

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**

**MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

**EPREUVE U51 :**

**TECHNOLOGIE APPLIQUEE A L'AERONEF**

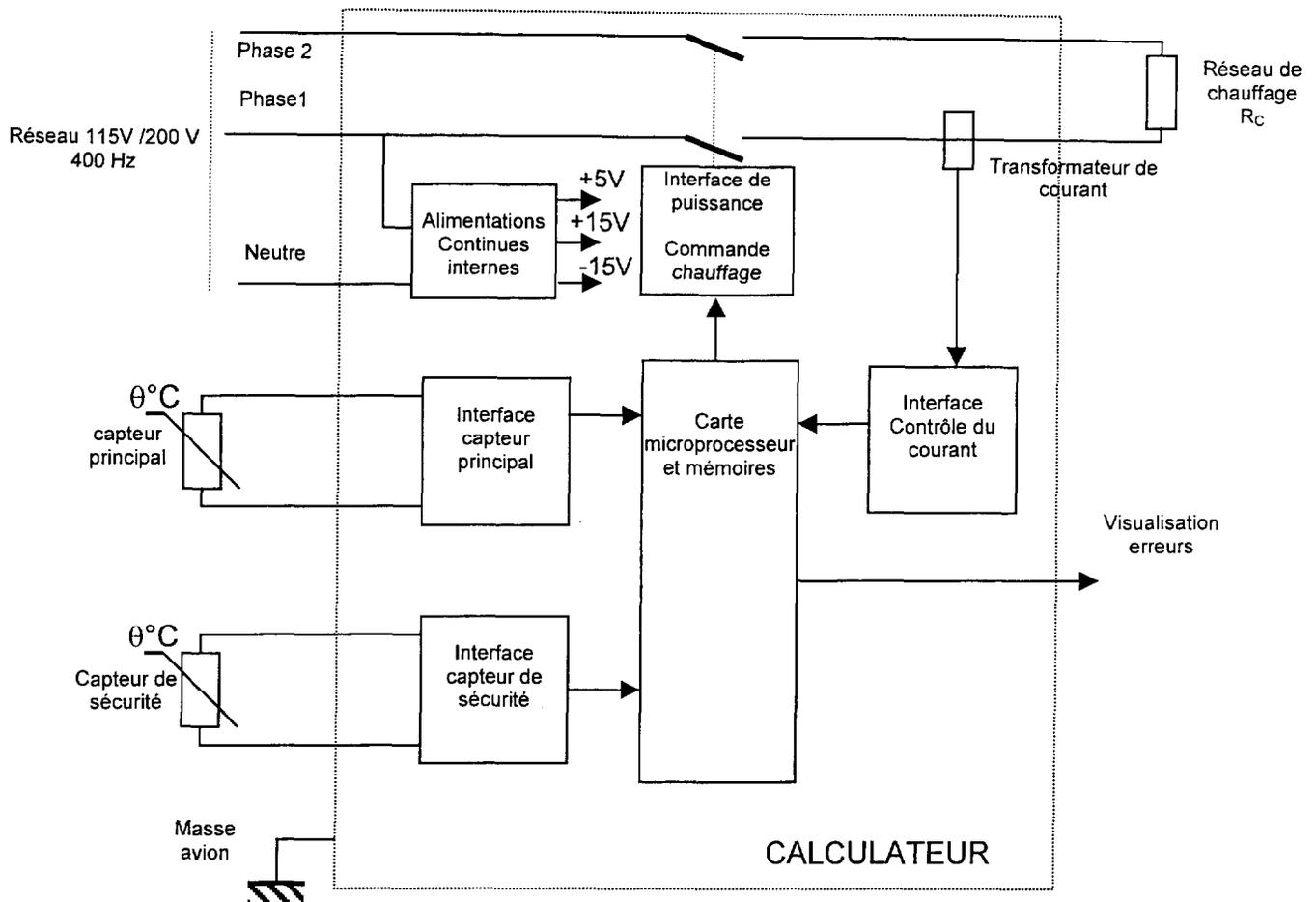
**PARTIE :**

**ELECTROTECHNIQUE - ELECTRONIQUE - LOGIQUE APPLIQUEE**



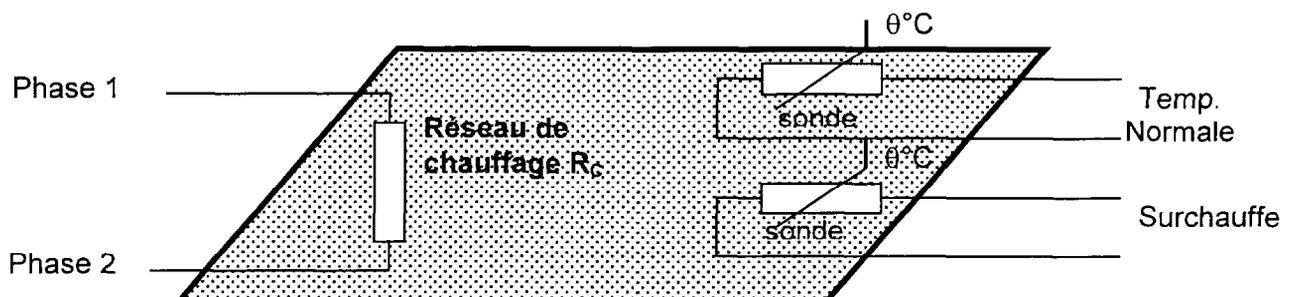
## SCHEMA SYNOPTIQUE DU CALCULATEUR GAUCHE

(Identique pour le calculateur droit excepté les phases d'alimentation)



Dans chaque pare-brise, sont intégrés :

- un réseau de chauffage, de résistance équivalente  $R_c$ , réparti sur l'ensemble de la surface
- un capteur principal de température constitué d'une sonde à résistance platine
- un capteur secondaire de sécurité, pour la détection d'une température anormale, constitué également d'une sonde à résistance platine.



## 1 - ETUDE DES ELEMENTS D'UN PARE-BRISE

On fournit les caractéristiques des éléments d'un pare-brise :

- surface 33,65 dm<sup>2</sup>
  - densité surfacique maximale de puissance : 7000 W/m<sup>2</sup>
  - résistance des sondes à 20°C :  $R_{20} = 310 \Omega$
  - coefficient de variation de la résistance de la sonde en fonction de la température
- $$\frac{\Delta R}{\Delta \theta} = 1,4 \Omega \cdot (^{\circ}\text{C})^{-1}.$$

Le réseau de chauffage et les capteurs sont alimentés suivant le schéma synoptique de la page 2.

**1.1** - Calculer la puissance maximale dissipable par le pare-brise.

**1.2** - En déduire  $R_c$ , la valeur de la résistance du réseau de chauffage dans ce cas.

**1.3** - Le calculateur gère le chauffage du pare-brise de la façon suivante :

$\theta < \theta_{\min} \Rightarrow$  enclenchement du chauffage

$\theta > \theta_{\max} \Rightarrow$  arrêt du chauffage

avec  $\theta_{\min} = 38^{\circ}\text{C}$  et  $\theta_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$ .

**1.3.1** - Calculer la valeur de la résistance  $R_{\theta_{\max}}$  de la sonde pour la température  $\theta_{\max}$ .

**1.3.2** - Calculer la variation  $\Delta R_{\theta}$  de la résistance quand la température passe de  $\theta_{\max}$  à  $\theta_{\min}$ .  
En déduire  $R_{\theta_{\min}}$ , la valeur de la résistance à  $38^{\circ}\text{C}$ .

**1.4** - Détection d'une température anormale du pare-brise.

La limite de sécurité pour le pare-brise est atteinte lorsque la résistance de la sonde vaut  $R_{\theta_{\lim}} = 364 \Omega$ .

Montrer que la température correspondante du pare-brise,  $\theta_{\lim}$  vaut :  $\theta_{\lim} = 58^{\circ}\text{C}$ .

## 2 - CALCULATEUR

Dans le calculateur, le pont de mesure (figure 1) et l'amplificateur de différence (figure 2) sont étudiés séparément.

**2.1** - Interface de mesure de température.

La sonde de mesure fait partie d'un pont de Wheatstone (voir figure 1).

**2.1.1** - Exprimer  $V$  en fonction de  $E$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_{\theta}$ .

**2.1.2** - Calculer  $V$  pour :  $R_{\theta} = 336 \Omega$ , puis  $R_{\theta} = 339 \Omega$ .

Les valeurs des résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  sont celles de la figure 1.

**2.2** - Amplificateur de différence.

La tension  $V$  est appliquée à l'entrée du montage de la figure 2.

On suppose que la présence du montage amplificateur n'influence pas les résultats obtenus précédemment pour la tension  $V$ .

**2.2.1** - Exprimer  $V_s$ , en fonction de  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $R_5$  et  $R_6$ .

**2.2.2** - Exprimer  $V_s$  sous la forme :  $V_s = k.V$ .

Exprimer puis calculer  $k$ .

**2.2.3** - Calculer  $V_s$  pour  $V = 0,5 V$ . Comment varie  $V_s$  quand la température augmente ?

**2.3 - Conversion analogique numérique.**

La tension  $V_s$  est appliquée à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique 8 bits unipolaire de tension pleine échelle 5V.

**2.3.1** - Calculer la résolution  $q$  du convertisseur. Exprimer le résultat en millivolts.

**2.3.2** - Déterminer le nombre  $N$ , en sortie du convertisseur, pour une tension à l'entrée de 3,4 V. Exprimer ce nombre en décimal, en binaire et en hexadécimal.

**2.4 - Mémorisation du programme.**

Le programme du microprocesseur du calculateur est stocké dans une mémoire de type EPROM.

Cette mémoire possède 15 bits d'adresse et 8 bits de données.

**2.4.1** - Cette mémoire perd-elle ses informations en cas de coupure de l'alimentation ?

**2.4.2** - Calculer la capacité de cette mémoire en octets puis en kilo-octets.

**3 - CONTROLE DU COURANT DE CHAUFFAGE**

La carte microprocesseur du calculateur de gauche mesure le courant circulant dans la résistance de chauffage grâce à un transformateur de courant placé sur la phase 1. Voir figure 3.

**3.1** - Pour un courant efficace au primaire  $I_p = 10$  A, on mesure un courant efficace au secondaire  $I_s = 10$  mA.

**3.1.1** - Calculer la valeur efficace  $U_2$ , puis la valeur crête  $\hat{U}_2$  de la tension  $u_2(t)$ .

**3.1.2** - Calculer le rapport de transformation du transformateur  $n = \frac{N_2}{N_1}$ .

**3.1.3** - Calculer la valeur du courant  $I_s$  lorsque  $I_p = 2$  A.

**4 - CHAUFFAGE DES DEUX PARE-BRISE**

On étudie le schéma de l'alimentation des résistances de chauffage pour les deux pare-brise (Figure 4).

**4.1** - Rappeler la valeur efficace  $U$ , commune aux tensions entre phases  $u_{12}(t)$ ,  $u_{23}(t)$  et  $u_{31}(t)$ .

En déduire les valeurs efficaces  $I_1$  et  $I_3$  des courants  $i_1(t)$  et  $i_3(t)$ .

**4.2** - Quelle est la relation qui lie  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$  et  $i_3(t)$  ?

**4.3** - On veut déterminer les caractéristiques du courant  $i_2(t)$ . On peut résoudre la question en utilisant soit la représentation de Fresnel (vectorielle), soit la notation complexe.

Le module du vecteur correspond à la valeur efficace de la grandeur physique.

On vous donne  $\underline{U}_{12} = U e^{j0} = [U ; 0]$ ,  $\underline{U}_{23} = U e^{-j2\pi/3} = \left[ U ; -\frac{2\pi}{3} \right]$ ,  $\underline{U}_{31} = U e^{-j4\pi/3} = \left[ U ; -\frac{4\pi}{3} \right]$ .

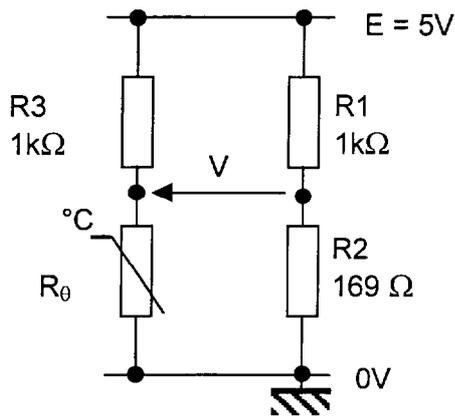
Sur le document réponse, figurent les représentations vectorielles des 3 tensions  $u_{12}(t)$ ,  $u_{23}(t)$  et  $u_{31}(t)$ .

**4.3.1** - Représenter, à l'échelle, les courants  $i_1(t)$  et  $i_3(t)$  ou exprimer les courants  $I_1$  et  $I_3$ .

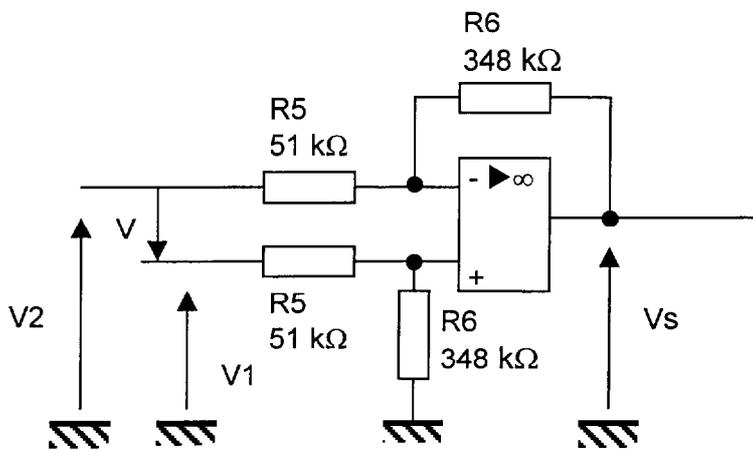
**4.3.2** - Représenter le courant  $i_2(t)$  ou exprimer  $I_2$ .

**4.3.3** - Déterminer sa valeur efficace et son déphasage par rapport à  $u_{12}(t)$ .

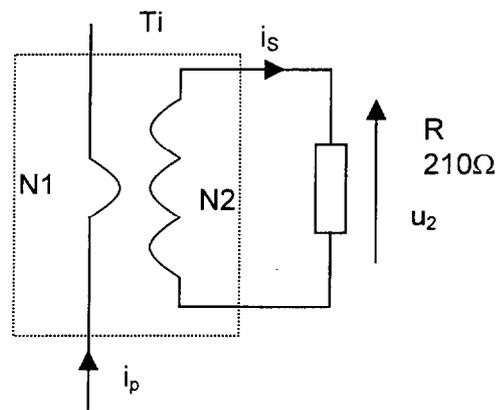
**4.4** - Calculer la puissance électrique fournie à l'ensemble des deux pare-brise.



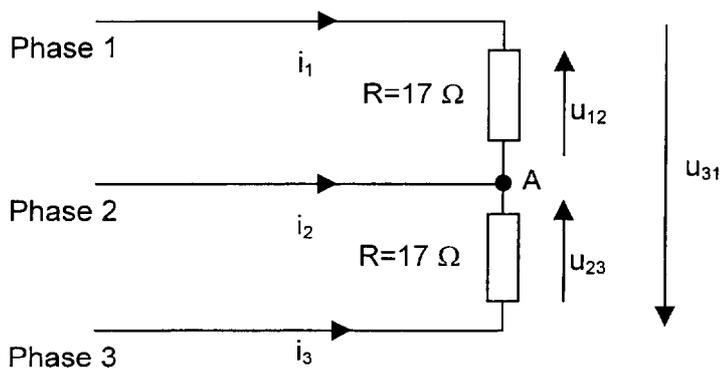
**FIGURE 1**



**FIGURE 2**



**FIGURE 3**



**FIGURE 4**

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 : 2003

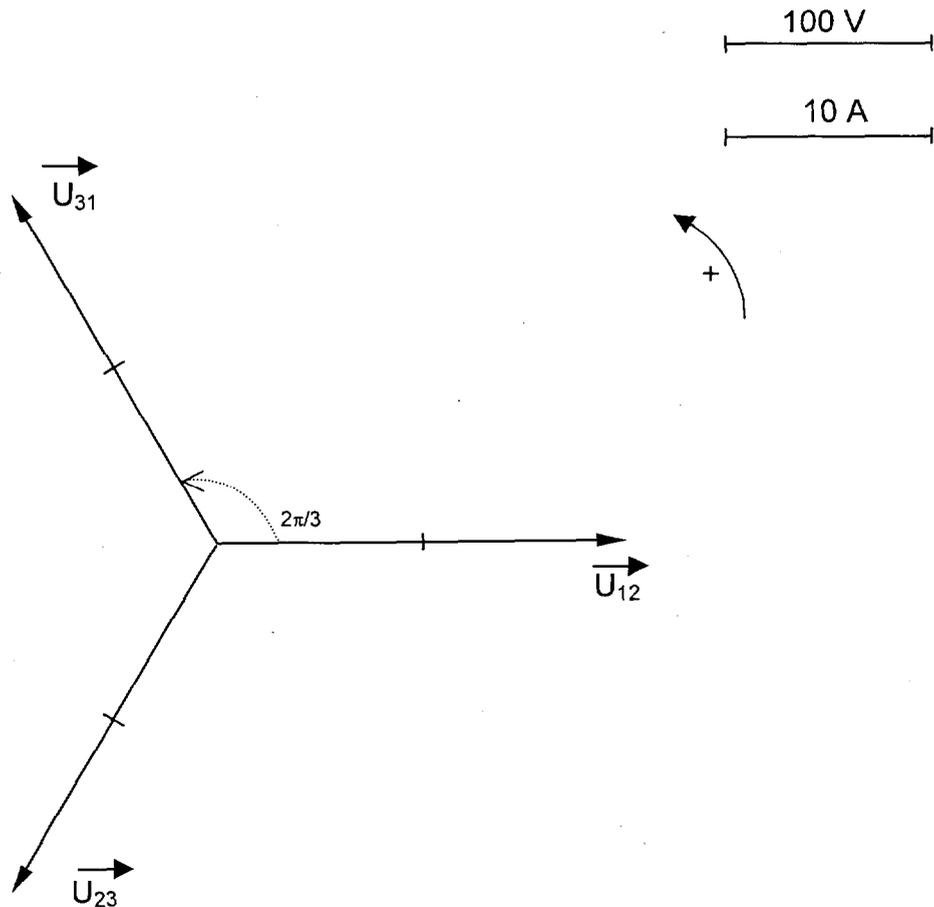
Durée : 2 H

Page : 6/6

Coefficient : 1

### DOCUMENT-REPONSE

**A RENDRE IMPERATIVEMENT AVEC LA COPIE MEME S'IL N'A PAS ETE UTILISE**



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

**SESSION 2003**

**TECHNOLOGIE APPLIQUEE A L'AERONEF ET MATHEMATIQUES  
SERVOMECHANISMES ET INSTRUMENTS DE BORD - RADIONAVIGATION**

**Durée :2H00      Coefficient :1**

**CALCULATRICE ET DOCUMENTS INTERDITS**

---

**1<sup>ère</sup> PARTIE : INSTRUMENTS DE BORD  
Durée conseillée :1H00**

---

**1 – 1. Les instruments aérodynamiques (4 points)  
(voir annexe A)**

La centrale aérodynamique :

- ➔ Sur le schéma), effectuer le branchement pneumatique de l'**A.D.C** (**A**ir **D**ata **C**omputer) et des instruments. Etablir, en précisant les paramètres d'entrée et de sortie de l'**A.D.C** (modulaire), les liaisons électriques avec les différents instruments.
- ➔ Une panne de la centrale aérodynamique a une conséquence sur la centrale inertielle. Laquelle? Justifier votre réponse.

**1 - 2. Les instruments gyroscopiques (6points)  
(voir annexe B)**

a) La centrale gyrométrique

Sur le schéma, nous avons une centrale équipée de trois gyroscopes à 1 degré de liberté (gyromètres), de trois synchro-transmetteurs et de trois « ressorts ».

- ➔ Rappeler les propriétés fondamentales du gyroscope à 1 degré de liberté.
- ➔ Préciser sur le schéma (*annexe B*) le nom des différents gyromètres qui constituent cette centrale gyrométrique de principe.
- ➔ Après avoir donné un sens de rotation aux toupies, mettre en place les différents vecteurs représentant un VIRAGE à GAUCHE, CABRE (« nommer » chaque vecteur pour l'ensemble des toupies et donner la définition des vecteurs pour une toupie).

b) Le gyroscope directionnel

(voir annexe C)

L'annexe C correspond au schéma incomplet d'un gyroscope directionnel

- ➔ Représenter les différents vecteurs inhérents à la précession gyroscopique.
- ➔ Placer le moteur couple sur ce schéma.
- ➔ Représenter les différents branchements électriques nécessaires au nivellement du cadre interne (perpendicularité des cadres) en tenant compte du sens de rotation de la « toupie » et du sens de fonctionnement du moteur couple.

---

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

---

**2 – 1. ILS (Instrument Landing System) (3,75 points)**

- a) Quels sont les équipements qui constituent ce système ?
- b) Pour chacun d'entre eux donner le but et les fréquences d'utilisation.
- c) L'axe de radio alignement de piste (QFU) étant au 090 ,en approche normale, l'avion s'écarte de  $2,5^\circ$  sur la droite de l'axe avec une pente  $0,25^\circ$  au-dessus du plan de descente et un cap au 045:

Le pilote a affiché le QFU au sélecteur de route (CRS) sur le HSI.

Que devez vous lire sur les indicateurs CDI (Course Direction Indicator) et HSI (Horizontal Situation Indicator)? Dessiner les indicateurs.

**2 – 2. DME (Distance measuring Equipment) (3,75 points)**

Le DME/P est maintenant utilisé en approche ILS.

- a) Quel équipement remplace t'il? Quel est son but?
- b) Comment est sélectionné le canal DME?
- c) Décrire le principe de fonctionnement de cet équipement en précisant les fréquences d'utilisation. Donner la relation mathématique permettant de calculer l'information (illustrer par un dessin)
- 4) Si la balise sol est saturée quel sera son critère de sélection?

**2 – 3. Contrôle de la circulation aérienne. (2,5 points)**

Lors de l'approche, le contrôleur sol peut identifier les avions.

- a) Quels sont les équipements, sol et bord, permettant de réaliser cette fonction?

Avec ces équipements il est également possible au contrôleur de connaître l'altitude de l'avion.

- b) Sur quel mode? Sur quelle référence pression est toujours calé l'alti-codeur,

Le GARBLING peut perturber le fonctionnement de ces équipements.

- c) qu'est ce que le GARBLING?
- d) comment supprimer cette source d'erreur dans les équipements modernes (sol et bord)?

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 : \_\_\_\_\_

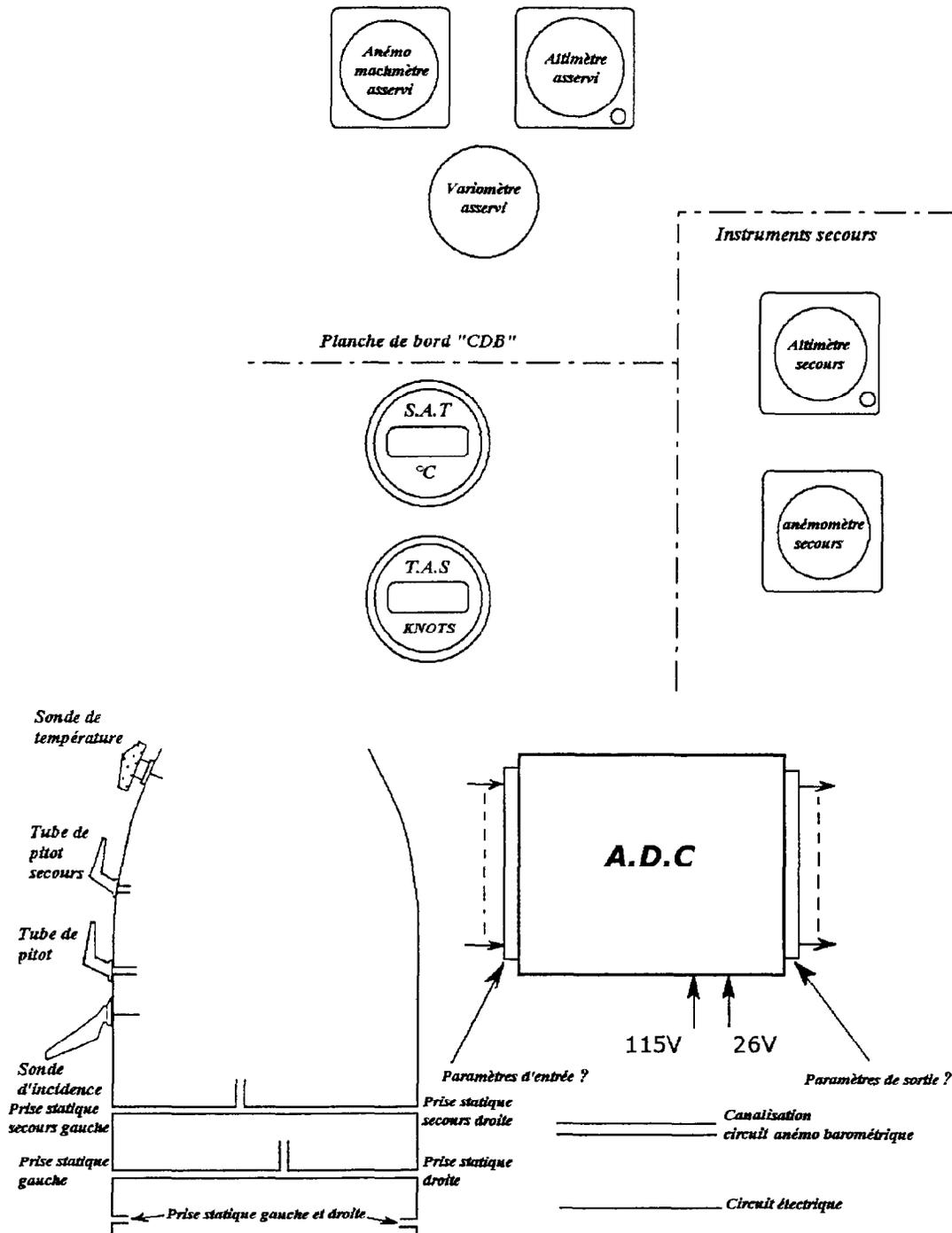
\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

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

MEE5TAA/SV

## DOCUMENT REPONSE A RENDRE AVEC LA COPIE

### ANNEXE A

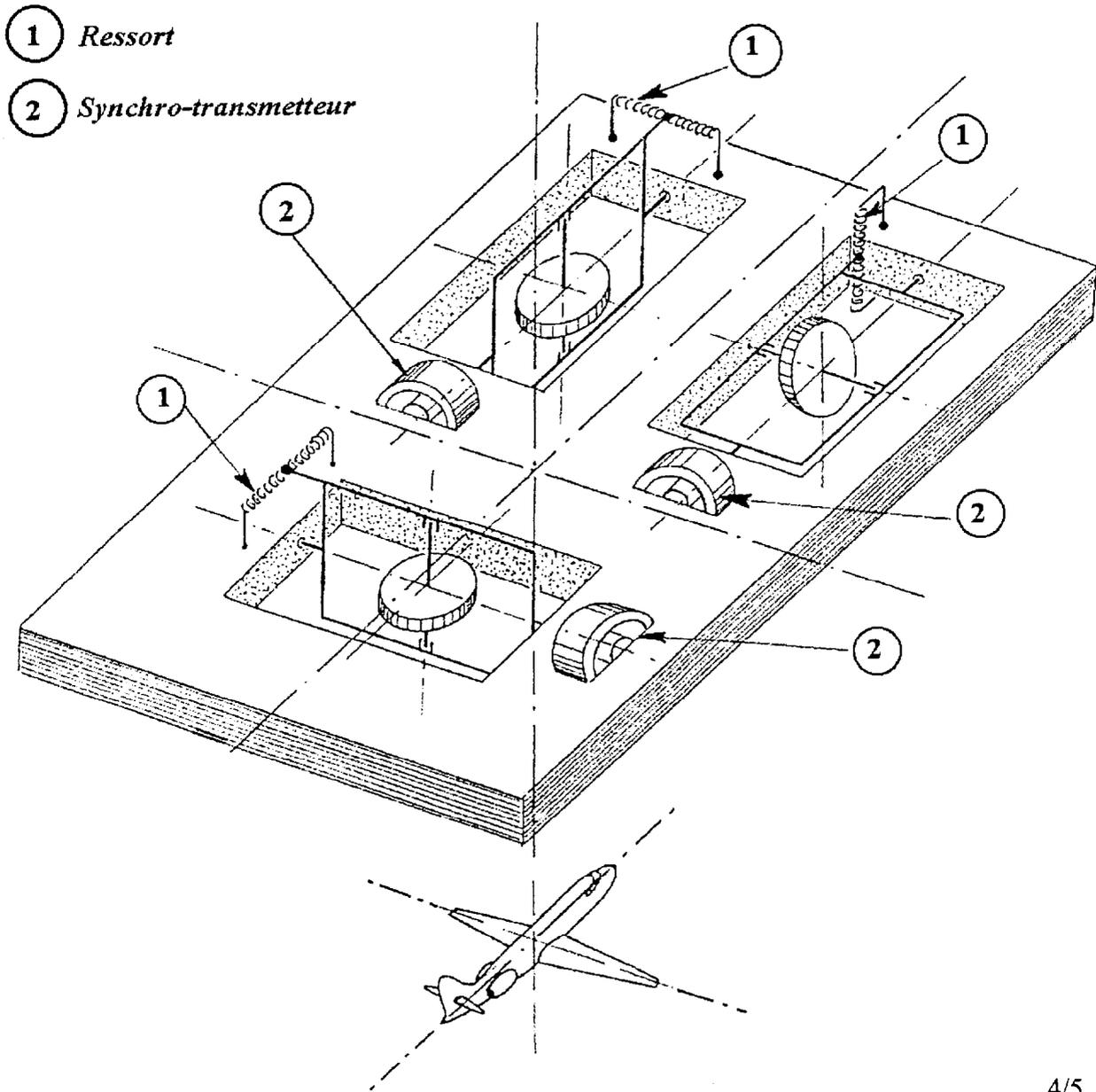


Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_  
Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
NOM : \_\_\_\_\_  
*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*  
Prénoms : \_\_\_\_\_ N° 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

## DOCUMENT REPONSE A RENDRE AVEC LA COPIE ANNEXE B



DANS CE CADRE

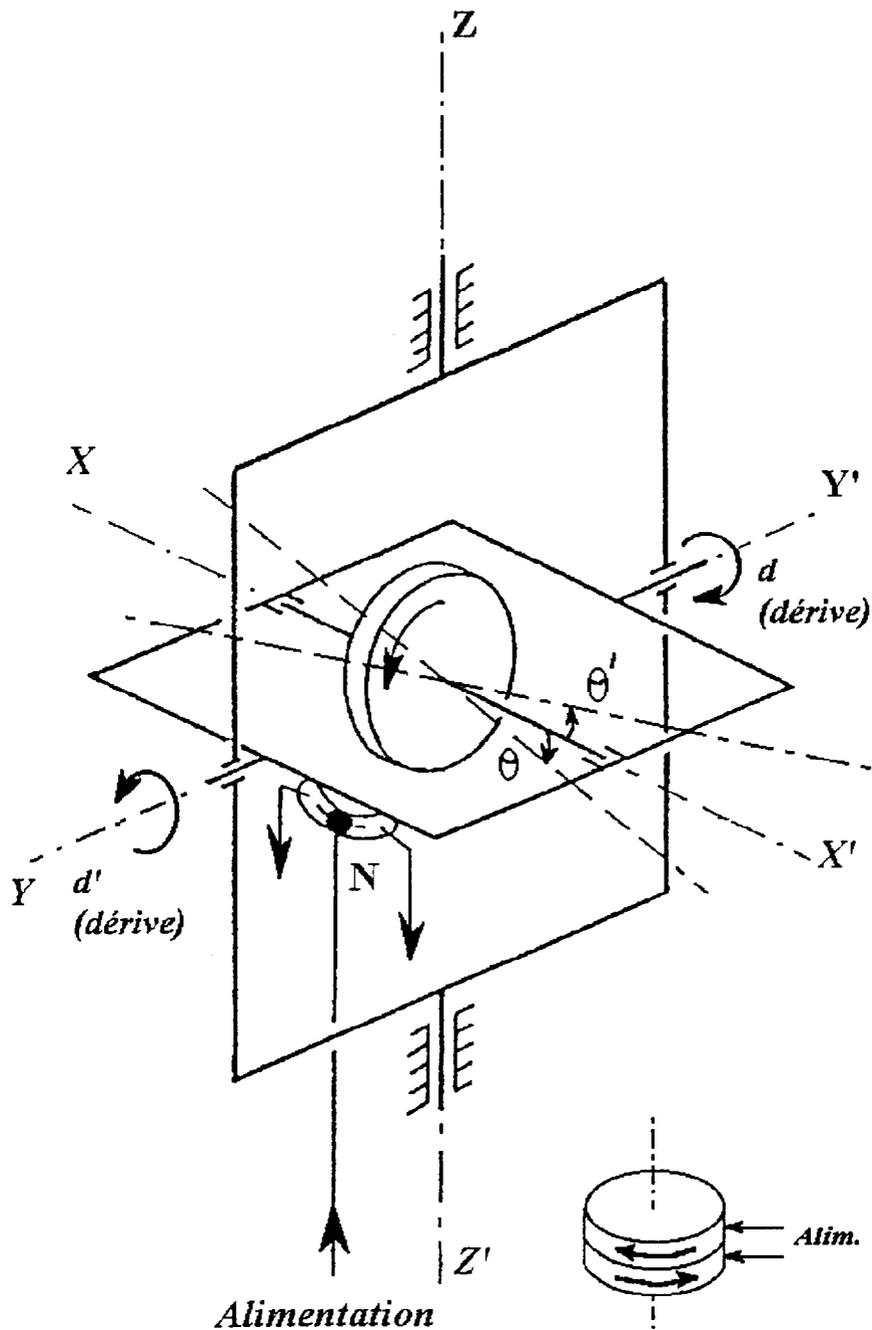
Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_  
Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
NOM : \_\_\_\_\_  
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)  
Prénoms : \_\_\_\_\_ N° 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

# DOCUMENT REPONSE A RENDRE AVEC LA COPIE

## ANNEXE C



Exemple de moteur couple,  
les flèches désignent le sens de rotation