

# HEO

## Orbite Molnya

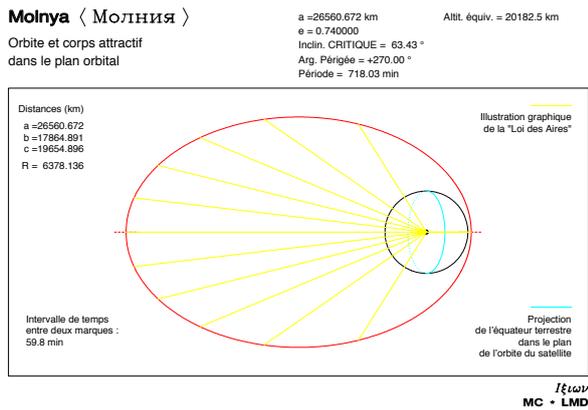
Corps central	Type d'orbite	Usage	Nombre de satellites
Terre	HEO	Communications	environ 180

De part sa position géographique (territoires en latitude élevée), la Russie (et avant elle, l'URSS) n'avait pas vocation à exploiter des satellites géostationnaires, dont les images sont trop déformées au-delà de 55° de latitude, Nord ou Sud. L'orbite Molnya est une manière astucieuse de remédier à cet inconvénient.

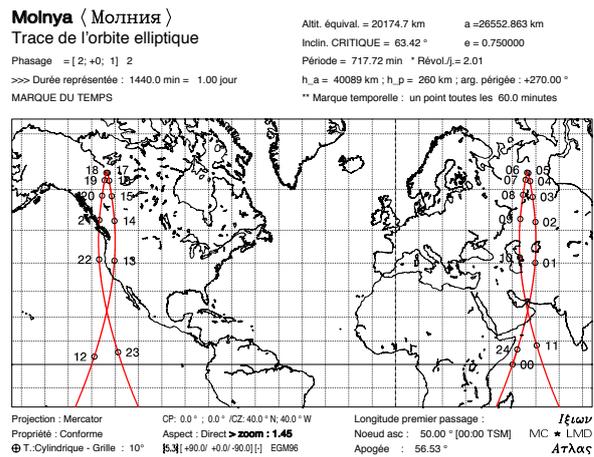
### Période de 8 heures

L'orbite de Molnya est très elliptique, avec une excentricité  $e = 0.75$ . Elle fait partie de la catégorie HEO (*High Eccentricity Orbit*). Le périégée est très bas, à environ 260 km ; l'apogée à 40 000 km, ce qui est plus haut que l'orbite géostationnaire. Le demi-grand axe,  $a = 26\,553$  km, est choisi de sorte que la période du satellite soit de 12 heures (exactement,  $T = 717.7$  minutes, soit un demi jour sidéral).

reste fixe. La précession apsidale, qui fait tourner la ligne des apsides (ligne reliant le périégée à l'apogée) dans un mouvement séculaire a une vitesse qui dépend des trois paramètres  $a$ ,  $e$  et  $i$ , l'inclinaison. Cette vitesse est nulle pour  $i = 63.7^\circ$ , qu'on appelle l'*inclinaison critique*. C'est donc cette inclinaison qui est choisie pour Molnya, et cela tombe bien pour la Russie, puisque la latitude de l'apogée est égale à l'inclinaison !



**FIGURE 1** – Représentation de l'orbite dans un référentiel galiléen (lié aux étoiles). L'apogée est situé sur l'hémisphère nord. Lorsqu'il l'est sur la Russie, le satellite reste 8 à 10 heures par révolution (période de 12 h) en visibilité pour ce pays.



**FIGURE 2** – Trace de l'orbite d'un satellite Molnya. Le début de chaque heure de la journée (temps TU) est noté sur la trace, le nœud ascendant étant survolé à 0 h.

En application de la loi des aires, voir Fig. 1, le satellite passe très vite à son périégée (*Molnya* signifie éclair en russe) et se déplace beaucoup plus lentement à l'apogée. Le rapport des vitesses est  $V_p/V_a$  est de 7, en notant respectivement  $V_p$  et  $V_a$  les vitesses au périégée et à l'apogée. Ce rapport s'obtient directement avec  $e$  par la relation  $V_p/V_a = (1 + e)/(1 - e) = 7$  pour  $e = 0.75$ .

Avec ces valeurs de  $a$  et  $e$ , le satellite passe environ 8 à 10 heures par révolution au voisinage de l'apogée. Fig. 2. En fixant cet apogée sur la Russie, le satellite est donc utile pendant un minimum de 8 heures, sachant que la révolution suivante, l'apogée sera sur l'Amérique du Nord. Avec 3 satellites judicieusement placés en orbite, on a donc une couverture quotidienne ( $3 \times 8 = 24$ ) complète de la Russie.

### Inclinaison critique

Cependant, ce système astucieux n'a de sens que si l'apogée

L'URSS, puis la Russie, ont lancé de un nombre impressionnant de satellites Molnya, depuis le premier, Kosmos-41 en 1964 : 91 de type Molnya-1, 17 pour Molnya-2, 53 pour Molnya-3, série en cours ; tous pour les communications, civiles ou militaires.

Cette orbite Molnya est aussi utilisée dans de rares autres cas : satellites espions (série Trumpet pour les Etats-Unis, quelques discrets Kosmos pour la Russie) ou satellites d'alerte rapide (SBIRS-High pour les Etats-Unis, Oko-US-K pour la Russie).

**TABLE 1** – Valeurs orbitales habituelles

Altitude	variable entre 260 km et 40000 km
Excentricité	$e = 0.75$
Inclinaison	$i = 63.4^\circ$ (inclinaison critique)
Période orbitale	$T = 718$ min