

## BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

### MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATÉRIELS AÉRONAUTIQUES

### ÉLECTROTECHNIQUE – ÉLECTRONIQUE – LOGIQUE APPLIQUÉE

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

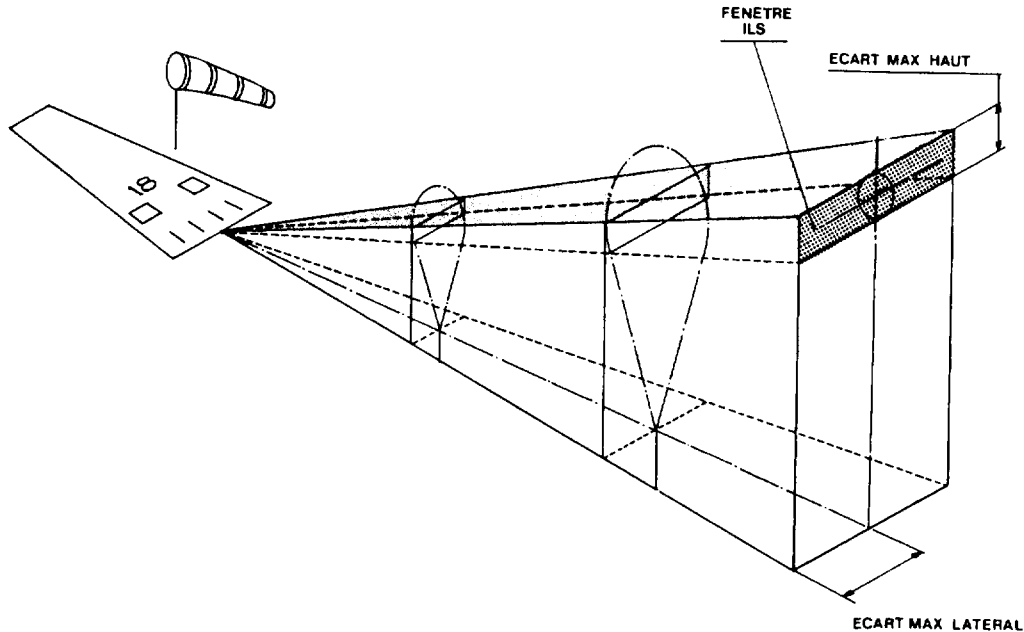
*Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.*

- *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.

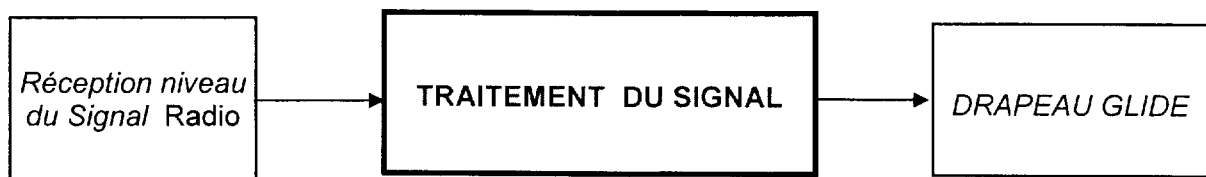
La partie ÉLECTRONIQUE du sujet proposé traite une étude simplifiée du contrôle du niveau du signal radio reçu par le récepteur ILS.

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  $-15 \text{ V}$ .

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) :

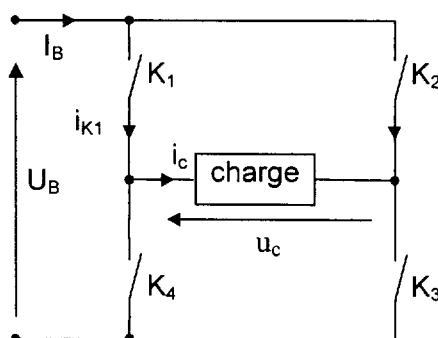


Figure 5

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.

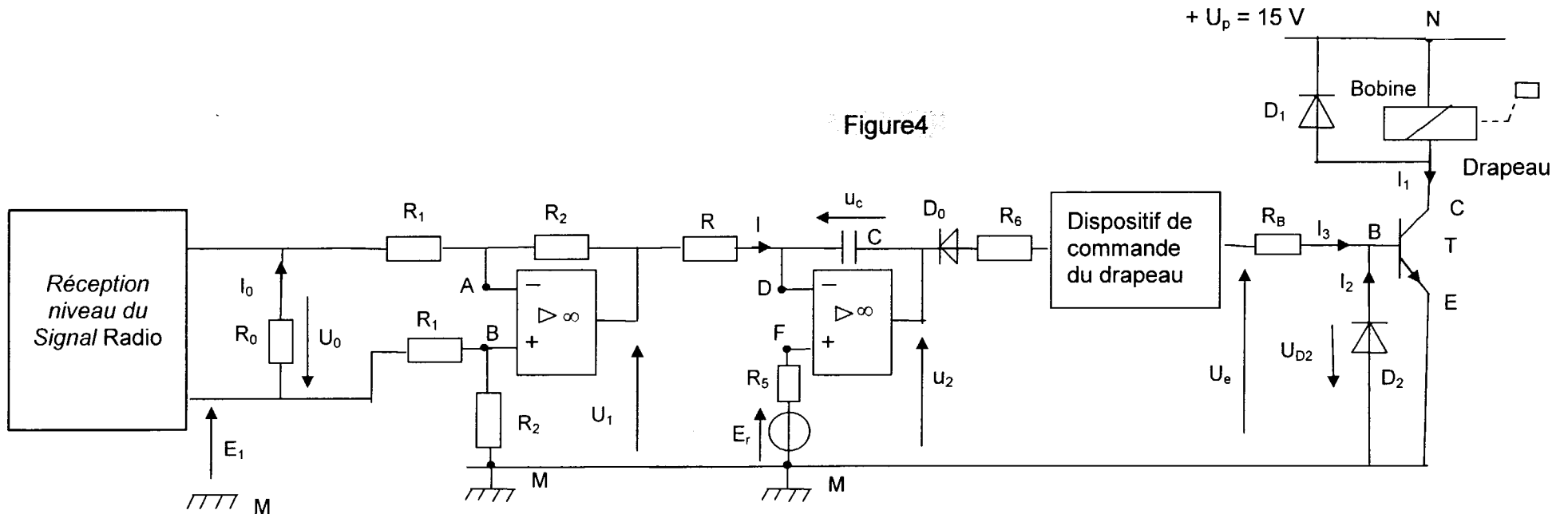
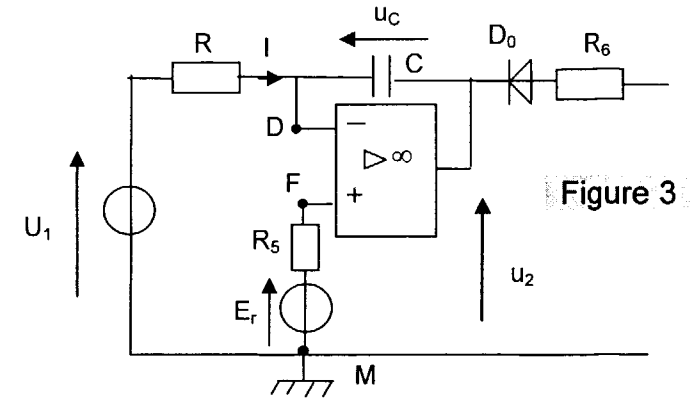
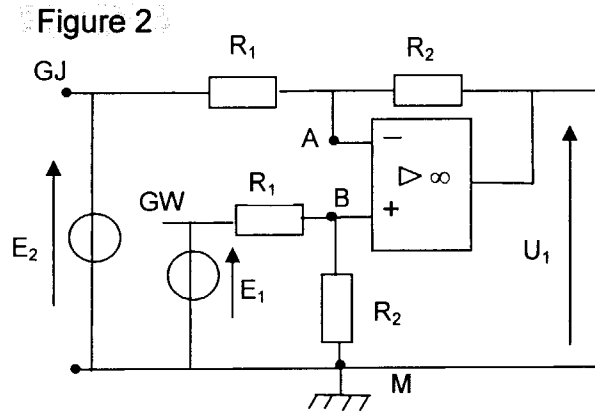
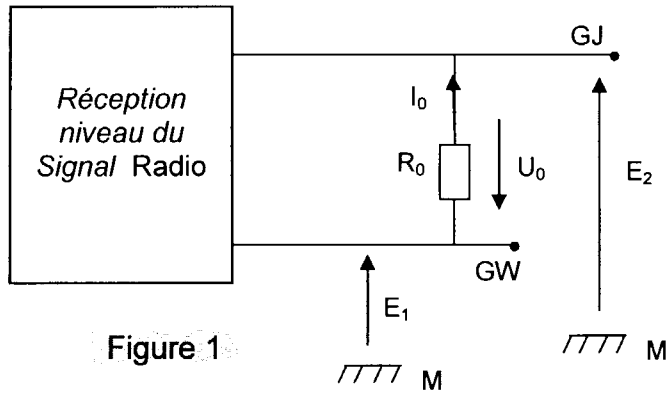
**3.3** - Déterminer la puissance apparente  $S$  du transformateur.

**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

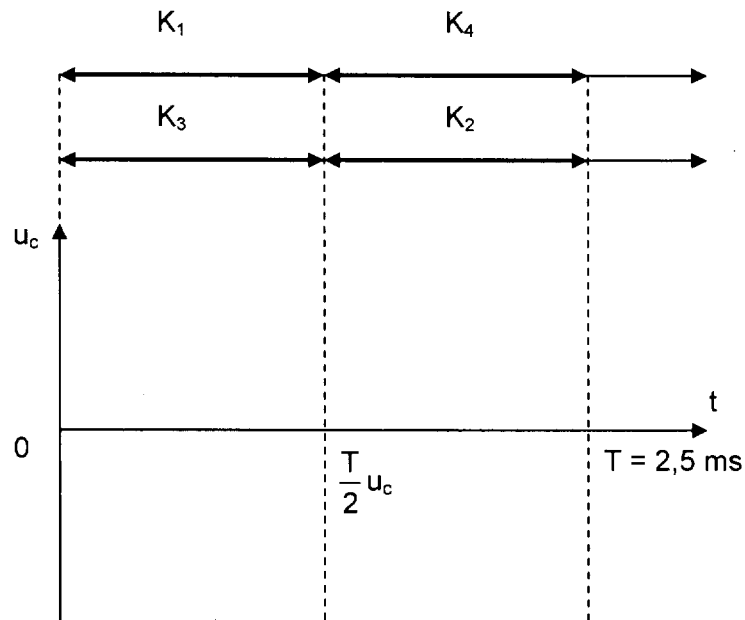
Session : 2008

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)*

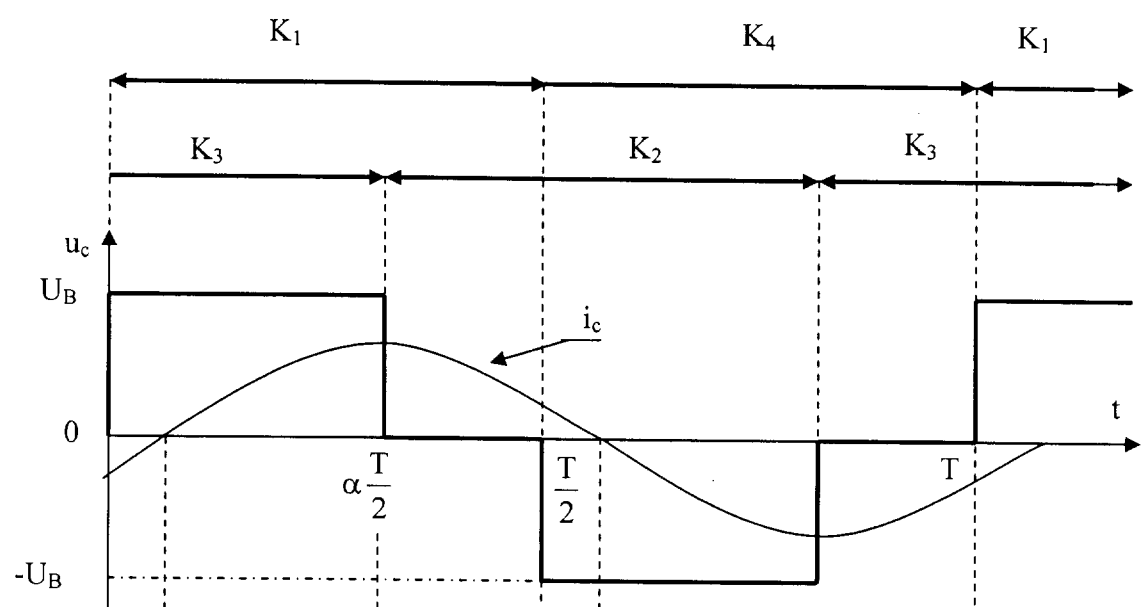
\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

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						