

ATTITUDE

Nous allons vous décrire les paramètres principaux qui décrivent l'orientation d'un satellite dans l'espace que nous appelons « attitude ». Connaître l'attitude d'un satellite permet de comprendre son régime d'accessibilité et de prendre conscience qu'il ne s'agit pas d'un simple répéteur mais d'une machine demandant un contrôle constant depuis le sol pour maintenir sa mission.

Nous illustrerons largement ces notions avec le cas de AO-40.

Définition de l'angle de squint ou « squint angle »

L'angle de squint est l'angle entre l'axe de rotation d'un satellite et la ligne joignant le satellite à l'observateur. L'axe des antennes de AO-40, c'est à dire la direction de leur rayonnement maximum, est confondu avec l'axe de rotation Z.

Un angle de squint nul correspond à la meilleure configuration car les antennes de AO-40 sont alors pointées exactement dans la direction de l'observateur.

Définissons une fois pour toute l'axe Z d'un satellite : c'est l'axe de rotation ou axe de spin. Le cas d'AO-40 est illustré sur la figure 1.

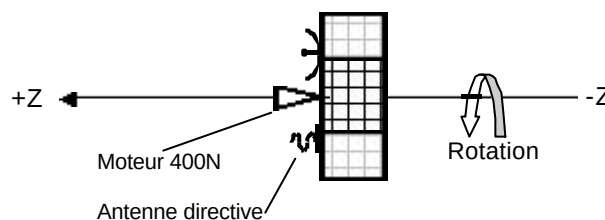


Figure 1

Un angle de squint de 90° correspond au pire cas. AO-40 se présente alors de côté vis à vis de l'observateur et les antennes présentent un minimum de rayonnement dans cette direction.

L'angle de squint est un paramètre critique pour l'opérateur d'AO-40 à cause de la forte directivité des antennes embarquées. D'autres satellites souffrent moins de ce problème tels les satellites en orbite basse dont les antennes ont un diagramme de rayonnement omnidirectionnel. AO-40 fait parti de la famille des satellites de phase 3 à orbite elliptique. Pour ce type d'orbite l'apogée est très éloignée (57000 Km pour AO-40) et les signaux devant alors parcourir une distance plus grande dans l'espace sont d'avantage atténués. Cette atténuation est compensée par des antennes de plus fort gain c'est à dire des antennes directives. Ainsi l'angle de squint est un paramètre important pour le pointage des antennes à bord et doit être surveillé par tout opérateur désirant trafiquer via un satellite de phase 3 (AO-40 ou AO-10).

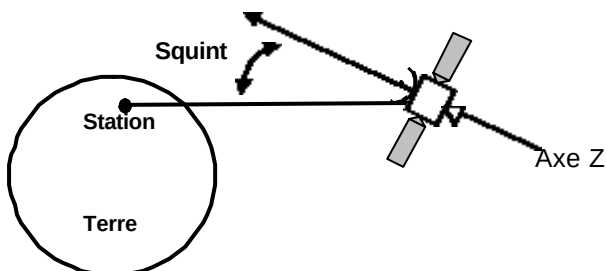


Figure 2

Pour AO-40 un angle de squint de 20° est encore tout à fait acceptable pour la descente à 2.4 GHz.

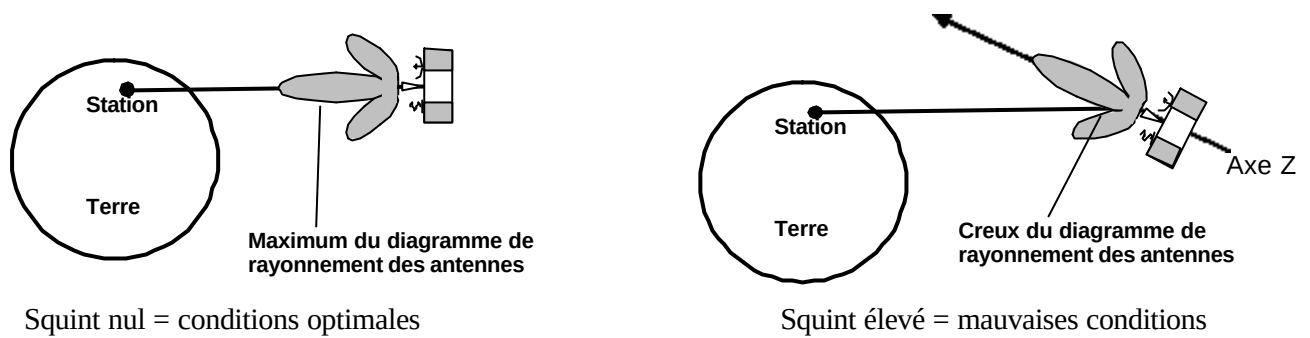


Figure 3 – Illustration pour AO-40

Définition de ALON et ALAT

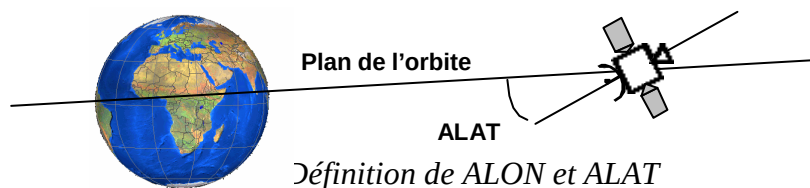
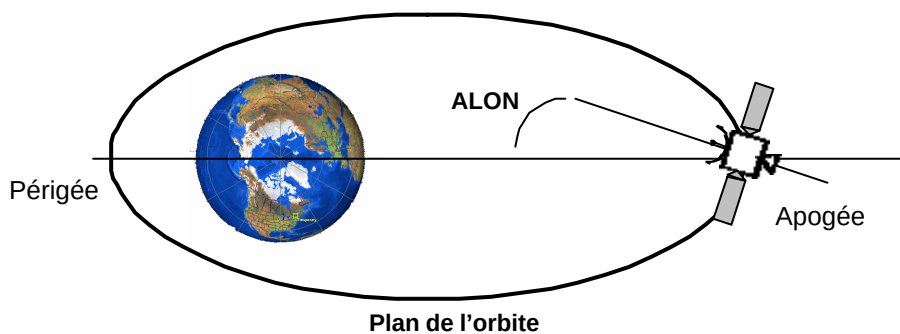
Maintenant détaillons d'avantage la manière de décrire l'orientation d'un satellite par rapport à la terre. Les deux paramètres qui interviennent sont l'ALON et l'ALAT. Si vous lisez les bulletins de l'AMSAT France vous devez trouver ces deux termes assez souvent.

ALON : Attitude LONGitude

C'est l'angle entre l'axe +Z du satellite et l'axe principal de l'orbite projeté dans le plan de l'orbite (Cf. figure 4).

ALAT : Attitude LATitude

C'est l'angle entre l'axe +Z du satellite et l'axe principal de l'orbite projeté dans le plan perpendiculaire au plan de l'orbite (Cf. figure 4).



Le plan de l'orbite passe par le centre de la Terre. Ainsi les antennes de AO-40 sont parfaitement orientées vers la terre (squint=0°) à l'apogée lorsque ALON=0 ou 360° et

$ALAT=0^\circ$. Si $ALON=180^\circ$ alors les antennes de AO-40 sont pointées au mieux vers la Terre au Périogée.

Cas général des satellites à orbite elliptique

Pour tout satellite en orbite elliptique, la contrainte est double : d'une part le satellite doit pointer ses antennes vers la terre, d'autre part les panneaux solaires, source d'énergie, doivent rester bien éclairés.

Comme un tel satellite évolue sur sa propre orbite, que celle-ci évolue également (précession) et que le soleil en fait de même, il est difficile de répondre simultanément aux deux contraintes.

Pour l'instant AO-40 est stabilisé par spin. C'est à dire que sa propre rotation le stabilise à l'instar d'un gyroscope.

Dans ce cas l'ALON reste fixe sur une trajectoire d'orbite (Cf. Figure 5).

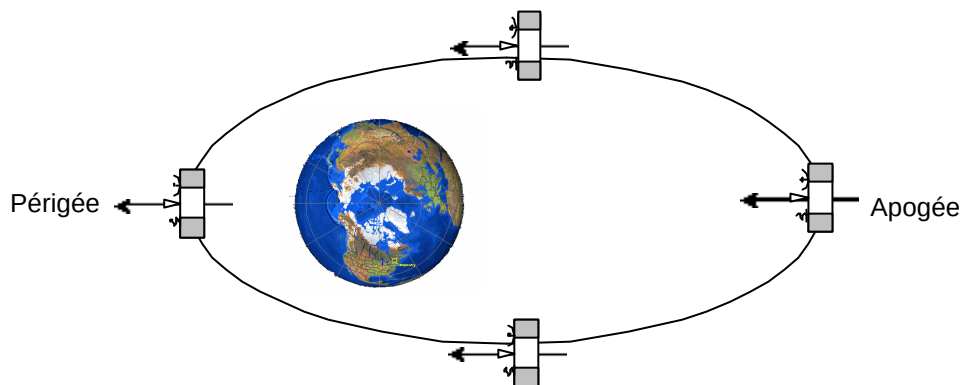


Figure 5

On choisit alors un ALON tel que les antennes pointent au mieux vers la Terre à l'apogée car le temps d'accès du satellite y est le plus long et la couverture meilleure.

Par contre le Squint variera toujours au cours du passage. Les bons passages sont caractérisés par un squint minimum faible.

Par la suite AO-40 sera stabilisé trois axes à l'aide de trois roues à inertie.

Dans ce cas l'attitude sera ajustée tout au long de l'orbite de manière à ce que les antennes pointent toujours vers la Terre. L'ALAT restera toujours à zéro et l'ALON variera constamment le long de l'orbite. Le squint restera toujours faible (Cf. Figure 6).

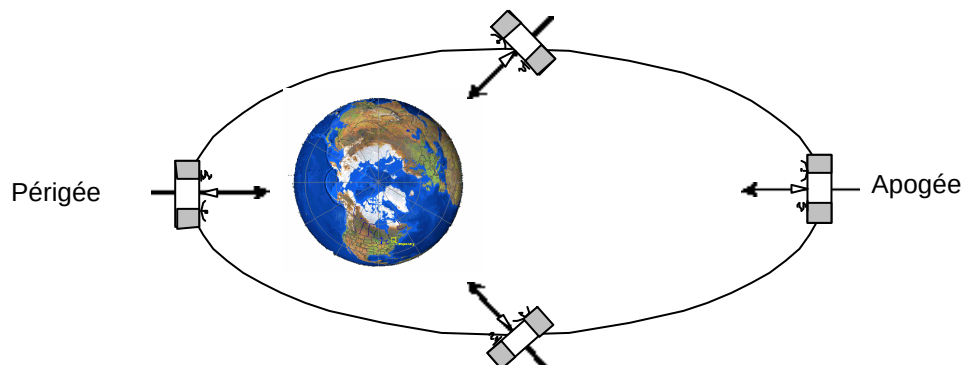


Figure 6

Les corrections d'attitude

Un satellite laissé à l'abandon sans correction d'attitude cesserait de pointer correctement ses antennes vers la Terre au bout de quelques révolutions d'orbite. En effet il est soumis à une multitude de forces telles que la freinée par l'atmosphère, l'irrégularité du champ magnétique terrestre. L'orbite elle-même évolue au cours du temps par le phénomène de précession. Enfin un satellite subit des éclipses lorsque la Terre lui masque le soleil. Dans ce cas les panneaux solaires ne fournissent plus d'énergie et les batteries prennent le relais. Des éclipses prolongées affaiblissent les batteries, ce qui influence de beaucoup la durée de vie du satellite. Nous comprenons donc bien la nécessité d'ajuster constamment l'attitude d'un satellite au cours de sa vie pour qu'il reste opérationnel. En général un satellite en fin de vie est un satellite ne disposant plus de moyen de maintenir sa mission. L'exemple classique est le satellite géostationnaire en fin de vie qui décrit des « 8 » dans l'espace car il n'est plus stabilisé. Débordant alors des limites de la zone qui lui est attribuée dans le ciel, le transpondeur de bord est coupé. Sans correction un satellite fini aussi par retomber sur la Terre dans un temps plus ou moins long selon le type d'orbite. Par exemple la station ISS active régulièrement ces moteurs pour rehausser son altitude afin de ne pas retomber.

Cas de AO-40

Pour l'instant le contrôle du spin et d'ALON/ALAT s'effectue grâce aux Magnétotorqueurs. Il s'agit d'un ensemble de solénoïdes parcourus par des courants électriques formant trois aimants orientés dans les trois axes du satellite. Ces aimants interagissent avec le champ magnétique terrestre et permettent de modifier l'attitude d'AO-40. Ce système fonctionne au périgée car le champ magnétique terrestre y est le plus intense.

Des senseurs solaires permettent de déterminer l'attitude ainsi que les images de la Terre prises par la caméra embarquée YACE.

AO-40 est actuellement dans une phase d'éclipse au périgée et l'orientation du soleil n'est pas favorable à la bonne illumination des panneaux solaires. C'est pourquoi l'équipe de contrôle a décidé d'augmenter ALAT et modifier l'ALON, augmentant de ce fait l'angle de squint. Comme l'ALON est différent de 360° , le minimum de squint ne se produit pas à l'apogée mais lorsque AO-40 se déplace entre son périgée et son apogée. Dans cette zone, le satellite a une vitesse plus importante qu'à l'apogée et le squint varie donc plus rapidement.

Ainsi l'accès au transpondeur de AO-40 est toujours possible avec un bon angle de squint mais dans un intervalle de temps plus court.

Vers le mois d'Avril, tout devrait revenir nominal (ALON= 360° et ALT= 0°) avec un bon ensoleillement et des signaux très forts.

Matthieu F4BUC