

Partie 3 : Principe de l'inertie et autres lois de la mécanique ; application à la modélisation des frottements

Pourquoi cette partie ?

Cette partie vise à :

- introduire le principe d'inertie ainsi que la deuxième loi de Newton (sans la nommer) en terme de variation de vitesse et non d'accélération ;
- introduire le vecteur vitesse et sa décomposition selon deux directions perpendiculaires dans le but d'étendre l'application du principe de l'inertie à ces deux directions ;
- étudier l'influence de la masse sur le mouvement ;
- mettre en œuvre le principe d'inertie sur des situations avec frottements pour modéliser ces frottements.

Informations pour la préparation de la partie

Temps estimé pour la partie : au moins 3h pour les 5 premières activités, l'activité 6 est facultative.

Les élèves disposent des deux modèles précédents (modèle du mouvement et modèle complet des interactions), ainsi que du modèle des lois de la mécanique qui leur est distribué dès le début de la séance.

Au cours de cette partie, les élèves vont :

- réaliser des « expériences simples »
- reprendre l'activité 5 de la partie I
- utiliser le logiciel « Interactive Physique » (le fichier utilisé dans l'activité 4 est téléchargeable sur le site académique).

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

Le programme impose de réserver le nom « principe d'inertie » à l'énoncé « **Si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors la vitesse du système et la direction du mouvement ne varient pas** » pour des raisons historiques. Nous avons respecté ce choix dans le modèle même si ceci nous paraît n'avoir que peu d'intérêt (autre qu'historique). En effet, en physique, le principe d'inertie est aujourd'hui formulé comme une équivalence, ce qui sera le cas dès la 1^{ère} S.

Dans ce chapitre, nous avons choisi des exemples variés pour lesquels les forces se compensent ou ne se compensent pas. Nos expérimentations nous suggèrent qu'il est nécessaire de donner aux élèves des critères facilement utilisables pour identifier et distinguer ces différents types de situations.

On peut par exemple proposer aux élèves de terminer le chapitre par un bilan leur donnant des critères simples tels que ceux ci-dessous :

- Aucune force ne s'exerce sur le système : on considère que « les » forces se compensent ;
- Une seule force s'exerce sur le système : « les » forces ne se compensent pas ;
- Deux forces s'exercent sur le système :
 - o si les forces ont même valeur, même direction et sont de sens opposé alors elles se compensent ;
 - o dans tous les autres cas (prendre le temps d'explicitier les différents cas, schémas à l'appui, en particulier si les directions sont différentes), les forces ne se compensent pas.
- Trois forces ou plus s'exercent sur le système. On se limite au seul cas de forces ayant une direction commune :
 - o si la somme des valeurs des forces qui s'exercent dans un sens est égale à la somme des forces qui s'exercent dans l'autre, alors les forces se compensent ;
 - o sinon, elles ne se compensent pas.

Activité 1 : Aristote ou Galilée

Pourquoi cette activité ?

Cette activité a pour but :

- de réfléchir à l'opération de modélisation ;
- d'expliciter les choix faits par les physiciens qui ont contribué à l'élaboration des modèles de la mécanique et en particulier les choix effectués par Galilée puis par Newton ;
- de faire prendre consciences aux élèves de l'erreur classique consistant à penser qu'une force dirigée et orientée selon le mouvement est toujours nécessaire à ce mouvement. Cette erreur persiste encore à l'Université et mérite donc qu'on s'y attarde ;
- d'introduire le principe de l'inertie.

Informations pour la préparation de l'activité

On prend comme exemples le mouvement d'un MB lancé à la verticale puis celui d'un palet sur une patinoire. Pour chaque situation, les élèves disposent de deux représentations des forces s'exerçant sur les systèmes :

- l'une qualifiée d'intuitive, proche d'une conception aristotélicienne et encore très répandue ;
- l'autre cohérente avec le point de vue de Galilée et donc avec le modèle de la mécanique de Newton enseigné en classe de Seconde.

Les élèves doivent avoir sous les yeux le modèle des interactions (1^{re} et 2^{ème} parties).

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

On peut s'attendre à ce que beaucoup d'élèves considèrent qu'une force (l'élan, impetus, etc.) permet au MB de s'élever, qu'éventuellement elle diminue. Cela explique que le MB finisse par retomber. Selon ce point de vue, une force orientée dans le sens du mouvement est nécessaire. Nous renonçons à trouver une situation convainquant les élèves que cette force n'est pas nécessaire au mouvement. Il faut se contenter de les convaincre d'un argument du type: il n'y a pas de force dans le sens du mouvement car il n'existe pas de système qui l'exerce. De cette manière, on use d'un argument issu du modèle enseigné pour combattre la représentation intuitive. La méthode est critiquable. On peut espérer convaincre les élèves que le point de vue de la physique (et donc de Galilée) permet d'interpréter la situation de façon satisfaisante. Cette activité n'a pas d'autre ambition. Nous n'avons pas cherché à mettre en confrontation le point de vue de Galilée à celui d'Aristote, ce dernier étant bien plus riche que le résumé que l'on peut en faire à ce niveau. Nous nous contentons de faire prendre conscience aux élèves de l'une de leurs erreurs classiques. Signalons que cette erreur persistera malgré tout chez certains.

Le professeur doit veiller à ne pas laisser croire qu'il n'y a **jamais** de force dans la direction et le sens du mouvement. D'ailleurs, la situation 2 de l'activité 2 fait justement intervenir une telle force.

Ici, l'action de l'air est négligée de façon à pouvoir se ramener à deux forces.

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

La partie A de cette activité ne pose pas de difficultés majeures car la situation du médecine-ball est familière. Dans la partie B :

- on néglige l'action de l'air devant les autres. Cela dérouté les élèves. Il faut donc leur expliquer dans quelles conditions cette simplification est légitime ;
- la question 3 permet de préciser les caractéristiques de deux forces qui se compensent. C'est la

première fois que les élèves sont confrontés à cette question et nous avons constaté que la notion de forces qui se compensent pose problème. En effet, lorsqu'ils ont affaire par exemple à deux forces de même valeur qui ne sont pas colinéaires, les élèves considèrent souvent qu'elles se compensent ;

- la question 4 donne l'occasion de faire fonctionner le principe de l'inertie à partir d'une représentation de forces pour en déduire des informations sur le mouvement ce qui est rarement le cas.

Corrigé



Partie A

- 1- Diagramme MB-interaction :
- 2- Le groupe d'élève A a effectué une analyse intuitive de cette situation car il a représenté une force dans la direction et le sens du mouvement.
- 3-
 - a- Le système 1 représente le système Terre et le système 2 représente le système air. Pour le groupe d'élève A, le système 3 peut représenter soit « la force de la main » (hors celle-ci n'est pas en contact avec le MB), soit la « force de l'élan », « de la vitesse », etc.
 - b- D'après le diagramme MB-interaction, seul deux systèmes sont en interaction avec le système MB : le système Terre et le système air. La force étant la modélisation de l'interaction, il y aura deux forces qui s'exerceront sur le système MB :
 - la force exercée par la Terre $\vec{F}_{Terre/MB}$, de direction verticale, orientée vers le bas ;
 - la force exercée par l'air $\vec{F}_{Air/MB}$, de direction verticale, orientée vers le haut.

Partie B

- 1- Diagramme palet-interaction :
- 2- Le groupe d'élève B a effectué une analyse intuitive de cette situation car il a représenté une force dans la direction et le sens du mouvement.
- 3- Le système 1 représente le système Terre et le système 2 représente le système glace.
- 4-
 - a- D'après le principe de l'inertie (énoncé A1), le mouvement du palet étant considéré rectiligne et uniforme, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur le palet se compensent.
 - b- D'après la représentation du groupe d'élèves A, deux forces se compensent si et seulement si, ces deux forces ont :
 - même direction,
 - des sens opposés,
 - même valeur (même longueur pour les vecteurs).
- 5- Pour la représentation du groupe d'élèves B, les forces exercées sur le palet ne se compensent pas ; on peut alors affirmer en utilisant l'énoncé B2 du principe de l'inertie que le mouvement du palet ni rectiligne et uniforme, ni immobile.



Activité 2 : Utilisation du principe d'inertie

Pourquoi cette activité ?

Cette activité mettant en jeu deux situations successives (maintenir enfoncée dans l'eau une balle de ping-pong puis la lâcher) vise à faire utiliser le modèle des lois de la mécanique par les élèves pour qu'ils puissent construire un sens au principe d'inertie. Pour la première fois, connaissant le mouvement du système étudié, les élèves déduisent des informations sur les forces qu'il subit.

Cela permet une nouvelle fois de mettre en évidence que pour interpréter une situation expérimentale il est inévitable de se référer aux modèles. L'élève va en effet devoir s'appuyer sur le modèle des interactions ainsi que sur celui des lois de la mécanique.

Informations pour la préparation de l'activité

Utiliser une balle qui flotte (de préférence une balle en caoutchouc car une balle de ping-pong remonte un peu trop rapidement à la surface de l'eau).

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

Suivant le niveau des élèves, il est possible d'illustrer par des exemples le fait que les lois énoncées dans le modèle ne sont valides que si le mouvement est décrit dans un référentiel galiléen. Par exemple, si on étudie un objet « immobile » dans un train qui freine, selon le référentiel dans lequel on se place (train ou terrestre), on conclut que les forces se compensent ou non.

L'énoncé A. 2 correspond à l'énoncé historique du principe d'inertie, mais dans la pratique, on l'utilise peu car on peut affirmer que les forces se compensent que si l'on sait que le mouvement est rectiligne uniforme.

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

L'expérience « balle de ping-pong dans l'eau » a été choisie car l'élève sent la force exercée par l'eau, mais il doit ensuite dépasser le stade de la perception et penser à l'action de la Terre. Certains élèves ont vraiment du mal à admettre que la Terre agit aussi sur la balle lorsque celle-ci est dans l'eau. Une façon de leur faire admettre est de leur dire que la Terre « ne sait pas » si la balle est dans l'eau ou non : elle exerce toujours une force sur la balle.

L'expérimentation a montré qu'il était absolument nécessaire que les élèves puissent réaliser les expériences tout au long de cette activité. Certains ont besoin de la réaliser plusieurs fois.

Contrairement au professeur qui globalise tout de suite la situation, l'élève va procéder par étapes et cela nécessite donc du temps.

En présentant cette activité le professeur doit insister sur le choix du système balle.

Pour la situation 2, nous avons fait le choix de laisser les élèves autonomes pour répondre aux questions ; nous n'imposons pas d'activités intermédiaires (diagramme balle-interaction et inventaire des forces). Le professeur pourra faire remarquer que, finalement, on ne peut faire l'économie de cette démarche pour interpréter une situation.

Corrigé

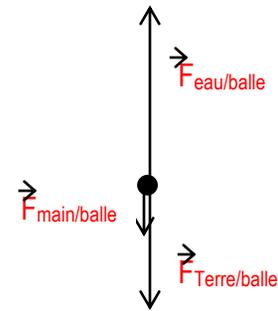
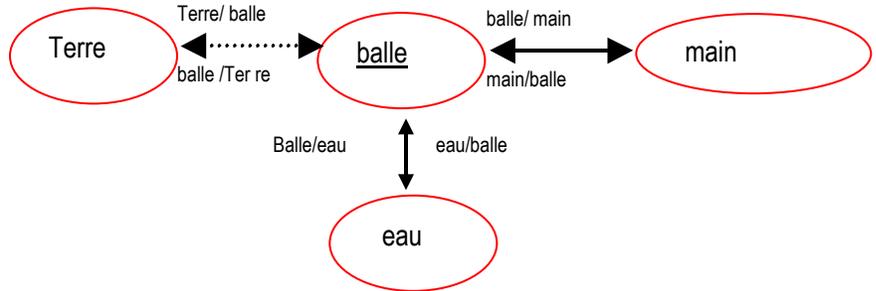
Situation 1

1) Diagramme Balle – Interactions :

La balle est immobile

Les forces qui s'exercent sur le système balle sont :

- la force exercée par la main de l'élève $\vec{F}_{M/B}$, de direction verticale, orientée vers le bas ;
- la force exercée par la Terre $\vec{F}_{T/B}$, de direction verticale, orientée vers le bas ;
- la force exercée par l'eau $\vec{F}_{E/B}$, de direction verticale, orientée vers le haut.



2) L'énoncé A₁ permet de dire que les forces exercées sur la balle se compensent.

3) Sur le schéma, la somme des longueurs des vecteurs représentant les deux forces exercées vers le bas ($F_{M/B}$ et $F_{T/B}$) doit être égale à la longueur du vecteur représentant la force exercée vers le haut ($F_{E/B}$).

Situation 2

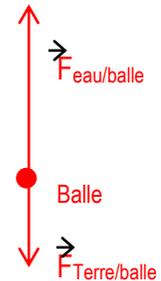
1) L'élève a lâché la balle, donc il n'exerce plus de force sur elle. Les forces qui s'exercent sur la balle sont uniquement $\vec{F}_{T/B}$ et $\vec{F}_{E/B}$, leurs caractéristiques étant inchangées.

2) L'énoncé B₁ du modèle permet de dire que les forces exercées sur le système balle ne se compensent pas.

Remarque : le modèle dont les élèves disposent ne permet pas de dire que « la valeur de la force exercée par l'eau sur la balle est plus grande que la valeur de la force exercée par la Terre sur la balle ». On compte ici sur l'intuition des élèves.

3) La représentation des forces est la suivante :

La main n'exerce plus d'action sur la balle. Le système main n'agissant plus, la force $\vec{F}_{M/B}$ n'existe plus. Les deux autres forces ont gardé les mêmes caractéristiques (direction, sens et valeur).



Activité 3 : Quelles forces s'exercent sur une balle lancée à l'horizontale ?

Pourquoi cette activité ?

Jusqu'à maintenant, la vitesse était réduite à sa valeur. Le programme propose d'analyser des mouvements enregistrés par vidéo ou des chronophotographies (mouvement des projectiles par exemple). Il est alors tentant d'introduire la vitesse horizontale v_x et la vitesse verticale v_y pour pouvoir appliquer les lois de la mécanique selon chacune de ces deux directions.

Cette activité vise à faire utiliser les lois de la mécanique en mettant en œuvre cette décomposition à l'aide d'une technique de projection. Cette opération est indispensable pour certaines utilisations des lois de la mécanique.

Informations pour la préparation de l'activité

Pour cette activité, on peut utiliser l'enregistrement du document d'accompagnement du GTD p. 103. Pour la question 6, nous avons utilisé l'une des vidéos moto.avi, velocorbeille.avi ou vélo.avi jointes.

Cette activité est une première introduction à la décomposition d'un mouvement selon deux directions. Le professeur doit montrer comment la balle est lancée : il la lance horizontalement.

Il semble préférable de distinguer la chronophotographie du document distribué où la balle est représentée par un cercle. Avantage : on ne mélange pas la photo de l'objet et le traitement "formel" de la trajectoire du centre du cercle.

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

Dès qu'il veut interpréter finement une situation, le physicien représente la vitesse par un vecteur. Nous nous limitons ici à la chute d'un projectile et nous avons choisi de parler seulement de vitesse horizontale et de vitesse verticale, sans définir le vecteur vitesse car cette notion est complexe pour un élève de seconde et hors programme.

Le professeur peut définir ou faire proposer par ces élèves une définition des vitesses horizontale et verticale, par exemple : la vitesse horizontale est le quotient de la distance parcourue horizontalement et de la durée mise pour parcourir cette distance.

Le professeur peut approfondir le travail en terminant la question 4 en faisant référence au principe d'inertie. Pour l'élève, il s'agit alors de comprendre que les forces qui s'exercent sur un système n'a pas d'effet sur la valeur de la vitesse suivant une direction perpendiculaire à la direction de la somme de ces forces. De même, si un mouvement est plan (y compris rectiligne), on peut déduire que la somme des forces est nulle dans la direction perpendiculaire au plan (ou à la droite). Sous cette forme générale, l'exercice est alors opératoire (par exemple, dans le cas d'un mouvement dans un plan cet énoncé permet ou permettra d'interpréter l'absence de mouvement dans une direction perpendiculaire à ce plan. De même, dans le chapitre 4, pour un mouvement circulaire uniforme, il sera possible d'assimiler la somme des forces à une force centrale). Nous nous sommes limités au cas des projectiles lancés au voisinage de la Terre.

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

Les élèves réalisent l'activité sans problème majeur mais sans pour autant avoir mis du sens dans la décomposition du mouvement.

Ils ont peu souvent l'occasion de représenter une trajectoire. Cette question leur en fournit une. De plus, il

est utile de distinguer trajectoire et chronophotographie.

Corrigé

1- La force qui s'exerce sur le système balle est la force exercée par la Terre $\vec{F}_{T/B}$, de direction verticale, orientée vers le bas.

2b Le mouvement n'est pas uniforme car la distance séparant deux positions successives du centre de la balle à intervalle de temps constant varie.

3) a. Les distances parcourues horizontalement entre deux positions successives restent constantes.

3) b Les distances parcourues verticalement entre deux positions successives augmentent.

3) c La durée entre deux positions successives étant constante:

- la réponse à la question 3a permet d'affirmer que la valeur de la vitesse horizontale est constante. Le mouvement horizontal est uniforme ;
- la réponse à la question 3b permet d'affirmer que la valeur de la vitesse verticale n'est pas constante, elle augmente. Le mouvement vertical n'est pas uniforme.

4) La force qui s'exerce sur la balle (son poids) n'a pas d'effet sur la valeur de la vitesse horizontale. En revanche, elle fait varier la valeur de la vitesse verticale. On l'interprète par le fait que la force ayant une direction verticale, elle fait varier la valeur de la vitesse selon cette direction. Elle n'a aucun effet sur la valeur de la vitesse selon une direction perpendiculaire.

5) La force qui s'exerce sur le système balle est inchangée par rapport à la situation précédente. Les résultats auxquels nous sommes parvenus restent valides (l'action de l'air étant toujours négligée) :

- la vitesse horizontale de la balle va rester constante ;
- la vitesse verticale va varier.

Si les élèves ne trouvent pas seuls, il est intéressant qu'une fois la solution donnée, ils prennent conscience de l'intérêt de cette démarche. Le professeur peut pour cela leur demander de représenter l'allure qu'aurait la chronophotographie du mouvement étudié.

6).

La balle touche le sol :

- en avant du cycliste
- au même niveau que le cycliste
- en arrière du cycliste

La valeur de la vitesse horizontale de la balle est :

- plus faible que celle du cycliste
- plus grande que celle du cycliste
- la même que celle du cycliste

Dans le référentiel route, la trajectoire du centre de la balle est :



Dans le référentiel cycliste (ou motard), cette trajectoire est :



La vitesse initiale de la balle est égale à celle du cycliste. La balle n'étant soumise qu'à son poids (de direction verticale), la valeur de sa vitesse horizontale reste constante. Horizontalement, la balle et le cycliste parcourent les mêmes distances. La balle reste à côté du cycliste au cours de sa chute et touche le sol au même niveau que ce dernier.

Activité 4 : utilisation du logiciel "Interactive physique"

Pourquoi cette activité ?

Cette activité donne à l'élève l'occasion de mieux maîtriser les notions de vitesses horizontale et verticale et l'application du principe d'inertie selon deux directions.

Elle sera l'occasion de distinguer une vidéo d'une simulation et de faire réfléchir l'élève sur le rôle d'un modèle dans une simulation.

Informations pour la préparation de l'activité

Cette activité fait intervenir une simulation grâce à "Interactive physique". Le fichier correspondant s'appelle « Activité3 ». Pour différentes directions de lancement, on met en évidence grâce à la grille que la vitesse horizontale est toujours constante alors que la vitesse verticale varie. Cela montre que le concepteur du logiciel a bien utilisé le même modèle que nous.

Le professeur peut réaliser lui-même ou faire réaliser la simulation par chaque groupe.

L'intérêt du logiciel est de pouvoir tracer les différentes positions du mobile.

Il peut être intéressant de faire prévoir aux élèves ce qui se passerait « sur la Lune », puis de simuler pour comparer aux prédictions en modifiant la valeur de la pesanteur. On peut demander également de prévoir les résultats de « la même expérience » sur Mars, en leur disant que Mars « attire moins » que la Terre mais plus que la Lune ... puis faire la simulation.

Ces comparaisons constituent une bonne introduction pour la partie suivante sur l'interaction gravitationnelle.

On peut aussi utiliser le CD-rom de seconde de Hatier (simulateur Newton).

Paramètres initiaux : Se placer sur Terre. Vitesse initiale $v_x = 7 \text{ m/s}$; $v_y = 0 \text{ m/s}$. Se placer ensuite sur la Lune.

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

En accord avec notre souci de distinguer l'expérience du modèle, il nous paraît important de préciser que la simulation n'est qu'une façon de visualiser les règles d'un modèle et n'a pas le même statut qu'une vidéo.

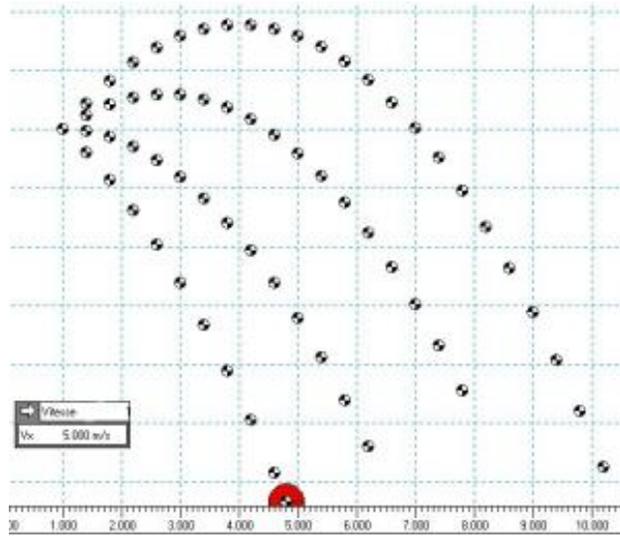
Informations sur le comportement des élèves et sur la façon de prendre en compte leurs difficultés

Les élèves savent que la Lune attire le même objet moins fort que la Terre, et arrivent à prévoir que la vitesse horizontale sera la même et que la vitesse verticale sera plus petite, donc la balle mettra plus longtemps pour arriver sur le sol et elle ira plus loin que sur la Terre. Ils sont très satisfaits d'avoir réussi à prévoir ce que va faire le simulateur.

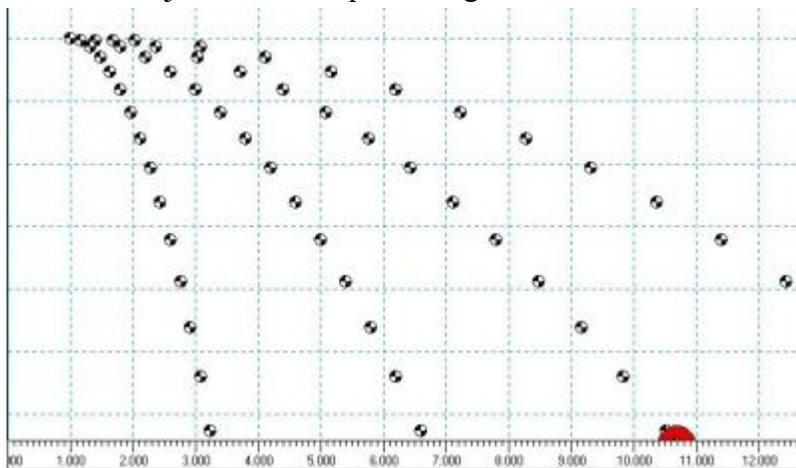
Pour évaluer les élèves, il est possible de faire un exercice sur l'étude du mouvement de la balle lâchée par un cycliste se déplaçant en ligne droite, à vitesse constante dans le référentiel de la Terre en utilisant les lois de la mécanique.

Corrigé

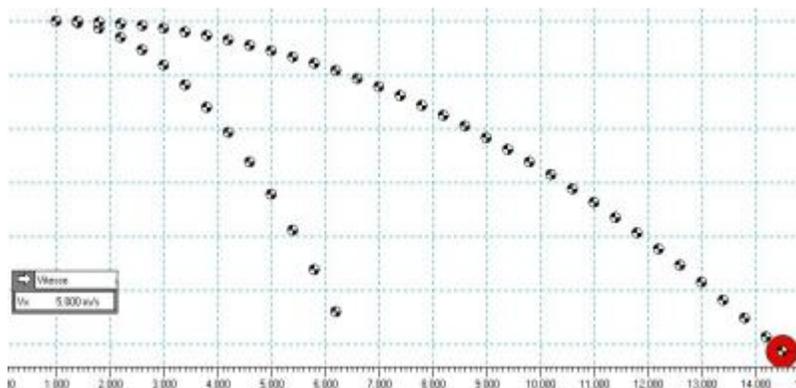
Les élèves font varier la vitesse verticale initiale sans changer la vitesse horizontale. En laissant les traces successives (avec $v_x = 5 \text{ m.s}^{-1}$), on obtient le document ci-dessous.



On peut aussi effectuer plusieurs simulations avec des vitesses horizontales différentes et constater que la vitesse horizontale de l'objet reste à chaque fois égale à la vitesse horizontale initiale.



Après avoir fait la prédiction concernant la Lune (ou Mars), ils peuvent changer la valeur de la pesanteur (bouton « Monde », puis « gravitation »).



On ne demande pas de trace écrite pour cette activité.

Activité 5 : Influence de la masse sur le mouvement

Pourquoi cette activité ?

Cette activité doit permettre à l'élève de prendre conscience que la modification de la valeur de la vitesse et/ou de la direction du mouvement d'un corps dépend de la masse du corps.

Elle donne l'occasion de faire une prédiction, de réaliser une expérience simple pour vérifier leurs affirmations et de comparer deux situations.

Informations pour la préparation de l'activité

Une balle a été remplie d'eau. Les deux balles sont placées côte à côte sur un plan horizontal

Un sèche-cheveux peut-être utilisé pour souffler. Cette expérience nous a semblé la plus simple à mettre en œuvre pour être sûr que la force exercée est bien la même sur les deux balles. Peu importe si d'autres forces s'exercent et qu'elles s'annulent. Ce qui compte est que la modification du mouvement soit due à une même force pour les deux balles.

Cette activité ne fait pas appel à l'utilisation d'un modèle.

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

Le programme parle de l'effet différent d'une même force sur des objets de masses différentes. Ces termes font en fait référence à la relation fondamentale de la dynamique et l'expression « même force » désigne « même résultante ». Il faut donc choisir des situations pour lesquelles la résultante est effectivement égale à la force considérée (les autres forces se compensant). La situation proposée ici remplit cette condition.

Attention, dans le cas de mouvement sous l'action des seules forces de pesanteur ou de forces dont la valeur est proportionnelle à la masse (cas du pendule de TS), le mouvement ne dépend pas de la masse.

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

Les élèves n'ont pas de difficulté à prédire la différence de mouvement entre les deux balles.

Corrigé

Conclusion du professeur : si une « même force » est appliquée à des systèmes de masses différentes, la variation de la vitesse de chacun de ses systèmes sera différente, plus la masse est grande moins la variation de vitesse sera grande.

Activité 6 : Frottements dus à un fluide et frottements dus à un solide

Pourquoi cette activité ?

Dans de très nombreux exercices de seconde, on peut tenir compte ou non des frottements. Le choix est souvent fait par le concepteur de l'exercice ou le professeur à partir de connaissances qui restent implicites (et dont les élèves ne disposent pas forcément).

Il nous semble que nous pouvons, dans le cadre du programme de seconde, aider les élèves à modéliser les frottements, ce qui constituera une aide pour analyser la plupart des situations proposées. Quant on

demande de "négliger les frottements", seul le physicien voit immédiatement ce que cela implique quand aux forces. De plus, "négliger les frottements" ne conduit pas aux mêmes modification des forces si les frottements sont dus à un fluide ou à un solide : dans le 1^{er} cas, c'est l'action tout entière du fluide qui est éliminée, dans le 2nd c'est une des composantes de cette action qui est éliminée. Cette activité vise donc, en utilisant le principe d'inertie, à aider les élèves à comprendre comment le physicien modélise les frottements dans le cadre du modèle des interactions.

Informations pour la préparation de la l'activité

Cette activité dépasse le cadre strict du programme de 2nde. Elle n'est donc pas obligatoire mais les propositions d'exercices de cette partie supposent qu'elle a été faite par les élèves.

Le modèle des frottements doit être donné sur une feuille séparée du modèle des lois de la mécanique ; il doit être distribué aux élèves à la fin de la partie A de l'activité.

Pour la partie A, il est conseillé de faire utiliser *Interactive Physics* aux élèves.

Pour la partie B, il faut disposer d'un objet suffisamment lourd qui frotte beaucoup sur la planche pour que la perception des actions par les élèves soit favorisée (en particulier l'élève doit sentir qu'il agit même lorsque l'objet est immobile). La potence ayant servi à l'expérience pierre-élastique convient mais tout objet massif également (une bobine, un rhéostat...). Il est important de poser cet objet sur une planche en bois pour pouvoir incliner le support. Les frottements doivent être suffisants pour que l'objet reste immobile sur la planche même avec une inclinaison nettement observable.

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

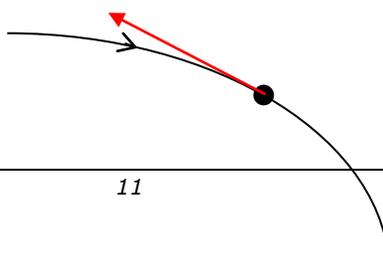
Dans le cas des frottements solide, le choix de modélisation des actions (à une interaction correspond une seule force sur le système considéré) impose de *ne pas parler*, dans le cadre de la seconde, de *force de frottements*. Entre une situation où l'on néglige les frottements et une situation où on les garde, la direction de la force exercée par le support change. Ce qu'on appelle la force de frottements s'apparente, dans le cadre du modèle utilisé, à la composante tangentielle de la force exercée par le support. Ceci ne veut pas dire qu'il serait faux de décrire par deux forces l'action du support ("réaction" et "frottements") comme il est souvent fait mais ceci ne serait pas en cohérence avec le modèle des interactions de la classe de seconde. Cette règle de modélisation (à une interaction une force) sera d'ailleurs abandonnée par la suite (en TS par exemple, on décrit bien l'action de l'air par la poussée d'Archimède et une force de frottements) mais ce changement de point de vue sera justifiée.

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

Corrigé

A- Frottements dus à un fluide

- 1) pendant la montée du MB : force vers le bas
pendant la descente du MB : force vers le haut.
- 2) L'air s'oppose au déplacement (impression que l'on a en faisant du vélo par exemple) : la direction de la force exercée par l'air sur la balle est celle du mouvement et son sens est opposé au sens du mouvement.
- 3)

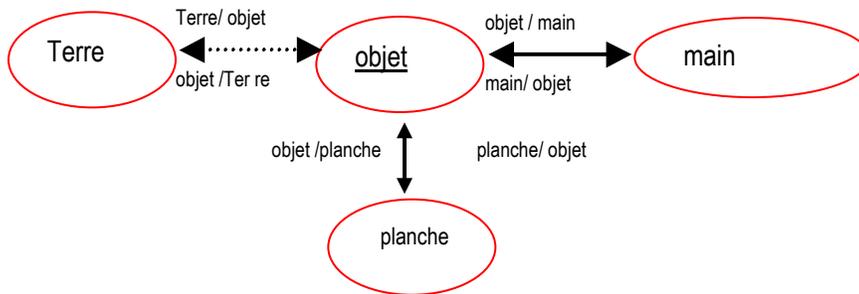


- 4) La force indiquée par le logiciel est bien tangente à la trajectoire et de sens opposé à celui du mouvement.

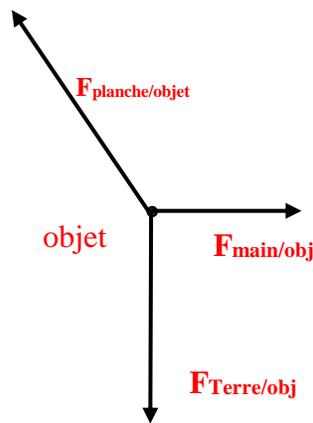
B- Frottements dus à un solide

- Dans un premier temps, on laisse la planche horizontale. Essayer, sans forcer, de faire glisser cet objet sur la planche en exerçant une action horizontale, le support ne bougeant pas.

1)

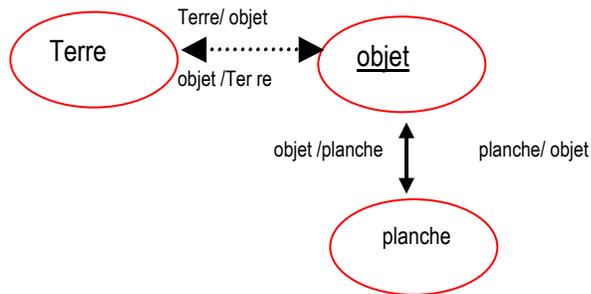


- 2) D'après le modèle des lois de la mécanique (énoncé A1) les forces exercées sur l'objet se compensent car l'objet est immobile.

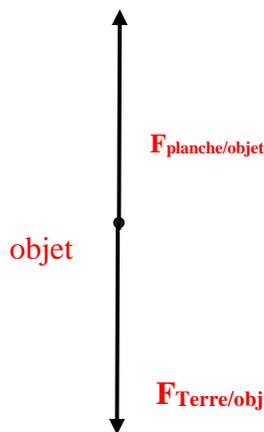


- 3)
 4) C'est le fait que la force de la planche sur l'objet ne soit pas verticale qui indique qu'il y a "des frottements entre la planche et l'objet". Cette force a une composante horizontale qui compense la force de la main sur l'objet.
 5) Oui il y a toujours des frottements entre la planche et l'objet, même lorsque l'objet glisse.
 6) C'est la composante non verticale de la force du support sur l'objet qui rend compte des frottements : si cette force est décrite verticale c'est qu'on a négligé les frottements.

- situation où l'on incline légèrement la planche.
- 1) diagramme système-interaction.



- 2) D'après le modèle des lois de la mécanique (énoncé A1) les forces exercées sur l'objet se compensent car l'objet est immobile.
- 3)



- 4) C'est ici le fait que la force de la planche sur l'objet ne soit pas perpendiculaire à la planche qui indique qu'il y a des frottements, ce qui généralise le cas précédent (cas d'une planche horizontale).