

POSITIONNEUR MULTI-SATELLITES D'ANTENNE

A- PRESENTATION

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

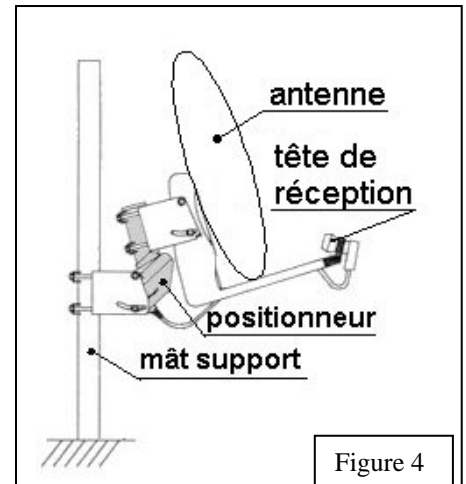
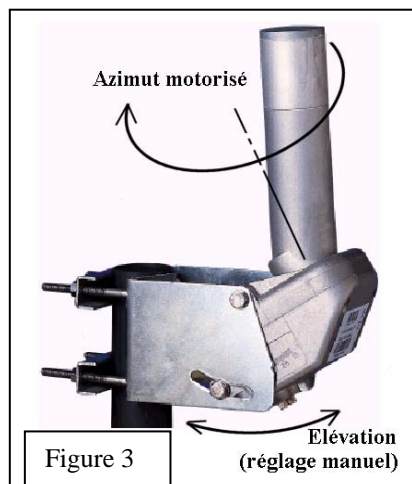
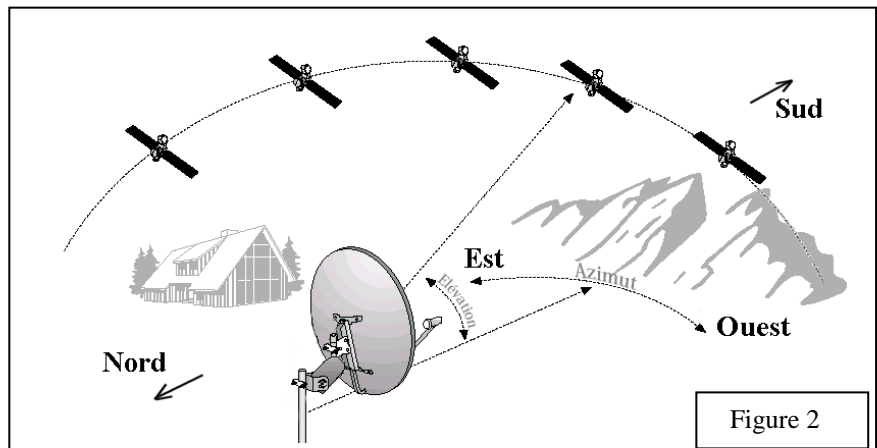
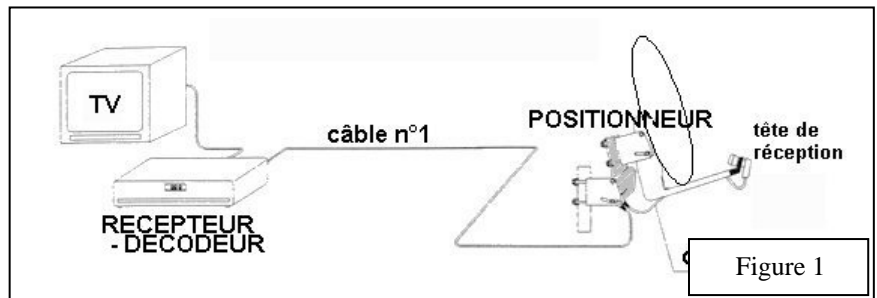
Pour augmenter le nombre de chaînes reçues, l'antenne doit pouvoir s'orienter vers plusieurs satellites différents. Le positionneur d'antenne STARLAND, fabriqué par la Société STAB, permet d'orienter automatiquement l'antenne parabolique vers un des satellites visibles (**figure 2**).

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 azimut, 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

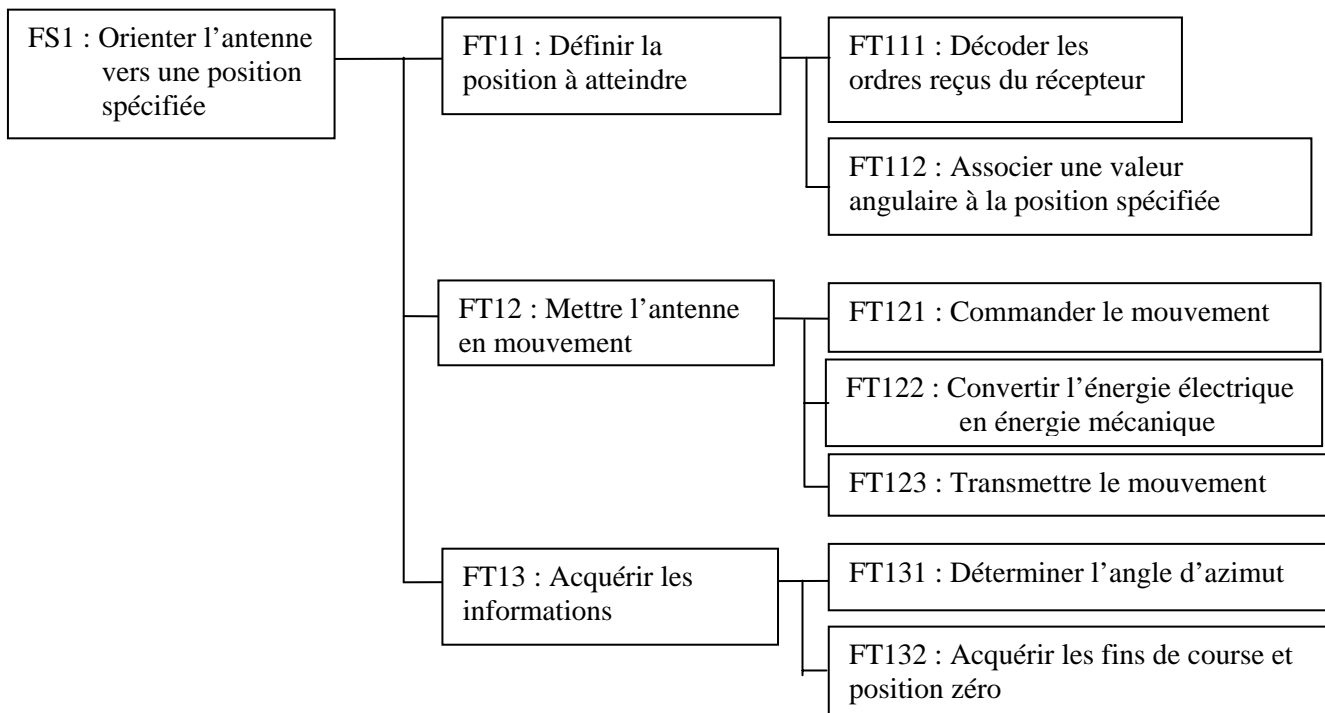
Fonctions de service :

- 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 ALIGNE en élévation et en azimut
- 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



A-3 Fins de course

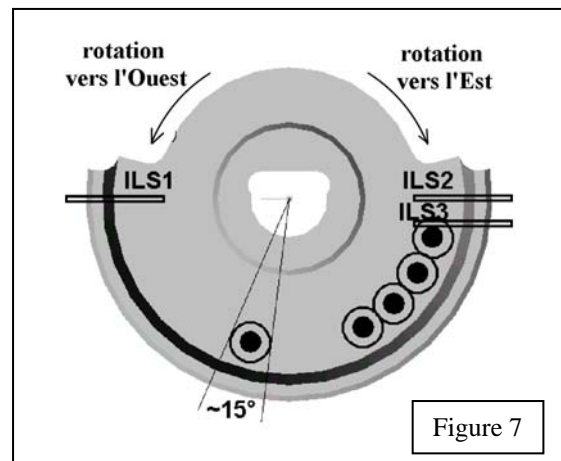
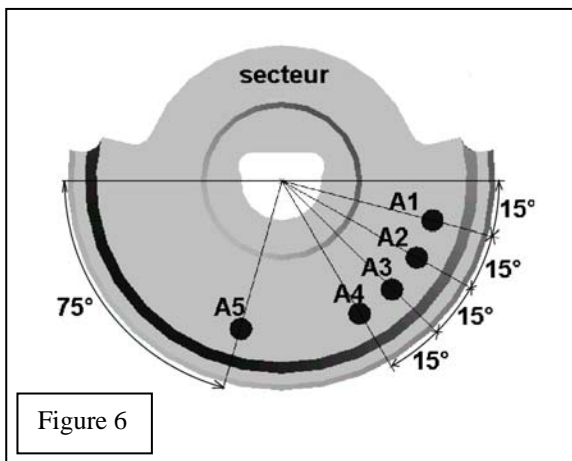
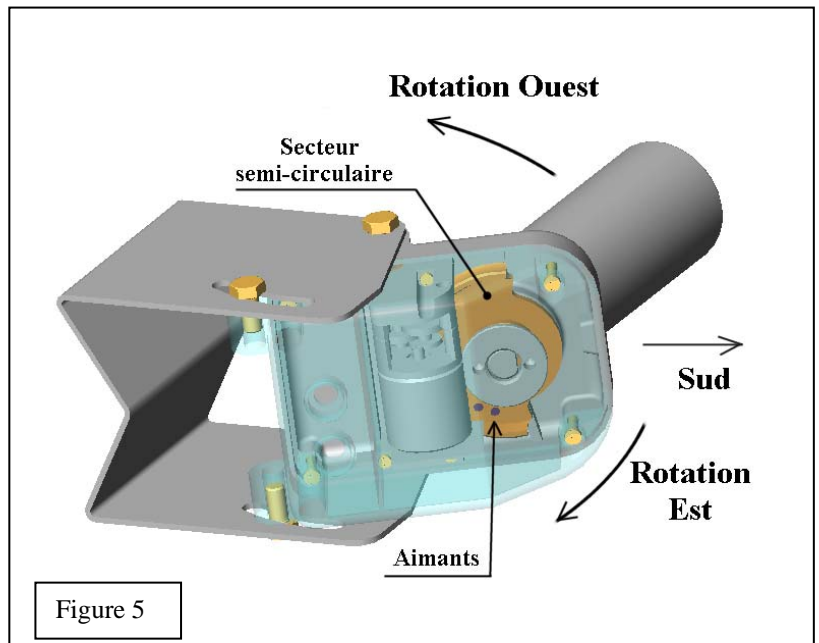
La **figure 5** présente une vue de synthèse du positionneur en vue de dessous, avec son couvercle dessiné semi-transparent.

On distingue une pièce en forme de secteur semi-circulaire, lié 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.



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

Légende :

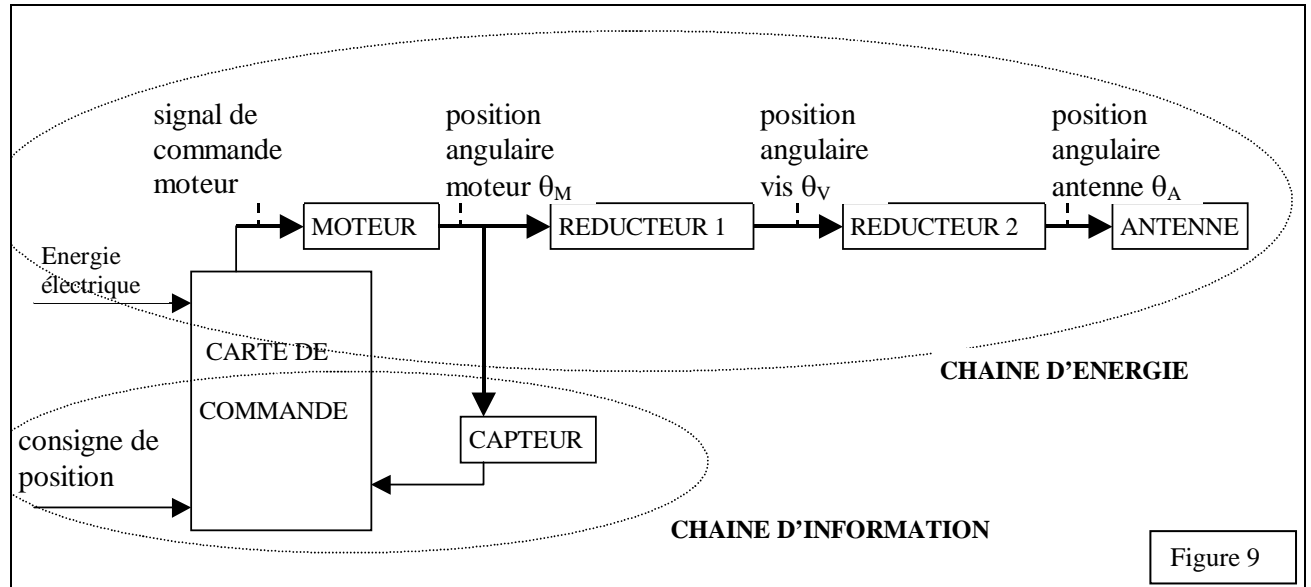
-  ILS (interrupteur à lames souples)
-  aimant Ai
-  aimant Ai avec sa zone d'action

B- ORIENTER L'ANTENNE

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 ;

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) ;

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.

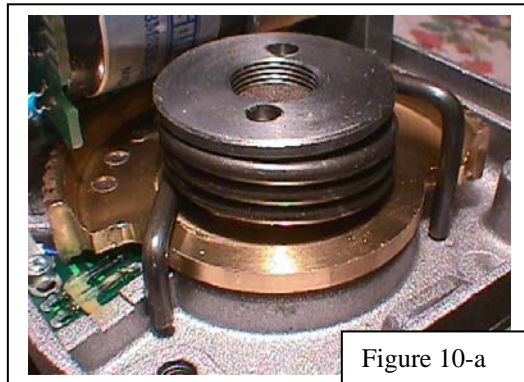


Figure 10-a

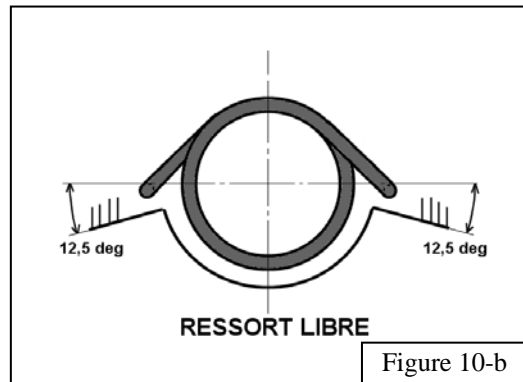


Figure 10-b

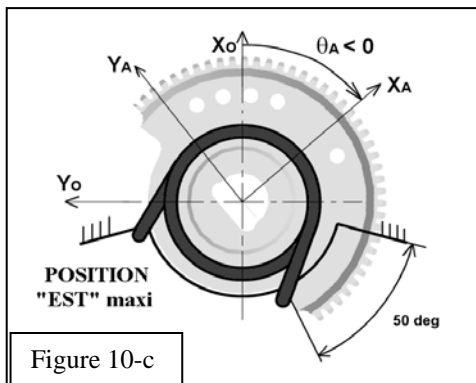


Figure 10-c

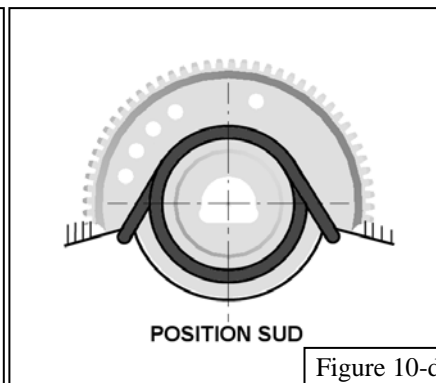


Figure 10-d

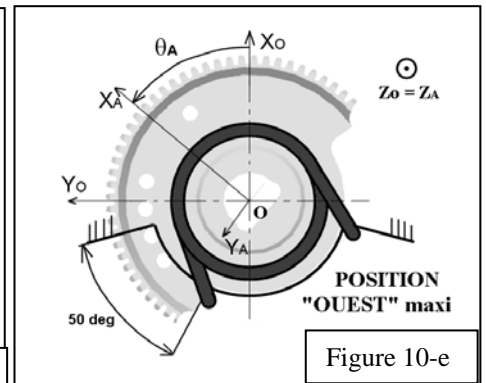


Figure 10-e

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.

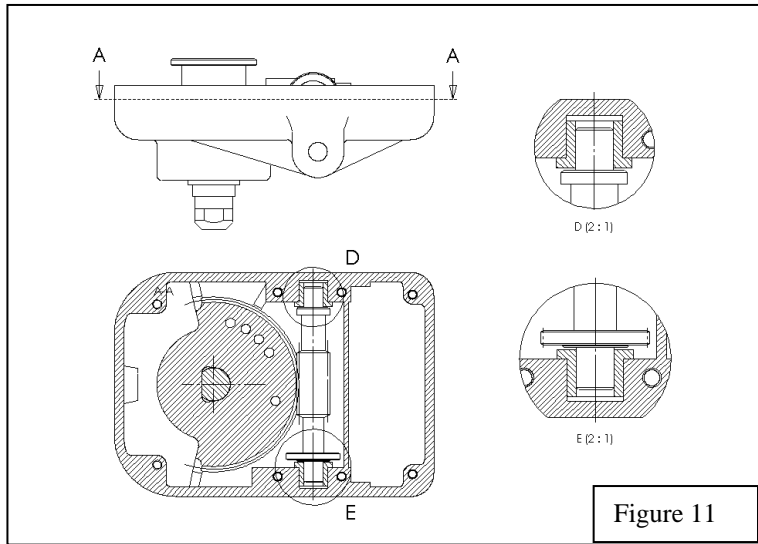


Figure 11

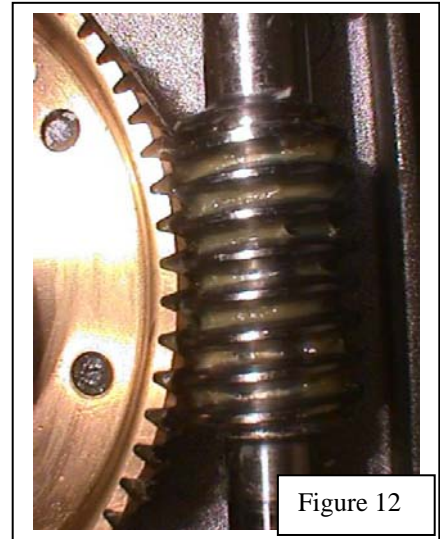


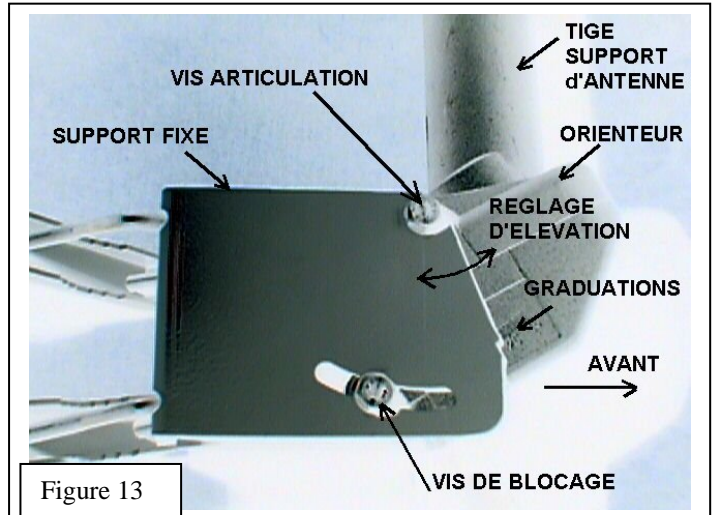
Figure 12

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

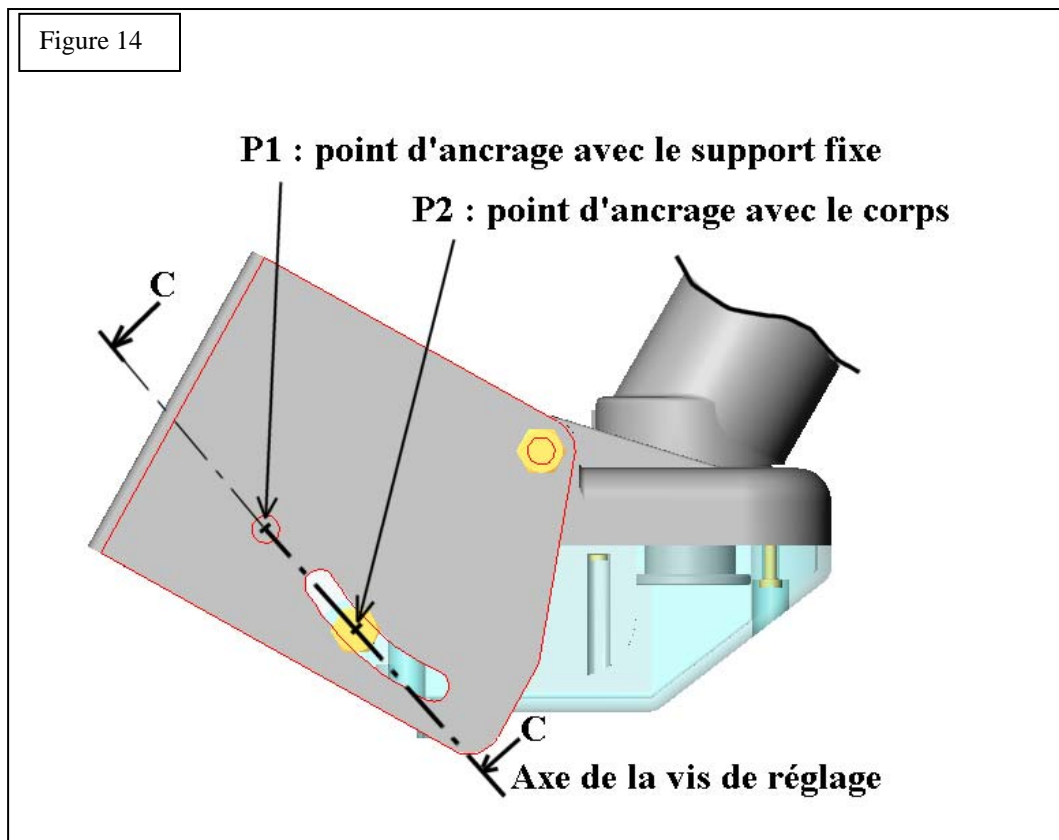
Présentation : Lors de l'installation, une fois l'ensemble (positionneur et parabole) installé sur le mât-support, le technicien doit effectuer l'opérations de réglage en "élévation" (voir le paragraphe "A-PRESENTATION", ainsi que la figure 13).

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 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.

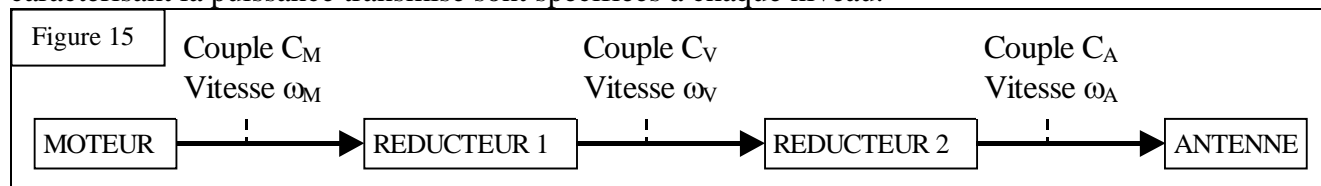


Le dessin d'ensemble **document annexe 2** (échelle 3/5) précise les épaisseurs des pièces concernées.



C- TRANSFORMER ET DISTRIBUER L'ENERGIE

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

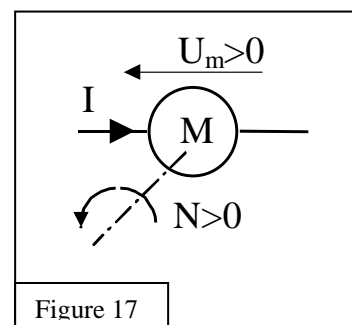
I : courant dans l'induit

N, ω_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)

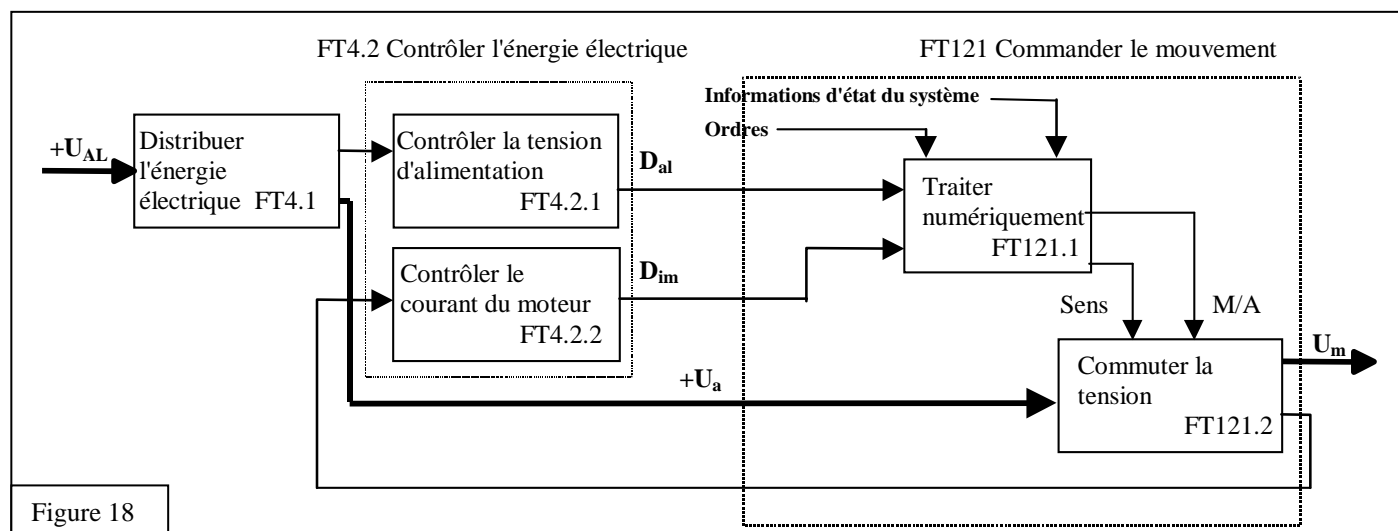


Rappel d'une relation de base:

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

C-1 commande du moteur

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



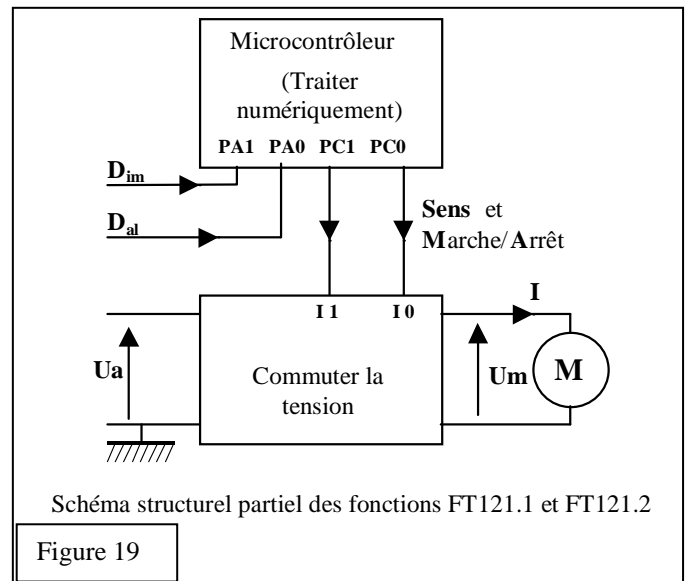
La fonction FT4.2.2 contrôle l'énergie électrique et délivre deux informations logiques signalant l'apparition d'un défaut:

- 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".



D- ORDRES RECUS DU RECEPTEUR

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) :

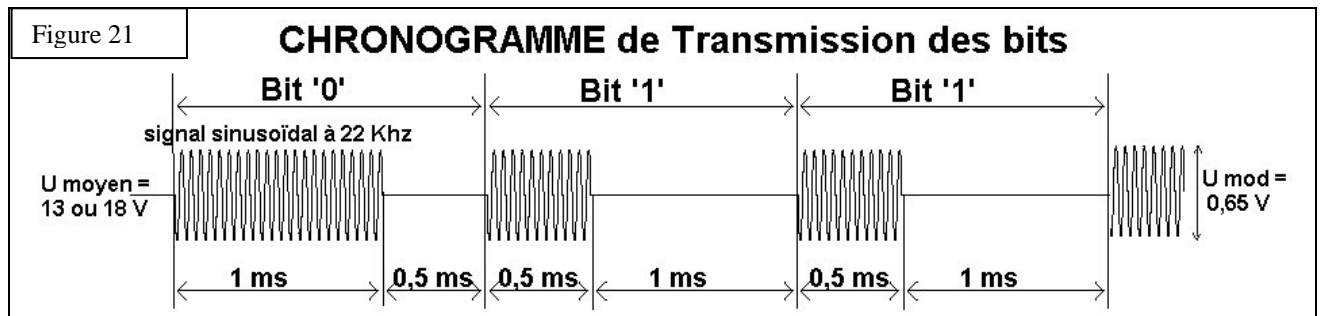
Le câble coaxial n° 1 (voir **figure 1**) permet de véhiculer trois types de signaux de nature très différente :

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).

D-2 Vérification de la qualité de la transmission

Le bit de parité d'un octet [b7,b6,...,b0] est défini de la façon suivante : **P=0** si l'octet [b7,b6,...,b0] 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".

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.

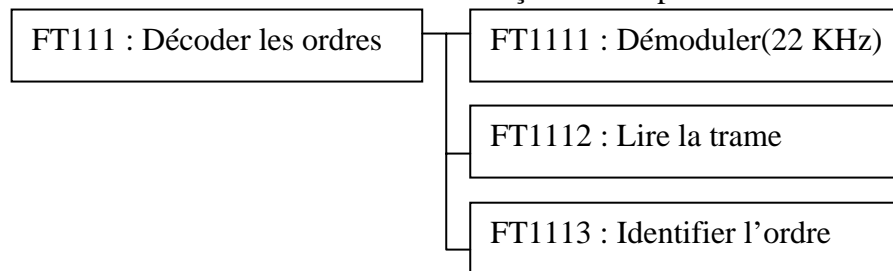
Exemple de 2 trames transmises au positionneur :

	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			

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.

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