

Principe d'inertie

Document professeur

Activité 1 : Aristote ou Galilée ?

Sens du mouvement et forces

LIEN AVEC LA FICHE CCM

SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- Forces
- Diagramme système-interaction

SAVOIRS VISÉS

- Propriété : lorsqu'un système se déplace il n'y a pas obligatoirement de force dans le sens du mouvement

CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Identifier** les systèmes extérieurs qui agissent sur le système étudié.
- Représenter** les interactions entre le système étudié et les system extérieurs à l'aide d'un diagramme système-interactions.

CAPACITÉS VISÉES

CÔTÉ PRATIQUE

DURÉE

20 min

RESSOURCES DISPONIBLES

Feuille de consigne
Feuille modèle
Expérience représentée/décrite mais non disponible

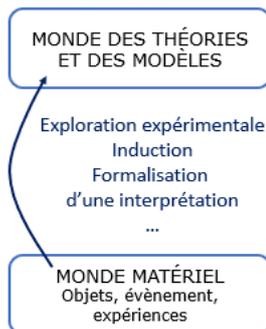
REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

ACTIONS DIDACTIQUES

Faire expliciter et prendre en compte des idées quotidiennes

Modélisation



Pas obligatoirement de force dans le sens du mouvement



Action des objets

Mouvement

LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Formulation écrite avec des mots schéma spécifique d'un domaine (forces)

SAVOIRS EN JEU

Cette première activité débute avec une remise en route progressive de tous les outils de modélisation des actions en mécanique vus dans le chapitre précédent.

Le choix de la situation a aussi permis de prendre en charge une des conceptions des élèves : il existe obligatoirement une force dans le sens du mouvement pour qu'il y ait un déplacement. Cette « contradiction » qui s'oppose à nos intuitions sera développée dans l'activité trois où sera fait le lien entre la direction et le sens de la somme des forces et les variations du vecteur vitesse (donc du mouvement).

COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Il est nécessaire de laisser le temps aux élèves de bien comprendre le texte et donc d'expliciter si nécessaire les deux modèles proposés : Aristote et Galilée.

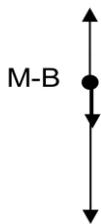
CORRIGÉ

1. Représenter le diagramme MB-interactions lors de la phase de montée.



2. On se propose d'analyser les différentes réponses des élèves d'une classe de seconde à la question "Représenter les forces qui s'exercent (pendant la phase de montée) sur le médecine-ball (représenté par un point et noté M-B)". On distingue deux types de réponses :

Groupe d'élèves A



Groupe d'élèves B



A l'aide des informations fournies au début de l'activité, identifier lequel des deux groupes d'élèves a effectué une analyse intuitive de cette situation.

Le groupe d'élèves A ayant un point de vue proche de celui d'Aristote a effectué une analyse intuitive de cette situation car il a représenté une force dans la direction et le sens du mouvement alors que ce n'est pas le cas ici.

3. a. Identifier alors les systèmes 1 et 2 (présents dans les deux représentations) qui agissent sur le système MB. A votre avis, pour le groupe d'élève A, que représente la force $\vec{F}_{3/MB}$? Pourquoi ont-ils éprouvé le besoin de représenter cette force ?

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 main » ou « la force de la main » (or celle-ci n'est pas en contact avec le MB), soit la « force de l'élan », « la force de la vitesse » ou encore la « vitesse » etc.

Les élèves ont éprouvé le besoin de représenter cette 3^{ème} force car pour eux il faut qu'il y ait une force dans le sens et la direction du mouvement responsable de celui-ci.

- b. A l'aide du modèle « interaction et force », justifier le fait que cette force ne modélise aucune action exercée sur le MB pendant la montée.

D'après le diagramme MB-interaction, seuls 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 sur le MB : $\vec{F}_{Terre/MB}$, de direction verticale, orientée vers le bas ;
- la force exercée par l'air $\vec{F}_{Air/MB}$, de direction verticale, orientée vers le haut.

Activité 2 : Un petit tour sur la glace.

Première mise en œuvre du principe d'inertie

LIEN AVEC LA FICHE CCM

SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- Forces
- Mouvement rectiligne uniforme
- Diagramme système-interaction

SAVOIRS VISÉS

- Vocabulaire : forces qui se compensent ou non.
- Propriétés : lorsqu'un système se déplace il n'y a pas obligatoirement de force dans le sens du mouvement
- Deux forces qui se compensent ont même direction, même valeur et des sens opposés
- Relation : principe d'inertie.

CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Identifier** les systèmes extérieurs qui agissent sur le système étudié.
- Représenter** les interactions entre le système étudié et les systèmes extérieurs à l'aide d'un diagramme système-interactions.

CAPACITÉS VISÉES

- Exploiter** le principe d'inertie pour en déduire des informations sur les forces qui modélisent les actions qui s'exercent sur le système.
- Exploiter** le principe d'inertie pour en déduire des informations sur la nature du mouvement d'un système.

CÔTÉ PRATIQUE

DURÉE

20 min

RESSOURCES DISPONIBLES

Feuille de consigne

Feuille modèle

Expérience représentée/décrite mais non disponible

REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

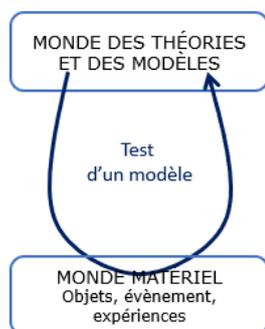
CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

ACTIONS DIDACTIQUES

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

Faire expliciter et prendre en compte des idées quotidiennes.

Modélisation



Principe d'inertie



Action des objets

Mouvement

LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Formulation écrite avec des mots \longrightarrow schéma spécifique d'un domaine (forces)

SAVOIRS EN JEU

Cette activité reprend la conception des élèves sur l'existence d'une force dans le sens du déplacement. Cette conception peut persister, l'application du principe d'inertie permet de montrer que cette conception est fautive.

Enfin cette activité permet de mettre en œuvre pour la première fois le principe de l'inertie qui se présente dans le modèle sous la forme de 4 énoncés. A travers 2 questions, il a été présenté comment on choisit l'énoncé adapté à la situation en fonction des informations dont on dispose et comment on rédige son argumentation (en rappelant l'énoncé du modèle, les informations dont on dispose et celles que l'on déduit). Ces énoncés mettent en œuvre la notion de forces qui se compensent (= somme vectorielle des forces nulle) et l'une des conclusions importantes de l'activité est la caractérisation des propriétés de 2 forces qui se compensent. A noter que les situations pour lesquelles les forces se compensent (immobilité ou mouvement rectiligne uniforme du système étudié) seront des situations privilégiées par la suite car c'est dans ces situations là que l'on pourra écrire des relations vectorielles qui permettront de déterminer une valeur de force inconnue, par un calcul numérique ou des mesures graphiques.

COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Il est nécessaire de laisser le temps aux élèves de bien comprendre le texte et donc d'explicitier leurs points de vue et d'appliquer le principe d'inertie. Le diagramme système-interaction et le principe d'inertie doivent permettre à chacun de corriger son point de vue s'il est faux.

CORRIGÉ

1. Représenter le diagramme palet-interactions.



2. Corriger si nécessaire votre avis.

Aucune interaction du diagramme ne correspond à l'action de la main, du lanceur ou de l'élan donc le groupe d'élève B a effectué une analyse basée sur la conception des élèves.

3. Identifier alors les systèmes 1 et 2 (présents dans les deux représentations) qui agissent sur le système palet.

Le système 1 représente le système Terre car $\vec{F}_{1/palet}$ est une force verticale vers le bas comme $\vec{F}_{Terre/palet}$. On en déduit que le système 2 représente le système glace.

4. a. Le mouvement du palet étant considéré comme rectiligne et uniforme, d'après le principe de l'inertie (modèle A-1), déterminer la particularité liant les forces qui s'exercent sur le palet ?

D'après le principe de l'inertie (énoncé A1), **Lorsqu'un** système est *immobile ou en mouvement rectiligne uniforme*, **on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent**. Le mouvement du palet étant considéré comme rectiligne et uniforme, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur le palet se compensent.

- b. À l'aide de la représentation des forces du groupe d'élèves A, établir les caractéristiques direction, sens et valeur de deux forces qui se compensent ?

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 norme pour les vecteurs force).

5. D'après le principe de l'inertie (modèle B-2), caractériser le mouvement du palet qui correspondrait à la représentation des forces du groupe d'élèves B.

Pour la représentation du groupe d'élèves B, les forces exercées sur le palet ne se compensent pas car leur somme vectorielle n'est pas nulle; l'énoncé B2 du principe de l'inertie indique que **lorsque les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas, on peut affirmer qu'il n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme**, on en déduit donc que le palet n'est ni immobile, ni en mouvement rectiligne uniforme.

 Faire le point :

Il s'agit de construire la somme de deux vecteurs pour faciliter la compréhension de l'activité n°3. Les deux questions sont progressives puisque la 2^e demande de tracer la somme des forces.

Activité 3 : Le médecine-ball, encore...

Variation du vecteur vitesse est somme des forces

LIEN AVEC LA FICHE CCM

SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- Forces

SAVOIRS VISÉS

- Vocabulaire : somme des forces, variation du vecteur vitesse pour un mouvement rectiligne.

CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Modéliser** l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force, vecteur ayant une norme, une direction, un sens
- Représenter** le vecteur vitesse.

CAPACITÉS VISÉES

- Relier** la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins à l'existence d'actions extérieures modélisées par des vecteurs forces dont la somme est non nulle pour un mouvement rectiligne

CÔTÉ PRATIQUE

DURÉE

45 min

RESSOURCES DISPONIBLES

Feuille de consigne
Feuille modèle
Expérience simple

REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

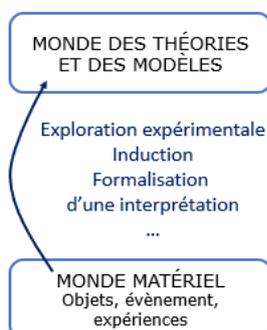
Il est possible de ressortir le medecin-ball et de la faire lancer par les élèves.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

ACTIONS DIDACTIQUES

Utiliser un modèle pour interpréter qualitativement une expérience.

Modélisation



Lien entre variation de la vitesse et somme des forces



Action des objets

Mouvement

LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Schéma spécifique (forces, vitesse)  relation entre vecteurs.
Tableau à double entrée.

SAVOIRS EN JEU

Cette activité reprend les capacités : représentation des forces, des vecteurs vitesses

Il s'agit de lier la variation du vecteur vitesse (sa norme) à la somme des forces pour un mouvement rectiligne.

Cette activité est difficile d'un point de vue mathématique (addition de deux vecteurs), il paraît donc indispensable de faire le point avant de faire l'activité et aussi de rappeler les différences entre direction, sens, norme d'un vecteur.

Le « pour aller plus loin » est assez difficile et est donc à réserver à des élèves de bon niveau ou rapides.

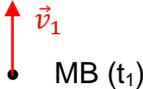
COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Les élèves ont certaines difficultés à construire l'addition de deux vecteurs, le professeur doit donc veiller à vérifier les constructions en particulier pour les élèves en difficultés par rapport aux vecteurs. La taille des vecteurs peut aussi poser des problèmes aux élèves, il peut être nécessaire de rappeler que la taille est liée à la norme du vecteur. La dernière ligne peut être « faite » avec certains élèves faibles pour l'explicitier.

CORRIGÉ

1. On s'intéresse à la phase de lancer du médecine-ball, 1^{ère} colonne du tableau (tant que les mains sont en contact avec le médecine-ball).
 - a. En vous aidant du travail fait lors du chapitre précédent « interaction et force », faire le schéma des forces qui s'exercent sur le médecine-ball (2^{ème} ligne du tableau). On néglige ici l'action de l'air et on représente le médecin-ball par son centre. (*)
 - b. Représenter alors la somme des forces s'exerçant sur le Médecine-ball (3^{ème} ligne). (**)
 - c. Représenter ensuite le vecteur vitesse du Medecine-Ball à deux instants voisins de la phase de lancer (4^{ème} ligne), on ne demande pas d'utiliser une échelle précise mais on indiquera les différences éventuelles de valeur par des vecteurs de longueurs différentes). (***)
 - d. Indiquer enfin, comment évoluent les caractéristiques du vecteur vitesse au cours de la phase de lancer (5^{ème} ligne) . (****)
2. Compléter le tableau en répondant aux mêmes questions pour les trois autres phases du mouvement.

Phase du mouvement	Lancer	Montée	Descente	Réception
Représentation des forces s'exerçant sur le Medecine-ball	(*) 			
Représentation de la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ s'exerçant sur le Medecine-ball	(**) 			
Représentations du vecteur vitesse du centre du Medecine-ball \vec{v}_1 et \vec{v}_2 à deux instants voisins t_1				

(début de la phase) et t_2 (fin de la phase)		(***)			
					
Variation du vecteur vitesse du centre du Medecin-ball au cours de la phase	La valeur du vecteur vitesse	<input checked="" type="checkbox"/> augmente <input type="checkbox"/> diminue <input type="checkbox"/> reste constante (***)	<input type="checkbox"/> augmente <input checked="" type="checkbox"/> diminue <input type="checkbox"/> reste constante	<input checked="" type="checkbox"/> augmente <input type="checkbox"/> diminue <input type="checkbox"/> reste constante	<input type="checkbox"/> augmente <input checked="" type="checkbox"/> diminue <input type="checkbox"/> reste constante
	La direction du vecteur vitesse	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constante (****)	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constante	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constante	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constante
	Le sens du vecteur vitesse	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constant (****)	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constant	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constant	<input type="checkbox"/> varie <input checked="" type="checkbox"/> reste constant

3. En utilisant les résultats du tableau, cocher la bonne réponse :

La somme des forces exercées sur le Medecin-ball est liée :

- au sens du vecteur vitesse
 au changement de sens du vecteur vitesse

4. En utilisant les résultats du tableau, cocher la bonne réponse :

La somme des forces exercées sur le Medecin-ball est liée :

- à la norme du vecteur vitesse
 à la variation de la norme du vecteur vitesse

5. Dans les phrases ci-dessous, barrer deux des propositions entre les crochets :

Pour un système dont le mouvement ne change pas de direction, lorsque la somme des forces est de même sens que le vecteur vitesse (même sens que le mouvement) alors la valeur du vecteur vitesse **augmente** (lancer et descente) Inversement, lorsque la somme des forces est de sens opposé à celui du vecteur vitesse (sens opposé au mouvement) alors la valeur du vecteur vitesse **diminue** (montée et réception)

Dans cette activité on s'intéresse au mouvement d'une balle lancée dans une direction quelconque. Un logiciel de simulation permet de tracer différentes positions de cette balle à des intervalles de temps réguliers ainsi que la vitesse de la balle pour chacune de ces positions (document 1). Pour cette simulation on n'a pas tenu compte de l'action de l'air et le tracer commence alors que la balle a quitté la main du lanceur.

1. Représenter dans une position du centre de la balle sur le document 1, la (ou les) force(s) s'exerçant sur la balle au cours de son mouvement puis dans une autre position la somme de ces forces.

Ici l'action de l'air est négligée, la seule force à représenter est la force de la terre sur la balle (ou poids de la balle) qui est un vecteur vertical vers le bas.

2. A l'aide d'une règle, déterminer sur le document 1 comment évolue la valeur du vecteur vitesse de la balle suivant l'horizontale au cours de son mouvement. Procéder de la même façon pour la valeur du vecteur vitesse de la balle suivant la verticale.

Sur le document 1 de la correction figurent des segments horizontaux (rouges) qui correspondent à la valeur du vecteur vitesse de la balle suivant l'horizontale. Ces segments sont tous de la même longueur 1,3 cm. On en déduit que la valeur du vecteur vitesse de la balle suivant l'horizontale est constante au cours de son mouvement.



La valeur du vecteur vitesse de la balle suivant la verticale est représentée par les segments en pointillés verticaux sur le document 1 (verts). La longueur de ces segments diminue pendant la phase de montée de la balle pour s'annuler au sommet de la trajectoire puis augmenter lors de la phase de descente. On en déduit que **la valeur du vecteur vitesse de la balle suivant la verticale diminue à la montée et augmente à la descente.**

3. En comparant la somme des forces et la variation du vecteur vitesse entre 2 instants, compléter les phrases suivantes :

Le vecteur vitesse ne change pas dans une direction perpendiculaire à la somme des forces.

Dans la direction de la somme des forces, la valeur du vecteur vitesse **augmente** si la somme des forces et le mouvement sont de même sens. Inversement, la valeur du vecteur vitesse **diminue** si le sens de la somme des forces et du mouvement sont opposés.

4. En comparant la somme des forces et la variation du vecteur vitesse entre 2 instants, cocher la bonne réponse.
- Le vecteur vitesse varie dans le sens du vecteur somme des forces : **VRAI** FAUX
 - Le vecteur vitesse varie dans la direction du vecteur somme des forces : **VRAI** FAUX

Activité 4 : maintenir une balle sous l'eau.

Exploitation du principe d'inertie pour représenter des forces.

LIEN AVEC LA FICHE CCM

SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- Forces, diagramme système-interaction, principe d'inertie

SAVOIRS VISÉS

- Vocabulaire : somme des forces, forces se compensent
- Propriétés : principe d'inertie.

CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Relier** la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins à l'existence d'actions extérieures modélisées par des vecteurs forces dont la somme est non nulle pour un mouvement rectiligne

CAPACITÉS VISÉES

- Déterminer** numériquement ou graphiquement la norme d'un vecteur force dans le cas où la somme des vecteurs force est nulle.

CÔTÉ PRATIQUE

DURÉE

30 min

RESSOURCES DISPONIBLES

Feuille de consigne

Feuille modèle

Matériel à utiliser avec protocole

REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

Ne pas hésiter à laisser du temps aux élèves pour s'approprier le montage.

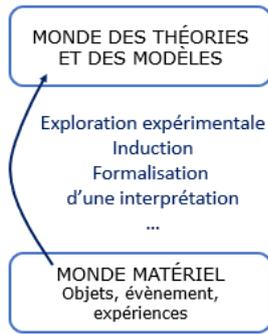
CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

ACTIONS DIDACTIQUES

Faire réaliser et exploiter une expérience qualitative de vérification d'un modèle ou d'une prévision à l'aide d'un modèle.

MODÉLISATION

Relations entre les forces.



Action des objets

Objet en équilibre ou en mouvement

LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Perception visuelle, kinesthésique → relation entre vecteurs, schéma spécifiques (forces).

SAVOIRS EN JEU

Cette activité a pour but de déterminer la direction d'une force en utilisant les différents énoncés du principe d'inertie. Elle permet aussi de réinvestir la représentation des forces et les diagrammes système-interactions.

COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

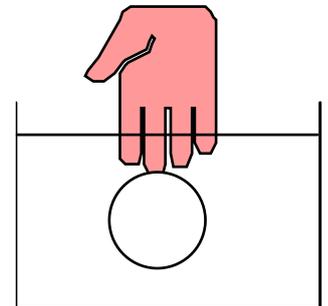
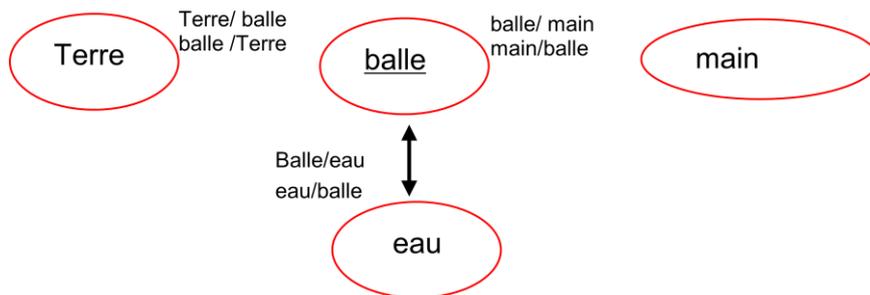
Cette activité ne pose que peu de problèmes aux élèves, la force verticale et vers le haut étant facilement conceptualisée.

CORRIGÉ

Réaliser les expériences et répondre aux questions correspondant aux situations 1 et 2 décrites ci-dessous

Situation 1 :

- *Expérience : Maintenir immobile une balle sous l'eau.*
- 1. À l'aide du modèle des interactions : Représenter le diagramme balle-interactions ;



- faire la liste des forces agissant sur le système balle en précisant la direction et le sens de chacune.

Force	Direction	Sens
La force exercée par la main de l'élève sur la balle $\vec{F}_{M/B}$	Verticale	Vers le bas
La force exercée par la Terre sur la balle (poids de la balle) $\vec{F}_{T/B}$	Verticale	Vers le bas
La force exercée par l'eau sur la balle $\vec{F}_{E/B}$ (poussée d'Archimède)	Verticale	Vers le haut

2. A l'aide du modèle « principe de l'inertie » établir une relation entre les forces qui s'exercent sur la

balle.

D'après le principe de l'inertie (énoncé A1), **Lorsqu'un** système est *immobile ou en mouvement rectiligne uniforme*, **on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent**. La balle étant immobile, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur elle se compensent.

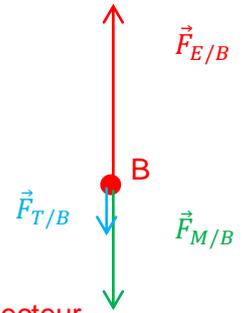
3. Proposer une représentation de ces forces en accord avec cette relation.
Le fait que les forces se compensent se traduit par la relation vectorielle :

$$\vec{F}_{T/B} + \vec{F}_{M/B} + \vec{F}_{E/B} = \vec{0}$$

Soit en mettant du même côté de l'égalité les forces de même sens :

$$\vec{F}_{T/B} + \vec{F}_{M/B} = -\vec{F}_{E/B}$$

Comme les vecteurs ont tous la même direction, on peut écrire en norme (donc sans flèche sur les symboles) : $F_{T/B} + F_{M/B} = F_{E/B}$



Sur le schéma, la somme des normes des vecteurs représentant les deux forces exercées vers le bas ($\vec{F}_{T/B}$ et $\vec{F}_{M/B}$) doit être égale à la norme du vecteur représentant la force exercée vers le haut ($\vec{F}_{E/B}$).

Situation 2

- **Expérience** : Maintenir la balle sous l'eau, puis retirer la main : la balle de ping-pong se met en mouvement verticalement vers le haut.

1. À l'aide du modèle des interactions, faire la liste des forces agissant sur le système balle pendant la phase de montée (la balle étant toujours sous l'eau). Préciser la direction et le sens de chacune de ces forces.

Dans cette situation, l'élève a lâché la balle, il n'y a donc plus d'interaction de contact avec les mains et le diagramme balle-interactions devient :



Et la liste des forces s'exerçant sur la balle devient :

Force	Direction	Sens
La force exercée par la Terre sur la balle $\vec{F}_{T/B}$ (poids de la balle)	Verticale	Vers le bas
La force exercée par l'eau sur la balle $\vec{F}_{E/B}$ (poussée d'Archimède)	Verticale	Vers le haut

2. A l'aide du modèle « principe de l'inertie » établir une relation entre les forces qui s'exercent sur la balle.

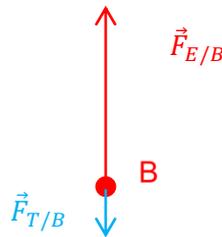
La balle est initialement immobile et se met en mouvement vers le haut donc sa vitesse varie. Elle n'est donc *ni immobile, ni en mouvement rectiligne uniforme*.

Or d'après l'énoncé A₂ du principe de l'inertie « **Lorsqu'un** système *n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme*, **on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas** » donc ici on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur le système balle ne se compensent pas.

3. Au cours du mouvement de la montée de la balle, répondre par VRAI ou FAUX aux affirmations suivantes :
- Le sens du vecteur vitesse change : VRAI FAUX
 - La direction du vecteur vitesse change : VRAI FAUX
 - La norme du vecteur vitesse augmente : VRAI FAUX
 - La norme du vecteur vitesse diminue : VRAI FAUX

3. Proposer alors une représentation de ces forces en indiquant en quoi elle est en accord avec les réponses aux questions 2 et 3.

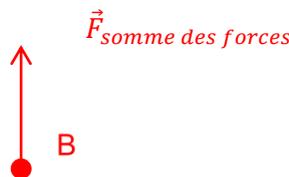
En reprenant la représentation de la question 3 de la situation 1 où l'on « retire » le vecteur force modélisant l'action de la main on obtient la représentation suivante :



Sur cette représentation les forces ne se compensent pas : $\vec{F}_{T/B} + \vec{F}_{E/B} \neq \vec{0}$

Ceci est en accord avec la réponse à la question 2 de la situation 2.

De la même façon, d'après cette représentation la somme des vecteurs force est représentée par le vecteur suivant :



D'après le paragraphe du modèle pour un mouvement rectiligne, « lorsque la somme des forces est de même sens que le vecteur vitesse (même sens que le mouvement) alors la norme du vecteur vitesse augmente ». Ici la valeur (norme) de la vitesse augmente alors que le mouvement est vertical vers le haut donc il faut que la somme des forces soit elle aussi de même sens et de même direction ce qui est bien le cas pour avec la représentation des vecteurs force proposée.

Pour aller plus loin :

La force exercée par un fluide sur un objet (autre que l'action de frottement) est appelée poussée d'Archimède. Dans le cas d'un objet totalement immergé dans l'eau la valeur P_a en Newton (N) de la poussée d'Archimède peut être calculée à l'aide de la relation $P_a = \rho_{eau} \times V_{objet} \times g$ où $\rho_{eau} = 1,000 \times 10^{-3} \text{ kg.cm}^{-3}$ est la masse volumique de l'eau et V_{objet} est le volume immergé de l'objet en mL.

On se place dans le cas de la situation 1 où la balle est maintenue immobile sous l'eau.

1. Pour une balle de ping-pong de masse $m = 2,7 \text{ g}$ et de volume $V = 30 \text{ cm}^3$, calculer la valeur du poids et de la poussée d'Archimède s'exerçant sur cette balle.

Pour la valeur du poids de la balle (rappels de 3^{ème}) on a : $P_{balle} = F_{Terre/balle} = m \times g$

avec $m = 2,7 \text{ g} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ kg}$ on a $P_{balle} = 2,7 \times 10^{-3} \times 9,8 = 2,6 \times 10^{-2} \text{ N}$

Pour la valeur de la poussée d'Archimède sur la balle on a :

$P_a = \rho_{eau} \times V_{objet} \times g = 1,000 \times 10^{-3} \times 30 \times 9,8 = 2,9 \times 10^{-1} \text{ N}$

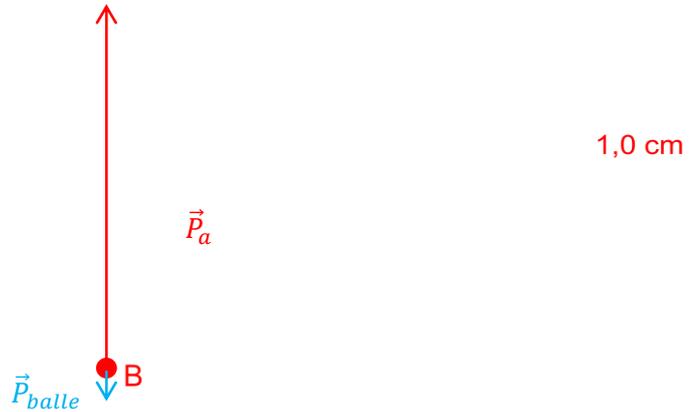
2. En prenant comme échelle de représentation des forces 1,0 cm sur le dessin représente 0,030 N, faire un schéma des forces s'exerçant sur la balle.

Détermination des longueurs des vecteurs poids et poussée d'Archimède à représenter :

	Valeur de la force calculée (N)	Longueur du vecteur force sur la représentation des forces (cm)
Echelle	0,030	1,0
P_{balle}	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2} / 0,030 = 0,88$
P_a	$2,9 \times 10^{-1}$	$2,9 \times 10^{-1} / 0,030 = 9,8$



D'après les résultats précédents on peut commencer à réaliser la représentation suivante des vecteurs force \vec{P}_{balle} et \vec{P}_a :



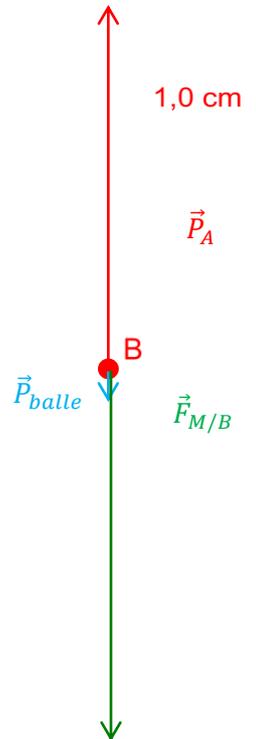
Il manque sur la représentation la force modélisant l'action des mains sur la balle. Comme vu à la question 3 de la situation 1, le fait que les forces aient même direction et se compensent se traduit par une somme des longueurs des vecteurs représentant les deux forces exercées vers le bas (\vec{P}_{balle} et $\vec{F}_{M/B}$) égale à la longueur du vecteur représentant la force exercée vers le haut (\vec{P}_a) soit :

$$P_{balle} + F_{M/B} = P_a$$

On en déduit donc la longueur $F_{M/B}$ du vecteur $\vec{F}_{M/B}$ par la relation :

$$F_{M/B} = P_a - P_{balle} = 9,8 - 0,88 = \mathbf{8,9 \text{ cm}}$$

La **représentation finale** figure alors ci-contre :



3. En déduire la valeur de la force de la main sur la balle.

A l'aide de l'échelle de représentation des vecteurs force on en déduit que la valeur du vecteur $\vec{F}_{M/B}$ est $F_{M/B} = 8,9 \times 0,030 = \mathbf{2,6 \times 10^{-1} \text{ N}}$.

Remarque : on pouvait obtenir numériquement cette valeur à l'aide de la relation entre les valeurs des vecteurs force (car les vecteurs ont même direction):

$$F_{M/B} = P_a - P_{balle} = 2,9 \times 10^{-1} - 2,6 \times 10^{-2} = \mathbf{2,6 \times 10^{-1} \text{ N}}$$

Activité 5 : Pousser contre un mur

Utilisation du principe d'inertie pour caractériser l'action du sol

LIEN AVEC LA FICHE CCM

SAVOIRS RETRAVAILLÉS

- Forces, sommes des forces

SAVOIRS VISÉS

- Principe d'inertie

CAPACITÉS RETRAVAILLÉES

- Relier** la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins à l'existence d'actions extérieures modélisées par des vecteurs forces dont la somme est non nulle pour un mouvement

CÔTÉ PRATIQUE

DURÉE

30 min

RESSOURCES DISPONIBLES

Feuille de consigne
Feuille modèle
Expérience simple

REMARQUES AU SUJET DU MATÉRIEL

rectiligne

CAPACITÉS VISÉES

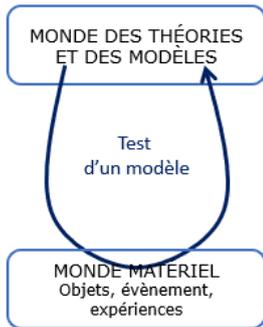
- ☐ **Déterminer** numériquement ou graphiquement la norme d'un vecteur force dans le cas où la somme des vecteurs force est nulle.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ

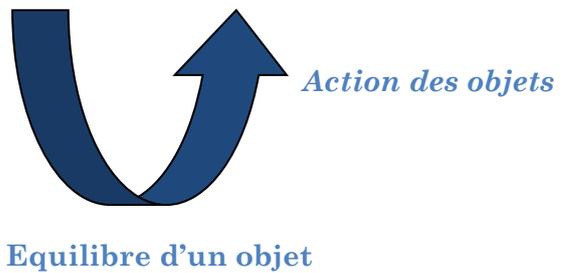
ACTIONS DIDACTIQUES

Utiliser un modèle pour interpréter qualitativement une expérience.

Modélisation



Représentation d'une force



LIENS ENTRE REPRÉSENTATIONS

Schéma spécifique (forces, vitesse) → relation entre vecteurs.
Tableau à double entrée.

SAVOIRS EN JEU

Cette activité est difficile et à la limite du programme mais elle permet d'appliquer le principe d'inertie. L'objectif est de déterminer la force exercée par le sol. Selon le modèle des interactions, le sol exerce une unique force, même si en physique on a parfois tendance à la modéliser comme une action normale et une action tangentielle. Ici, il s'agit de comprendre que la force exercée est inclinée pour que le principe d'inertie soit respecté. Il pourra alors être temps de donner du sens à cette inclinaison en évoquant les frottements.

COMPORTEMENT ET PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

La situation paraît simple mais la modélisation n'est pas simple y compris la forces de frottements. Il faut donc insister sur les « sensations » des élèves et faire le lien entre actions et forces (y compris en utilisant l'action réciproque).

CORRIGÉ

Situation 1 :

On s'intéresse ici à un élève, debout sur le sol, qui pousse **horizontalement** sur un mur (vertical)

1. Réaliser l'expérience (vous avez le droit de pousser fort !) et décrire en quelques phrases ce que l'on ressent.

Chaque élève a son propre ressenti à noter

2. Représenter le diagramme élève – interactions puis faire la liste des forces qui s'exercent sur l'élève.

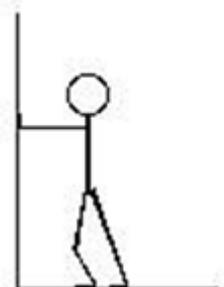


Diagramme élève – interactions :



élève/sol sol/élève



Liste des forces qui s'exercent sur l'élève :

- La force exercée par le mur sur l'élève $\vec{F}_{M/E}$
- La force exercée par la Terre sur l'élève $\vec{F}_{T/E}$ (poids de l'élève)
- La force exercée par le sol sur l'élève $\vec{F}_{S/E}$ (réaction du sol)

3. En se servant de l'expérience réalisée, proposer une représentation de la force exercée par le sol sur l'élève en expliquant ce qui a poussé à proposer cette réponse.

Chaque élève a son propre schéma à réaliser

4. A l'aide du modèle « principe de l'inertie », établir si les forces qui s'exercent sur l'élève se compensent ou si elles ne se compensent pas.

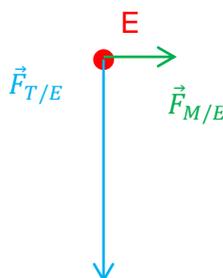
D'après le principe de l'inertie (énoncé A1), **Lorsqu'un système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent.** L'élève étant immobile, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

5. En accord avec la réponse à la question précédente, représenter sur un schéma où l'élève sera représenté par son centre d'inertie toutes les forces qui s'exercent sur l'élève. Comparer la représentation de la force exercée par le sol sur l'élève sur ce schéma et à la question 3. En cas de différences, identifier les raisonnements ou oublis responsables de ces différences.

Pour la représentation des forces :

- la force exercée par le mur sur l'élève est d'après le principe des actions réciproques de même direction et de même norme que la force exercée par l'élève sur le mur mais de sens opposé. L'élève poussant horizontalement sur le mur de la droite vers la gauche d'après le schéma, $\vec{F}_{M/E}$ est donc un vecteur horizontal orienté vers la droite
- la force de la terre sur l'élève est représentée par un vecteur vertical vers le haut

On a donc dans un premier temps la représentation suivante :



Il reste maintenant à représenter la force du sol sur l'élève. Ici l'élève est immobile mais il n'y a pas que la Terre qui agit en plus sur l'élève, donc on ne peut pas appliquer la propriété de la réaction d'un support du modèle du chapitre précédent (en effet on va voir ici que la réaction du sol n'est pas perpendiculaire à celui-ci).

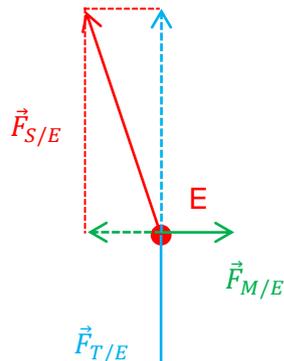
Le fait que les forces se compensent se traduit par la relation vectorielle:

$$\vec{F}_{T/E} + \vec{F}_{M/E} + \vec{F}_{S/E} = \vec{0}$$

Soit en mettant du même côté de l'égalité les forces de même sens :

$$\vec{F}_{T/E} + \vec{F}_{M/E} = -\vec{F}_{S/E}$$

$\vec{F}_{S/E}$ est donc un vecteur qui compense (signe moins) la somme des deux autres $\vec{F}_{T/E} + \vec{F}_{M/E}$.
 Les vecteurs $\vec{F}_{T/E}$ et $\vec{F}_{M/E}$ ayant des directions perpendiculaires, on peut obtenir $\vec{F}_{S/E}$ graphiquement en construisant la somme des 2 vecteurs opposés à $\vec{F}_{T/E}$ et $\vec{F}_{M/E}$ (représentés en pointillés) à l'aide de la règle du parallélogramme :

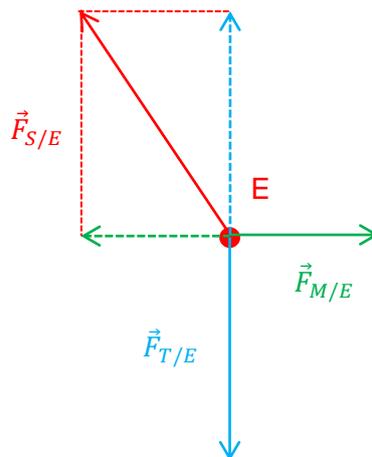


Situation 2 :

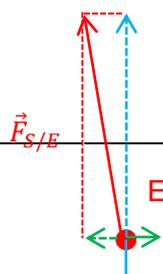
L'élève pousse plus ou moins fort, ou pousse après être monté sur une planche à roulettes

1. Sur 2 nouveaux schémas représenter les modifications des vecteurs force à apporter pour traduire ce qui change au niveau des actions lorsque l'élève pousse plus puis moins fort sur le mur tout en restant immobile.

Si l'élève pousse plus fort sur le mur alors d'après le principe des actions réciproques la norme du vecteur représentant la force du mur sur l'élève augmente alors que la force de la terre est inchangée. Si en plus l'élève reste immobile, alors la partie horizontale de la force du sol sur l'élève qui compense la force du mur sur l'élève va elle aussi augmenter et le vecteur $\vec{F}_{S/E}$ va se rapprocher de l'horizontale comme sur le schéma ci-dessous:



Inversement, si l'élève pousse moins fort sur le mur alors par le même raisonnement on en déduit que la force du mur sur l'élève va elle aussi diminuer et le vecteur $\vec{F}_{S/E}$ va se rapprocher de la verticale comme sur le schéma ci-dessous:



2. Dans le cas où l'élève monte sur une planche à roulette, proposer une représentation des forces en accord avec le fait que l'élève se mette en mouvement. Justifier cette représentation à l'aide du modèle « principe de l'inertie ».

L'élève est initialement immobile et se met en mouvement vers la droite donc sa vitesse varie. il n'est donc *ni immobile, ni en mouvement rectiligne uniforme*.

Or d'après l'énoncé A₂ du principe de l'inertie « **Lorsqu'un système n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas** » donc ici on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur le système élève ne se compensent pas.

L'élève est initialement immobile et se met en mouvement horizontalement vers la droite. On en déduit que pendant cette phase où il est en contact avec le mur, le vecteur vitesse ne change pas de sens et de direction mais seulement de valeur qui augmente au cours du mouvement.

La variation du vecteur vitesse du centre de gravité de l'élève à deux instants t_1 et t_2 du mouvement horizontal de celui-ci peut être représenté de la façon suivante:

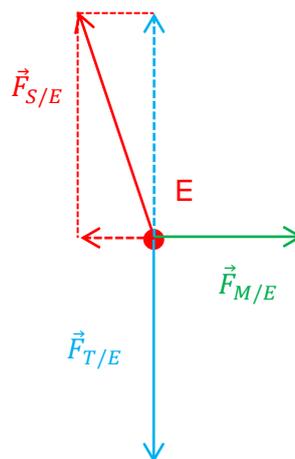


Une représentation de la somme des forces en accord avec cette variation du vecteur vitesse est:



Car d'après le §-2.1 du modèle pour un mouvement rectiligne, « lorsque la somme des forces est de même sens que le vecteur vitesse (même sens que le mouvement) alors la norme du vecteur vitesse augmente ».

Sur une représentation des forces en accord avec celle de la somme des forces il faut donc que les forces se compensent dans la direction verticale mais dans la direction horizontale. Il faut d'ailleurs que dans la direction horizontale la somme des forces soient orientées vers la droite ce qui signifie que la valeur de la force du mur sur l'élève (orienté vers la droite) soit plus importante que la partie horizontale de la force du sol sur l'élève (orientée vers la gauche) comme sur le schéma ci-dessous:



On en déduit donc que dans ce cas le contact entre les roues et le sol ne permet pas que la partie horizontale de la force du sol sur l'élève compense la force du mur sur l'élève.

Pour aller plus loin

Dans le cas de la situation 1, l'élève utilise un pèse-personne qu'il place entre ses mains et le mur. Lors de la poussée le pèse-personne affiche une valeur de 15 kg. Avant de pousser sur le mur, l'élève se pèse en se tenant immobile sur le plateau du pèse-personne. Celui-ci indique alors une masse $m = 50$ kg.

On précise qu'un pèse personne mesure la valeur de la force qui s'exerce sur son plateau.

1. A l'aide du modèle « interaction et force » déterminer la valeur du poids de l'élève.

Pour la valeur du poids de l'élève (rappels de 3^{ème}) on a : $P_E = F_{\text{Terre}/E} = m_E \times g$
avec $m_E = 50 \text{ kg}$ on a $P_E = 50 \times 9,8 = 4,9 \times 10^2 \text{ N}$

2. Identifier la force dont le pèse-personne mesure la valeur lorsque l'élève pousse contre le mur. Justifier la réponse à l'aide des informations de l'énoncé.

Lorsque l'élève pousse contre le mur le pèse-personne mesure la valeur de la force de l'élève sur le pèse-personne qui peut être assimilée à la force de l'élève sur le mur $\vec{F}_{E/M}$

3. Toujours en justifiant la réponse à l'aide du modèle « interaction et force », déterminer la valeur de la force exercée par le mur sur l'élève.

D'après le principe des actions réciproques : $\vec{F}_{E/M} = -\vec{F}_{M/E}$

Donc en considérant que le pèse personne affiche la valeur d'une masse m mais mesure la valeur d'une force $F = m \times g$ on a pour la valeur de la force du mur sur l'élève $\vec{F}_{M/E}$:

$F_{M/E} = F_{E/M} = m \times g = 15 \times 9,8 = 1,5 \times 10^2 \text{ N}$

4. Représenter sur un schéma, à l'échelle (1,0 cm correspondant à 100 N), les forces qui s'exercent sur l'élève (représenté par son centre d'inertie).

Détermination des longueurs des vecteurs \vec{P}_E et $\vec{F}_{M/E}$ à représenter :

	Valeur de la force calculée (N)	Longueur du vecteur force sur la représentation des forces (cm)
Echelle	100	1,0
\vec{P}_E	$4,9 \times 10^2$	$4,9 \times 10^2 / 100 = 4,9$
$\vec{F}_{M/E}$	$1,5 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2 / 100 = 1,5$

Comme déjà vu dans cette activité, l'élève étant immobile les forces se compensent (énoncé A1 du principe de l'inertie) et les vecteurs \vec{P}_E et $\vec{F}_{M/E}$ ayant des directions perpendiculaires, on peut obtenir $\vec{F}_{S/E}$ graphiquement en construisant la somme des 2 vecteurs opposés à \vec{P}_E et $\vec{F}_{M/E}$ (représentés en pointillés) à l'aide de la règle du parallélogramme:

