

# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

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

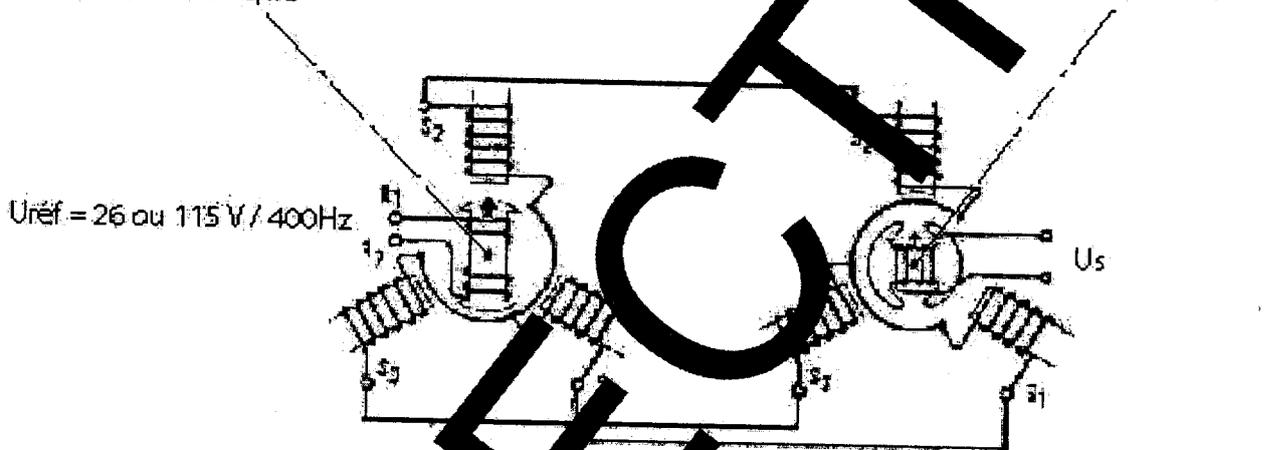
CORRECTION SESSION 2006

1<sup>ère</sup> partie -

1.1 Transmission électriques à distance (6 points)

- Voir le montage en *annexe 1* (10 x 0,1 point)
- Représentation schématique des détails 1 et 2 (2 x 1 point)

Nota: On acceptera une représentation sur forme de schéma d'asservissement normalisé, le cas échéant.



A l'équilibre, les rotors sont à 90° l'un de l'autre:  $U_s = 0$  Volts. Si l'équilibre est rompu, les deux rotors ne sont plus à 90° l'un de l'autre:  $U_s \neq 0$

- Présentation des différents éléments (8 x 0,25 point)
- Fonctionnement de principe sur une voie (1 point)

la centrale de verticale distribue des informations d'assiette en roulis et en tangage par l'intermédiaire des synchros comparateurs de position. (0,25 point)

Le calculateur DV permet à l'équipage d'effectuer le vol en semi automatique, en effet le calculateur agit sur des signaux électriques (voies de gauchissement et de profondeur) vers les barres de tendance de l'ADI (Attitude Direction Director). Le pilote peut ainsi suivre les ordres et piloter son avion en stabilisation ou en guidage. (0,25 point)

L'ADI est un instrument qui restitue les mouvements d'assiette de l'avion en tangage et en roulis. Les informations proviennent de la centrale de verticale. Cet équipement est également appelé répéteur sphérique. (0,25 point)

Le châssis amplis instruments met en évidence deux voies (roulis et tangage). Chaque voie assure l'amplification des barres de tendance (sortie de l'ampli). A l'entrée de l'amplificateur, il y a deux entrées (comparaison des signaux électriques entre le signal de la génératrice tachymétrique et le retour du synchro comparateur). (0,25 point)

**La génératrice tachymétrique** ou "GT" est un module électromécanique qui assure l'asservissement en vitesse (*boucle de retour*). (0,25 point)

**Le moteur électrique** ou "M" entraîne mécaniquement une barre de tendance de l'ADI. (0,25 point)

*Nota:* l'autre moteur effectue la même tâche

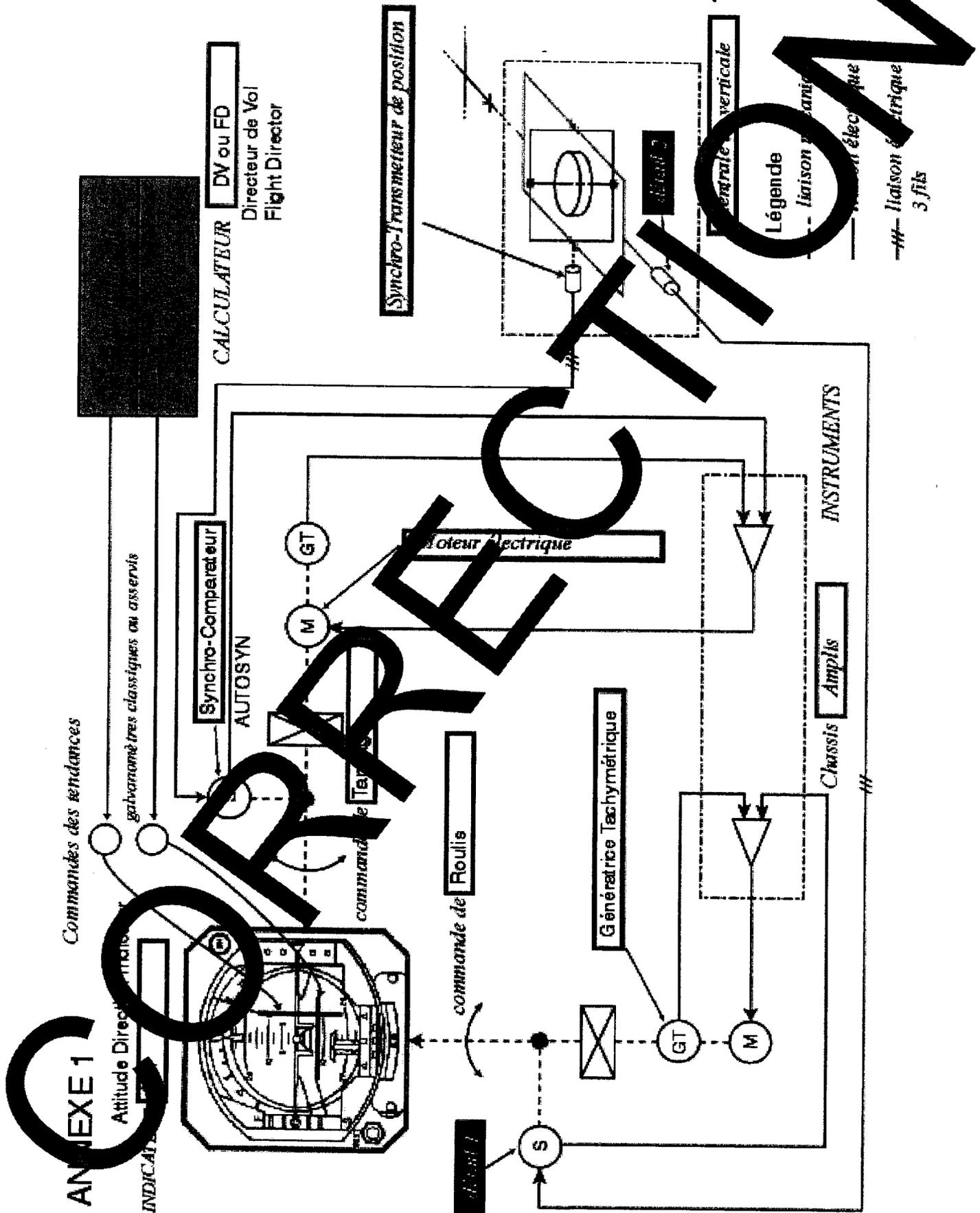
**Le synchro-comparateur (AUTOSYN, détail 1)** reçoit le signal du synchro transmetteur de position qui se trouve dans la centrale de verticale (*détail 2*). Le rotor du synchro comparateur est lié mécaniquement avec la commande de la barre de tendance, par ailleurs son rotor alimente électriquement une des deux entrées de l'ampli. (0,25 point)

**Le synchro transmetteur de position (AUTOSYN, détail 1)** est monté sur l'axe de roulis (*il en existe un autre sur l'axe de tangage*). Ce dispositif transmet les variations d'assiette de l'aéronef (*axe de roulis*) vers le synchro comparateur (*détail 1*). (0,25 point)

Fonctionnement de principe sur une voie (1 point)

Pour illustrer le principe de fonctionnement, on imagine un mouvement à cabrer de l'aéronef. La centrale de verticale fournit la variation d'assiette (*le gyroscope reste orienté vers le centre de la terre*), le détecteur de position qui est monté sur le cadre (*ce cadre porte la toupie gyroscopique*) transmet l'information vers le synchro comparateur (*sur les enroulements des stators*). A ce moment précis, le rotor du synchro comparateur n'est plus dans sa position d'équilibre (*la position d'équilibre est la suivante: les deux rotors des deux AUTOSYNS sont décalés de 90°, donc  $U_s = 0 V$* ). En effet, le rotor du synchro comparateur délivre un signal électrique fonction de sa position par rapport au rotor du détecteur de position (*synchro monté sur le cadre qui porte la toupie gyroscopique*). Ce signal est injecté à l'entrée de l'amplificateur (*à ce moment précis l'amplificateur effectue une comparaison entre les deux signaux*), à la sortie on récupère un signal qui est envoyé vers le moteur électrique. La sphère qui se trouve dans l'ADI se déplace et exerce un mouvement à cabrer. Dans le même temps, la génératrice tachymétrique délivre un signal électrique (*asservissement en vitesse*), afin d'annuler le signal de sortie de l'amplificateur. La sphère s'immobilise lorsqu'il y a correspondance entre la position de l'aéronef et la position de la sphère.

Document réponse à rendre avec la copie



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

### - But du synchroscope (0,25 point)

Ce système permet de contrôler et de régler plusieurs moteurs d'un avion à la même vitesse de rotation identique. Afin d'améliorer le confort des passagers, des membres de l'équipage (*confort auditif*) et d'éviter les vibrations dangereuses pour la structure de l'aéronef.

### - fonctionnement de principe (voir annexe 2) (1,75 point)

C'est un bi moteur, le moteur N°1 est pris comme référence. Le rotor triphasé (*inducteur*) est alimenté par le transmetteur du GTP N°1, le stator triphasé (*inducteur*) est alimenté par le transmetteur du GTP N°2. Le stator triphasé produit un champ tournant  $\vec{H}_2$  qui tourne à une vitesse  $\omega_2$ , le rotor triphasé produit également un champ tournant  $\vec{H}_1$  qui tourne à une vitesse  $\omega_1$  (*référence*). Le rotor triphasé est lié mécaniquement à une angule (FAST ou SLOW).

Pour illustrer notre étude, on dit que le GTP N°1 (*référence*) tourne moins vite que le GTP N°2. les deux champs tournants ont tendance à se rattraper (accrochage). De ce fait, le rotor tournera réellement à une vitesse  $\omega = \omega_2 - \omega_1$ . C'est à dire dans le sens "FAST". Le pilote devra donc réduire le moteur N°2. Lorsque  $\omega_1 = \omega_2$ , le rotor s'immobilise, les deux moteurs sont synchronisés.

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

### - But des centrales inertielles, principe général (1 point)

Le but est de déterminer la position instantanée de l'avion par rapport au référentiel terrestre utilisé en navigation. Il s'agit d'un système de navigation à l'estime. (0,5 point)

Le principe de la navigation inertielle consiste à déterminer la position instantanée  $\vec{P}$  de l'avion par une intégration double dans le temps de son vecteur accélération instantanée  $\vec{\Gamma}t$  par rapport au trièdre de calcul terrestre ou référentiel de navigation, soit:

$$P = \int_0^t \int \vec{\Gamma}t . dt + \vec{V}_0 . t + \vec{P}_0 \quad (0,5 \text{ point})$$

### - Expliquer sommairement les différences technologiques entre l'INS et l'IRS (1 point)

L'INS utilise une plate-forme asservie au référentiel terrestre (*elle est maintenue à l'horizontale*), elle peut-être orientée vers le Nord géographique ou encore en azimut libre). Ce type de centrale est équipé de:

deux gyrosopes ou de trois gyromètres, deux ou trois accéléromètres  
(0,5 point)

L'IRS utilise une technologie de type STRAP DOWN, c'est à dire que les différents capteurs sont liés à la structure de l'aéronef. On reproduit par le calcul mathématique une plate forme virtuelle. Ce type de centrale est équipé de:

Trois gyromètres LASER et de trois accéléromètres  
(0,5 point)

## 2<sup>ème</sup> partie

### 2.1 Radiogoniométrie et VDF (VHF Directional Finder) (3 points)

#### Qu : 2.1

- a) Le VOR est un équipement de radionavigation à courte et moyenne distance, travaillant sur la gamme de fréquence 108 à 112 MHz décimales paires (T.VOR) et de 112 à 117.95 MHz toutes décimales.

Il fournit à l'équipage, par le biais de la chaîne automatique (voir réponse 2.1 b) une information de QDM et par le biais de la chaîne manuelle, la position de l'aéronef par rapport à un radial sélectionné et passant par la balise (indication gauche/droite) ainsi que la position par rapport à la balise elle-même (indication to/from).

Enfin, le VOR est souvent associé à un équipement DME, permettant à l'équipage de se positionner avec précision dans un secteur (repère polaire  $\rho ; \theta$ ).

- b) La chaîne d'instrumentation du VOR est composée d'une antenne, qu'il partage parfois avec l'équipement Localizer (antenne VOR/LOC), d'un récepteur VOR (108 à 118 MHz) et de deux chaînes d'indication.

La première, que l'on visualise par exemple sur un RMI, est appelée chaîne automatique, car au même titre qu'un ADF, elle indique dès le calage du récepteur VOR sur une balise à portée radioélectrique, le QDM (fonction homing).

La seconde, que l'on visualise par exemple sur un HSI, est appelée chaîne manuelle, car elle permet de sélectionner le radiale (OBS), par rapport auquel on veut se positionner.

c) (0,5 point)

La zone d'imprécision à la verticale de certaines VOR est appelée « cône de silence ».

d) (1 point)

Portée =  $1,23 * \sqrt{\text{Altitude de l'avion}}$

Unités : Portée en Miles Nautiques (NM) et Altitude de l'avion en pieds (ft).

### 2.2 NDB et ADF (7 points)

a) (0,5 point)

L'ADF est un indicateur de gisement ».

b) (0,5 point)

Le signal reçu par l'antenne cadre est maximal si l'émetteur (NDB) est situé dans le plan du cadre.

c) (1 point)

Le BFO a pour objectif de permettre l'identification du NDB (code morse).

Il est utilisé dans des régions fort perturbées par les parasites ou par des stations de radio.

d) (1 point)

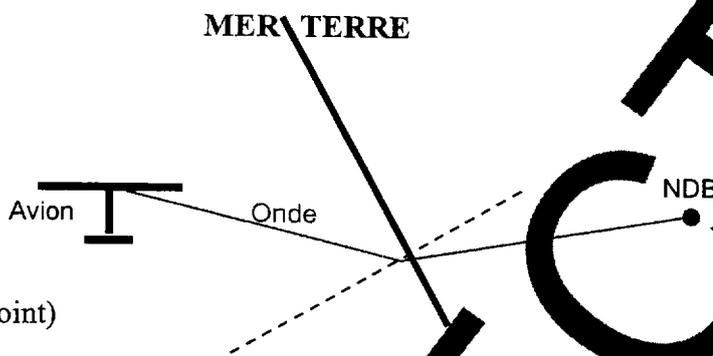
$$\lambda = c / f$$

$\lambda$  = Longueur d'onde;  $c$  = Célérité ou vitesse de la lumière;  $f$  = Fréquence de l'onde

$$\lambda = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / 300 \text{ kHz} = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / 3 \times 10^5 \text{ Hz} = 1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$$

e) (2 points)

Le phénomène de réfraction des ondes est responsable de l'effet de côte.  
La côte agit comme un dioptre et la trajectoire de l'onde est déviée à son passage.



f) (1 point)

Le *fading* est une interférence entre l'onde de côte (appelée aussi onde d'espace) et l'onde de sol.

L'utilisation de l'ADF est sujette au *fading* essentiellement la nuit.

g) (1 point)

Le relèvement magnétique de la station par rapport à l'avion se note QDM ou  $Z_{mA}$ .

La formule suivante est d'application :  $QDM = Z_{mA} = C_m + Gt$

$$\text{Donc : } Gt = QDM - C_m = Z_{mA} - C_m = 070^\circ - 060^\circ = 010^\circ$$

NOTA:  $Z_{mA} = QDM$