

DEFI N°6

YOYO MÉRIDIANESQUE.

Page 1

Réalisé par votre serviteur Nulentout et achevé le 12 Avril 2010.

Niveau de difficulté : ☆☆.

FICHE SIGNALÉTIQUE DU DÉFI n°6.

Caractère d'originalité du vol :

Pas de contrée planétaire envoutante à admirer, pas de belle ange en détresse à sauver, en résumé un défi sans histoire. Traduction : Cette fois le Nulentout ne veut pas se casser les méninges pour vous trouver une fable des chaumières à vous tirer les larmes du visage. C'est dans l'originalité de l'orbite à construire que réside le sel de cette mission. C'est facile, c'est pas cher et ça ne rapportera ... que de l'agacement. Bref, une de ces petites ballade qui commence sous un soleil radieux, avec en philigranne une musique de violon et qui se termine sur les nerf à trois heures du matin. OK, si je suis victime d'un linchage médiatique sur le forum de DAN, je l'aurais un peu cherché ! 🤔

Parti pris pour les débutants :

- Rien à installer sur un Orbiter de base, mis à part le scénario "YOYO MERIDIANESQUE.scn".
- Un lancement depuis la Terre avec mise en orbite, toujours avec un DG de base d'Orbiter.
- Utilisation des MFD de base d'orbiter, pas besoin d'installer et d'apprendre quoi que ce soit de plus.
- Les réservoirs de carburant sont à 100%, vous ne risquerez pas de tomber en panne sèche.
- On positionne en "Géostationnaire" à une latitude précise, c'est une simple révision du Défi n°5.
- La variation de longitude entre 30° Nord et 30° Sud n'est pas délicate à obtenir.
- Le DG est paré au décollage, configuration pour un lancement. Pas de "temps à consacrer à la préparation machine", on est directement dans le vif du sujet. TOP CHRONO dès l'activation de la scène.

Choix effectués pour satisfaire les pilotes confirmés :

- On se contente une fois de plus des MFD de base d'Orbiter.
- Les critères d'évaluation sont antagonistes, pour les optimiser il va falloir cogiter un max. Autant dire qu'en découdre avec les copains "barbus" ... c'est pas gagné !



LE DÉFI EST EXPLICITÉ EN DERNIÈRE PAGE.

Engagement moral des compétiteurs :

- **Ne voler qu'avec de DG de base fourni avec Orbiter. Ne pas employer d'autres pilotes automatiques que ceux fournis en standard dans Orbiter.** (PRO GRD, KILL ROT ...)



• **N'utiliser que les MFD de base d'Orbiter à l'exclusion de tout autre dispositif.**

EN PARTICULIER NE PAS UTILISER UN CALCULATEUR POUR OPTIMISER LE VOL

Critères d'évaluation de votre performance de concurrent :

- Le **Temps de mission pour réaliser le positionnement**. Ce temps se mesure entre **le moment ou vous activez la scène de départ et la fin de positionnement sur l'orbite**. Pour chaque 10 minutes de moins que sur le vol de base vous gagnez 5 orbitopoints.
- L'économie d'énergie évaluée par le pourcentage de **Fuel** restant. Pour chaque 0.1 % de plus que sur le vol de base vous gagnez 5 orbitopoints.

CE QU'IL FAUT INSTALLER POUR CE DÉFI :

- 1) Orbiter de base version 2010. (Hé, les copains, ksé pas la peine d'en ajouter un de plus si depuis le début à chaque défi vous en avez installé un nouveau !)
- 2) Orbiter Sound ... encore que la remarque ci-dessus reste valable à mon avis.
- 3) La scène de départ : **YOYO MERIDIANESQUE.scn**.

Hou la la, j'ai lu le défi à la dernière page et j'ai rien pigé à ce qu'il faut faire Môamôa !



LE COIN DES DÉBUTANTS

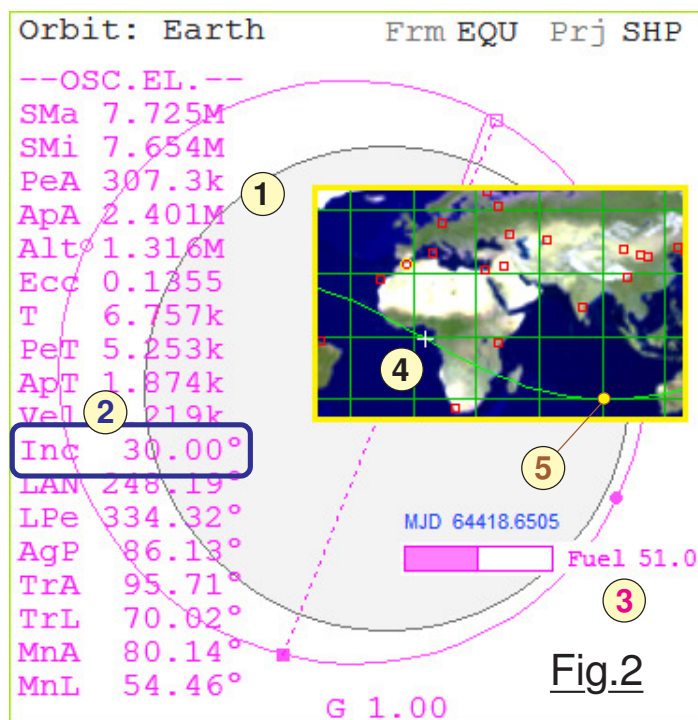
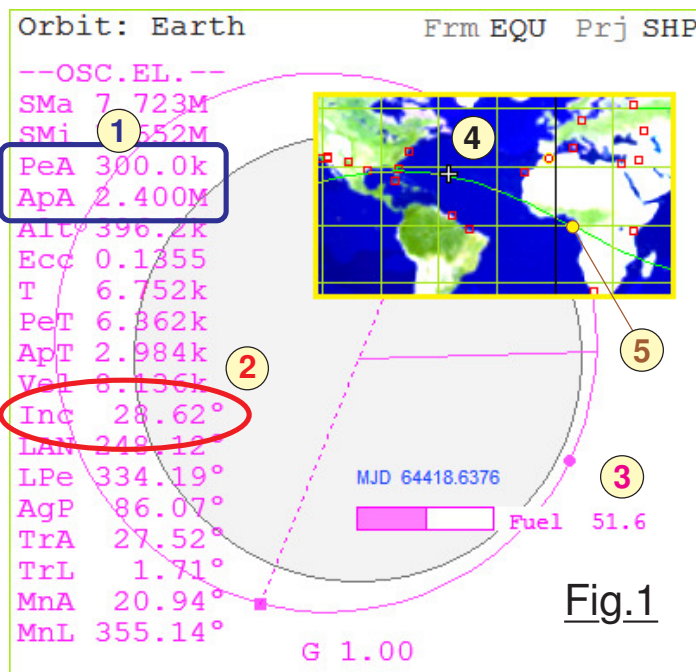
Nan, pas question de reprendre dans le détail un décollage. Pour ceux qui n'auraient pas réalisé le Défi n°5, il vous suffit de suivre méticuleusement la procédure de lancement détaillée dans les pages 5 et 6 du tutoriel qui l'accompagne. Pour les autres ... PAREIL ! 🤖

Votre don inné de l'observation vous a immédiatement fait remarquer que sur **Map MFD** à gauche, le méridien de Greenwich est mis en évidence par désignation pour cible la base **Hammaguira**. Visuellement ce jalon sera facile à surveiller, et il ne se trouve qu'à 3° "à gauche" de la ligne zéro tant convoitée.

Allez, assez de bavardage, au travail nom d'un MFD à la vanille !

Vous effectuez le lancement conformément aux instructions données dans le tutoriel du Défi n°5, et vous vous retrouvez dans une situation proche de celle décrite sur la Fig.1 donnée ci-dessous. En **1** on note que les caractéristiques de l'orbite sont très proches de celles obtenue dans le lancement du Défi n°5, avec en **2** une inclinaison orbitale identique. C'est normal puisque l'on effectue un lancement copie conforme, et la scène du début nous situe à un MJD pratiquement égal. Coté carburant en **3** exactement la même punition. Sur **Map MFD** notre position nous situe en **4**, le méridien de Greenwich étant tracé en noir. Pour corriger le plan, il nous faut attendre d'arriver au **nœud descendant** que l'on repère en **5**. Une fois arrivé un peu avant ce point on oriente en **Normal** - car **Inc** actuel vaut **28.62°** et on veut augmenter cette inclinaison à 30.00°, puisque notre yoyo doit nous faire évoluer entre les deux parallèles symétriques de l'équateur et situés à cette valeur.

Ce changement de plan constitue une pure formalité dont la Fig.2 affiche la conclusion. En **1** les valeurs



ont légèrement changé, ce qui est sans importance. Par contre en **2** notre inclinaison orbitale est correcte. En **3** c'est un régal, à peine 0,6% de Fuel consommé, mais c'est normal car la correction angulaire était modérée. Donc combustion de courte durée, et l'on est toujours pratiquement à la position précédente sur l'équateur en **4**. En outre, en **5** on admire avec satisfaction la "vague" de notre orbite bien calée

entre les deux longitudes qui matérialisent la frontière symbolique de notre escapade orbitale.

Trop fort ...

Arf arf, un nouveau jeu, j'adore les jeux avec un truc qui tourne et qui revient.



Note : Comme souvent sur mes tutoriels, pour ménager les imprimantes (De ceux qui ont vraiment besoin d'une version papier) et éviter les grandes zones noires boulimiques en consommation de cartouche d'encre, j'inverse localement les couleurs des MFD. Leur aspect sur ce document est donc particulier.

GREENWICH C'EST ZÉRO.

Synchroniser notre vague pour monter au bon endroit, au bon moment, nous savons tous que dans ce type de mission c'est la pierre d'achoppement et pourtant ... elle tourne ! Bon, on va commencer par circulariser notre orbite basse, c'est une phase du vol qui ne peut que simplifier la suite. Il suffit d'attendre l'Apogée, et de pousser en **PRO GRD** jusqu'à ce que l'excentricité s'annule. Personnellement j'ai réalisé la circularisation en deux temps. Une presque rondeur à l'apogée initiale, mais durant la manœuvre ce point favorable s'éloigne. Sans insister quand on voit que **Ecc** ne diminue plus, il suffit d'attendre le nouveau périégée et de peaufiner les valeurs avec les RCS en mode **LINéaire**. La valeur de l'inclinaison se dégrade un fifrelin que j'ai corrigé sans attendre les nœuds, toujours avec les RCS en **NORMAL** -. Au final mon appareil circule sur l'orbite décrite sur la Fig.3 qui montre en **1** que l'altitude a très légèrement augmentée, mais surtout l'orbite est parfaitement circulaire. En **2** on vérifie que l'inclinaison orbitale est finement rétablie. C'est dans la position **3** assez loin des nœuds qu'est effectuée l'ajustement angulaire du plan. En **4** on peut déduire que cette circularisation ne nous a coûté que la bagatelle de 1,7% de coco.

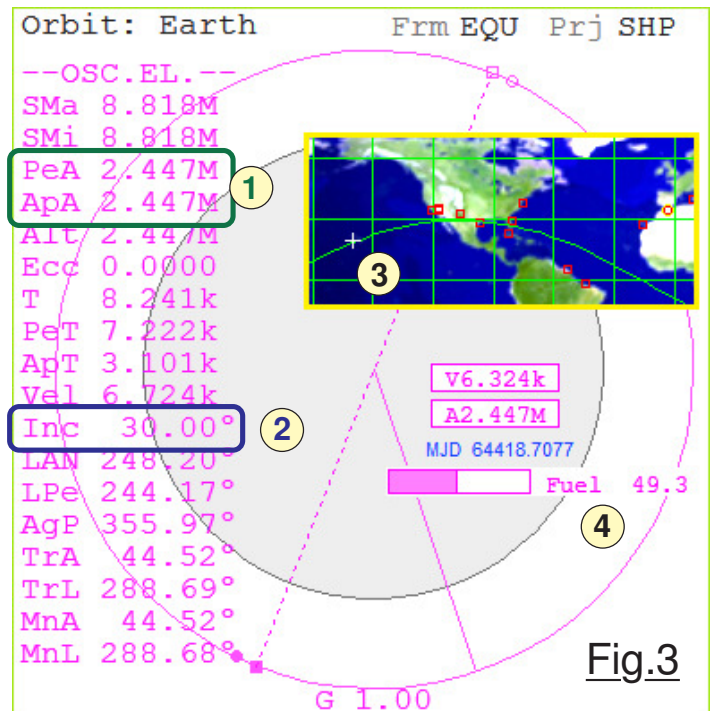


Fig.3

Vitesse et précipitation.

C'est bien beau de foncer comme ça, sans réfléchir. On s'éjecte en orbite, on modifie l'orientation du plan, on circularise, et toutes ces belles choses sans savoir pourquoi. Il serait certainement bienvenu de se demander quel est le but à atteindre, et surtout comment y arriver. Autrement dit :

Élaborer un plan de vol. Sans vouloir 🌐 ni vous vexer, je crois pouvoir insister sur le fait qu'il serait plus dégourdi la prochaine fois de s'en préoccuper au sol avant le décollage !

Une fois encore, **en supposant le problème résolu** représenté sur la Fig.4, on va pouvoir sans trop de difficultés arriver à organiser les contraintes orbitales de notre mission. On y retrouve au centre la Terre dont le Méridien zéro en **A** est tracé en rose, notre DG se trouvant en **1**. L'orbite est circulaire et génère son plan **P** qui fait avec le plan équatorial **E** un angle de 30°. Ainsi, **Élastoc** étant au point le plus "haut", la croix blanche du rayon position se trouve bien en **2** sur la

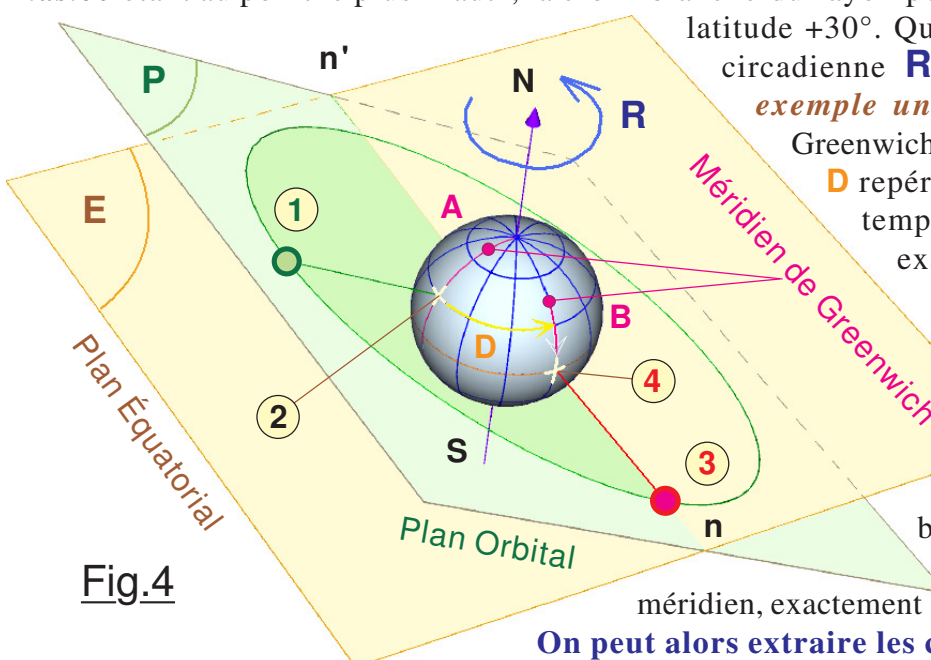


Fig.4

Ouichppp, même que môa môa j'y avais pensé et que j'alais le dire !



circadienne **R** autour de l'axe Nord/Sud, **par exemple un quart de tour**, le méridien de Greenwich passe de **A** en **B** par le déplacement **D** repéré par la flèche jaune. Si durant ce temps le satellite effectue également exactement un quart de tour sur son orbite, il se trouve en **3**, toujours "en face" du méridien origine. La croix blanche du rayon position se trouve alors en **4** sur **Map MFD**. On constate sur la carte que la croix blanche se déplace "verticalement" et reste toujours sur le même méridien, exactement ce que l'on désire obtenir.

On peut alors extraire les conclusions de cette analyse :

RÉSUMÉ DES CONTRAINTES ORBITALES.

- Pour rester "en face" d'un méridien au cours de la rotation terrestre, le satellite doit impérativement effectuer une orbite dont la période correspond à la **Journée Sidérale** soit une période de **86164s**.
- Pour que l'évolution "verticale" sur la carte soit entre les limites $\pm 30^\circ$, il faut une inclinaison orbitale **Inc** de $+30^\circ$ ou de -30° . (Nous avons choisi la solution la plus économique des deux pour le lancement)
- Pour que le déplacement "vertical" sur **Map** se fasse sur un méridien **M** il faut que la ligne des nœuds en référence **EQU n'n** soit "perpendiculaire" à ce méridien, autrement dit les nœuds seront "en face" des méridiens qui sont à $\pm 90^\circ$ de notre cible **M**.

PLAN DE VOL / PROFIL DE MISSION.

Comme ce vol est de nature analogue, son profil de mission va ressembler furieusement à celui du DÉFI n°5. C'en est une variante qui s'en distingue à trois petits détails de différence : Nous sommes déjà sur l'orbite d'attente circulaire et en plus basse altitude. Le plan orbital est incliné de 30° sur l'équateur. Enfin le méridien visé n'est plus le 45°W . On va donc retrouver une stratégie très proche dont le plan de vol donné sur la Fig.6 présente un aspect de frère jumeau. Le début de mission a consisté à lancer en orbite de sécurité, à orienter le plan avec un **Inc** de 30° , puis de circulariser sur l'orbite d'attente **1** tracée en vert qui titille les 2500 km d'altitude. Ce préambule qui pourrait être optimisé en ce qui concerne la



JOUR SOLAIRE / JOUR SIDÉRAL.

Considérons sur la Fig.5 la Terre en **A** vue de "dessus". Nous habitons sur le méridien **M**, celui de Greenwich par exemple. À midi local, le Soleil **S** est exactement plein Sud. Imaginons que dans son prolongement, au loin, à l'infini, se trouve une étoile **E**. En astronautique, c'est l'Univers qui sert de référence pour les mouvements, il constitue une référence fixe par rapport à laquelle on va exprimer toutes les rotations. **Par définition, le jour sidéral est mesuré par le temps que met la**

Terre pour effectuer un tour complet par rapport

à l'Univers. Pour le mesurer, il suffit de pointer une

étoile quelconque **E** quand elle passe au méridien **M**, et de mesurer le temps mis pour qu'elle y revienne.

Pour notre astre d'accueil, le jour sidéral fait **86164s**, ou si vous préférez **23h 56min 4s**. C'est cette durée

qu'il faut prendre en compte pour caler sur son orbite un satellite géostationnaire par exemple. Mais il se

trouve que notre vie est rythmée par la journée solaire qui n'est pas exactement identique, car le temps que

la Terre effectue sa rotation sidérale, elle se déplace sur son orbite et passe de **A** en **B**. Avant que le soleil

S ne soit revenu plein sud, il faut encore que la Terre tourne de l'angle α . En moyenne sur l'année, ce

complément exige environ **236s**, raison pour laquelle on prétend que la Terre fait un tour sur elle-même en

24h ce qui n'est pas vraiment exact. Notez au passage que la vitesse de déplacement de notre globe sur son

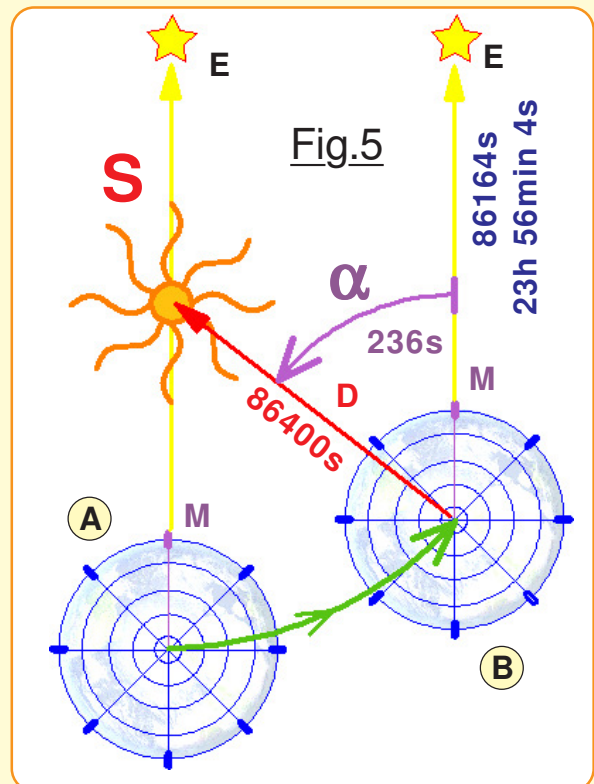
orbite n'est pas constante, du coup l'angle α varie légèrement au cours de l'année ce qui fait que la journée

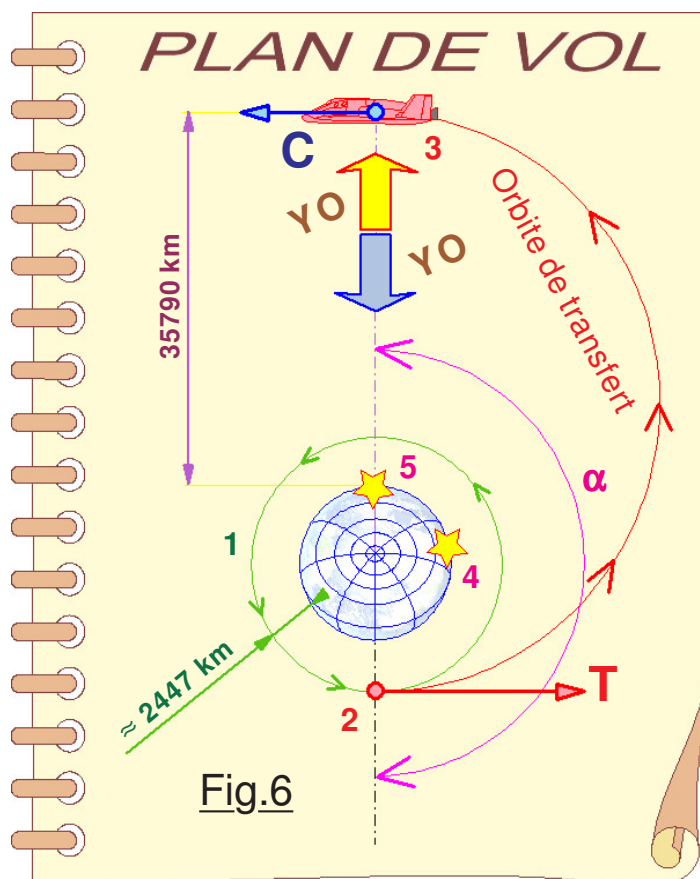
solaire n'est pas constante. ATTENTION : Ne pas confondre cette définition de la journée solaire, avec

la durée de la clarté et celle de la nuit dont les variations sont la conséquence de l'inclinaison de l'axe

Nord/Sud par rapport au plan écliptique, ce qui n'a rien à voir avec ces notions de journée solaire et de

journée sidérale. En résumé, pour gérer des orbites **géosynchrones** ou **géostationnaires** on prend en compte la journée sidérale de **86164s**. Cette durée est stable et sera considérée comme constante.





Page 3

valeur de l'altitude de l'orbite d'attente
est tout à fait convenable, il reste à monter à l'altitude
de "PAS BOUGER MÉDOR".

Prendre de la hauteur.

Tous ceux qui ont réalisé le défi précédent savent qu'il faut maintenant monter à l'altitude d'une orbite géostationnaire, c'est à dire 36790 km de hauteur. Les esprits pointilleux vont nous faire remarquer que notre orbite n'a rien de géopasbougé, puisque l'on va se déplacer "verticalement" sur le méridien zéro. C'est vrai, ils ont parfaitement raison. Pour rester précis, une orbite dont la période correspond à celle d'une journée sidérale est nommée **GÉOSYNCHRONÉ**. Comme particularité, le satellite passe toujours au Nadir d'un point particulier à la même heure.

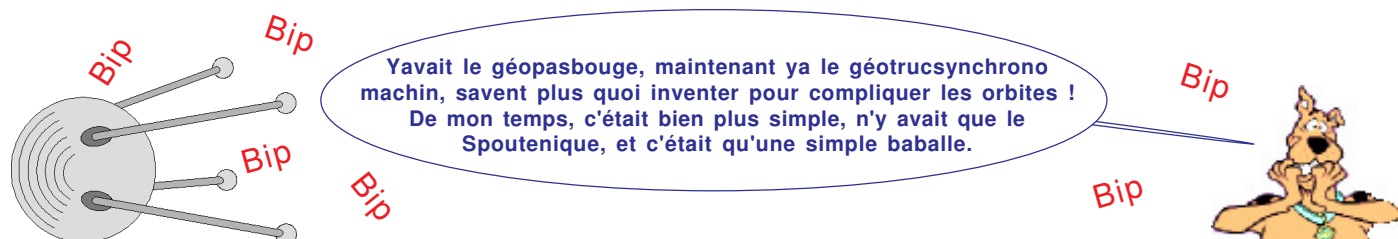
Nous sommes sur l'orbite d'attente **1** à vitesse constante et surtout en permanence à un "périgée". Quand nous serons au bon endroit en **2** on va accélérer avec **T** pour monter à l'altitude définitive de **35790 km** par l'*orbite de transfert*. Au point **3**, qui normalement doit correspondre à la

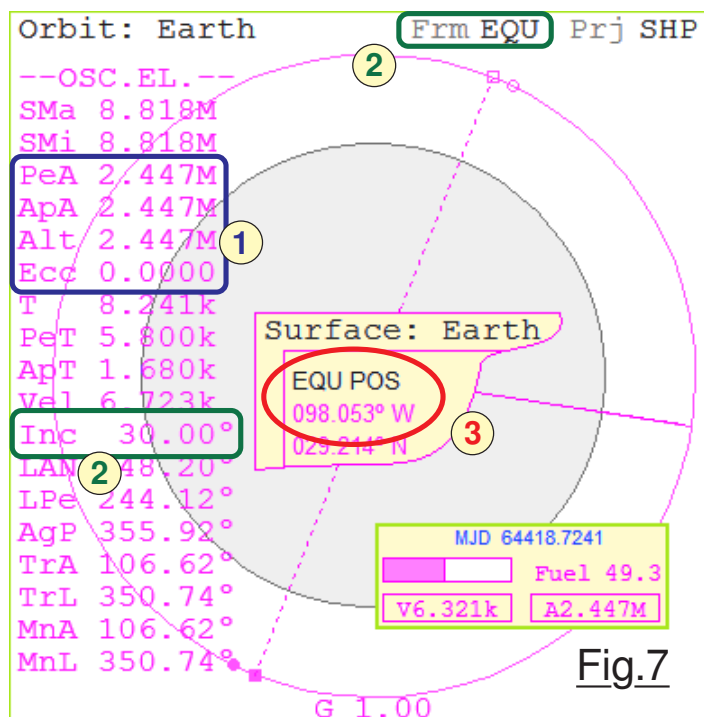
longitude de Greenwich on pousse avec **C** pour circulariser, *Élastoc* sera alors en position sur son **orbite géosynchrone**. Au moment de la poussée en **2**, notre méridien cible de 0° se trouve en une certaine position **4**. Pendant notre vol balistique qui nous fait passer de **2** en **3**, la Terre tourne et le méridien visé passe de **4** en **5**. Notre transfert nous fait passer du méridien **2** au méridien **5** soit un balayage en longitude d'un certain angle α .

À quel moment lancer ?

Tout simplement quand nous serons à la longitude $0^{\circ} + \alpha^{\circ}$ coté Ouest. Du coté Ouest, car c'est "avant d'y arriver". Quel angle α balayons-nous durant l'orbite de transfert ? Il suffit d'expérimenter comme nous l'avions fait lors du "PAS BOUGER MÉDOR". On réalise une orbite circulaire de 2447 km, on lance jusqu'à 35790 km et l'on observe la variation de longitude. Pour ma part, j'ai constaté que le transfert de notre orbite d'attente à l'altitude souhaitée impose $\approx 20420s$ lancement compris. Durant ce temps on est passé de 159.900 W à 062.657 W soit un balayage angulaire en longitude $\alpha \approx 97,24^{\circ}$. On lancera quand notre longitude sera de $0^{\circ} + 97,24^{\circ} = 97.24 \text{ W}$.

Surface MFD va comme dans le Défi n°5 nous servir à déterminer le moment précis pour effectuer la poussée en **PRO GRD** d'éjection sur l'**orbite de transfert**. C'est lui le facteur déclenchant pour atteindre l'altitude au point **3** de mise à poste bien dans le plan du méridien de Greenwich **5**. La Fig.7 donne un extrait des deux MFD un peu avant le moment propice. En **1** on vérifie que l'orbite est parfaitement circulaire. On se trouve donc en permanence au Périgée, position favorable pour éjecter d'une orbite quand on désire "monter". En **2** l'inclinaison orbitale par rapport à l'**EQU**ateur est nominale. Il est temps de passer en **PRO GRD**. Les yeux rivés sur **EQU POS** en **3** on attend la longitude **097.24°** pour la mise à feu des moteurs orbitaux. On se déplace vers l'Est, donc la valeur diminue progressivement. Passer en écoulement temporel **0.1x** pour amorcer la manœuvre exactement au bon moment. **[Ctrl] + num** laissée enfoncée, attendre que les moteurs orbitaux poussent à leur maximum de puissance lue sur **Main** en haut

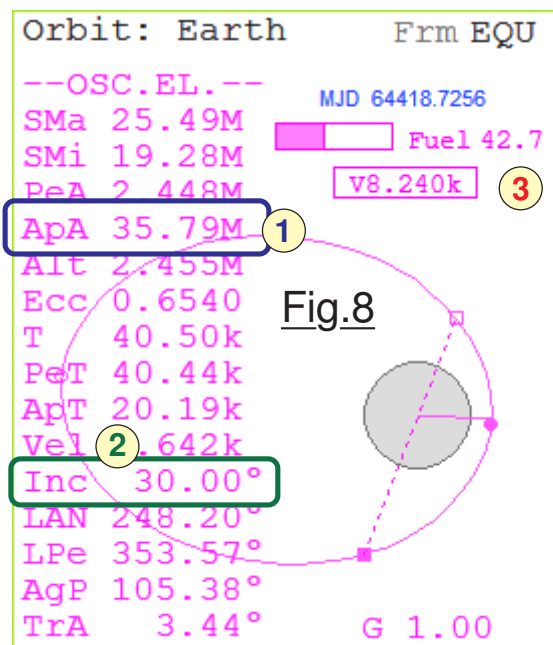




à gauche de l'écran. À partir d'ici, surveiller avec attention la valeur de **ApA**. Ramener la valeur de l'accélération temporelle en **1x** pour ne pas perdre patience, mais attention, il suffit d'environ 107s d'allumage pour l'éjection ... donc penser à ralentir en **0.1x** au bon moment. Parfaire la valeur exacte de **35.79M** avec les RCS en mode **LINéaire**. La Fig.8 démontre en **1** la rigueur de la manœuvre, en **2** la non dérive du plan et en **3** permet de calculer une consommation de 6,6% pour le lancement. La Terre gouverne toujours son domaine à 100%. Dans la mission précédente, pour grimper à cette altitude nous n'avions consommé que 1.3%, mais nous étions parti de beaucoup plus haut, l'énergie de l'orbite d'attente était bien plus élevée. Cette nuance montre clairement que le plan de vol n'influence que relativement peu la consommation. Pour se retrouver à une altitude H et une vitesse V , dans tous les cas la facture sera analogue.

Bon, le chronomètre tourne, pas de temps à perdre. Nous savons que la circularisation à 35.79M va imposer entre 70s et 80s de poussée en orientation **PRO GRD**. Quand on sera à 38s environ de l'apogée, valeur lue sur l'information **ApT** : Moteurs orbitaux au maximum est surveiller l'excentricité **Ecc**. Quand elle arrive vers zéro, on passe naturellement en **0.1x** et on affine avec les RSC toujours en mode **LINéaire**. Nous allons constater qu'il faut titiller les poussées sur les trois directions pour corriger la perte d'**Inc** et les légères variations de **PeA** et **ApA** pour finalement arriver à concilier tous les paramètres.

La Fig.9 photographie les paramètres en fin de mise à poste au moment du "TOP CHRONOMÈTRE" qui validera les performances du vol de base. Mais une fin de mission n'est



effective que dans la mesure où les objectifs sont pleinement remplis.

Examinons les divers paramètres :

En **1** **Map** MFD nous place pratiquement sur le méridien de Greenwich et l'on peut contrôler en **2** que l'inclinaison orbitale est correcte. L'amplitude du mouvement de yoyo sera bien comprise entre les deux latitudes $\pm 30^\circ$. En **3** nous avons l'altitude nominale qui génère bien en **4** une période correspondant à la journée sidérale terrestre. L'**orbite** sera bien **Géosynchrone**. En **5** on note bien une légère erreur de longitude, mais bien inférieure à la tolérance du défi. On va voir qu'en fait elle est bien plus floue que ça, mais reste dans les limites imposées. En **6** la valeur du "**TOP CHRONOMÈTRE**". On peut vérifier

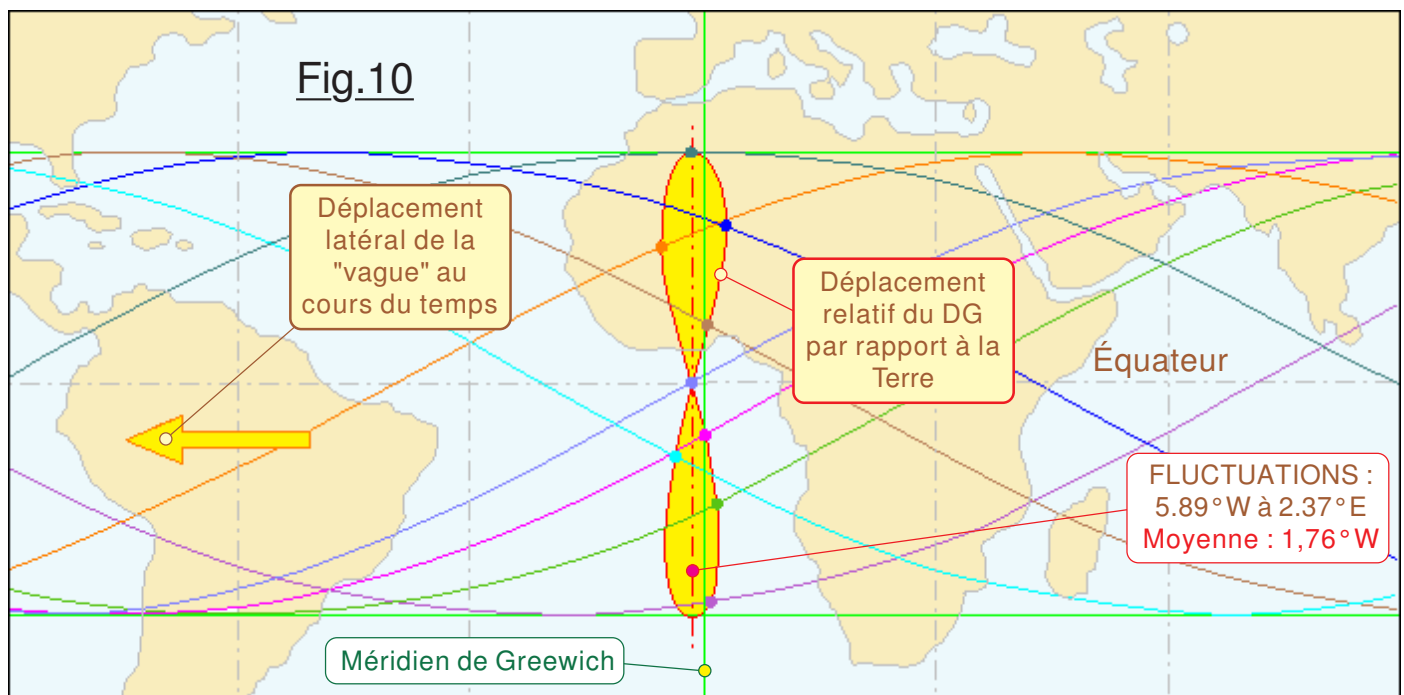
également que la vitesse orbitale est du même ordre de grandeur, sachant que dans la performance précédente la période **T** était un peu moins figlée. On peut en conclure que notre vaisseau va bien repasser à la verticale d'un même point à chaque boucle au cours du temps. En **7**, le verdict tombe : Environ 4,1 % consommés par la poussée de circularisation. Curieux, c'est quatre fois plus que pour la mission précédente ... Normal ! Partant d'une orbite inférieure, donc d'énergie totale moindre, pour arriver à un résultat identique à l'arrivée il faut dépenser plus. C'est un incontournable. Décollant du sol pour arriver circulaire à la même hauteur imposera strictement la même dépense énergétique. La seule économie possible réside principalement dans les changements de plan qu'il convient d'optimiser.

LE GRAND HUIT.

Toute peine mérite récompense. Notre plaisir va consister à commencer par revenir sur **Map MFD** à gauche, puis agrandir la zone visualisée sur la carte avec **ZM**. Éteindre **TRK** qui valide la poursuite de cible avec le bouton **TRK**. Enfin, avec les deux touches **UP** et **DN** on centre la hauteur pour avoir l'Équateur bien au milieu. Enfin, on peut admirer le spectacle avec une accélération temporelle de **10000x**. **Glups**, mais **Élastoc** refuse obstinément la verticalité ! Et que je te file un peu à droite, je change d'idée et je fonce à gauche pour finalement revenir dans l'autre sens. Cette chorégraphie étrange décrit sur la carte un grand huit qui sur la Fig. 10 très agrandie est tracé en rouge. Je ne pense pas que l'on puisse dans ces conditions faire l'économie d'une analyse détaillée du phénomène constaté, il faut dépouiller dans le détail les paramètres de la boîte noire de notre vaisseau.

Considérons le dessin de la Fig. 10 sur lequel chaque point rond coloré correspond à la position précise d'**Élastoc** sur son orbite à un moment donné de sa promenade. La "sinusoïde" de couleur identique représente la trace au sol de son plan orbital à cet instant. Comme sur **Map MFD** on a annulé la poursuite de cible, la carte est immobile et sert de repère pour représenter le mouvement des objets. Notre plan orbital conserve une orientation constante dans l'univers. Comme la Terre tourne, par rapport à ce plan elle se déplace. Mais nous avons inversé les rôles, c'est l'objet qui bouge qui est pris en référence. C'est exactement pareil quand on se trouve dans un train. Le wagon devient notre référence, c'est par rapport à lui que l'on observe le reste du monde. Du coup, c'est la gare qui passe à toute vitesse, elle se sauve par rapport à nous. Sur **Map MFD** c'est alors ce plan orbital qui est considéré comme mobile, d'où son "décalage latéral" à raison d'un cycle toutes les 86160s. Compris le coup de la vague qui ondule ?

Désolé les copains, mais pour comprendre le "grand huit" c'est un peu plus indigeste, il va falloir se fader un peu de géométrie dans l'espace, le tout représenté en deux D sur la Fig. 11 ... pas fastoche. La première chose que l'on serait tenté de croire, c'est que la Terre tournant à vitesse constante, comme le DG gigote un peu à droite et un peu à gauche, c'est à dire que la longitude "frétille", c'est qu'il se déplace à vitesse variable sur son orbite. C'est bien naturellement contradictoire avec les lois Képlériennes puisque Orbiter nous assure que l'orbite est parfaitement circulaire.



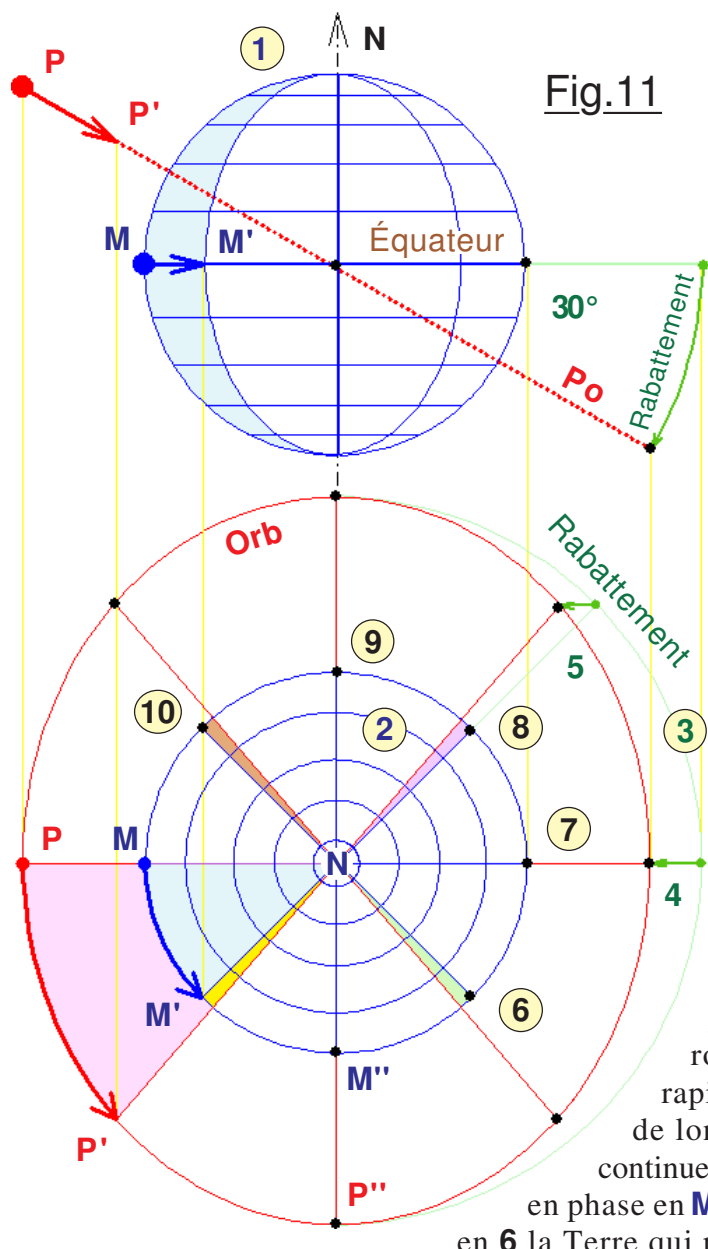


Fig.11

En 1 nous observons notre globe de côté, avec le pôle nord **N** en haut et son frère le pôle Sud en bas. En 2, c'est la vue de dessus avec au centre le pôle nord **N**.

Po représente le plan orbital incliné de 30° par rapport à l'équateur et qui par définition contient notre orbite **Orb**. Sur la vue de dessus, cette orbite est tracée "en vraie grandeur à plat" en 3, coloriée en vert clair. Sur ce tracé on notera en 4 le rayon 0° et surtout en 5 un rayon à 45° , ces "diamètres particulier" divisant l'orbite en huit parties égales. Le **Rabattement** à 30° donne en rouge cette géométrie à huit secteurs identiques. Les projections des points 4 et 5 en vue de dessus 2 sont repérées par les vecteurs verts sur la figure 11.

Nous allons considérer le cas pour lequel la Terre effectue un huitième de tour dans sa journée sidérale, le méridien de Greenwich passe alors de **M** en **M'**. Il balaye alors la zone coloriée en bleu clair. Puisque **Élastoc** circule à vitesse constante et effectue sa rotation en géosynchrone, durant ce laps de temps il chemine d'**exactement un huitième de tour** sur **Orb**. Si au départ il se trouvait en **P** dans le plan du méridien de Greenwich, il se déplace alors en **P'**. On voit que cette inclinaison orbitale de 30° engendre géométriquement un balayage de longitude repéré en rose sur la vue de dessus. Le DG a avancé "plus rapidement" vers l'Est, il est en avance de la différence de longitude coloriée en jaune. Puis, Terre et vaisseau continuent à tourner d'un autre huitième de tour et se retrouvent en phase en **M''** et **P''**. Nouvel intervalle de temps, avec cette fois en 6 la Terre qui prend un peu d'avance, du coup en relatif **Élastoc**

régresse vers l'Ouest. Tout le monde se retrouve en 7, mais en 8 le DG cherche à coiffer la Terre sur le poteau. Vexée, la grosse boule devance à nouveau **Élastoc** en 10, mais comme il est à l'affut, les pendules sont remises à l'heure en **P** et **M**. Le cycle recommencera ainsi régulièrement toutes les 86164s. Durant ce ballet astral, le DG oscille entre les longitudes $5,89^\circ\text{W}$ et $2,37^\circ\text{E}$ sur le vol de base.

L'axe moyen se situe à $1,76^\circ\text{W}$ ce qui respecte parfaitement les clauses du concours. Avouez que cette orbite est pour le moins originale et que l'on ne l'a pas souvent reconstruite.

REMARQUE : En général, quand on réalise une orbite géosynchrone on désire balayer une plus grande zone en latitude, donc le satellite est placé sur un plan orbital plus inclinés. Il peut alors balayer une plus grande surface au sol comme montré sur la Fig.12 sachant que la zone balayée ne fait le tour du monde que si l'orbite devient polaire. Mais dans tous les cas, il ne voit de la Terre "qu'un seul méridien". Ceci dit, une orbite aussi particulière que la notre peut être utilisée quand on veut observer en permanence une région bien précise. Par exemple un satellite militaire qui surveille une contrée en conflit relativement étendue sans pour autant exiger de balayer plus d'un quart de la circonférence terrestre. On peut choisir à convenance l'amplitude sous lequel le satellite oscille par l'angle **Inc**.

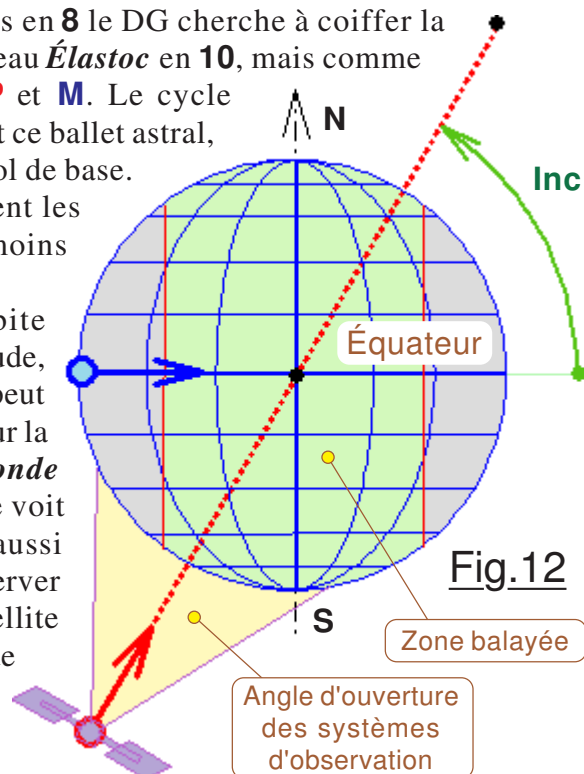
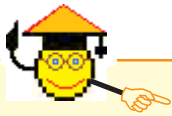


Fig.12



POUR CEUX QUI SE POSENT DES QUESTIONS :

Encore toute une page de théorie théorisante ! Ben ... voui, mais le défi est terminé et vous pouvez parfaitement vous sauver et oublier. Ce n'est qu'une explication de plus concernant l'interprétation des données de Map MFD. Vous pouvez somptueusement passer outre, mais un jour où l'autre vous serez intrigué par cette ligne jaune tracée en pointillés courts que l'on peut référencer sur EQU ou sur ECL. Que représente-t-elle exactement et que signifie ce LAN dans la liste des paramètres ? En page 4 de ce défi 6 on avait péremptoirement écrit :

- Pour que le déplacement "vertical" sur Map se fasse sur un méridien **M** il faut que la ligne des nœuds en référence EQU **n** soit "perpendiculaire" à ce méridien, autrement dit les nœuds seront "en face" des méridiens qui sont à $\pm 90^\circ$ de notre cible **M**.

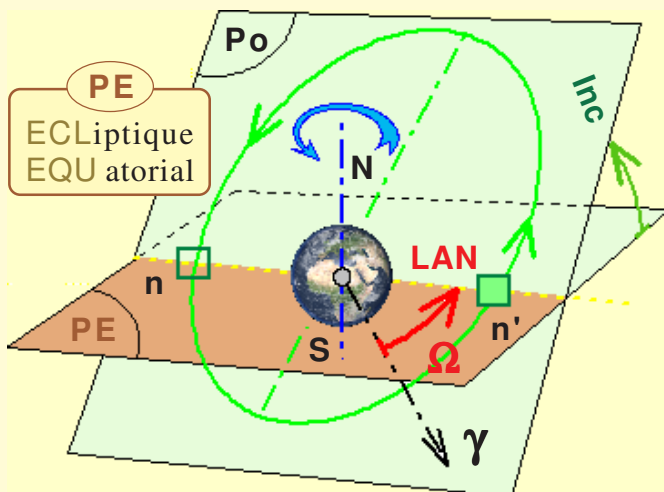
Hors vous remarquerez que nous n'avons pas utilisé cette information, car pour synchroniser l'orbite nous avons opéré de façon expérimentale. Pourquoi ne pas se servir de la valeur de LAN donnée dans Orbit MFD qui indique précisément la valeur de la **Longitude du nœud ascendant** ?

On pourrait croire qu'il suffit que $LAN = M + 90^\circ$ soit ici 90° pour que l'orientation orbitale soit idéale. Hors ce n'est pas le cas puisque sur la Fig.9 qui donne notre orbite finale on voit bien que la valeur de LAN en référence EQU est de 248.17° qui manifestement n'a rien à voir. L'origine de cette différence résulte dans le fait que LAN ne mesure pas la longitude par rapport à la Terre, cette valeur changerait en permanence car le plan orbital est immobile par rapport à l'Univers alors que notre planète tourne. La longitude du nœud ascendant se mesure par rapport à une "direction fixe" dans l'Univers qui se définit à partir du point vernal.



LA LONGITUDE DU NOEUD ASCENDANT.

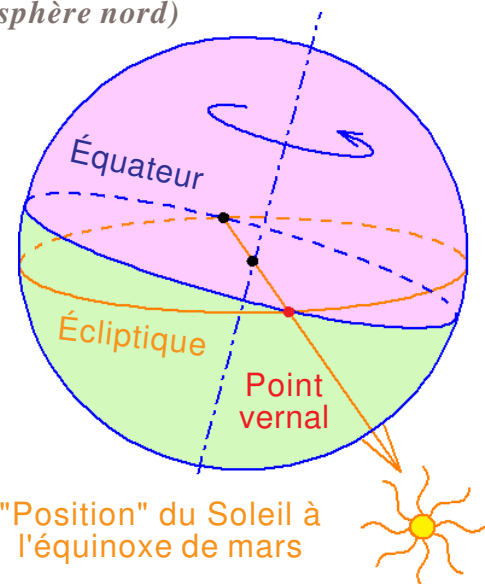
La **longitude du nœud ascendant** est un élément permettant de définir l'orbite d'un corps circulant autour d'un astre dont le plan **Po** conserve dans l'Univers une orientation constante. Par définition il s'agit de l'angle mesuré entre **la direction du point vernal** et **la ligne des nœuds**, mesuré dans le plan de référence (Écliptique ECL ou Équatorial EQU) et balayé dans le sens direct. Cette valeur est également appelée ascension droite du nœud ascendant et couramment notée par la lettre Ω .



- Po** : Plan orbital. (Immobile dans l'Univers)
- PE** : Plan ECL ou EQU. (Immobile " " " ")
- n'n'** : Ligne des nœuds. (Immobile dans l'Univers)
- γ : Direction du Point vernal. (Immobile " " " ")
- Ω : Longitude de **n'**. (Constante)
- Ω (Ou également LAN) se mesure dans le sens trigonométrique positif comme montré ci-dessus.

Point vernal :

Le point vernal, ou point de l'équinoxe vernal ou point de l'équinoxe de printemps, est un des deux points de la sphère céleste où l'équateur céleste et l'écliptique se croisent. Précisément, ce point est défini pour la Terre par la position du Soleil sur la sphère céleste au moment de l'équinoxe de mars. (*Printemps dans l'hémisphère nord*)

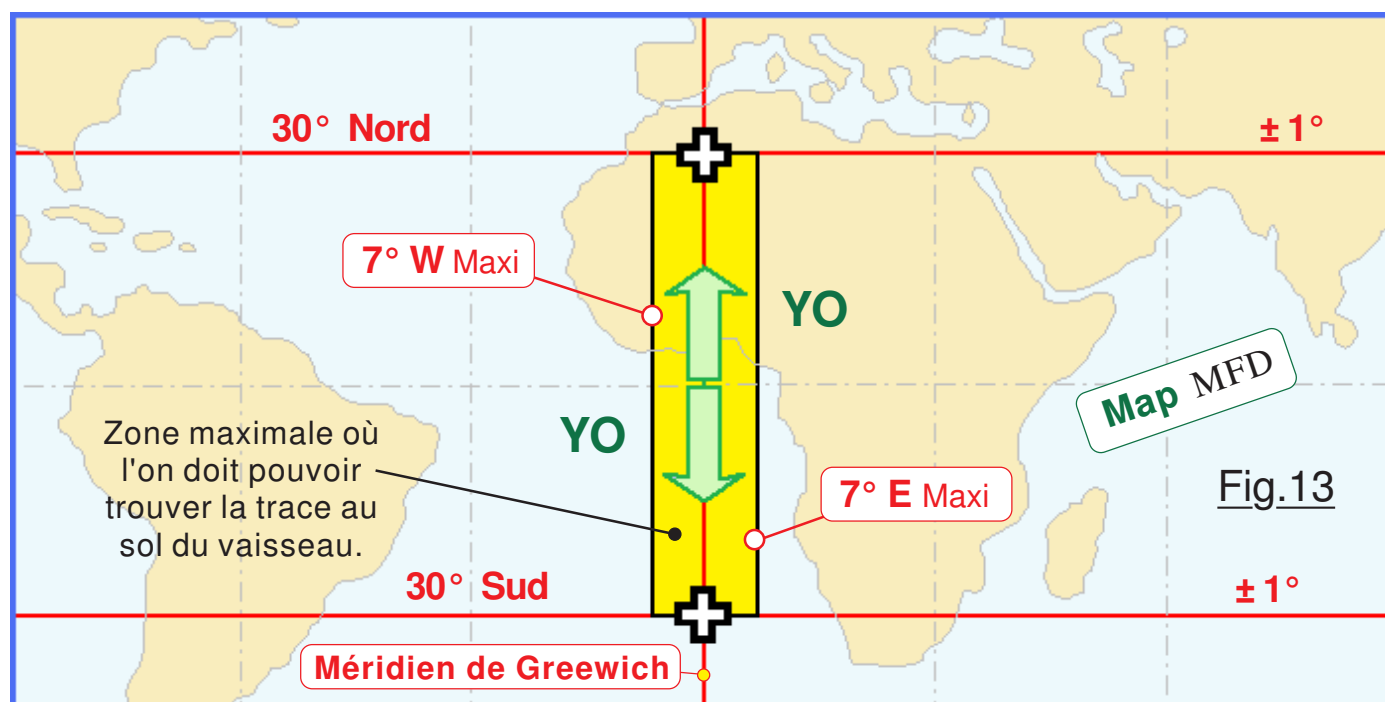




PRÉSENTATION DU DÉFI n°6.

Comme on va réviser certains fondamentaux déjà abordés lors des défis précédents, je vous propose de se refaire une orbite géostationnaire, mais assez particulière cette fois. Je vous invite à réaliser sur l'écran un yoyo orbital. L'idée de base exposée sur la Fig.13 est finalement assez simple. On doit construire une orbite de telle façon que la petite croix blanche qui sur **Map** MFD représente la trace au sol de la position du vaisseau sur l'orbite :

- Se déplace verticalement,
- Sur le méridien de Greenwich avec une marge d'erreur de $\pm 7^\circ$,
- Entre les deux limites de latitude 30° avec une erreur maximale de $\pm 1^\circ$.



C'est vraiment possible ce truc étrangement bizarre pour ne pas dire incongru ? C'est pas un poisson d'Avril, ou une blague de potache pour nous destroy une soirée de loisir, un plan pourri ?

Ben oui les copains, si ce n'était pas faisable le Nulentout n'en tartinerait pas tout un tutoriel avec plein plein plein de dessins. Alors je vous souhaite de bien vous amuser à placer votre DeltaGlider sur ce curieux terrain de jeu, d'autant plus que vous allez constater que ce n'est pas galère comme le laissait supposer la publicité de la page de présentation. Orbiter est magique et permet d'expérimenter des vols sacrément particuliers.



BILAN DU VOL DE BASE SERVANT A L'ÉVALUATION :

- Durée pour le vol :
 $\approx 1,3374$ MJD
 ≈ 133740 s
 $\approx 1,55$ jours
- Bilan carburant :
 Consommé : 61.4%
 Restant : 38.6%

Phase du vol	MJD	Brulé	Fuel
Décollage.	64418.6258	0 %	100 %
Fin du lancement.	64418.6376	48.4 %	51.6 %
Orientation du plan.	64418.6505	0.6 %	51.0 %
Circularisation basse.	64418.7077	1.7 %	49.3 %
Fin du lancement.	64418.7256	6.6 %	42.7 %
Élastoc est à poste.	64419.9632	4.1 %	38.6 %



Môa môa j'adore le YOYO, c'est comme un boomerang sauf que ça ne se perd pas loin loin loin et surtout tu ne te le prends pas en plein sur la truffe quand ça revient.