

Ignorato motu, ignoratur natura.

(Si on ignore le mouvement, on méconnait la nature)

Les lois newtoniennes du mouvement

Objectifs :

Elaboration des lois newtoniennes du mouvement.

Les conceptions immédiates du mouvement sont généralement aristotéliciennes (il faut un moteur pour qu'il y ait mouvement). Les consignes de travail (à la fois directives et ouvertes) du dispositif proposé ici doivent permettre aux élèves de rompre avec ces conceptions immédiates et de reconstruire les lois du mouvement de Newton.

Mots clés :

Référentiel ; position, vitesse ; accélération ;

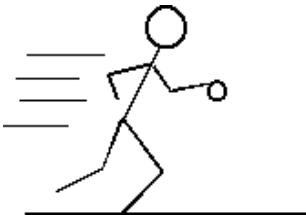
Force ; masse ;

Outils mathématiques : vecteur, dérivée, traitement dans un repère

Histoire : Aristote, Galilée, Newton...

A) Observation immédiate (45 minutes)

Situation initiale de recherche : le coureur lâche la balle...



Consigne 1) dessin individuel : **prévision du mouvement de la balle après le lâcher**

- **affichage et repérage des différences**
- **observation** de la situation (l'enseignant joue le coureur, ou le fait jouer...) puis nouveau dessin
- **de l'observation à un début d'expérimentation** : présentation **d'une vidéo** (moto).

Consigne 2) Dans les dessins produits initialement on obtient généralement **trois propositions** : **chute vers l'avant, vers l'arrière ou verticale**. **Peut-on valider les trois propositions par un discours scientifique approprié ?**

Animation de la discussion collective à partir des propositions reprises au tableau :

- vers l'avant par rapport au sol
 - vers l'arrière par rapport au coureur
 - verticale par rapport au coureur
- Discussion sur les frottements de l'air et l'idéalisation sans frottement

Magistral en situation :

Relativité galiléenne, notion de référentiel (et importance de la rigueur du discours scientifique).
Reprise éventuelle de la vidéo (moto).

En complément on propose la situation de la balle posée sur la table (immobilité par rapport à quoi ? et mouvement par rapport à l'animateur qui se déplace dans la salle...)

Discussion : lecture textes de Bachelard et discussion.

Commentaires :

- en général les dessins donnent donc trois propositions (vers l'avant, vertical, vers l'arrière) ; si ce n'est pas le cas l'enseignant peut compléter les propositions.
- la simple observation ne fait guère évoluer les propositions initiales ; de plus le lâcher simple de la balle est très problématique...
- la vidéo permet d'aller au-delà de l'observation immédiate (ralenti, arrêts sur image, retour arrière...) ; on peut par la suite effectuer du mesurage si on dispose d'un logiciel d'Exao.

B) Hypothèses - Théorisation (75 minutes)

Consigne 1) travail individuel par écrit : **faire la liste des grandeurs mesurables** dans la situation du coureur. **(5 minutes)**

Animation tableau à partir des propositions : **listage et classement** de ces grandeurs en deux catégories :

- descriptives du mouvement (cinématique)
- explicatives (dynamique)

Consigne 2) travail individuel par écrit **(10 minutes)**

- **définitions de vitesse et force**
- **hypothèses explicatives** : explications du mouvement de la balle du coureur ;
- comparaison au mouvement de chute verticale

Consigne 3) en groupe : **(30 minutes)**

Mise en commun des propositions et **réalisation d'une affiche** comportant :

- les **définitions** de vitesse et force ;
- **trois schémas explicatifs** :
 - a) la balle du coureur ;
 - b) lancement horizontal de la balle ;
 - c) chute verticale de la balle ;

Affichage et présentation par plusieurs groupes ; discussion (en particulier de la proposition probable du type : vecteur P + vecteur V pour l'explication de la trajectoire).

Consigne 4) travail individuel : **(30 minutes)**

Recherche de toutes les relations envisageables entre vitesse et force (exprimées sous la forme "si... alors" ; "en supposant que... alors"...) ;

Au cours de ce travail on apporte diverses **situations et textes historiques**.

Animation tableau : reprise des propositions et discussion collective pour la mise au point ; confrontation à plusieurs des situations proposée et aux textes historiques.

Commentaires :

- il n'est pas question de rejeter à priori, mais au contraire d'encourager, les propositions de grandeurs physiques "exotiques" (vitesse du vent, rugosité de la balle...) : le choix raisonné et simplificateur qui en découle est un moment important de l'analyse ;

- la discussion qui suit ce travail pose évidemment le problème de la définition de la vitesse instantanée, la proposition spontanée étant $v = d / t$;

- les schématisations introduisent généralement des vecteurs (flèches) ;

- la distinction entre vitesse et force est l'un des enjeux principaux de ce travail ; il n'est pas rare de rencontrer des propositions du type : **vecteur P + vecteur V** pour expliquer l'allure de la trajectoire ;

- la généralisation amène au problème fondamental :

force implique vitesse (Aristote),

ou bien, force implique variation de vitesse (Galilée, Newton).

La discussion renvoie également aux notions de relativité galiléenne, d'immobilité relative et de référentiel abordé dans la première partie.

Les divers exemples conduisent aux différents sens du mot variation ("accélérer", "ralentir", "tourner") ; la représentation vectorielle prend alors tout son sens.

C) Mathématisation et conclusions (45 minutes)

Consigne Alternance de travail individuel et collectif

Elaboration d'une formulation mathématique :

transposition en **langage mathématique** de la proposition obtenue auparavant, autour d'une **égalité** et comportant **force** d'un côté et **vitesse** de l'autre.

Introduction en cours de travail de situations qui posent le problème de la durée d'action de la force, ainsi que celui de la masse...

Discussion progressive des propositions et mise au point.

Magistral en situation : document [lois de newton]

Discussion sur l'ensemble du travail.

Commentaires :

La formulation mathématique commence généralement par $F = k \cdot V$.

Ceci renvoie au débat précédent et conduit alors à $F = k \cdot \Delta V$.

L'introduction du problème de la durée conduit à $F = k \Delta V / \Delta t$ puis à la nécessité de la dérivée (relation instantanée) et donc à la définition de l'accélération.

Enfin l'introduction du problème de la masse conduit à $F = m a$ (sous forme vectorielle). Le magistral en situation reprend le tout en s'appuyant éventuellement sur la notion de quantité de mouvement (c'est le cas du document proposé plus haut : [lois de Newton]).

Documents disponibles (.docx .pdf)

Lois de newton

Textes historiques

Diverses situations

Pour compléter : Dossier [textes] avec divers documents et [dossier problèmes et TP]

Animations (dossier [animations])



[aristote.mov](#)



[galilée.mov](#)



[velo.avi](#)



[moto.avi](#)



[inertie.swf](#)