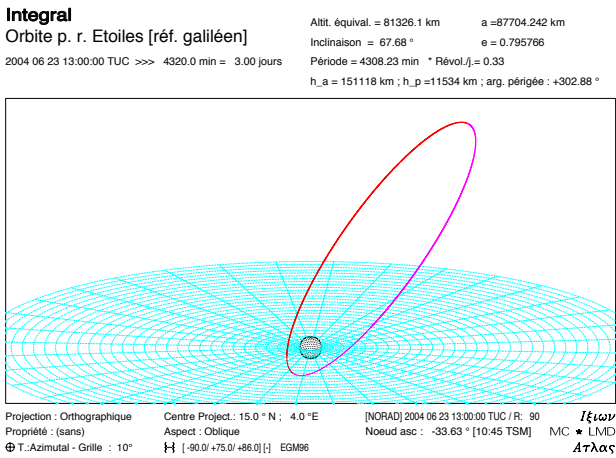


# HEO

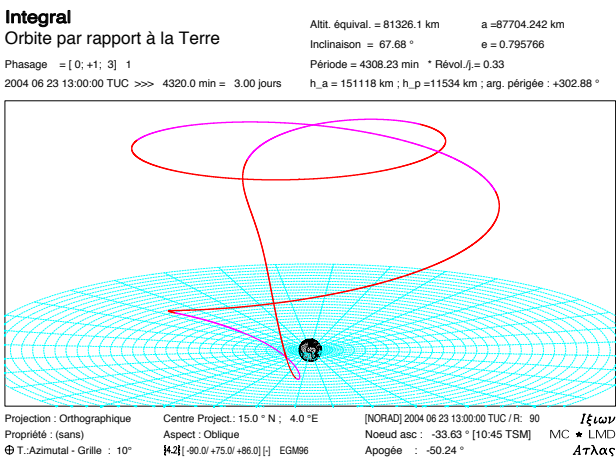
## XMM-Newton et Integral

<b>Corps central</b> Terre	<b>Type d'orbite</b> HEO	<b>Usage</b> Observations de l'Univers	<b>Nombre de satellites</b> Une dizaine
-------------------------------	-----------------------------	---	--

On ne trouve que relativement peu de satellites au delà de l'altitude de l'orbite géostationnaire, car ce sont des trajectoires essentiellement adaptées à l'observation de l'Univers, dans des gammes de longueurs d'onde nécessitant une position au delà des ceintures de radiations terrestres. Typiquement, il en existe une dizaine, sur des trajectoires fortement excentriques (rapport  $V_p/V_a$  élevé). Les deux satellites dont il question ici, satellites de l'Agence Spatiale Européenne, ont une propriété orbitale supplémentaire : leur période de révolution est un multiple de la période de rotation de la Terre.



**FIGURE 1** – Orbite du satellite *Integral*, sur 3 jours, représentée dans un référentiel galiléen. On reconnaît une ellipse à très forte excentricité, inclinée sur le plan équatorial, où chaque graduation radiale correspond à un rayon terrestre.



**FIGURE 2** – Orbite du satellite *Integral*, sur 3 jours, représentée dans un référentiel lié à la Terre.

Le point commun à toutes les orbites HEO est leur excentricité très élevée : les différences d'altitude permettent tout à la fois de bonnes conditions d'observation (au voisinage de l'apogée), et la transmission des données au sol (au voisinage du périégée). Le phasage de l'orbite avec la rotation

de la Terre est un choix judicieux, puisque une ou deux stations suffisent à récupérer les données : ce sont toujours les mêmes points de la Terre qui sont survolés quand l'altitude est minimale.

**XMM-Newton, avec  $V_p/V_a = (1 + e)/(1 - e) = 8.5$**

XMM-Newton (*X-ray Multi-Mirror*) est un satellite d'observation de l'Univers visant à détecter et étudier les sources de rayonnements X. Pour ce satellite lancé en décembre 1999 par Ariane-5, avec une fin de mission en décembre 2014, les deux arguments précédents s'appliquent : il a une période d'environ 48 heures (exactement 2 jours sidéraux), et passe 40 heures par révolution à une altitude supérieure à 40 000 km, considérée comme la limite inférieure des observations ; le passage au périégée permet la transmission des données aux 2 stations d'observation (Kourou en Guyane, et Perth en Australie). Une mission américaine aux objectifs similaires, Chandra, avait été placée à la même époque sur une orbite d'altitude encore plus élevée.

**Integral, avec  $V_p/V_a = (1 + e)/(1 - e) = 9.7$**

Le satellite *Integral* (*INTERNational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory*) est une mission d'observation des événements les plus énergétiques de l'Univers, parmi lesquels les sursauts gamma. Le satellite a été lancé en 2002 et fonctionne toujours. La trajectoire a une période de 3 jours sidéraux, et est représentée dans un référentiel galiléen (Fig.1) et dans un référentiel tournant lié à la Terre (Fig. 2). La forme en "lasso" est due aux variations de vitesse le long de la trajectoire, avec une vitesse du satellite à l'apogée très largement inférieure à la vitesse de la rotation de la Terre ; la situation est inversée au voisinage du périégée.

**TABLE 1** – Valeurs orbitales nominales des satellites XMM et Integral

	XMM (Déc. 1999)	XMM (Nov. 2014)	Integral
Alt. périégée	7 678 km	10 297 km	9 970 km
Alt. apogée	113 436 km	110 857 km	150 686 km
Excentricité	0.7900	0.7511	0.8136
Inclinaison	40.000°	64.825°	51.600°
Période	2872 min	2872 min	4308 min