**ANNEXE 3 : L’énergie potentielle gravitationnelle – Renseignements pour l’enseignant**

Près de la surface de la Terre, le travail effectué pour soulever un objet est emmagasiné sous forme d’énergie potentielle gravitationnelle. L’équation pour calculer l’énergie potentielle gravitationnelle ($∆E\_{g}=mg∆h$) n’est utile que pour des objets près de la surface de la Terre, où on peut supposer que l’accélération gravitationnelle, g, est une valeur constante. Mais comment calculer l’énergie potentielle gravitationnelle pour un cas plus général, par exemple l’énergie potentielle gravitationnelle entre une planète et un satellite? Lorsque la distance entre deux masses varie grandement, la force gravitationnelle entre ces masses n’est pas constante. Elle est inversement proportionnelle au carré du rayon qui les sépare. Au bloc précédent, nous avons vu que la force gravitationnelle universelle est donnée par l’équation $\frac{Gm\_{1}m\_{2}}{r}$. Le graphique suivant démontre cette relation. Pour passer de $r\_{1}$à $r\_{2}$, il faut faire un travail qui surmonte la force d’attraction entre les deux objets. Ce travail fait que l’énergie potentielle gravitationnelle du système augmente.

 r1

r2

F1

 F2

Travail accompli pour augmenter la distance de séparation de r1 à r2.

L’aire sous la courbe du graphique ci-dessus est égale au travail effectué pour séparer les deux objets, tout comme l’aire sous la courbe d’un graphique de la force en fonction de la distance, étudié au premier regroupement. La zone rayée représente le travail nécessaire pour séparer deux objets de r1 à r2. Pour calculer l’aire sous la courbe de façon précise, il serait nécessaire d’utiliser des formules de calcul, mais ceci dépasse les attentes du cours de *Physique 40S*. On peut calculer sa valeur avec $-\frac{Gm\_{1}m\_{2}}{r}$.

Au fur et à mesure que la distance de séparation augmente, l’énergie potentielle gravitationnelle augmente. L’énergie potentielle gravitationnelle a une valeur de zéro lorsque la distance de séparation est infinie. Puisqu’on a donné de l’énergie pour arriver à une valeur de zéro, la valeur initiale de l’énergie potentielle gravitationnelle devait avoir une valeur négative. Le travail effectué pour séparer les masses est égal à la variation d’énergie potentielle gravitationnelle ($W=∆E\_{g}=E\_{g2}-E\_{g1}$).

Les élèves ont souvent de la difficulté à comprendre que l’énergie potentielle initiale a une valeur négative. Ce signe négatif indique qu’il y a une force d’attraction entre les deux masses et qu’il faut de l’énergie pour arriver à un potentiel de zéro. On appelle souvent ce type de relation d’énergie potentielle un « puits de potentiel ».

Bloc C

**ANNEXE 3 : L’énergie potentielle gravitationnelle – Renseignements pour l’enseignant (suite)**

**Libération du champ gravitationnel de la Terre**

Inviter les élèves à considérer la question suivante :

*- Avec combien d’énergie doit-on lancer une fusée pour qu’elle puisse échapper à l’attraction gravitationnelle de la Terre?*

À la surface de la Terre, une fusée possède une énergie potentielle gravitationnelle de $-\frac{Gm\_{Terre}m\_{fusée}}{r}$.

À une distance infinie, la fusée possèderait une énergie potentielle gravitationnelle nulle. Il faut donc lui fournir une énergie de $+\frac{Gm\_{Terre}m\_{fusée}}{r\_{T}}$ pour qu’elle s’échappe du champ gravitationnel de la Terre. Le montant d’énergie nécessaire pour surmonter les effets du champ gravitationnel de la Terre se nomme **énergie de liaison**. Si on veut lancer une fusée de la surface de la Terre avec assez d’énergie pour qu’elle puisse juste s’échapper du champ gravitationnel de la Terre, on doit lui donner une énergie cinétique égale à l’énergie potentielle gravitationnelle ($E\_{c}=+\frac{Gm\_{Terre}m\_{fusée}}{r\_{T}}$), donc $\frac{1}{2}mv^{2}=\frac{Gm\_{Terre}m\_{fusée}}{r\_{T}}$.

La **vitesse de libération** est la vitesse vectorielle minimum qu’un objet doit avoir pour surmonter les effets du champ gravitationnel de la Terre. On doit donner à l’objet assez d’énergie cinétique pour surmonter l’énergie de liaison de la Terre. Pour calculer la vitesse de libération, on obtient

 $v=\sqrt{\frac{2Gm\_{Terre}}{r}}$. À la surface d’autres planètes ou satellites, on utilise la masse de ces astres au lieu de celle de la Terre.

|  |  |
| --- | --- |
| vitesse de la fusée > vitesse de libération | La fusée s’échappe avec de l’énergie cinétique en excès. |
| vitesse de la fusée = vitesse de libération | La fusée arrive tout juste à s’échapper au champ gravitationnel de la Terre. |
| vitesse de la fusée < vitesse de libération | La fusée reste prise en orbite terrestre ou retombe à la surface de la Terre. |

Près de la surface de la Terre, la vitesse de libération a une valeur d’environ 11 km/s. La vitesse de libération est indépendante de la masse de l’objet. Cependant, une fusée très lourde aurait besoin de plus de carburant pour atteindre cette vitesse qu’une fusée plus légère.

Bloc C