



## **Épreuve de Sciences de l'ingénieur Série S**

### **Annales « zéro » : exemples de sujets**

Partie écrite ; durée : 4 heures - coefficient : 4

Session 2003 : première année d'application des nouvelles modalités de l'épreuve (BO n° 27 du 4 juillet 2002) découlant de la réforme de son programme d'enseignement.

#### **Sujet 1 Positionneur multi-satellites d'antenne**

Avertissement : Les sujets proposés ne sont pas représentatifs de l'ensemble des possibilités offertes par les programmes et la définition des épreuves de sciences de l'ingénieur. Ils ne constituent donc pas une liste fermée de ces possibilités. Aussi doivent-ils être considérés non comme des modèles mais comme "des exemples possibles" conçus à la suite de réflexions conduites à partir du programme de SI dans sa globalité.

Le présent document figure sur un CD-ROM diffusé auprès des IA-IPR concernés. Chaque professeur chargé d'enseigner les sciences de l'ingénieur peut s'adresser à l'inspecteur de son académie pour en obtenir une copie. Ce CD-ROM contient la version Word des différents exemples de sujets et de leur corrigé, des modélisations 3D et des documents complémentaires.

# POSITIONNEUR MULTI-SATELLITES D'ANTENNE

## A- PRESENTATION

La réception de chaînes de télévision par satellite nécessite un récepteur et une antenne parabolique (**figure 1**).

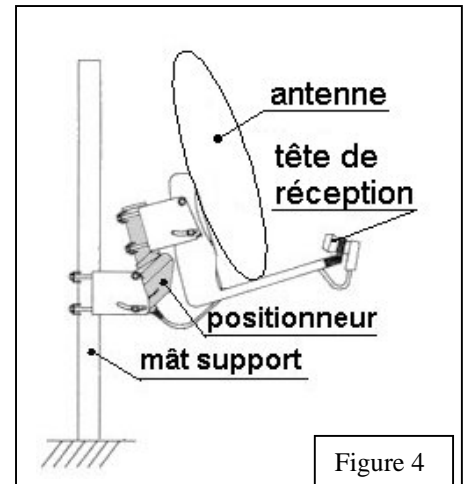
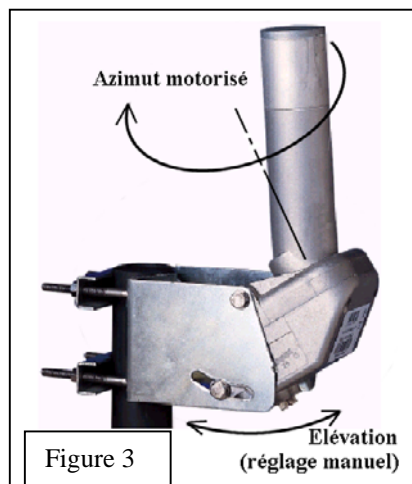
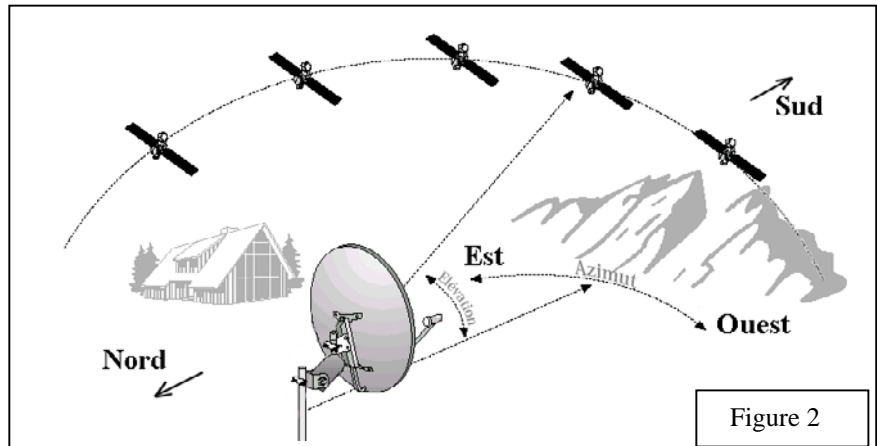
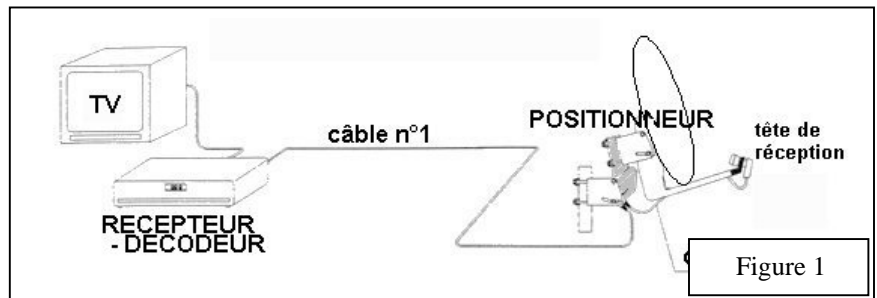
Pour augmenter le nombre de chaînes reçues, l'antenne doit pouvoir s'orienter vers plusieurs satellites différents. Le positionneur d'antenne STARLAND, fabriqué par la Société STAB, permet d'**orienter automatiquement** l'antenne parabolique vers un des satellites visibles (**figure 2**).

Lorsque le changement de chaîne demandé par le téléspectateur nécessite un changement de satellite, le positionneur s'oriente vers le nouveau satellite après en avoir reçu l'ordre du récepteur-décodeur, situé près du téléviseur (voir la **figure 1**).

Tous les satellites de radiodiffusion sont situés sur l'orbite géostationnaire à 36000 km au dessus de l'équateur.

Le réglage de l'angle d'élévation de l'antenne est donc commun à tous les satellites de radiodiffusion. Par conséquent, seul l'axe d'azimut du positionneur est motorisé comme indiqué sur la photo (**figure 3**).

C'est l'inclinaison donnée à l'axe de rotation qui permet de suivre la courbe sur laquelle sont situés les satellites (**figure 2**).



Certaines parties du sujet feront référence à la procédure d'installation du positionneur et de l'antenne sur le mât support ; lorsque tous les composants sont fixés (voir **figure 4**) il est nécessaire d'effectuer une procédure dite « d'alignement » du positionneur et de l'antenne par rapport à une référence. Cette procédure comporte deux phases, à partir d'une position initiale qui est : visée plein sud ; angle d'élévation 0 degrés (visée horizontale) :

- 1- réglage manuel de l'angle d'élévation (donné par le constructeur en fonction du lieu d'installation), qui dépend principalement de la latitude du lieu d'installation ;
- 2- réglage (en actionnant le moteur du positionneur) de la référence en azimuth, par pointage de l'antenne sur un satellite connu (ASTRA par exemple) jusqu'à ce que la réception de la chaîne choisie soit optimale ; cette position de référence est ensuite mémorisée par le récepteur-décodeur et elle sert de base au calcul automatique de la position des autres satellites.

## A-1 Cahier des charges fonctionnel

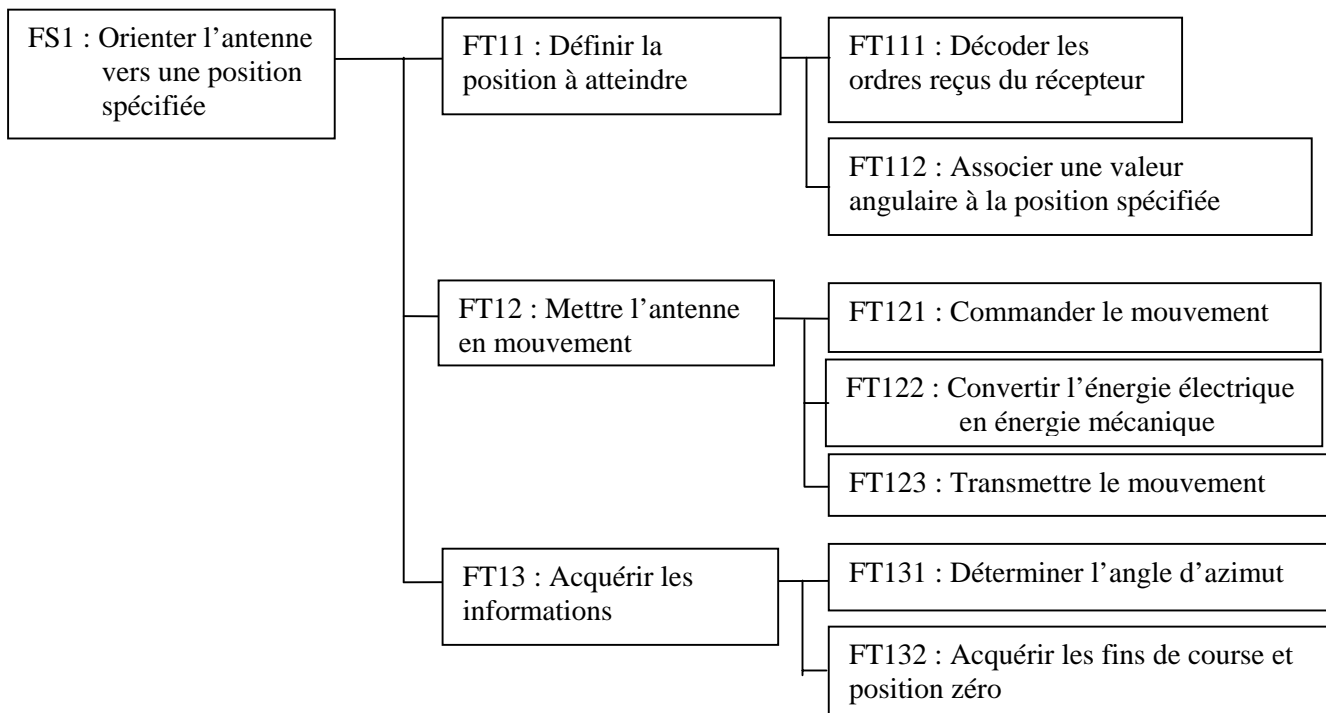
### Fonctions de service :

- FS1 : ORIENTER l'antenne vers un satellite présélectionné
- FS2 : TRANSMETTRE le signal modulé reçu du satellite depuis l'antenne vers le récepteur-décodeur
- FS3 : RECEVOIR l'énergie électrique
- FS4 : TRANSFORMER ET DISTRIBUER l'énergie
- FS5 : ÊTRE ALIGNÉ en élévation et en azimuth
- FS6 : ÊTRE FIXE sur le mât support
- FS7 : ASSURER LA COMPATIBILITE des communications avec le récepteur

Fonction	Critères	Niveau
FS1 : ORIENTER l'antenne	Angle de rotation Vitesse de rotation Inclinaison (élévation) Ecart de positionnement	De +50 à - 50 degrés Entre 1,1 et 2 °/s De 0 à 55 degrés 0,1 degré
FS3 : RECEVOIR l'énergie électrique	Tension continue en entrée Courant débité	13V ou 18V 350 mA max
FS4 : TRANSFORMER ET DISTRIBUER l'énergie	Couple à fournir en sortie  Protection sur-intensité moteur	Permet de contrer le vent qui agit sur une parabole standard de diamètre 80 cm, pour : - 80 km/h en mouvement ; - 130 km/h à l'arrêt. 300 mA

les fonctions et critères donnés ne concernent que ceux utiles pour la résolution du sujet.

## A-2 Analyse fonctionnelle interne du positionneur



**Question 1a : ATTENTION : Ne Répondre à cette question qu'après une lecture complète du sujet (ou au cours de l'avancement du questionnaire) .**

Indiquer les solutions constructives associées aux fonctions techniques, FT121, FT122, FT123, FT131 et FT132.

Donner leur dénomination avec le plus de précision possible.

Une mémoire effaçable permet de stocker les codes numériques de 49 positions de l'antenne correspondant à 49 satellites (22 préprogrammées en usine et 27 choisies par l'utilisateur).

**Question 2a** Déterminer le nombre minimum de bits que devra comporter chaque code, sachant que l'angle de rotation varie de -50 à + 50 degrés et que l'écart admissible entre position réelle et position commandée (résolution) est de 0,1°.

### A-3 Etude des fins de course

La **figure 5** présente une vue de synthèse du positionneur en vue de dessous, avec son couvercle dessiné semi-transparent.

On distingue une pièce en forme de secteur semi-circulaire, liée à l'arbre de sortie (et entraînée en rotation par engrènement).

L'acquisition de la position zéro (visée plein Sud) et des deux fins de course (limite Ouest et limite Est) est réalisée :

- d'une part par 3 interrupteurs à lames souples « I.L.S. » liés au carter fixe du positionneur, et
- d'autre part par 5 aimants mobiles, fixés sur le secteur présenté ci-dessus.

Les **figures 6 et 7** définissent les positions et les caractéristiques de ces composants.

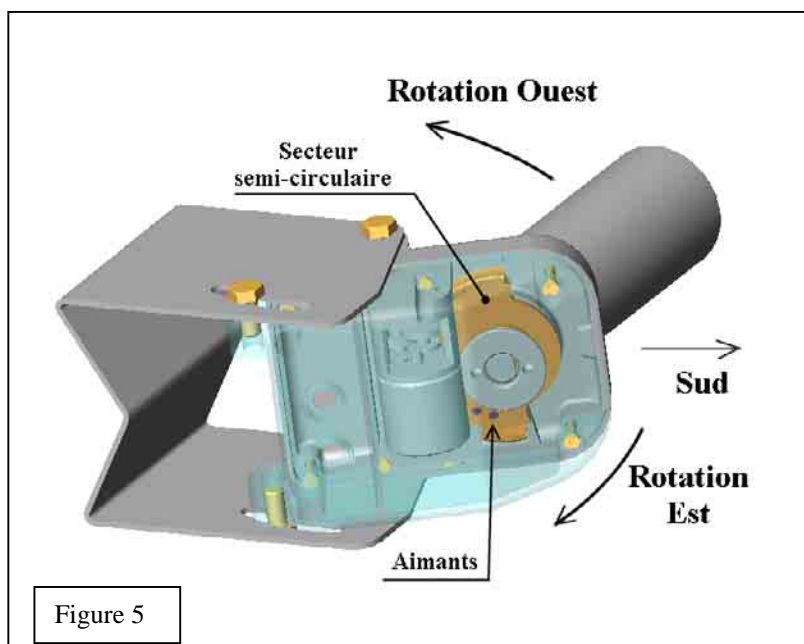


Figure 5

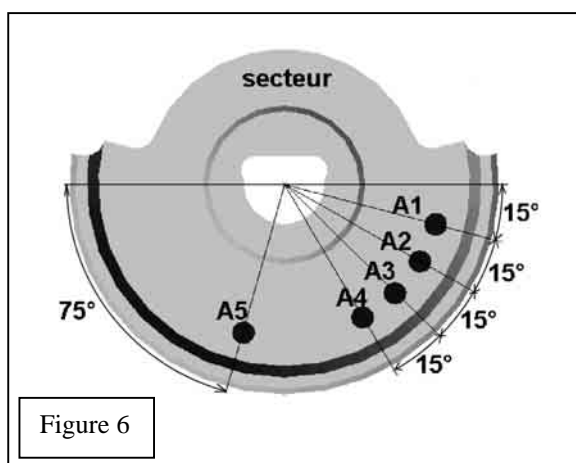


Figure 6

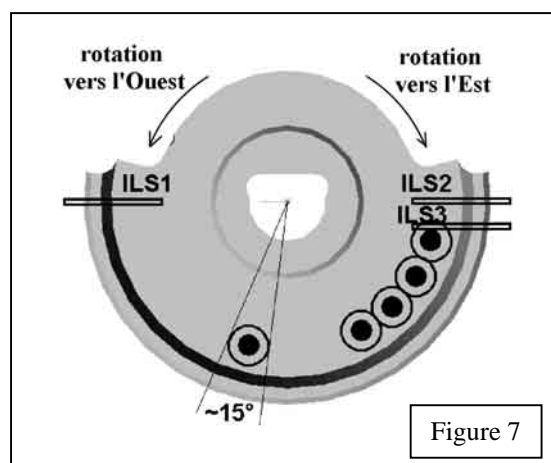


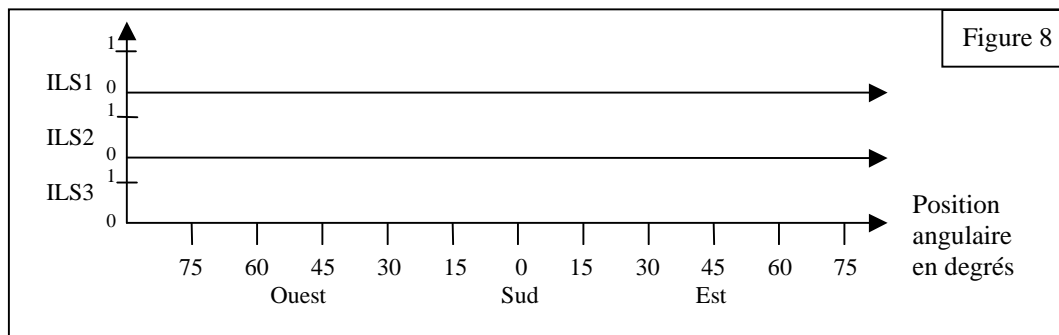
Figure 7

La figure 7 est dessinée avec le secteur en position 0 degrés (plein sud)

Légende :

- ILS (interrupteur à lames souples)
- aimant Ai
- ⊙ aimant Ai avec sa zone d'action

**Question 3a :** Compléter en reproduisant le tracé de la **figure 8**, l'état des 3 contacts ILS1, 2 et 3 en fonction de la position angulaire de l'arbre de sortie du positionneur, dans l'hypothèse où l'état d'un contact ILS est à 1 s'il se trouve dans la zone d'action d'un aimant.



**Question 4a :** Indiquer les événements (front montant ou descendant de  $ILSi$  :  $\uparrow ILSi$  ou  $\downarrow ILSi$ ) qui permettent de repérer les positions « Butée Ouest », « Butée Est » et « Position zéro ».

Le critère angle de rotation de la fonction FS1 est-il vérifié ?

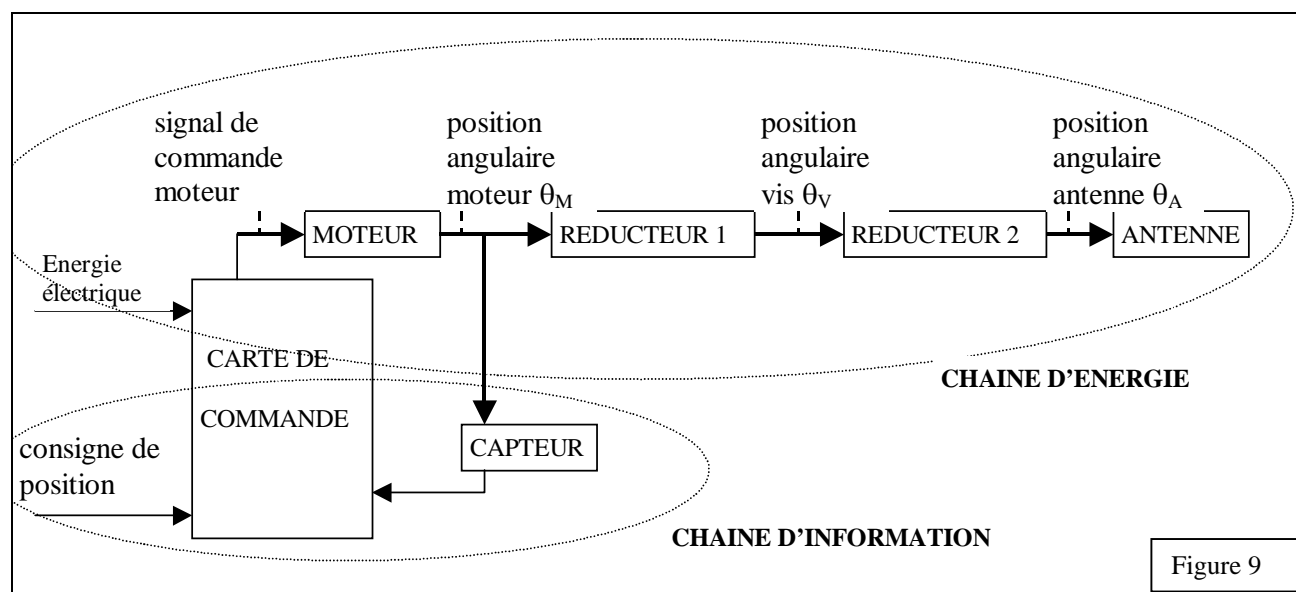
## B- ORIENTER L'ANTENNE

L'objectif de cette étude est de vérifier la validité, et d'effectuer des modifications, de certaines des solutions techniques qui ont été choisies, sachant que l'écart admissible entre la direction du satellite et la direction réellement visée par l'antenne est de 0,1 degré (voir la fonction de service FS1).

### B-1 Analyse sur l'axe d'azimut

Données :

Le schéma synoptique de la **figure 9** présente les éléments des chaînes d'information et d'énergie qui conduisent au positionnement de l'antenne autour de l'axe d'azimut :



Le « réducteur 1 » est un réducteur à 5 étages à engrenages parallèles de rapport :  $R1 = 324$

Le « réducteur 2 » est un réducteur à roue et vis-sans-fin de rapport :  $R2 = 72$ .

Différentes imperfections du système peuvent conduire à un écart entre la position souhaitée de l'antenne et sa position réelle ;

Dans l'étude suivante, l'influence des deux seuls paramètres ci-dessous sera analysée :

- les jeux de la transmission (questions 1b à 3b);
- la résolution du capteur de position (questions 3-1b à 3-3b ; cette partie donnée en annexe ne sera pas traitée pendant le temps imparti pour l'épreuve).

### **B-1-1 Les jeux de la transmission**

La qualité de la mise en position et du maintien en position de l'antenne peut être altérée par la présence des jeux suivants dans la chaîne de transmission de puissance :

- le jeu du « réducteur 1 » à engrenages ;
- le jeu résultant de la transformation du mouvement dans le système « roue et vis-sans-fin » :  
0,05 mm entre les dents de la roue et le filet de la vis ;  
0,5 mm pour le jeu axial dans le positionnement de la vis par rapport au carter.  
(les valeurs données sont des valeurs maximales) ;

L'étude porte sur l'analyse et la validation des solutions constructives utilisées pour réduire les effets néfastes du jeu dans le système « roue et vis-sans-fin ».

Le constructeur a choisi de placer un ressort de torsion qui exerce son action entre le carter et la roue (secteur denté) lié à l'arbre de sortie du positionneur ; ce ressort a tendance à ramener l'arbre en position centrale (visée plein Sud) comme le montrent les **figures 10-a à 10-e**.

**10-b** : le ressort est libre avant montage ; **10-c, 10-d, 10-e** : le ressort est monté.



Figure 10-a

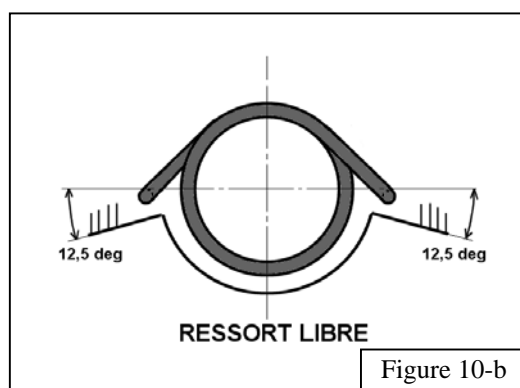


Figure 10-b

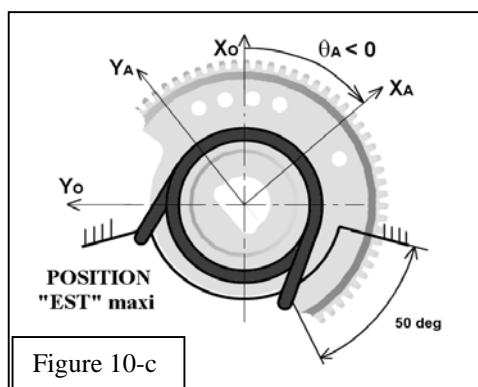


Figure 10-c

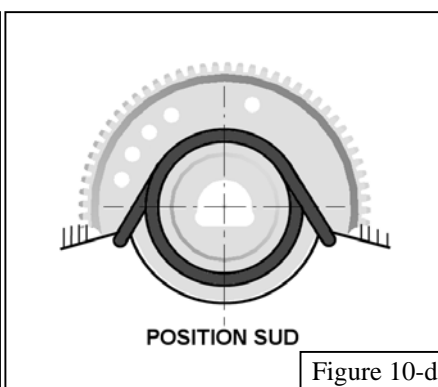


Figure 10-d

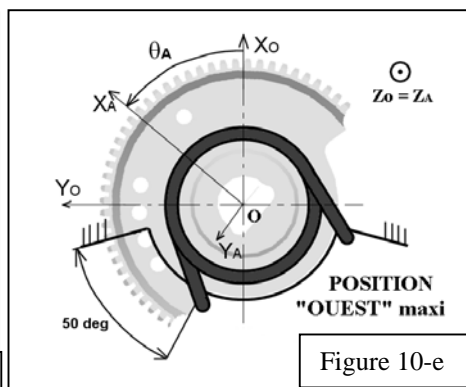


Figure 10-e

La **figure 11** est une copie à l'échelle réduite du **document Annexe 1** qui représente partiellement (sans le couvercle ni le ressort) en 2 vues planes et 2 agrandissements, la partie concernée du positionneur ; la photo **figure 12** présente le détail du système « roue et vis-sans-fin ».

Le dessin d'ensemble proposé sur le **document Annexe 2** permet de mieux situer les différents composants du positionneur.



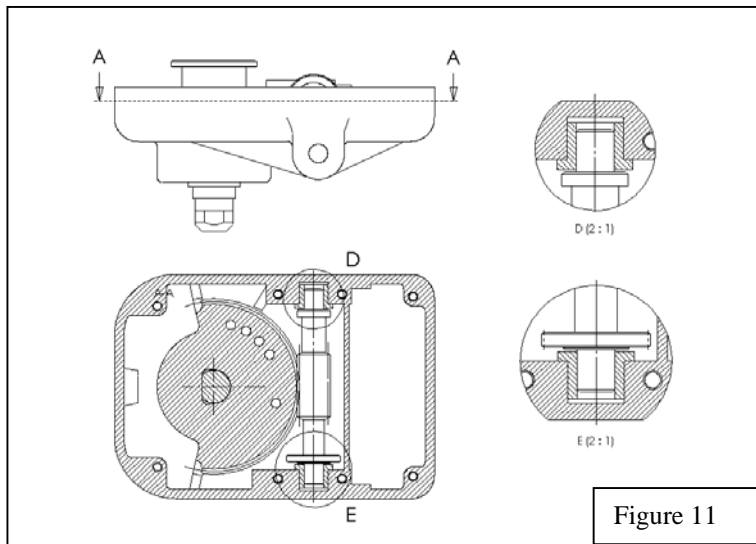


Figure 11



Figure 12

**Question 1b** Représenter à main levée, selon la vue en coupe AA, sur la feuille de copie, le secteur denté (avec quelques dents), la vis-sans-fin (avec la section du filet), les coussinets et le carter. Il s'agira de montrer les jeux de façon exagérée, et les surfaces qui viennent en contact, sur deux figures différentes : une pour le cas « Position Est », une autre pour le cas « Position Ouest ».

Nota : le candidat pourra raisonner à partir de ses connaissances sur le système "pignon-crémaillère" qui se comporte de façon identique au système "roue et vis-sans-fin" par rapport au problème étudié.

**Question 2b** En supposant que le technicien installateur du positionneur a effectué son réglage initial sur un satellite situé à l'ouest :

- préciser dans quel cas d'utilisation, les jeux évoqués ci-dessus peuvent être néfastes ;
- calculer dans ce cas l'influence de chacun de ces jeux sur la précision du positionnement de l'antenne (Nota : le rayon primitif de la roue (secteur denté) est de 36 mm ; voir le document annexe 1).

**Question 3b** Proposer une (ou plusieurs) solution(s) constructive(s) pour réduire le jeu axial dans le positionnement de la vis par rapport au carter (tout en conservant la solution de guidage en rotation avec paliers lisses).

### B-1-2 Résolution du capteur de position

(Questions 3-1b, 3-2b, 3-3b proposées en annexe ; à ne pas traiter dans le temps imparti)

### B-2 Etude d'une amélioration sur l'axe d'élévation

**Présentation** : Lors de l'installation, une fois l'ensemble (positionneur et parabole) installé sur le mât-support, le technicien doit effectuer l'opérations de réglage en "élévation" (voir le paragraphe "A-PRESENTATION", ainsi que la figure 13).

La solution prévue actuellement nécessite d'effectuer le réglage d'élévation en positionnant un curseur face aux graduations prévues à cet effet, le blocage en position étant ensuite réalisé par pincement à l'aide de vis.

L'inconvénient de cette solution pour le

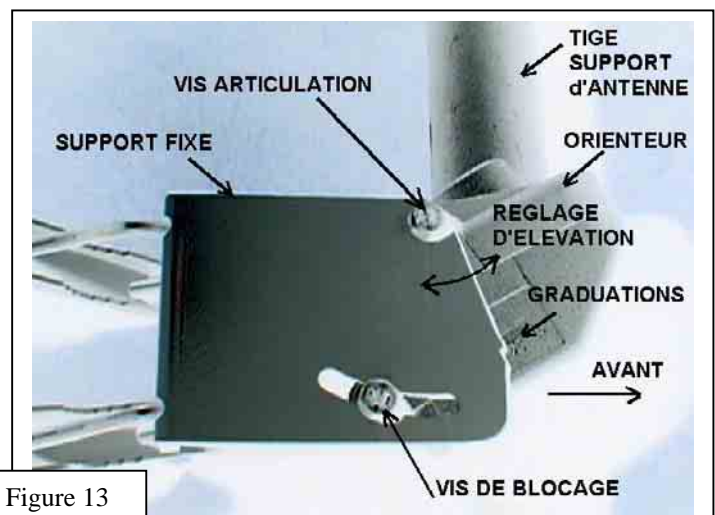


Figure 13

technicien, est qu'il est difficile de maintenir la parabole en position, avant d'effectuer le serrage des vis, car les forces perturbatrices (poids de la parabole et de son dispositif de fixation ; forces dues au vent ) génèrent un moment important autour de l'articulation de réglage.

**Question 4b** Réaliser sur la copie, à partir des données de la **figure 14**, en proposant sous forme de **schéma technologique à main levée**, en vue plane (coupe CC), une solution qui répond au cahier des charges suivant :

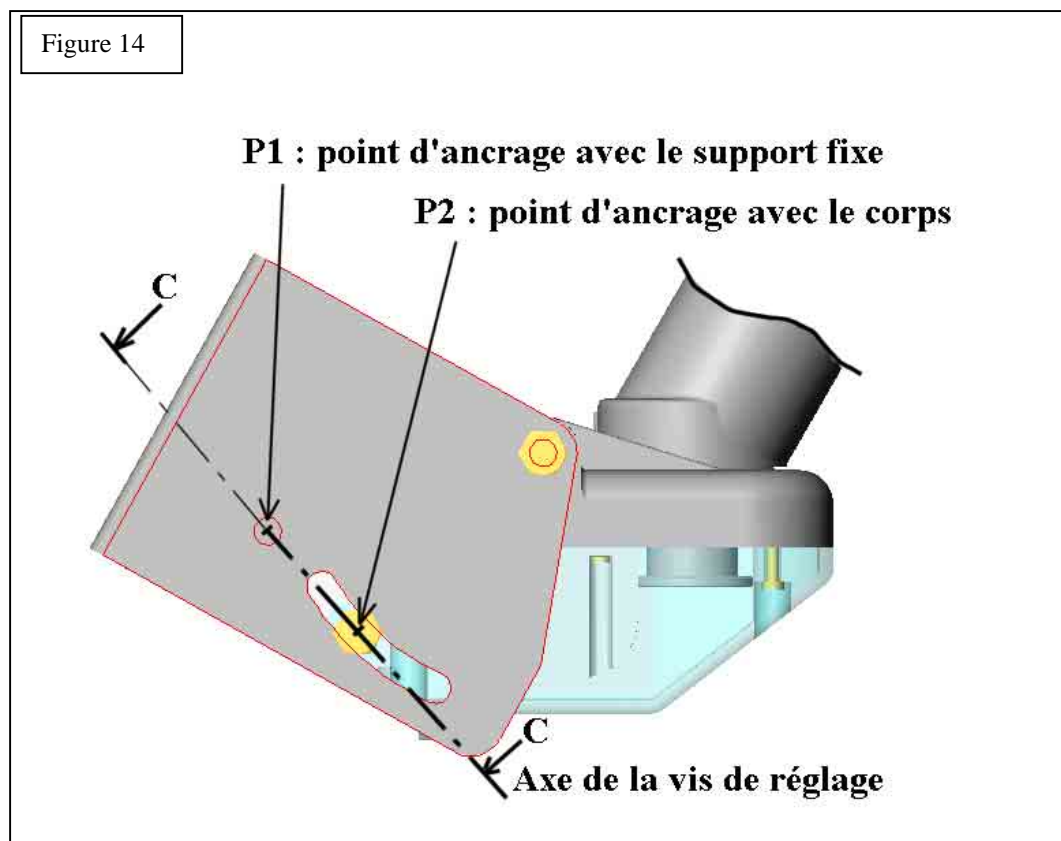
- un dispositif additionnel par éléments filetés, permettra au technicien de réaliser le maintien et le positionnement progressif du réglage en élévation ;
- ce dispositif de réglage sera placé sur le côté du positionneur et sera lié d'une part au support fixe (point d'ancrage désigné P1 sur la **figure 14**) ; d'autre part au corps du positionneur (point d'ancrage désigné P2 sur la **figure 14**) ; la vis de blocage existante en ce point P2, pourra être utilisée pour réaliser la liaison avec le corps.
- les pièces existantes ne seront pas modifiées autrement que par des perçages et taraudages ; des pièces complémentaires pourront être ajoutées.

Le dessin d'ensemble **document annexe 2** (échelle 3/5) précise les épaisseurs des pièces concernées.

Nota : l'évaluation portera principalement :

- sur le choix des liaisons du système de réglage ainsi que celles qui lient le système de réglage au support fixe ainsi qu'au corps de l'orienteur ;
- sur la clarté de la représentation des surfaces de ces liaisons ;
- sur le positionnement des surfaces de ces liaisons les unes par rapport aux autres.

Des commentaires manuscrits pourront être ajoutés en complément, en particulier pour préciser les jeux existants dans les deux phases : système en cours de réglage, ou système bloqué.

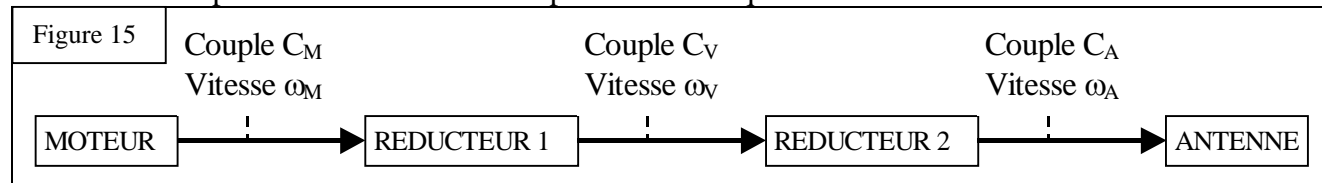




## C- TRANSFORMER ET DISTRIBUER L'ENERGIE

L'objectif de cette étude est de vérifier les capacités du positionneur, lorsqu'il est soumis aux actions mécaniques externes dues au vent (voir la fonction de service FS4).

**Données :** Le schéma synoptique **figure 15** présente les éléments de la chaîne de transmission d'énergie qui conduit au mouvement de l'antenne autour de l'axe d'azimut ; les grandeurs caractérisant la puissance transmise sont spécifiées à chaque niveau.



Le « réducteur 1 » est un réducteur à 5 étages à engrenages parallèles, de rapport :  $R1 = 324$ , de rendement :  $\eta_1 = 0,8$ .

Le « réducteur 2 » est un réducteur à roue et vis-sans-fin, de rapport :  $R2 = 72$ , de rendement  $\eta_2 = 0,7$ .

Figure 16 : tableau des principales caractéristiques du moteur

Le moteur est à courant continu, à aimants permanents.

Tension d'alimentation	V	18	vitesse nominale	tr/min	4400
Courant nominal	mA	300	vitesse à vide	tr/min	8000
Puissance nominale	W	1,6	constante de couple $K_c$	Nm/A	$11,7 \cdot 10^{-3}$
Couple nominal	Nm	$3,5 \cdot 10^{-3}$			

### Quelques éléments pour l'étude du moteur:

#### Notations utilisées:

$U_m$  : tension qui alimente l'induit

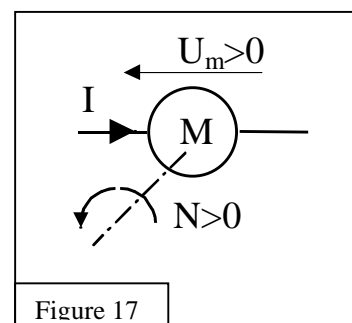
$I$  : courant dans l'induit

$N, \omega_m$  : vitesse de rotation en (tr/min) et (rad/s)

$C_m$  : couple moteur utile

$C_r$  : couple résistant de la charge ramené à l'arbre moteur

$K_c$  : constante de couple (en Nm/A)



#### Rappel d'une relation de base:

(en négligeant les pertes dans le rotor du moteur) :  $C_m = K_c \cdot I$

### C-1 Choix du moteur

L'étude a pour objectif de valider le bon choix du moteur en accord avec la fonction de service FS4.

Les **figures 10 (a, b, c, d, e) du paragraphe B-1-1** montrent comment le ressort agit sur le secteur denté lié à l'arbre de sortie du positionneur. La raideur du ressort est de 0,35 Nm/degé ;

On notera qu'en position de visée « SUD », le ressort est déjà précontraint de 25 degrés.

**Question 1c Tracer** sur la copie, le graphe qui représente la loi d'évolution " $C_{ressort} = f(\theta_A)$ " du couple " $C_{ressort}$ " exercé par le ressort sur le secteur, en fonction de la position angulaire  $\theta_A$ .

- On note " $C_A$ " le couple exercé par la vis du réducteur 2 sur le secteur lié à l'arbre de sortie du positionneur (le couple est mesuré autour de l'axe de rotation de l'arbre de sortie).

- Pour prendre en compte l'influence du vent sur le positionneur, on précise que des essais en soufflerie ont permis d'établir que, dans la position de la parabole la plus défavorable, le couple exercé par le vent (mesuré sur l'axe de rotation de l'arbre de sortie du positionneur) est proportionnel à la vitesse "V" du vent ;  
le coefficient de proportionnalité est :  $K_x = 0,24 \text{ Nm/Km/h}$ .
- Les effets dynamiques seront considérés comme négligeables.

**Question 2c** Isoler l'arbre de sortie du positionneur et **faire l'inventaire** des actions appliquées ;  
**Donner** la relation qui permet d'exprimer la valeur maximale du couple " $C_A$ ", en fonction de "Cressort" de  $K_x$ , et de V.  
 Le candidat **précisera** le principe utilisé et le théorème traduisant ce principe ; pour cela, il pourra utiliser le repérage proposé **figure 10-e**.  
**Calculer** la valeur numérique de " $C_A$ " maxi, pour  $V=80 \text{ Km/h}$ .

On se place en régime permanent, ce qui fait que le couple  $C_M$  fourni par le moteur ne dépend que du couple " $C_A$ ". On prendra en compte les pertes énergétiques dans les réducteurs ( $\eta_1 = 0,8$  ;  $\eta_2 = 0,7$ ).

**Question 3c** Déterminer l'expression analytique puis la valeur numérique du rapport  $C_M / C_A$ .  
**En déduire** la valeur de l'intensité du courant moteur "I" lorsque s'exerce  $C_A$  maxi.  
**Vérifier** dans ces conditions que le moteur peut mouvoir l'antenne sous l'action d'un vent de 80 Km/h, conformément au critère associé à la fonction de service FS4 (on utilisera les données fournies dans le tableau des caractéristiques du moteur, **figure 16**).

**Question 4c** Le réducteur 2 (à roue et vis-sans-fin) est irréversible ; **expliquer** l'avantage principal que procure cette irréversibilité, dans l'utilisation du moteur, lorsque l'antenne est positionnée en visée fixe sur un satellite, et soumise à un vent important.

## C-2 commande du moteur

L'étude a pour objectif de définir les consignes qui pilotent le mouvement du moteur.

Quelques éléments fonctionnels de la commande du moteur sont donnés **figure 18**.

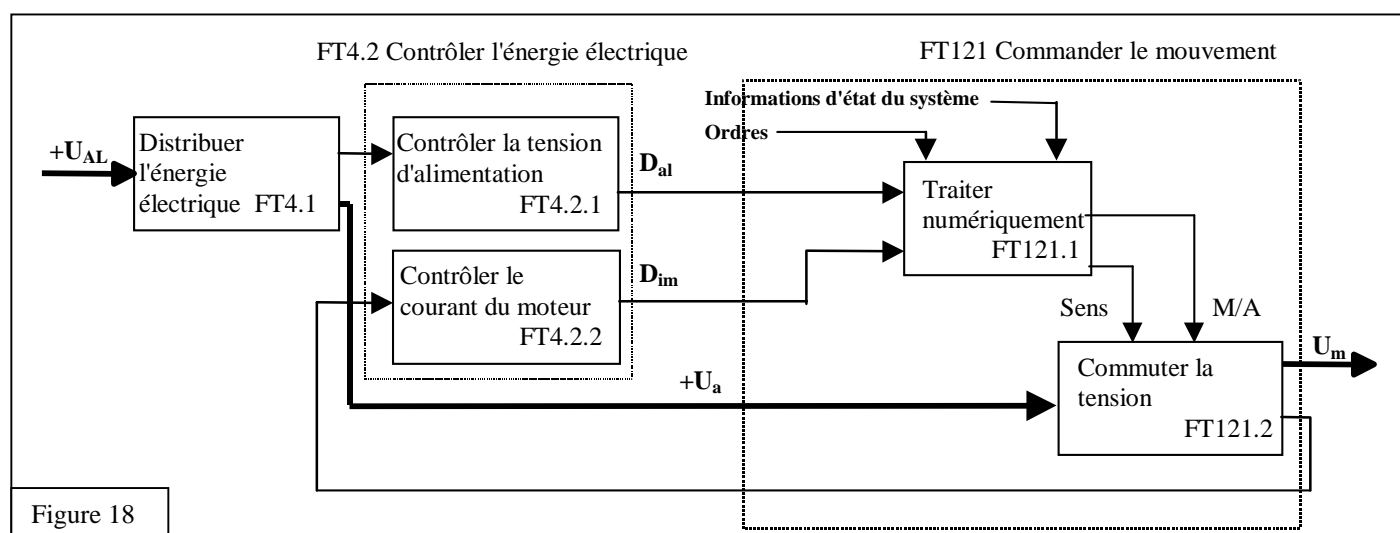


Figure 18

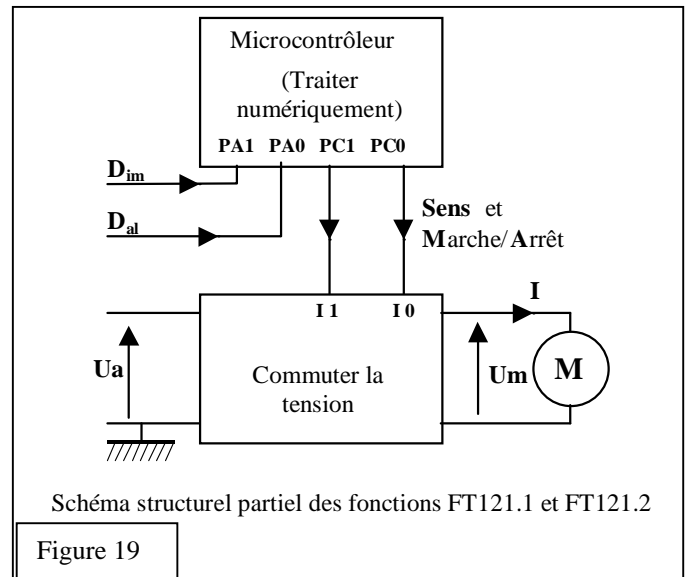
La fonction FT4.2.2 contrôle l'énergie électrique et délivre deux informations logiques signalant l'apparition d'un défaut:

- $D_{al}$  pour un niveau de tension insuffisant sur l'alimentation :  
 $D_{al} = "1"$  lorsque  $U_{AL}$  est insuffisante;
- $D_{im}$  pour un courant maximal de 300mA atteint dans le moteur :  
 $D_{im} = "1"$  lorsque le courant I dans le moteur atteint 300 mA.

La fonction FT 121 est assurée par un micro-contrôleur qui réalise le traitement numérique (FT121-1), et la carte de puissance qui assure la commutation de tension (FT121-2).

La figure 20 présente le schéma structurel partiel de cet ensemble.

Le circuit de "commutation de tension" assure l'alimentation du moteur en fonction du mot de commande "I1 I0" qui définit l'ordre "Marche/Arrêt" et le "sens de déplacement Est/Ouest".



**Question 5c :** A partir du tableau de fonctionnement **figure 20** extrait de la documentation de ce circuit, **indiquer** la fonction ("Marche/Arrêt" ou "sens") réalisée :

- par l'entrée  $I_0$  ;
- par l'entrée  $I_1$ .

Tableau de fonctionnement

$I_1$	$I_0$	$U_m$	$I$
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	$\approx +U_a$	$+I$
1	1	$\approx -U_a$	$-I$

Figure 20

La structure de la chaîne de transmission de mouvement entre le moteur et l'arbre de sortie du positionneur est telle qu'une rotation de sens positif du moteur conduit à un déplacement vers l'Ouest. La **figure 17** fournit les conventions de sens pour le moteur.

**Question 6c :** Donner les mots binaires de commande " $I_1 I_0$ " à fournir pour commander les ordres suivants :

- déplacement vers l'Ouest ;
- déplacement vers l'Est ;
- arrêt.

Lorsque le microcontrôleur détectera l'un des deux défauts apparaissant sur " $D_{im}$ " ou " $D_{al}$ " il devra stopper immédiatement le moteur.

**Question 7c :** Définir le traitement que devra effectuer le microcontrôleur sur les entrées/sorties PA0 / PA1 / PC0 / PC1 pour stopper le moteur.  
Pour cela, définir les expressions en italique de l'élément d'algorithme donné ci-dessous (on pourra utiliser si besoin, les opérateurs logiques : ET, OU, NON).

SI (*condition d'arrêt*)  
ALORS *stopper le moteur*  
FIN SI

## D- DECODER LES ORDRES RECUS DU RECEPTEUR

L'objectif de cette partie est de valider les choix technologiques effectués, concernant la transmission des informations entre le «récepteur-décodeur» et le positionneur (voir la fonction technique FT 111)

Les mouvements du positionneur sont commandés par le récepteur-décodeur qui envoie séquentiellement des ordres élémentaires tels que « tourner vers l'Est », « arrêter le mouvement » ou « rejoindre la position satellite n°3 » préalablement mémorisée.

Ces ordres sont envoyés suivant un protocole spécifique nommé "DISEqC", développé par l'organisation EUTELSAT pour favoriser le développement de constituants standard interchangeables (récepteur, tête de réception, positionneur, ...) Les ordres sont décodés par le microcontrôleur implanté sur la carte électronique du positionneur.

### D-1 Description du protocole DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control) :

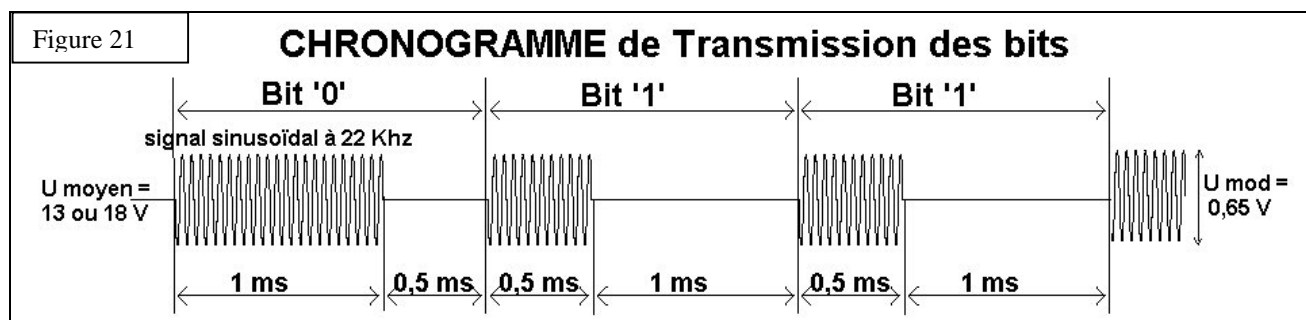
Le câble coaxial n° 1 (voir **figure 1**) permet de véhiculer trois types de signaux de nature très différente :

1. signal continu 13 ou 18 V qui permet l'alimentation du positionneur et de la tête de réception ; le courant maximum absorbé par le positionneur ne doit pas excéder 350 mA ; les 2 niveaux de tension servent à commander la polarisation de la tête de réception ; le positionneur doit pouvoir fonctionner indifféremment avec les 2 niveaux.
2. signal modulé à 22 KHz qui permet à la fois de commander la fréquence de l'oscillateur local de la tête de réception et de commander le positionneur avec le protocole décrit ci-dessous.
3. signal vidéo modulé entre 0,95 et 2,15 GHz, retransmettant les images et le son de la chaîne choisie par le téléspectateur.

Seul le signal n°2 qui permet de commander le positionneur sera étudié ici :

Le Bus DiSEqC, dans sa version la plus simple, est unidirectionnel : Récepteur → Positionneur

La **figure 21** présente la structure du signal modulé constitué d'une succession de bits d'une durée de 1,5 ms. la différenciation entre un bit "0" et un bit "1" est faite sur la durée de la modulation : 1 ms pour le bit "0" ; 0,5 ms pour le bit "1".



**Description de la trame :** elle comprend 3 octets, suivis si nécessaire d'un octet de données

Octet n°1 : Début	P	Octet n°2 : Adresse	P	Octet n°3 : Commande	P	Octet n°4 : Données	P
							facultatif

Chaque octet est suivi d'un bit de parité impaire P pour contrôler l'intégrité de l'octet reçu.

La fin de chaque trame est suivie d'un « silence » de 6 ms minimum (absence du signal 22 KHz).

**Question 1d : Déterminer** la durée maximale de transmission d'une trame.

**En déduire** le débit maximum d'information transmissible en bits par seconde.

## D-2 Vérification de la qualité de la transmission

Le bit de parité d'un octet  $[b_7, b_6, \dots, b_0]$  est défini de la façon suivante :  $P=0$  si l'octet  $[b_7, b_6, \dots, b_0]$  contient un nombre **impair** de 1,  $P=1$  si l'octet en contient un nombre **pair**.

L'équation du bit de parité  $P$ , ainsi que celle de la variable  $V$  qui détermine l'intégrité de la transmission de l'octet peuvent s'exprimer uniquement en fonction de l'opérateur "OU exclusif". On rappelle l'équation de l'opérateur "OU exclusif" sur les deux variables  $b$  et  $c$  :  $b \oplus c = \bar{b}c + b\bar{c}$

**Question 2d :** Développer sous forme canonique l'opérateur OU exclusif à 3 variables :

$$S = a \oplus b \oplus c .$$

**Question 3d :** Représenter dans un tableau de Karnaugh, l'état de la variable  $S$  en fonction de l'état des variables  $a, b, c$ , et montrer qu'un nombre impair de variable  $a, b, c$  à 1 conduit à  $S = 1$  et qu'un nombre pair conduit à  $S = 0$ .

Cette propriété se généralise à l'opérateur "OU exclusif" à  $n$  variables.

Etant donné la définition du bit de parité  $P$ , le mot de 9 bits constitué de l'octet "b7 b6 ...b0" suivi du bit  $P$  contiendra toujours un nombre impair de 1 si la transmission s'est effectuée correctement.

**Question 4d :** En déduire l'équation logique de la variable  $V$  définissant l'intégrité de la transmission de l'octet ( $V=1$  si transmission correcte,  $V=0$  sinon) en fonction de  $P$  et  $b_i$  ( $i = 0$  à 7), en utilisant l'opérateur "OU exclusif" uniquement.

**Données :** Code **Hexadécimal** des octets transmis :

Octet n°1 « Début » : E0

Octet n°2 « Adresse » : 31 pour le positionneur

Octet n°3 « Commande » (Liste partielle) et octet n°4 « Données » :

68 pour faire tourner le positionneur vers l'Est, suivi d'un octet de données contenant la durée de fonctionnement en secondes codée en binaire,

69 pour faire tourner le positionneur vers l'Ouest, suivi de l'octet de données,

60 pour arrêter le positionneur,

6A pour mémoriser la position d'un satellite, suivi d'un octet contenant le numéro de la position du satellite (49 positions possibles),

6B pour rejoindre la position mémorisée d'un satellite, suivi de l'octet contenant le numéro de la position.

**Exemple** de 2 trames transmises au positionneur :

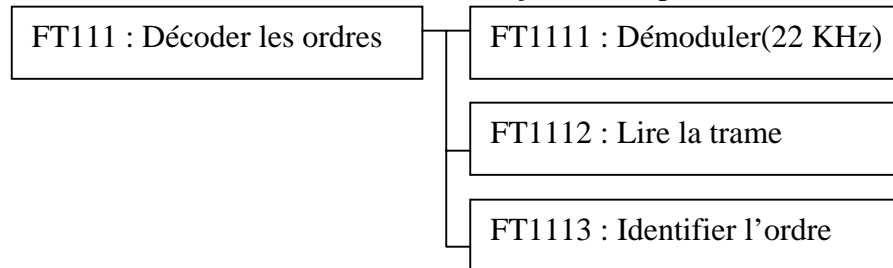
	Octet n°1	P	Octet n°2	P	Octet n°3	P	Octet n°4	P
Code binaire + Parité :	1110 0000	0	0011 0001	0	0110 1001	1	0001 0100	1
Code binaire + Parité :	1110 0000	0	0011 0001	0	0110 0000	1		

**Question 5d :** Convertir le code binaire de chaque octet en code Hexadécimal, puis déterminer les ordres transmis au positionneur par la succession des 2 trames données dans l'exemple.

### ***D-3 Impact du temps de transmission des données sur la précision du positionneur***

On se propose dans ce paragraphe de vérifier que le débit maximum autorisé avec ce protocole est compatible avec les performances du positionneur et notamment la précision de positionnement.

Détail de la Fonction FT111 : « Décoder les ordres reçus du récepteur » :



Parmi les 3 fonctions listées ci-dessus, la fonction « Lire la trame » est celle qui prend le plus de temps.

On fera l'hypothèse que la durée des 2 autres fonctions est négligeable devant celle - ci.

Le temps d'arrêt du moteur (entre la prise en compte de la commande et l'arrêt effectif du moteur) est de 150 ms.

**Question 6d : Déterminer** l'angle parcouru par le positionneur entre l'instant de début de réception de l'ordre d'arrêt et l'arrêt effectif du positionneur, lorsque le mouvement s'effectue à la vitesse maximale de 2 degrés par seconde.

**Question 7d : Comparer** cette valeur avec la précision de positionnement souhaitée pour la Fonction FS1.

Fin du sujet.



## ETUDE COMPLEMENTAIRE (en dehors du temps imparti pour l'épreuve)

### B-1-2 Résolution du capteur de position

Sur l'axe d'azimut, on souhaite commander un mouvement de rotation de valeur  $\theta_A$  ;

Pour ce faire, il faut commander une rotation du rotor du moteur de la valeur  $\theta_M$  ;

**Question 3-1b** Déterminer l'expression analytique puis la valeur numérique du rapport  $\theta_M / \theta_A$  .  
(utiliser les données de la figure 9)

Données sur la constitution du capteur de position :

Les croquis **figures 121 et 122** montrent le capteur constitué d'un aimant bipolaire (roue polaire) monté en bout de l'arbre arrière du rotor du moteur, et de deux cellules de Hall (Seh 1 et Seh 2) fixées sur le support, placées à  $90^\circ$  l'une de l'autre, à la périphérie.

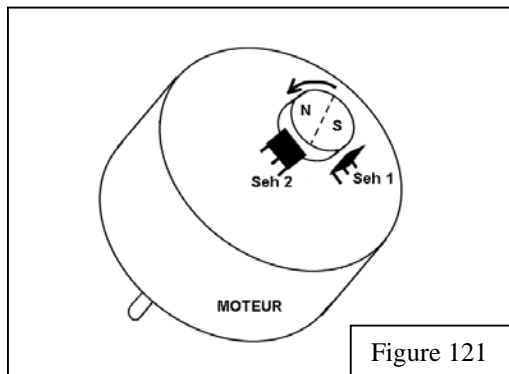


Figure 121

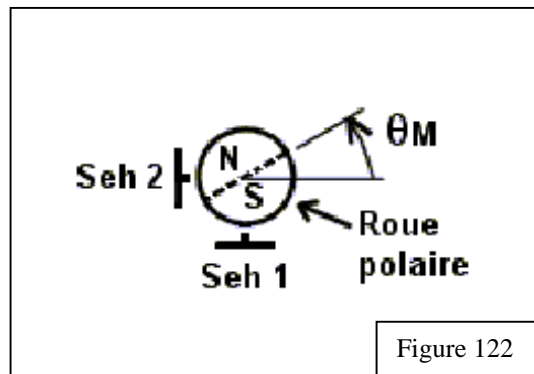


Figure 122

Chaque cellule est associée à un conditionneur qui génère un signal :

- à un niveau logique "1" lorsque la cellule est située face à un pôle Nord;
- à un niveau logique "0" lorsque la cellule est située face à un pôle Sud.

Nota : la partie sensible de chaque cellule est localisée au centre de celle-ci.

**Question 3-2b** Reproduire et compléter le chronogramme de la figure 123, en montrant l'évolution des signaux Seh1 et Seh2 délivrés par les deux cellules.

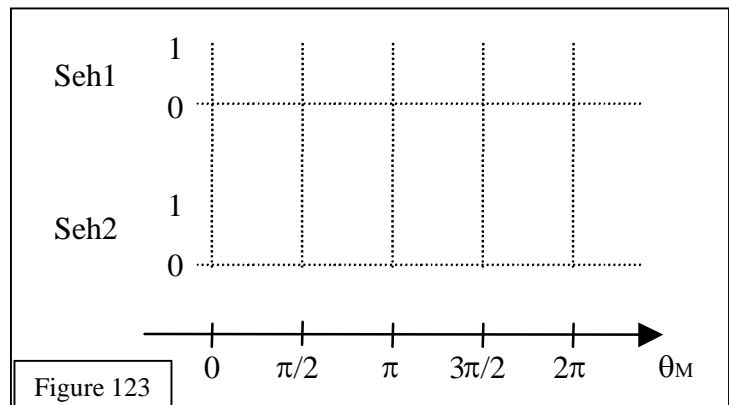


Figure 123

Un compteur, associé à un détecteur de fronts montants et descendants, permet de déterminer la position angulaire du rotor du moteur lors de sa rotation.

**Question 3-3b** Dédire de l'étude précédente la valeur numérique  $\Delta\theta_M$  de l'écart maximal sur le positionnement du rotor du moteur.

En déduire la valeur numérique  $\Delta\theta_A$  de l'écart sur le positionnement de l'antenne.

La solution technique choisie pour le positionnement en azimut est-elle alors

validée (par rapport à la contrainte d'écart de 0,1 degré spécifiée dans le cahier des charges), si l'on ne prend en compte que la résolution du capteur ?