondamental et  $\hat{V}_{32}$  de l'harmonique 2 de la tension  $v_3(t)$  présente à la sortie du filtre.

### I.3 - MULTIPLEXEUR ET FILTRE

Le choix de la résistance  $R$  qui permet de sélectionner, la fréquence centrale  $f_0$  du filtre est effectué avec un multiplexeur analogique CD 4051.

Le schéma détaillé du filtre est donné figure 5. La documentation constructeur du composant CD 4051 est fournie page 5/8.

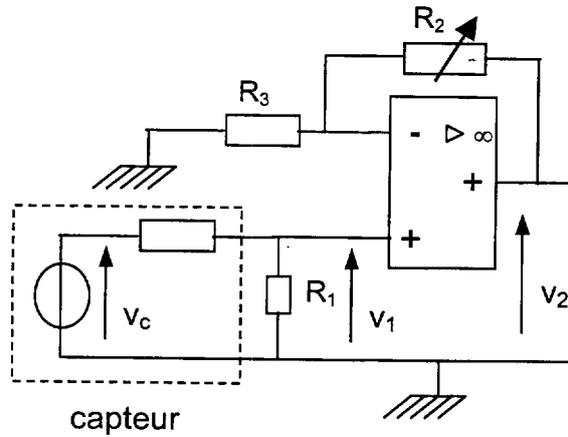
Indiquer la résistance (de  $R_{f0}$  à  $R_{f7}$ ) qui est reliée à l'entrée  $R_{ext}$  du filtre lorsque le système informatique place, sur les lignes de contrôle A, B, C, la combinaison : A = 0, B = 1, C = 1.

### I.4 - CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE

Le module **détection d'amplitude** fournit à l'entrée du C.A.N. (Convertisseur Analogique Numérique), 8 bits, une tension continue  $A_n$  égale à l'amplitude de l'harmonique à analyser (voir figure 6). La tension de référence du C.A.N. est fixée à  $V_{ref} = 5$  V.

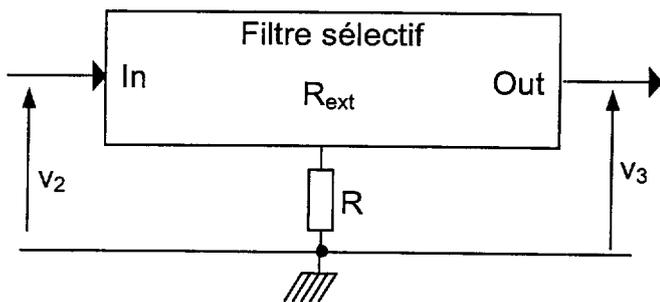
I.4.1 - Calculer la tension  $A_{n1}$  appliquée à l'entrée pour obtenir à la sortie du C.A.N. le mot binaire  $(N_1) = 01110101$ .

I.4.2 - Déterminer le mot binaire  $(N_2)$  obtenu à la sortie du C.A.N. avec une tension  $A_{n2} = 2,5$  V appliquée à l'entrée.

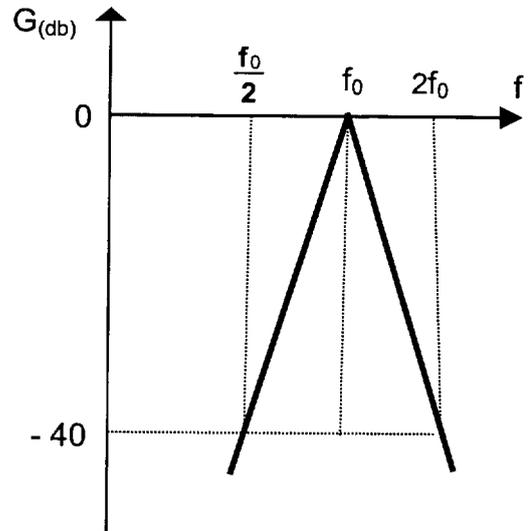


**Figure 1**

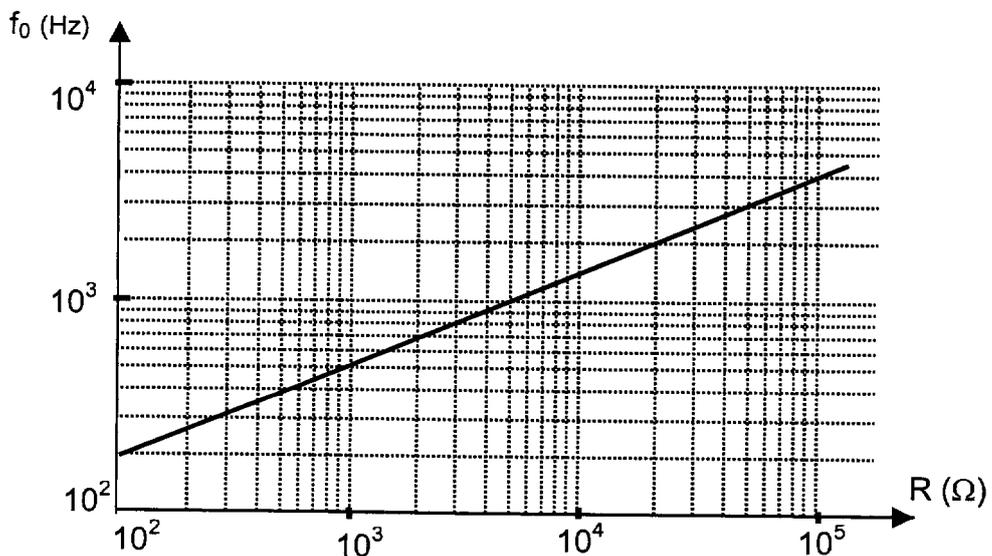
**Figure 2**



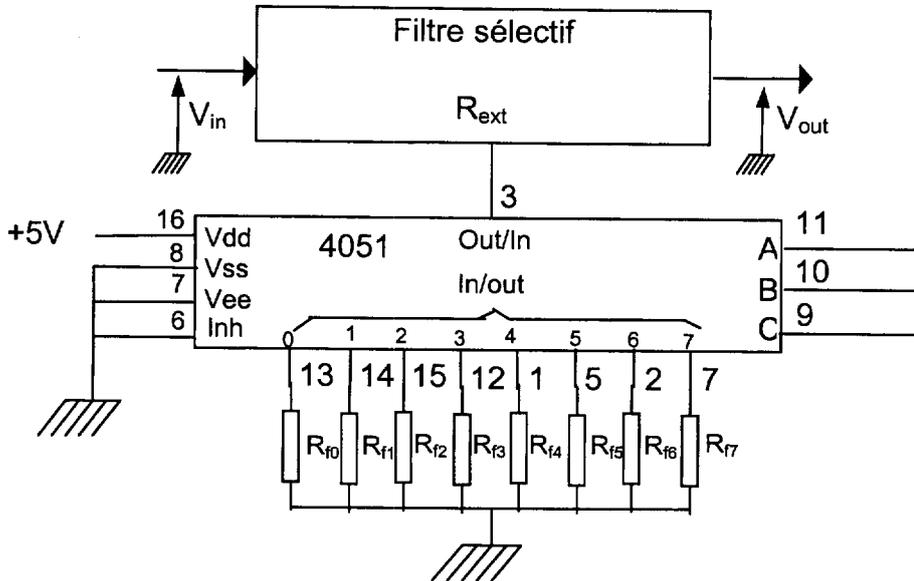
**Figure 3**



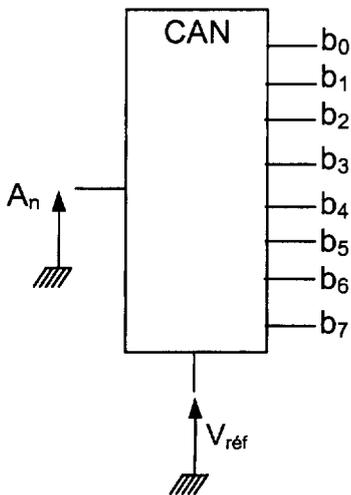
**Figure 4 : caractéristique  $f_0$  (R) du filtre**



**Figure 5 : filtre et multiplexeur**



**Figure 6 : C.A.N. (Convertisseur Analogique Numérique 8 bits)**



La relation liant  $A_n$  (tension d'entrée) aux variables binaires de sortie ( $b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$ ) s'écrit :

$$A_n = \frac{V_{réf}}{2^8} (2^7 b_7 + 2^6 b_6 + \dots + 2^1 b_1 + 2^0 b_0)$$

$$A_n = \frac{V_{réf}}{2^8} (N)$$

## Documentation constructeur (extraits)

### CD4051BM/CD4051BC Single 8-Channel Analog

#### Multiplexer/Demultiplexer

#### General Description

This analog multiplexer/demultiplexer is digitally controlled analog switches having low "ON" impedance and very low "OFF" leakage currents.

Control of analog signals up to 15V p-p can be achieved by digital signal amplitudes of  $3 \pm 15V$ . For example, if  $V_{DD} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$  and  $V_{EE} = -5V$ , analog signals from +5V to -5V can be controlled by digital inputs of  $0 \pm 5V$ .

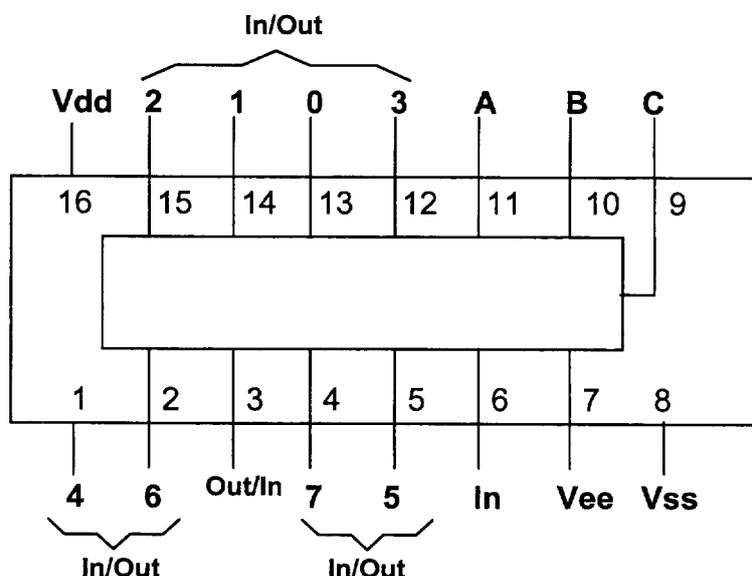
When a logical "1" is present at the inhibit input terminal all channels are "OFF".

CD4051BM/CD4051BC is a single 8-channel multiplexer having three binary control inputs. A, B, and C, and an inhibit input. The three binary signals select 1 of 8 channels to be turned "ON" and connect the input to the output.

INPUT STATES				"ON" CHANNELS
INHIBIT	C	B	A	CD4051
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	*	*	*	NONE

\* Don't care

**Connection Diagram**



**PROBLEME II - ELECTROTECHNIQUE (durée conseillée : 1 heure)**

Les ailes des avions possèdent des volets que le pilote peut sortir ou rentrer de façon à adapter la portance de l'appareil aux différentes phases de vol. La commande du mouvement de ces volets peut être obtenue par utilisation de moteurs asynchrones triphasés. Le problème propose de dégager quelques propriétés du système et des moteurs à partir des résultats des tests effectués lors de leur vérification.

Dans ces tests, comme dans l'appareil, le moteur est alimenté par un réseau triphasé 115 V / 200 V – 400 Hz.

La plaque signalétique du moteur porte les indications suivantes :

115 V / 200 V	400 Hz	6,9 A / 4 A
P = 700 W		11 100 tr.min <sup>-1</sup>

**II.1** - Justifier le couplage étoile des enroulements de la machine.

**II.2** - Comment inverse-t-on le sens de rotation du moteur pour passer de la position « sortir le volet » à la position « rentrer le volet » ?

**II.3** - Calculer l'intensité du courant continu qui circule lorsqu'on applique une tension continue de 12 V entre deux bornes du moteur couplé en étoile sachant que la résistance  $r$  d'un enroulement vaut :  $r = 1,5 \Omega$ .

**II.4** - Dans un essai à vide du moteur, on a mesuré :

- fréquence de rotation :  $n_v = 11\,900 \text{ tr.min}^{-1}$  ;
- intensité du courant absorbée :  $I_v = 2 \text{ A}$  ;
- puissance absorbée :  $P_v = 200 \text{ W}$ .

**II.4.1** - Calculer le nombre  $p$  de paires de pôles de la machine.

**II.4.2** - Calculer les pertes  $p_j$  par effet Joule à vide.

**II.4.3** - Calculer les pertes  $p_c$  autres que par effet Joule. Que représentent-elles ?

**II.5** - Dans un essai en charge, on applique un couple résistant constant de valeur  $T_r = 0,6 \text{ N.m}$  sur l'arbre. On mesure, pour ce fonctionnement, une fréquence de rotation  $n = 11\,100 \text{ tr.min}^{-1}$  et une intensité appelée par la machine  $I = 4 \text{ A}$  avec un facteur de puissance :  $\cos\phi = 0,74$ .

**II.5.1** - Quelle est la valeur  $T_u$  du moment du couple utile ?

**II.5.2** - Calculer la puissance utile  $P_u$  fournie par le moteur.

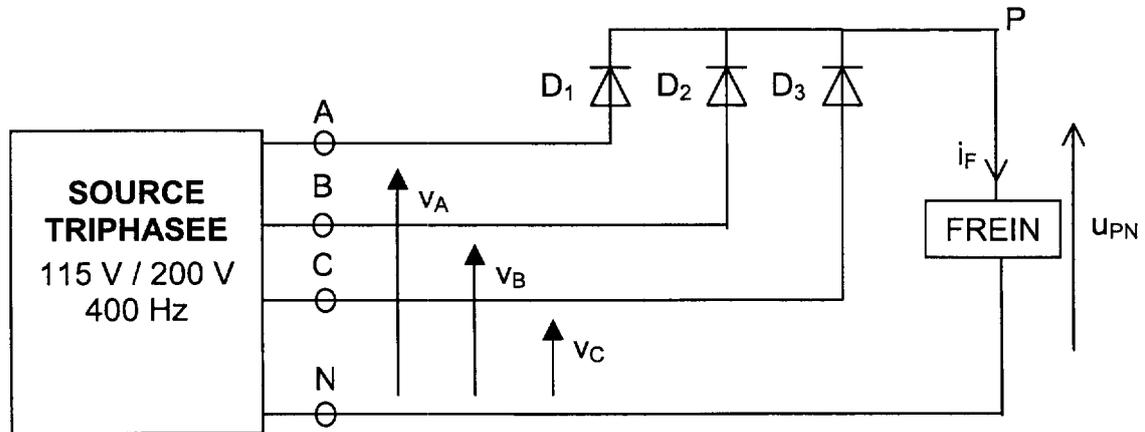
**II.5.3** - Calculer la puissance absorbée  $P_a$  par le moteur.

**II.5.4** - Calculer les pertes totales  $p_t$  de la machine.

**II.5.5** - Calculer le rendement  $\eta$  du moteur.

**II.6** - En pratique, l'unité de commande des volets comporte deux moteurs. Toutefois le système doit pouvoir fonctionner avec un seul moteur en cas de défaillance d'une des deux machines. Le couple résistant restant inchangé, comment va varier la vitesse de sortie ou de rentrée des volets ?

**II.7** - L'arbre actionnant les volets est maintenu immobile grâce à un frein dont le relâchement est commandé par un courant continu  $i_F$ . Ce courant est obtenu par la source triphasée et le montage redresseur comme indiqué sur le schéma ci-dessous. Le frein est modélisé par une résistance  $R$ .



- II.7.1** - Représenter la tension  $u_{PN}$  aux bornes de l'enroulement du frein sur le document réponse joint.
- II.7.2** - On note  $R$ , la résistance du frein et  $\langle U_{PN} \rangle$  la valeur moyenne de la tension aux bornes du frein. Ecrire la relation exprimant la valeur moyenne  $\langle I_F \rangle$  de l'intensité du courant  $i_F(t)$  circulant dans le frein.
- II.7.3** - Calculer  $\langle I_F \rangle$  si  $\langle U_{PN} \rangle = 0,675.U$  ( $U$  étant la valeur efficace de la tension mesurée entre deux phases de la source triphasée) et  $R = 450 \Omega$ .

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)

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

NE RIEN ÉCRIRE

MEE5TAA/EL

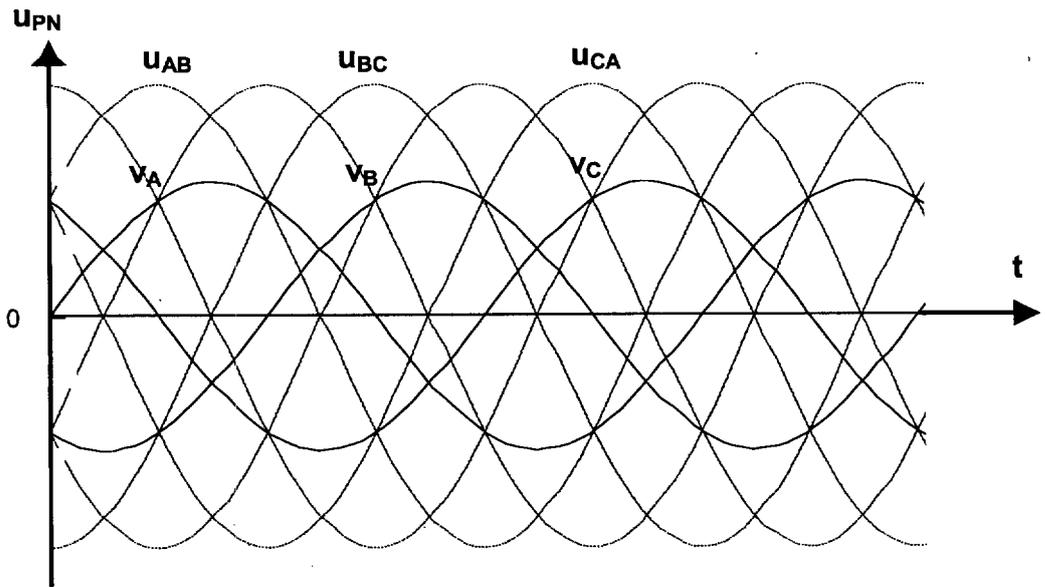
Repère : Session : 2006

Durée : 2 H

Page : 8/8

Coefficient : 1

**PROBLEME D'ELECTROTECHNIQUE  
DOCUMENT-REPONSE (question II.7.1)**



**BREVET TECHNICIEN SUPERIEUR  
MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

-----  
Session JUIL 2006  
-----

**TECHNOLOGIE APPLIQUEE A L'AERONEF ET MATHÉMATIQUES  
SERVOMECHANISMES ET INSTRUMENTS DE BORD – RADIONAVIGATION**

Durée : 2H00 Coefficient : 1

**CALCULATRICE ET DOCUMENTS INTERDITS**

Ce sujet comprend 5 pages, dont 2 annexes (1 et 2)

---

**1<sup>ère</sup> PARTIE : Servomécanismes Instruments de bord**  
Durée conseillée : 1H00

---

**1.1 Transmissions électriques à distance (6 points)**

Soit le montage suivant : (voir annexe 1)

- a) Après avoir fait l'analyse de l'installation, renseigner le schéma (voir les différents encadrés « gras » disponibles) (1 point)
- b) Expliquer le principe de fonctionnement de l'ensemble, tout en citant les fonctions des différents éléments (3 points)
- c) Reproduire un schéma électrique de principe qui met en évidence la nature et le fonctionnement de la transmission électrique à distance apparaissant sur le schéma (voir détails 1 et 2 de l'annexe 1) (3 points)

**1.2 Les instruments de contrôle moteur (2 points)**

Soit une installation de type "synchroscope": (voir annexe 2)

- Donner le but du système (1 point)
- Expliquer le fonctionnement de principe de l'installation (voir schéma B) (1 point)

**1.3 Inertial Navigation System (INS) / Inertial Reference System (IRS) (2 points)**

Soient des installations de type INS et IRS:

- Citer le but et donner le principe fondamental de ces deux systèmes (1 point)
- Expliquer sommairement les différences technologiques des deux systèmes (1 point)

---

**2<sup>ème</sup> PARTIE : Radionavigation**  
**Durée conseillée : 1H00**

---

**2.1 VOR (VHF Omni Range) (3 points)**

**a) (1 point)**

Quel est l'objectif du VOR ? Dans quelle bande de fréquences fonctionne-t-il ?

**b) (0,5 point)**

Décrire la chaîne d'instrumentation du VOR.

**c) (0,5 point)**

Comment appelle-t-on la zone d'imprécision existant à la verticale des balises VOR ?

**d) (1 point)**

Quelle est la formule permettant de calculer la portée d'une onde directe (pour une station VOR située au niveau de la mer) ? Quelles sont les unités des grandeurs intervenant dans cette formule ?

**2.2 NDB et ADF (7 points)**

**a) (0,5 point)**

L'ADF est un instrument utilisé en radionavigation.

De part sa conception, on peut définir l'ADF comme un « indicateur de ..... ».

**b) (0,5 point)**

L'ADF utilise une antenne cadre.

Pour quelle position du NDB, par rapport au plan du cadre, le signal reçu sera-t-il maximal ?

**c) (1 point)**

Quelle est l'utilité du système BFO ? Dans quelles régions est-il utilisé ?

**d) (1 point)**

Calculer la longueur d'onde correspondant à une fréquence d'émission de 300 kHz.

La vitesse de propagation de l'onde vaut  $3 \times 10^8$  m/s.

**e) (2 points)**

Quel phénomène de propagation des ondes est à l'origine de l'effet de côte ?

Sur un schéma, représentez le NDB, l'avion et la trajectoire de l'onde perturbée.

**f) (1 point)**

Décrivez le phénomène de *fading*. L'ADF est-il davantage sujet au *fading* le jour ou la nuit ?

**g) (1 point)**

Un avion vole vers un NDB au cap magnétique ( $C_m$ )  $060^\circ$ . Le relèvement magnétique ( $Z_{ma}$ ) de la station par rapport à l'avion est de  $070^\circ$ . Calculer le gisement ( $G_t$ ).

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

Académie :

Examen ou Concours

Spécialité/option\* :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

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

Prénoms :

Né(e) le :

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Session :

Série\* :

Repère de l'épreuve :

N° du candidat

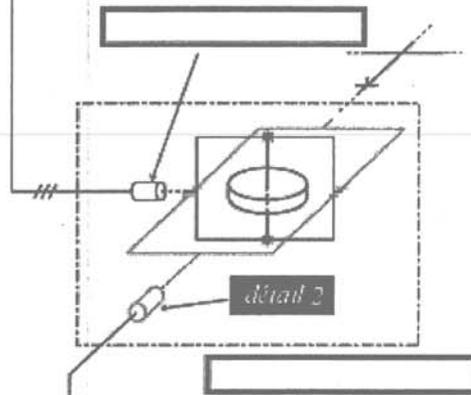
(le n° est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

MEE5TA/ASV

Document réponse à rendre avec la copie



CALCULATEUR



Légende

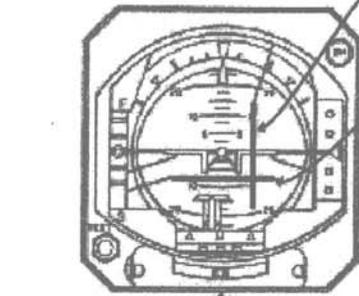
- - - liaison mécanique
- liaison électrique
- /// liaison électrique à 3 fils

### ANNEXE 1

Commandes des tendances

galvanomètres classiques ou asservis

INDICATEUR



commande de

commande de

détail 1

détail 2

Chassis

INSTRUMENTS

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

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 :

Né(e) le :

N° du candidat

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

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

MEE5TAA/SV

## ANNEXE 2

