

Partie 4. Le mouvement des planètes et l'interaction gravitationnelle

Pourquoi cette partie ?

Le but de cette partie est de faire prendre conscience qu'un objet en mouvement circulaire est soumis à une force ou une résultante de forces (puisque son mouvement n'est pas rectiligne), cette force étant souvent centripète.

Comme le demande le programme, du point de vue du champ expérimental, les élèves sont amenés à interpréter à la fois des mouvements dans notre environnement usuel à "portée de main" et le mouvement des astres en utilisant la loi de l'interaction gravitationnelle.

Informations pour la préparation de la partie

Le modèle doit être distribué et commenté après l'activité 1 et avant l'activité 2.

Activité 1 : Le mouvement de la Lune

Pourquoi cette activité ?

L'objectif de cette activité est de constater :

- la nécessité de la non-compensation des forces appliquées à un système lorsque celui-ci a une trajectoire circulaire
- que dans certains cas de mouvements circulaires l'objet est soumis à une force dirigée vers le centre de la trajectoire.

Commentaires sur le savoir à enseigner et information sur le contenu disciplinaire

Du point de vue de la physique, lors d'un mouvement circulaire uniforme, c'est la résultante des forces appliquées au système qui est centripète. La notion de résultante n'étant pas accessible ici, nous nous contentons d'observer que dans quelques cas, il est possible d'identifier une force dirigée vers le centre de la trajectoire (les autres forces se compensant).

Pour atteindre cet objectif, nous avons choisi de travailler sur des situations dans notre environnement quotidien (question 2).

La question 3 permet de rappeler que la force qui s'exerce sur l'objet n'est pas dans la direction du mouvement (cf. Partie III, activité 2).

Informations sur le comportement des élèves et sur la façon de prendre en compte leurs difficultés

Les élèves sont mis devant une situation très différente de celles qu'ils ont étudiées précédemment. Il est important de leur montrer la cohérence entre les différentes parties et de souligner à nouveau la nécessité de s'appuyer sur le modèle pour répondre à la question 1.

Pour la question 2, les élèves sont inventifs. Ils ont par exemple proposé comme dispositifs : une gouttière circulaire, un objet (attaché à une ficelle) poussé constamment avec un doigt, une roulette de casino, des sèche-cheveux qui soufflent sur une balle de ping-pong, une essoreuse, un couple de patineurs sur la glace (l'un des patineurs tournant sur lui-même et l'autre tournant autour de son partenaire tenu par un bras), une petite voiture à moteur ou à friction attachée à un fil fixé à un pivot, la trotteuse d'une montre ...

Pour la question 3, les élèves ont du mal à trouver la direction de la force exercée par la Terre sur la Lune.

Corrigé

1. Les forces exercées sur la Lune ne se compensent car son mouvement n'est pas rectiligne uniforme.

2. Pour la correction, le professeur choisit un exemple simple, facile à modéliser, si possible parmi ceux proposés, pour lequel l'élève a la possibilité de "sentir la force centrale" et pour lequel les élèves peuvent avoir une idée de la direction et du sens de la force (couple de patineurs sur la glace, fronde horizontale, petite voiture). Le professeur peut leur demander de représenter les forces pour l'exemple choisi.

En conclusion de cette question, le professeur précisera qu'un objet en rotation uniforme est souvent soumis à une force centrale : c'est en particulier le cas de la Lune.

Activité 2 : Utilisation de la loi de l'interaction gravitationnelle.

Pourquoi cette activité ?

Cette activité permet aux élèves d'appliquer la loi de l'interaction gravitationnelle, et de relier la grandeur poids d'un corps (vue au collège) à la force exercée par la Terre sur ce corps.

Commentaires sur le savoir à enseigner et information sur le contenu disciplinaire

Conformément au programme, nous avons volontairement assimilé la force exercée par la Terre sur un objet au poids de cet objet.

Le professeur n'évoque pas la différence entre ces deux forces, différence ayant pour origine la rotation de la terre.

Informations sur le comportement des élèves et sur la façon de prendre en compte leurs difficultés

Les élèves ne se rappellent pas la formule qui donne le poids d'un objet sur Terre ni sur la Lune, même s'il l'ont vue au collège.

Lorsqu'on demande aux élèves de justifier pourquoi la force exercée par un élève sur la terre est opposée à celle exercée par la Terre sur cet élève, beaucoup répondent d'emblée : " parce que ces forces se compensent " alors qu'ils devraient répondre " par principe (modèle des interactions) ".

A partir d'un schéma où les deux forces d'une interaction entre deux objets A et B sont représentées, certains élèves ont du mal à identifier quelle est la force exercée par A sur B et inversement.

A la fin de cette partie, si le temps le permet, l'enseignant pourra proposer une simulation à l'aide d'Interactive Physique au sujet de la trajectoire d'un projectile. L'objectif de cette activité peut être, comme le demande le programme, d'interpréter le "mouvement de la Lune (ou d'un satellite) par extrapolation du mouvement d'un projectile".

Corrigé

1. $F_{T/L} = 1,98.10^{20}$ N.

2. Pour une masse de 60 kg, $F_{T/el} = 5,9.10^2$ N. $F_{T/el} = P = 5,9.10^2$ N.

5. $F_{L/el} = GM_L m / R_L^2 = 97 \text{ N}$ pour une masse de 60 kg.
 $g_L = F_{L/el} / m = 1,6 \text{ N.kg}^{-1}$ (g_L est six fois plus petit que g_T).