**ANNEXE 12 : Défis technologiques reliés à l’exploration**

**spatiale – Renseignements pour l’enseignant**

L’énergie nécessaire pour qu’un vaisseau spatial surmonte l’attraction gravitationnelle de la Terre provient de la propulsion chimique du propulseur-fusée. Cependant, les fusées à propulsion chimique ont des limites si l’on veut envoyer un vaisseau spatial au-delà de la Lune. Même pour se rendre à la planète Mars, la prochaine destination logique dans l’espace, un vaisseau spatial nécessiterait tellement de carburant qu’il faudrait en produire de grandes quantités sur la planète-même pour assurer le retour à la Terre. Les scientifiques doivent donc trouver des moyens alternatifs de propulsion.

Sans dépense d’énergie supplémentaire, une sonde peut modifier sa trajectoire, sa vitesse et même son inclinaison par rapport au *plan de l’écliptique*. Elle utilise pour cela un principe directement lié aux lois de la *gravitation universelle* qu’on appelle *l’assistance gravitationnelle* ou *l’effet lance-pierre*.

Lorsque l’engin passe à proximité d’une planète, il entre dans sa zone d’influence. L’attraction qu’il subit a pour conséquence de le faire “tomber” vers l’astre : sa trajectoire se courbe et sa vitesse augmente. La sonde contourne la planète et s’en éloigne en perdant autant de vitesse qu’elle en a gagné à l’arrivée. La manœuvre n’est pas nulle pour autant : la planète, en se déplaçant autour du Soleil, a communiqué une partie de sa vitesse à la sonde.

La modification de vitesse et la déviation de la trajectoire de l’engin dépendent de la masse de l’astre survolé, de l’altitude du survol et de la vitesse relative à laquelle la manœuvre s’effectue. Si le survol s’effectue dans le sens de déplacement de la planète autour du Soleil, la sonde gagne de la vitesse. Si le survol s’effectue dans le sens inverse, la sonde perd de la vitesse. La trajectoire est à l’évidence calculée très précisément à l’avance afin que l’engin survole les planètes qu’il rencontre sans s’y écraser.

Cette technique est utilisée dans la plupart des missions planétaires. À titre d’exemple, sans l’assistance gravitationnelle de Jupiter, la sonde VOYAGER n’aurait jamais pu rencontrer Saturne puis Uranus et Neptune. La sonde GALILEO a quant à elle utilisé l’assistance gravitationnelle de Io, satellite de Jupiter, pour décélérer et pouvoir ainsi s’insérer en orbite jovienne. Jusqu'ici, une dizaine de sondes interplanétaires ont ainsi utilisé l’assistance gravitationnelle, ce qui leur a permis d'atteindre leurs objectifs plus rapidement et d'économiser du carburant.

**ANNEXE 12 : Défis technologiques reliés à l’exploration spatiale –**

**Renseignements pour l’enseignant (suite)**

Les orbites de transfert de Hohmann

Pour passer d’une orbite circulaire à une autre, un engin spatial doit activer ses fusées afin de modifier l’intensité ou la direction de sa vitesse vectorielle. Si la vitesse vectorielle de l’engin spatial augmente, le rayon de son orbite augmente aussi. L’activation des fusées nécessite du carburant donc le trajet qui nécessite le plus petit montant de carburant est critique dans toute manœuvre spatiale. Un transfert de Hohmann est une façon de passer d’une orbite circulaire à une autre dans un même plan en économisant du carburant. Pour passer d’une orbite plus basse à une orbite plus haute, les fusées de l’engin spatial sont activées afin d’augmenter la vitesse vectorielle. Lorsque l’orbite désirée est atteinte, les fusées sont à nouveau activées afin de ralentir l’engin spatial pour qu’il puisse avoir une orbite stable. Walter Hohmann a découvert en 1925 que la trajectoire la plus efficace pour transférer un objet entre deux planètes est une ellipse dont l'une des extrémités touche la première planète et l'autre la deuxième planète.

Lorsque vous vous déplacez sur la Terre, vous suivez en général une trajectoire qui vous amène droit vers votre destination, une destination qui demeure dans la même position relative vis-à-vis de votre point de départ. Ce n'est pas du tout le cas pour les sondes interplanétaires. La trajectoire que l'on imprime à un vaisseau spatial pointe dans une direction qui est totalement inoccupée au moment du départ. Ce n'est qu'au terme du voyage que le point d'arrivée sera occupé par la planète que l'on désire atteindre. C'est cette mobilité de la cible à atteindre et la ronde perpétuelle des planètes autour du Soleil qui explique que les lancements ne peuvent avoir lieu qu'à l'intérieur de périodes bien déterminées dans le temps. On désigne ces périodes propices aux lancements sous le nom de fenêtre de tir.

Bloc H