

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATÉRIELS AÉRONAUTIQUES

ÉLECTROTECHNIQUE – ÉLECTRONIQUE – LOGIQUE APPLIQUÉE

L'usage de la calculatrice est autorisé.

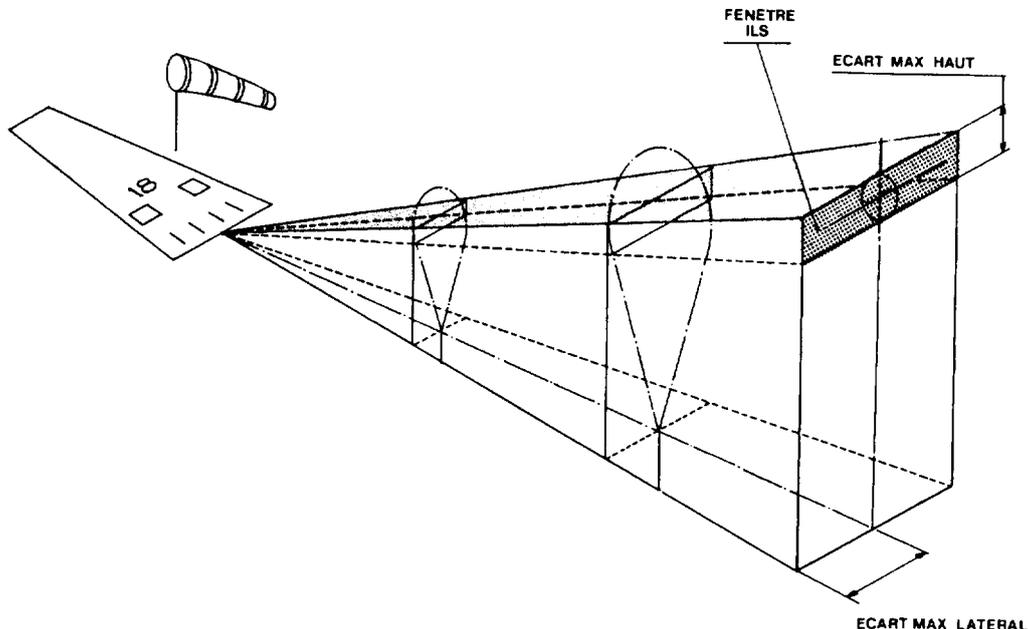
Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

- *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.*

INTRODUCTION

L'I.L.S (Instrument Landing System) est une aide à la navigation, qui permet à l'équipage d'effectuer des approches, dans des conditions de visibilité réduite.

Il est composé de deux sous-ensembles :



- le localizer (LOC) permettant d'effectuer le radio alignement de piste ;
- le glide (G/S) permettant d'effectuer le radio alignement de descente.

Chaque sous-ensemble est doté d'un circuit d'alarme commandant un drapeau (flag).

L'apparition du drapeau informe le pilote de la non-conformité de l'information LOC ou G/S qui peut être due à des causes diverses :

- problème d'alimentation,
- problème de traitement du signal,
- niveau du signal radio insuffisant,
- etc.

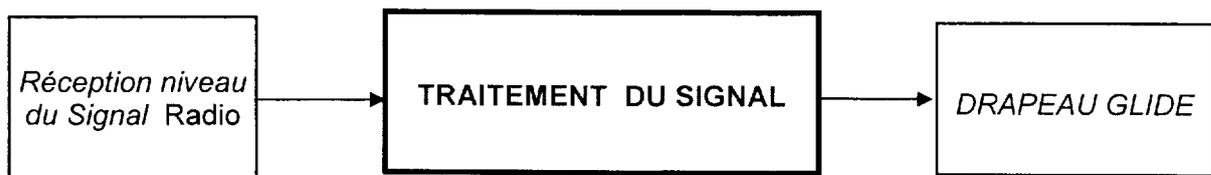
La partie ÉLECTRONIQUE du sujet proposé traite une étude simplifiée du contrôle du niveau du signal radio reçu par le récepteur ILS.

Si le niveau du signal reçu est suffisant, une bobine est mise sous tension et efface le drapeau glide.

Si le niveau du signal reçu est insuffisant, la bobine n'est pas alimentée et le drapeau glide apparaît.

PROBLÈME 1 - PARTIE ÉLECTRONIQUE

1 - ÉTUDE SIMPLIFIÉE DE COMMANDE DU DRAPEAU GLIDE



RAPPEL : dans tous les schémas :

Les diodes sont supposés idéales et présentent une tension nulle en sens direct.

Les amplificateurs opérationnels, supposés parfaits, sont alimentés sous des tensions continues symétriques ; leurs tensions de saturation sont : $+V_{SAT}$ et $-V_{SAT}$ avec $V_{SAT} = 15V$.

1.1 - CIRCUIT D'ENTRÉE (Figure 1 de l'annexe)

1.1.1 - Exprimer la tension U_0 en fonction des potentiels E_1 et E_2 .

1.1.2 - La résistance R_0 vaut $R_0 = 1000 \Omega$; calculer la puissance P_0 dissipée par effet joule lorsque la tension aux bornes de R_0 prend la valeur $U_0 = -0,15 \text{ V}$.

1.2 - AMPLIFICATEUR DIFFÉRENTIEL (Figure 2 de l'annexe)

1.2.1 - Exprimer U_{BM} (le potentiel de l'entrée non inverseuse) en fonction de E_1 , R_1 et R_2 .

1.2.2 - Exprimer U_{AM} (le potentiel de l'entrée inverseuse) en fonction de E_2 , U_1 , R_1 et R_2 .

1.2.3 - A partir des expressions des tensions U_{AM} et U_{BM} , montrer que $U_1 = \frac{R_2}{R_1} (E_1 - E_2)$.

1.2.4 - Avec $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$, calculer la valeur de R_1 qui permet d'obtenir $U_1 = 4 \text{ V}$ lorsque $(E_1 - E_2) = 0,1 \text{ V}$.

1.3 - CIRCUIT INTÉGRATEUR (Figure 3 de l'annexe)

1.3.1 - L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire ; en justifiant votre réponse, donner la tension U_{DM} en fonction de E_r .

1.3.2 - $U_1 = 40 U_0$; exprimer l'intensité I du courant en fonction de U_0 , E_r et R .

1.3.3 - Exprimer la tension $u_c(t)$ en fonction de $u_2(t)$ et E_r .

1.3.4 - E_r est une tension constante et $I = C \frac{d u_c}{dt}$; exprimer l'intensité I du courant en fonction de C , t et $u_2(t)$.

1.4 - ÉTUDE DU CIRCUIT COMPLET (Figure 4 de l'annexe)

On donne :

$U_1 = 40 U_0$; $R_5 = 25 \text{ k}\Omega$; $R = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 4,7 \mu\text{F}$; $E_r = -8 \text{ V}$; $R_B = 2,2 \text{ k}\Omega$.

La résistance R_B est calculée pour que le transistor T fonctionne en commutation avec les tensions $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ et V_{CE} (en saturation $V_{CESAT} = 0,2 \text{ V}$).

1.4.1 - Calculer la valeur particulière de U_0 qui donne une intensité nulle dans R .

Pendant une phase de variation, la tension $u_2(t)$ a pour expression instantanée :

$$u_2(t) = -\frac{I}{C} t + u_2(0) ; \text{ avec } u_2(0) \text{ sa valeur à la date } t = 0.$$

Pour $u_2(0) = +15 \text{ V}$ et $I = 0,1 \text{ mA}$, calculer la durée t_1 nécessaire à $u_2(t)$ pour passer de $+15 \text{ V}$ à -15 V .

Dès que l'intensité I devient négative, on obtient avec un retard négligeable, $u_2 = +V_{SAT}$ et $U_e = +V_{SAT}$.

Dès que l'intensité I devient positive, on obtient avec un retard négligeable, $u_2 = -V_{SAT}$ et $U_e = -V_{SAT}$.

1.4.2 -

$$U_e = +V_{SAT}.$$

1.4.2.1 - Donner l'état de la diode D_2 et l'état (bloqué ou saturé) du transistor T.

1.4.2.2 - Calculer l'intensité I_3 du courant dans la résistance R_B du transistor.

1.4.2.3 - Calculer la valeur de la tension U_{NC} aux bornes de la bobine du drapeau.

1.4.3 -

$$U_e = -V_{SAT}.$$

1.4.3.1 - Donner l'état de la diode D_2 et l'état (bloqué ou saturé) du transistor T.

1.4.3.2 - Calculer l'intensité I_3 du courant dans la résistance R_B du transistor.

1.4.3.3 - Calculer la valeur de la tension U_{NC} aux bornes de la bobine du drapeau.

1.4.4 - Sur le document réponse 1 compléter le tableau avec les valeurs ou états correspondant aux valeurs de U_0 :

- bobine du drapeau sous tension correspond au pilotage assisté (drapeau non visible) ;
- bobine du drapeau non alimentée correspond au pilotage non assisté (drapeau visible).

PROBLÈME 2 - PARTIE ÉLECTROTECHNIQUE

À bord de l'avion, un dispositif fonctionnant sur la base d'un convertisseur statique permet d'alimenter pendant un temps limité les organes vitaux en cas de défaillance des générateurs.

Le synoptique de la chaîne d'énergie peut être représenté de la manière suivante :



La batterie délivre une tension de 28 V.

Le convertisseur statique est un onduleur en pont complet.

Le transformateur permet d'adapter la tension de sortie de l'onduleur au niveau requis par l'utilisation (115 V).

L'utilisation impose une puissance de 1 800 W avec un facteur de puissance 0,7.

1 - DIMENSIONNEMENT DE LA BATTERIE

- 1.1 - Exprimer la puissance fournie par la batterie en fonction de la valeur moyenne $\langle I_B \rangle$ de l'intensité du courant I_B dans la batterie et de la tension à ses bornes U_B .
- 1.2 - En supposant dans cette question que le rendement global de la chaîne énergétique est égal à 90 %, calculer la valeur moyenne de l'intensité du courant débité par la batterie.
- 1.3 - Sachant que le fonctionnement doit être assuré pendant au moins 20 minutes avec une batterie chargée aux trois quarts, calculer la capacité apparente minimale Q_m en ampère-heure (Ah) de la batterie.

2 - ÉTUDE DU CONVERTISSEUR STATIQUE

Le schéma de principe du convertisseur statique est le suivant (Figure 5) :

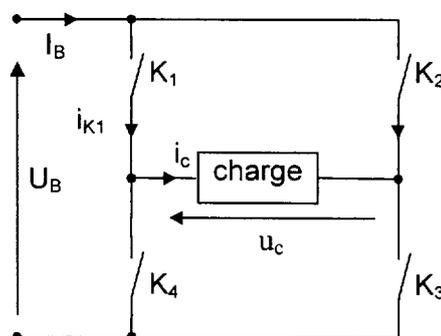


Figure 5

2.1 - Les interrupteurs - supposés parfaits - sont commandés selon la séquence indiquée sur le document réponse 2 où l'état de chacun d'eux est indiqué (commande symétrique).

2.1.1 - Pour chacun des deux intervalles $\left[0, \frac{T}{2}\right]$ et $\left[\frac{T}{2}, T\right]$, donner la valeur de $u_c(t)$.

2.1.2 - Représenter l'allure de la tension $u_c(t)$ sur le document réponse 2.

2.1.3 - À partir du document réponse 2, calculer la valeur de la fréquence de $u_c(t)$.

2.2 - On choisit maintenant de commander les interrupteurs de manière décalée selon la séquence indiquée sur le document réponse 3. Cela conduit à l'allure de la tension $u_c(t)$ représentée le document réponse 3. On note U_c la valeur efficace de $u_c(t)$.

2.2.1 - Montrer que $U_c = U_B \cdot \sqrt{\alpha}$.

2.2.2 - Calculer U_c pour $U_B = 28 \text{ V}$ et $\alpha = \frac{2}{3}$.

2.3 - Pour limiter l'influence des harmoniques, on doit choisir la valeur particulière $\alpha = \frac{2}{3}$. Le

fondamental de la tension $u_c(t)$ a alors pour expression : $u_{cf}(t) = \frac{2 \times U_B \cdot \sqrt{3}}{\pi} \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$.

2.3.1 - Donner l'expression de la valeur efficace du fondamental.

2.3.2 - Calculer la valeur efficace de ce fondamental.

2.4 - On a représenté sur le document réponse 3 l'allure de l'intensité $i_c(t)$ dans la charge.

2.4.1 - Donner l'expression littérale de la puissance instantanée $p(t)$ mise en jeu dans la charge.

2.4.2 - Compléter le tableau du document réponse 3 en indiquant, sur une période, le signe de la puissance instantanée.

2.4.3 - Préciser alors dans le tableau du document réponse 3 la nature des phases de fonctionnement qui peut être (soit alimentation, soit récupération, soit roue libre) :

- alimentation (AL) pour $p(t) > 0$,
- récupération (REC) pour $p(t) < 0$,
- roue libre (RL) pour $p(t) = 0$.

3 - CHOIX DU TRANSFORMATEUR

Après filtrage, on dispose d'une tension alternative sinusoïdale correspondant au fondamental de la tension délivrée par l'onduleur.

Pour l'alimentation des organes vitaux, il faut disposer d'une tension 115 V / 400 Hz. On interpose donc un transformateur 22 V / 115 V pour adapter le niveau de tension. L'utilisation impose une puissance de 1 800 W avec un facteur de puissance égal à 0,7.

3.1 - Calculer l'intensité I_2 du courant débité par le secondaire du transformateur.

3.2 - En supposant le transformateur parfait pour les courants et en négligeant les chutes de tension en charge, calculer l'intensité I_1 du courant absorbé au primaire.

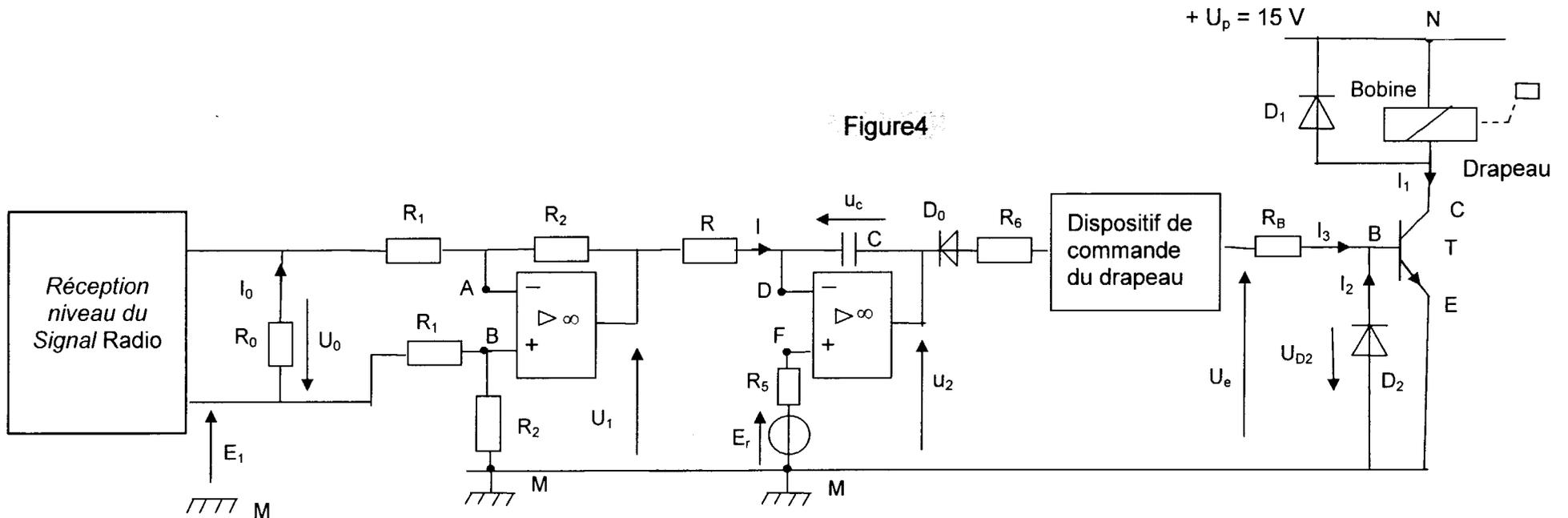
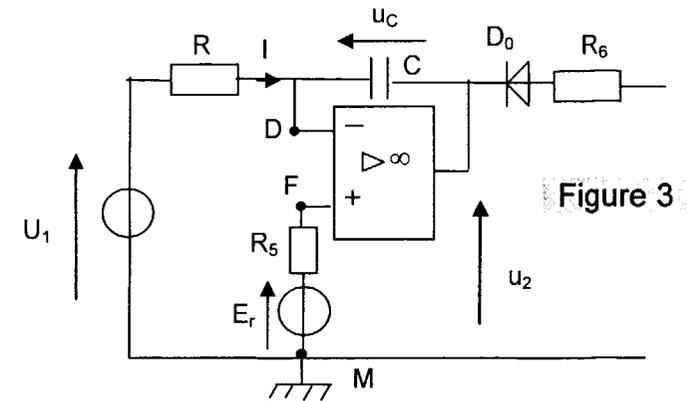
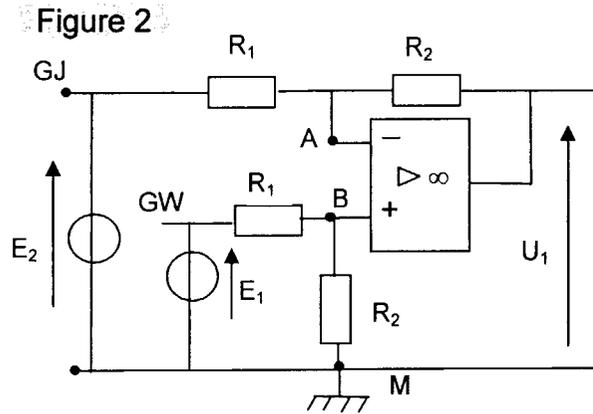
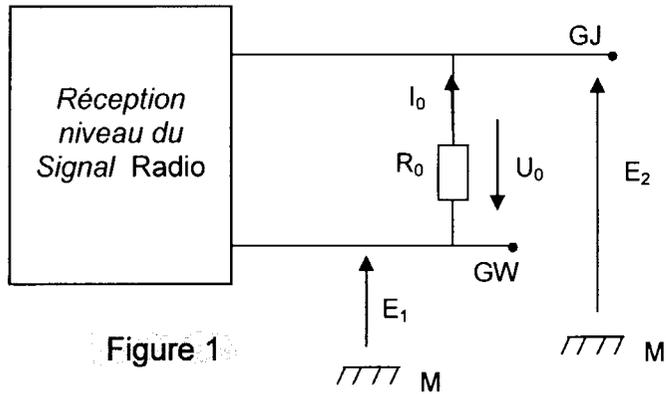
3.3 - Déterminer la puissance apparente S du transformateur.

3.4 - Bilan de puissance du transformateur : le constructeur indique que la résistance R_s ramenée au secondaire a pour valeur $R_s = 0,13 \Omega$ et que les pertes fer p_f sont égales à 50 W.

3.4.1 - Calculer les pertes p_j par effet joule dans les bobinages.

3.4.2 - Calculer le rendement du transformateur.

ANNEXE



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

Repère : MEE5TAA/EL

Session : 2008

Durée : 2 H

Page : 6/8

Coefficient : 1

DOCUMENT RÉPONSE 1
À RENDRE AVEC LA COPIE

U_0	- 0,3 V	0 V	0,1 V
I			
U_e			
État du drapeau (Visible ou non visible)			

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)

NE RIEN ÉCRIRE

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

Repère : MEE5TAA/EL

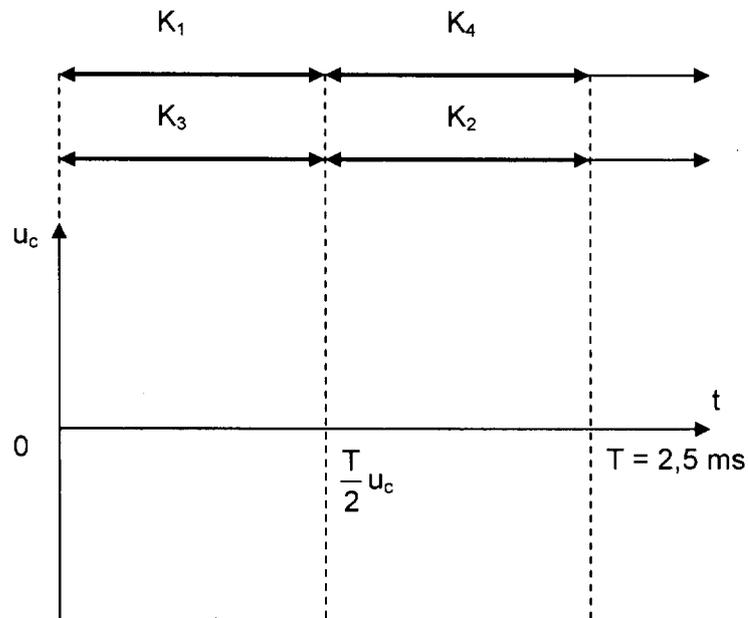
Session : 2008

Durée : 2 H

Page : 7/8

Coefficient : 1

DOCUMENT RÉPONSE 2
À RENDRE AVEC LA COPIE



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)

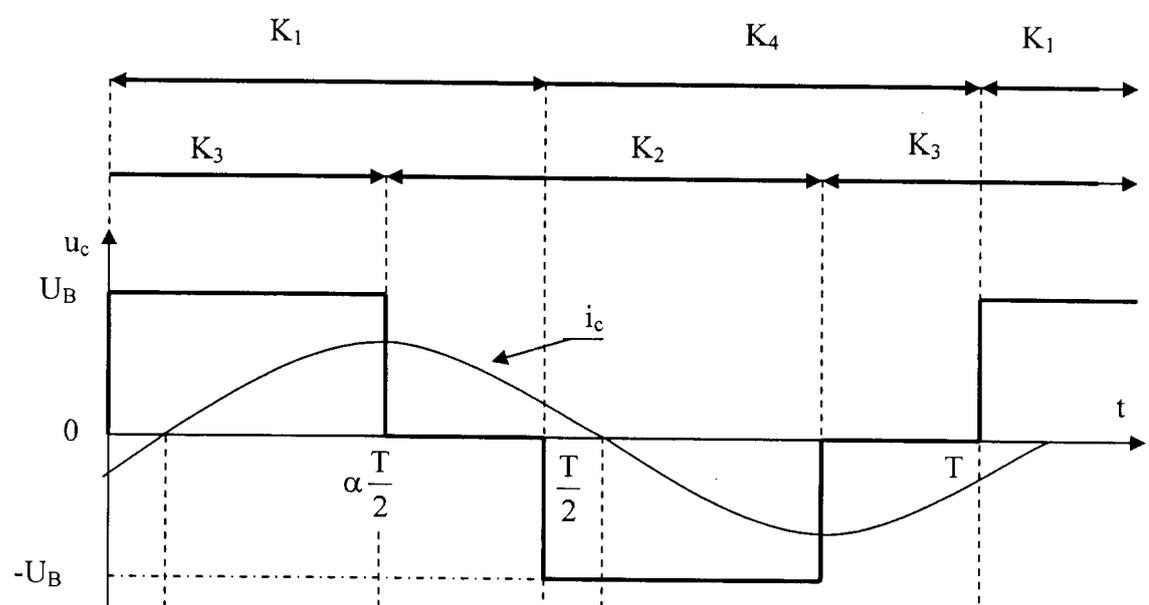
* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : **MEE5TAA/EL** Session : **2008** Durée : **2 H**

Page : **8/8** Coefficient : **1**

DOCUMENT RÉPONSE 3
À RENDRE AVEC LA COPIE

Questions 2.4.2 et 2.4.3.



signe de la puissance						
nature du fonctionnement						

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
MAINTENANCE EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES

~~~~~  
**SESSION 2008**  
~~~~~

TECHNOLOGIE APPLIQUEE A L'AERONEF ET MATHEMATIQUES
SERVO MECANISMES, INSTRUMENTS DE BORD ET RADIONAVIGATION

Durée : 2 h 00

Coefficient : 1

Sujet de 10 pages

Les feuilles des pages 1 à 10 seront à rendre en fin d'épreuve

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)

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

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

MEE5TAA/SV

QUESTION N° 1 (7 pts)

Une onde électromagnétique $F=371\text{Khz}$ émise par une antenne verticale est caractérisée par les affirmations suivantes

Dans ce tableau entourez les bonnes réponses, sachant que plusieurs réponses correctes peuvent se trouver dans la même colonne.

Son plan de polarisation est :	sa fréquence est la même que celle d'une fréquence :	Sa longueur d'onde est :	Sa propagation
horizontal	VOR	$\lambda=T/c$	Niveau de parasites élevé
vertical	VHF	$\lambda=c/F$	L'onde de surface est importante
Parfois elliptique La nuit	ILS	$\lambda=c.F$	Les parasites sont négligeables
Perpendiculaire au champ électrique	ADF	$\lambda \approx 11,13 \text{ Km}$	De portée optique
Confondu avec le front d'onde	UHF	$\lambda \approx 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	Risque de Fading

DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM :	
<i>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>

(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/SV

QUESTION N° 2 : (4 pts)

Expliquer ce qu'est le fading.

Cette explication doit préciser comment cela se manifeste et à quoi le fading est dû.
Par ailleurs, la réponse doit indiquer la catégorie d'ondes affectées par ce phénomène.

DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM :	
<small>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</small>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>

(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/SV

QUESTION N° 3 : (4 pts)

Dans son principe de base l'ADF reçoit un signal radio électrique à l'aide de 2 antennes .

a) Faites un croquis représentant l'orientation d'une de ces 2 antennes devant la station ADF, dans le cas où :

- le signal généré par cette antenne est nul :

- le signal généré par cette antenne est maximum :

QUESTION N° 4 : (4pts)

Un avion vu au 30° par la station VOR sélectionnée (QDR=Zms= 30°), vole au cap 180° et affiche radial 0° .

Représentez cette situation sur un HSI en faisant apparaître l'index TO/FROM et la barre d'écart de route .

DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM :	
<i>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>

(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/SV

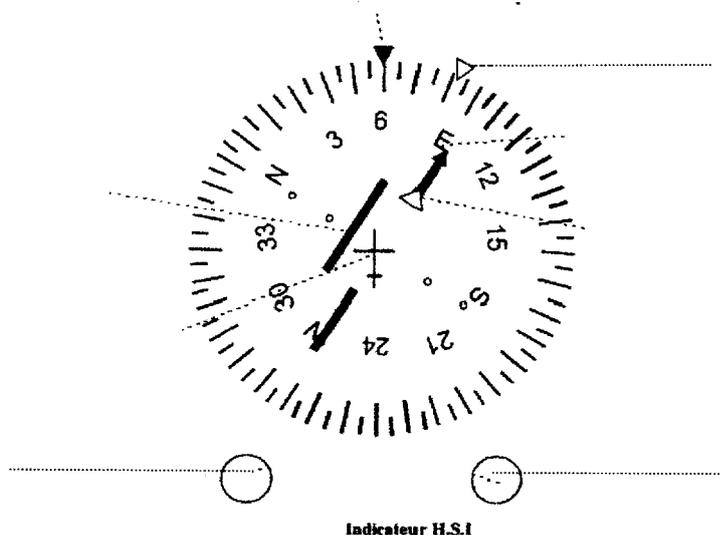
QUESTION N° 5 : (2 pts)

Sur l'indicateur dont le plateau de route est fixe
L'information d'azimut magnétique délivrée par la pointe de l'aiguille ADF est fondamentalement un :
Entourez la (ou les) bonne(s) réponse(s)

- Un cap magnétique
- Un gisement
- Un QDM
- Un QDR

QUESTION N° 6 : (8 pts)

a) Renseigner les éléments repérés par des pointillés sur cet indicateur HSI :



DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM :	
<small>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</small>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>

(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/SV

b) Représentez un avion et une station VOR illustrant la situation dans laquelle se trouve ce HSI en indiquant les angles suivants :

- Cap magnétique
- Gisement
- QDM
- QDR

QUESTION N° 7 : (1pt)

Quand sur l' OBS (Omni Bearing Selector) ou sur le FCU (Flight Control Unit) le pilote change de radial VOR, que fait-il varier en réalité dans la chaîne manuelle du VOR ?

DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM :	
<i>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>

(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/SV

QUESTION N° 8 : (6pts)

L'élaboration de la distance par le DME s'effectue en deux phases.

Expliquez comment ces deux phases se déroulent et comment un avion peut-il reconnaître ses propres impulsions parmi celles des autres avions.

DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM :	
<i>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>

(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/SV

QUESTION N° 9 : (2 pts)

Alors que l'avion est en montée avec la fonction « vertical speed » et maintien de CAS. Le pilote automatique engagé. Il y a givrage de la prise totale de l'antenne Pitot. Cependant la prise statique n'est pas affectée par le givre.

Si le pilote n'en est pas prévenu, dans un premier temps :

- A : le variomètre va indiquer une valeur de plus en plus faible et l'assiette va diminuer,
- B : les conséquences sont minimales puisque seul la prise totale est affectée ; l'anémomètre continue d'indiquer la vitesse qu'il indiquait au moment du givrage. Le givrage de la prise statique aurait eu des conséquences plus graves,
- C : les indications du variomètre et de l'altimètre deviennent inutilisables,
- D : le variomètre va indiquer une valeur de plus en plus forte et l'assiette va augmenter.

Répondre en entourant la (les) lettre(s) correspondant à la (aux) réponse(s) correcte(s)

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

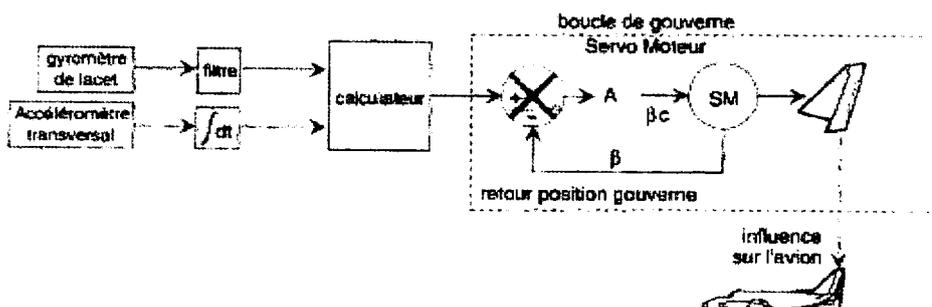
Né(e) le :

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

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

MEE5TAA/SV

NE RIEN ÉCRIRE

QUESTION N° 10 : (6 pts)

- a) Dans ce schéma sommairement représenté de l'amortisseur de lacet (Yaw Damper) Expliquez brièvement le rôle du gyromètre de lacet et de l'accéléromètre transversal.

- b) Citez 2 fonctions du Yaw damper

DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM : <i>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>

(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/SV

QUESTION N° 11 : (6 pts)

Préciser le principe selon lequel la centrale inertielle à composants non liés réalise l'alignement.

Vous citerez les références sur lesquelles la centrale s'aligne et quelles sont les mesures effectuées durant cette opération.