Phase 1 : mise en orbite terrestre

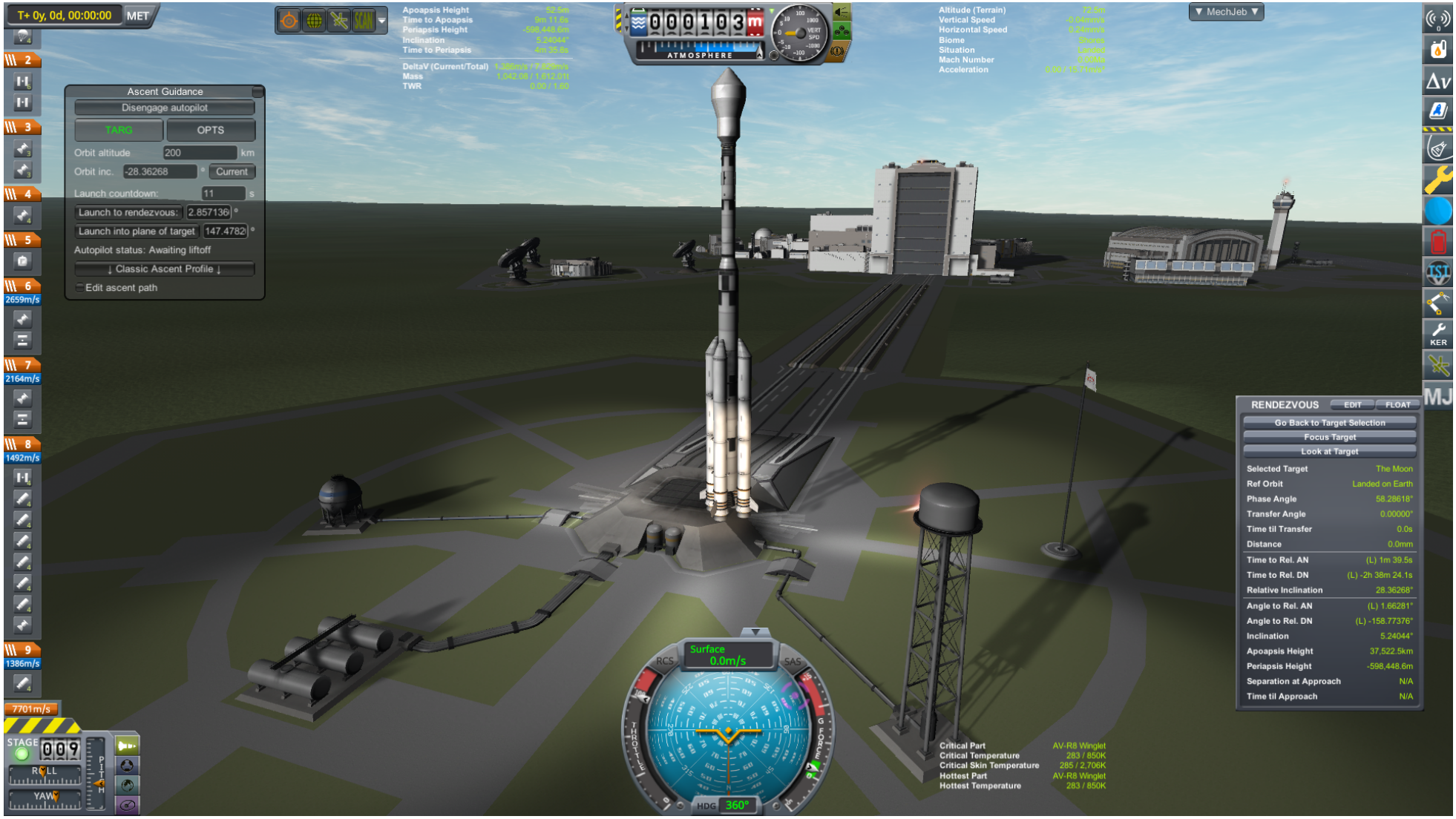
-Lancement depuis Kourou

MechJeb est utilisé en mode « Ascent guidance ».

KER nous donne le top départ pour un lancement dans le plan Terre – Lune

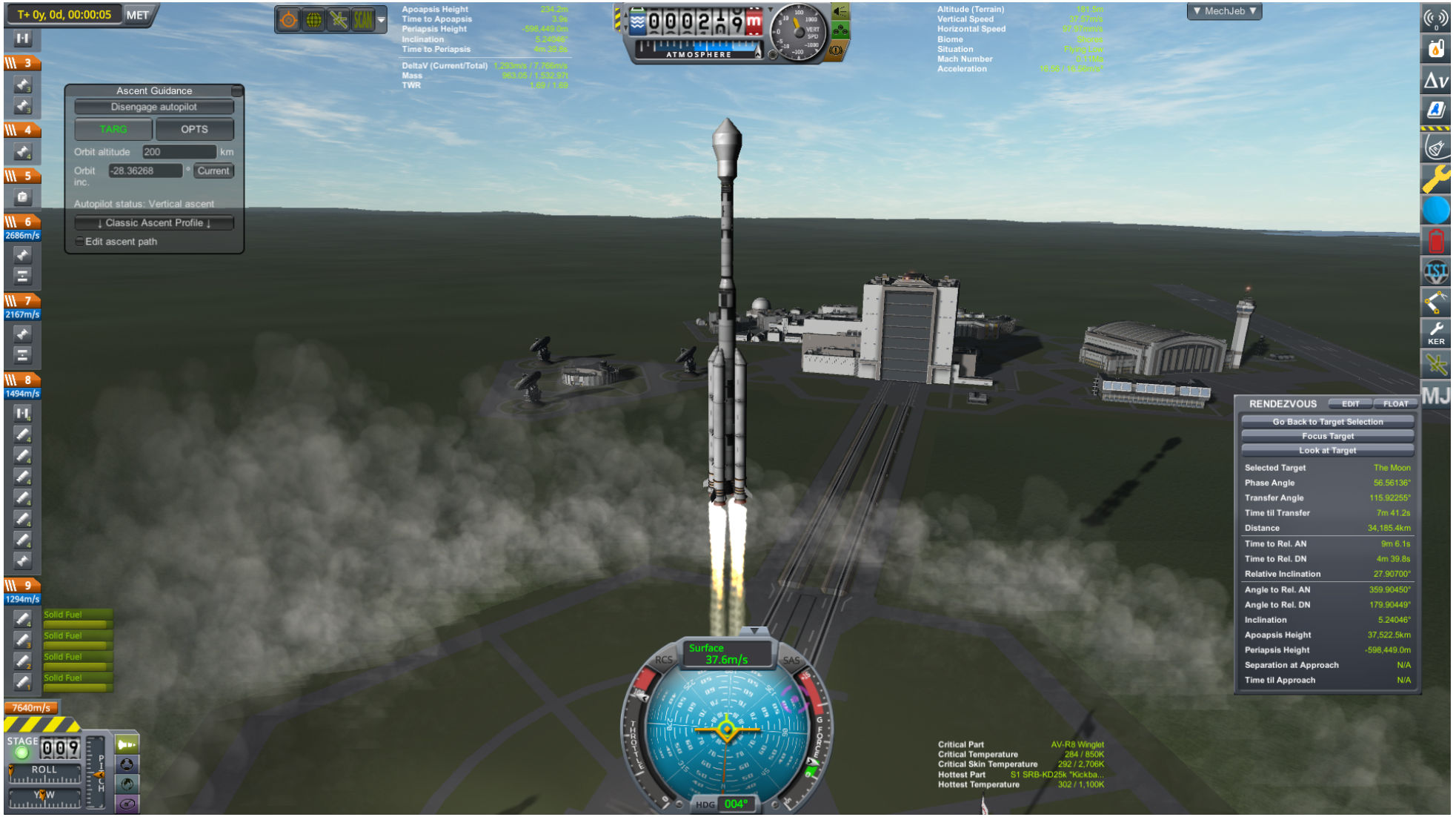
Il suffit d'attendre que le compteur « Time relative to AN » arrive à 0 pour lancer et il faut donner à Mechjeb l'inclinaison orbitale de la Lune en négatif.

Des HUD KER ont été programmés pour suivre l'évolution des parametres



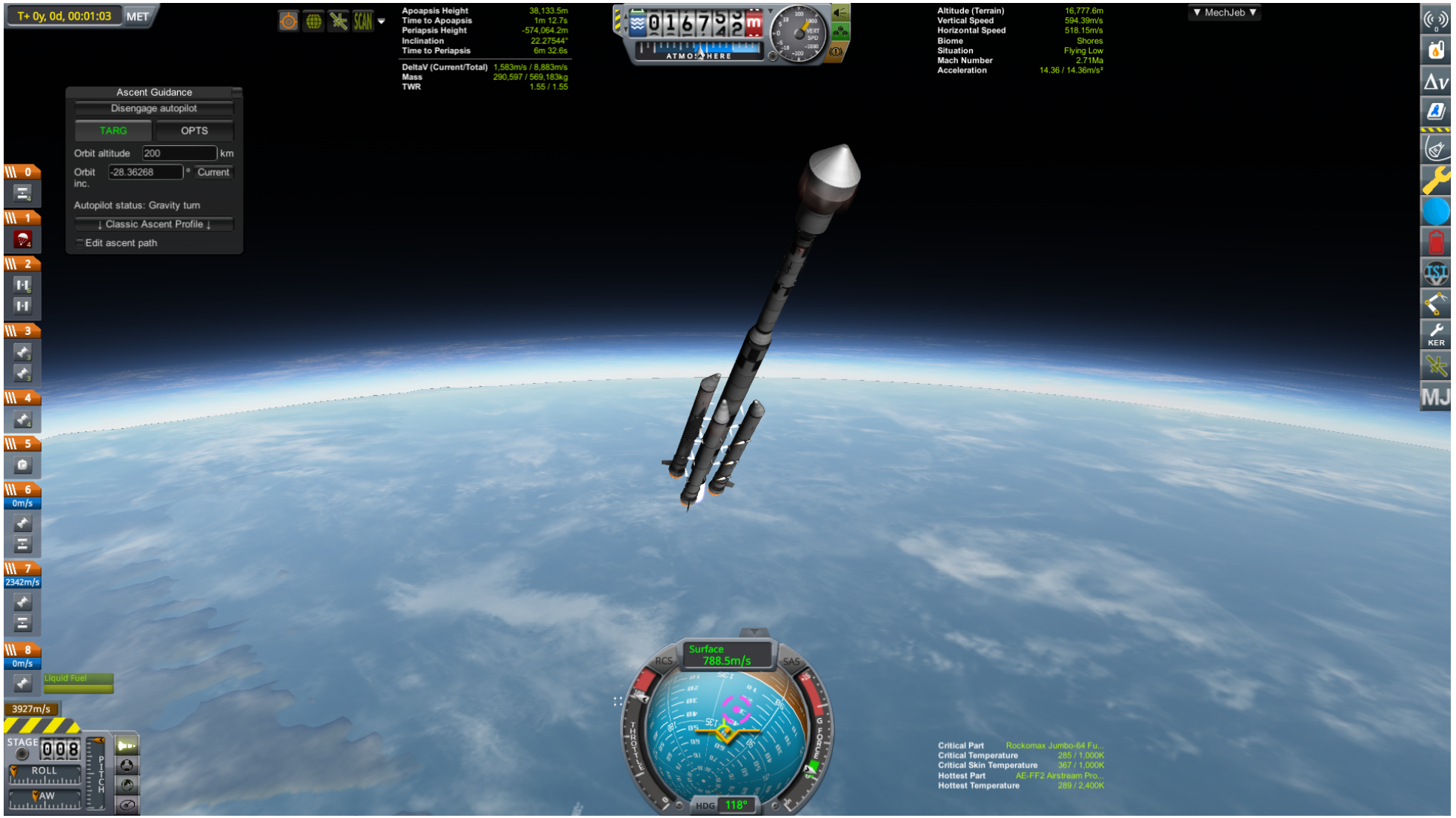
Top départ

Je ne sais plus pourquoi, le lancement a eu lieu 9mn trop tôt, ce qui n'a pas été génant…..


T+ 0y, 0d, 00:00:05
MET
Apoapsis Height 234.2m
Time to Apoapsis 3.9s
Periapsis Height -598,449.0m
Inclination 5.24046°
Time to Periapsis 4m 39.8s
DeltaV (Current/Total) 1,283m/s / 7,766m/s
Mass 963.05 / 1,532.97t
TWR 1.69 / 1.69
ATMOSPHERE
Altitude (Terrain) 181.5m
Vertical Speed 37.57m/s
Horizontal Speed 97.97m/s
Biome Shores
Situation Flying Low
Mach Number 0.1769
Acceleration +6.06 / -16.26m/s²
MechJeb
Ascent Guidance
Disengage autopilot
TARG
OPTS
Orbit altitude 200 km
Orbit inc. -28.36268 ° Current
Autopilot status: Vertical ascent
↓ Classic Ascent Profile ↓
Edit ascent path
3
4
5
6
2686m/s
7
2167m/s
8
1494m/s
9
1294m/s
Solid Fuel
Solid Fuel
Solid Fuel
Solid Fuel
7640m/s
STAGE 009
ROLL
YAW
PITCH
Surface 37.6m/s
RCS
SAS
THROTTLE
G FORCE
HDG 004°
RENDEZVOUS
EDIT
FLOAT
Go Back to Target Selection
Focus Target
Look at Target
Selected Target The Moon
Phase Angle 56.56136°
Transfer Angle 115.92255°
Time til Transfer 7m 41.2s
Distance 34,185.4km
Time to Rel. AN 9m 6.1s
Time to Rel. DN 4m 39.8s
Relative Inclination 27.90700°
Angle to Rel. AN 359.90450°
Angle to Rel. DN 179.90449°
Inclination 5.24046°
Apoapsis Height 37,522.5km
Periapsis Height -598,449.0m
Separation at Approach N/A
Time til Approach N/A
Critical Part AV-R8 Winglet
Critical Temperature 284 / 850K
Critical Skin Temperature 292 / 2,706K
Hottest Part S1 SRB-KD25k "Kickba...
Hottest Temperature 302 / 1,100K
KER
MJ

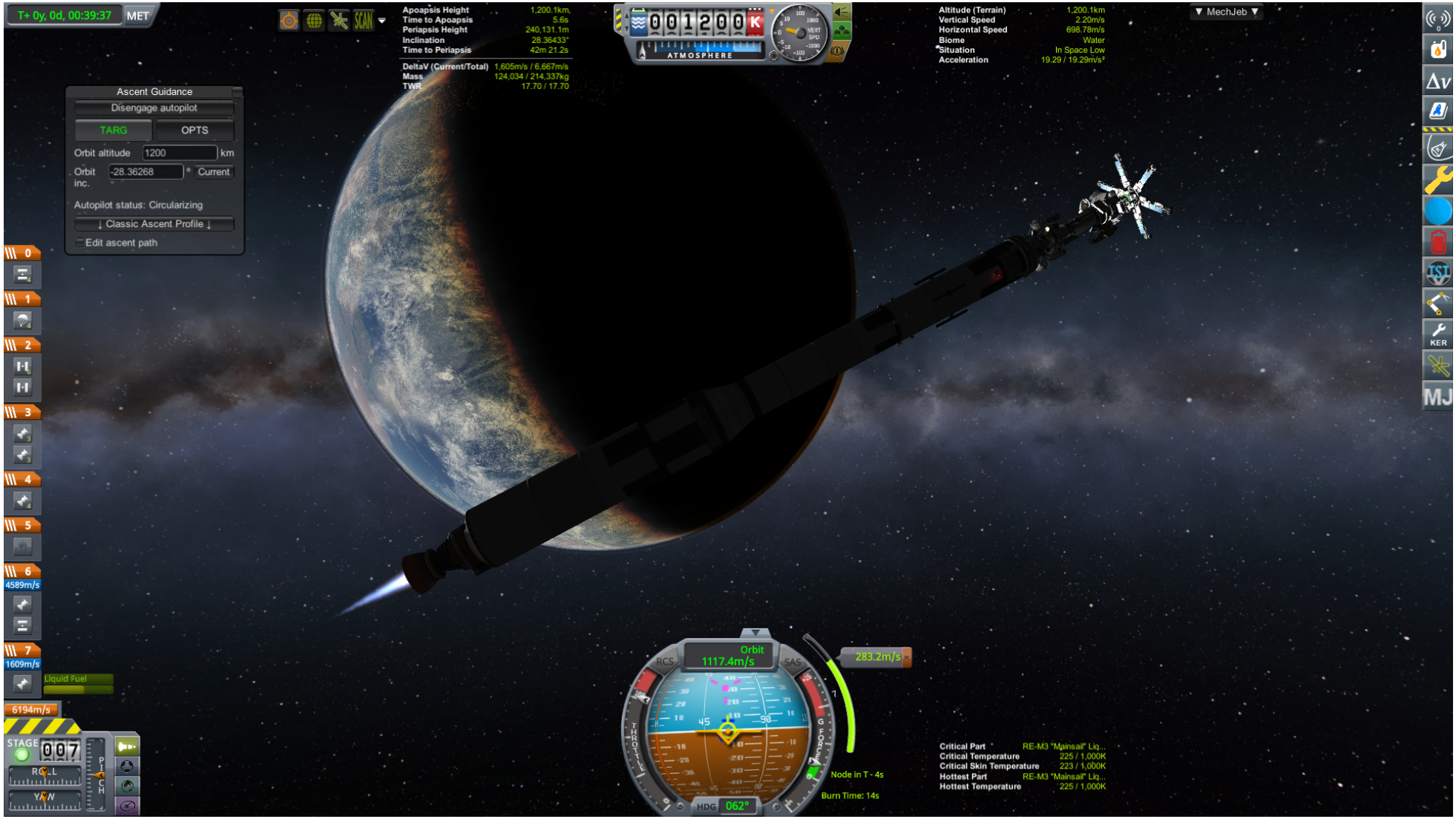
Gravity turn

Séparation 1er étage à 16000m

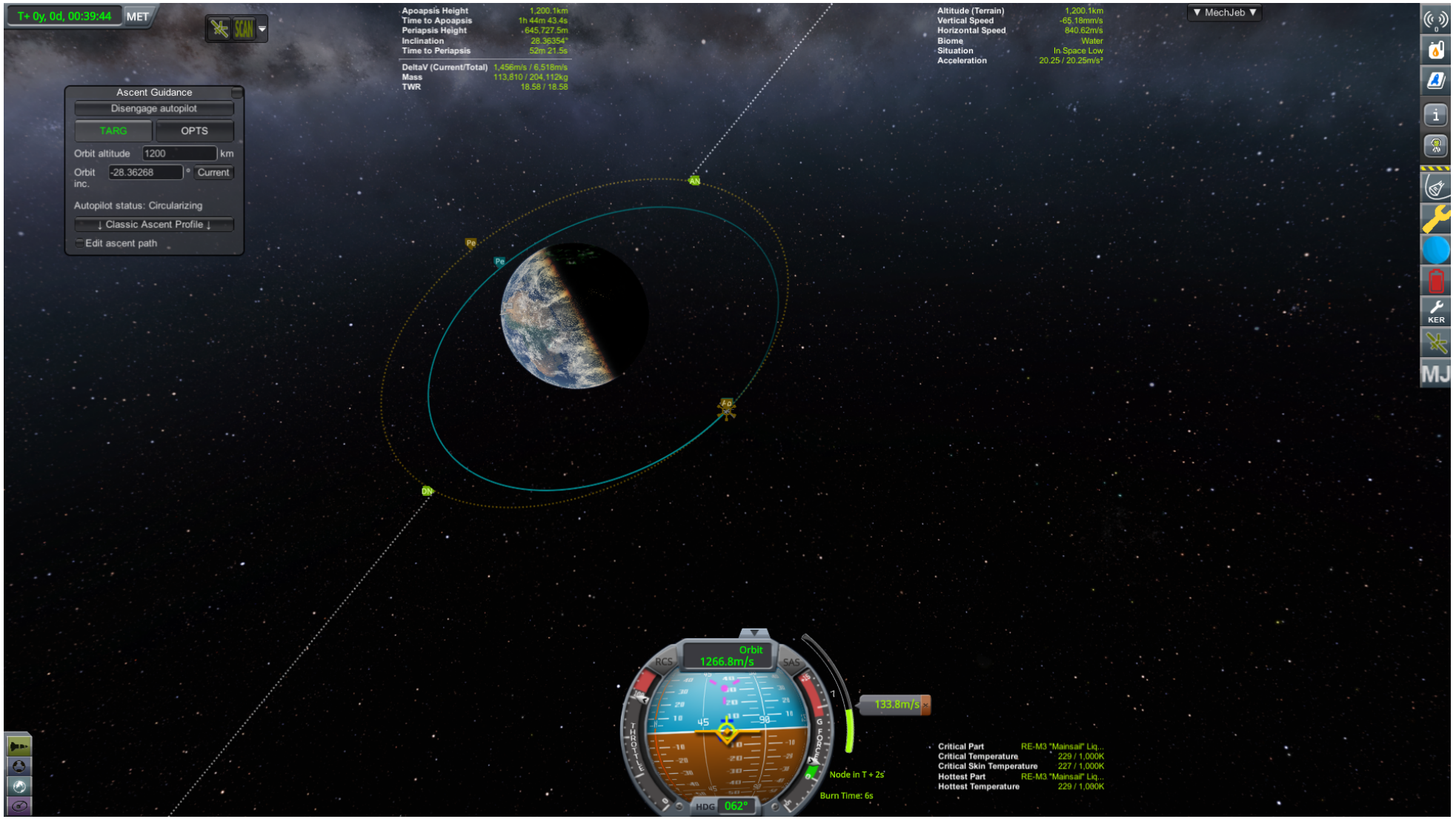


Séparation 2ème étage à 61000m et allumage du 3ème étage

Burn de circularisation à 1200 km

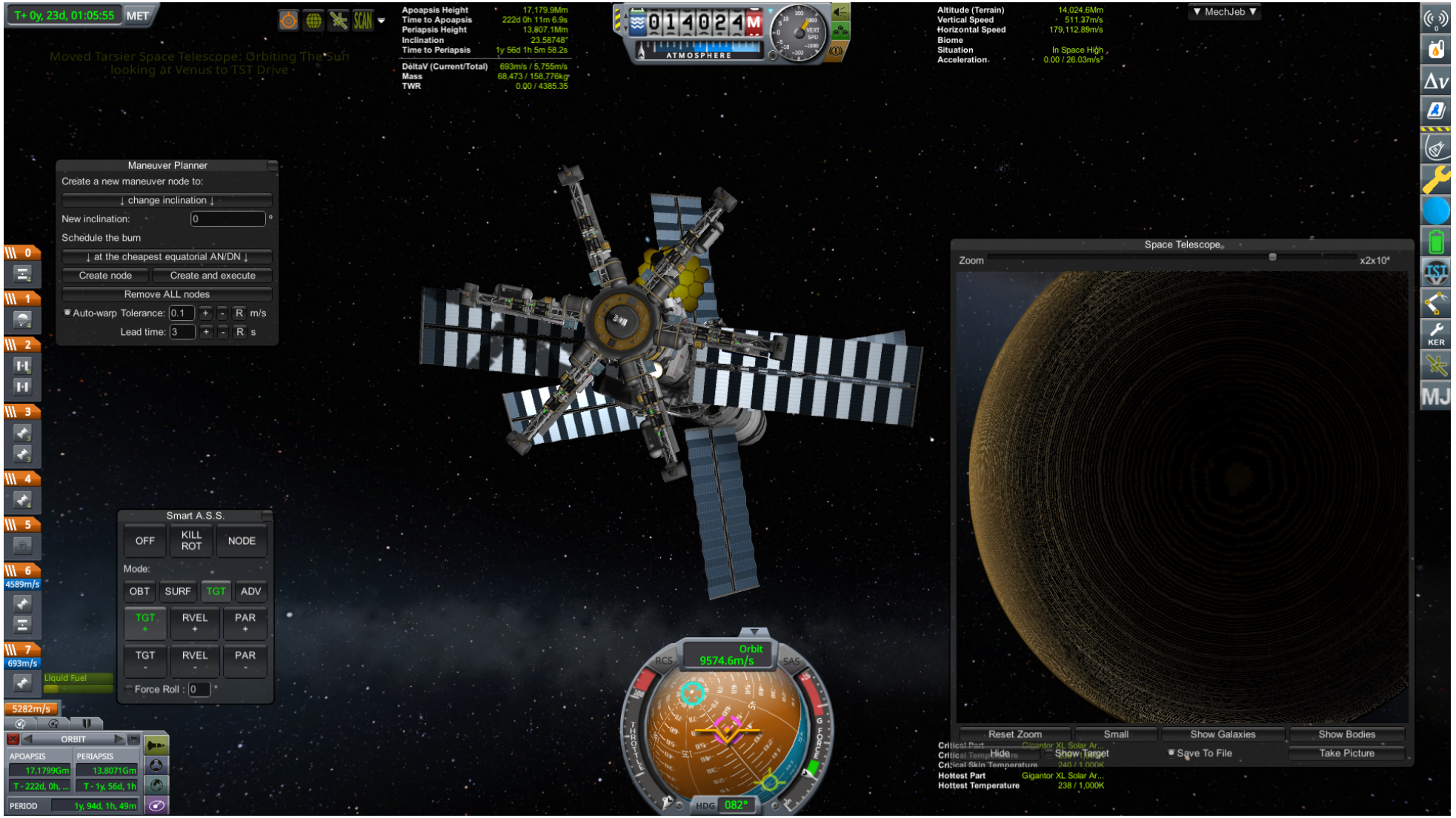


A l'issue duquel il restera encore 1323 DV sur cet étage



Phase 2 : Mise en orbite autour du soleil

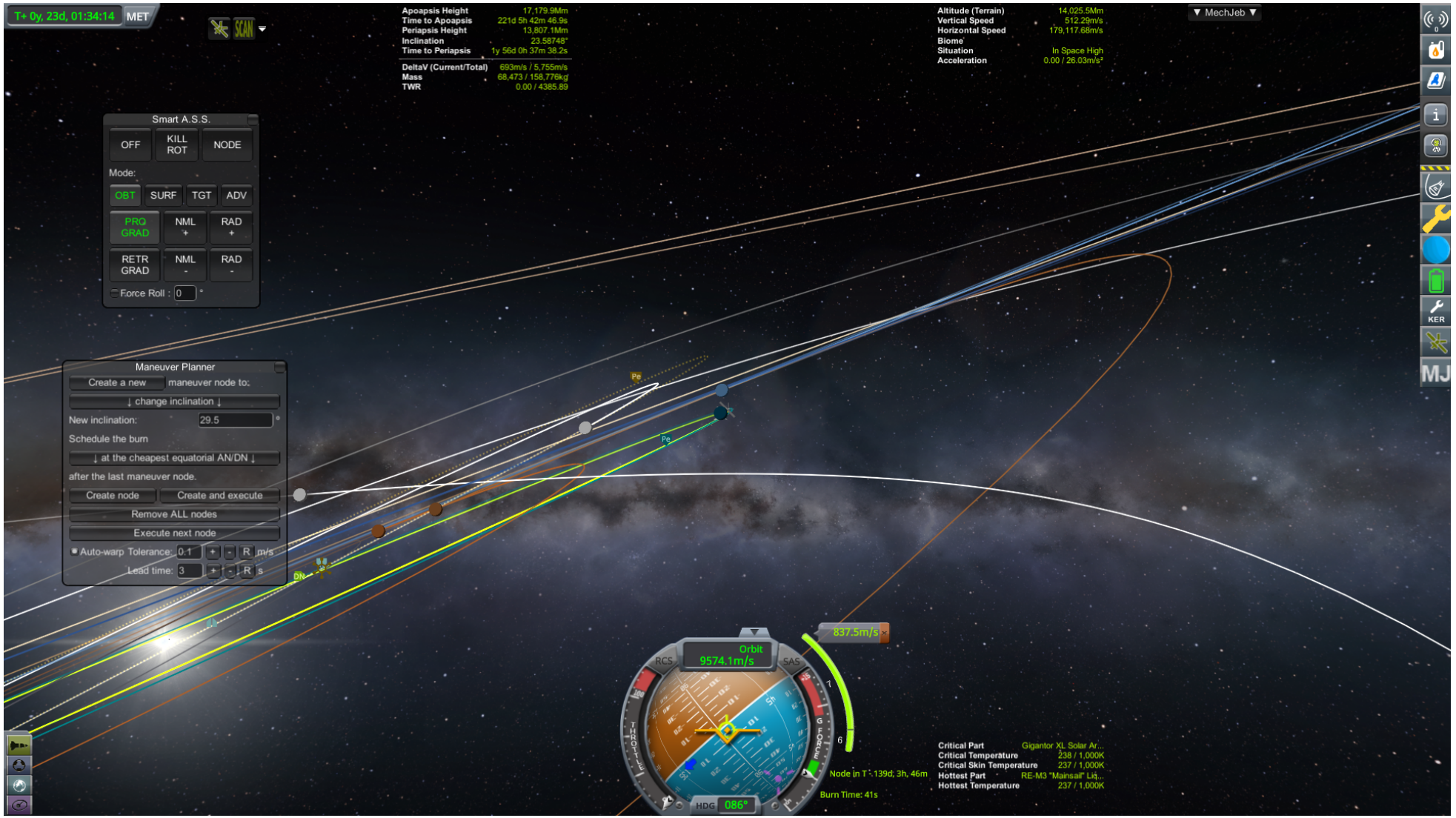
Après la mise en orbite, il nous reste encore 693 DV et nous commençons quelques photos à l'aide du Téléscope : ici Venus



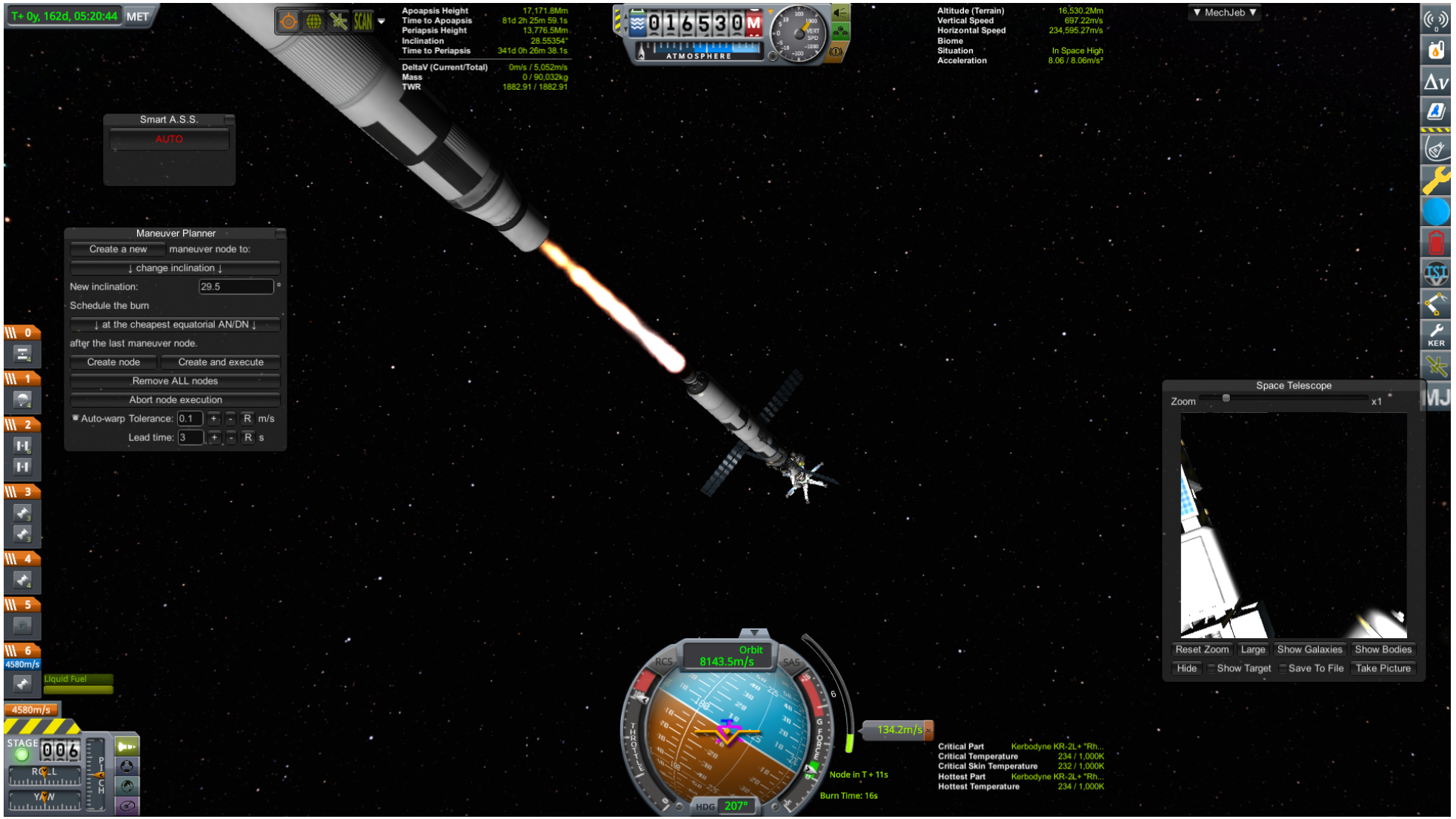
Puis jupiter

Phase 3 : Changement d'inclinaison

Nous changeons l'inclinaison pour nous mettre dans le plan de Ryugu. La méthode graphique donne 29.5 et nous la chargeons dans mechJeb pour qu'il fasse le calcul. Cela va nous couter 837 DV



Et la séparation du dernier étage, puis l'allumage du moteur du module d'injection et retour



Et voilà le résultat, graphiquement, c'est plutôt satisfaisant : En bleu, notre orbite et en blanc, celle de Ryugu

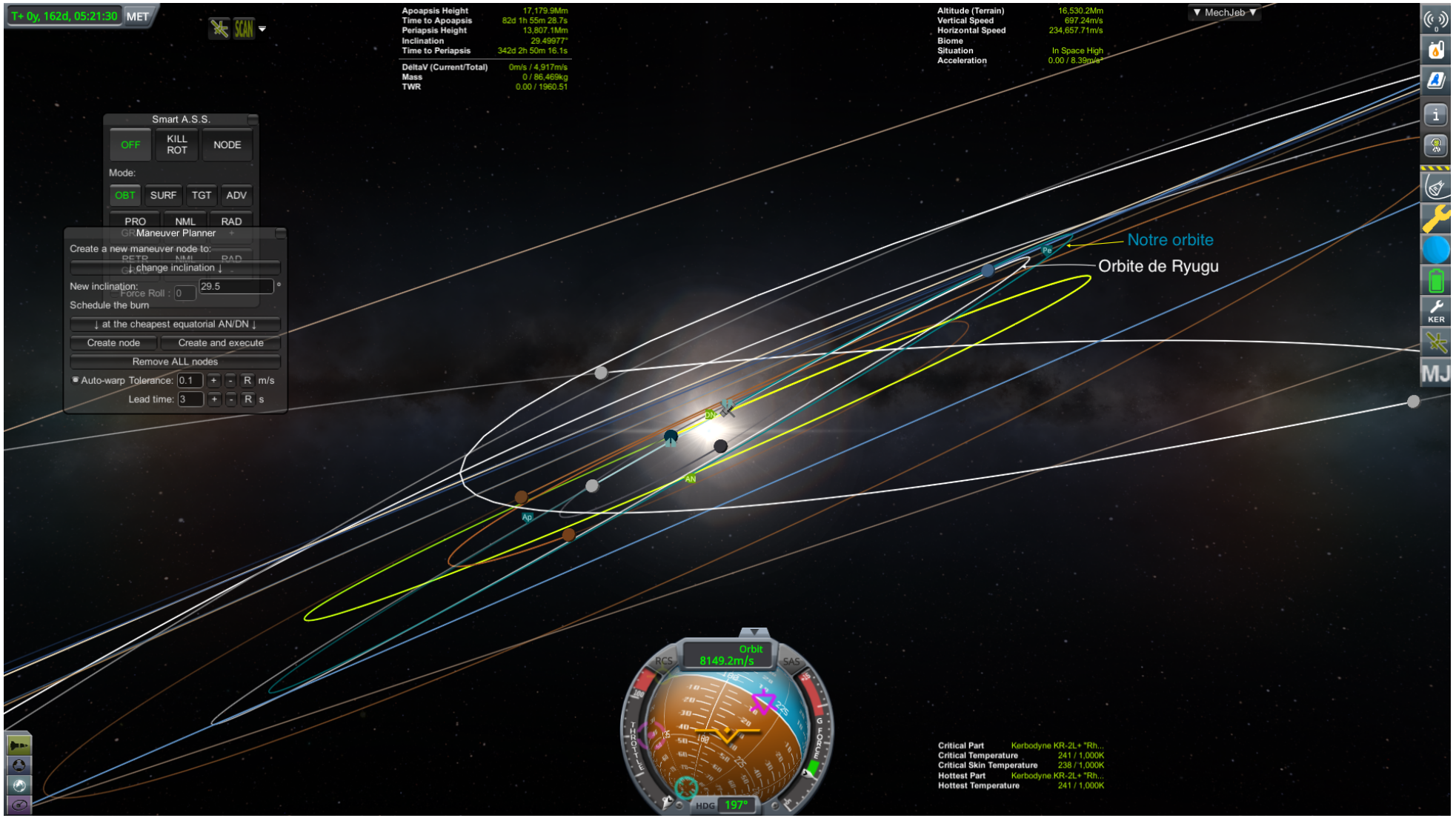
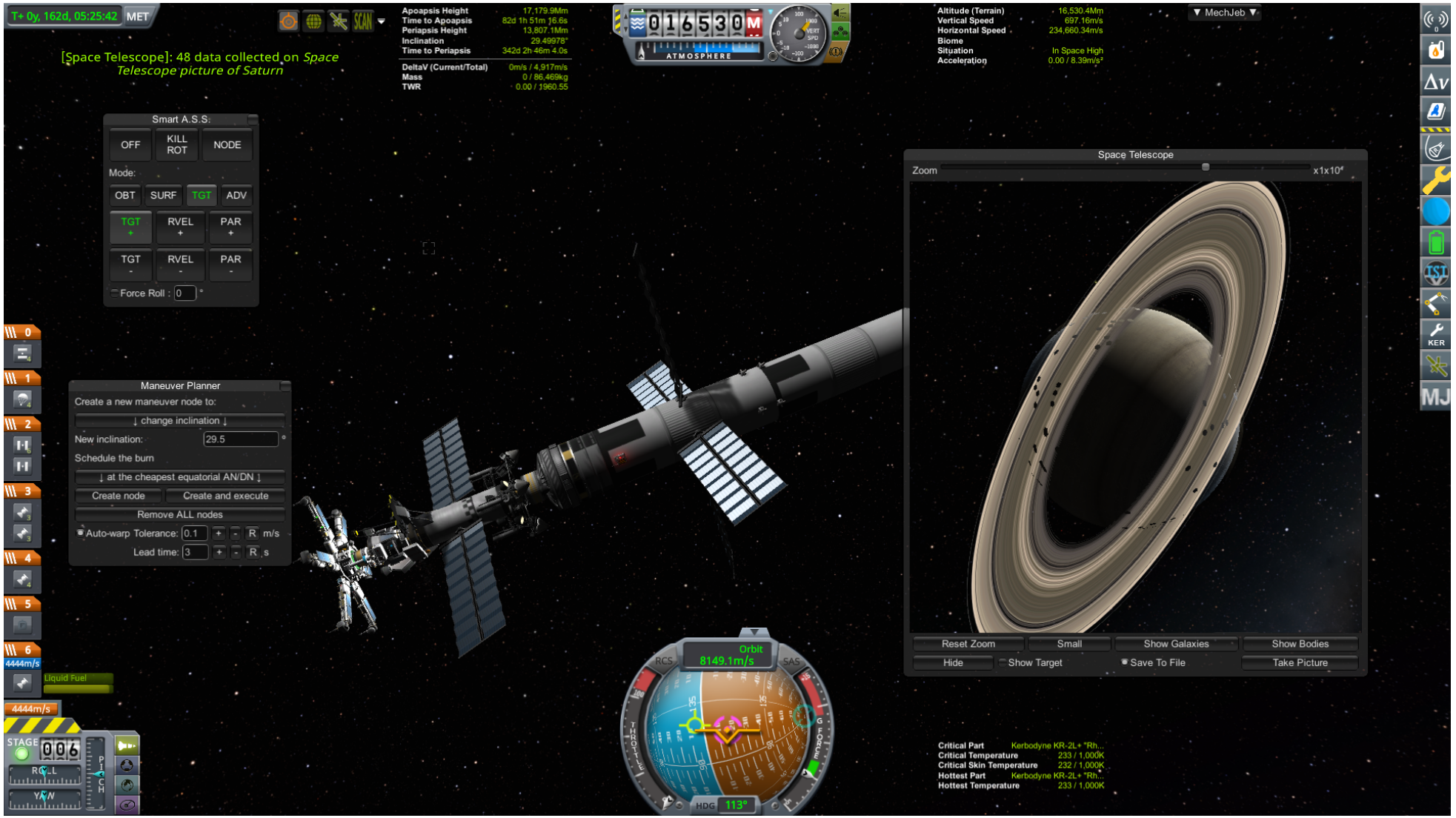
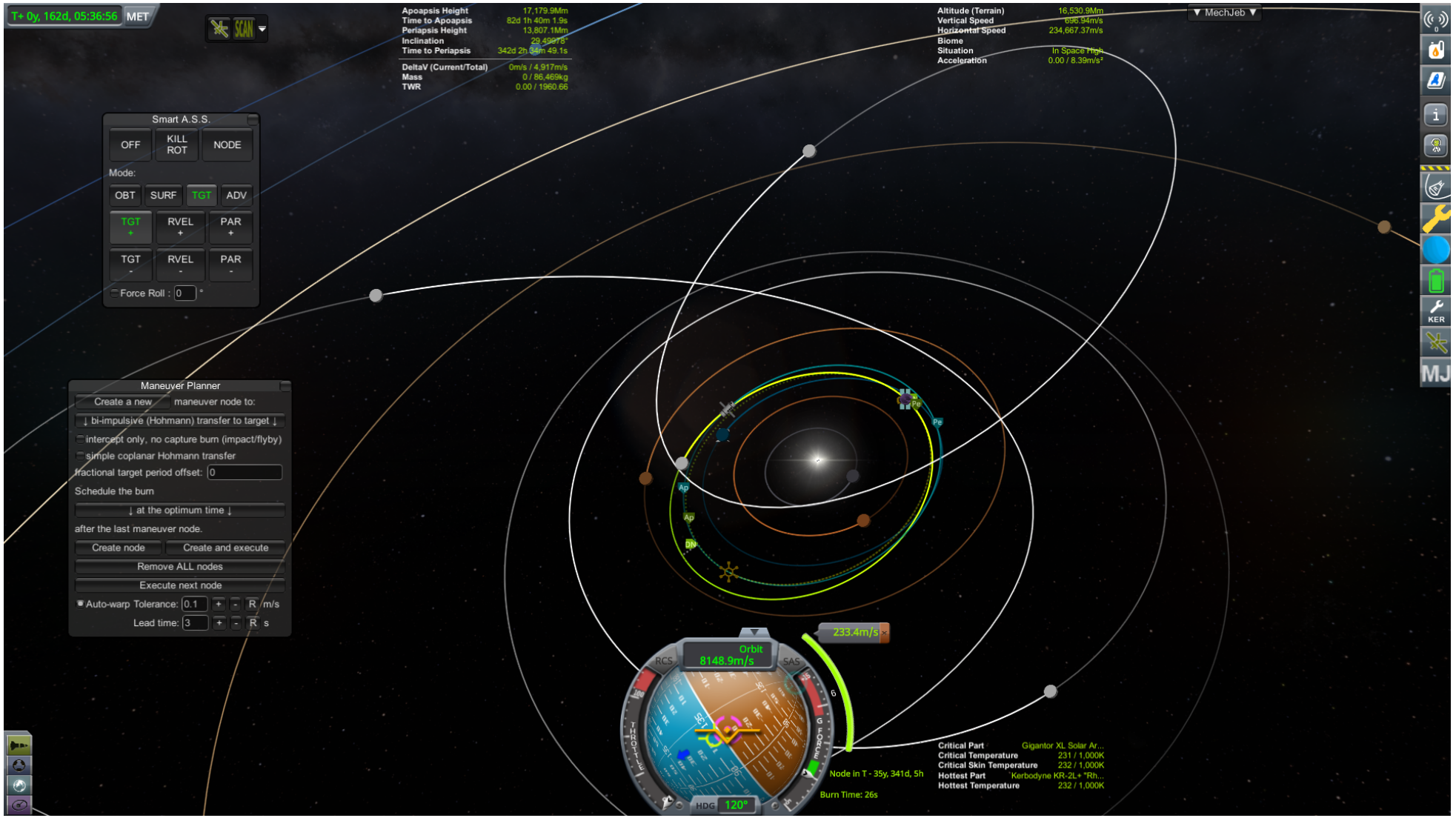


Photo de Saturne et de ses anneaux. L'ensemble des photos sera intégré dans un Atlas des planètes



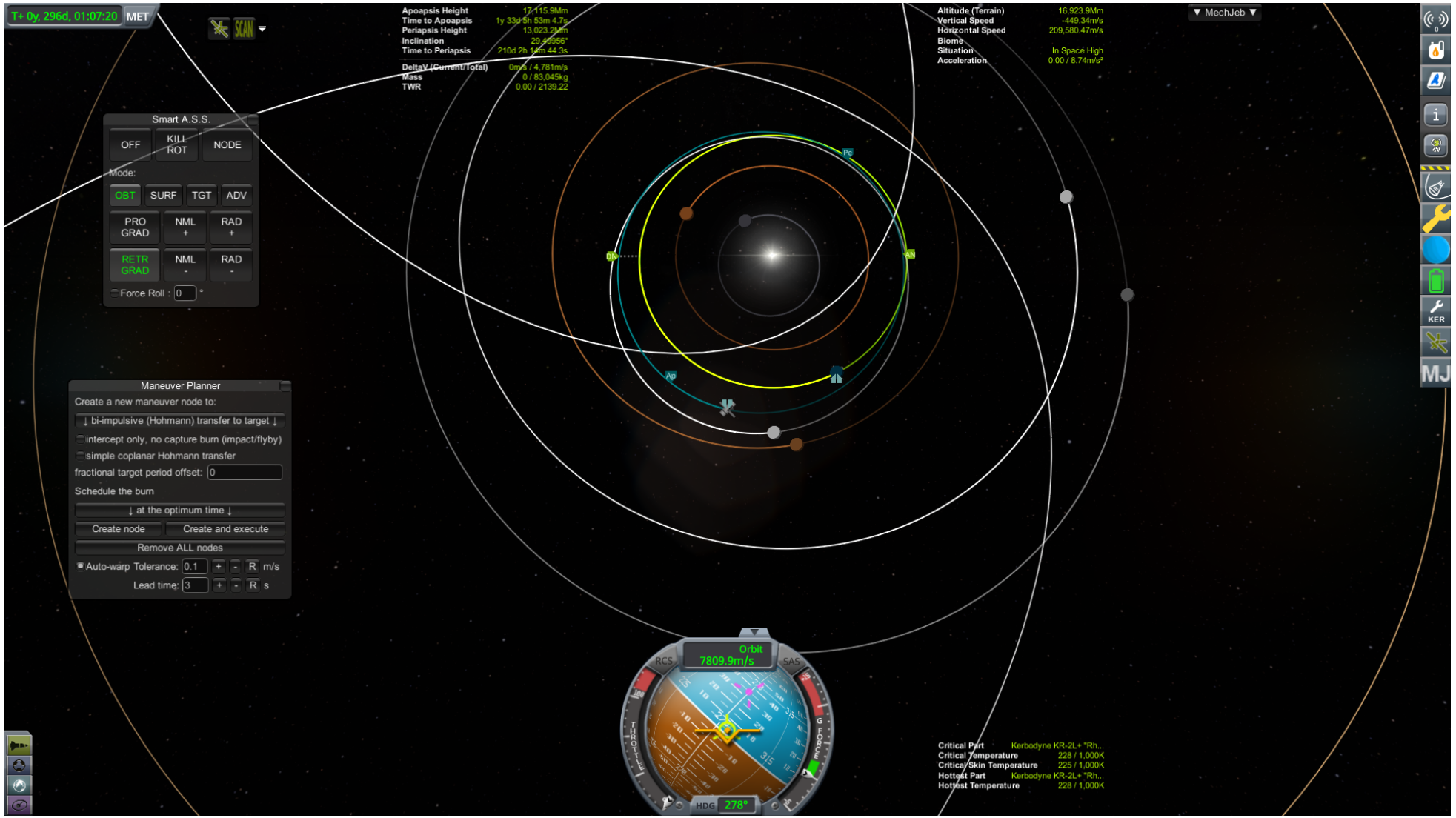
Phase 4 : Transfert vers Ryugu

Nous demandons à Mechjeb de calculer un transfert de Hohmann : notre orbite en bleu, Ryugu en jaune
Résultat : **35 ans d'attente !** c'est beaucoup trop.
Il reste 4917 DV

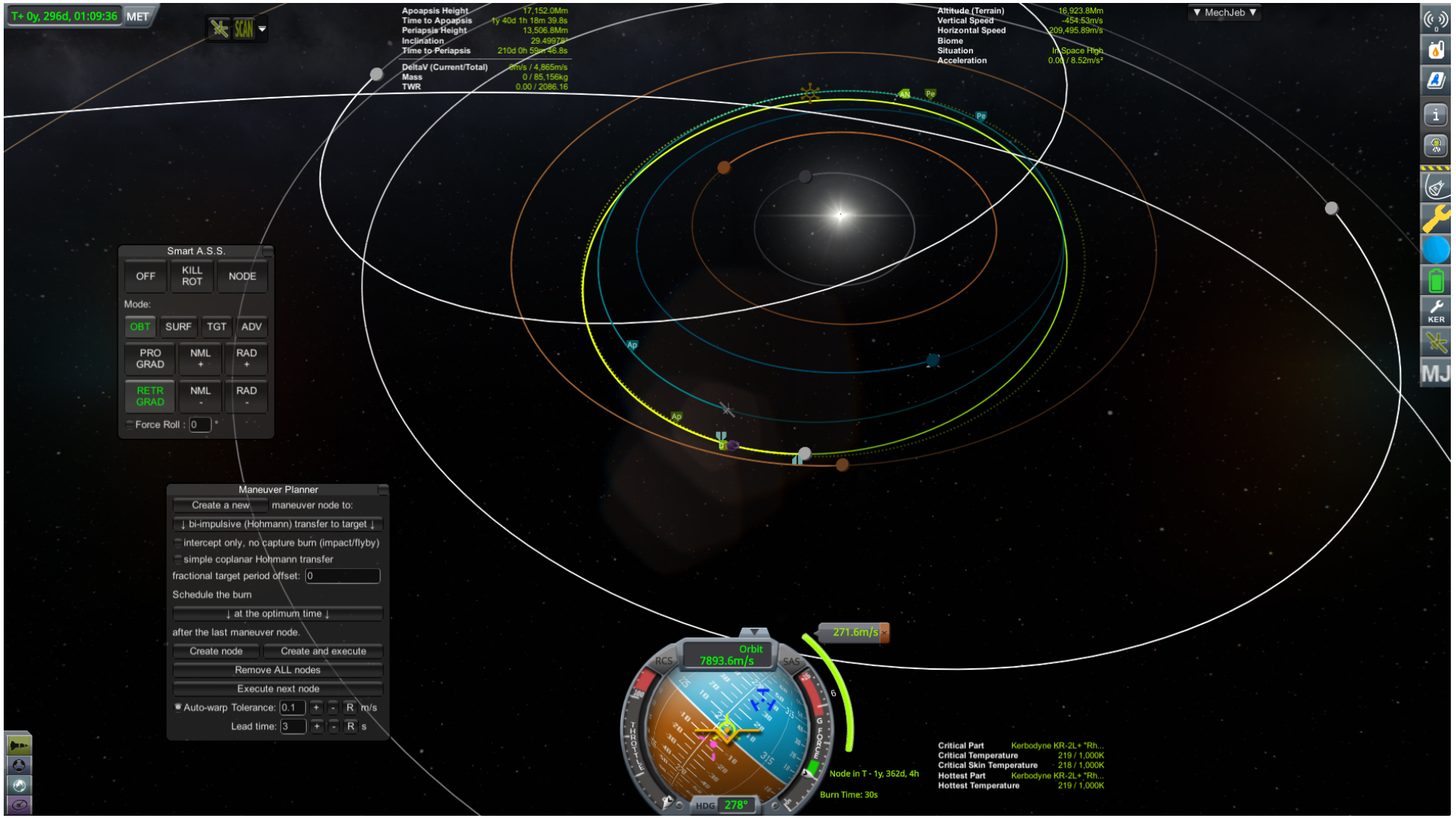


Nous allons donc essayer un burn en rétrograde sur la trajectoire après l'apoapsis, pour diminuer la périapsis et faire se rapprocher dans cette zone, notre orbite en bleu et celle de Ryugu en jaune.

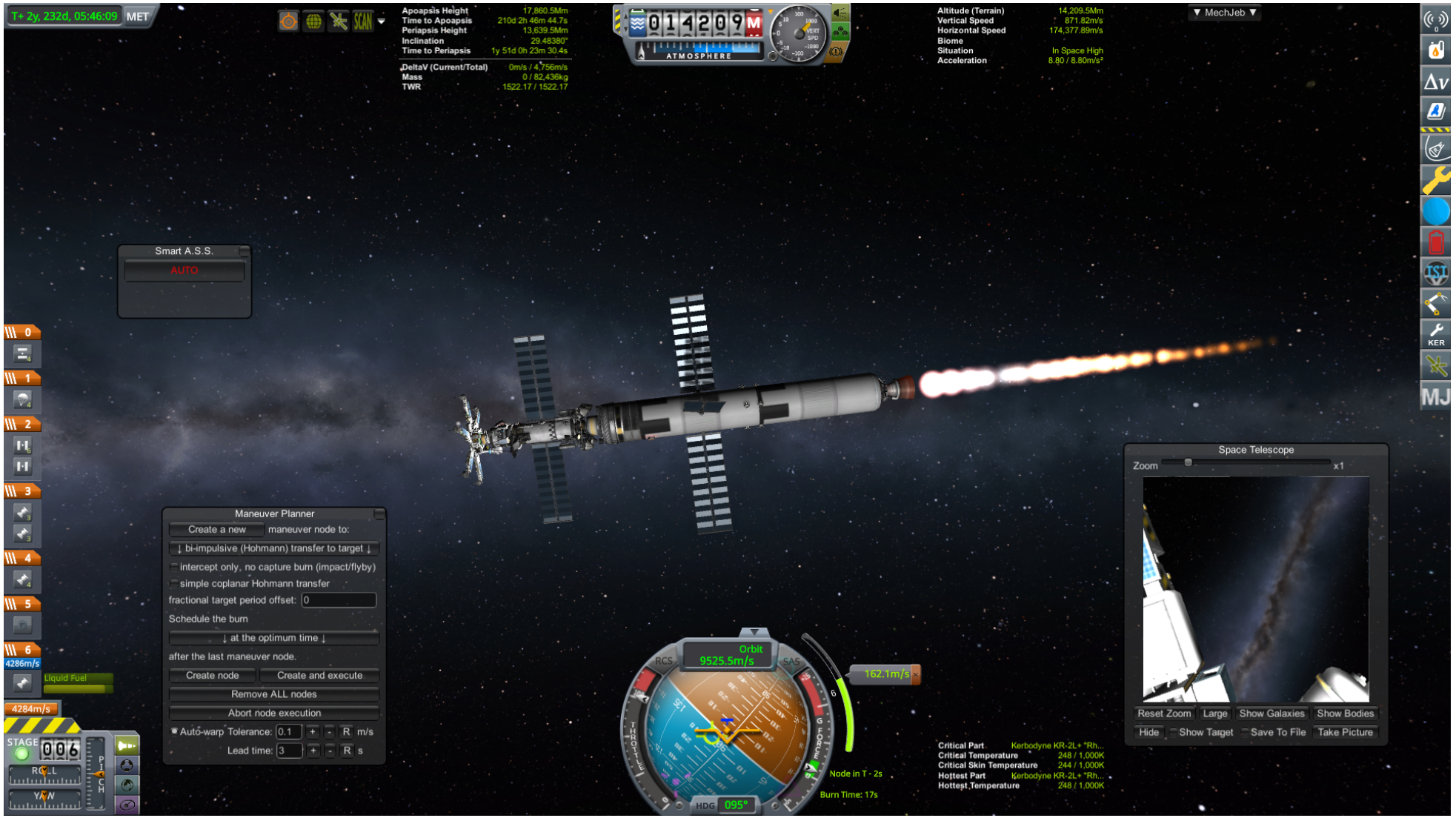
Résultat après ce burn qui nous coute 136 DV, il nous reste 4781 DV, les orbites sont très proches dans la zone du Périapsis



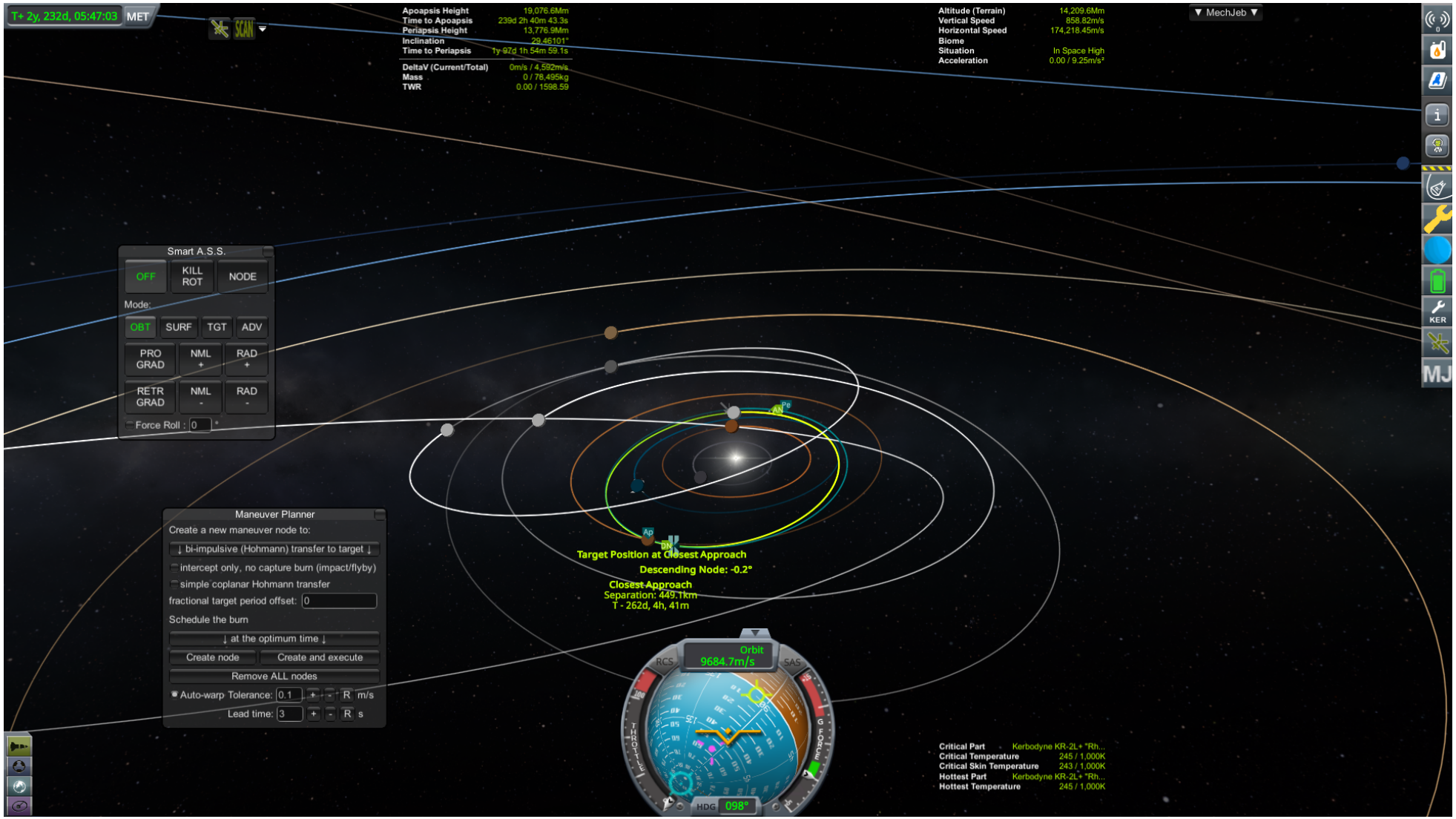
Et Mechjeb nous calcule un transfert d'un cout de 271 DV et surtout moins de 2 ans !



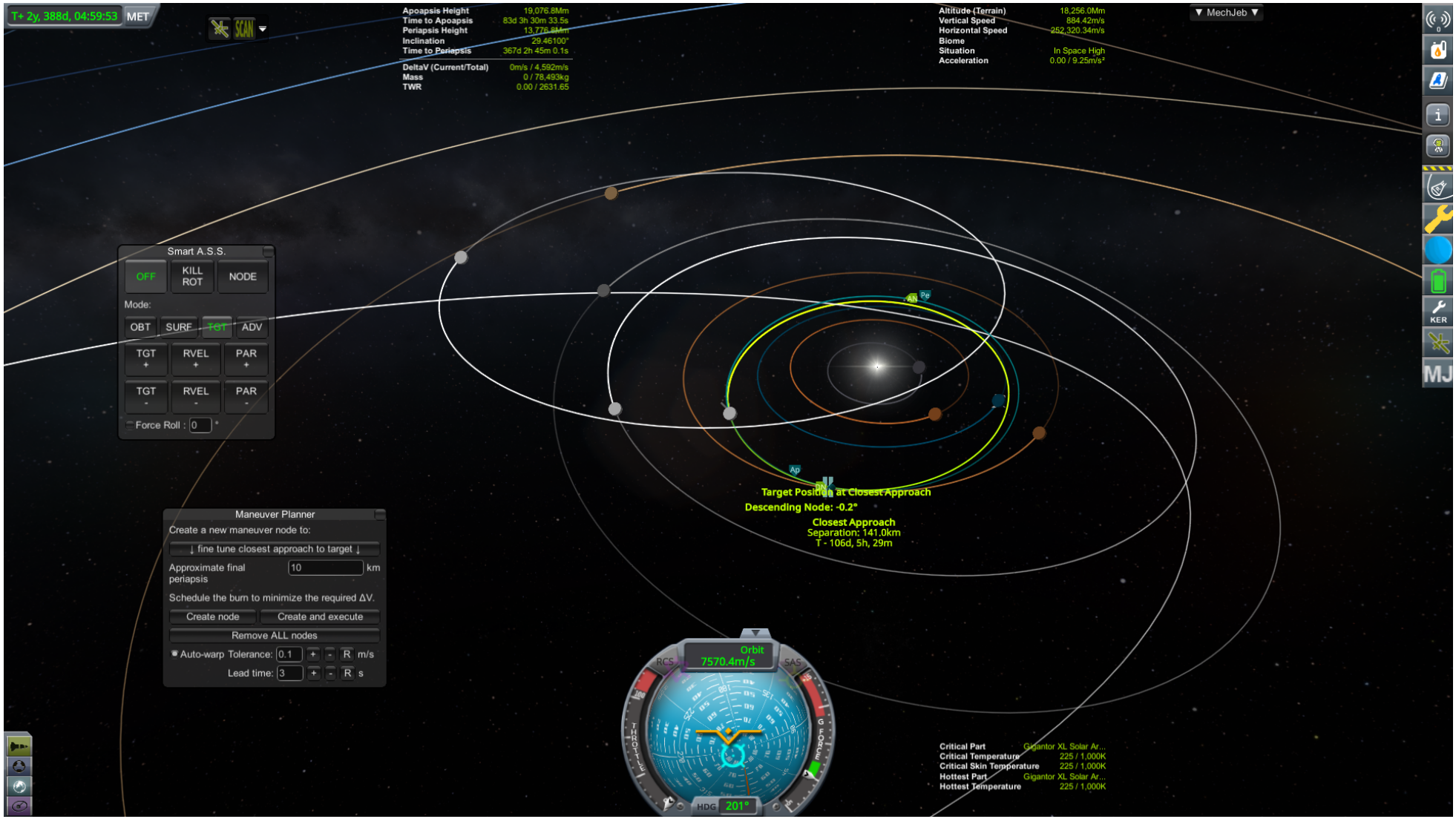
C’est parti pour le burn,



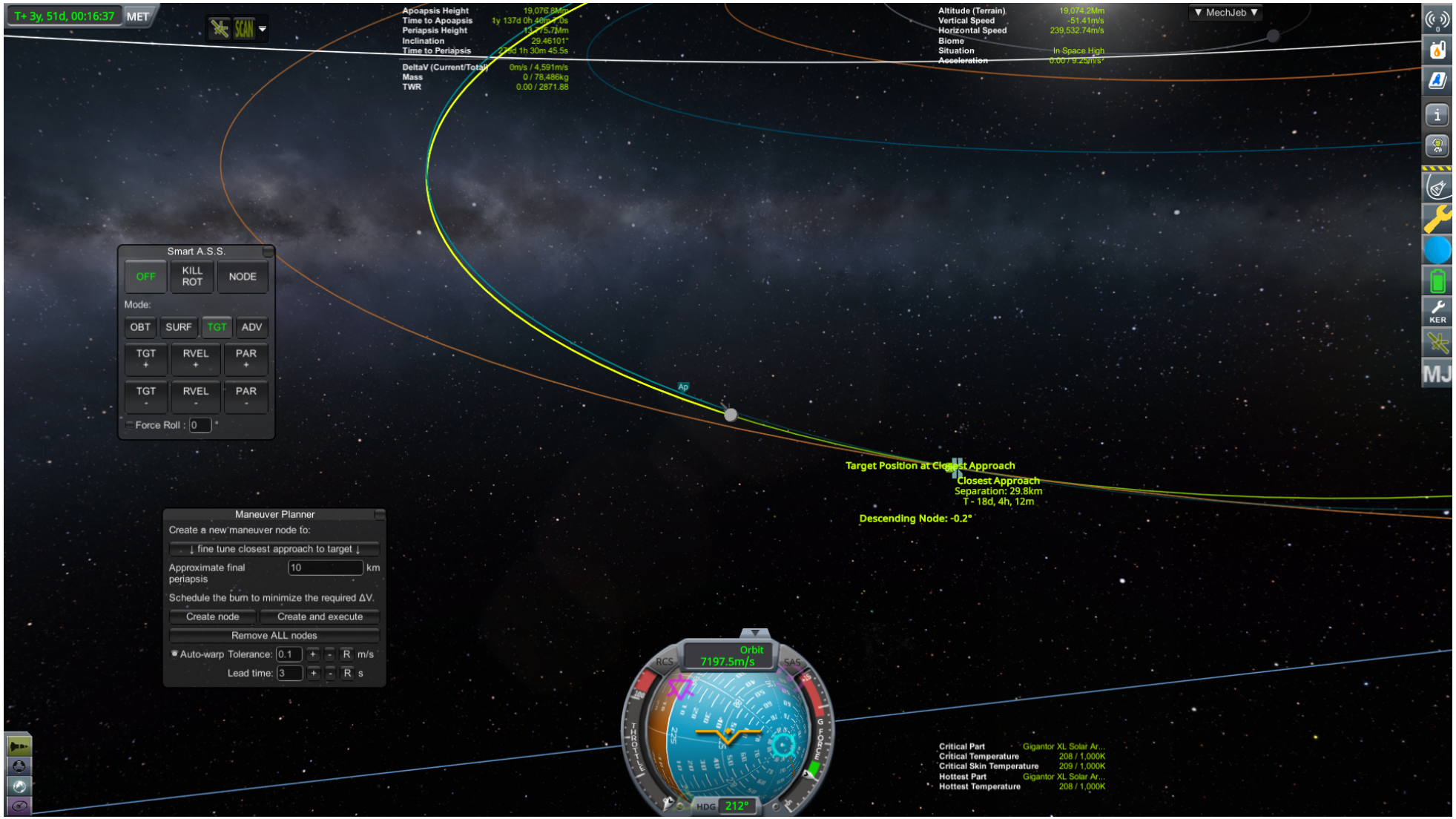
Et voilà le résultat à 262 jours de la rencontre : 449 kms de séparation



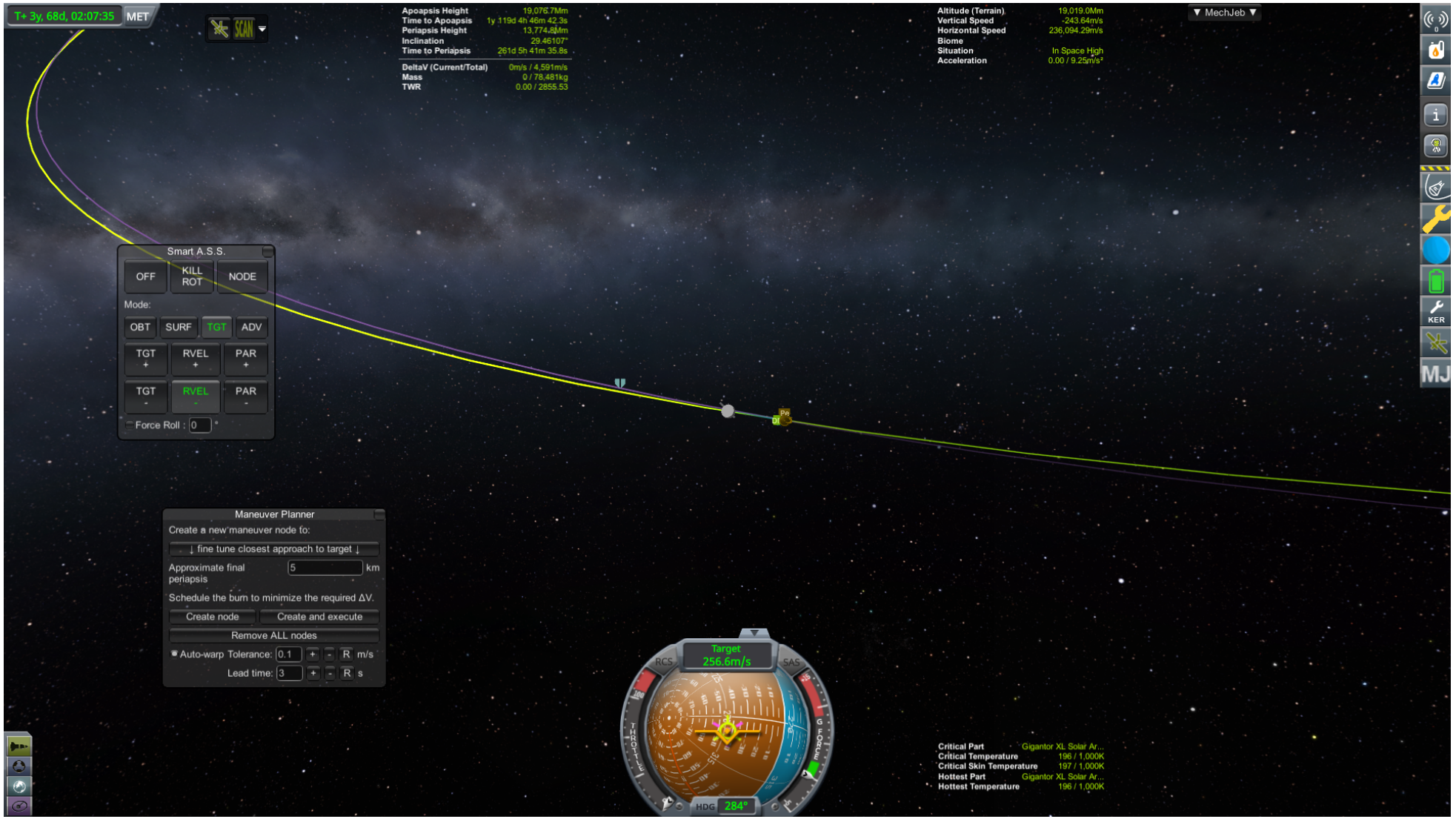
Puis à 106 jours, sans avoir rien consommé



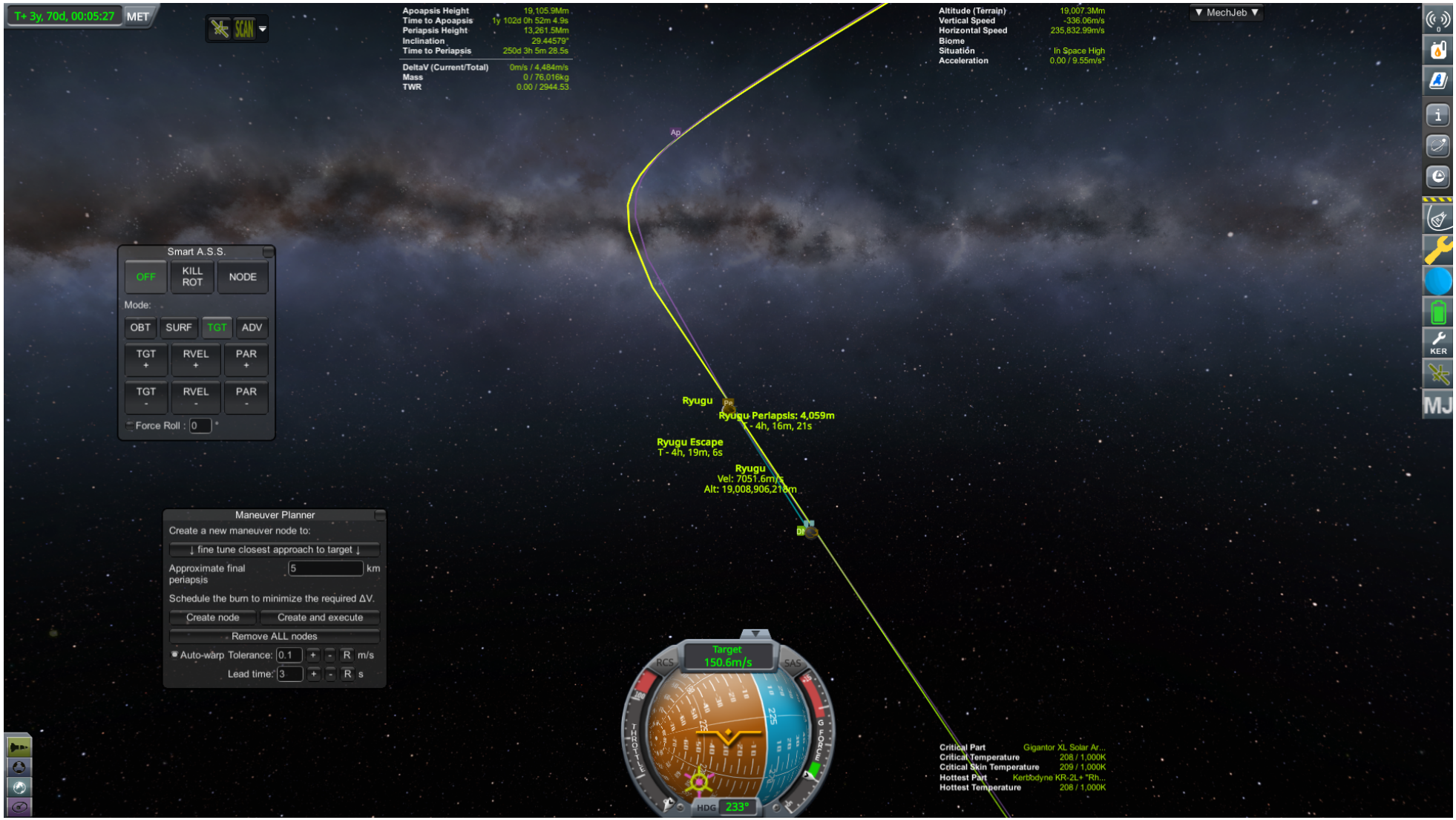
1 petit DV brulé nous rapproche encore plus



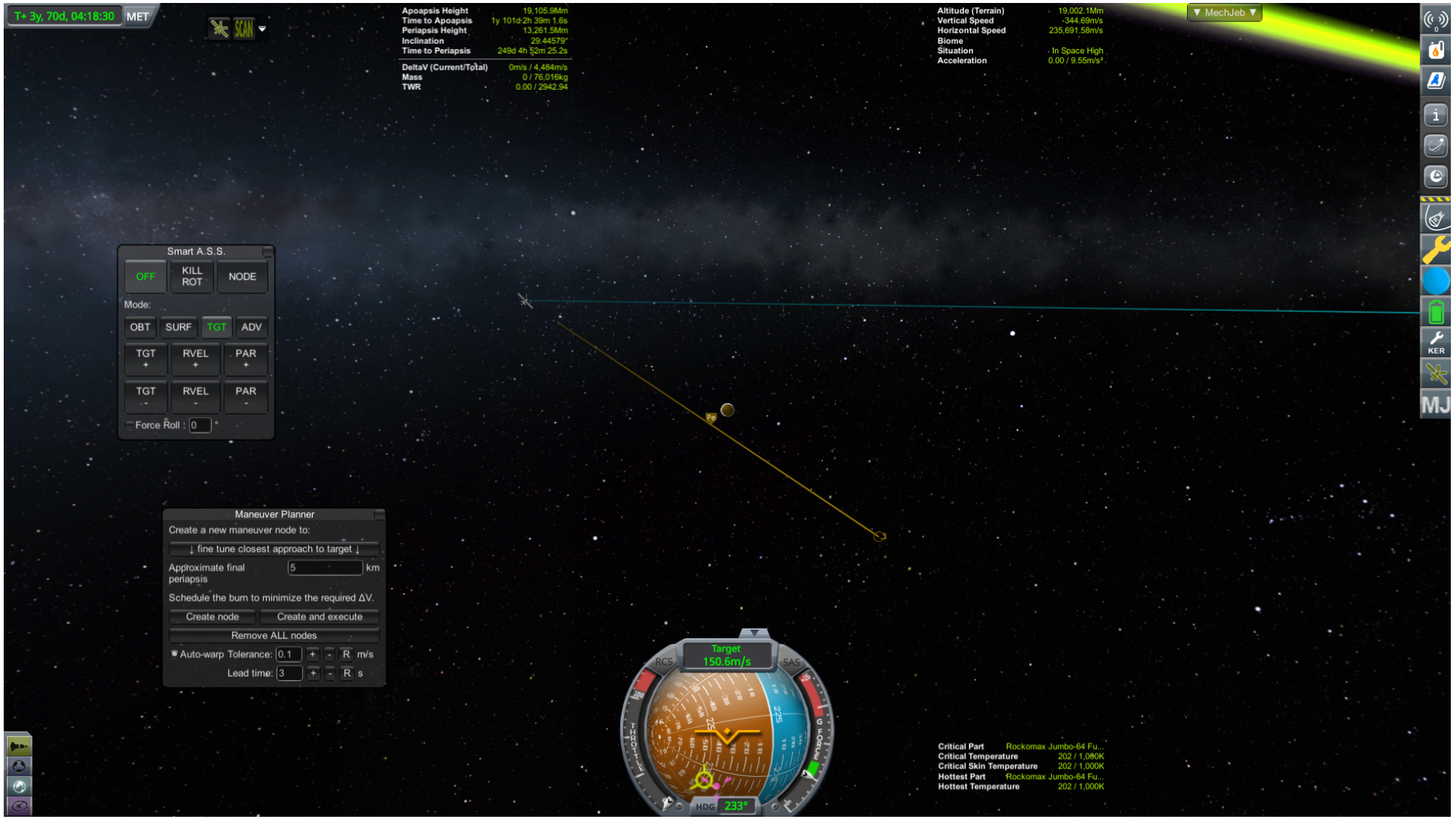
La vitesse de rapprochement étant encore trop élevée (256m/s), nous utilisons la tactique du docking pour diminuer les vitesses relatives et brulons une centaine de DV



Plus que 150m/s d'écart et un périapsis sur Ryugu

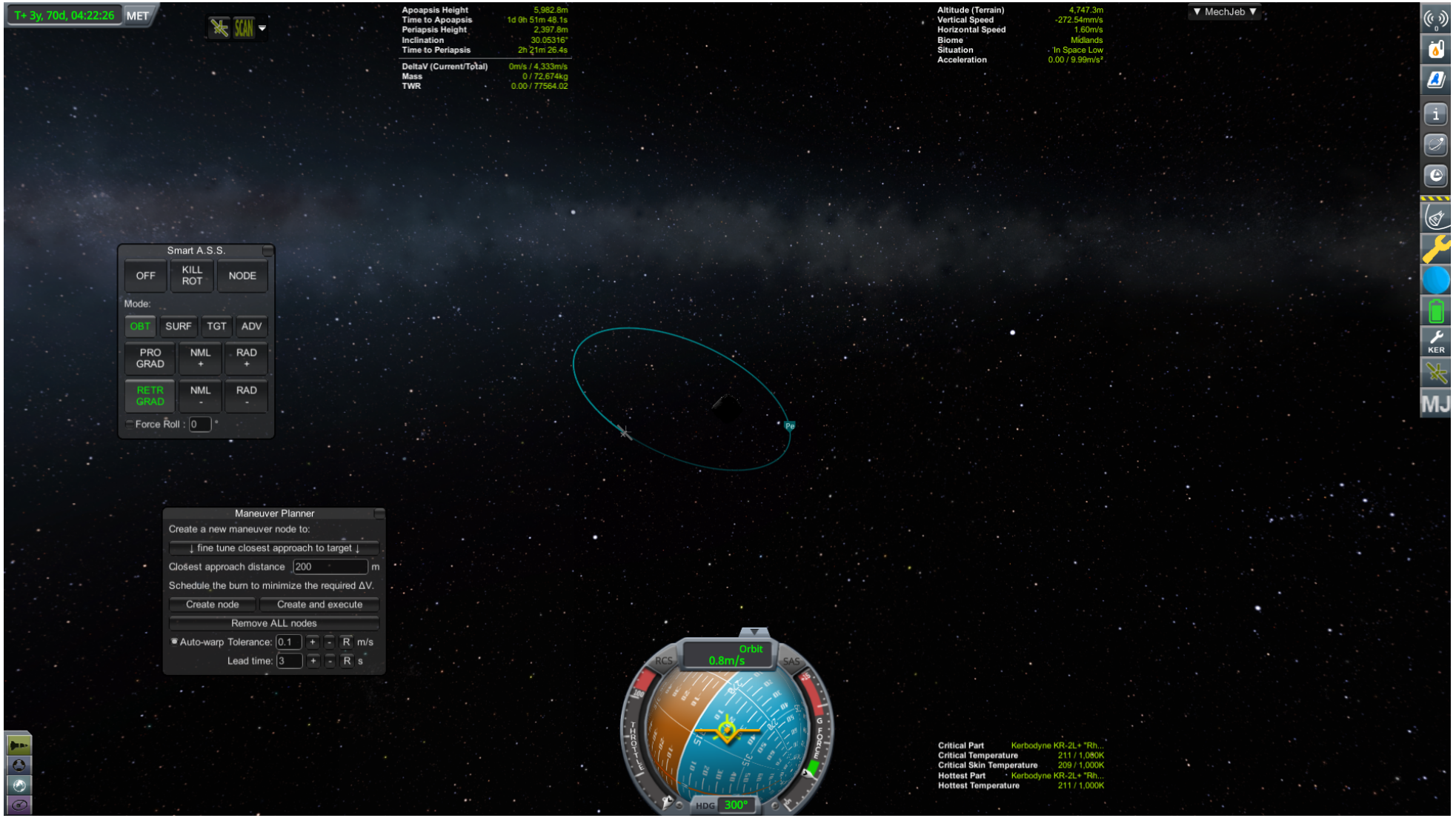


Et nous voilà enfin dans le SOI

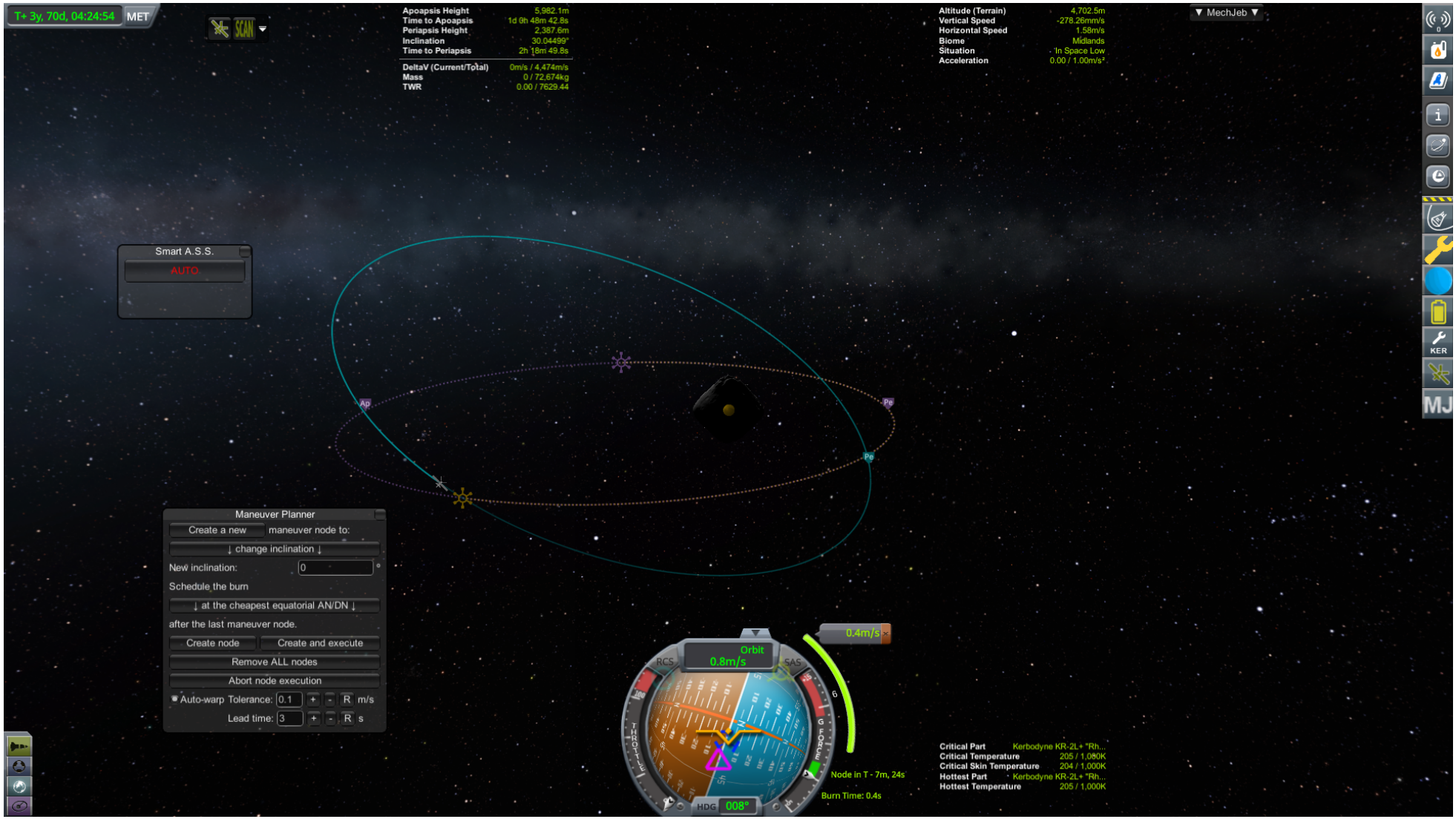


Phase 5 : Ryugu

Nous voilà en orbite !

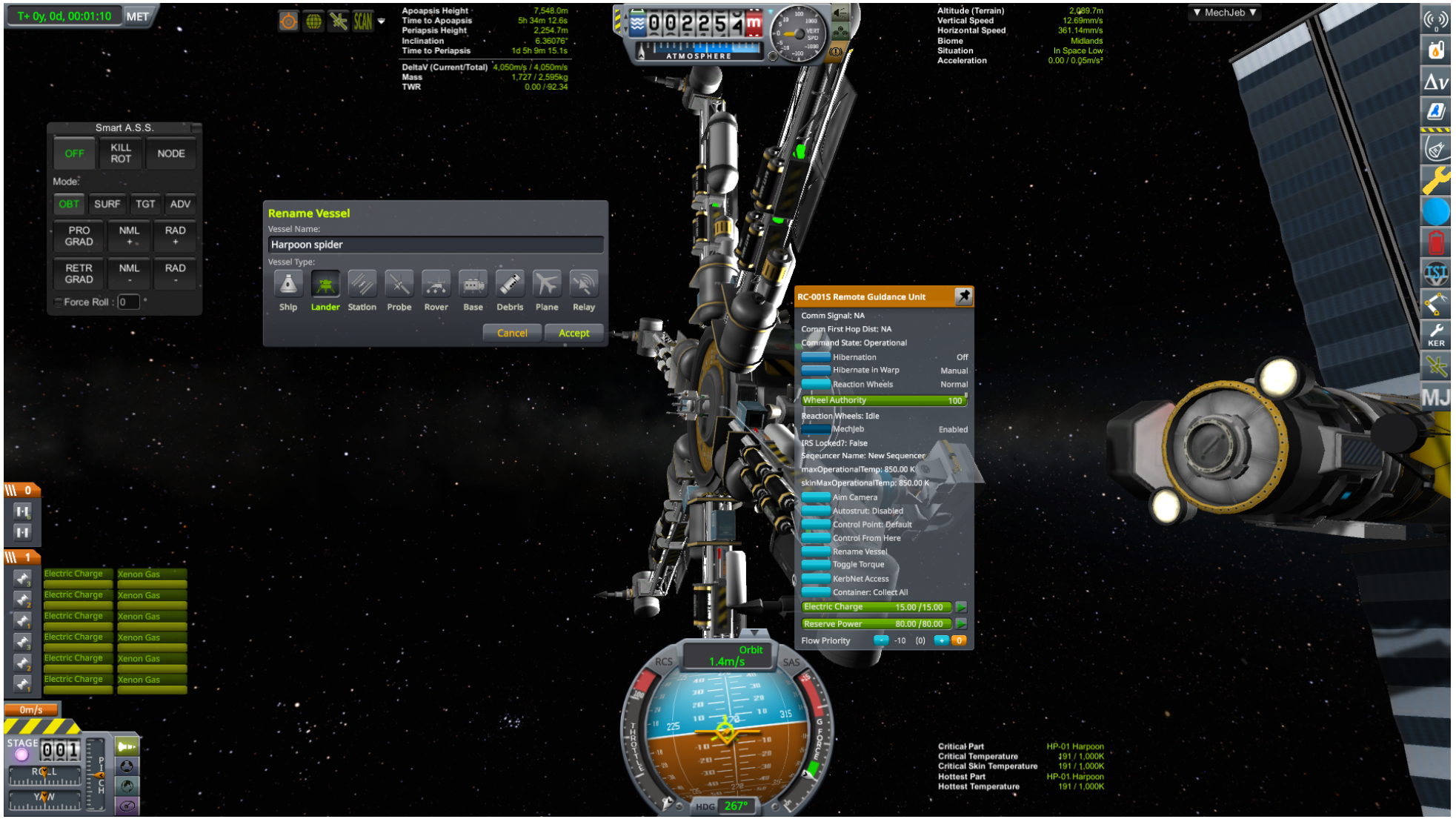


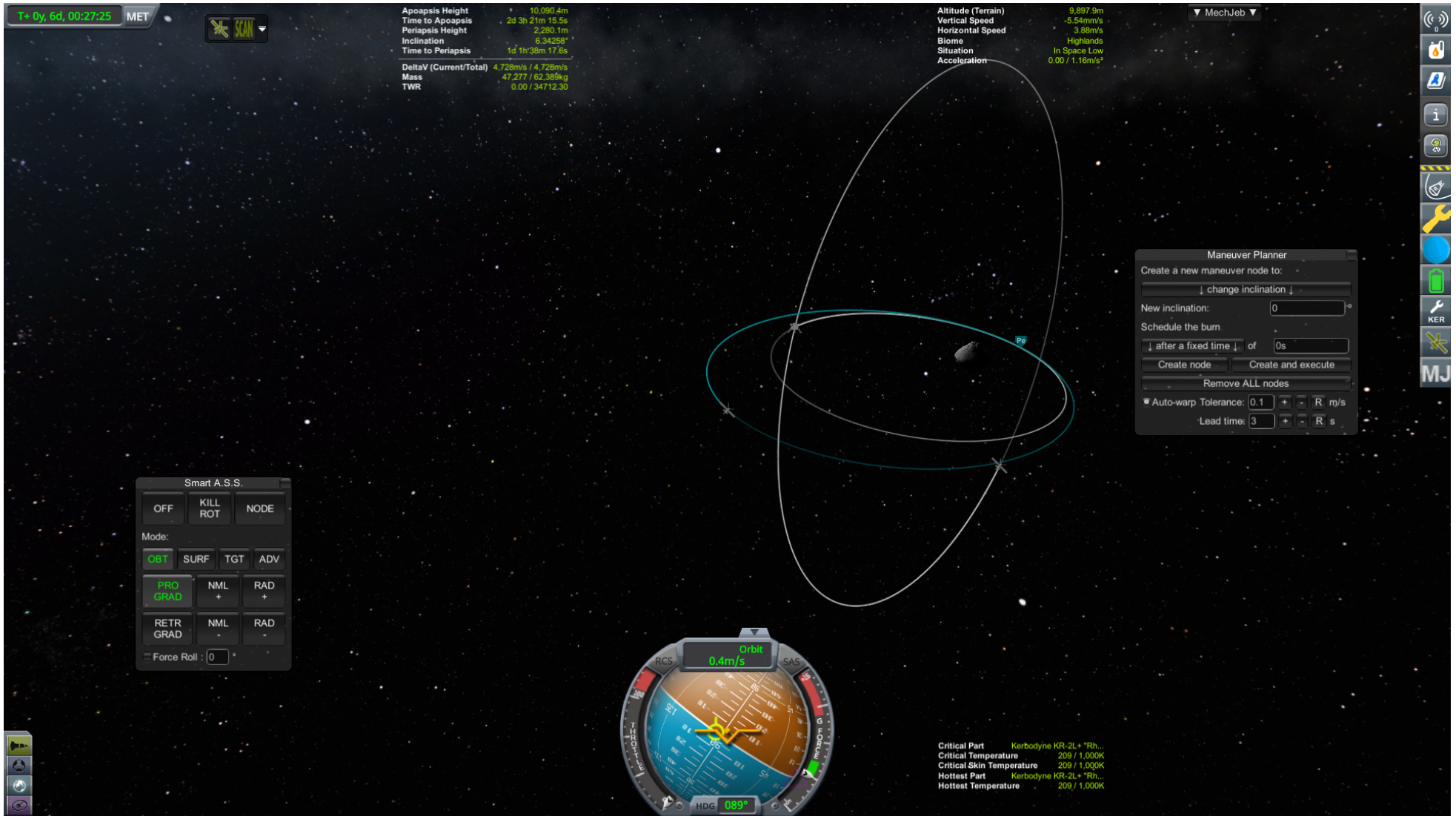
Et pour faire propre nous passons en inclinaison nulle, orbite équatoriale



Puis les poussées des moteurs LFO sont bridées à 10% pour limiter toute erreur qui nous ferait sortir de l'orbite

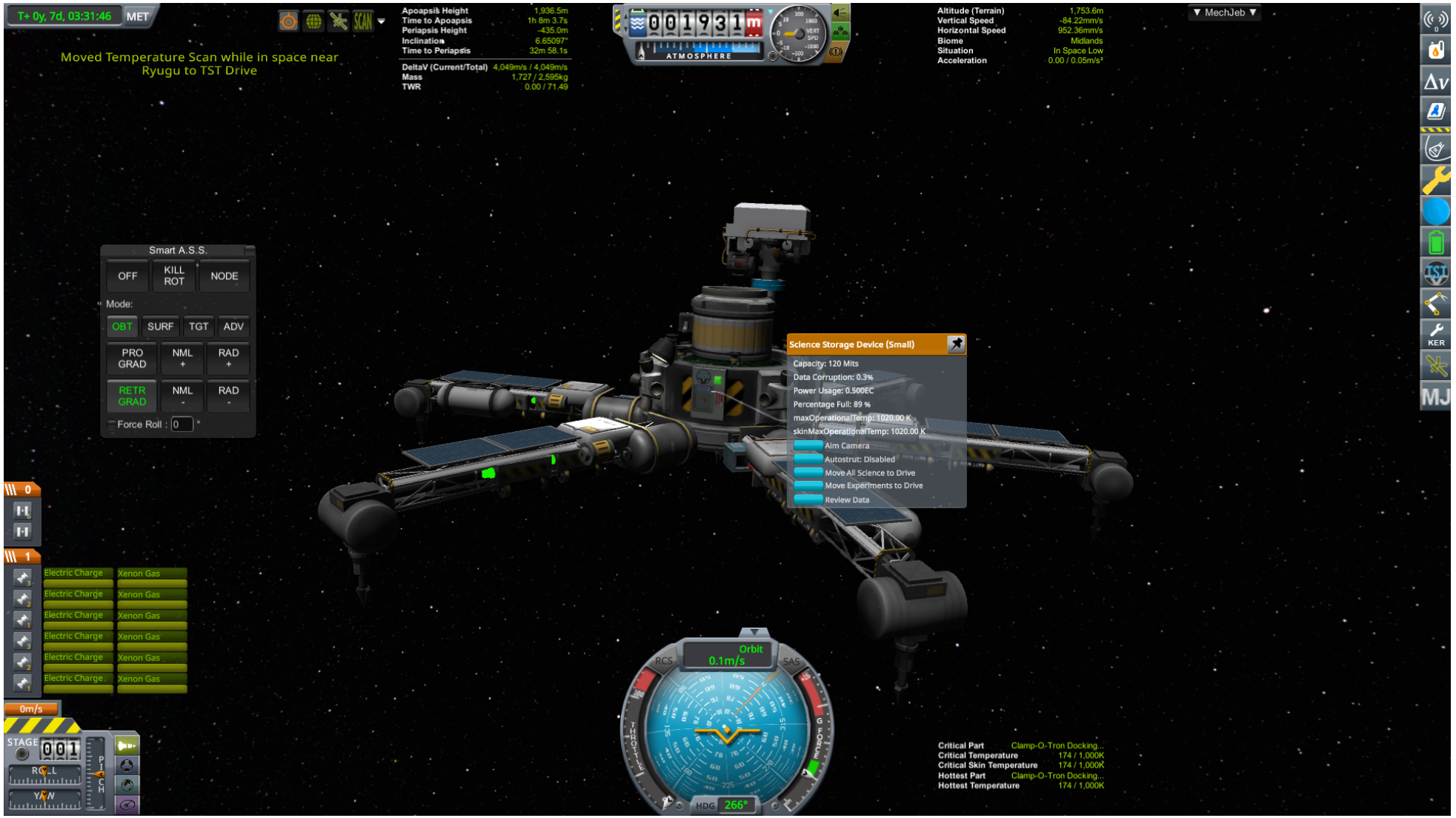
Phase 6 : Séparation et mise en orbite polaire de la sonde Scanner



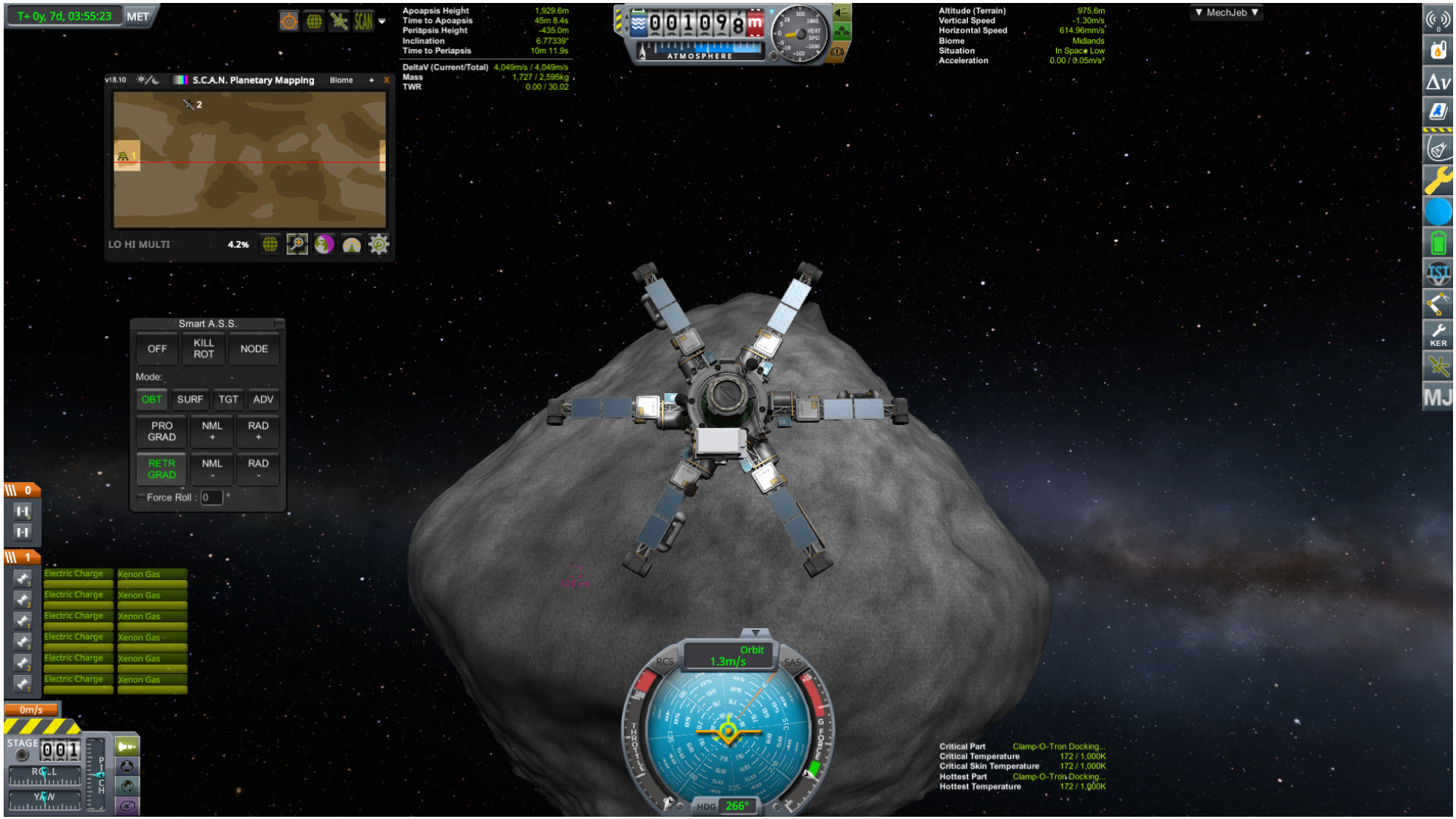

T+ 0y, 6d, 00:27:25
MET
SCAN
Apoapsis Height 10,090.4m
Time to Apoapsis 2d 3h 21m 15.5s
Periapsis Height 2,280.1m
Inclination 6.34258°
Time to Periapsis 1d 1h 38m 17.6s
DeltaV (Current/Total) 4,728m/s / 4,728m/s
Mass 47,277 / 62,389kg
TWR 0.00 / 34712.30
Altitude (Terrain) 9,897.9m
Vertical Speed -5.54mm/s
Horizontal Speed 3.88m/s
Biome Highlands
Situation In Space Low
Acceleration 0.00 / 1.16m/s²
▼ MechJeb ▼
Pe
Maneuver Planner
Create a new maneuver node to:
↓ change inclination ↓
New inclination: 0
Schedule the burn
↓ after a fixed time ↓ of 0s
Create node
Create and execute
Remove ALL nodes
Auto-warp Tolerance: 0.1 + - R m/s
Lead time: 3 + - R s
Smart A.S.S.
OFF
KILL ROT
NODE
Mode:
OBT
SURF
TGT
ADV
PRO GRAD
NML +
RAD +
RETR GRAD
NML -
RAD -
Force Roll : 0 °
RCS
Orbit
0.4m/s
SAS
THROTTLE
G
HORIZON
HDG 089°
Critical Part Kerbodyne KR-2L+ "Rh...
Critical Temperature 209 / 1,000K
Critical Skin Temperature 209 / 1,000K
Hottest Part Kerbodyne KR-2L+ "Rh...
Hottest Temperature 209 / 1,000K
KER
MJ

Une orbite polaire de 15 par 6kms permet à la sonde scanner de cartographier rapidement Ryugu

Le temps de quelques expériences autour de Ryugu

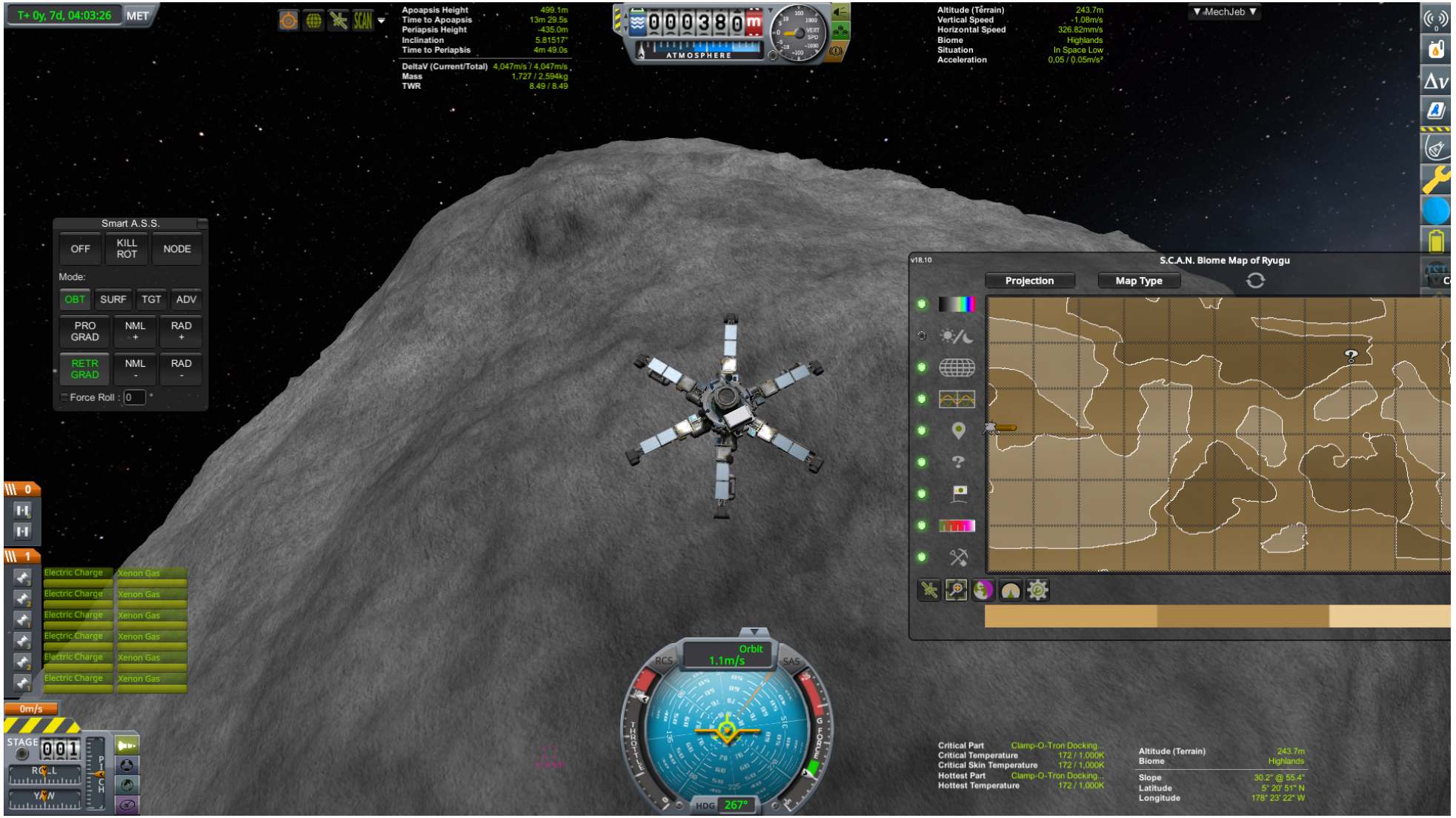


Puis l'atterrisseur débute sa descente vers l'asteroïde



Phase 6 : Atterrissage

Nous préparons le Harpoon Spider en vue d'un atterrissage et lançons le détecteur d'anomalies

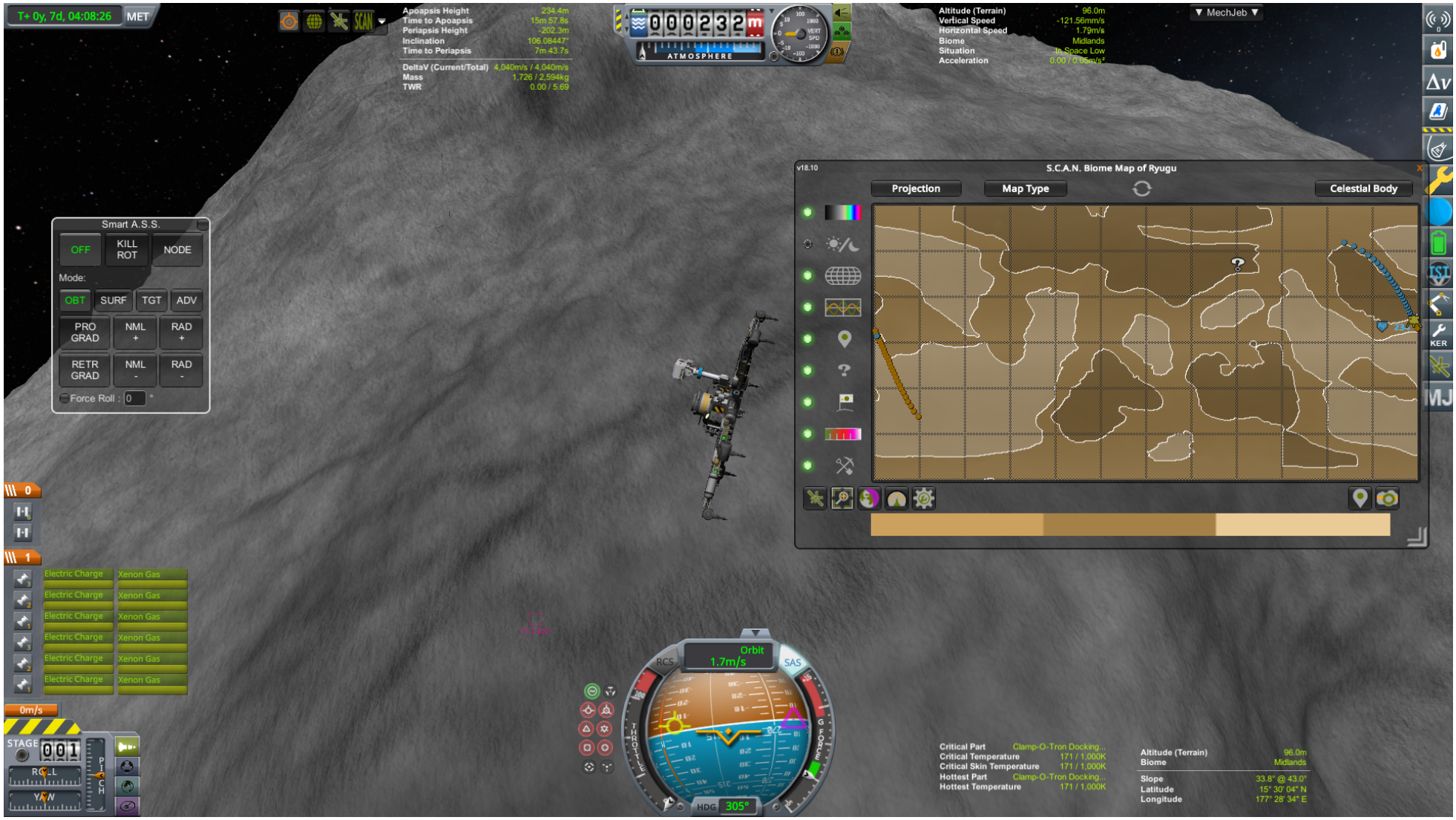


Une anomalie est détectée et la décision est prise d'aller voir. Elle est dans le 330 de notre position

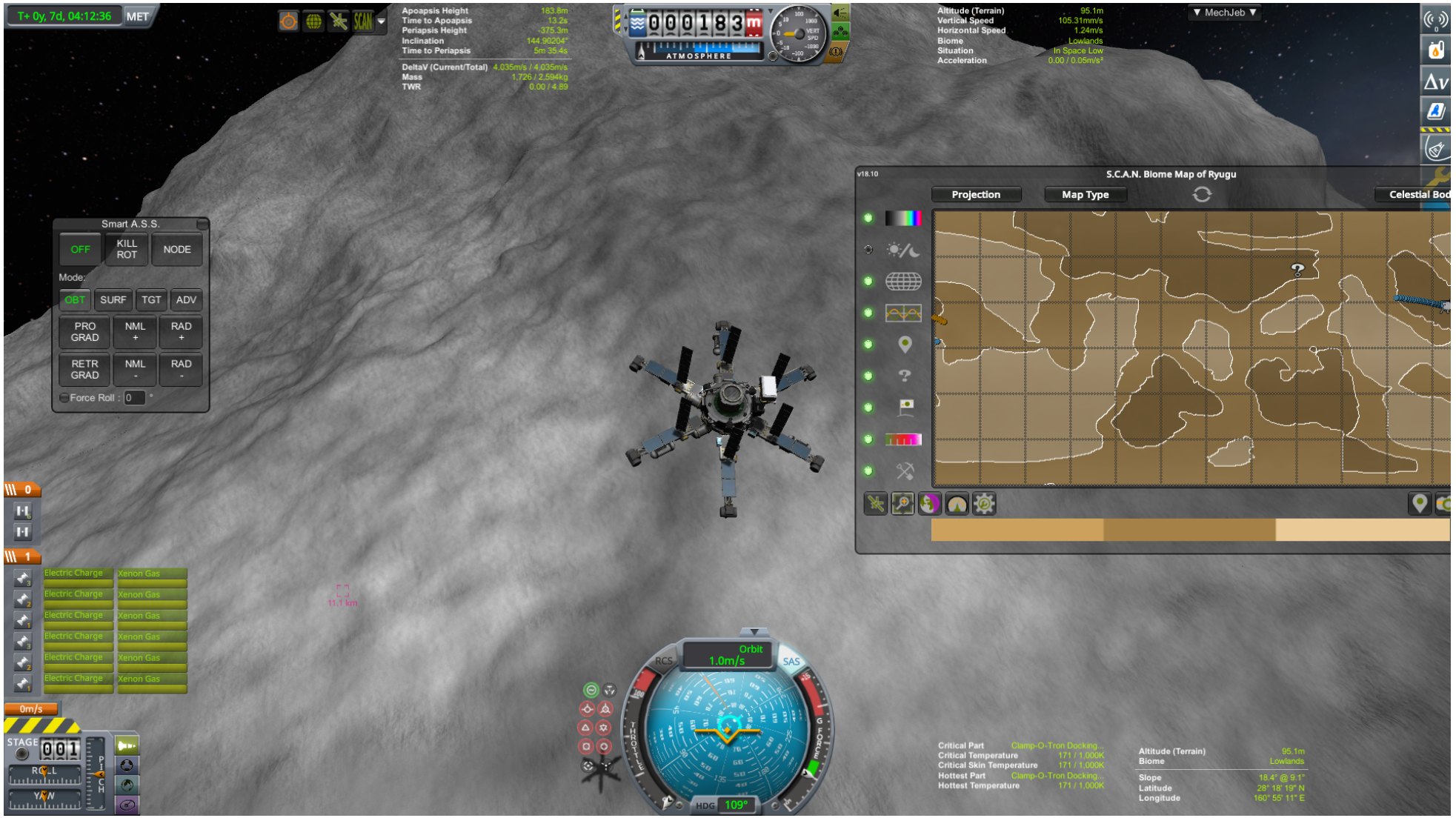
Nous décidons de descendre et de survoler l'astéroïde à l'aide des moteurs ioniques et du SAS en nous guidant avec la carte

Augmentation de la vitesse horizontale de translation à 1,79m/s

La trajectoire en bleue est un peu trop nord, il faudra corriger

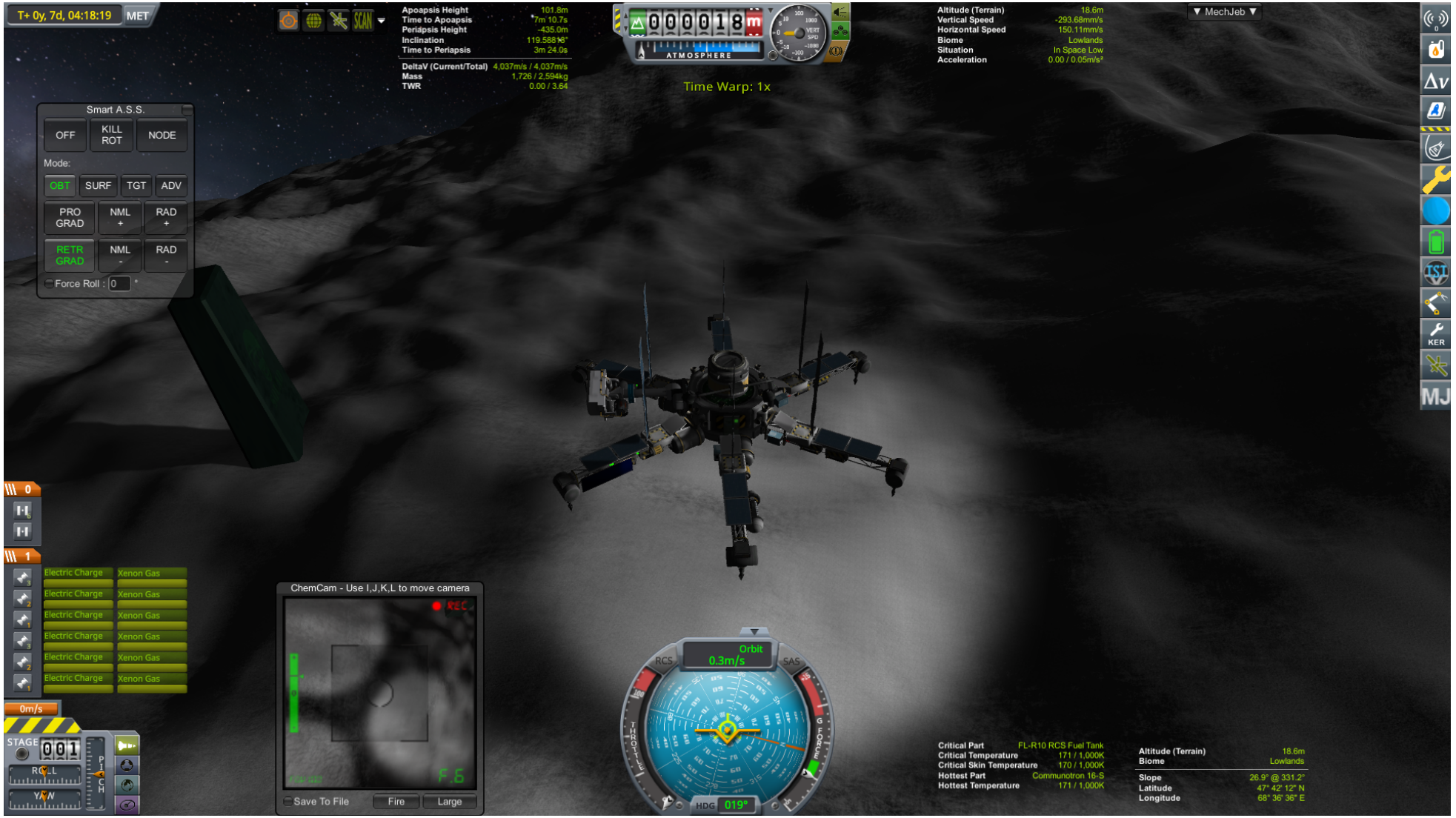


Correction effectuée

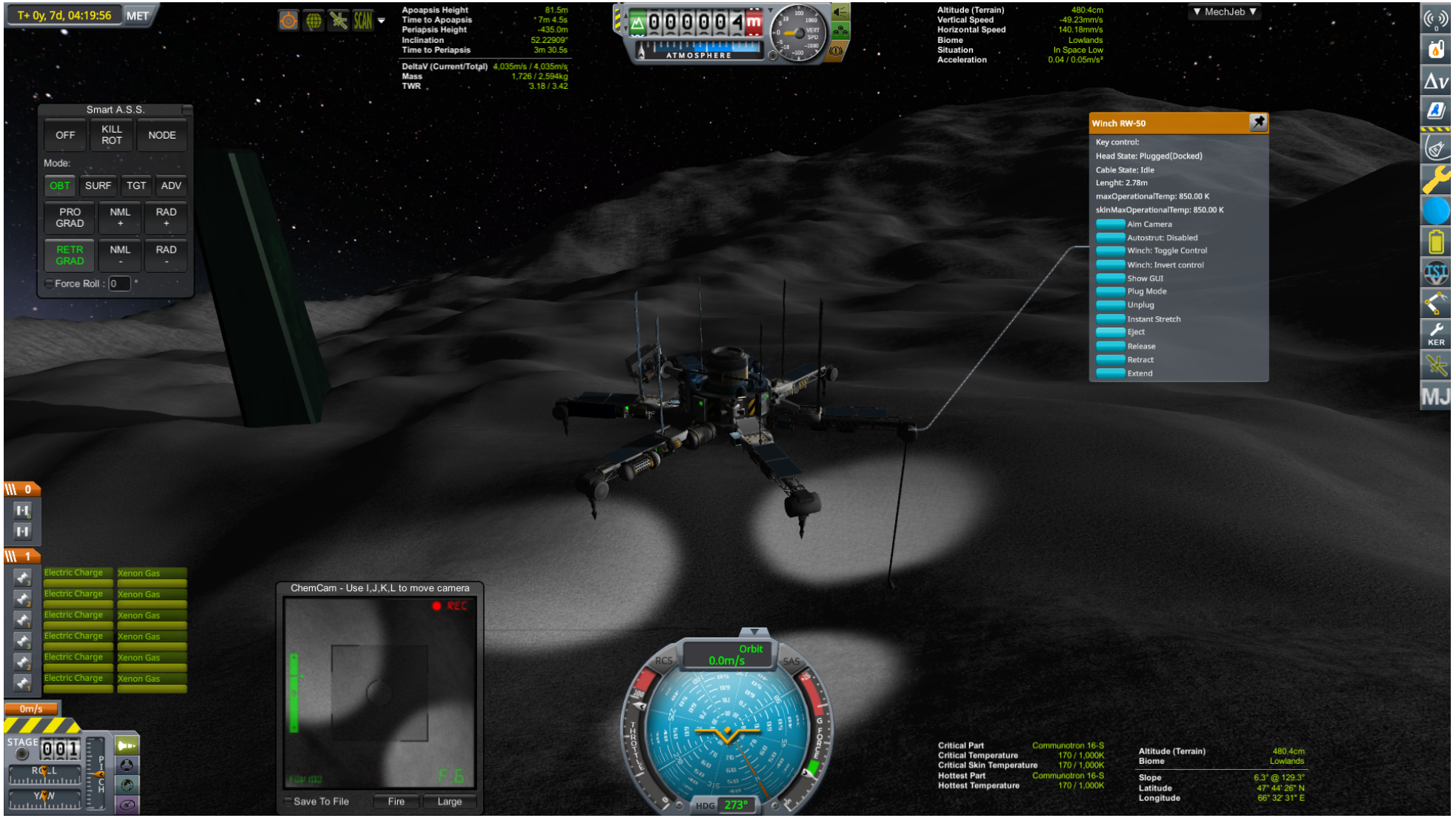


Nous approchons de l'anomalie qui est une stèle. Vitesse horizontale 1,91m/s

Nous sommes maintenant tout prés. Les vitesses sont millimétriques et l'altitude 18m (HUD de droite)



A 4m d'altitude, VV 49mm/s et VH 140mm/s, lancement d'un harpon qui se plante dans le sol



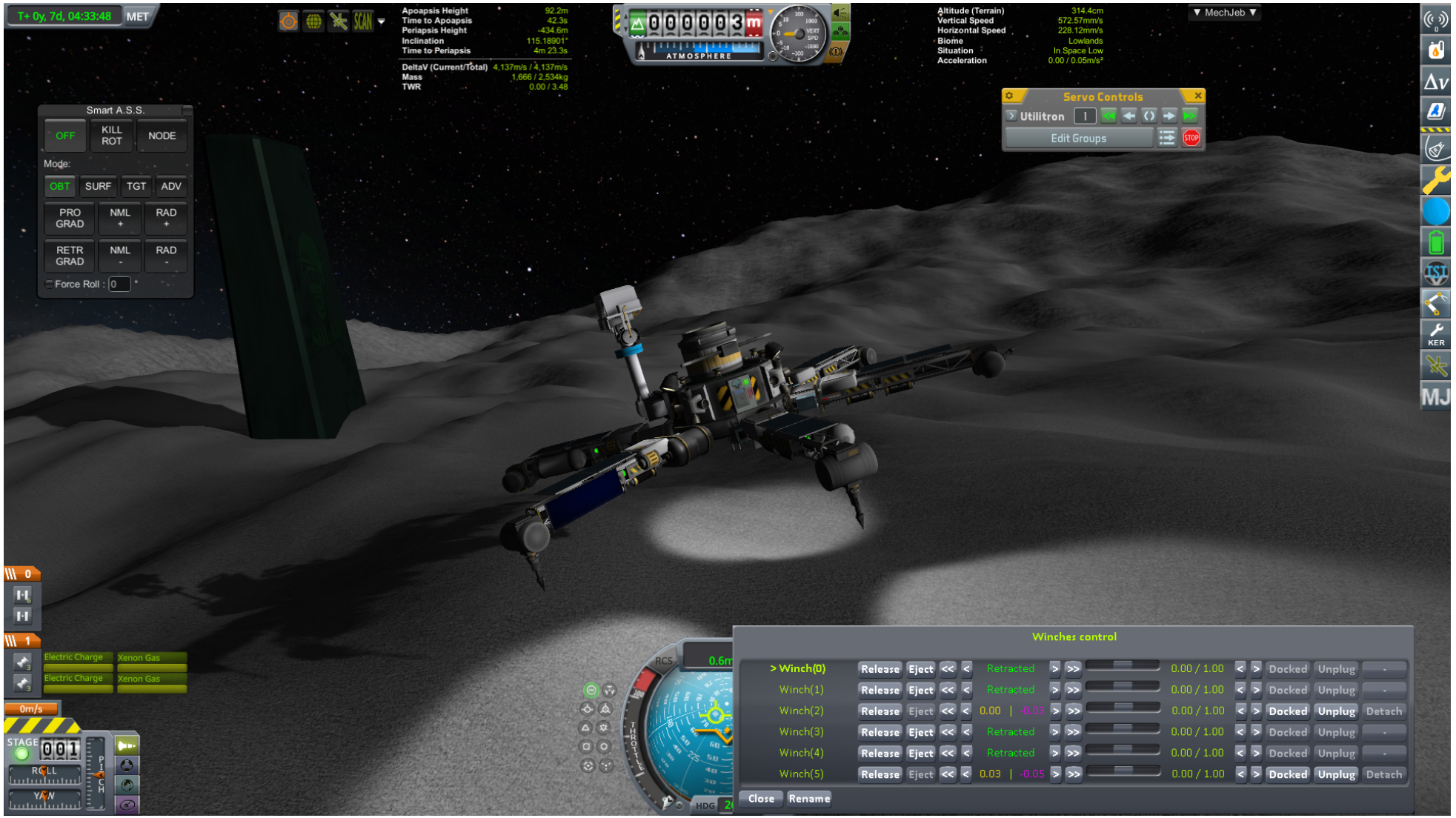
Amarrage réussi après une 20aine de secondes et rembobinage du filin ! Néanmoins le film montre que nous avons violement tangué !

Analyse du sol par la ChemCam

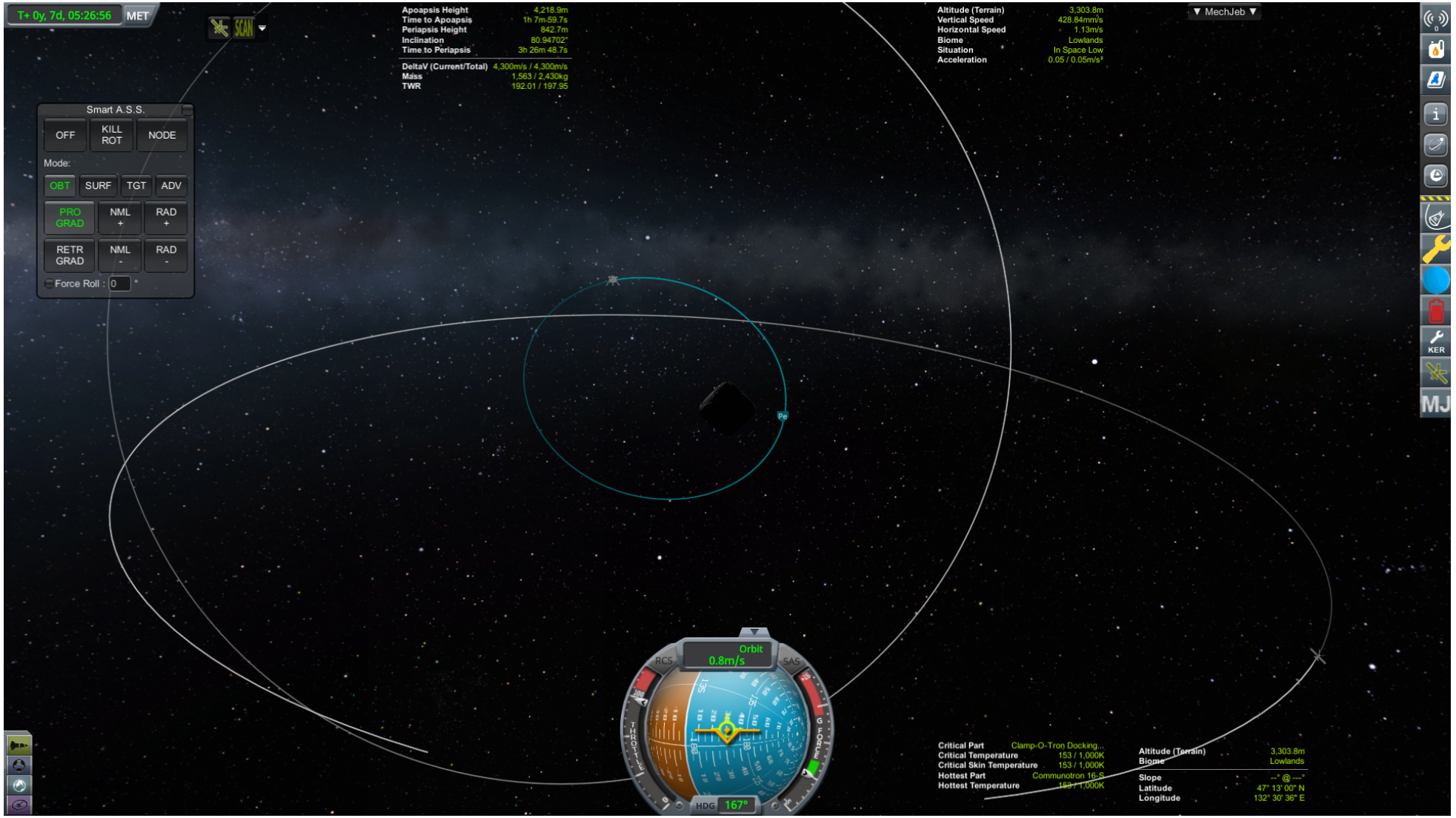
Descente de l'Utilitron pour forer le sol

Et prise d'échantillons dans le sol

Après avoir fait d'autres relevés, Mysterious Goo, température, Gravioli detector, Seismic detector, nous détachons le harpon du sol (il suffit de décocher « Dock vert » et cliquer sur « Detach »), puis nous donnons une petite impulsion en roulis qui suffit à nous catapulter doucement vers le haut

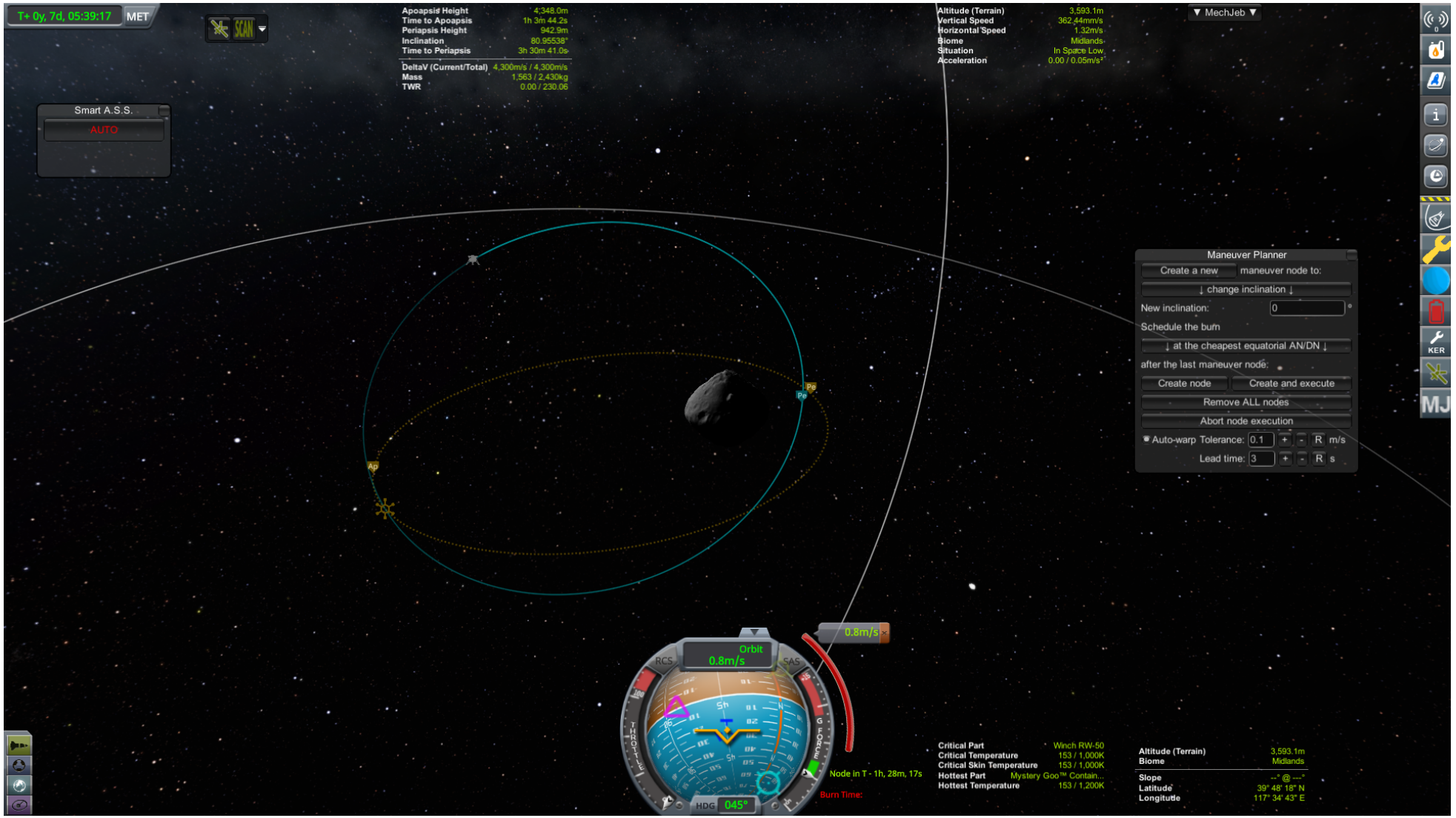


Nous voilà stabilisés au-dessus de la stèle, à l'aide du SAS. Le harpon ne veut pas rentrer dans son logement car il doit être parfaitement aligné, ce qui est impossible à réaliser en microgravité. Nous ne pourrons plus nous servir de celui-ci.

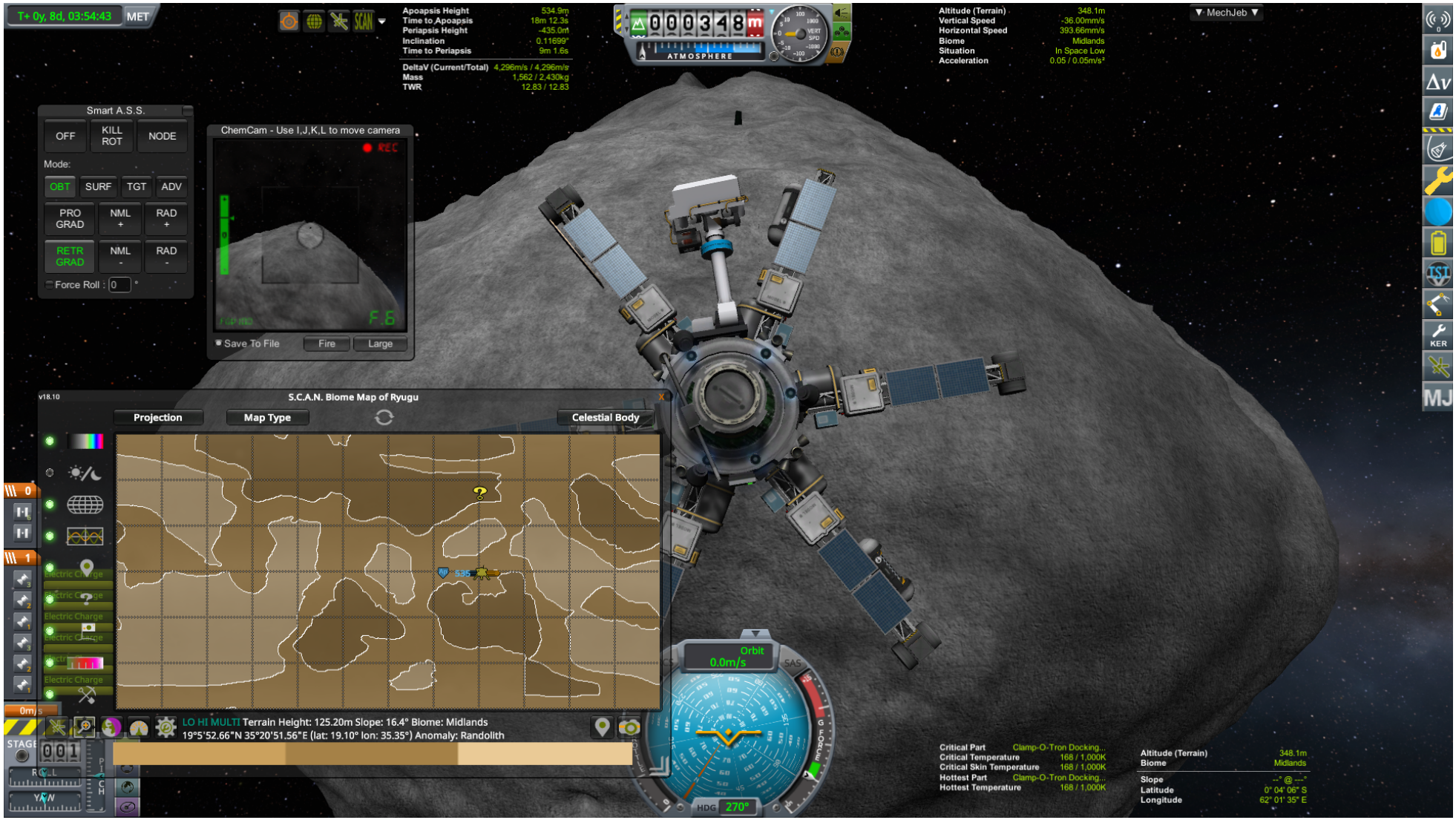


Phase 7 : 2ème atterrissage sur Ryugu, puis 3ème atterrissage

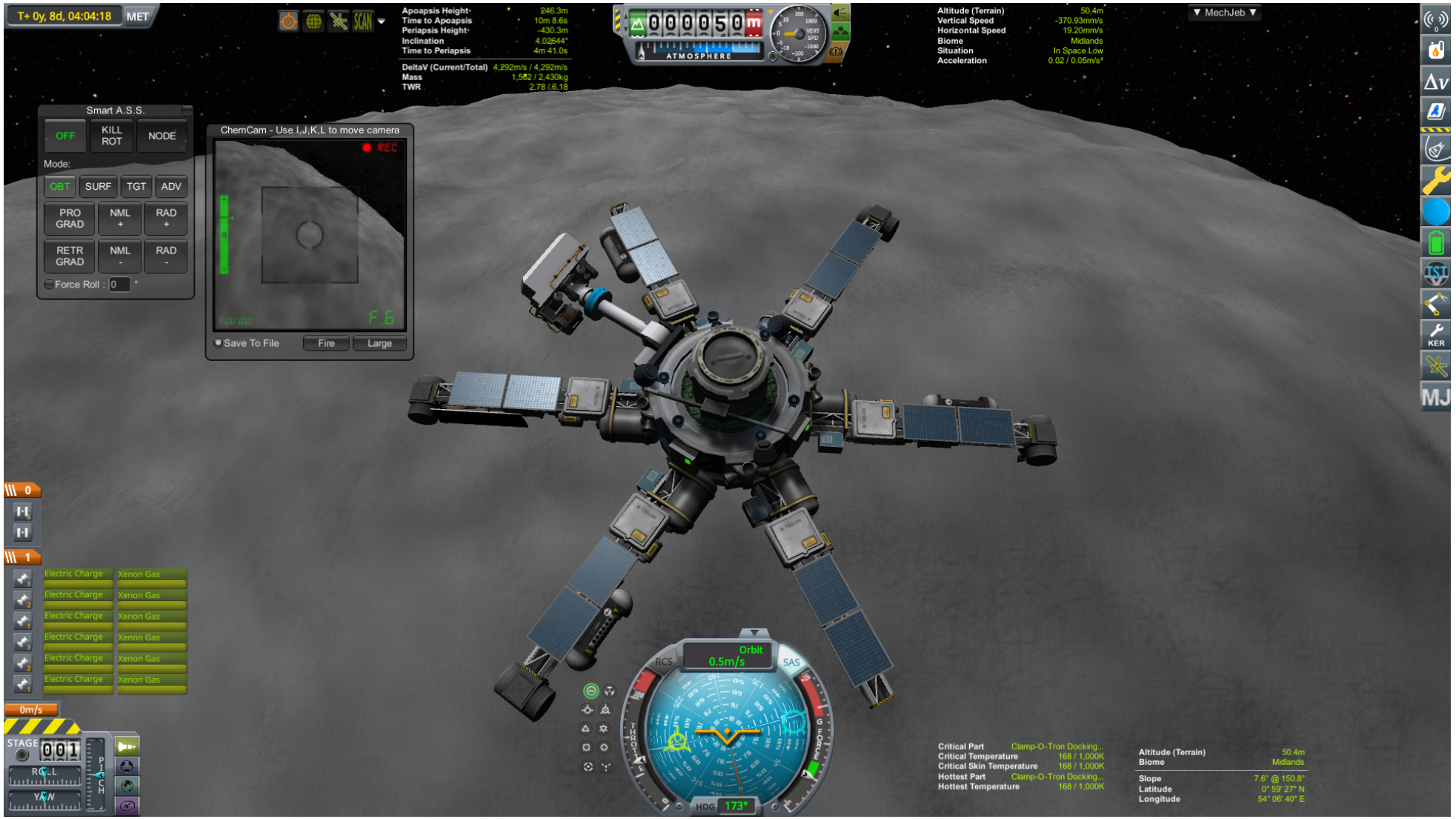
Remise en orbite équatoriale



Cette fois ci nous allons tenter la manœuvre d'atterrissage sans amarrage

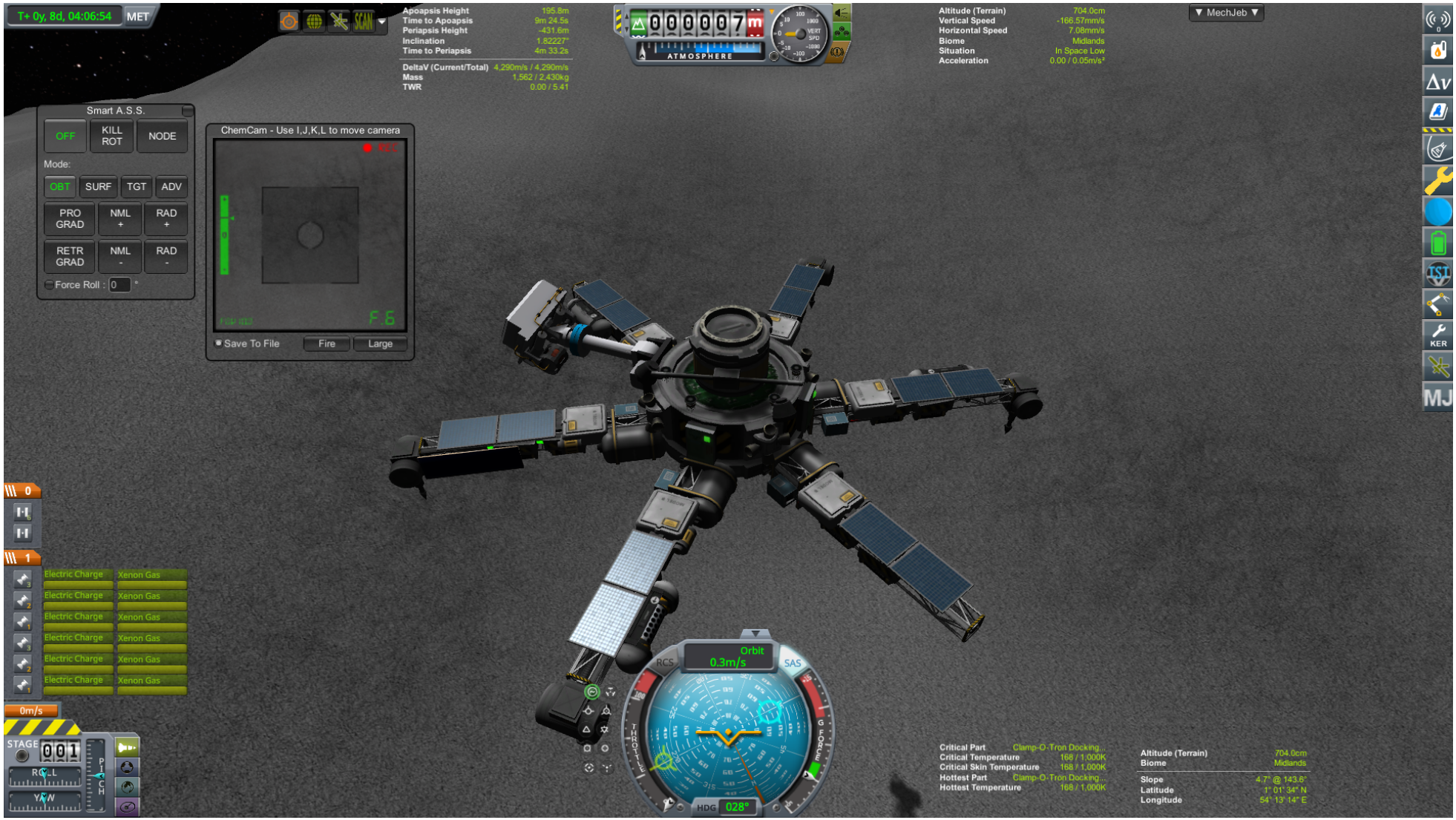


La vitesse horizontale est réduite au minimum, inférieure à 20mm/s

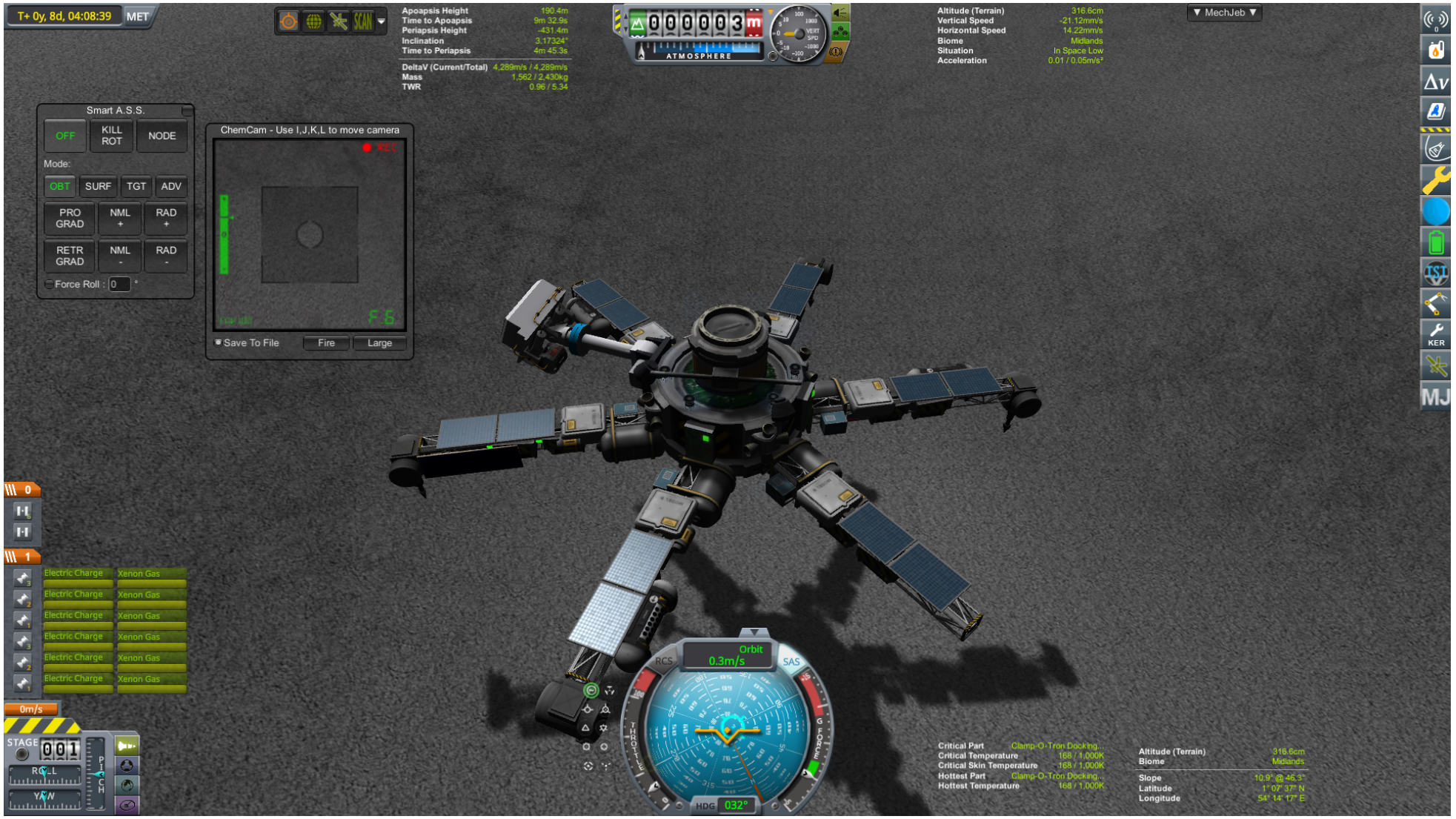


Nous pilotons en manuel à l'aide du Sas et des micro moteurs ioniques

7m et vitesse horizontale inférieure à 10m/s

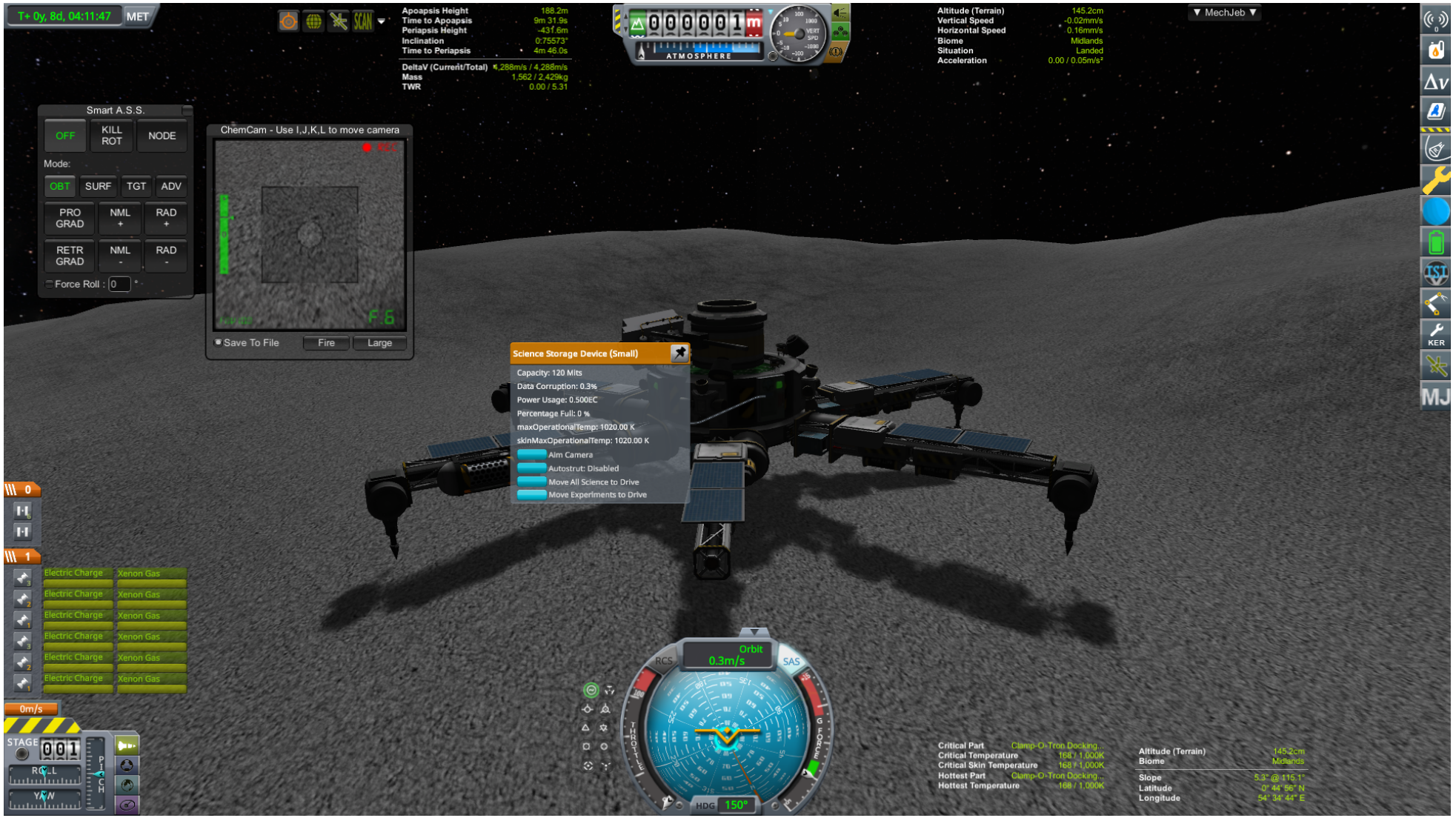


A 3m du sol, on voit qu'il manque 2 winches et leur harpon sur l'atterrisseur. Ils ont été éjectés lors des manœuvres en « Timewarp » effectuées en orbite. Comme le matériel infernal Robotic, ils ne peuvent pas être « strutés » au bras, sinon ils ne fonctionnent pas ou bien mal. Les harpons n'étant plus dockés ils ont provoqués des mouvements violents amplifiés par le Timewarp et les winches se sont arrachés.

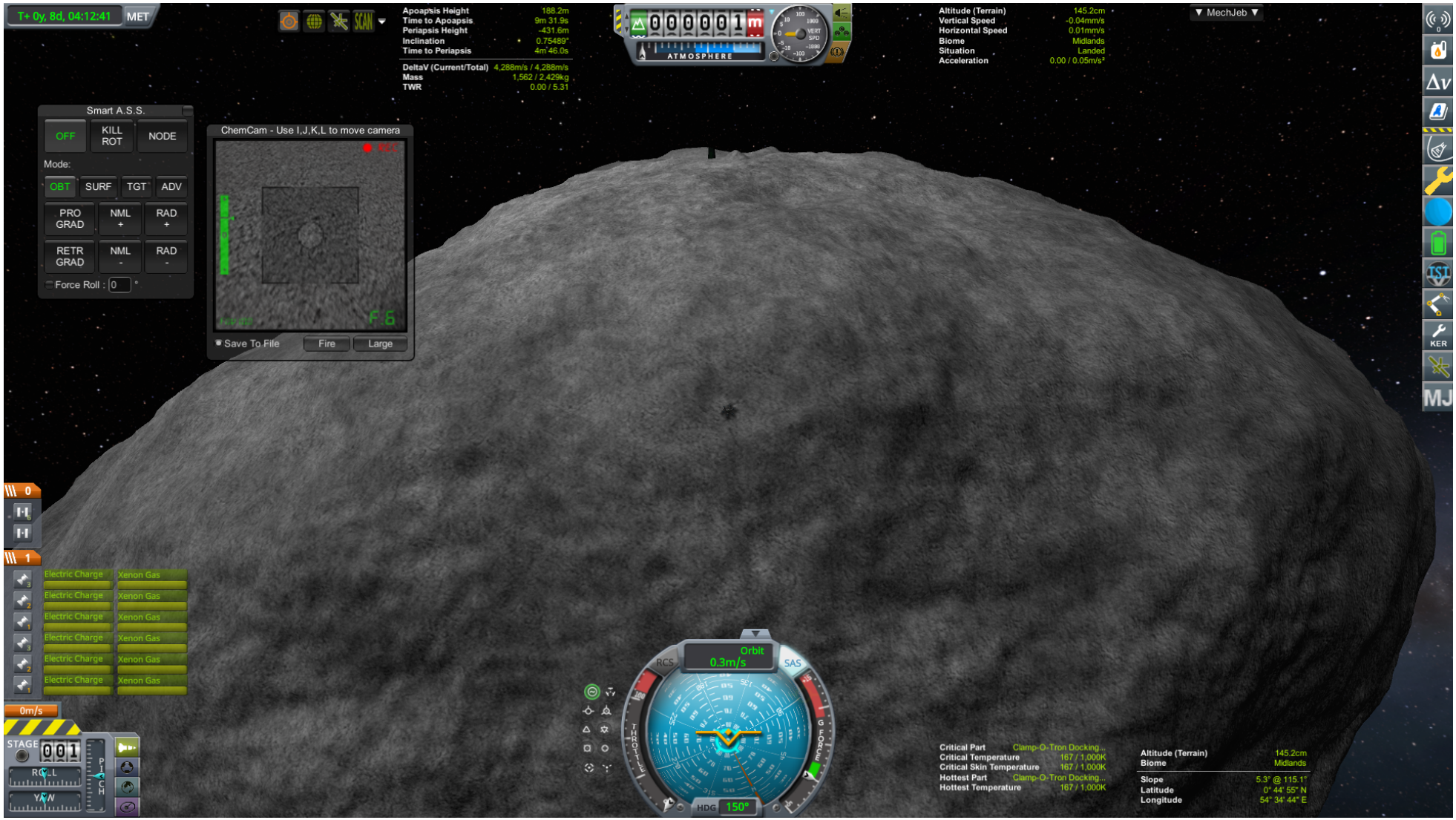


1m du sol, pratiquement au toucher, malgré une VH de 49mm/s, l'atterrissage se fait sans rebond

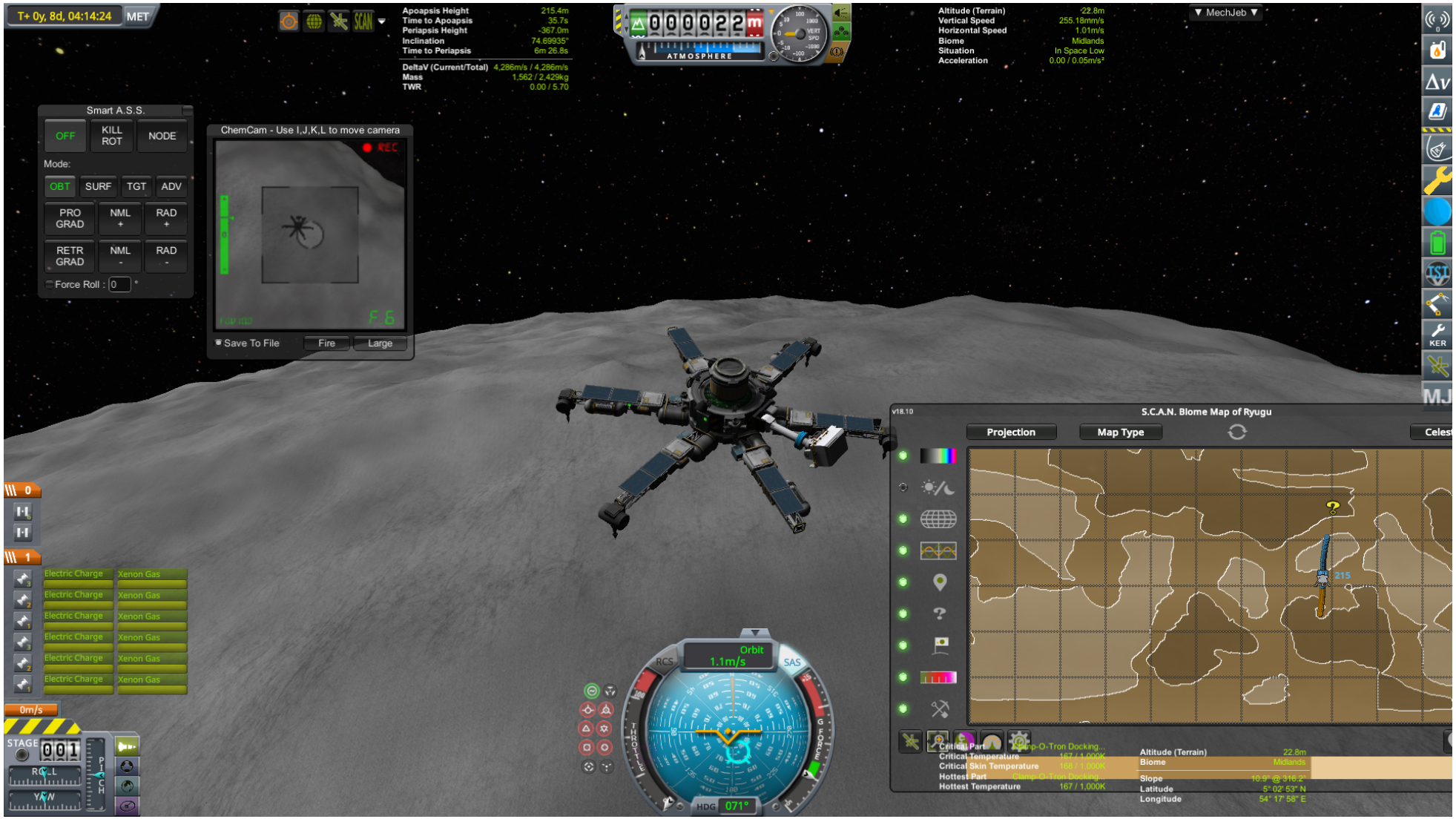
Nous voilà immobilisés au sol ! (voir HUD à droite en haut)



La stèle est pile au nord de notre position, on la voit sur cette photo



La tentation est trop forte, nous voilà partis pour un 2eme survol basse altitude et un 3ème atterrissage



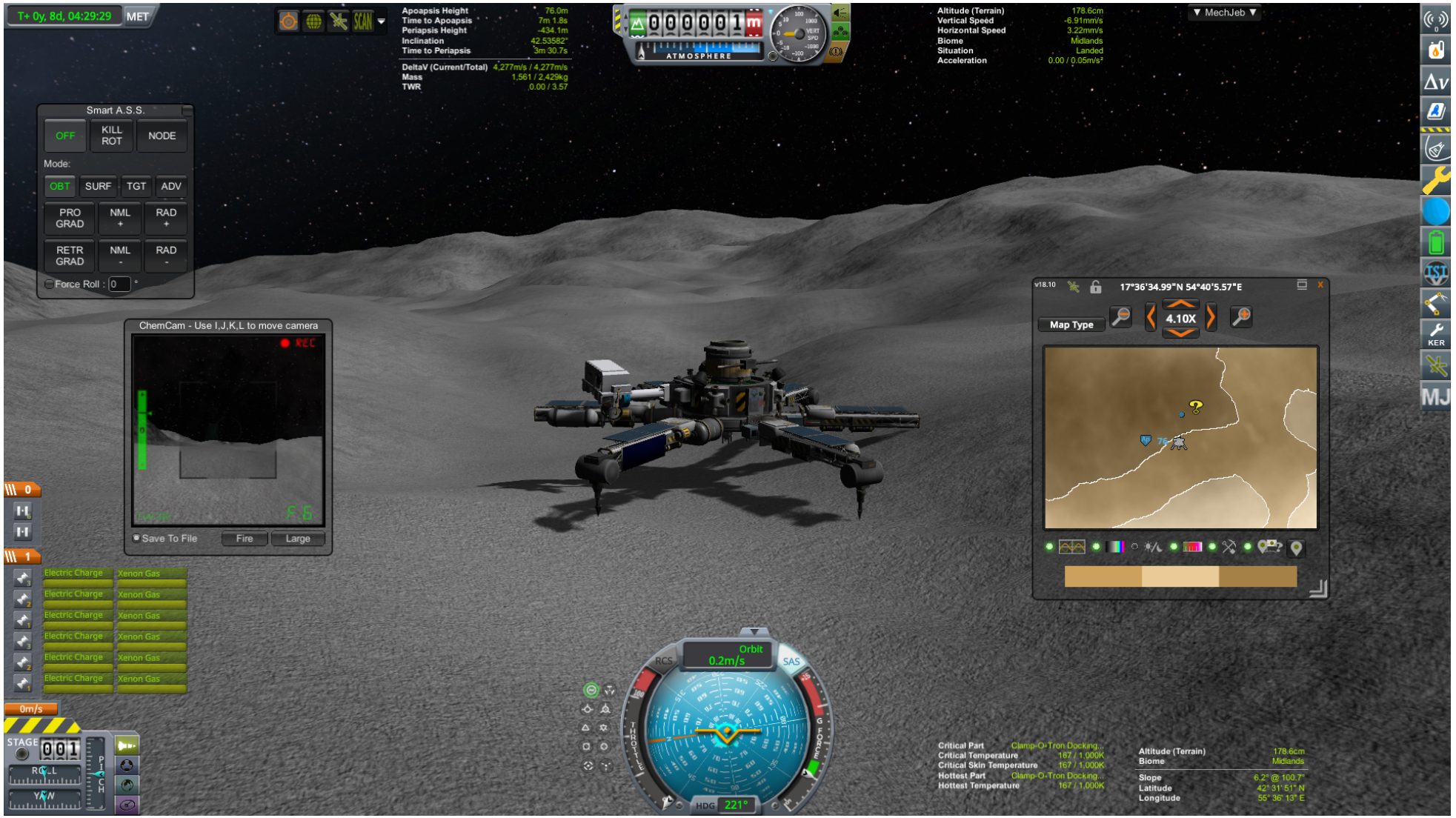
Approche de la stèle

L'idée est de descendre de poser entre les petites collines de part et d'autre du monument

Approche finale

Nous sommes au-dessus d'un petit trou et près des parois, et instables, mais les harpons au contact s'enfoncent naturellement dans le sol pour nous freiner. C'est un très bon équipement, finalement. Il n'y a pas besoin de les lancer, il suffit de se poser dessus

Nous en profitons pour faire 2 autres sauts de puces avec le Harpoon Spider



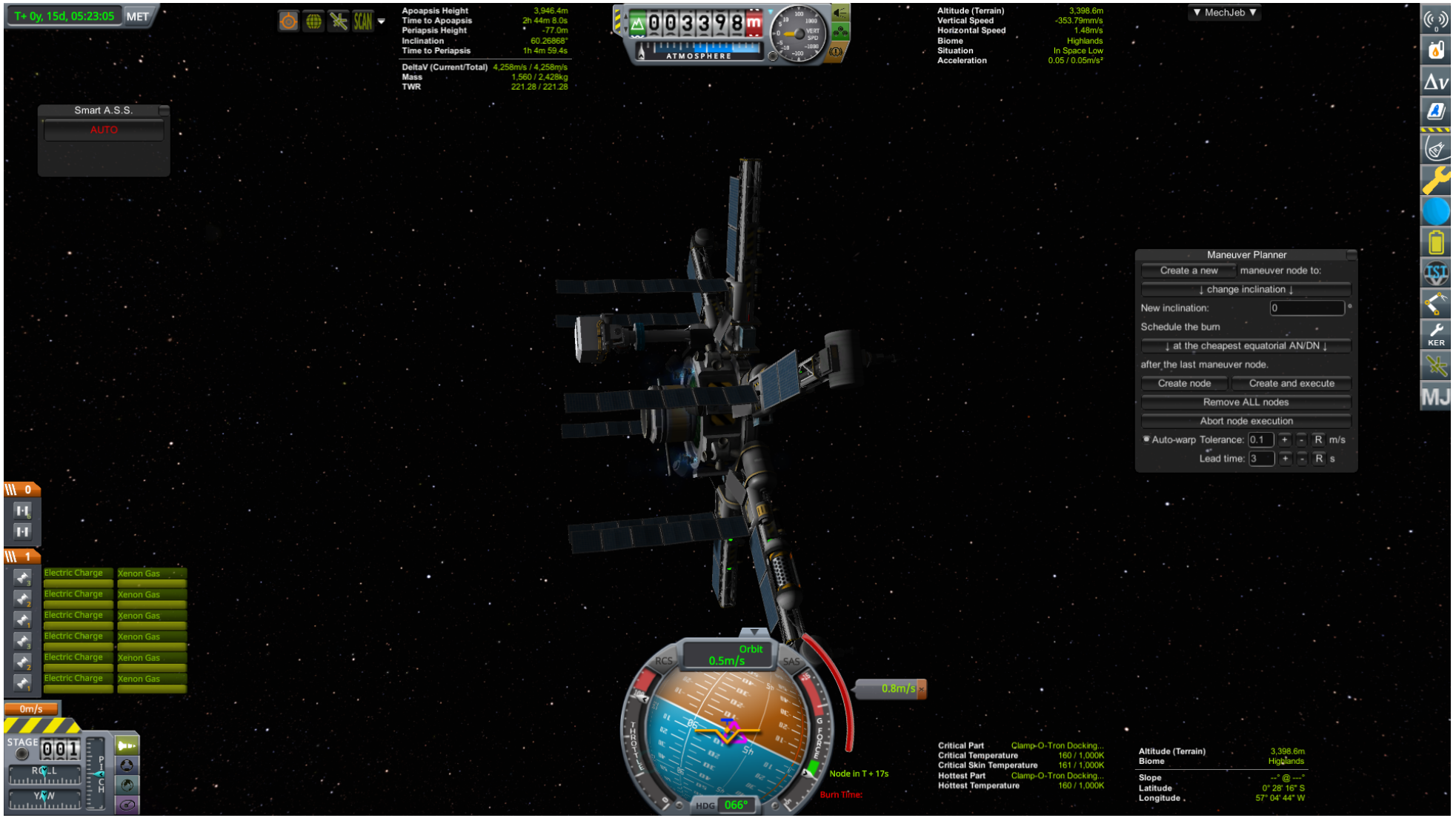
Les différents atterrissages effectués sont disponibles en vidéo HD à l'adresse qui suit, sur un film de 5mn

https://youtu.be/XwWAIo_bw8Y

Phase 8 : Docking des 3 éléments avant le retour

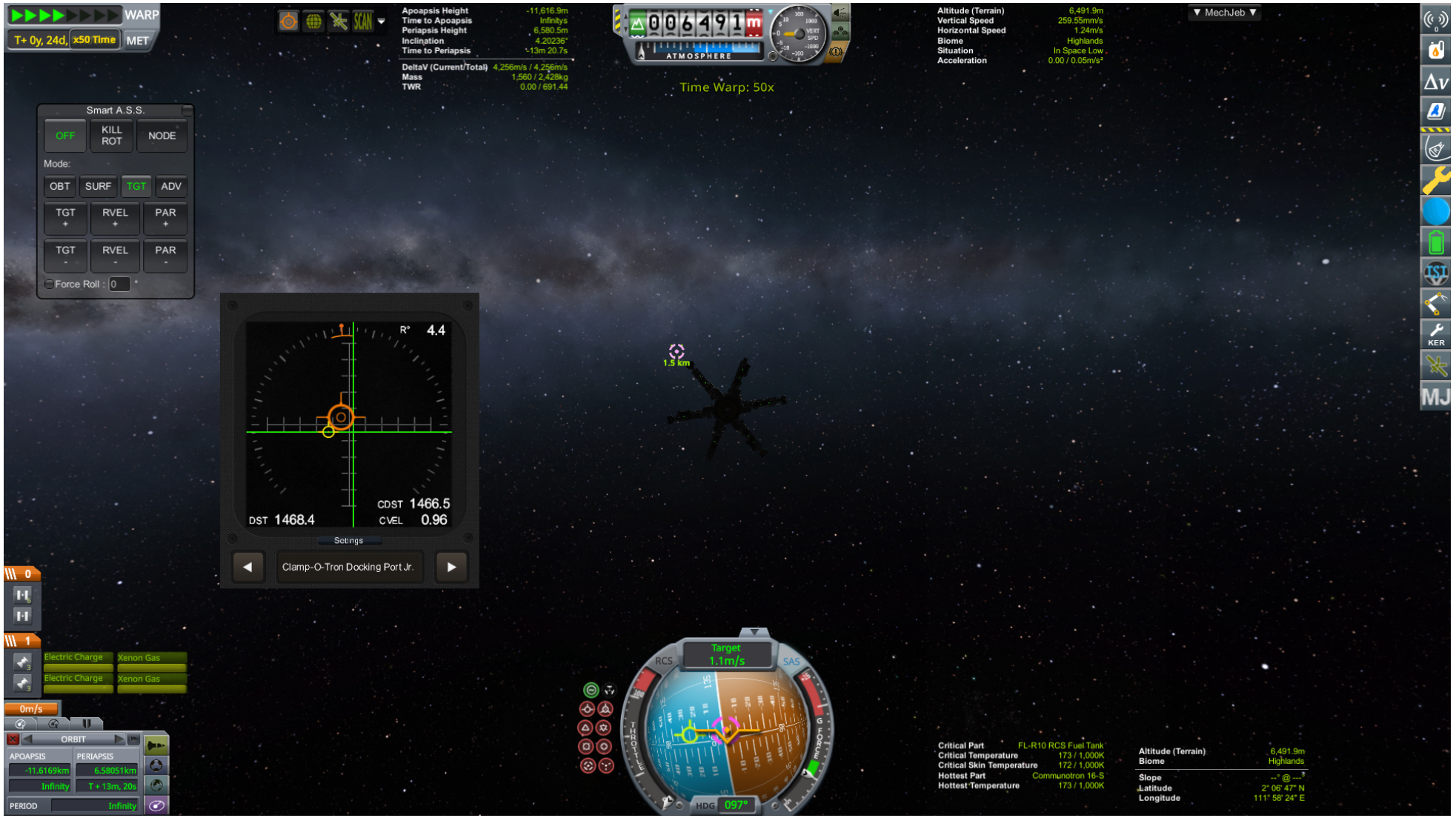
L'heure du départ a sonné. Mise en orbite

Les 3 orbites sont changées pour être équatoriales.

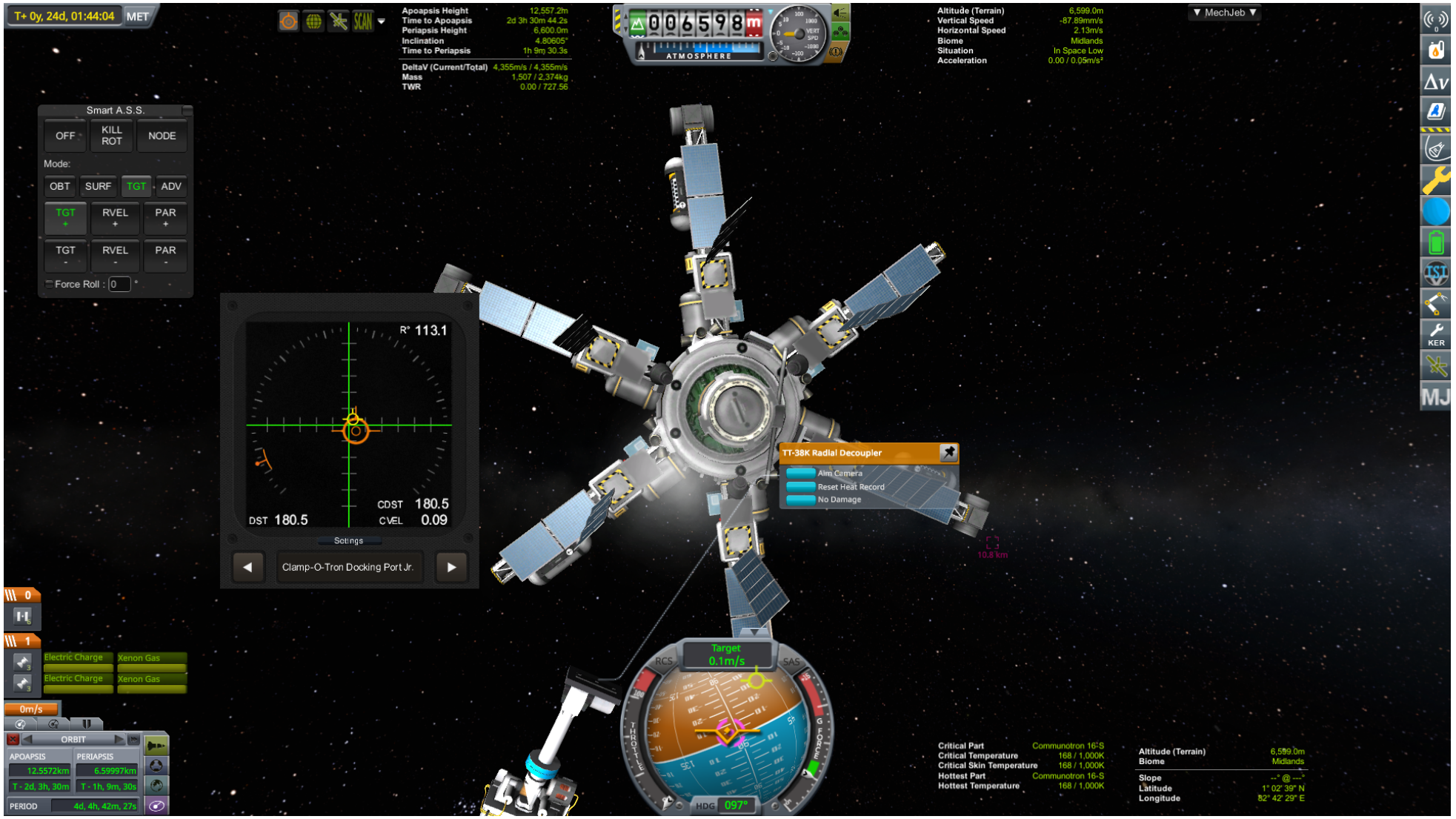


On va d'abord docker Harpoon Spider avec la sonde Scanner. Cette dernière se contentera de s'aligner car elle n'a pas de moteurs RCS.

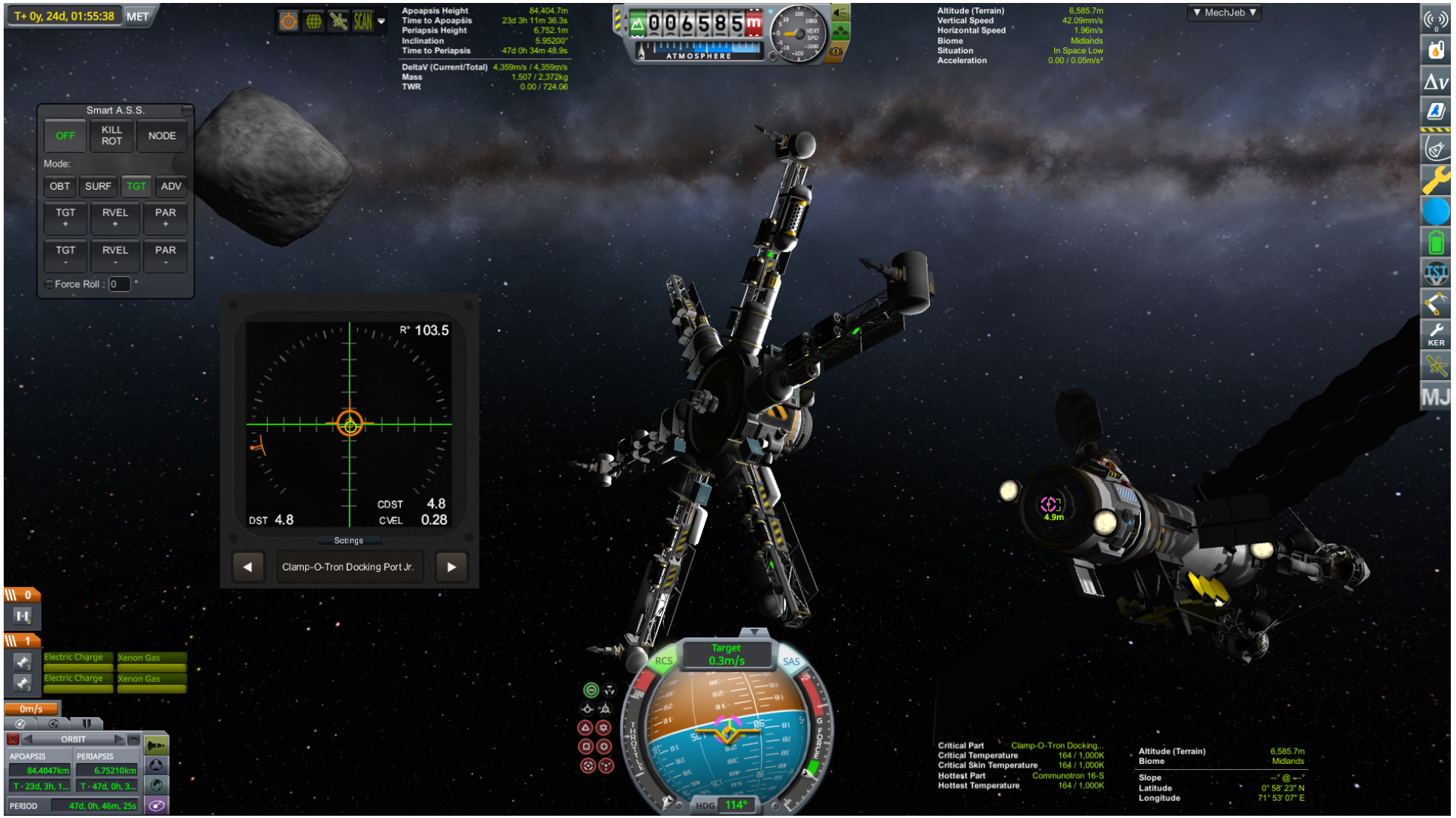
Docking en manuel avec l'aide de Docking Port Alignment indicator



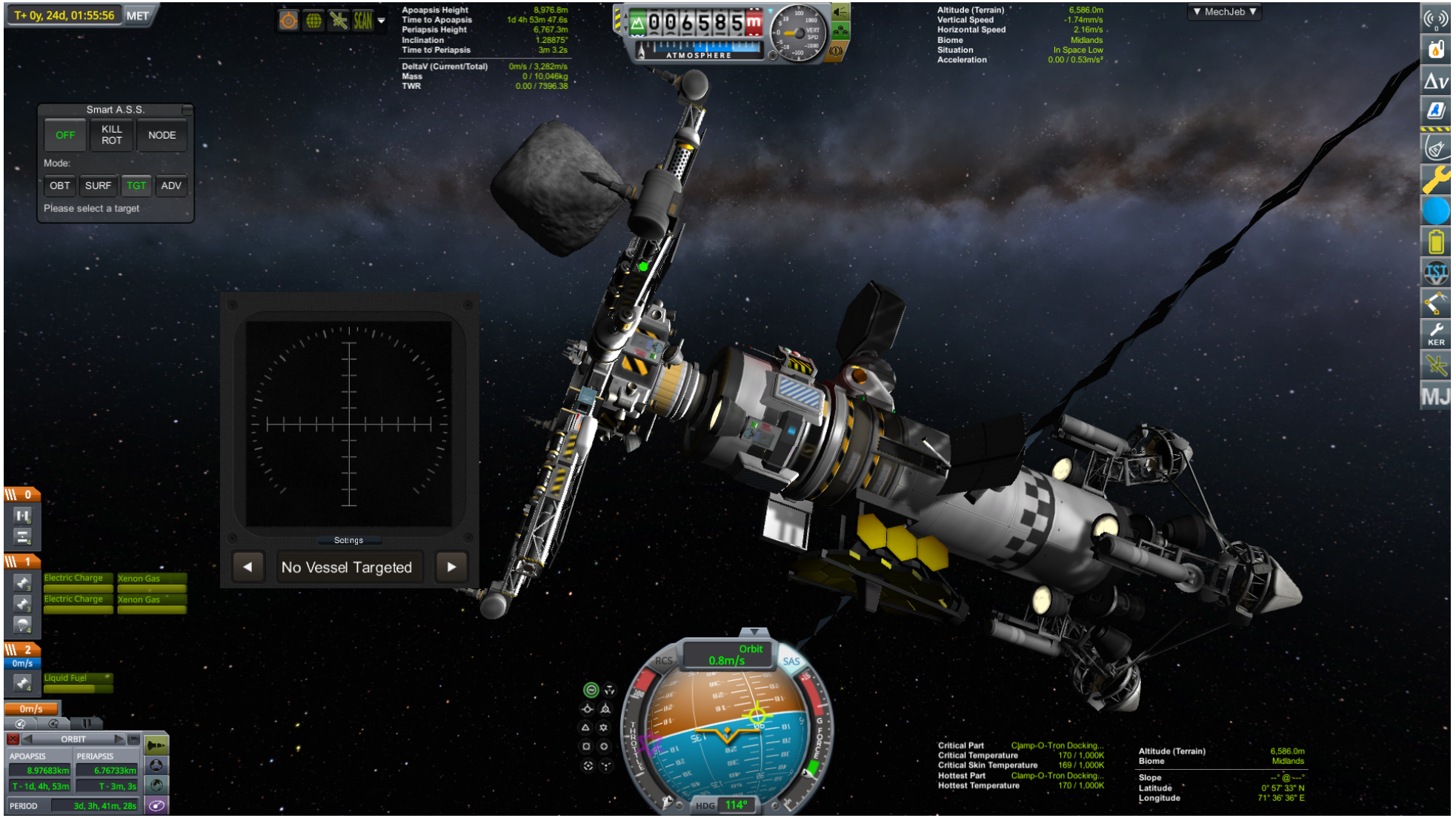
La ChemCam est ejectée car elle se loge difficilement le long de la Sonde Scanner quand elle est en position repliée



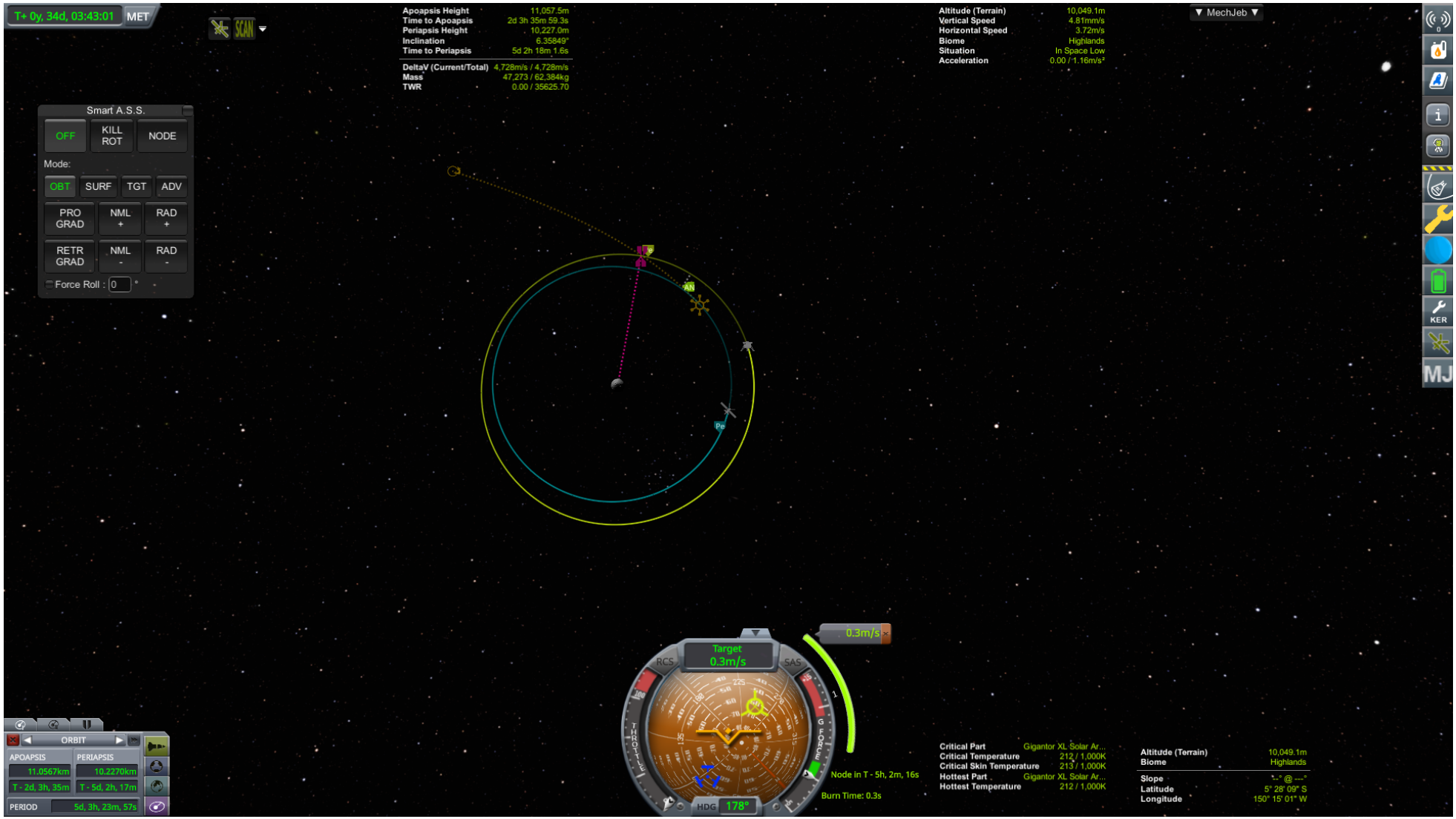
Approche finale



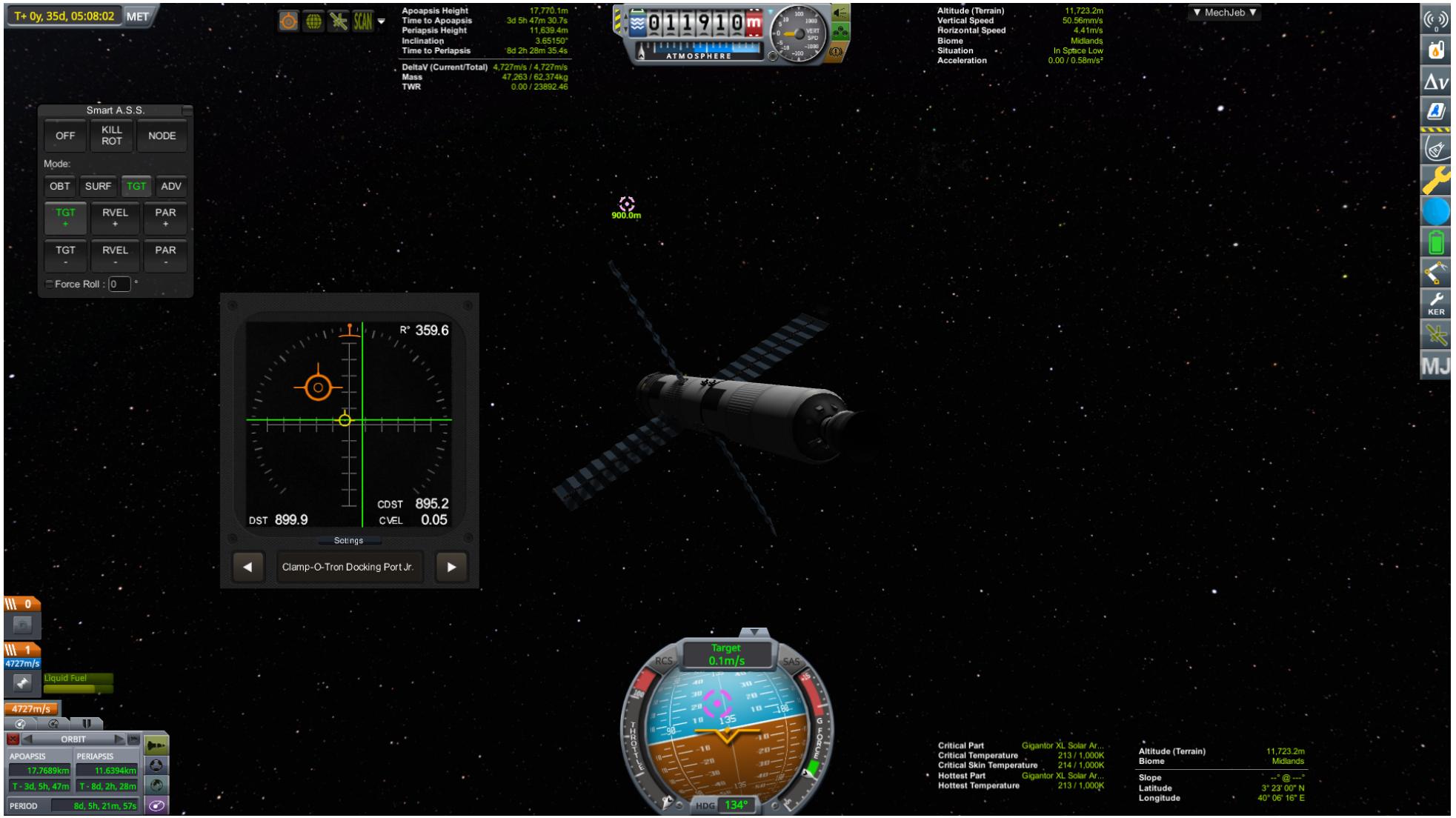
Docking effectué, c'est maintenant au tour du module retour de venir s'accrocher sous la sonde Scanner entre les 4 petits moteurs Rhino et les boucliers thermiques



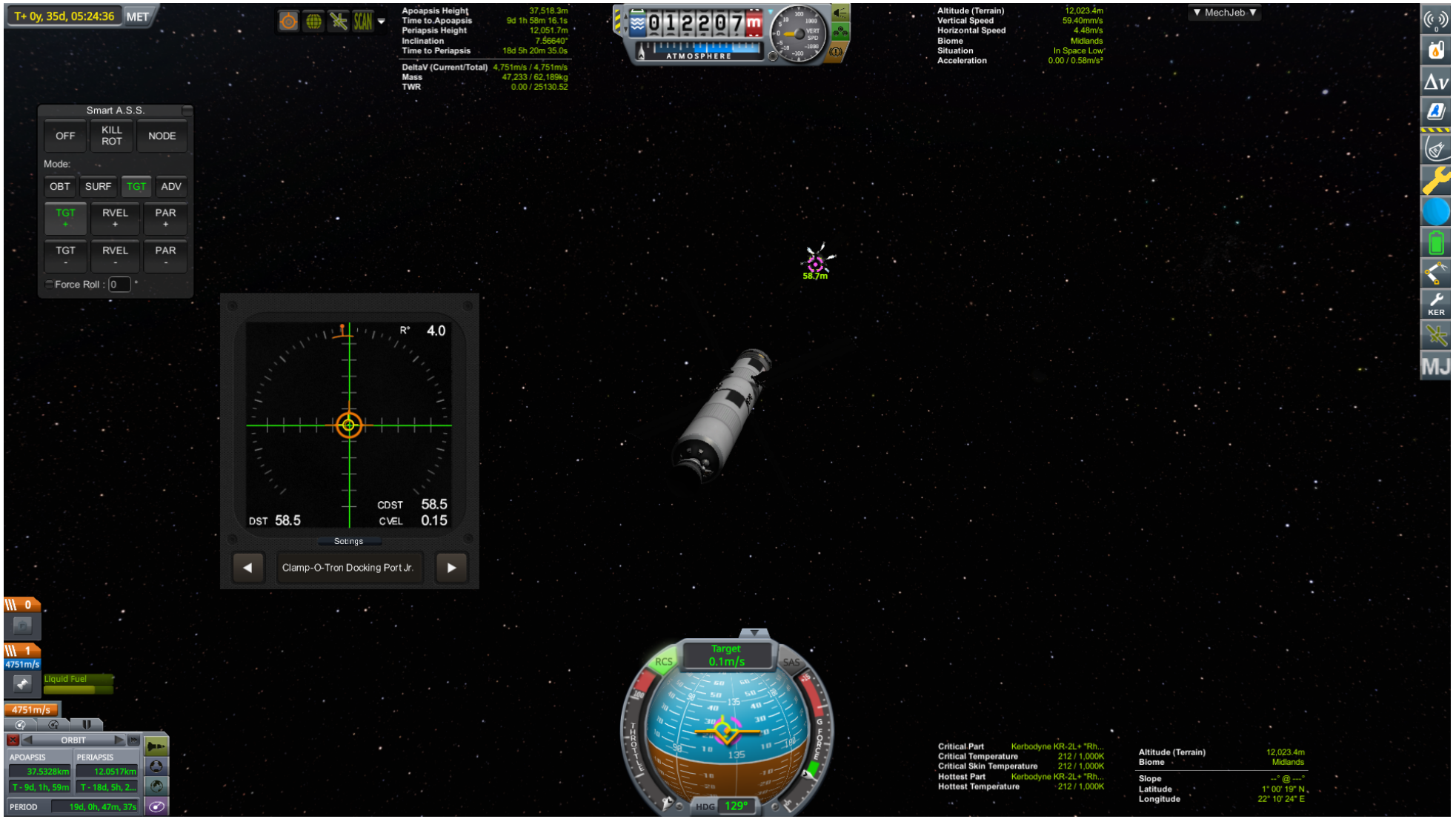
Calcul de la manœuvre d'approche du module retour



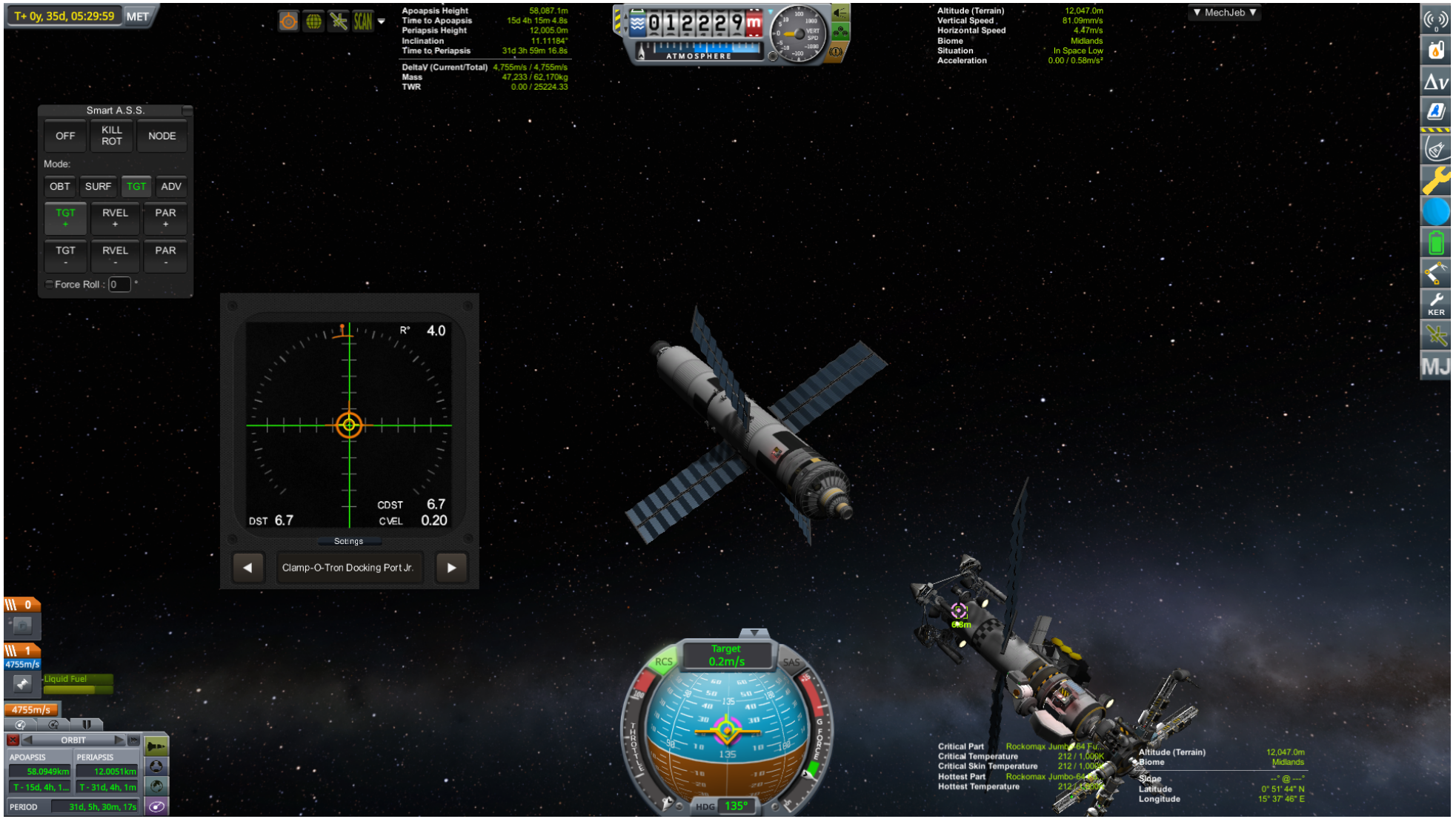
A 900m de la cible.
Avec des vitesses orbitales très faibles on ne peut pas créer manuellement une manœuvre qui nous amène 100m de la cible, donc je me contente de 900m et ensuite on pousse vers la cible, puis on réduit la vitesse relative et on recommence ainsi de suite jusqu'à s'approcher le plus près possible



Approche finale 58m

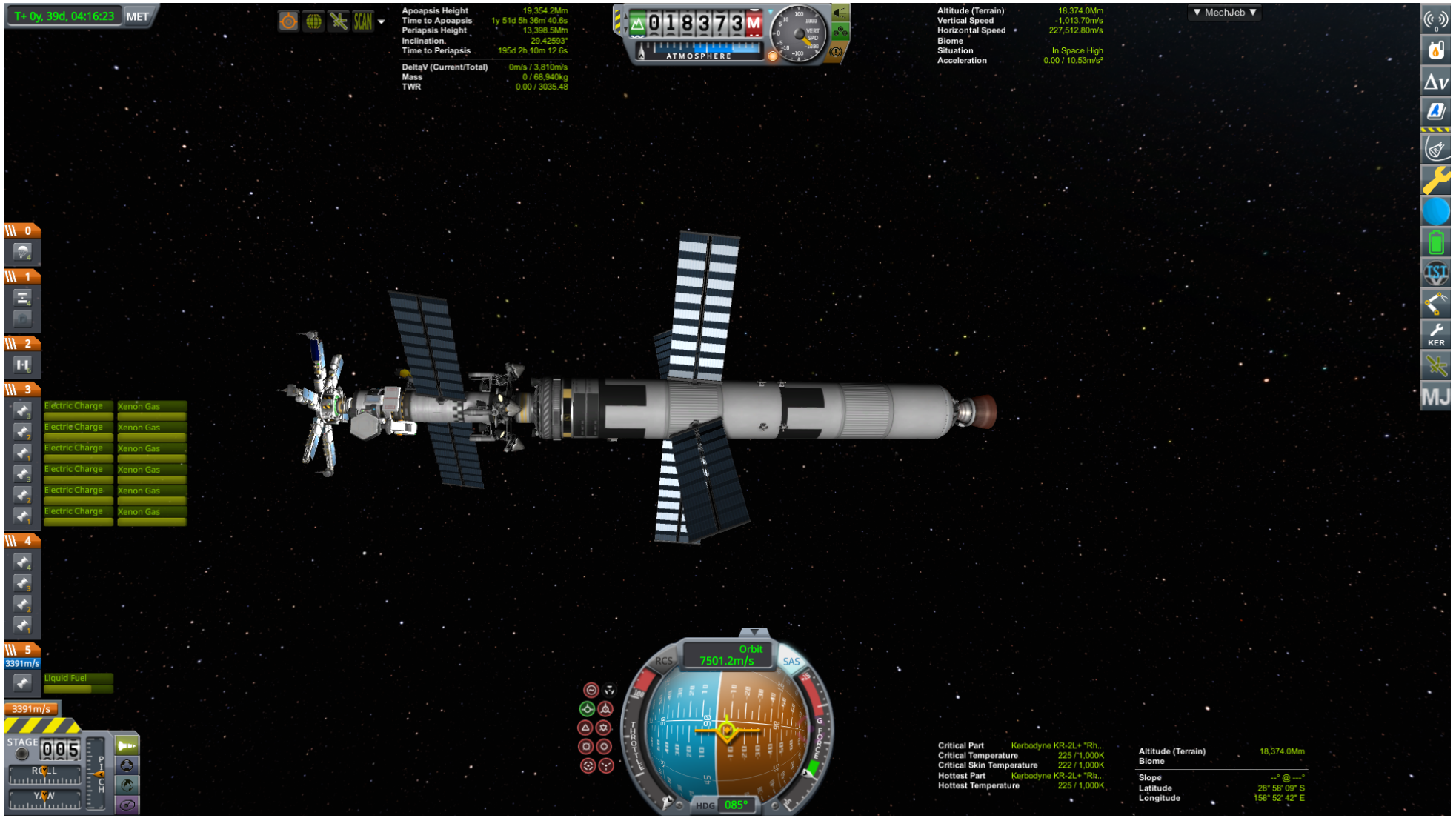


Courte finale



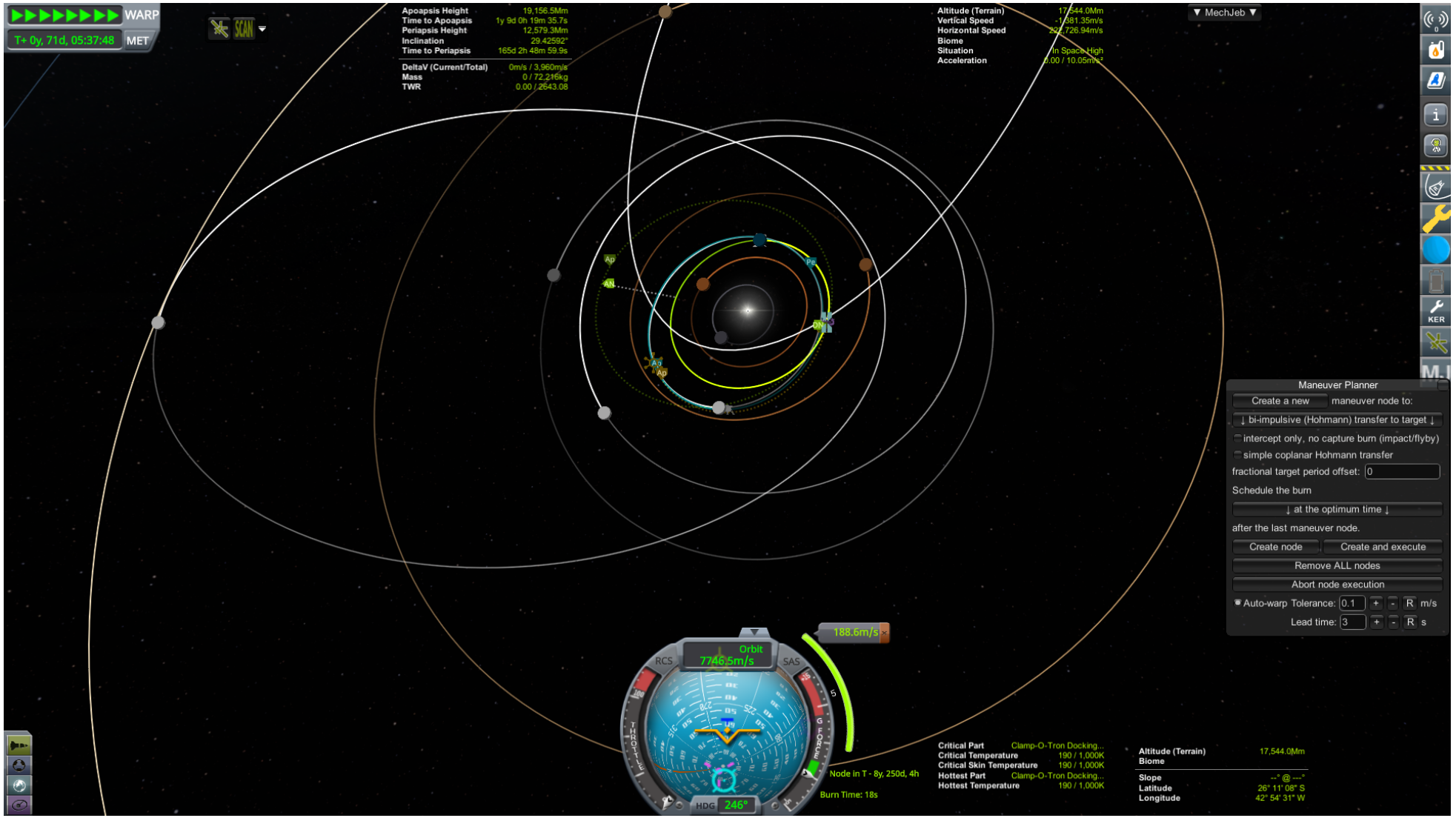
La précision de Docking Port Alignment Indicator permet de se glisser dans un trou de souris

Docking terminé, le petit train est prêt au retour

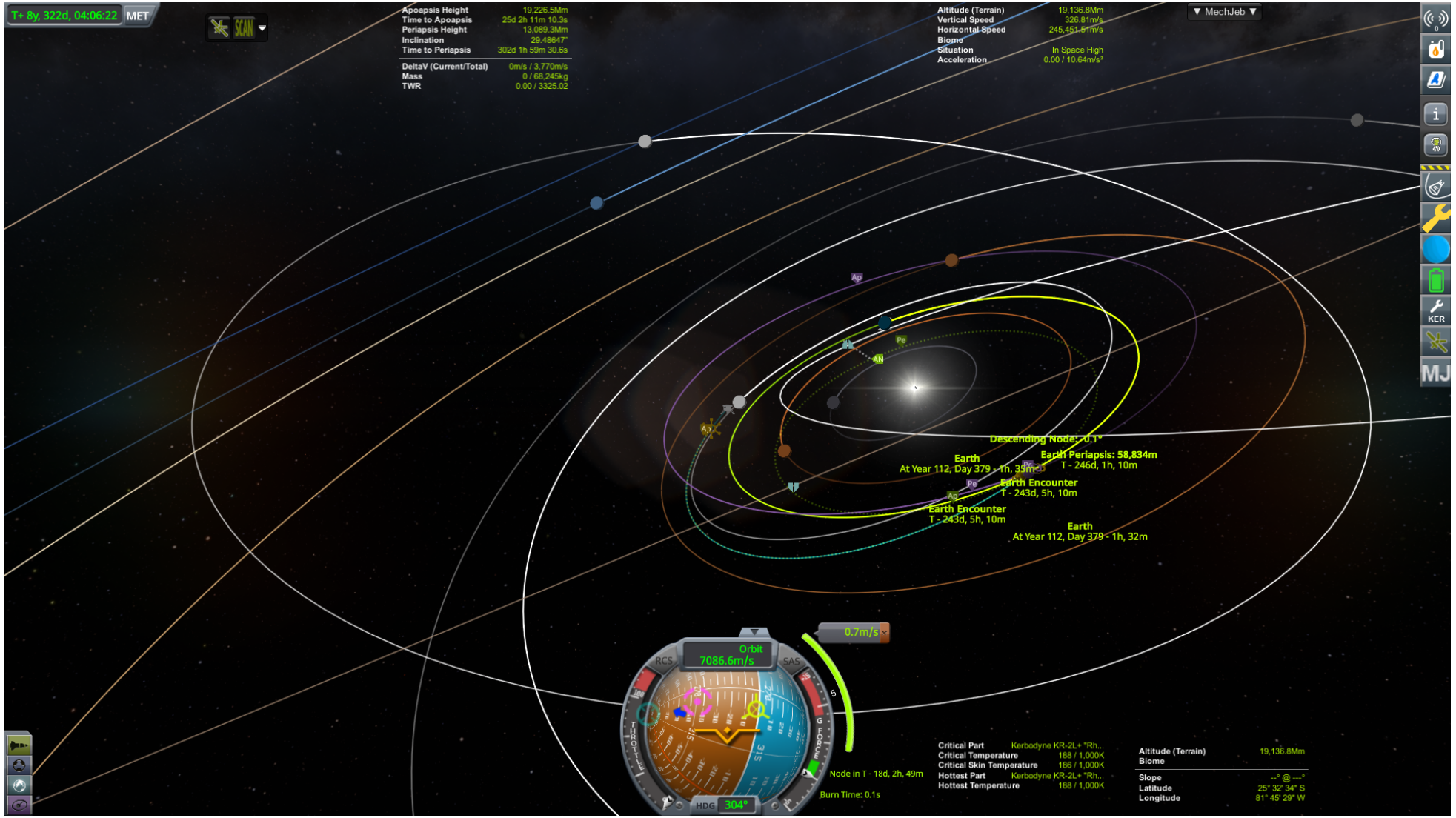


Phase 9 : le retour

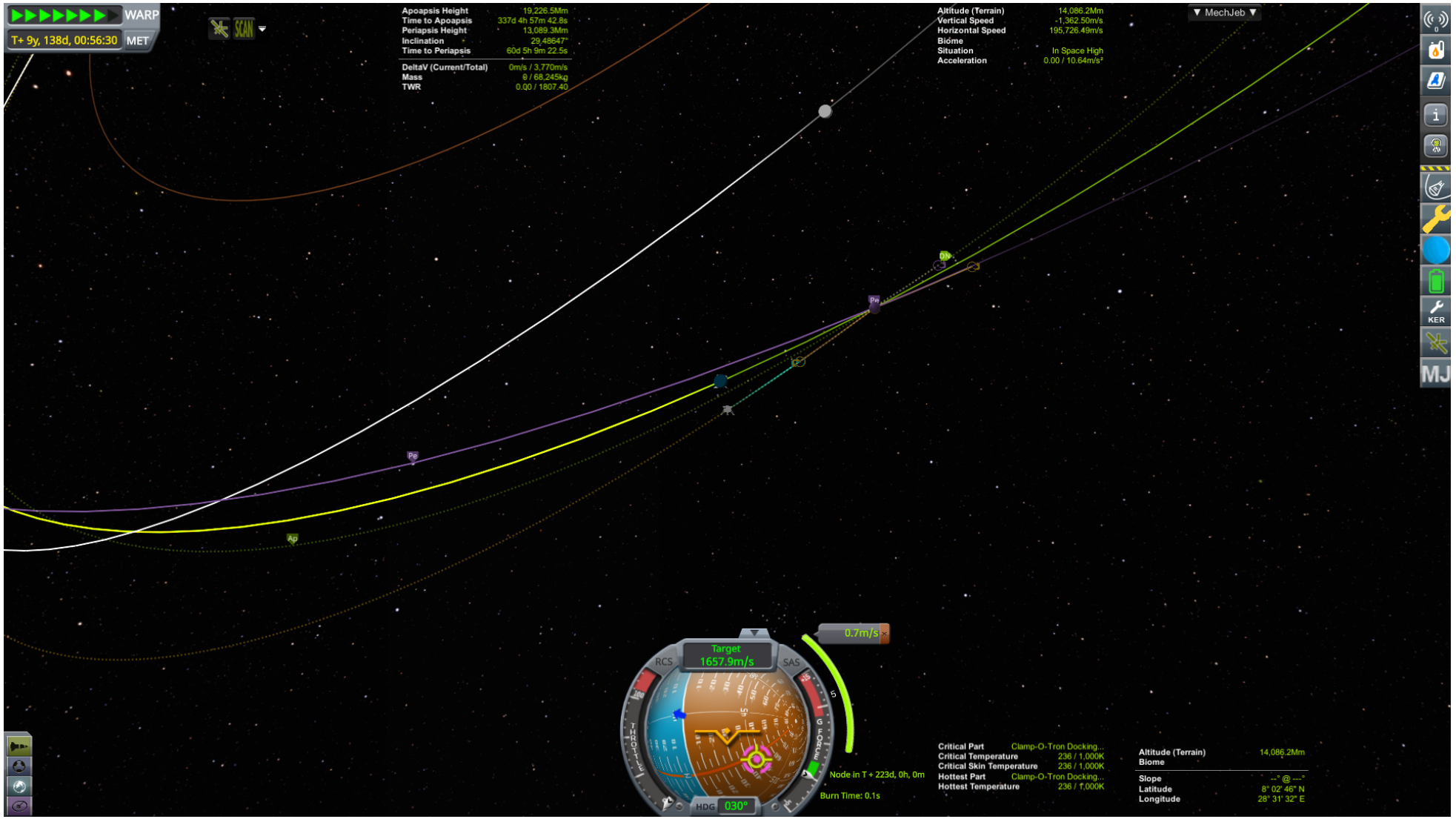
Le calcul de Hohmann ne prend que 188DV, mais 8 ans de patience avant le transfert



A l'issue, nous avons un contact avec la Terre

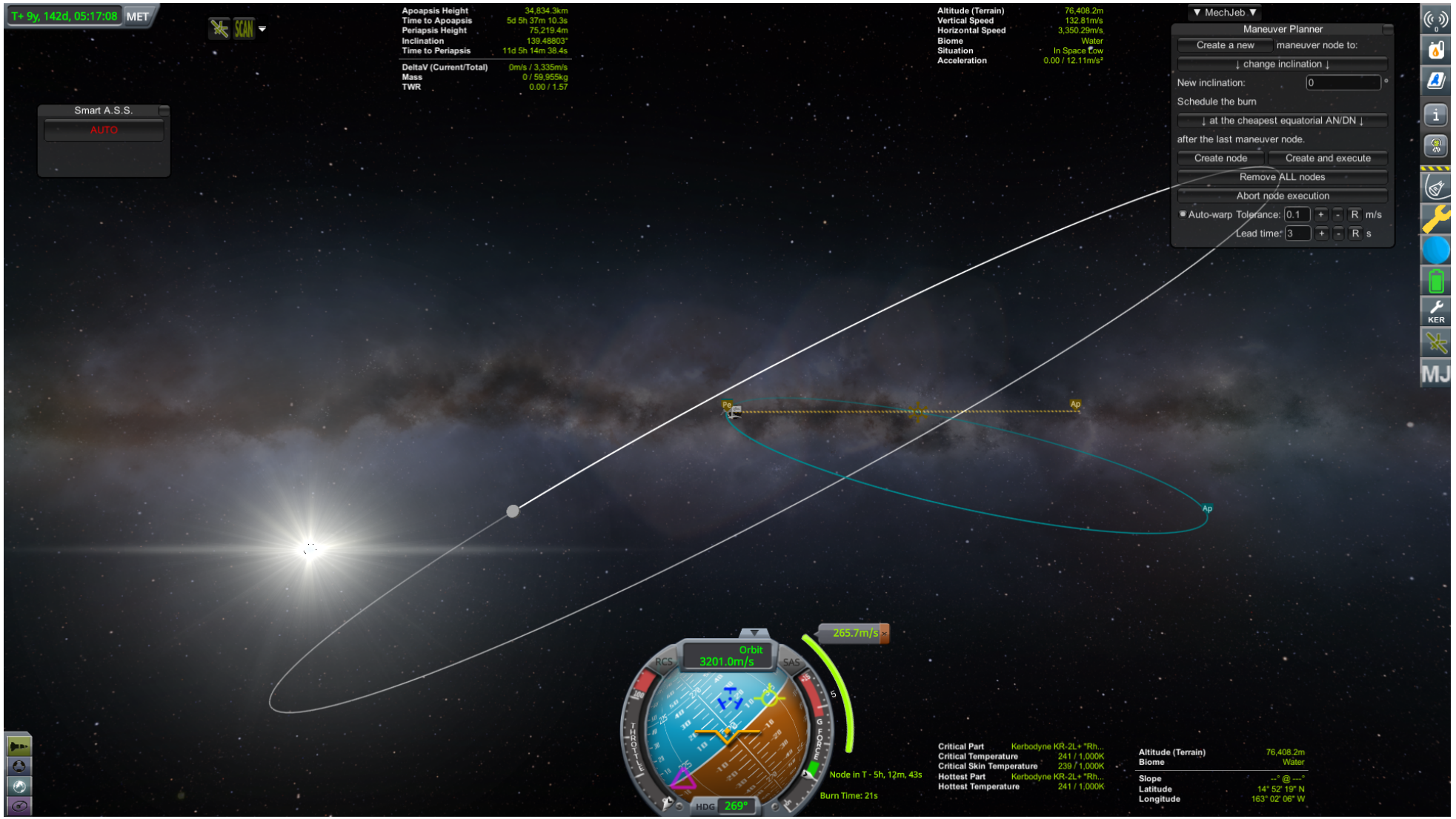


Nous approchons le SOI

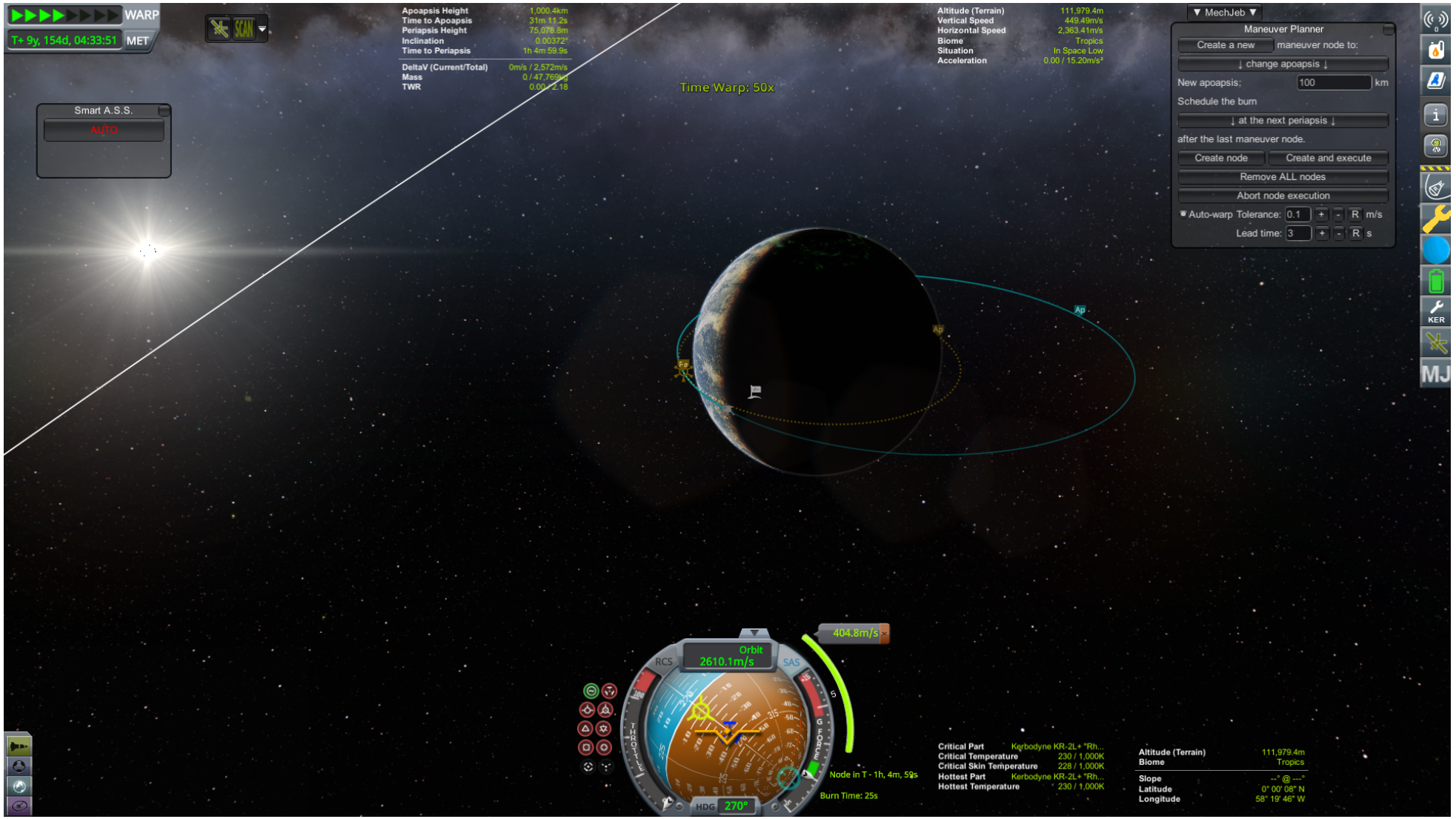


Burn Retrograde pour se mettre en orbite

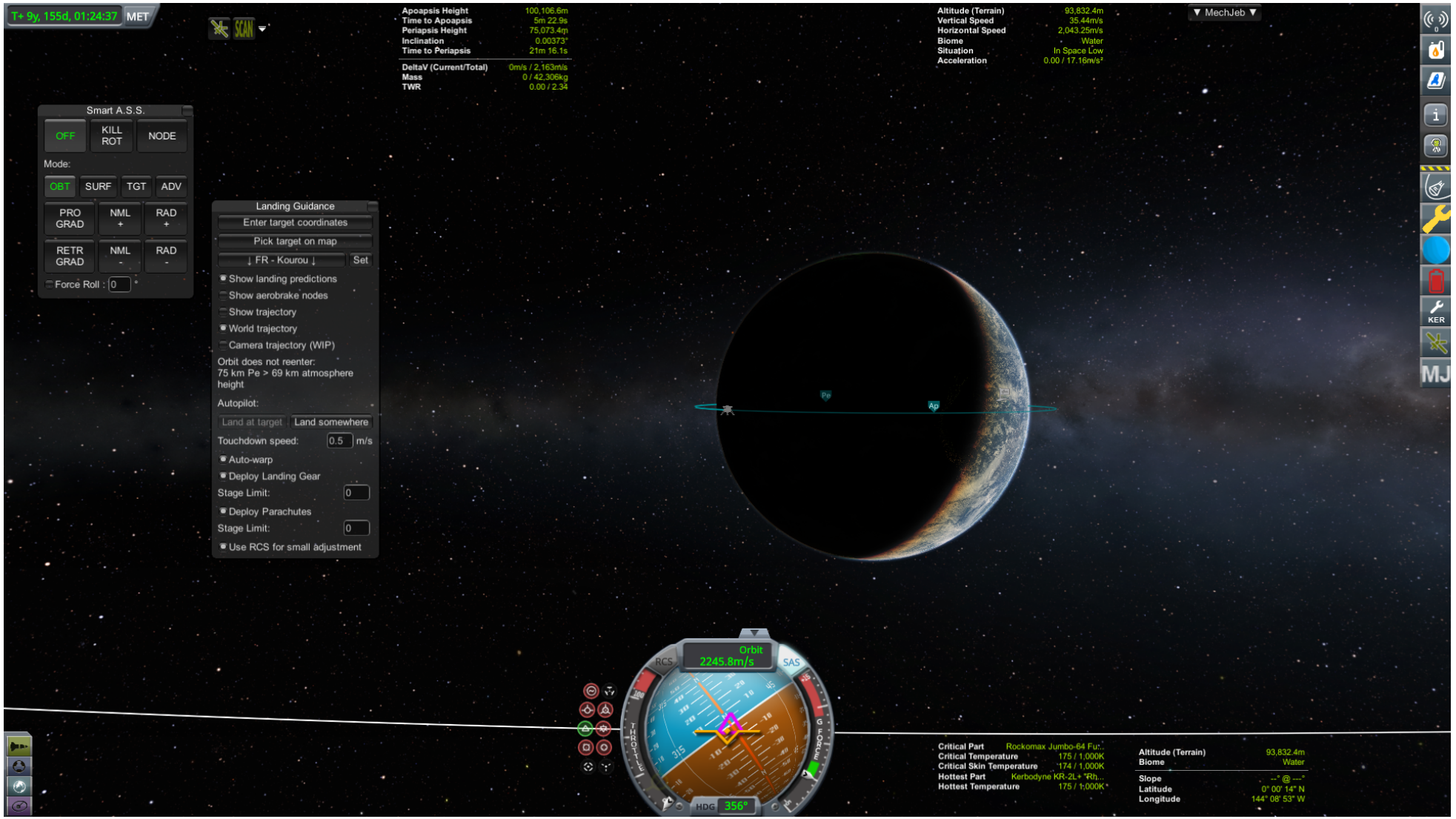
On essaie de se rapprocher du plan Terre Lune, ce ne sont pas les DV qui manquent



Puis on brule encore un peu pour une orbite de 75 par 100 kms

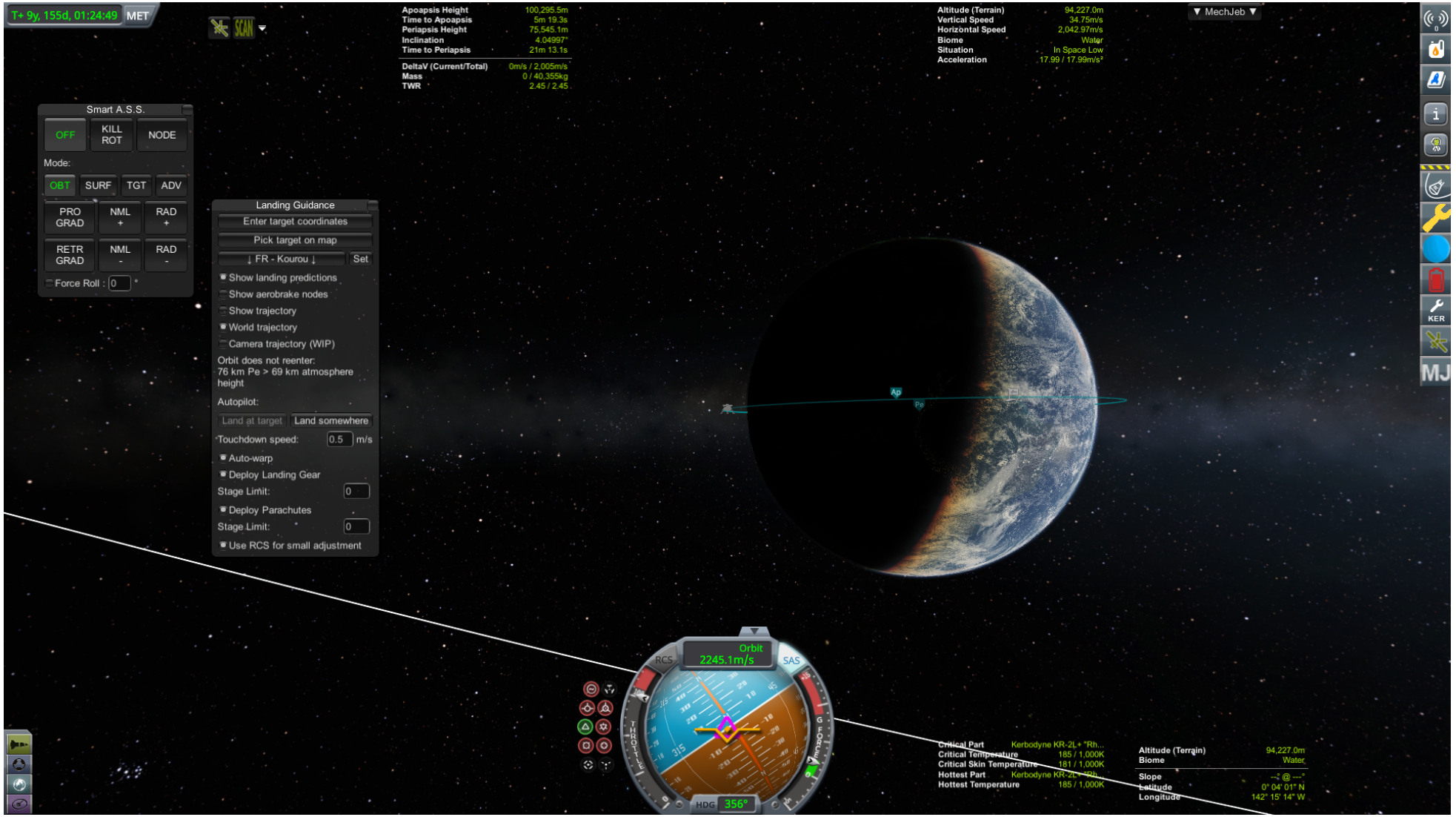


Et voilà, puis on se met perpendiculaire pour remonter la trajectoire vers Kourou

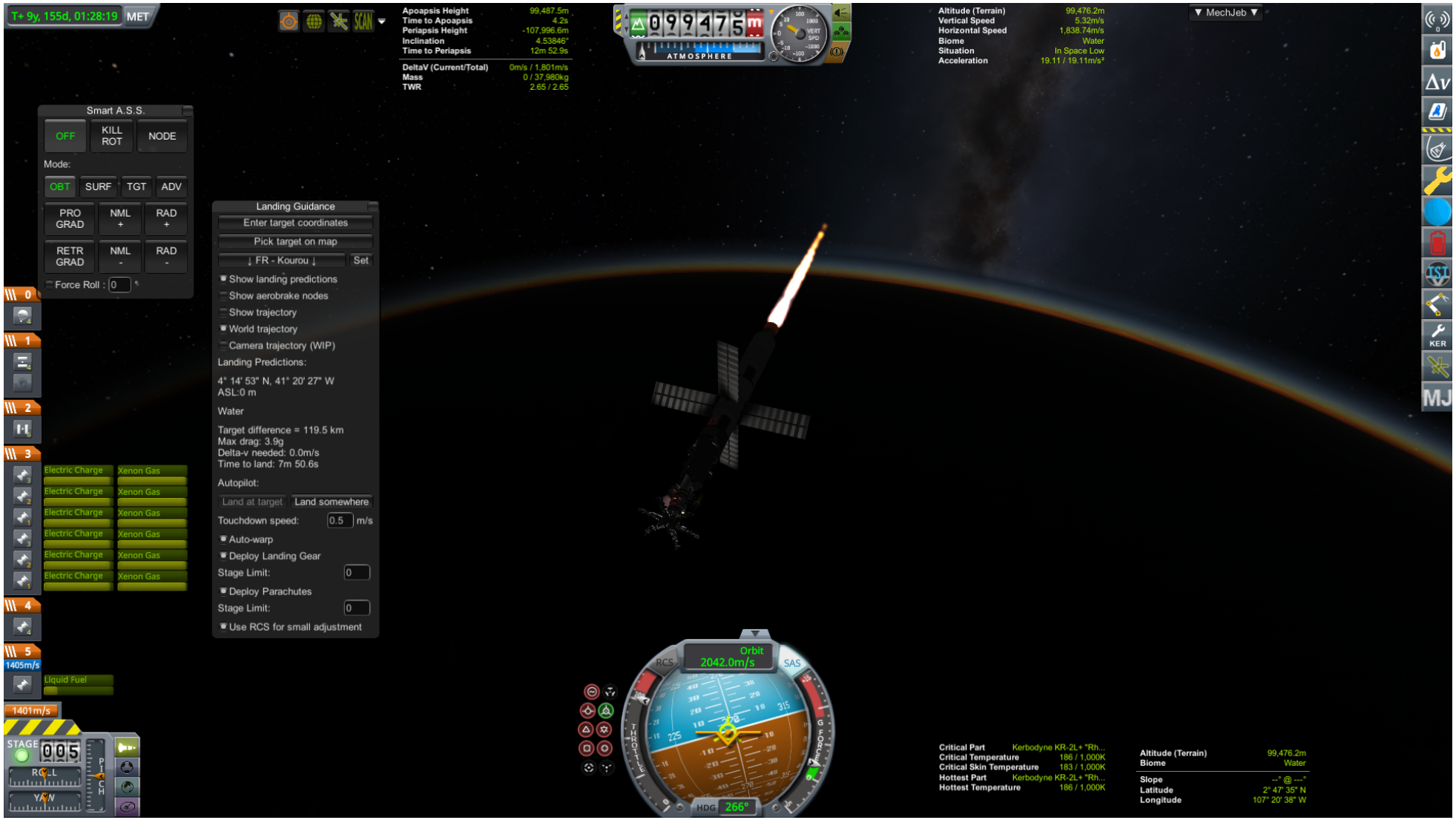


Phase 10 : la rentrée atmosphérique

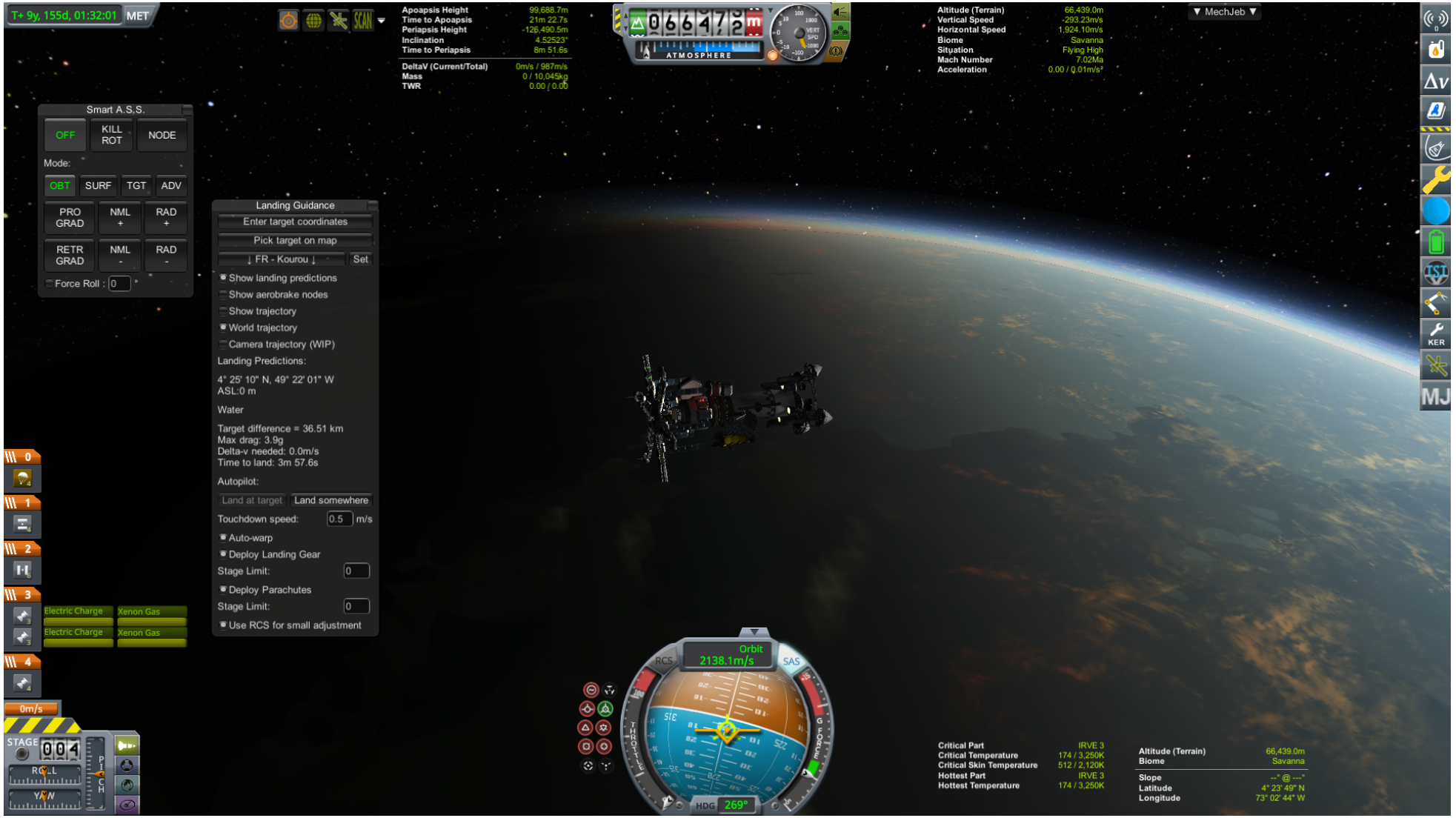
On va utiliser le mode Landing guidance de Mechjeb, non pas pour lui faire faire le boulot, mais pour visualiser sur le globe le point de « Landing prédiction ». Nos essais ont montré qu'en visant entre 14-15kms après le centre spatial, on atterrit très près. L'idée est de viser large à haute altitude, puis de corriger plus bas avec les DV qui restent dans la sonde. Ce sera plus précis
Le burn perpendiculaire pour remonter la trajectoire vers Kourou nous coute 160 DV



Et maintenant burn rétrograde pour la rentrée



Après la séparation d'avec le module retour, la prédiction donne 30 kms après Kourou



Un burn prograde s'impose pour réduire la distance à 15 kms

Le freinage atmosphérique réduit encore la distance de prédiction comme prévu et les 4 boucliers sont déployés

A 10000m on aperçoit la base sous les nuages, on n' est pas mal placé

Pas mal du tout, même !

Parachutes sortis, on va pouvoir larguer les boucliers

A 500m du toucher, trains sortis

Pratiquement au sol

Voilà, posé, pas cassé, c'est gagné ! On totalise les expériences et photos prises dans les mémoires informatiques : 9 ici

Phase 11 : Totalisation des expériences et photos, durée du voyage

7 expériences ici

Encore 10

T+ 9y, 155d, 01:40:16
MET
ATMOSPHERE
Smart A.S.S.
OFF
KILL ROT
NODE
Mode:
OBT
SURF
TGT
ADV
PRO GRAD
NML +
RAD +
RETR GRAD
NML -
RAD -
Force Roll :
MechJeb
[10/10] Seismic Scan
Seismic Scan from Midlands of a Ryugu:
Gathered precise acceleration data while subjecting the vessel to this situation.
Data Size: 35 Mits
Inoperable after Transmitting.
Recovery: +0.0 Science
Transmit: +0.0 Science
Liquid Fuel
445m/s
STAGE
003
ROLL
PITCH
YAW
Critical Part
Illuminator Mk1
Critical Temperature
270 / 1,000K
Critical Skin Temperature
273 / 1,000K
Hottest Part
Illuminator Mk1
Hottest Temperature
270 / 1,000K
Altitude (Terrain)
622.9cm
Biome
Tropics
Slope
1.0° @ 26.5°
Latitude
5° 00' 05" N
Longitude
52° 53' 23" W

Et 3 de plus, ce qui fait 29 au total, dont une vingtaine de photos. **Expériences réussies :**

-Mysterious goo
-Températures,
-Gravioli detection
-Seismic detection,
-Analyse du sol par le laser ChemCam
-Echantillons recueilli par l'utilitron
-Création d'un album photo du système solaire

La photo écoulée ci-dessus donne un temps écoulé faux, car il y a eu des sauvegardes à divers moment sur divers modules et ils ont faussé le décompte, de même que le F3

Voici une photo à H-11mn du lancement

On y voit la date Y100 D165 H 1:22 :56, **ce qui fait un lancement à Y100 D165 H 1:33 ou 1:42 si comme je le pense il y a un retard de 9mn au lancement**

Temps universel à l'arrivée : Y 112 D 391 H 3:59

Durée de la mission 12Y 226D 1:36

Phase 12 : conclusions

Les DV

-Une fois la mise en orbite effectuée, il faut compter environ 600DV pour sortir sur une orbite solaire similaire à celle de la terre et 830 DV pour se mettre à l'inclinaison de Ryugu.

-Se mettre à la même inclinaison que Ryugu est-il absolument nécessaire ?

Le transfert de Hohmann 271 DV et le burn pour diminuer le temps de Transfert 136DV, total environ 410 DV pour l'interception de Ryugu, est-ce que tout cela aurait couté beaucoup plus cher si nous n'avions pas été dans le même plan ?

Je laisse les spécialistes répondre à la question….

Reste à totaliser 100 DV pour le ralentissement en arrivant sur la cible puis encore 150 DV pour la mise en orbite, l'arrivée s'étant faite vers 150m/s il a fallu réduire vers 0,5m/s

-Au total si on ne compte pas la mise sur le même plan que Ryugu, 660 DV pour arriver jusqu'en orbite.

-Pour le retour 2000DV pour le transfert vers la Terre, l'interception de l'orbite et la mise en orbite à 100kms sans aérofreinage, puis le burn pour la rentrée atmosphérique

-Il restait 1800 DV VAC dans l'étage retour qui a été largué avant la descente atmosphérique et 2000DV VAC environ dans la sonde scanner une fois posée

-On pouvait donc concevoir une fusée plus petite et économiser au moins 1800 DV VAC

Harpoon Spider et Infernal Robotics

-La conception «Araignée», donc CG très bas, m'a semblée optimale pour le pilotage et l'atterrissage en micro gravité.
-Les harpons n'ont pas besoins d'être lancés, ils font figure d'amortisseurs et de freins en s'enfonçant légèrement dans le sol au toucher.
-Le toucher doit être doux, moins de 10m/s de Vv pour éviter tout rebond.
-La vitesse horizontale en dessous de 50mm/s, peut-être même plus, n'est pas un problème à partir du moment où le toucher est doux car le dispositif « araignée » et les harpons limitent grandement le couple de retournement.
-Les 6 bras repliables, c'était génial, ça permettait de loger plus facilement l'ensemble dans le Fairing et voilà ce que ça donnait : Malheureusement, comme je l'ai expliqué, aux essais Timewarp, tout « part en sucette », même si les bras restent liés au corps, plus rien n'est à sa place d'origine !

Replié

Harpoon Spider R
MechJeb
KERBAL ENGINEER REDUX 1.1.6.0
RCS
BODY: RYUGU
ATMOSPHERIC
ALL STAGES
SETTINGS
COMPACT
PARTS
COST
MASS
ISP
THRUST
TORQUE
TWR (MAX)
DELTA-V
BURN
S1 77 / 103 82,597.7 / 91,049.3 1,804 / 2,666kg 4200.0s 0.123kN 0.00kNm 2.35 (2.59) 3,937 / 3,937m/s 3d 4h 37m 30.7s
Altitude: 0.0km
Mach: 0.00
Enter search...
Name
Mass
Cost
Size
Harpoon spider R 103
No Description.
Hayabusa 6 MR 30
Hayabusa sondes V7 124
Hayabusa sondes V8 140
Hayabusa sondes V9 142
Lanceur Hayabusa 6 core 81
Lanceur Hayabusa 7 core 80
Lanceur Hayabusa core V10 80
Lanceur Hayabusa sondes... 80
Lanceur Hayabusa V8 core 80
Ryugu lander V10 103
Ryugu lander V6 76
Ryugu lander V7 64
Ryugu Lander V8 76
Ryugu lander V9 73
Ryugu Reckon V7 61
Ryugu Reckon V8 64
Ryugu Rekon V10 70
SUBASSEMBLY DROP ZONE
91,049
VESSEL
Delta-V: 3,937 / 3,937m/s
Mass: 1,804 / 2,666kg
TWR: 2.35 (2.59)
Parts: 77 / 103
RESOURCES
MonoPropellant: (80kg) 20.0
ElectricCharge: 915.0
ReservePower: 80.0
XenonGas: (243kg) 2,430.0
0m/s
RESET

Déplié

Harpoon Spider E
MechJeb
KERBAL ENGINEER REDUX 1.1.6.0
RCS
BODY: RYUGU
ATMOSPHERIC
ALL STAGES
SETTINGS
COMPACT
PARTS
COST
MASS
ISP
THRUST
TORQUE
TWR (MAX)
DELTA-V
BURN
S1
77 / 103
82,597.7 / 91,049.3
1,804 / 2,666kg
4200.0s
0.123kN
0.00kNm
2.35 (2.59)
3,937 / 3,937m/s
3d 4h 37m
30.7s
Altitude: 0.0km
Mach: 0.00
Enter search...
Name
Mass
Cost
Size
Harpoon spider R
No Description.
103
Hayabusa 6 MR
No Description.
30
Hayabusa sondes V7
No Description.
124
Hayabusa sondes V8
No Description.
140
Hayabusa sondes V9
No Description.
142
Lanceur Hayabusa 6 core
No Description.
81
Lanceur Hayabusa 7 core
No Description.
80
Lanceur Hayabusa core V10
No Description.
80
Lanceur Hayabusa sondes...
No Description.
80
Lanceur Hayabusa V8 core
No Description.
80
Ryugu lander V10
No Description.
103
Ryugu lander V6
No Description.
76
Ryugu lander V7
No Description.
64
Ryugu Lander V8
No Description.
76
Ryugu lander V9
No Description.
73
Ryugu Reckon V7
No Description.
61
Ryugu Reckon V8
No Description.
64
Ryugu Rekon V10
No Description.
70
SUBASSEMBLY
DROP ZONE
91,049
VESSEL
Delta-V:
3,937 / 3,937m/s
Mass:
1,804 / 2,666kg
TWR:
2.35 (2.59)
Parts:
77 / 103
RESOURCES
MonoPropellant:
(80kg) 20.0
ElectricCharge:
915.0
ReservePower:
80.0
XenonGas:
(243kg) 2,430.0
0m/s
RESET

Les expériences dans l'optique Da Vinci

Il aurait été dommage de ne pas utiliser le télescope Tarsier pour les photos, ainsi que les différentes mémoires électroniques pour stocker les expériences.
L'Utilitron de Infernal Robotics a été pratique pour forer le sol, de même que le laser de la Chemcam de Tarsier pour l'analyser.

Si c'était à refaire

-une fusée plus petite
-le même atterrisseur : à noter que les bras étaient éjectables et que je n'ai pas eu besoin de m'en séparer, donc je les ferais fixes, ou repliables si Infernal Robotics supporte le timewarp.
-la même conception de sonde qui pourrait servir de module retour avec des moteurs LFO qui permettent un freinage rapide à l'arrivée sur l'orbite de Ryugu et qui peuvent être bridés pour les manœuvres qui suivent.