



## Envoyer une sonde vers Mars !

Jérémy Camponovo (Lycée International de Valbonne)

Matériel : un ordinateur avec le logiciel de simulation InSight

1. *Quelle est la vitesse de libération de la Terre déterminée à partir de la simulation ?*
2. *La masse de la sonde a-t-elle une influence sur cette vitesse ?*
3. *La masse de la sonde a-t-elle une influence sur la fusée nécessaire pour atteindre cette vitesse ?*
4. *Notez ici les caractéristiques du meilleur lancement qui vous a permis d'atteindre Mars :*

Energie Fusée	Latitude	Longitude	Masse sonde	Jour de départ	Durée du trajet	Masse déposée sur Mars

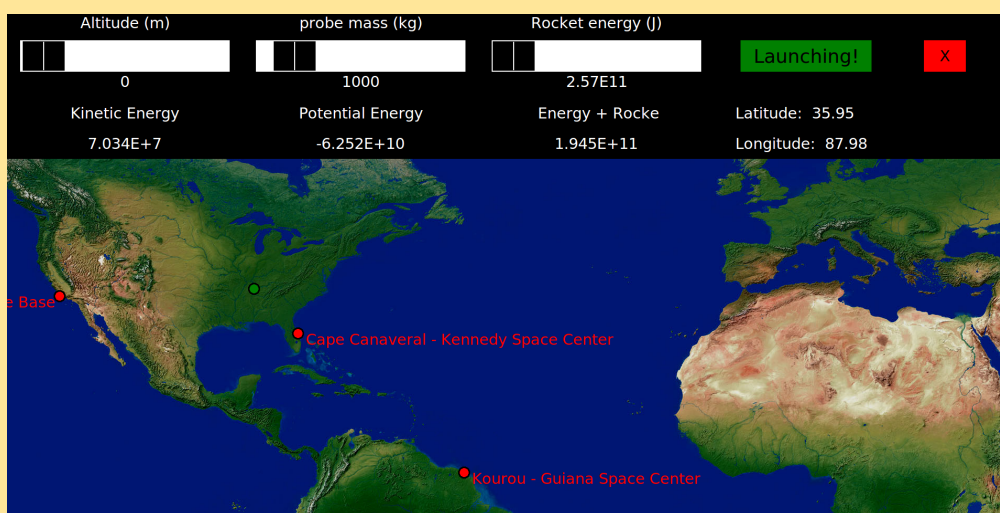
La simulation se déroule en 4 phases qui permettent chacune de comprendre certaines choses sur les sondes spatiales. Il est possible d'arrêter la simulation en cliquant sur le bouton rouge comportant une croix ou de revenir à une phase précédente pour modifier certains paramètres si cela est nécessaire.

### Première phase – lieu de décollage

Vous pouvez choisir un lieu pour le décollage de la fusée en cliquant avec le bouton gauche de la souris. Vous pouvez aussi vous déplacer sur la carte du monde (cliquer glisser).

Une fois le lieu choisi, le logiciel calcule une énergie potentielle (liée à la distance au centre de la Terre et à la masse de la sonde) et une énergie cinétique (liée à la rotation de la Terre sur elle-même et donc à la latitude du lieu choisi).

Toutes les localisations ne sont donc pas équivalentes !





Vous devez également durant cette phase choisir la puissance de la fusée (limitée dans les gammes de puissance que propose atlas V retenue pour la mission InSight), et la masse de la sonde à lancer en déplaçant les ascenseurs du bandeau de commande. Ces paramètres auront une influence jusqu'à la fin de la simulation, et vous aurez sans doute à y revenir par la suite.

Une fois tous ces paramètres choisis, il faut cliquer sur le bouton vert « mise à feu » afin de passer à la deuxième phase.

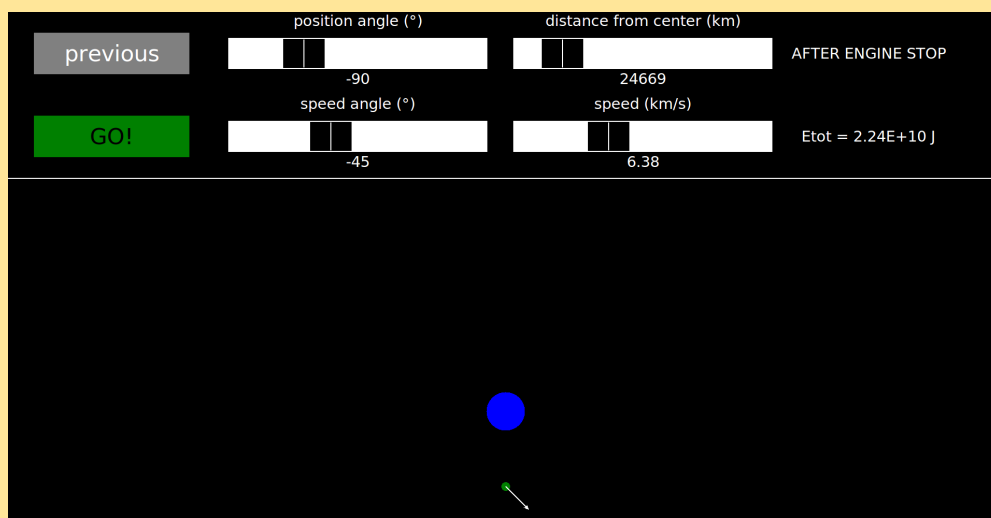
### Deuxième phase – après séparation avec la fusée

Une fois la fusée lancée, elle communique de l'énergie à la sonde. C'est cette énergie qui est prise en compte lors de cette deuxième phase. Vous pouvez alors explorer les différentes trajectoires. L'énergie totale (énergie initiale au sol + énergie fournie par la fusée) est affichée dans le bandeau de commande. Il vous sera alors facile de vérifier qu'une énergie négative ne permet pas de sortir de l'attraction terrestre, et que les trajectoires obtenues sont elliptiques.

Une énergie totale positive permet de sortir de la zone d'influence de la Terre. La vitesse résiduelle est d'autant plus grande que l'énergie est grande. La référence pour l'énergie nulle est la sonde qui peut atteindre une distance infinie de la Terre avec une vitesse nulle à l'infini.

Vous pourrez également investiguer la vitesse de libération (vitesse au niveau du sol qui permet de quitter la Terre) de la Terre en revenant sur les paramètres de la phase un.

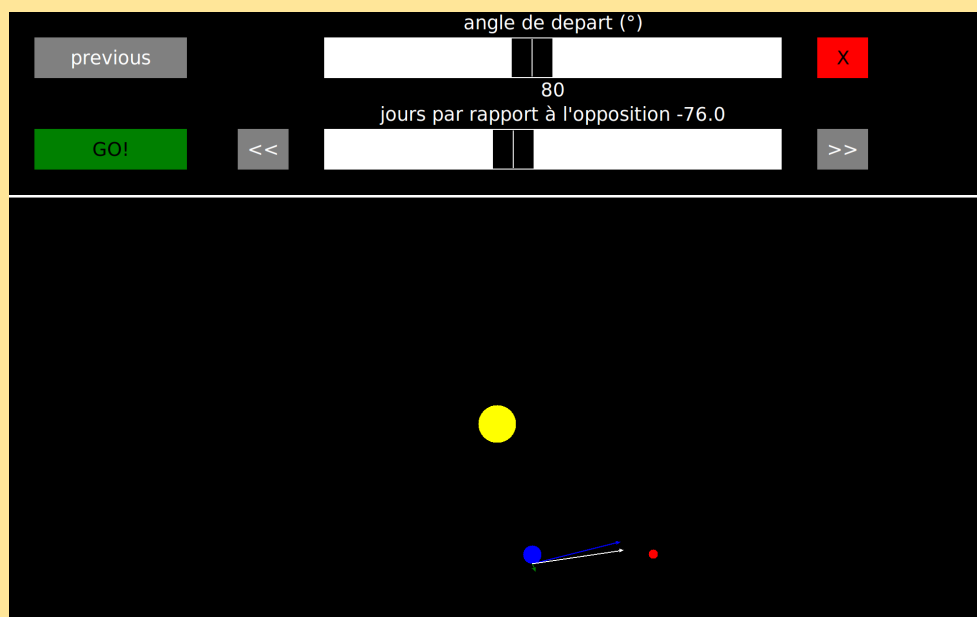
Si l'énergie le permet, la sonde est libérée et le message « en route pour mars » apparaît en rouge. La simulation passe ensuite seule vers la phase 3.





### Troisième phase – trajet Terre-Mars

Dans cette phase apparaissent le Soleil, la Terre et Mars. La sonde quitte la Terre avec sa vitesse résiduelle et le but est de lui faire rejoindre Mars. Beaucoup de trajectoires sont possibles mais c'est l'orbite de transfert de Hohmann qui est la plus économique [https://fr.wikipedia.org/wiki/Orbite\\_de\\_transfert#Orbite\\_de\\_transfert\\_de\\_Hohmann](https://fr.wikipedia.org/wiki/Orbite_de_transfert#Orbite_de_transfert_de_Hohmann). (Ceci est également le cas pour un transfert vers une orbite géostationnaire)



Il faut choisir la position relative de la Terre et de Mars (le jour 0 correspond à l'opposition) grâce à l'ascenseur du bandeau de commande, puis choisir la direction du vecteur vitesse résiduelle (en vert). Le vecteur bleu correspond au vecteur vitesse donné par le mouvement de la Terre autour du soleil et le vecteur blanc à la somme vectorielle des deux vecteurs précédents. Vous pouvez vous en servir pour visualiser ce qu'est une somme de vecteurs.

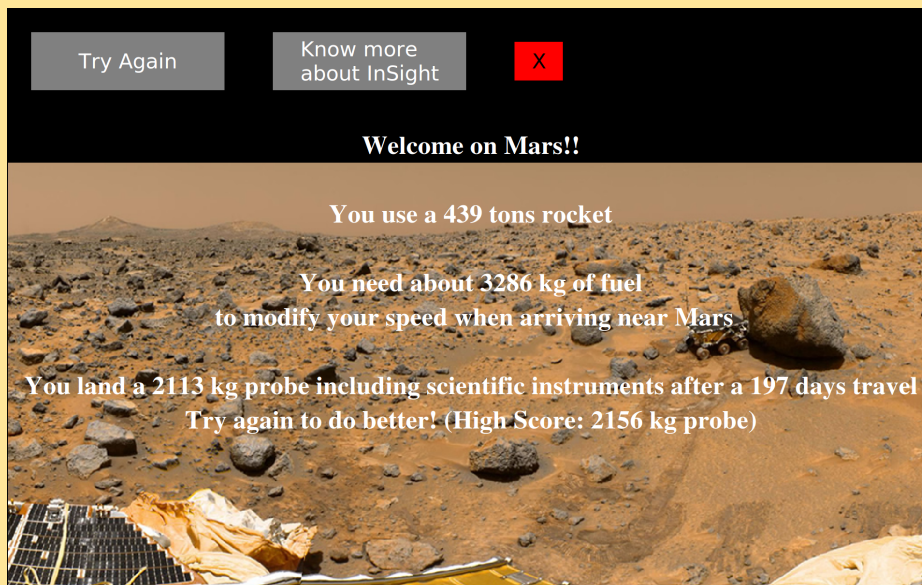
Une fois les paramètres choisis, il faut lancer la sonde avec le bouton vert « GO ! ». Si celle-ci brûle dans le soleil, ou si vous avez raté Mars, vous pouvez appuyer sur le bouton « STOP » afin de tenter une nouvelle trajectoire. Lorsque la sonde touche Mars, la simulation passe seule à la phase 4 après une animation.



### Quatrième phase – le bilan

La sonde est enfin arrivée sur Mars, cependant, il a fallu modifier sa vitesse afin de rester en orbite puis de se poser. La simulation calcule la quantité de carburant nécessaire à cette manœuvre dans le cas de moteurs fusée modernes pour la masse de la sonde choisie lors de la première phase.

Si la durée du trajet Terre-Mars est court, ceci se traduira par une fusée plus lourde au décollage de la Terre (donc plus chère) et plus de pertes de carburant à l'arrivée sur Mars (donc une mission irréalisable ou trop chère).



Vous pouvez maintenant essayer d'optimiser les paramètres afin d'emporter le plus de matériel sur Mars pour la somme la plus faible possible.

**Amusez vous bien !**