

# Interaction et force

## Document professeur

### Préambule

Ce chapitre couvre la partie suivante du programme :

2. Modéliser une action sur un système	
Modélisation d'une action par une force.	Modéliser l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force. Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction, un sens.
Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton).	Exploiter le principe des actions réciproques.
Caractéristiques d'une force. Exemples de forces : - force d'interaction gravitationnelle ; - poids ; - force exercée par un support et par un fil.	Distinguer actions à distance et actions de contact. Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues <i>a priori</i> . Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle. Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète. Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.

Il s'agit pour une bonne partie de réinvestir des notions vues au cycle 4.

- Par l'intermédiaire des deux premières activités, nous introduisons d'abord les concepts de système et d'interaction (déjà vus au collège) et une première approche du principe des actions réciproques :
  1. Introduction de la notion d'action suivie de l'introduction de la première partie du modèle qui permettra à l'élève de faire l'inventaire des interactions dans lesquelles est impliqué un système.
  2. Première mise en œuvre du modèle des interactions.
  3. Différentes situations d'interactions pour un système choisi.
- Dans un second temps, nous introduisons, grâce à une activité en deux parties, le concept de force (également déjà vu au collège) et sa représentation vectorielle :
  1. Activité physique permettant aux élèves d'effectuer par eux-mêmes des actions sur un médecine-ball et de décomposer le mouvement en différentes phases.
  2. Analyse des interactions lors du mouvement du médecine-ball suivie de l'introduction de la 2<sup>ème</sup> partie du modèle (force).
- Enfin dans un dernier temps, nous introduisons dans deux activités des exemples de forces classiques où les élèves sont amenés à se familiariser avec leurs caractéristiques vectorielles pour préparer leur utilisation dans le chapitre suivant (Principe de l'inertie).

Le chapitre 3 permettra en effet d'établir des liens entre actions et variation de la vitesse.

Nous reprenons ainsi la progression proposée par J.C. Guillaud (thèse de didactique : "Enseignement et apprentissage du concept de force en classe de troisième" soutenue en 1998 à l'université Joseph Fourier (Grenoble)).

- Le modèle des « interaction et force » est introduit en deux parties bien que ce ne soit que dans sa totalité qu'il puisse prendre toute sa signification pour l'élève. On comprend bien la notion d'interaction (première partie) quand on peut lui associer une représentation en termes de force (seconde partie).  
Luc Valentin propose dans « L'univers mécanique » (1983, seconde édition 1995 Hermann) une réflexion analogue sur les lois de la mécanique :

"Après avoir décrit les mouvements sans souci de ce qui les produit, nous allons maintenant chercher à les interpréter. L'objet de la dynamique est, en effet, de trouver, sinon les causes des mouvements, du moins le " je ne sais quoi " qui les régit. Il existe plusieurs façons d'atteindre ce but. Ici, j'exposerai uniquement la démarche, introduite par Galilée et formalisée par Newton, qui consiste à invoquer des forces dès qu'un objet change de vitesse.

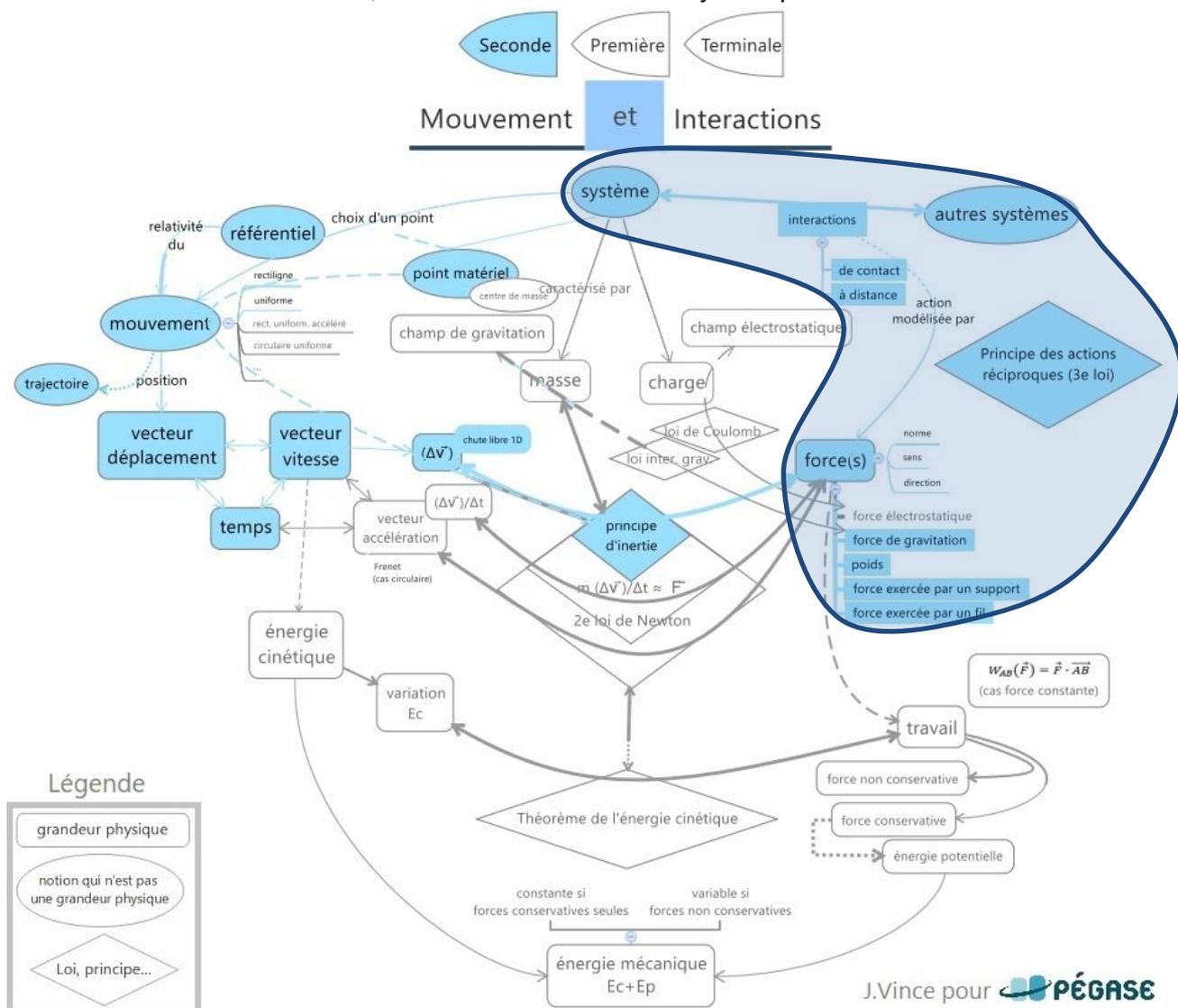
Plus précisément, Newton fonda la mécanique sur trois lois couplées entre elles : la loi d'inertie, la loi des forces en action et la loi des actions réciproques. Ce sont ces lois qu'on préfère appeler aujourd'hui le principe d'inertie, le principe fondamental de la dynamique et le principe de l'action et la réaction".



La première partie, strictement sur les interactions, occupe ici davantage de place que celle que lui réserve le programme. L'utilisation des diagrammes système-interactions, à laquelle nous réservons une large place, ne figure pas dans le programme de seconde mais au programme du cycle 4. Cette étape, et donc sa reprise en seconde, nous paraît indispensable à une bonne compréhension du concept de force. La recherche d'un tel diagramme contraint l'élève à se centrer sur l'étude d'un système choisi, en interaction avec d'autres systèmes ; le concept de force est alors un élément du modèle de la physique pour rendre compte au mieux des actions exercées sur ce système.

- Le modèle des « interaction et force » est découvert par étape. La 1<sup>ère</sup> partie sur le concept d'interaction est mobilisée au cours de la 1<sup>ère</sup> activité. La 2<sup>e</sup> partie du modèle sur le concept de force est abordée après la 2<sup>ème</sup> activité, qui vise à illustrer sur une situation particulière (lancer et réception d'un médecine-ball) l'insuffisance de la première partie du modèle. Il est indispensable de respecter cette chronologie dans l'utilisation du modèle.
- Le choix a été fait de représenter qualitativement les forces en insistant sur la direction et le sens des vecteurs.
- Les situations d'étude choisies sont simples et peu nombreuses mais présentent l'intérêt d'être réalisables simplement et à multiples reprises lorsque le besoin s'en fait sentir. Elles permettent à l'élève de « ressentir » les actions.
- Positionnement du chapitre dans la carte conceptuelle de la séquence.

Si le chapitre 1 a constitué un chapitre de cinématique (partie gauche de la carte), on modélise dans ce chapitre 2 non plus les mouvements mais les actions. Le chapitre 3 permettra de mettre en lien ces deux modélisations, c'est-à-dire de faire de la dynamique.



**Donner mon point de vue**

Au début d'un match de basket l'arbitre prend le ballon et le jette à la verticale vers le haut.

1. Dans toute cette question, on s'intéresse à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché.

Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le ballon pendant cette phase :



- une force vers le haut exercée par l'air. 1  oui 2  non
- une force vers le bas exercée par l'air. 1  oui 2  non
- une force vers le haut exercée par la Terre. 1  oui 2  non
- une force vers le bas exercée par la Terre. 1  oui 2  non
- une force vers le haut exercée par la main de l'arbitre. 1  oui 2  non
- une force vers le bas exercée par la main de l'arbitre. 1  oui 2  non

2. la vitesse du ballon :

1)  augmente.

2)  diminue.

3)  ne varie pas.

Ce petit sondage vise non seulement à motiver les élèves mais également à leur permettre de repérer l'objet d'étude du chapitre (pour la question 1, la question 2 visant à réinvestir la notion de vitesse vue au chapitre 1). Pour le professeur c'est un moyen de faire un diagnostic des acquis du collège sur le sujet (en particulier sur l'action de la Terre).

En classe de seconde, une forte majorité d'élèves indiquent que l'arbitre agit vers le haut même lorsque le ballon ne touche pas ses mains. Cette réponse classique et intuitive est l'expression d'une représentation bien identifiée en didactique qui confond vitesse et force et qui, en accord avec un point de vue aristotélicien qui conditionne l'existence d'un mouvement à une force dans le sens du mouvement.

## Activité 1 : Qu'est ce qui agit ?

Première mise en œuvre du modèle des interactions

### LIEN AVEC LA FICHE CCM

#### SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- système

#### SAVOIRS VISÉS

- interaction
- Diagramme système-interactions
- action

#### CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

#### CAPACITÉS VISÉES

- Identifier** les systèmes extérieurs qui agissent sur le système étudié
- Distinguer** action (ou interaction) à distance et action (ou interaction) de contact
- Représenter** les interactions entre le système étudié et les systèmes extérieurs à l'aide d'un diagramme système-interactions

### CÔTÉ PRATIQUE

#### DURÉE

25 min (+ 30 min exercices)

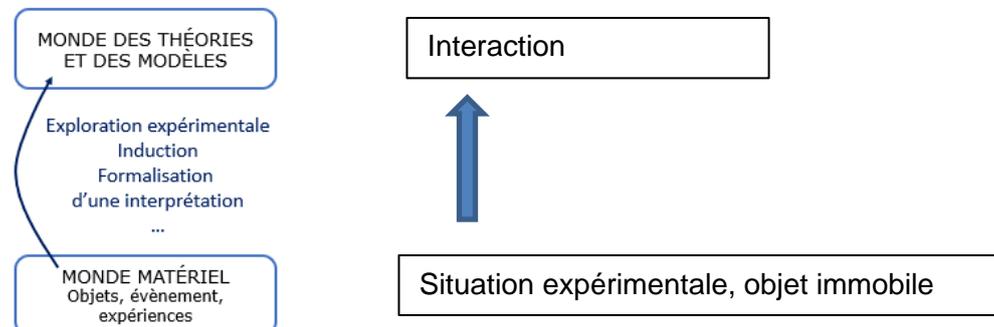
#### RESSOURCES DISPONIBLES

Feuille de consignes  
Feuille de modèle  
Situation expérimentale : montage prêt

#### REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

**CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ****ACTIONS DIDACTIQUES**

Faire réaliser et exploiter une expérience qualitative exploratoire

**MODÉLISATION****LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS**

Perception kinesthésique et visuelle → Schémas spécifiques d'un domaine (diagramme système-interactions)

**SAVOIRS EN JEU**

Les deux premières questions renvoient à la situation expérimentale donc au monde des objets et des événements. En physique, le mot "agir" a un sens très différent de celui que lui donnent les élèves au quotidien. Le mot "agir" est ici utilisé pour exprimer le fait que l'élastique retient la pierre ou que la Terre l'attire par exemple. Le même mot sera ensuite utilisé pour décrire comment le modèle « interaction et force » rend compte de la situation. De tels mots employés pour des énoncés relatifs à chacun des deux mondes (monde matériel et monde des théories et des modèles), permettent aux élèves de faire des mises en relation facilitant leur compréhension d'une situation et, au final, de bien différencier les deux mondes. En fin d'apprentissage, le professeur aura dans certains cas intérêt à être très clair en utilisant des formulations comme "le système-élastique agit sur le système-pierre" pour les énoncés relevant du monde des théories et des modèles.

Les 3 dernières questions de cette activité visent à aider les élèves :

- à prendre conscience que le système **est choisi** selon le problème que l'on traite (cette obligation de choix de modélisation en fonction du problème à traiter est l'un des aspects importants du fonctionnement de la physique)
- à réinvestir les représentations symboliques des systèmes et des interactions vues au collège, en particulier le diagramme système-interaction.

Le professeur pourra préciser, dès cette activité et si l'occasion se présente, que la disposition des systèmes importe peu dans ce type de diagramme. C'est la direction du vecteur force qui permettra d'indiquer la direction de l'action.

**COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES**

Le but de cette activité est d'aider les élèves à acquérir le sens adéquat des termes "agir" et "objets" et leur utilisation pour décrire une situation matérielle en termes d'action.

En effet, **les 2 premières questions posées dans cette activité sont beaucoup plus difficiles** qu'il n'y paraît pour plusieurs raisons :

- Le sens en physique des mots utilisés est différent de celui que leur donnent les élèves, en particulier dans cette activité : le verbe "agir", le nom "action", le nom "objet". Par exemple, les élèves associent souvent une action à un mouvement ou à un événement observable (film d'action, faire une action...).

- Analyser une situation matérielle en tenant compte de l'action à distance de la terre implique de considérer la terre comme un objet, ce qui est bien souvent contraire au sens commun. Les élèves ont tendance à chercher des mots qu'ils identifient comme scientifique pour parler de l'action de la Terre : ainsi au lieu de citer la Terre, ils ont tendance à dire que ce qui agit est la gravité, la pesanteur, le poids, la gravitation... C'est une première occasion de bien distinguer objets et phénomènes ou concepts.

Nous avons constaté dans nos classes qu'un élève a besoin d'intervenir sur le montage (pour soulever la pierre, la toucher tirer sur l'élastique, etc.) afin de percevoir physiquement des sensations indispensables à



l'analyse de la situation en termes d'interactions. Il lui est même nécessaire de revenir à plusieurs reprises sur le montage pour tester son interprétation et l'affiner progressivement. C'est en lui permettant de procéder de cette manière qu'il peut réellement modifier son analyse de la situation qui, même si elle peut lui sembler familière ou « simple », est étudiée d'un point de vue tout à fait nouveau pour lui. Cette activité fonctionne mieux en petits groupes qu'en classe entière.

Les élèves indiquent souvent le support comme agissant sur la pierre (s'il n'était pas là, la pierre tomberait). Certains parlent alors d'actions directes et indirectes (via un objet intermédiaire). Un débat peut s'en suivre, en évoquant alors l'utilité du découpage de la réalité en systèmes et l'importance du choix du système. Ainsi, le support est en interaction de contact avec l'élastique mais pas avec la pierre. Sur le diagramme ne figurent que les interactions avec le système étudié. Il peut être intéressant de laisser débattre les élèves sur l'existence ou non de cette interaction support-pierre.

Certains élèves évoquent l'action de l'air sur la pierre. Le professeur pourra engager le débat et certains élèves avancent des arguments liés à l'immobilité de la pierre pour conclure. Le cas d'une pierre en mouvement pourra être rapidement évoqué et, après discussion, le professeur pourra préciser qu'une partie du travail du physicien est justement de décider s'il néglige ou non cette action selon la situation (et si c'est admissible de le faire).

Le professeur peut prévoir que les élèves omettent que l'objet agit sur la Terre et qu'ils auront du mal à admettre cette action. Certains, pour convaincre les plus réticents, avancent parfois les marées comme un effet de l'action de la Lune sur la Terre.

La réponse à toutes ces interrogations ou contradictions sera tranchée par la suite après mise en œuvre du modèle des interactions.

**CORRIGÉ**

Après un saut à l'élastique, le sauteur reste suspendu à son élastique.

On reproduit cette situation à l'aide du matériel suivant dont vous disposez : support, élastique, pierre.

Dans cette situation :

Quels sont les objets qui agissent sur la pierre ?

Les objets qui agissent sur la pierre sont la Terre et l'élastique.

Sur quels objets agit la pierre ?

La pierre agit sur ces mêmes objets.

Lire attentivement le paragraphe 1 du modèle des interactions et des forces.

Modifier alors vos réponses précédentes avec une autre couleur si besoin.

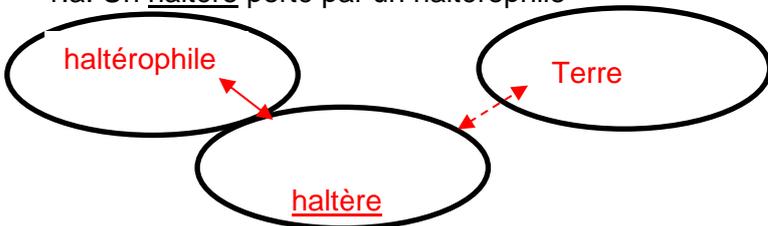
On choisit d'étudier le système pierre. Représenter le diagramme « pierre -interactions ».

Les systèmes en interaction avec le système-pierre sont la Terre et l'élastique. Le diagramme est représenté ci-contre

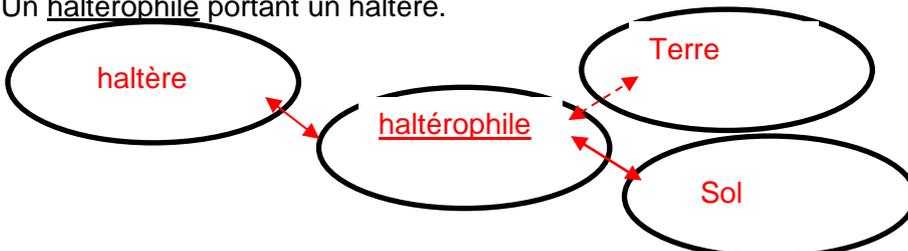
Pour aller plus loin – Étude des interactions pour des situations variées

A l'aide du modèle des interactions, construire le diagramme système-interactions décrivant les situations suivantes. Le mot souligné désigne l'objet correspondant au système étudié.

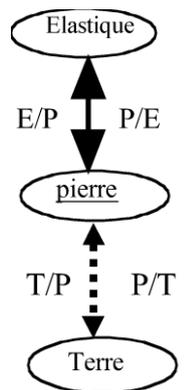
1.a. Un haltère porté par un haltérophile

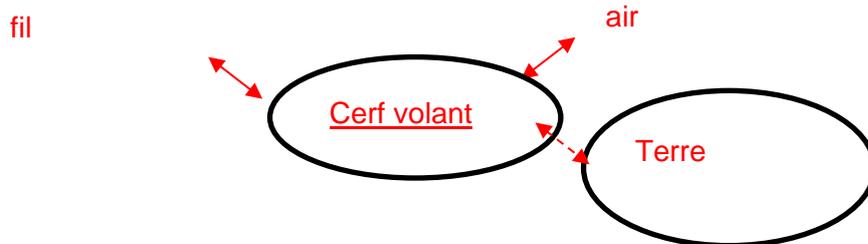


1b. Un haltérophile portant un haltère.

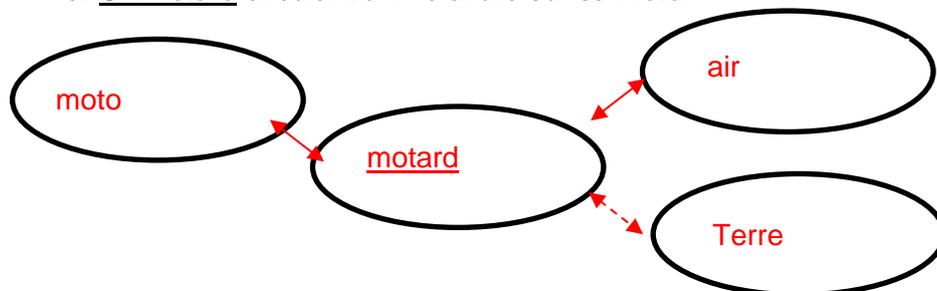


2. Un cerf-volant tenu par un fil.

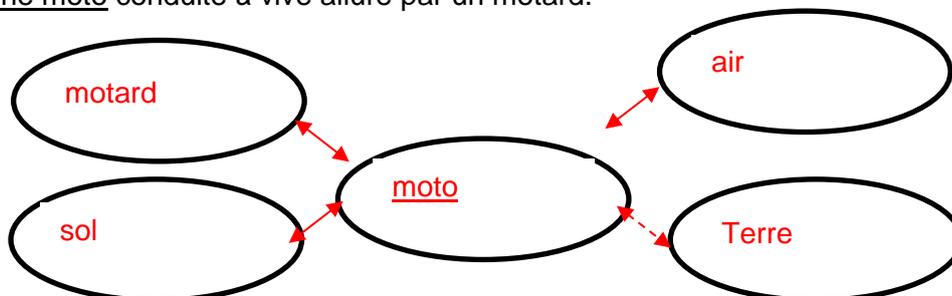




3. a. Un motard circulant à vive allure sur sa moto.



- b. Une moto conduite à vive allure par un motard.



Ces situations sont l'occasion d'aborder explicitement une difficulté classique : distinguer la Terre et le sol comme objets agissant. En effet, dans la vie courante et en restant à une description de ce qui est observable, on associe souvent terre et sol (le mot terre ayant d'ailleurs un double sens, que l'on mette ou non la majuscule). Pour lever l'ambiguïté, il faut faire comprendre que ce qui nous modélisons ici sont les actions et qu'on a obligation de distinguer les deux objets puisque qu'ils correspondent bien à deux actions, qui ne s'exercent d'ailleurs pas dans le même sens. Remarquons également que considérer le sol comme un objet nécessite un effort d'abstraction car dans la vie courante un objet est délimité dans l'espace.

**Activité 2 : Lancer et réception d'un médecine-ball***Une limite du modèle des interactions***LIEN AVEC LA FICHE CCM****SAVOIRS RETRAVAILLÉS**

- interactions
- Diagramme système-interactions

**SAVOIRS VISÉS**

- action
- Sens de l'action
- Un même diagramme système-interactions peut correspondre à plusieurs situations

**CAPACITÉS RETRAVAILLÉES**

- Identifier** les systèmes extérieurs qui agissent sur le système étudié
- Distinguer** action ( ou interaction) à distance et action (ou interaction) de contact
- Représenter** les interactions entre le système étudié et les systèmes extérieurs à l'aide d'un diagramme système-interactions

**CAPACITÉS VISÉES**

aucune

**CÔTÉ PRATIQUE****DURÉE**

25 min

**RESSOURCES DISPONIBLES**

Feuille de consignes

Situation expérimentale simple : médecine-ball

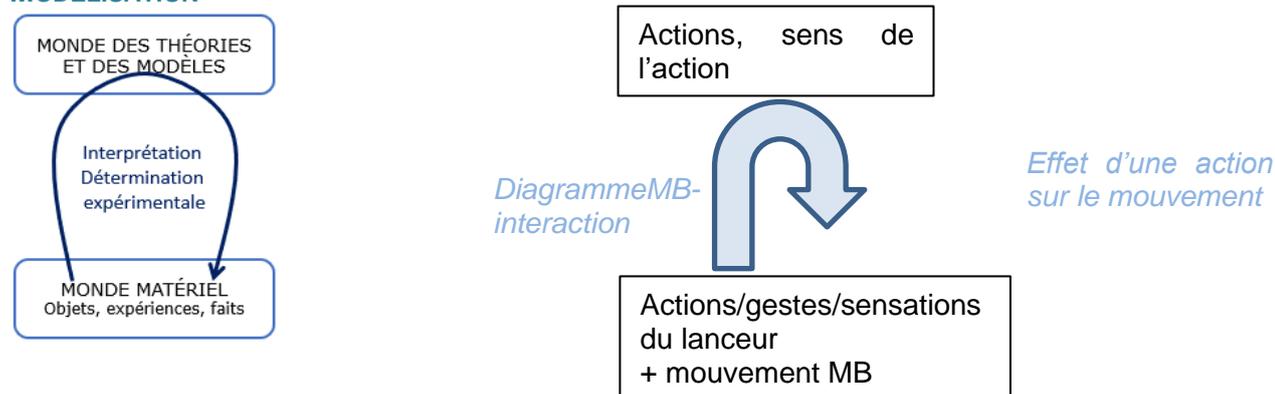
**REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL**

Il est important de disposer de médecine-balls dans la classe ou au moins de ballons pour que les élèves puissent sentir les actions qu'ils exercent. C'est en particulier essentiel dans la phase de réception où l'action exercée est de sens opposé au déplacement des mains et du ballon.

**CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ****ACTIONS DIDACTIQUES**

Faire réaliser et exploiter une expérience qualitative exploratoire

Utiliser le modèle pour interpréter

**MODÉLISATION****REPRÉSENTATIONS**

Perception kinesthésique

Schémas spécifiques d'un domaine diagramme système-interactions

Tableau à double entrée

**SAVOIRS EN JEU**

Cette activité donne l'occasion aux élèves de décrire des sensations corporelles du point de vue de la physique enseignée et de faire un premier lien entre actions et mouvement. Elle permet aussi de réinvestir le diagramme système-interaction et donc le modèle associé. Il s'agit au final de montrer les limites de la modélisation en termes d'interactions en formalisant une observation : à des situations différentes



correspond le même diagramme système-interaction (ce qui ne sera plus le cas avec les schémas de forces). On fait aussi préciser ici ce qui est différent pour deux situations décrites par le même diagramme, à savoir la variation de la vitesse ; ceci sera complété par l'activité 3.

### COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Les élèves ont beaucoup de mal à comprendre que les mains n'exercent plus d'action sur le médecine-ball une fois lancé, dans la phase de montée. Certains élèves pensent que lorsque les mains ne sont plus en contact avec le médecine-ball, elles exercent une action à distance sur celui-ci, indispensable à la montée du médecine-ball.

Pour la réception les élèves indiquent souvent une action des mains sur le médecine-ball orientée vers le bas dans le sens de déplacement de celles-ci : cela relève à nouveau d'une conception aristotélicienne du mouvement qui tend à confondre force et déplacement. Pour convaincre les élèves, il faut vraiment les inviter à faire l'expérience (c'est là qu'une masse importante de l'objet lancé est cruciale) ; on peut aussi lancer le médecine-ball et effectivement agir vers le bas sur celui-ci au moment de sa descente. Le médecine-ball poursuit alors son mouvement vers le bas contrairement à ce qui est attendu.

Toujours lors de la réception, lorsque le médecine-ball n'est pas lancé très haut les élèves ont tendance à effectuer une réception très brève avec un faible déplacement des mains. Les élèves pensent alors que la vitesse ne varie pas lors de la réception mais qu'elle est nulle comme si la réception était instantanée. Là encore, le fait que le système soit massif empêche une phase de réception sans mouvement vers le bas.

Il faut que les élèves lancent effectivement le médecine-ball et aient la possibilité de le refaire plusieurs fois. Cela les aide à analyser les actions qui s'exercent sur le médecine-ball, ce qui est beaucoup moins simple qu'il n'y paraît. Pour prendre en charge les difficultés prévisibles des élèves (coté élèves) l'enseignant peut montrer un premier lancer avec une grande amplitude de lancer et de réception. Il est donc nécessaire de laisser du temps aux élèves pour le faire et de réaliser cette activité en petits groupes. Les diagrammes Médecine-Ball-interactions et l'étude de son mouvement au cours des différentes phases serviront de support à la deuxième question de l'activité 3, il est donc nécessaire de s'assurer que les élèves prennent bien correctement la correction de cette activité.

### CORRIGÉ

On étudie ici la situation où on lance un médecine-ball à la verticale vers le haut. Le mouvement de son centre peut alors être décomposé en 4 phases successives : le lancer (tant que les mains touchent le médecine-ball), la montée, la descente et la réception du médecine-ball.

Lancer le médecine-ball à la verticale et le rattraper. (1,2,3)

On a mis ci-dessous en rouge les phase du mouvement qui posent potentiellement problème aux élèves.

	Phase 1 : Lancer	Phase 2 : Montée
<b>Le lanceur agit-il sur le médecine-ball ?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, <input checked="" type="checkbox"/> vers le haut <input type="checkbox"/> vers le bas	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Si oui, <input type="checkbox"/> vers le haut <input type="checkbox"/> vers le bas
<b>Comment la vitesse varie-t-elle ?</b>	<input type="checkbox"/> Elle reste constante <input checked="" type="checkbox"/> Elle augmente <input type="checkbox"/> Elle diminue	<input type="checkbox"/> Elle reste constante <input type="checkbox"/> Elle augmente <input checked="" type="checkbox"/> Elle diminue
<b>Diagramme médecine-ball - interactions</b>		



	Phase 3 : Descente	Phase 4 : Réception
<b>Le lanceur agit-il sur le médecine-ball ?</b>	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Si oui, <input type="checkbox"/> vers le haut <input type="checkbox"/> vers le bas	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, <input checked="" type="checkbox"/> vers le haut <input type="checkbox"/> vers le bas
<b>Comment la vitesse varie-t-elle ?</b>	<input type="checkbox"/> Elle reste constante <input checked="" type="checkbox"/> Elle augmente <input type="checkbox"/> Elle diminue	<input type="checkbox"/> Elle reste constante <input type="checkbox"/> Elle augmente <input checked="" type="checkbox"/> Elle diminue
<b>Diagramme médecine-ball - interactions</b>		

4. Entourer d'une même couleur les phases pour lesquelles les diagrammes médecine-ball-interactions sont identiques.

Les diagrammes correspondant au lancer et à la réception sont identiques, de même que les diagrammes de montée et de descente. Deux mouvements différents se traduisent donc parfois par des diagrammes identiques.

5. Deux mouvements différents peuvent-ils être caractérisés par un même diagramme système-interaction ?

Deux mouvements différents se traduisent donc parfois par des diagrammes identiques.

6. Pour chaque action exercée sur le médecine-ball, indiquer si le sens de l'action change ou non en fonction de la phase étudiée.

L'action de la Terre sur le MB a toujours le même sens quelle que soit la phase du mouvement.

L'action de la main sur le MB est orientée vers le haut lors du lancer mais aussi lors de la réception.

L'action de l'air s'oppose au mouvement, elle est orientée vers le bas lors du lancer et de la montée puis orientée vers le haut lors de la descente et de la réception.

Conclusion de l'activité : Un diagramme système-interaction n'est donc pas suffisant pour représenter une action puisque sur le diagramme on ne peut identifier si le lanceur agit vers le haut ou vers le bas, de même en ce qui concerne l'interprétation des effets des actions sur le mouvement d'un système. Ces premiers éléments de modélisation sont donc insuffisants pour interpréter les caractéristiques du mouvement. Les diagrammes, du lancer et de la réception par exemple, ne rendent pas compte du sens du mouvement. Cela justifie l'introduction de la suite du modèle.



## Activité 3 : Des vecteurs pour modéliser les actions

*De l'action au vecteur force en passant par le diagramme d'interactions*

### LIEN AVEC LA FICHE CCM

#### SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- système

#### SAVOIRS VISÉS

- Force
- Direction du vecteur force
- Sens du vecteur force
- Une action est modélisée par une force, en conséquence une interaction est modélisée par deux forces

#### CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

#### CAPACITÉS VISÉES

- **Modéliser** l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force, un vecteur ayant une norme, une direction et un sens
- **Représenter** sur un schéma les forces qui modélisent les actions exercées par les systèmes extérieurs sur le système étudié
- **Exploiter** le principe des actions réciproques

### CÔTÉ PRATIQUE

#### DURÉE

40 min

#### RESSOURCES DISPONIBLES

feuille de consignes  
feuille du modèle  
Situation expérimentale : médecine-ball, montage pierre-élastique

#### REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

Toujours prévoir un Medecine-Ball et un dispositif pierre-élastique au bureau si cette activité est faite en classe entière sans le matériel sur les paillasses.

L'enseignant, pour faciliter la mise au travail des élèves, doit s'assurer que chacun dispose bien de l'activité 2 corrigée pour pouvoir s'engager efficacement dans la deuxième question.

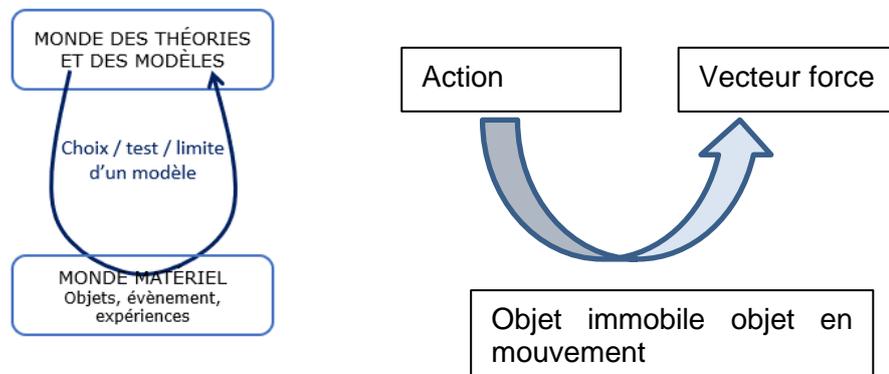
### CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

#### ACTIONS DIDACTIQUES

Faire réaliser et exploiter une expérience qualitative exploratoire

Utiliser le modèle pour interpréter

#### MODÉLISATION



#### LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Tableau

Schémas spécifiques (vecteurs force)

**SAVOIRS EN JEU**

Le but de cette activité est de passer des diagrammes d'interactions aux représentations des forces principalement en termes de direction et de sens. La comparaison des valeurs des forces est ici secondaire car elle ne pourra avoir de sens qu'à travers l'introduction des lois de la mécanique (chapitre suivant). La référence à la variation du vecteur vitesse, direction et sens du mouvement permet de préparer l'enchaînement avec le chapitre 3. L'enjeu est ici de rappeler ce qui a été déjà vu au collège : à une interaction correspondent 2 forces (opposées selon le principe des actions réciproques). Il s'agit alors, lorsqu'on fait un schéma de forces pour un système donné, de sélectionner la force adaptée parmi ces deux forces modélisant l'interaction.

L'activité se découpe en deux à travers deux situations déjà abordées précédemment. Dans un premier temps, il s'agit de passer du diagramme système-interactions à la représentation à l'aide de vecteurs des forces s'exerçant sur le système étudié.

Dans le passage du diagramme d'interaction à la représentation des forces, la position des points représentant les systèmes a de l'importance ce qui n'était pas le cas dans les diagrammes d'interaction.

Le fait de proposer une représentation à compléter où les positions des systèmes sont données permet de prendre en charge cette difficulté mais cela doit être bien précisé à un moment ou un autre de l'activité.

Cette première question introduit aussi que la direction de la force exercée par la Terre sur un système est par définition verticale. Cette caractéristique sera utilisée dans la question suivante.

Dans un second temps, il s'agit d'établir l'inventaire des forces exercées sur le système en mouvement puis d'en faire une représentation. Le diagramme système-interactions n'est pas mentionné mais les élèves devront s'y référer (il a été construit dans l'activité précédente).

Une question permet de revenir sur le principe des actions réciproque pour bien mettre en évidence que dans une interaction les deux forces sont de même direction, de sens opposés et de même valeur que les systèmes soient immobiles ou en mouvement.

**COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES**

Le passage du diagramme d'interactions mettant en jeu les deux systèmes à la représentation de l'interaction à l'aide de 2 vecteurs forces en accord avec le principe des actions réciproques ne pose pas de véritable problème aux élèves pour le remplissage des deux premières colonnes de la question 1.

Pour le remplissage de la dernière colonne les élèves ne perçoivent pas tout l'enjeu de cette question qui est de passer du diagramme système-interaction à la représentation des forces qui s'exercent sur le système étudié. L'enseignant peut donc rappeler cet enjeu pour redonner du sens à la dernière étape et remettre en activité les élèves.

La question de la longueur des vecteurs peut se poser et gêner les élèves, on indiquera alors qu'il s'agit dans cette activité de mettre l'accent sur la direction et le sens des vecteurs, les longueurs des vecteurs pourront être choisies de façon arbitraire en essayant toutefois de garder une cohérence dans la représentation (question 2 colonne 3).

Dans la deuxième question, des questions peuvent se poser sur le sens de l'action de l'air. Ceci peut être tranché avec quelques exemples illustrant que l'action de l'air au sens d'une force de frottement est de même direction que le mouvement et de sens opposé à celui-ci (exemple du mouvement d'un cycliste, d'une voiture...).

Le professeur peut prévoir que les erreurs des élèves ont principalement deux origines :

- leurs conceptions, celle en particulier consistant à supposer qu'il y a nécessairement une force dans le sens du mouvement pour "expliquer" ce dernier ;
- leur tendance, lorsqu'ils ont à représenter des forces, à donner trop d'importance au respect des conventions et à oublier la signification de leurs schémas.

**CORRIGÉ****1. On étudie la pierre suspendue à un élastique (comme dans l'activité 1)**



- Dans le tableau ci-dessous, en utilisant les paragraphes 2 et 3 du modèle, compléter les deux colonnes centrales (deux forces à représenter dans chaque colonne).
- Représenter ensuite dans la dernière colonne les deux forces qui s'exercent sur la pierre.

*Les élèves doivent utiliser le principe des actions réciproques pour la situation pierre-élastique et ne garder au final que les forces qui s'exercent sur la pierre.*

*On aura tout intérêt à utiliser une couleur par interaction pour expliciter le choix d'une force par interaction dans le schéma final.*

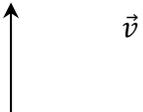
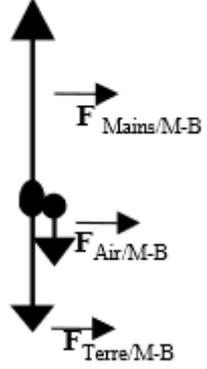
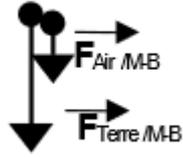
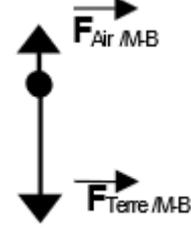
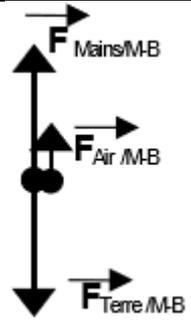
Diagramme pierre- interaction (activité n°1)	Représentation des forces modélisant l'interaction pierre-terre.	Représentation des forces modélisant l'interaction pierre-élastique.	Représentation des forces qui s'exercent sur la pierre
<p>Diagramme pierre- interaction (activité n°1)</p> <p>Le diagramme montre trois objets en ovales : 'Elastique' en haut, 'pierre' au milieu, et 'Terre' en bas. Entre 'Elastique' et 'pierre', il y a deux flèches opposées : une noire pointant vers le haut (E/P) et une noire pointant vers le bas (P/E). Entre 'pierre' et 'Terre', il y a deux flèches opposées : une noire pointant vers le haut (T/P) et une noire pointant vers le bas (P/T). Les flèches T/P et P/T sont en pointillés.</p>	<p>Représentation des forces modélisant l'interaction pierre-terre.</p> <p>Deux points rouges sont alignés verticalement. Le point supérieur est étiqueté 'pierre' et le point inférieur 'terre'. Une flèche verte pointe du point 'terre' vers le point 'pierre', et une autre flèche verte pointe du point 'pierre' vers le point 'terre'.</p>	<p>Représentation des forces modélisant l'interaction pierre-élastique.</p> <p>Deux points rouges sont alignés verticalement. Le point supérieur est étiqueté 'élastique' et le point inférieur 'pierre'. Une flèche rouge pointe du point 'élastique' vers le point 'pierre', et une autre flèche rouge pointe du point 'pierre' vers le point 'élastique'.</p>	<p>Représentation des forces qui s'exercent sur la pierre</p> <p>Un point rouge est au centre. Une flèche rouge pointe vers le haut et une flèche verte pointe vers le bas.</p>

*Il est important de faire remarquer aux élèves que les deux forces qui représentent une interaction entre deux systèmes s'exercent sur des systèmes différents et non pas sur le même système et que la direction de la force exercée par la Terre sur un système est présentée comme étant par définition verticale.*

## 2. On étudie le médecine-ball lancé verticalement

- A partir des résultats de l'activité 2, compléter le tableau ci-dessous pour les quatre phases du mouvement.



	Rappeler la façon dont varie la vitesse du médecine-ball (activité n°2)	Faire la liste des forces qui s'exercent sur le médecine-ball	Représenter les forces qui s'exercent sur le médecine-ball (représenté par un point)
Lancer	 <input type="checkbox"/> reste constante <input checked="" type="checkbox"/> augmente <input type="checkbox"/> diminue	$\vec{F}_{Mains/MB}$ $\vec{F}_{Air/MB}$ $\vec{F}_{Terre/MB}$	
Montée	 <input type="checkbox"/> reste constante <input type="checkbox"/> augmente <input checked="" type="checkbox"/> diminue	$\vec{F}_{Air/MB}$ $\vec{F}_{Terre/MB}$	
Descente	 <input type="checkbox"/> reste constante <input checked="" type="checkbox"/> augmente <input type="checkbox"/> diminue	$\vec{F}_{Air/MB}$ $\vec{F}_{Terre/MB}$	
Réception	 <input type="checkbox"/> reste constante <input type="checkbox"/> augmente <input checked="" type="checkbox"/> diminue	$\vec{F}_{Mains/MB}$ $\vec{F}_{Air/MB}$ $\vec{F}_{Terre/MB}$	

- b. A l'aide d'un paragraphe du modèle des interactions, comparer les valeurs des vecteurs force modélisant les actions exercées par les mains sur le médecine-ball et par le médecine-ball sur les mains.

D'après le principe des actions réciproques, que les systèmes soient immobiles ou en mouvement, les valeurs des vecteurs force modélisant les actions exercées par les mains sur le médecine-ball et par le médecine-ball sur les mains sont les mêmes (elles sont aussi de même sens mais par contre de sens opposés).

- c. Pour les phases de même diagramme d'interaction lors de l'activité n°2 (lancer et réception puis montée et descente) peut-on cette fois faire un lien entre les actions exercées sur le médecine-ball et l'effet de celles-ci sur le mouvement ?

Par la représentation des vecteurs force on peut distinguer le lancer de la réception et la montée de la descente car les représentations sont différentes (force de l'air sur le médecine-ball de sens opposés) mais surtout dans le cas du lancer et de la descente la somme des forces modélisant l'ensemble des actions est de même sens que celui du mouvement et la valeur de la vitesse augmente alors que pour la réception et la montée la somme des forces est de sens opposé à celui du mouvement et la valeur de la vitesse diminue.

## Activité 4 : Comment agit un support ?

Étude des caractéristiques du vecteur force modélisant l'action d'un support

### LIEN AVEC LA FICHE CCM

#### SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- forces
- vecteurs

#### SAVOIRS VISÉS

aucun

#### CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Représenter sur un schéma les forces qui modélisent les actions exercées par les systèmes extérieurs sur le système étudié

#### CAPACITÉS VISÉES

- Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support lorsque le système est immobile

### CÔTÉ PRATIQUE

#### DURÉE

10 min

#### RESSOURCES DISPONIBLES

feuille de consignes  
feuille du modèle  
situation expérimentale simple.  
Pour illustrer les situations, on aura intérêt à les rendre disponibles dans la classe : ballon sur une table ou sur le sol, ballon ou balle flottant sur l'eau.

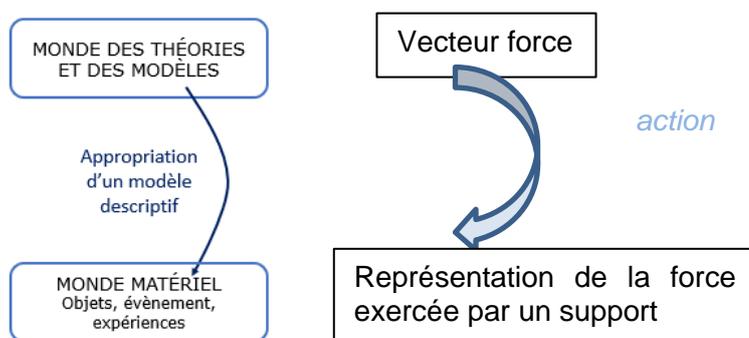
#### REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

### CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

#### ACTIONS DIDACTIQUES

Faire réaliser et exploiter une expérience qualitative exploratoire.

#### MODÉLISATION



#### LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Schémas spécifiques, représentation de vecteurs

#### SAVOIRS EN JEU

Cette activité vise à faire prendre en main les représentations vectorielles (sens et direction) de la force modélisant l'action d'un support. L'enjeu est de préparer l'étude de situations plus complexes ultérieures dans l'enseignement de spécialité ou dans le chapitre 3.

Ce travail spécifique est justifié par le fait que la prise en compte de l'action d'un support n'est pas évidente pour les élèves avec notamment une confusion possible entre le sol et la Terre comme dans les exercices de l'activité 1.

Nous faisons donc varier les supports dans la première question pour généraliser le fait que dans une situation d'immobilité et en l'absence de frottements la force modélisant l'action du support est représentée



par un vecteur vertical et orienté vers le haut comme indiqué dans le §-4 du modèle. Il s'agit ici d'opérationnaliser cette règle sans même faire appel au principe d'inertie.

### COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Pour les 3 situations on peut s'attendre à ce que les élèves se saisissent assez facilement des éléments de modélisation pour représenter des vecteurs perpendiculaires aux supports.

Si ce n'est pas le cas, on peut revenir sur le diagramme système--interactions et faire appel au principe des actions réciproques.

### CORRIGÉ

Situations	1. Ballon immobile sur une <b>table</b>	2. Ballon immobile sur le <b>sol</b>	3. Ballon immobile à la surface de l' <b>eau</b>
<b>Représentation de la force s'exerçant par le support sur le ballon</b>			

## Activité 5 : Comment agit un fil ?

*Étude des caractéristiques du vecteur force modélisant l'action d'un fil*

### LIEN AVEC LA FICHE CCM

#### SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- forces
- vecteurs

#### SAVOIRS VISÉS

- 

#### CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Représenter** sur un schéma les forces qui modélisent les actions exercées par les systèmes extérieurs sur le système étudié
- 

#### CAPACITÉS VISÉES

- Représenter** qualitativement la force modélisant l'action d'un fil lorsque le système est immobile

### CÔTÉ PRATIQUE

#### DURÉE

10 min

#### RESSOURCES DISPONIBLES

Feuille de consignes

Feuille du modèle

Situation expérimentale simple : pour illustrer la situation, on pourra la rendre disponible dans la classe (ballon accroché à un fil reposant sur un plan incliné).

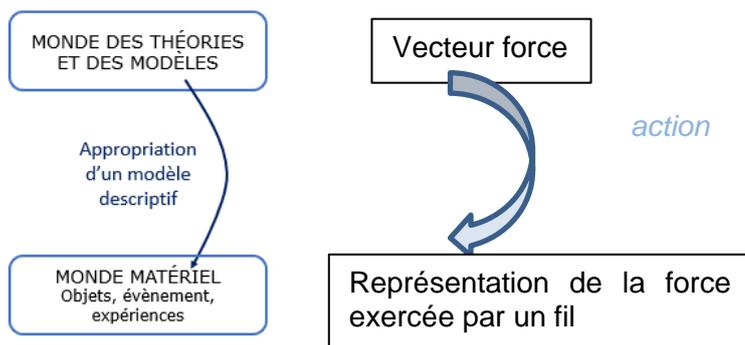
#### REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

### CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

#### ACTIONS DIDACTIQUES

Faire réaliser et exploiter une expérience qualitative exploratoire

#### MODÉLISATION





## LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Schémas spécifiques, représentation de vecteurs

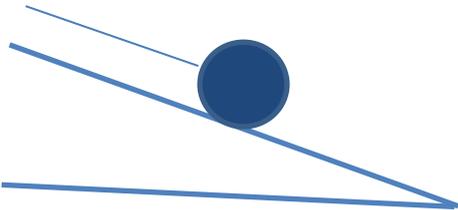
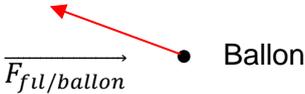
## SAVOIRS EN JEU

Cette activité vise à faire prendre en main les représentations vectorielles d'un point de vue sens et direction de la force modélisant l'action d'un fil. Le choix de la situation, ballon posé sur un plan incliné maintenu par un fil permet de bien distinguer l'action du support et l'action du fil. Elle permet aussi de montrer que cette action n'est pas forcément verticale comme dans la situation "pierre élastique" (activités 1 et 3).

## COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Là encore, on peut s'attendre à ce que les élèves se saisissent assez facilement des éléments de modélisation pour représenter un vecteur tangent au fil.

## CORRIGÉ

Schéma de la situation	Représentation de la force modélisant l'action du fil sur le ballon
	

## Activité 6 : Qu'est-ce que le poids d'un objet ?

*Étude des caractéristiques de vecteurs force, cas de l'interaction gravitationnelle*

## LIEN AVEC LA FICHE CCM

## SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- Force
- Direction, sens, norme d'un vecteur

## SAVOIRS VISÉS

- Interaction gravitationnelle
- Force gravitationnelle
- Poids d'un objet
- Loi de l'interaction gravitationnelle

## CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Représenter** sur un schéma les forces qui modélisent les actions exercées par les systèmes extérieurs sur le système étudié

## CAPACITÉS VISÉES

- Utiliser** l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle
- Utiliser** l'expression vectorielle du poids d'un objet approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète

## CÔTÉ PRATIQUE

## DURÉE

45 min

## RESSOURCES DISPONIBLES

feuille de consignes  
feuille du modèle

## REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

La calculatrice est indispensable



## CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

## ACTIONS DIDACTIQUES

Utiliser un modèle sur une situation donnée non observée ou non observable

## MODÉLISATION

MONDE DES THÉORIES ET  
DES MODÈLES

Interaction  
gravitationnelle

poids

*Attraction d'une planète*

## LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Valeurs et relations formelles entre grandeurs scalaires

Schémas spécifiques, représentation de vecteurs

## SAVOIRS EN JEU

Cette dernière activité introduit un aspect encore peu considéré dans ce chapitre qui est la notion de norme d'une force à travers l'utilisation de l'expression vectorielle d'une force, la force d'interaction gravitationnelle. L'expression de la norme de cette dernière a été vue au collège, c'est un point d'appui mais les difficultés techniques liées aux calculs nécessitent de procéder par étape en s'intéressant dans un premier temps à quelques calculs de norme de force puis ensuite au passage à la représentation de vecteurs force avec un retour sur le lien entre interaction et sa représentation par 2 vecteurs force. L'assimilation du poids d'un objet à la surface d'une planète à la force d'interaction gravitationnelle de cette planète sur l'objet vient conclure cette activité.

Le programme a fait le choix, en accord avec le vocabulaire introduit en mathématiques, de parler de *norme* de la force plutôt que de *valeur* de la force.

## COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Il faut prévoir que les élèves aient des difficultés dans la réalisation des calculs de normes de forces d'interaction gravitationnelle. C'est pourquoi les données sont indiquées dans des unités qui ne nécessitent pas de conversion pour éviter au moins cette difficulté.

La question 2 est difficile pour les élèves car ils ont du mal à identifier la distance entre les centres de gravité d'une personne à la surface de la Terre et la Terre.

En ce qui concerne le lien poids/force d'interaction gravitationnelle en fonction du travail effectué par les élèves les années précédentes, on peut comme pour les premiers calculs s'attendre à de grandes disparités entre les élèves.

En fonction de la progression choisie, cette activité peut être l'occasion de rappels ou de découverte pour certains sur l'utilisation de leurs calculatrices et notamment l'écriture des puissances de 10. Il est alors souhaitable de prévoir une aide ou une fiche méthode pour l'utilisation de la calculatrice (puissance de dix par exemple).

## CORRIGÉ

Pour répondre aux questions suivantes, vous disposez du paragraphe 5 du modèle.

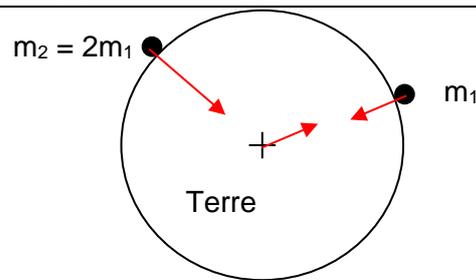
1. À l'aide des données ci-dessous, exprimer puis calculer la valeur de la force exercée par la Terre sur la Lune.

$$F_{\text{Terre/Lune}} = \frac{G \times M_T \times M_L}{d_{TL}^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \times 7,33 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2} = 1,98 \times 10^{20} \text{ N}$$

2. En notant  $m_1$  votre masse, exprimez puis calculez la valeur de la force que la Terre exerce sur vous. Représenter cette force sur le schéma ci-dessous (à partir du point correspondant à  $m_1$ ).

En prenant pour la masse d'un élève,  $m_1 = 50 \text{ kg}$  on a pour la force exercée par la Terre sur l'élève :

$$F_{\text{Terre/élève}} = \frac{G \times M_T \times m_1}{R_T^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \times 50}{(6,38 \times 10^6)^2} = 4,9 \times 10^2 \text{ N}$$



3. Comparer cette valeur à celle de votre poids, calculée à l'aide de la relation vue au collège (rappelée à la fin du modèle). Compléter alors les pointillés du § 5c.

Poids de l'élève sur Terre :  $P_1 = m_1 \times g_{\text{Terre}} = 50 \times 9,8 = 4,9 \times 10^2 \text{ N}$ . La valeur du poids de l'élève peut donc être considérée comme étant égale à la valeur de la force d'interaction gravitationnelle de la Terre sur l'élève lorsqu'il est à sa surface.

4. En déduire la norme de la force que vous exercez sur la Terre. Représenter cette force sur le schéma ci-dessous.

D'après la définition d'une interaction :  $F_{\text{Elève/Terre}} = F_{\text{Terre/Elève}} = 4,9 \times 10^2 \text{ N}$ .

5. Représenter la force exercée par la terre sur une personne deux fois plus lourde que vous (représentée par le point à gauche sur le schéma).

Pour une personne de masse deux fois plus grande la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre est deux fois plus grande et devra être représentée avec un vecteur deux fois plus long.

6. Calculer le poids que vous auriez si vous étiez sur la Lune. En déduire la valeur de la pesanteur sur la Lune.

Poids de l'élève sur la lune :

$$P_{\text{Elève sur la lune}} = F_{\text{Lune/Elève}} = \frac{G \times m_1 \times M_L}{R_L^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 50 \times 7,33 \times 10^{22}}{(1,74 \times 10^6)^2} = 81 \text{ N}$$

Sachant que  $P_{\text{Elève sur la lune}} = m_1 \times g_{\text{Lune}}$  où  $g_{\text{Lune}}$  est la pesanteur sur la Lune on en déduit que

$$g_{\text{Lune}} = \frac{P_{\text{Elève sur la Lune}}}{m_1} = \frac{81}{50} = 1,6 \text{ N.kg}^{-1}.$$