# Mouvement et interactions en cycles 3 et 4

Cécile Dussine Jacques Vince



## Une proposition...

- 1. État des lieux et caractéristiques du sujet
- 2. L'activité de modélisation au cœur de l'apprentissage de mécanique
- 3. Difficultés des élèves sur le mouvement
- 4. Difficultés des élèves sur les interactions

#### 1- Un état des lieux

Une difficulté que je rencontre au sujet du mouvement



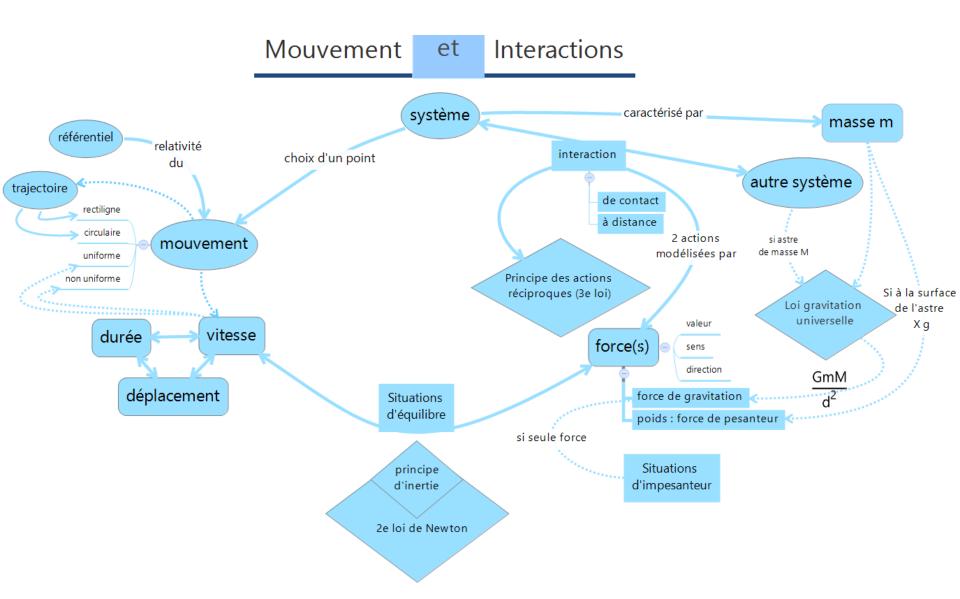
Une difficulté
d'élève
que j'ai observée
sur mouvement et
interaction

Une difficulté
que je rencontre
au sujet des
interactions

Quelque chose que j'aimerais que les élèves retiennent de cet enseignement

#### 1- Un état des lieux

Notions et contenus au programme... et un peu plus...



#### 1- Un état des lieux

## Quelques caractéristiques du sujet

#### Contrairement à d'autres domaines :

- Il y a beaucoup à voir
- Les phénomènes sont « faciles d'accès » et assez familiers
- L'instrumentation est simple et assez peu technologisée
- Les concepts sont nombreux et leur écart avec ce qu'on observe est important



L'activité de modélisation est essentielle

5 propositions pour définir la notion de modèle en sciences.

Pour chaque phrase, indiquer si vous êtes :

- tout à fait d'accord
- plutôt d'accord
- plutôt pas d'accord
- pas du tout d'accord

Sondage extrait des travaux du groupe Sésame

## Proposition 1

Un modèle est une représentation du réel à l'aide de schémas et de formules.

- 1. tout à fait d'accord
- 2. plutôt d'accord
- 3. plutôt pas d'accord
- 4. pas du tout d'accord

## Proposition 2

Un modèle est une situation idéale qui sert de référence.

- 1. tout à fait d'accord
- 2. plutôt d'accord
- 3. plutôt pas d'accord
- 4. pas du tout d'accord

## **Proposition 3**

Un modèle est une simplification du réel.

- 1. tout à fait d'accord
- 2. plutôt d'accord
- 3. plutôt pas d'accord
- 4. pas du tout d'accord

## **Proposition 4**

Un modèle est une façon de décrire quelque chose de réel à l'aide d'éléments théoriques.

- 1. tout à fait d'accord
- 2. plutôt d'accord
- 3. plutôt pas d'accord
- 4. pas du tout d'accord

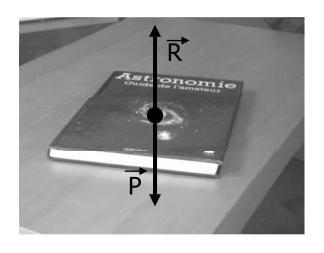
## **Proposition 5**

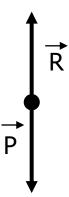
Un modèle est un élément d'un théorie utilisé en sciences.

- 1. tout à fait d'accord
- 2. plutôt d'accord
- 3. plutôt pas d'accord
- 4. pas du tout d'accord

## Un exemple classique...

Pourquoi ce livre est-il *immobile*?



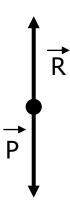


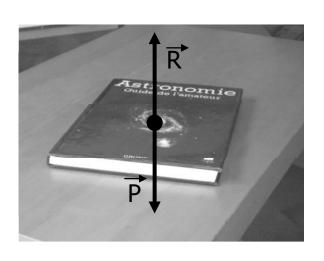
#### **Explication courante**

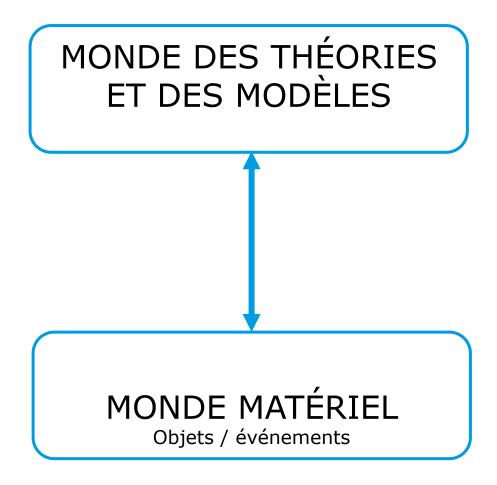
la table l'empêche de tomber ; la table supporte le livre. pas d'interprétation en termes de forces

#### En physique

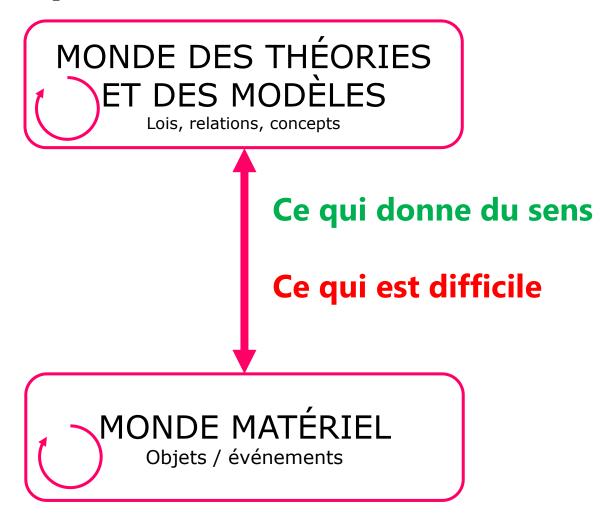
Le livre est soumis à deux forces qui se compensent







Une démarche qui est intimement liée à la pratique expérimentale



## Le réel pour construire des savoirs théoriques...

#### Lois, relations

Loi d'Ohm Lois de Snell-Descartes

## Construire des phénoménologies

Lien(s) mouvement / actions

Lien hauteur / fréquence

Liens état / température

### MONDE THÉORIQUE

Lois, relations, concepts...

Abstraction Induction

## Descriptions / représentations conceptuelles

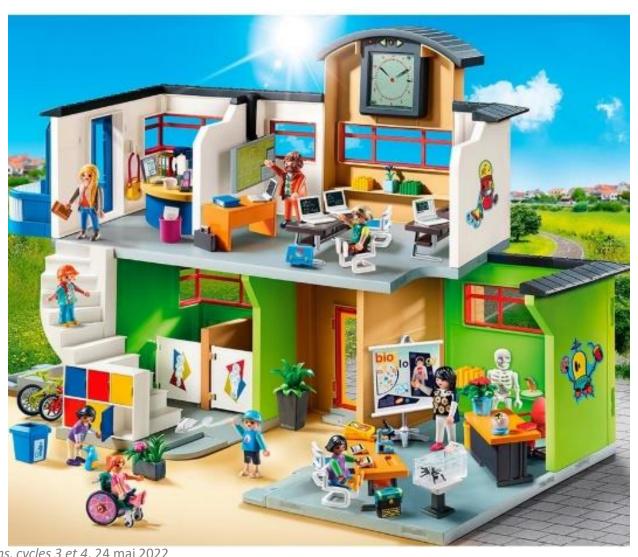
Modèle du rayon lumineux Modèle de l'œil Modèle de l'atome Modèle du pendule simple Onde

Équation de réaction

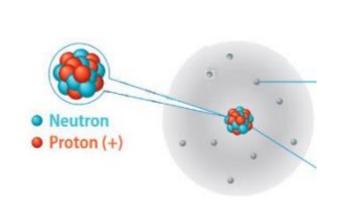
MONDE MATÉRIEL

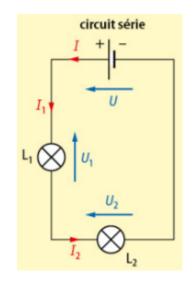
Objets / événements

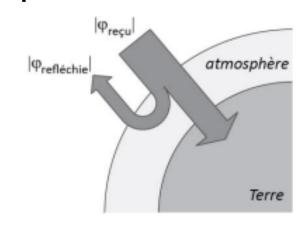
## Des exemples de modèles descriptifs... le modèle est ce qui *imite* la réalité, une réalité idéalisée...

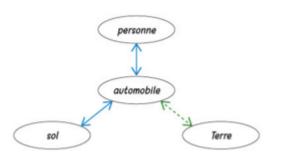


## Des exemples de modèles descriptifs...





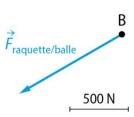


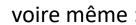


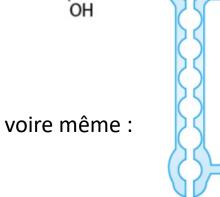
$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$



Modélisation de l'action de la raquette







Mouvement et interactions, cycles 3 et 4,

Une *modélisation*... de l'activité scientifique

#### MONDE DES THÉORIES ET DES MODÈLES

Lois, relations, concepts

Construire des éléments théoriques, leur donner du sens... à partir du monde matériel

théoriques,
pour traiter
du monde matériel
(description, interprétation,
prévision...)

#### MONDE MATÉRIEL

Objets / événements

#### Pourquoi est-ce important pour l'apprentissage ?

- ✓ Faire de la physique et de la chimie, c'est modéliser
- ✓ Masquer cette activité de modélisation peut être source d'arbitraire ou de difficulté
- √ L'assumer et l'expliciter permet
  - → de donner une image plus authentique de la discipline
  - → d'anticiper et de comprendre les difficultés
- √ Faire modéliser et pas seulement enseigner des modèles...

#### Conséquences (côté conceptuel)

Modéliser c'est abstraire mais c'est aussi

- schématiser
- accepter de perdre des informations
- utiliser des termes spécifiques
- faire des liens de causalité

#### Conséquences (côté pratique)

Penser à des « petits pas » de modélisation

(ce qui questionne les situations très ouvertes...)

Distinguer *physiquement* les éléments du modèle du reste des documents fournis

Une feuille à part

Éventuellement de couleur

Les confusions des « deux mondes » induisent aussi des expressions incorrectes (et courantes) qui révèlent une compréhension partielle

- La vitesse accélère
- La vitesse va moins vite
- La vitesse est uniforme
- La trajectoire tourne ou va en ligne droite
- Le sens fait demi-tour
- ...

Placer les mots suivants dans l'un des deux « mondes » : mouvement, vitesse, distance, déplacement, durée, trajectoire, force, action, interaction, gravitation, poids, impesanteur.

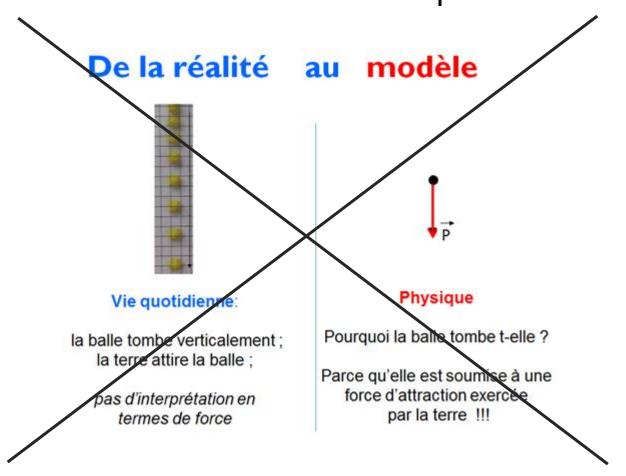
MONDE DES THÉORIES ET DES MODÈLES

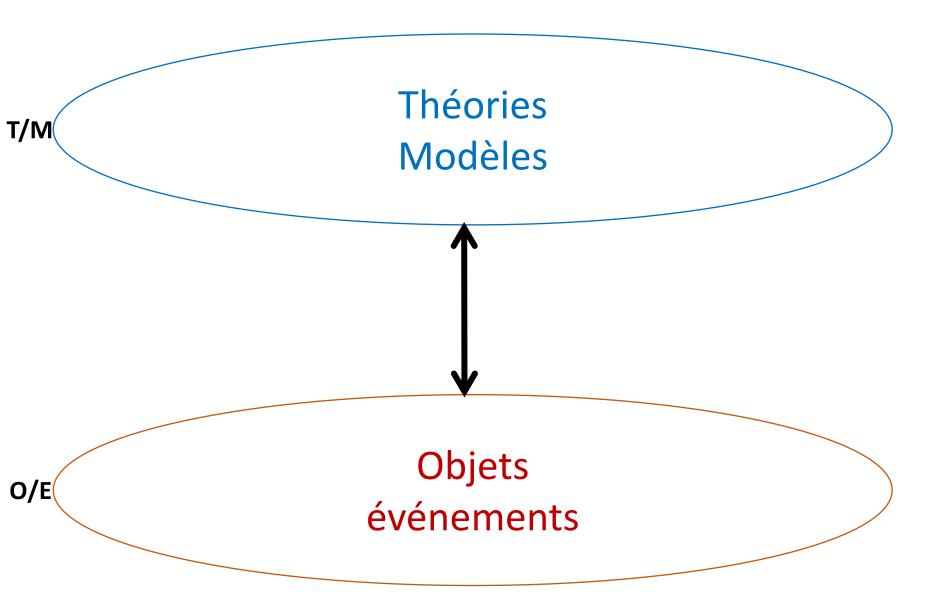
Lois, relations, concepts

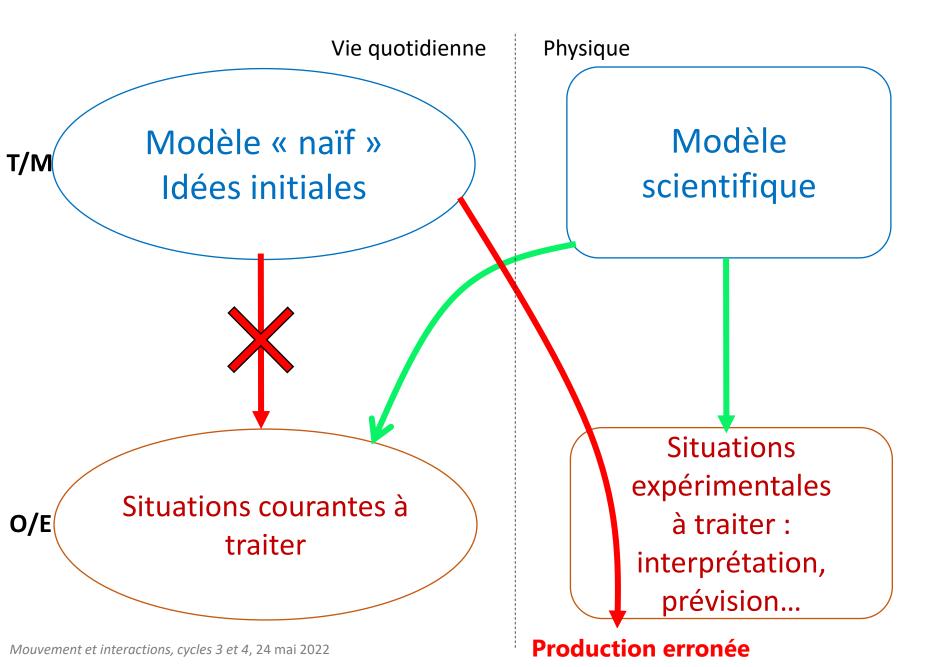
MONDE MATÉRIEL

Objets / événements / phénomènes

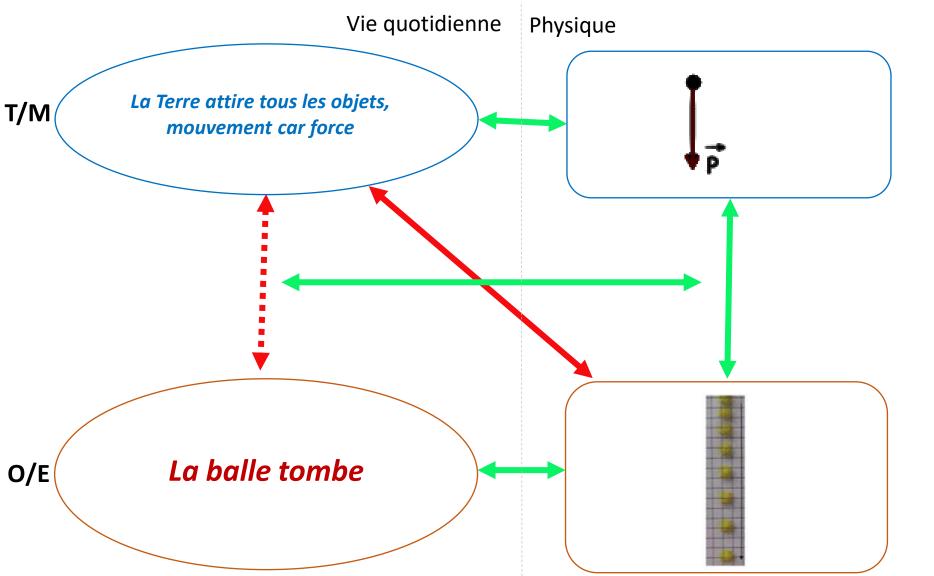
## 2- L'activité de modélisation : de 2 à 4 mondes Vie quotidienne vs modèle ? Une confusion classique...



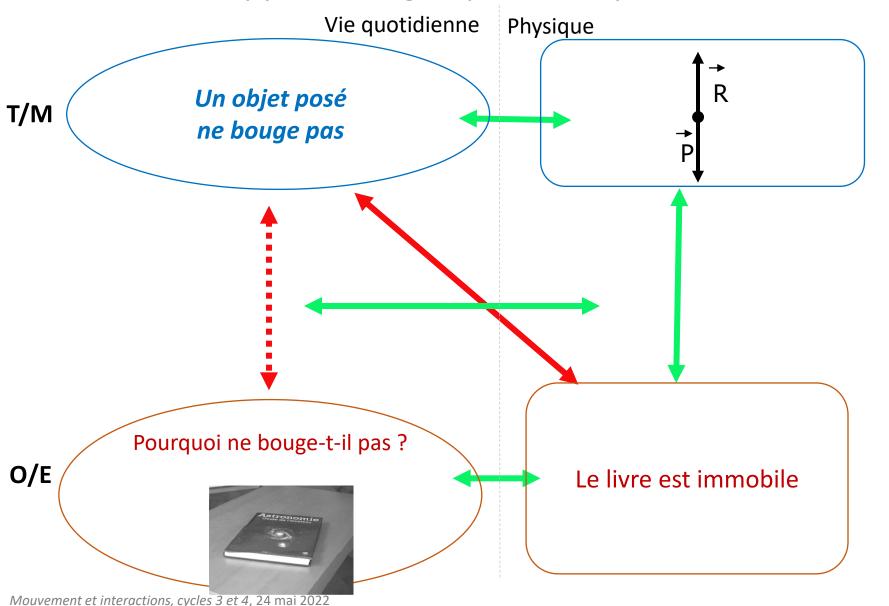




Un modèle d'apprentissage opératoire pour tous les niveaux



Un modèle d'apprentissage opératoire pour tous les niveaux



- A- Prendre un bon départ : qu'étudie-t-on ?
- B- Point ou objet?
- C- référentiel vs point de vue
- D- Différencier *v*, *d*, *t*; « découper » un mouvement en tranche de temps

E- « Dessiner » la vitesse

A- Prendre un bon départ : qu'étudie-t-on ?

B- Point ou objet?

C- référentiel vs point de vue

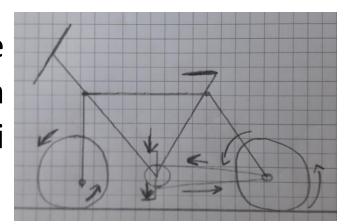
D- Différencier *v*, *d*, *t*; « découper » un mouvement en tranche de temps

E- « Dessiner » la vitesse

A- Prendre un bon départ : qu'étudie-t-on ?

## Quelle **consigne** a été donnée aux élèves pour obtenir la réponse suivante ? <u>Lien vidéo vélo (6ème)</u>

**Réponse :** « Le cycliste pousse sur le pédalier qui fait tourner la chaîne. La chaîne fait tourner la roue arrière qui fait avancer le vélo.



#### **BILAN:**

Décrire vs Expliquer Mouvement vs Fonctionnement d'un objet

Lien vers doc Eduscol: « verbes de consignes »

A- Prendre un bon départ : qu'étudie-t-on ?

B- Point ou objet?

C- référentiel vs point de vue

D- Différencier *v*, *d*, *t*; « découper » un mouvement en tranche de temps

E- « Dessiner » la vitesse

- 3- Difficultés des élèves sur le mouvement
- B- Point ou objet?
- Consigne donnée aux élèves :

Lien activités 6ème

- « Décrire le mouvement du vélo. »
- « Décrire le mouvement d'un point du guidon »

Que fait l'élève du point de vue de la modélisation ?

Proposer le modèle enseigné à la fin de cette activité 

BILAN élève

MONDE DES THÉORIES ET DES MODÈLES

Lois, relations, concepts

**MONDE MATÉRIEL** 

Objets / événements / phénomènes

B- Point ou objet?

#### Exemple du modèle proposé aux élèves de 6<sup>ème</sup> :

#### A) Étudier un mouvement :

- Pour étudier le mouvement d'un objet, on choisit un <u>point</u> précis de cet <u>objet</u>. Ce choix impose une perte d'informations sur les mouvements des autres points qui composent l'objet
- « Étudier un mouvement » consiste à décrire avec des mots ou un schéma <u>les positions</u> prises par le <u>point</u> étudié pendant la durée du mouvement

B- Point ou objet : une différence assumée en 2<sup>nde</sup>

## Programme de physique-chimie - seconde

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
1. Décrire un mouvement	
Système. Échelles caractéristiques d'un système. Référentiel et relativité du mouvement.	Identifier les échelles temporelles et spatiales pertinentes de description d'un mouvement.  Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système.  Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système.
Description du mouvement d'un système par celui d'un point. Position. Trajectoire d'un point.	Décrire le mouvement d'un système par celui d'un point et caractériser cette modélisation en termes de perte d'informations.  Caractériser différentes trajectoires.

B- Point ou objet ?

Modéliser ne consiste pas à remplacer...



A- Prendre un bon départ : qu'étudie-t-on ?

B- Point ou objet?

C- référentiel vs point de vue

D- Différencier *v*, *d*, *t*; « découper » un mouvement en tranche de temps

E- « Dessiner » la vitesse

#### C- Référentiel ou point de vue ?

- Le référentiel est souvent identifié à un objet
- Mais l'objet ne suffit pas à normer « ce que l'on voit » car on peut ne mettre à plusieurs endroits de cet objet
- Le référentiel est utile si on le dote d'un système de coordonnées
- Pour l'élève de collège, ce qui compte est le point de vue : la caméra n'a pas l'ambiguïté du référentiel

- A- Prendre un bon départ : qu'étudie-t-on ?
- B- Point ou objet?
- C- référentiel vs point de vue
- D- Différencier *v*, *d*, *t*; « découper » un mouvement en tranche de temps

E- « Dessiner » la vitesse

D- Différencier d, t, v

# Comment faire travailler la grandeur *vitesse* avant de l'aborder par un calcul ?

MONDE DES THÉORIES ET
DES MODÈLES
Lois, relations, concepts

« Tout enfant, dès son jeune âge, est confronté à la "vitesse" et se donne une représentation de cette grandeur. Mais cette grandeur est complexe et ne peut se construire seule car elle dépend de deux autres, la distance et le temps. [...] La vitesse est posée a priori comme une évidence : c'est le résultat du quotient de la distance par la durée mise pour la parcourir.

Le raccourci est effrayant et le résultat évident : **seule une minorité d'élèves intègre cette définition**. Le mécanisme étant montré, d'autres élèves l'utilisent sans comprendre, d'autres se bloquent. »

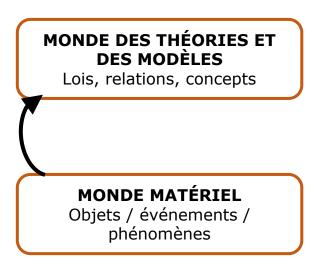
J-L Canal, Aster n°2, 1986

D- Différencier d, t, v

# Comment faire travailler la grandeur vitesse avant de l'aborder par un calcul ? Voir l'activité 3 (6ème).

Lien activités 6ème

# Quelle activité de modélisation est faite par les élèves ?



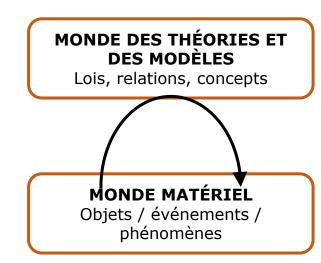
D- Difficulté conceptuelle : « découper » le mouvement en tranche de temps.

# Réaliser et donner du sens à une chronophotographie

- n'apparaît pas clairement dans les programmes ;
- MAIS « élaborer et mettre en œuvre un protocole pour appréhender un mouvement » (cycle3) ;

#### Capacités:

- → différencier durée, distance, vitesse ;
- → choisir le bon « point de vue » ;
- → modéliser un mouvement en une succession de « petits mouvements ».



- A- Prendre un bon départ : qu'étudie-t-on ?
- B- Point ou objet?
- C- référentiel vs point de vue
- D- Différencier *v*, *d*, *t*; « découper » un mouvement en tranche de temps

E- « Dessiner » la vitesse

- 3- Difficultés des élèves sur le mouvement
- E- « Dessiner » la vitesse

Programme: « Vitesse: direction, sens, valeur. »

- Quel critère pour la direction du segment fléché représentant la vitesse ?
- Faire l'activité proposée en 2<sup>nde</sup> : « représenter la vitesse sur le saut d'une snowboardeuse »

E- difficulté conceptuelle : « dessiner » la vitesse

2<sup>nde</sup> : « représenter la vitesse sur le saut d'une snowboardeuse »



E- difficulté conceptuelle : « dessiner » la vitesse

2<sup>nde</sup>: « représenter la vitesse sur le saut d'une snowboardeuse »



E-Tracer le segment fléché qui correspond à la vitesse

https://physique-chimie.enseigne.ac-lyon.fr/spip/spip.php?article1165

# Le statut du vecteur vitesse dans les programmes... Quelles cohérences ? Que dire aux élèves ?

Olivier Chaumette
Jacques Vince

# Que disent les programmes de lycée sur la vitesse ?



Assumer qu'on n'aura pas accès au vecteur vitesse

Vecteur déplacement d'un point. Vecteur vitesse moyenne d'un point.

Vecteur vitesse d'un point.

Mouvement rectiligne.

Le représenter approché... dans un  $1^{er}$  temps

Pas de problème de direction

Pas de précision rectiligne ici...

Définir le cteur vitesse moyenne d'un point.

Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement MM', où M et M' sont les positions successives à des instants voisins séparés de Δt; le représenter.

Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme.

Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie a un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesse ; décrire la variation du vecteur vitesse.

Capacité numérique : représenter des vecteurs vitesse d'un système modélisé par un point lors d'un mouvement à l'aide d'un langage de programmation.

Capacités mathématiques : représenter des vecteurs. Utiliser des grandeurs algébriques.

# Que disent les programmes de lycée sur la vitesse?



#### En première

On ne cherche pas à induire, à justifier, mais à utiliser...

#### 3. Mouvement d'un système

Vecteur variation de vitesse.
Lien entre la variation du vecteur
vitesse d'un système modélisé
par un point matériel entre deux
instants voisins et la somme des
forces appliquées sur celui-ci.
Rôle de la masse.

M et M' ne sont plus mentionnés

On assume encore l'estimation.

Notions "d'instants voisins" à discuter...

Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci :

- pour en déduire une estimation de la variation de vitesse entre deux instants voisins, les forces appliquées au système étant connues;
- pour en déduire une estimation des forces appliquées au système le comportement cinématique étant connu.

Réaliser et ou exploiter une vidéo ou une chropophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse. Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.

Capacité numérique: Utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci.

Capacité mathématique : Sommer et soustraire des vecteurs.

# Que disent les programmes de lycée sur la vitesse ?



#### En terminale

			•										4
ш				- I	т.		III M	mo	•	$\sim$	33		•
	_	_		-		е.				4		-	
		_		-		•				_	-		

Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.

Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire.

Mouvement rectiligne uniformément accéléré. Mouvement circulaire uniforme.

Définir le vecteur vitesse comme la dérivée du vecteur position par rapport au temps et le vecteur accélération comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps. Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position et/ou du vecteur vitesse.

Citer et exploiter les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.

Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme.

Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.

Capacité numérique : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement.

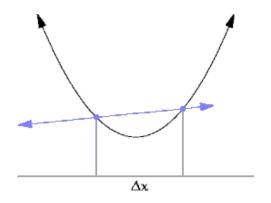
Capacité mathématique : Dériver une fonction.

# Vecteur vitesse et vecteur déplacement

En traçant 
$$\frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\Delta t}$$
, traçons-nous le vecteur vitesse instantanée ?

- →NON, c'est un vecteur vitesse moyenne
- $\rightarrow$  Et ce vecteur n'est *a priori* pas tangent à la trajectoire (sauf si  $\Delta t \rightarrow 0$  ou cas particuliers de mouvements...).

Seul le vecteur limite : 
$$\lim_{\Delta t \to 0} \left( \frac{\overline{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\Delta t} \right)$$
 (la dérivée) sera tangent.



# Pourquoi avoir changé la formulation ?

« Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement  $MM^i$ , où M et  $M^i$  sont les positions successives à des instants voisins séparés de  $\Delta t$ ; le représenter. »

#### **Avantages:**

- On donne du sens au lien entre vecteur vitesse et vecteur déplacement
- On fait sentir que la vitesse instantanée n'est atteignable que si les deux points tendent l'un vers l'autre
- On prépare la dérivée (par exemple à une dimension)

$$v_x(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \left( \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} \right)$$

en lien avec les ma
$$f(x_0)=\lim_{\stackrel{h o 0}{h
eq 0}}t_{x_0}(h)=\lim_{\stackrel{h o 0}{h
eq 0}}rac{f(x_0+h)-f(x_0)}{h}$$

#### Concrètement...

Vecteur vitesse d'un point (inatteignable)

$$\vec{v} \approx \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$$

- N'est pas tout à fait tangent (pas grave pour un mouvement rectiligne, seul à priori au programme en seconde)
- L'approximation est d'autant meilleure que M est proche de M'

L'approximation sera encore meilleure si on tient compte de ce qui se passe avant et après le point.

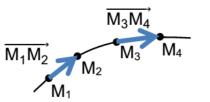
Donc si on a accès seulement à quelques positions (vidéo, chronophotographie, enregistrement) <u>ET qu'on veut améliorer l'approximation...</u>

$$\vec{v} \approx \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\Delta t}$$

Méthode de la *dérivée numérique centrée*.. Mais toujours pas de signe = MAIS PAS EN SECONDE

#### 4. Vecteur déplacement d'un point

Le vecteur déplacement entre deux positions  $M_1$  et  $M_2$  du point étudié est le vecteur  $\overrightarrow{M_1M_2}$ .



#### 5. Vecteur vitesse moyenne d'un point

Rappel : la vitesse moyenne du point entre les deux positions  $M_1$  et  $M_2$  est égale à la distance  $M_1M_2$  divisée par la durée  $\Delta t$  mise par le point pour aller de  $M_1$  à  $M_2$  :  $v_{1-2} = \frac{M_1M_2}{\Lambda t}$ .

Le vecteur vitesse moyenne d'un point entre deux positions  $M_1$  et  $M_2$  est le rapport du vecteur déplacement par la durée  $\Delta t$  mise par le point pour aller de  $M_1$  à  $M_2$ :  $\overrightarrow{v_{1-2}} = \frac{\overrightarrow{M_1 M_2}}{\Delta t}$ .

Il a les caractéristiques suivantes :

- direction : celle du vecteur déplacement  $\overline{M_1M_2}$ .
- sens : celui du mouvement ;
- norme :  $\frac{M_1M_2}{\Lambda r}$ , valeur de la vitesse moyenne entre M<sub>1</sub> et M<sub>2</sub>. Elle s'exprime en m·s<sup>-1</sup> (ou m/s).

Le vecteur vitesse moyenne  $\overrightarrow{v_{1-2}}$  est généralement représenté à partir du point M<sub>1</sub>.

#### 6. Vecteur vitesse d'un point

Si la durée  $\Delta t$  mise pour aller de  $M_1$  à  $M_2$  est suffisamment petite, on peut considérer que le vecteur vitesse du point à la position  $M_1$  est approximativement le vecteur vitesse moyenne entre  $M_1$  et  $M_2$ :

$$\overrightarrow{v_1} \approx \overrightarrow{v_{1-2}} = \frac{\overrightarrow{M_1 M_2}}{\Delta t}$$
.

Plus les points M1 et M2 sont proches, meilleure est l'approximation.

Ce vecteur vitesse indique la direction, le sens et la valeur de la vitesse lorsque le point est à la position M<sub>1</sub>.

#### 7. Type de mouvements et vecteur vitesse

Les mouvements étudiés au collège peuvent être caractérisés par l'évolution ou la non évolution des caractéristiques du vecteur vitesse :

	Caractéristique du vecteur vitesse				
Mouvements :	Sa direction	Sa norme			
Rectiligne	reste la même				
Curviligne (non rectiligne)	change tout le temps				
Uniforme		est constante			
Non uniforme		varie			
Circulaire uniforme	change tout le temps	est constante			



nu exemble...

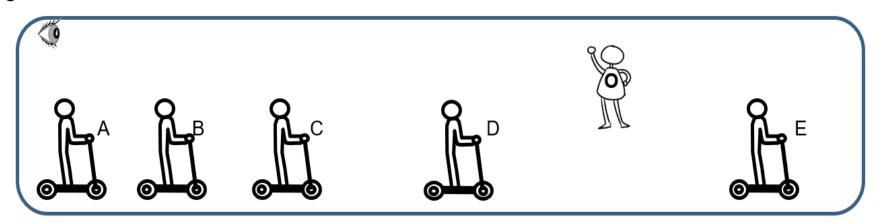
#### E-Tracer le segment fléché représentant la vitesse

#### Activité 3 : Dessiner le déplacement ou la vitesse ...

Lien Activités 5ème

#### **● Mon point de vue :**

Voici la chronophotographie du mouvement précédent. Le point étudié est toujours un point situé sur le guidon.

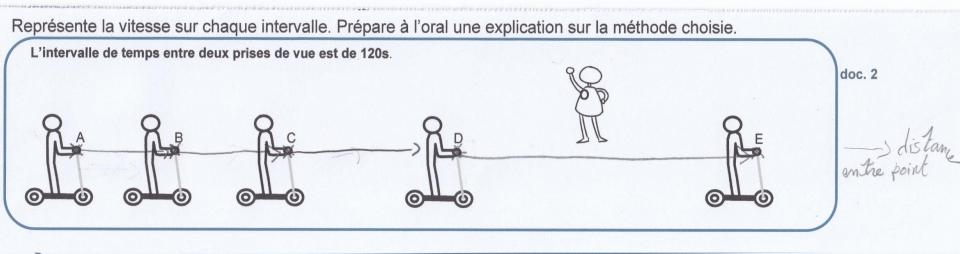


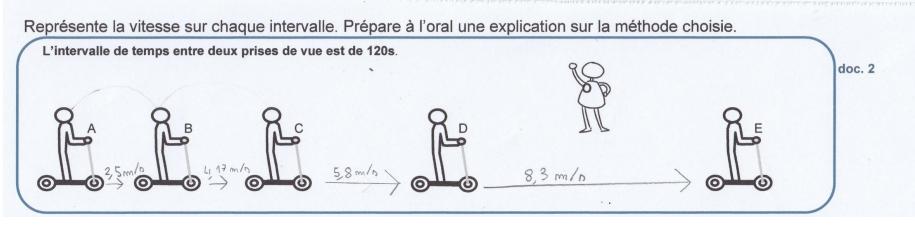
On souhaite obtenir des informations directement sur la chronophotographie au sujet de la vitesse. Pour cela, le scientifique « dessine » la vitesse !

Sur la feuille reprenant la chronophotographie, fais une proposition avec ton groupe pour représenter la vitesse de la trottinette au cours du déplacement AE

#### E- Tracer le segment fléché représentant la vitesse

#### Activité 3 : Dessiner le déplacement ou la vitesse ...





#### E- Tracer le segment fléché représentant la vitesse

#### Activité 3 : Dessiner le déplacement ou la vitesse ...



Chapitre 2 - Activités

#### **2°)** Le temps des connaissances :

Pour décrire le segment fléché représentant la vitesse d'un point sur un déplacement (par exemple AB), il faut préciser **les caractéristiques** suivantes :

- sa direction : c'est celle de la droite AB ;
- son sens : c'est celui du mouvement ;
- sa longueur : elle se calcule avec la vitesse au cours du déplacement AB (notée vab) et l'échelle.

La convention est que ce segment fléché est représenté au début du déplacement étudié.

Modèle utilisé :

- correspond aux différentes positions prises par ce point ;
- ---- est la trajectoire du point étudié ;
- → est la vitesse v<sub>AB</sub>.

- A- Analyse du programme cycle 4 et erreurs dans des manuels de cycle 4
- B- Le mot action et ce qui peut agir
- C- Ce qu'est la force
- D- L'interaction
- E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »
- F- Gravitation, impesanteur

# A- Analyse du programme cycle 4 et erreurs dans des manuels de cycle 4

- B- Le mot action et ce qui peut agir
- C- Ce qu'est la force
- D- L'interaction
- E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »
- F- Gravitation, impesanteur

#### A- Programme du cycle 4 (2019) et manuels scolaires

#### Modéliser une interaction action exercée sur un objet par une force caractérisée par un point d'application, une direction, un sens et une valeur

à distance) et les modéliser par des forces.

Identifier les <del>inter</del>actions mises en jeu (de contact ou L'étude mécanique d'un système peut être l'occasion d'utiliser les diagrammes « objet-interaction ».

ociar la notion d'interaction à la notion de ferce

Expérimenter des situations d'équilibre statique (balance, ressort, muscles force musculaire)

Exploiter l'expression littérale scalaire de la loi de gravitation universelle, la loi étant fournie.

niforme en l'absence d'interaction (frottement)

▶ Action de contact et action à distance.

Force: point d'application direction, sens et valeur. (fusée, moteur à

 $\blacktriangleright$  Force de pesanteur et son expression  $P = m \cdot q$ .

L'étude de la loi de gravitation est l'occasion d'aborder qualitativement la notion d'nteraction.

Pesanteur sur Terre et sur la Lune, différence entre poids et masse (unités). L'impesanteur n'est abordée que qualitativement.

#### A- Programme du cycle 4 (2019) et manuels scolaires

# Où est le mot interaction dans le programme ?

# Modéliser une action exercée sur un objet par une force caractérisée par une direction, un sens et une valeur

Identifier les actions mises en jeu (de contact ou à distance) et les modéliser par des forces.

Exploiter l'expression littérale scalaire de la loi de gravitation universelle, la loi étant fournie.

- Action de contact et action à distance.
- Force : direction, sens et valeur.
- Force de pesanteur et son expression P=mg.

L'étude mécanique d'un système peut être l'occasion d'utiliser les diagrammes « objet-interaction ».

Expérimenter des situations d'équilibre statique (balance, ressort, muscles).

L'étude de la loi de gravitation est l'occasion d'aborder qualitativement la notion d'interaction.

Pesanteur sur Terre et sur la Lune, différence entre poids et masse (unités). L'impesanteur n'est abordée que qualitativement.

#### A- Programme du cycle 4 (2019) et manuels scolaires

# Où est le mot interaction dans le programme ?

#### Repères de progressivité

L'étude d'un mouvement a commencé au cycle 3 et les élèves ont appris à caractériser la vitesse d'un objet par une valeur. Le concept de vitesse est réinvesti et approfondi dès le début du cycle 4 en introduisant les caractéristiques direction et sens. Les notions de mouvement et de vitesse sont régulièrement mobilisées au cours du cycle 4 dans les différentes parties du programme comme « Décrire l'organisation de la matière dans l'Univers » et « Des signaux pour observer et communiquer ».

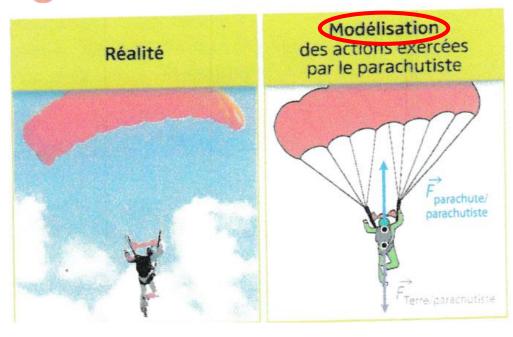
Que ce soit dans des situations d'objets en mouvement ou au repos, la notion d'interaction de contact ou à distance peut être abordée de manière descriptive dès le début du cycle 4. Progressivement et si possible dès la classe de 4<sup>e</sup>, ces interactions sont modélisées par la notion de force caractérisée par une valeur, une direction, un sens et un point d'application.

En fin de cycle 4, un élève sait exploiter l'expression de la force de gravitation universelle quand son expression lui est donnée et la relation P=mg tant au niveau expérimental que sur le plan formel. La progressivité des apprentissages peut être articulée avec celle du programme de mathématiques dans les parties « Utiliser le calcul littéral » (thème A) et « Résoudre des problèmes de proportionnalité » (thème B).

#### A- Programme du cycle 4 (2019) et manuels scolaires







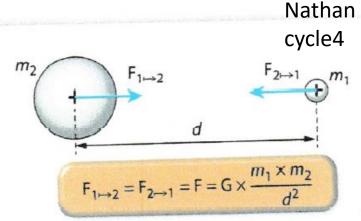
# Modélisation de l'interaction par une force

Une **force** est une modélisation d'une action mécanique.

Bordas, cycle 4 p210

#### A- Programme du cycle 4 (2019) et manuels scolaires



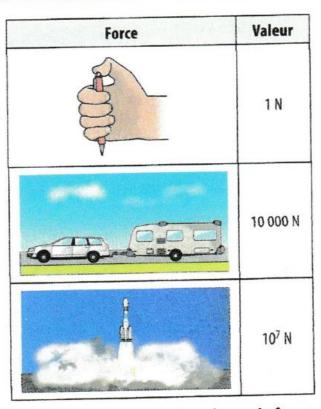


avec  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ . G est la constante de gravitation F s'exprime en newton (N),  $m_1$  et  $m_2$  en kilogramme (kg) et d en mètre (m).

b) Loi de la gravitation universelle

#### A- Programme du cycle 4 (2019) et manuels scolaires

Modélisation d'une interaction par une force



a) Ordres de grandeur de valeurs de forces



#### RETENIR

- Une interaction est modélisée par une force représentée à l'aide d'une flèche dont la longueur est proportionnelle à la valeur de la force.
- Une force est définie par :
  - sa direction (verticale, horizontale, oblique)
  - son sens (vers le haut/le bas, vers la droite/la gauche)
  - son point d'application
  - sa valeur [exprimée en newton, de symbole N]

A- Analyse du programme cycle 4 et erreurs dans des manuels de cycle 4

# B- Le mot action et ce qui peut agir

- C- Ce qu'est la force
- D- L'interaction
- E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »
- F- Gravitation, impesanteur

B- Le mot « action » et ce qui peut agir

Quelle définition pour le mot « action »?

→ Faire une proposition.

→ Analyse : inconvénients de cette proposition

- 4- Action, Force, Interaction
- B- Le mot « action » et ce qui peut agir

Une autre approche avec le sens courant du mot « action ».

- Définition du TLFI : « une action est le nom donné à l'effort qu'exerce un objet sur un autre objet .»
- → Avantage : s'appuyer sur le sens courant.
- → Sans négliger les nuances de significations physique *vs* vie courante qui restent à construire

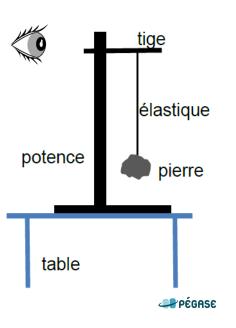
#### B- Le mot « action » et ce qui peut agir

#### Ce qui agit

- N'est pas forcément en mouvement
- Ne génère pas forcément de mouvement
- Relève du monde des objets 

   quelque chose de matériel (et pas un phénomène)
- La signification du mot *objet* doit être étendue par rapport à son signification courante

B- Le mot « action » et ce qui peut agir



<u>Lien activités "action" 5ème</u>

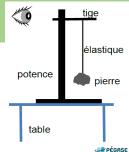
# Exemple d'activité pour l'élève :

En physique : qu'est-ce qui agit sur la pierre ?

- → Imaginer les réponses des élèves à cette question.
- → Quels concepts seront développés pour corriger cette question ? Dans quel ordre ?

B- Le mot « action » et ce qui peut agir

# En physique : qu'est-ce qui agit sur la pierre ?



#### « Vie quotidienne »

- Seuls les êtres vivants font des actions; action = mouvement; ...
- Un objet peut être pris dans les mains, il est non-vivant;
- Les objets tombent à cause de la gravitation ou de la gravité;
- L'air « appuie » sur les objets et les fait tomber; Ou/Et l'air : milieu matériel nécessaire pour conduire l'action à distance ;

#### A construire « en physique »

- ➤ **Une action** (dictionnaire): effort qu'exerce un objet sur un autre objet ;
- Une action peut se faire sans mouvement
- ➤ **Un objet** est grand ou petit, vivant ou non-vivant, immobile ou en mouvement
- La Terre est un objet agissant à distance sur les autres objets ; une action de contact a lieu quand un objet touche un autre objet.
- ➤ La prise en compte de l'air sera précisée par le prof dans les activités.

- A- Analyse du programme cycle 4 et erreurs dans des manuels de cycle 4
- B- Le mot « action » et ce qui peut agir
- C- Ce qu'est la force
- D- L'interaction
- E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »
- G- Gravitation, impesanteur

C- Ce qu'est la force

La force : une définition « simple »

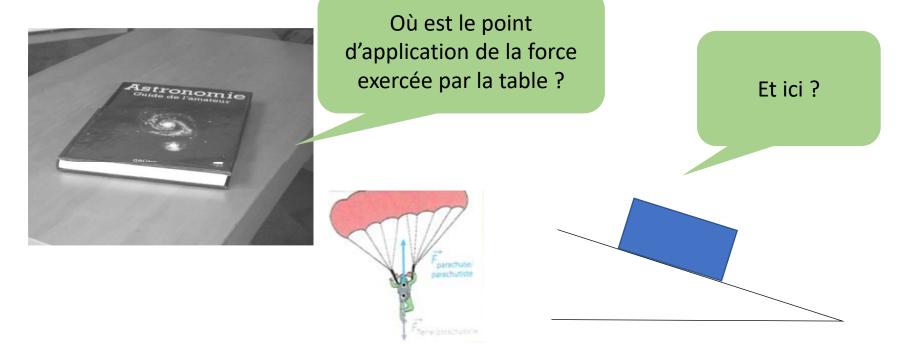
La force est la modélisation d'une action

- → Comment décrire la façon dont on agit
- → Le segment fléché comme recours...

## C- Ce qu'est la force

La force : un concept caractérisé par 3 propriétés

Et le point d'application alors ?



## C- Ce qu'est la force

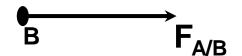
La force : un concept caractérisé par 3 propriétés

Le point d'application, une complication inutile...

- On fait de la physique du point
- Le point d'application n'a de pertinence que lorsqu'on aborde la physique du solide (2<sup>e</sup> année post-bac)

## Exemple de la fiche modèle pour les élèves :

- « Modéliser les actions par des forces:
- Un objet est représenté par un point (un rond ou une croix).
- Une action est modélisée par une force qui est représentée par un segment fléché.
- Les caractéristiques de la force sont : la direction ; le sens ;
   la valeur en newton.
- La flèche part du point qui modélise l'objet qui subit l'action.
- La flèche qui représente la force est notée  $F_{A/B}$  qui signifie « force exercée par l'objet A sur l'objet B ».



- A- Analyse du programme cycle 4 et erreurs dans des manuels de cycle 4
- B- Le mot « action » et ce qui peut agir
- C- Ce qu'est la force
- D- L'interaction
- E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »
- F- Gravitation, impesanteur

#### D- L'interaction

La 3<sup>e</sup> loi de Newton (ou principe des actions réciproques)

- Une loi qui n'a rien d'évidente
- → elle est souvent jugée arbitraire car elle est éloignée de ce qu'on perçoit.
- Une loi qui peut induire une causalité néfaste si on la nomme loi de l'action et de la réaction
- → Insister sur *Actions réciproques*

Bordas cycle 4 (partie dictionnaire)

#### Action mécanique :

Action se manifestant par ses effets sur un objet : elle peut modifier son mouvement ou le déformer.

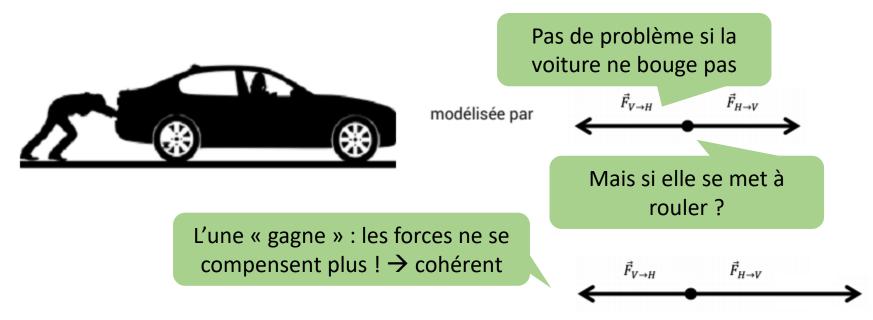
#### Interaction:

Mot signifiant qu'entre deux corps, les actions exercées ou subies sont réciproques. On appelle l'une « action » et l'autre « réaction ».

#### D- L'interaction

La 3<sup>e</sup> loi de Newton (ou principe des actions réciproques)

• Une loi que les élèves violent facilement



 • Une confusion force entre 3<sup>e</sup> loi de Newton et condition d'équilibre → de l'importance du système

#### D- L'interaction

Les actions réciproques modélisées par des forces opposées : le schéma éclaté

- Méthode de tracé d'un schéma éclaté : Eduscol

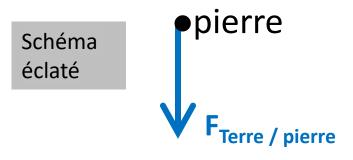
Eduscol schéma éclaté

# - Méthode adaptée aux élèves de 5<sup>ème</sup> :

- les deux objets sont représentés séparés même quand ils sont en contact.
- les deux forces sont opposées : même direction, même valeur et sens opposés.
- les deux forces opposées sont de même couleur

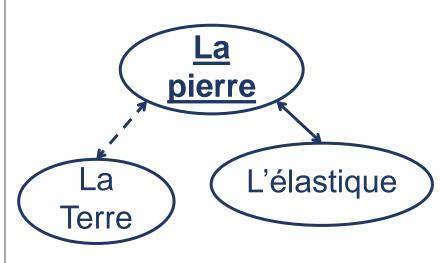
#### D- L'interaction

Représenter par des forces l'interaction entre la pierre et la Terre (voir situation précédente)





## A quoi sert un DOI?



- à lister les objets« agissants »;
- à différencier le type d'interaction.

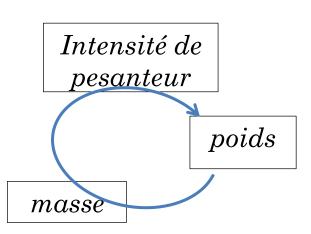
- A- Analyse du programme cycle 4 et erreurs dans des manuels de cycle 4
- B- Le mot « action » et ce qui peut agir
- C- Ce qu'est la force
- D- L'interaction
- E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »
- F- Gravitation, impesanteur

E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »

- Quelles activités proposez-vous aux élèves pour discriminer m, P et g?
- Quelle activité de modélisation fait l'élève ?

MONDE DES THÉORIES ET
DES MODÈLES
Lois, relations, concepts

**MONDE MATÉRIEL**Objets / événements /
phénomènes



E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »

Nous vous proposons 3 activités (ACT2, 3 ou 4) sur m, P et g: chaque groupe étudie qu'une seule activité.

Voir lien site Pégase : Lien activités 4ème

Que fait l'élève comme activité de modélisation pour chaque exemple ?

MONDE DES THÉORIES ET

Lois, relations, concepts

Lois, Telations, Concepts

#### **MONDE MATÉRIEL**

Objets / événements / phénomènes

E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »

Activité 2 : Analyser des chronophotographies ou « les variations du poids en fonction de g. »

MONDE DES THÉORIES
ET DES MODÈLES

Interprétation
Détermination
expérimentale

MONDE MATÉRIEL
Objets, expériences, faits

Activité 3 : Fabriquer son dynamomètre ou « mesurer le poids »

MONDE DES THÉORIES ET DES MODÈLES

Résolution de problème

MONDE MATERIEL Objets, événements

Activité 4 : Plus léger ou plus lourd dans l'eau ou «découvrir l'action exercée par l'eau ».

MONDE DES THÉORIES
ET DES MODÈLES

Exploration expérimentale
Induction
Formalisation
d'une interprétation
...

MONDE MATÉRIEL
Objets, évènement,
expériences

E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »

Un autre exemple : « Relation mathématique sur la force gravitationnelle Universelle »  $F_{A/B} = \frac{G \times m_A \times m_B}{d_{AB}^2}$ 

Dessin de la situation	m <sub>A</sub> en kg	mв en kg	<b>d</b> ав	F <sub>A/B</sub> en N	
Situation n°1 x	La Terre : 6x10 <sup>24</sup> kg	Une personne : 40 kg	Rayon terrestre = 6 371 000 m	394 N (à vérifier)	X
Situation n°2 x	La Terre : 6x10 <sup>24</sup> kg	Une personne : 80 kg	Rayon terrestre = 6 371 000 m	788 N	
Situation n°3  B est dans une fusée en direction de la Lune	La Terre : 6x10 <sup>24</sup> kg	Une personne : 40 kg (dans une fusée vers la Lune)	Distance entre la fusée et le centre de la Terre : 12 742 000 m	98,5 N	•

- A- Analyse du programme cycle 4 et erreurs dans des manuels de cycle 4
- B- Le mot « action » et ce qui peut agir
- C- Ce qu'est la force
- D- L'interaction
- E- Poids, force gravitationnelle : le risque du « hors sol »
- F- Gravitation, impesanteur

#### F- Gravitation, impesanteur

La gravitation est un phénomène universel : une des interactions fondamentales (de grande portée, de faible intensité)

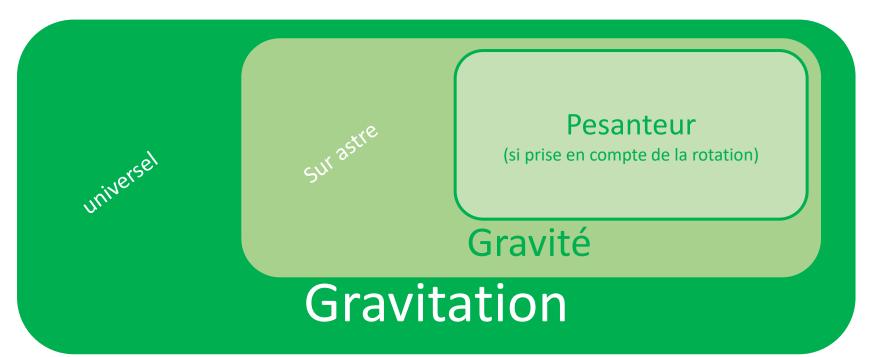
	<b>Gravitation</b> Gravité, marées, trajectoire des planètes	Toutes les particules massives	graviton (?)	infinie	masse	10 <sup>-39</sup>
у гълга	Electromagnetique Presque tous les phénomènes de la vie courante	Leptons chargés et quarks	photon	infinie	Charge électrique	10 <sup>-2</sup>
Gluon	Forte Cohésion des noyaux atomiques	quarks	gluon	10 <sup>-15</sup> m	Charge de couleur	1
w	Faible Radioactivité β, Soleil	leptons et quarks	W⁺, W⁻, Z° bosons	10 <sup>-18</sup> m	Charge faible	10-7

Source: CERN / IPNL / CMS 2016

#### F- Gravitation, impesanteur

Sur Terre ou sur tout astre massif, on parle de gravité.

Sur Terre ou sur tout astre massif, en tenant compte de la rotation éventuelle, on parle de **pesanteur**.



F- Gravitation, impesanteur

L'impesanteur n'est ni une absence de gravité, ni une absence de pesanteur

... mais un terme utilisé pour décrire les situations où un système est seulement soumis au phénomène de pesanteur

→ Tous les systèmes en impesanteur

ont la même accélération

$$m \times \vec{a} = m \times \vec{g}$$

Masse inertielle : propriété du système qui quantifie la difficulté à accélérer à force donnée

Masse gravitationnelle : propriété du système qui quantifie la difficulté à accélérer à force donnée

$$\vec{a} = \vec{g}$$

 $\vec{a} = \vec{q}$  grâce au principe d'équivalence

#### F- Gravitation, impesanteur

L'impesanteur est un modèle : situation idéale

En pratique, dans les situations qu'on modélise comme des situations d'impesanteur, les systèmes sont soumis à d'autres forces très faibles.

# Aucune expérience physique ne peut différencier une chute libre d'une situation d'absence de gravité

[Quand j'ai été assis sur une chaise au Bureau des Brevets, à Berne, en 1907] me vint l'idée la plus heureuse de ma vie : le champ gravitationnel n'a qu'une valeur relative, à la manière du champ électrique engendré par l'induction magnétoélectrique. Parce que pour un observateur tombant en chute libre du toit d'une maison, il n'existe — du moins dans son voisinage immédiat - aucun champ gravitationnel. Si d'ailleurs cet observateur laisse tomber des corps, ceux-ci restent par rapport à lui dans un état de repos ou de mouvement uniforme, et cela indépendamment de leur nature physique ou chimique (en ignorant bien sûr ici la résistance de l'air). Cet observateur a donc le droit de se considérer au repos.



#### F- Gravitation, impesanteur

 Qu'est-ce qu'on aimerait que retienne l'élève sur « la gravitation » ?

La gravitation est universelle (univers)

 Comment faire « intervenir les deux mondes » dans une activité sur l'impesanteur ?

« Une souris en impesanteur »

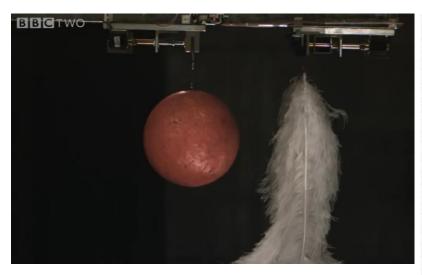
F- Gravitation, impesanteur

## Supports pédagogiques :

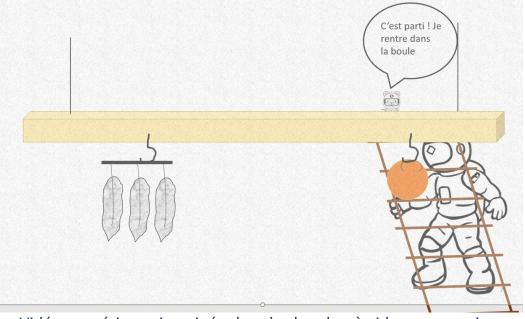
- vidéo de la NASA. Une chambre à vide : chute libre d'une « plume » et d'une « boule »:
   <a href="https://www.dailymotion.com/video/x29kz8g">https://www.dailymotion.com/video/x29kz8g</a>
- vidéo « Expérience imaginée : une souris dans la boule en chute libre» : <a href="https://youtu.be/sEeWCzInSVU">https://youtu.be/sEeWCzInSVU</a>
- vidéo de T. Pesquet dans l'ISS « qui plie les jambes »:
   https://www.youtube.com/watch?v=WzZPFyPHMjg

#### F- Gravitation, impesanteur

# En 3<sup>ème</sup> : objet qui « flotte » ou en impesanteur Les temps forts des vidéos:



Vidéo de la Nasa : Chute libre dans une chambre à vide



Vidéo : expérience imaginée dans la chambre à vide : une souris s'installe dans la boule et un cosmonaute chute en tenant la boule.

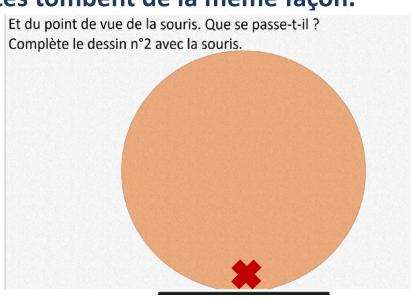
#### F- Gravitation, impesanteur

## « objet qui flotte » ou en impesanteur

#### Le temps des connaissances :

Dans le vide, des objets de masses différentes tombent de la même façon.



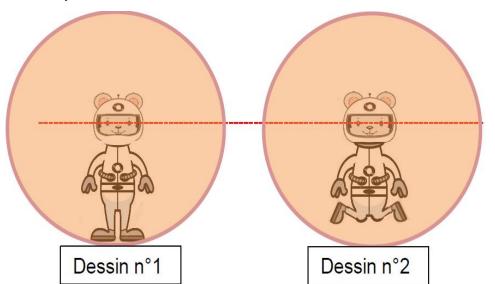


	Objet étudié :	<u>La boule</u>	<u>La souris</u>
)	Lister les objets en interaction avec l'objet étudié grâce à un DOI	La Terre	La Terre

#### F- Gravitation, impesanteur

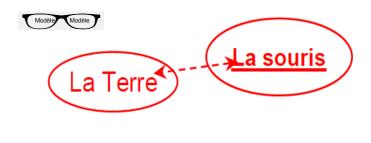
5) ? Temps de la recherche : Imagine que la souris qui est dans la boule en chute libre plie les jambes derrière elle, sans sauter.

Complète le dessin n°2.



En observant la souris depuis la boule, que constates-tu?

Elle « flotte ». Elle est en impesanteur.



<u>BILAN</u>: Un objet en impesanteur est soumis uniquement à la force gravitationnelle exercée par la Terre, il n'y a aucune action de contact qui s'exerce sur lui.

F- Gravitation, impesanteur

## L'impesanteur du cosmonaute

## « Monde des objets »:

Comparer avec « la souris dans la boule ».

- 1) Où est située la caméra ?
- 2) Décris T. Pesquet.

  T. Pesquet est en impesanteur.
- 3) Les mouvements T. Pesquet (80kg) et l'ISS (420t) sont-ils

identiques quand on les observe depuis la Terre?



#### « Monde des modèles » :



Le cosmonaute en impesanteur subit la force gravitationnelle exercée par la Terre





Dessin n°2

Lien vers doc de JM Vigoureux (pour aller plus loin)