

Conducteur vidéo de la capsule 3 sur la vitesse

Capsules didactiques en physique-chimie

La notion de vitesse - Épisode 3

Vitesse et variations :
approche dynamique

Bonjour et bienvenue dans cette nouvelle capsule vidéo. Cette capsule est le résultat d'un travail collaboratif de groupes de travail des académies de Versailles et de Créteil.

Vitesse et variations

→ Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions
Préconception 1
Préconception 2
Préconception 3

Conclusion

Après les précédentes vidéos portant sur l'introduction de la notion de vitesse puis sur l'étude de l'aspect cinématique, nous aborderons ici l'aspect dynamique.

Comme vous le savez, en physique, la dynamique est l'étude du lien entre le mouvement d'un système et les forces qui lui sont appliquées.

L'objet de cette capsule est de mettre en lumière des préconceptions erronées fréquemment rencontrées par nos élèves. Nous traiterons en particulier de ce que l'on appelle « l'adhérence force vitesse ».

Vitesse et variations

Introduction

→1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

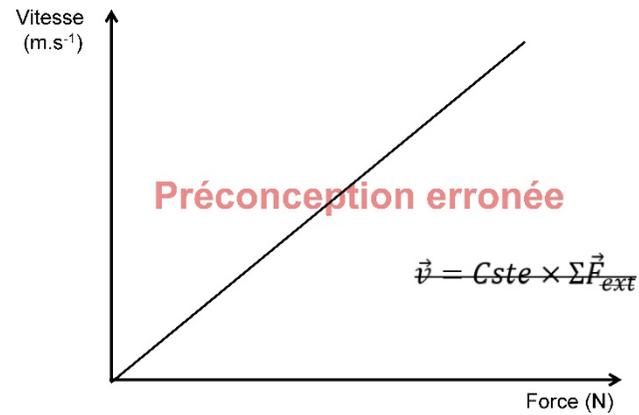
Préconception 1

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Préconception : Adhérence force-vitesse



Cette préconception consiste à établir intuitivement une relation de proportionnalité entre la vitesse et les forces exercées.

Vitesse et variations

Introduction

→1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Vous l'avez sûrement constaté dans vos classes, cette préconception est rencontrée à tous les niveaux d'étude et peut s'exprimer de diverses façons.

Nous verrons comment exploiter les préconceptions des élèves comme levier d'apprentissage à travers des situations et des expériences concrètes.

Tout d'abord, revenons sur la manière dont la dynamique est abordée au lycée de la seconde à la terminale générale, en particulier la construction de la seconde loi de Newton.

Vitesse et variations	Vers la deuxième loi de Newton		
Introduction			
1-Adhérence force-vitesse	En seconde : Approche qualitative		
2- Construction de la deuxième loi de Newton	3. Principe d'inertie		
3- Préconceptions Préconception 1 Préconception 2 Préconception 3	Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.	Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).	
Conclusion			

En seconde, le principe d'inertie et sa contraposée permettent une première approche qualitative du lien entre forces et variation de vitesse.

Vitesse et variations	Vers la deuxième loi de Newton		
Introduction			
1-Adhérence force-vitesse	En seconde : Approche qualitative	En première : Relation vectorielle	
2- Construction de la deuxième loi de Newton	3. Principe d'inertie Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.	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.	
3- Préconceptions Préconception 1 Préconception 2 Préconception 3	Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).	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.	
Conclusion			

En première, l'enseignement de spécialité présente une relation vectorielle approchée entre ces deux grandeurs.

<p>Vitesse et variations</p> <p>Introduction</p> <p>1-Adhérence force-vitesse</p> <p>2- Construction de la deuxième loi de Newton</p> <p>3- Préconceptions</p> <p>Préconception 1</p> <p>Préconception 2</p> <p>Préconception 3</p> <p>Conclusion</p>	<h2 style="text-align: center;">Vers la deuxième loi de Newton</h2> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #ffffcc; padding: 5px; border: 1px solid black;"> En seconde : Approche qualitative </div> <div style="background-color: #ffffcc; padding: 5px; border: 1px solid black;"> En première : Relation vectorielle </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> 3. Principe d'inertie Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension. </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale). </td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="background-color: #ffffcc; padding: 5px; border: 1px solid black;"> En terminale : Exploitation algébrique </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td colspan="2" style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px;">2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Deuxième loi de Newton Centre de masse d'un système. Référentiel galiléen. Deuxième loi de Newton. Equilibre d'un système. </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée. Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié. Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire : - le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ; - la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu. </td> </tr> </table>	3. Principe d'inertie Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.	Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).	2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement		Deuxième loi de Newton Centre de masse d'un système. Référentiel galiléen. Deuxième loi de Newton. Equilibre d'un système.	Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée. Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié. Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire : - le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ; - la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu.	<p>Et en terminale, la deuxième loi de Newton est finalement énoncée puis exploitée pour établir les équations horaires du mouvement.</p>
3. Principe d'inertie Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.	Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).							
2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement								
Deuxième loi de Newton Centre de masse d'un système. Référentiel galiléen. Deuxième loi de Newton. Equilibre d'un système.	Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée. Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié. Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire : - le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ; - la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu.							
<p>Vitesse et variations</p> <p>Introduction</p> <p>1-Adhérence force-vitesse</p> <p>2- Construction de la deuxième loi de Newton</p> <p>3- Préconceptions</p> <p>Préconception 1</p> <p>Préconception 2</p> <p>Préconception 3</p> <p>Conclusion</p>		<p>Maintenant, intéressons-nous à une préconception courante qui associe l'absence de mouvement à l'absence de force.</p>						

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

➔ **Préconception 1**

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Préconception 1 :
"S'il n'y a pas de mouvement,
il n'y a pas de force !"

Principe d'inertie

Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors le vecteur vitesse ne varie pas

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \iff \vec{v} = \text{cst}$$

D'après le principe d'inertie : "Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent, le vecteur vitesse ne varie pas."

Prenons l'exemple d'une pièce de monnaie sur une table.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

➔ **Préconception 1**

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Préconception 1 :
"S'il n'y a pas de mouvement,
il n'y a pas de force !"



Si l'on donne une impulsion à cette pièce, il est facile de prévoir qu'elle ralentira jusqu'à s'arrêter. Mais si l'on demande aux élèves d'expliquer pourquoi, il est courant de recueillir des raisonnements tels que "la pièce perd sa force ou son élan."

<p>Vitesse et variations</p> <p>Introduction</p> <p>1-Adhérence force-vitesse</p> <p>2- Construction de la deuxième loi de Newton</p> <p>3- Préconceptions</p> <p>➔ Préconception 1</p> <p>Préconception 2</p> <p>Préconception 3</p> <p>Conclusion</p>	<p style="text-align: center;">Préconception 1 : “S’il n’y a pas de mouvement, il n’y a pas de force !”</p> <p style="text-align: center;">Raisonnement spontané : "la pièce perd sa force/son élan"</p>	<p>Quand on interroge les élèves sur l’origine de cette force, ils répondent souvent “c’est la force de la main !”.</p>
<p>Vitesse et variations</p> <p>Introduction</p> <p>1-Adhérence force-vitesse</p> <p>2- Construction de la deuxième loi de Newton</p> <p>3- Préconceptions</p> <p>➔ Préconception 1</p> <p>Préconception 2</p> <p>Préconception 3</p> <p>Conclusion</p>	<p style="text-align: center;">Préconception 1 : “S’il n’y a pas de mouvement, il n’y a pas de force !”</p> <p style="text-align: center;">Raisonnement spontané : "la pièce perd sa force/son élan"</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> <p>Mouvement  force</p> <p>Immobilité  pas de force</p> </div> <p>Préconception : "S'il n'y a pas de mouvement il n'y a pas de force."</p>	<p>Les élèves associent donc l’existence d’un mouvement à la présence d’une force et l’immobilité à l’absence de force. Autrement dit “S’il n’y a pas de mouvement, il n’y a pas de force !”, et « s’il n’y a pas de force, il n’y a pas de mouvement ».</p> <p>Les élèves se trompent en pensant que la force exercée par la main perdure. Pour rectifier cette erreur, il est nécessaire de revenir à la définition du concept de force en physique. Une force modélise l’action mécanique qu’exerce un corps sur un autre corps.</p>

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

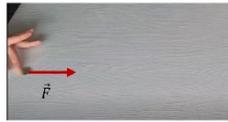
3- Préconceptions

➔ **Préconception 1**

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion



La main a effectivement exercé une action sur la pièce. Comme c'est une force de contact, une fois le contact rompu, cette force ne s'exerce plus.

Pour expliquer l'arrêt de la pièce, on peut proposer des expériences afin de mettre en évidence le principe d'inertie et sa contraposée. S'ils ont déjà été travaillés on peut s'y référer.

En effet, nous appliquons la contraposée du principe d'inertie.

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

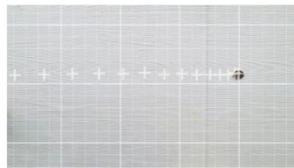
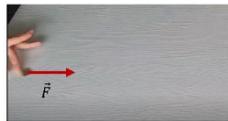
3- Préconceptions

➔ **Préconception 1**

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion



Puisque la pièce ralentit, le mouvement étudié n'est pas rectiligne uniforme. Par conséquent, les forces qui s'exercent sur elle ne se compensent pas.

Quelle est donc cette force qui permet d'expliquer l'arrêt de la pièce ?

Considérons un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air, permettant d'atténuer les frottements

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

➔ **Préconception 1**

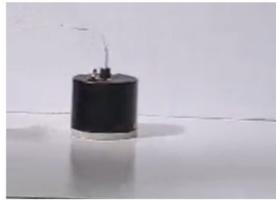
Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Illustration du principe d'inertie

Soufflerie allumée



Une fois le mobile lancé, un pointage vidéo permet de constater que la vitesse du mobile est presque constante

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

➔ **Préconception 1**

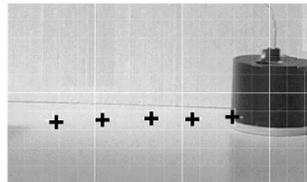
Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Illustration du principe d'inertie

Soufflerie allumée



Ce mouvement qui s'approche d'un mouvement rectiligne uniforme est une illustration du principe d'inertie.

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

→ **Préconception 1**

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Illustration du principe d'inertie

Arrêt soufflerie



Si l'on renouvelle l'expérience en éteignant la soufflerie, les frottements entre le mobile et la table sont plus importants, le mobile ralentit et s'arrête. C'est une expérience similaire à celle de la pièce de monnaie.

Une interprétation scientifique du mouvement de la pièce ou du mobile serait donc de considérer que les frottements avec la table sont la cause de leur arrêt.

Au cours de cette étude, nous sommes amenés à naviguer entre situation réelle

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

→ **Préconception 1**

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Démarche expérimentale

Situation réelle



Modélisation...

<p>Vitesse et variations</p> <p>Introduction</p> <p>1-Adhérence force-vitesse</p> <p>2- Construction de la deuxième loi de Newton</p> <p>3- Préconceptions</p> <p>➔ Préconception 1</p> <p>Préconception 2</p> <p>Préconception 3</p> <p>Conclusion</p>	<p style="text-align: center;">Démarche expérimentale</p> <p>Situation réelle</p>  <p>Modélisation</p> 	<p>...et théorie.</p>
<p>Vitesse et variations</p> <p>Introduction</p> <p>1-Adhérence force-vitesse</p> <p>2- Construction de la deuxième loi de Newton</p> <p>3- Préconceptions</p> <p>➔ Préconception 1</p> <p>Préconception 2</p> <p>Préconception 3</p> <p>Conclusion</p>	<p style="text-align: center;">Démarche expérimentale</p> <p>Situation réelle</p>  <p>Modélisation</p>  <p>Théorie</p> <p>Contraposée du principe d'inertie</p>	<p>C'est une démarche propre aux sciences expérimentales.</p>

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

→ **Préconception 1**

Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Nous avons vu un exemple où l'adhérence force vitesse se manifeste, mais ce raisonnement spontané peut émerger dans d'autres situations. Par exemple, si nous interrogeons nos élèves sur la variation de vitesse d'un système soumis à une force constante.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

→ **Préconception 2**

Préconception 3

Conclusion

Préconception 2 :
“ force constante = vitesse constante ”

Une réponse spontanée est “ si la force est constante, alors la vitesse l'est également. “. Bien marquer une pause ici :-)

Il s'agit encore d'une préconception de type adhérence force/vitesse. L'élève associe une relation de proportionnalité entre les forces qui s'exercent et la vitesse.

Plusieurs axes de réponses s'offrent à nous :

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

➔ **Préconception 2**

Préconception 3

Conclusion

Préconception 2 : " force constante = vitesse constante "

Pistes de réponses :

- Contrepartie du principe d'inertie.
- Expériences

Nous pouvons nous référer à la contrepartie du principe d'inertie : comme le système n'est pas pseudo-isolé, alors son mouvement ne peut pas être rectiligne uniforme.

Nous pouvons également nous appuyer sur une expérience.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

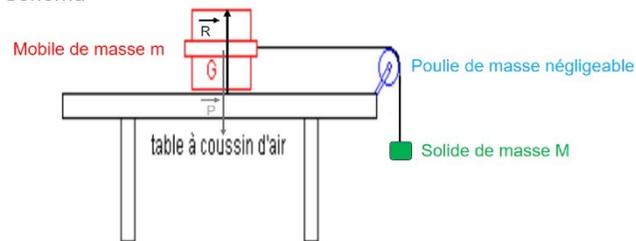
➔ **Préconception 2**

Préconception 3

Conclusion

Mobile tracté

• Schéma



Reprenons le mobile à coussin d'air. Celui-ci est maintenant tracté par une force constante obtenue par l'intermédiaire d'un fil inextensible coulissant sur une poulie, comme indiqué sur le schéma. La charge peut être modifiée afin de faire varier la force de traction et d'étudier son influence sur le mouvement.

Remarque : Nous faisons l'approximation d'une force constante.

⇒ voir annexe 1 (à la fin de ce document)

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

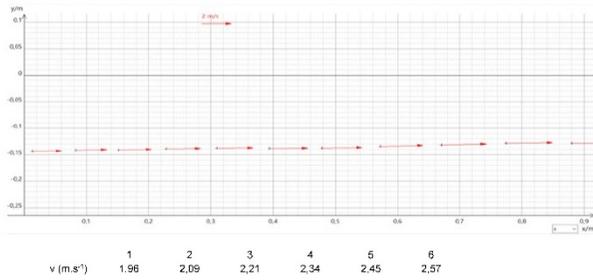
Préconception 1

➔ **Préconception 2**

Préconception 3

Conclusion

Mobile tracté



Grâce à un pointage du mobile, le mouvement rectiligne accéléré est mis en évidence.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

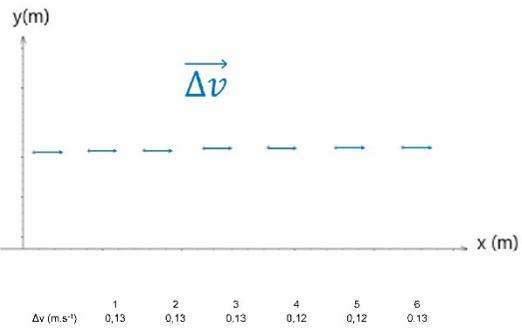
Préconception 1

➔ **Préconception 2**

Préconception 3

Conclusion

Mobile tracté



Le vecteur variation de vitesse est presque constant.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

→ Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

relation approchée :

$$\Sigma \vec{F} = m \times \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

En classe de première, l'influence d'autres paramètres comme la masse du système et la durée de l'étude peuvent être étudiés, pour aboutir à la *relation approchée* $\Sigma \vec{F} = m \cdot \Delta \vec{v} / \Delta t$

Ces observations permettent de conclure que le vecteur variation de vitesse est proportionnel à la force appliquée, contrairement à ce que prévoient spontanément les élèves.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

→ Préconception 2

Préconception 3

Conclusion

Les raisonnements spontanés persistent parce qu'ils sont souvent efficaces, au quotidien.

Cependant, l'intuition peut conduire à des erreurs. Il faut donc apprendre à inhiber certains de ces raisonnements spontanés pour développer le raisonnement scientifique.

Nous vous proposons d'aborder une dernière préconception toujours en lien à l'adhérence force vitesse : celle qui consiste à considérer que des trajectoires différentes sont causées par des forces différentes.

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

➔Préconception 3

Conclusion

Préconception 3 : trajectoires différentes = forces différentes

Chutes libres



Lancer sans vitesse initiale



Lancer vers le haut



Lancer oblique

Les trois vidéos présentent chacune une chute libre, où les frottements sont négligeables. Si l'on demande aux élèves pourquoi les mouvements sont différents, ils penseront spontanément à des forces appliquées différentes. Ce qui nous rappelle la première partie de notre capsule et la confusion entre élan et force de la main.

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

➔Préconception 3

Conclusion

Préconception 3 : trajectoires différentes = forces différentes

- Sans vitesse initiale
- Lancer vers le haut
- Lancer oblique



En effectuant un bilan des forces, si l'on néglige l'action de l'air, il s'avère que seul le poids s'exerce sur la balle pour chaque expérience.

Ce qui change alors, c'est la vitesse initiale.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

→ Préconception 3

Conclusion

Autres difficultés:

- Techniques (Projection des vecteurs)
- Conceptuelles

L'étude théorique du mouvement parabolique présente plusieurs difficultés, qu'elles soient techniques, comme la projection des vecteurs ou plus conceptuelles comme l'idée que l'accélération au sommet de la trajectoire est nulle.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

→ Préconception 3

Conclusion

Décomposition du mouvement parabolique



Vue de face

Vue de côté

Vue de dessus

Afin de décomposer expérimentalement le mouvement, nous avons placé une caméra de face pour visualiser la trajectoire, une caméra de dessus pour visualiser l'évolution de la position horizontale et une de côté, pour suivre l'évolution de la position verticale.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

→ Préconception 3

Conclusion

Décomposition du mouvement parabolique

Mouvement horizontal

Pointage



$$\text{Équations horaires : } a_x=0 \quad v_x(t)=v_{x0}$$

Le mouvement horizontal est presque uniforme, ce qui est cohérent avec la 2ème loi de Newton projetée sur l'axe Ox.

Remarque : Une distorsion des longueurs est constatée du fait du rapprochement de la balle à l'objectif.

⇒ voir annexe 2 (à la fin de ce document)

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

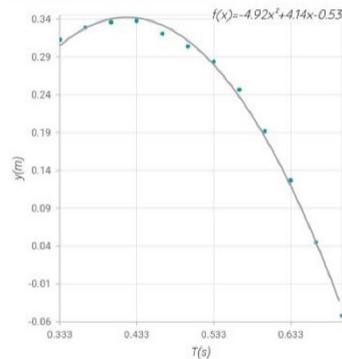
→ Préconception 3

Conclusion

Décomposition du mouvement parabolique

Mouvement vertical

Pointage



$$\text{Équations horaires: } a_y=-g \quad v_y(t)=-g.t + v_{y0} \quad y(t)=-0,5.g.t^2 + v_{y0}.t + y_0$$

D'après la deuxième loi de Newton projetée sur l'axe Oy (orienté vers le haut), le mouvement vertical est uniformément accéléré.

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

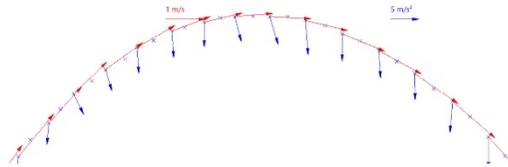
Préconception 2

→ Préconception 3

Conclusion

Trajectoire

Pointage (trajectoire) vecteurs vitesse et vecteurs accélération



 quation de la trajectoire : $y(x) = -0,5 \cdot g \cdot (x/v_{x0})^2 + (v_{y0}/v_{x0}) \cdot x + y_0$

La combinaison des équations horaires, conduit à l'équation de la trajectoire.

Le tracé des vecteurs accélération en différents points permet de se rendre compte que l'accélération peut être considérée constante.

Vitesse et variations

Introduction

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

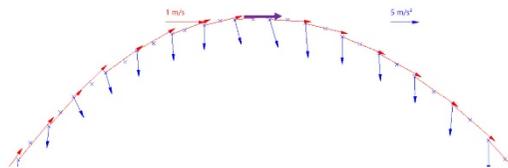
Préconception 2

→ Préconception 3

Conclusion

Trajectoire

Pointage (trajectoire) vecteurs vitesse et vecteurs accélération



 quation de la trajectoire : $y(x) = -0,5 \cdot g \cdot (x/v_{x0})^2 + (v_{y0}/v_{x0}) \cdot x + y_0$

Le tracé des vecteurs vitesse montre qu'au sommet de la trajectoire, c'est la composante verticale de la vitesse qui est nulle.

En appliquant la seconde loi de Newton à la balle, pour chacune des trois chutes libres, on obtient : $P = m \cdot a$ C'est la même force qui s'exerce et le vecteur accélération est le même. En revanche, les vitesses initiales sont différentes.

Vitesse et variations

Introduction

Equations horaires en fonction des conditions initiales

Bilan

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

→Préconception 3

Conclusion

Avec vitesse initiale inclinée $v_{x0} \neq 0$ $v_{y0} \neq 0$	Avec vitesse initiale verticale vers le haut $v_{x0} = 0$ $v_{y0} \neq 0$	sans vitesse initiale $v_{x0} = 0$ $v_{y0} = 0$
$x(t) = v_{x0} \cdot t + x_0$	$x(t) = x_0$	
$y_{\text{parabolique}}(t) = -0,5 \cdot g \cdot t^2 + v_{y0} \cdot t + y_0$	$y_{\text{lancéeVersLeHaut}}(t) = -0,5 \cdot g \cdot t^2 + v_{y0} \cdot t + y_0$	$y_{\text{lachée}}(t) = -0,5 \cdot g \cdot t^2 + y_0$

Reprenons les équations horaires des positions pour le mouvement parabolique. Remplaçons les vitesses initiales par leurs valeurs pour les chutes verticales. Nous retrouvons les équations horaires associées à ces mouvements.

Cela permet de conclure que dans l'étude des chutes libres précédentes, les diverses trajectoires sont dues à des vecteurs vitesses initiales différents. Mais que le système est à chaque fois soumis à la même force, le poids.

Vitesse et variations

Introduction

Equations horaires en fonction des conditions initiales

Simulations

1-Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

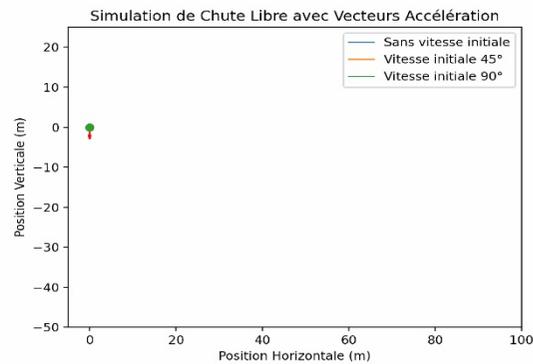
3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

→Préconception 3

Conclusion



On peut s'appuyer sur un langage de programmation comme Python pour illustrer la modélisation de ces mouvements. Nous pouvons alors montrer comment les vecteurs vitesse et accélération évoluent au fil du temps pour chaque chute libre. Ces animations permettent de faire le lien entre l'expérience et la théorie.

voir annexe 3 (à la fin de ce document) : programme python

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions
Préconception 1
Préconception 2
Préconception 3

→ Conclusion

Pour conclure, afin de faire émerger les raisonnements spontanés, nous devons confronter nos élèves à des situations qui mettent ces raisonnements en question.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions
Préconception 1
Préconception 2
Préconception 3

→ Conclusion

- Expériences
- Définitions, lois...
- Simulations

Nous pouvons alors nous appuyer sur :

- des expériences permettant de modéliser la situation d'étude.
- des définitions, des lois ou des principes déjà établis.
- des simulations, notamment via la programmation permettent une illustration des modèles.

Vitesse et variations

Introduction

1- Adhérence force-vitesse

2- Construction de la deuxième loi de Newton

3- Préconceptions

Préconception 1

Préconception 2

Préconception 3

→ Conclusion

En raison de la persistance des raisonnements spontanés, il est nécessaire que les élèves soient régulièrement confrontés à des situations nouvelles. Ainsi, ils pourront apprendre à inhiber ces raisonnements spontanés pour développer le raisonnement scientifique.

Merci de nous avoir suivis jusqu'au bout. Si cette série de capsules consacrée à la mécanique vous a plu, nous vous invitons à visionner celles traitant des transformations chimiques.

CRÉDITS



Scénarisation, conception, production

Jessie Ezana, enseignante de physique chimie
Guillaume Lagubeau, enseignant de physique chimie
Khalid Msellak, enseignant de physique chimie

Pilotage de la production

Inspection de physique-chimie des académies de Créteil et Versailles

Remerciements

DANE des académies de Créteil et de Versailles



Conducteur vidéo de la capsule 3 sur la vitesse

Annexe 1 : force de traction exercée sur le mobile

Dans la vidéo, il est dit : « Le mobile est maintenant tracté par une force constante obtenue par l'intermédiaire d'un fil inextensible couissant sur une poulie, comme indiqué sur le schéma. »

Toutefois, La valeur de la force de traction \vec{T}_1 appliquée au mobile de masse m_1 est-elle égale au poids de la masse m_2 ? Si ce n'est pas le cas, est-elle néanmoins constante ? Quelles hypothèses doit-on poser pour le déterminer ?

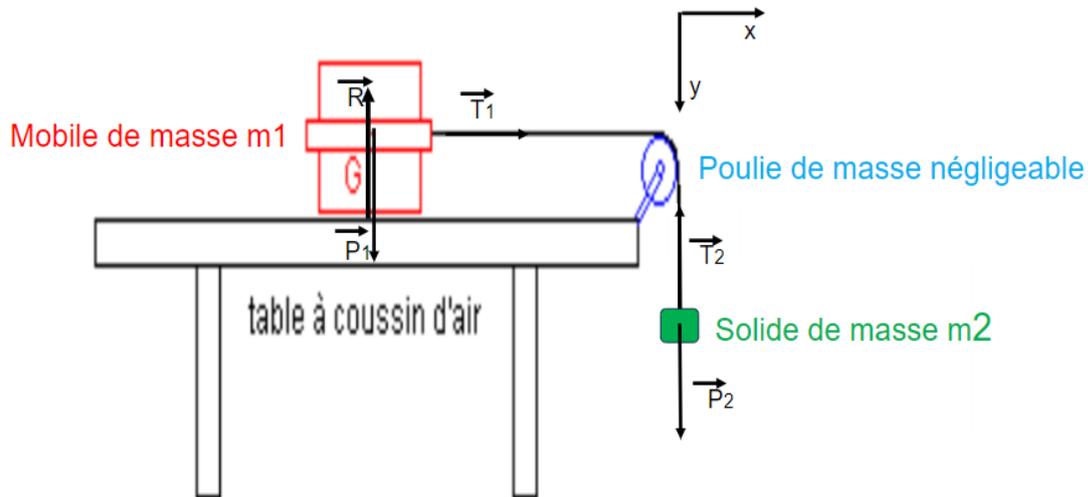


Figure: Mobile autoporteur tracté par une charge

Nous considérerons que le référentiel terrestre d'étude est galiléen, que le fil utilisé est inextensible, sans masse tout comme la poulie, et que tous les frottements sont négligeables.

On applique la seconde loi de Newton sur le système de masse m_1 , ensuite on projette sur l'axe des abscisses :

$$m_1 \times \frac{d^2x}{dt^2} = T_1 \quad (1)$$

On applique la seconde loi de Newton sur le système de masse m_2 , ensuite on projette sur l'axe des ordonnées :

$$m_2 \times \frac{d^2y}{dt^2} = m_2 \times g - T_2 \quad (2)$$

Puisqu'on considère que fil est inextensible et sans masse et la poulie de masse négligeable alors :

$$T_1 = T_2 = T \text{ et } \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2y}{dt^2} = a \quad (3)$$

À partir des trois relations, on aboutit aux expressions suivantes :

$$m_1 \times a = T$$

$$\text{avec } T = m_2 \times (g - a) \text{ (pour le système de masse } m_2)$$

Il vient donc :

$$T = \frac{m_1 \times m_2}{m_1 + m_2} g \quad (4)$$

Nous venons de démontrer que la valeur de la force de traction \vec{T}_1 appliquée au mobile de masse m_1 n'est pas égale au poids de la masse m_2 . Toutefois, cette force de traction peut être considérée comme constante, si l'on modélise l'expérience en suivant les hypothèses suivantes :

- **Absence de frottements** : Les frottements sont négligés, que ce soit au niveau de la poulie ou entre le mobile et la table.
- **Fil inextensible** : Le fil reliant les deux masses est supposé inextensible, ce qui implique que les deux masses se déplacent ensemble avec la même accélération.
- **Poulie idéale** : La poulie est considérée comme sans masse et sans frottement, de sorte qu'elle ne modifie pas la tension dans le fil.

Deux situations limites peuvent être décrites :

- Si $m_1 \ll m_2$, alors : $T \approx m_1 g$, l'intensité de l'accélération du système « mobile » est égale à l'intensité de gravitation terrestre.
- Si $m_1 \gg m_2$, alors : $T \approx m_2 g$, l'intensité de la force de traction est égale à celle du poids de la charge.
- Si $m_1 = m_2$, l'intensité de la force de traction est égale à la moitié de l'intensité du poids du mobile.

Remarques sur les proportionnalités

En classe de première, la relation de proportionnalité entre la masse du système, la force appliquée et la durée de l'expérience peut être illustrée en faisant varier successivement chaque paramètre.

- Tracer $\Delta v = f(T)$ et vérifier la proportionnalité pour le système de masse m_1 ;
- Tracer $\Delta v = f(\Delta t)$ et vérifier la proportionnalité pour le système de masse m_1 ;
- Tracer $\Delta v = f(m_1)$, puis $\Delta v = f(1/m_1)$, et vérifier la proportionnalité pour le système de masse m_1 .

Annexe 2 : taille apparente de la balle

Dans l'expérience où l'on filme la chute parabolique d'une balle sur plusieurs plans, pour les vues de haut et de côté, la taille apparente de la balle varie. En effet, plus celle-ci est proche de l'objectif, plus sa taille apparente est grande. Cela engendre une distorsion dans les mesures de longueur. Cependant, étant donné la petite taille de la balle et la portée limitée de la chute parabolique, cette surestimation des longueurs n'est pas trop gênante ici.

Annexe 3 : programme python chute libre.py

Le programme est inclus dans le fichier chute libre.py joint à ce document, mais nous ne reproduisons également ici.

Ce programme permet de tracer les trajectoires, les vecteurs vitesse et les vecteurs accélération pour des chutes libres aux conditions initiales différentes. Ainsi, l'évolution de ces vecteurs peut être visualisée pour une chute libre sans vitesse initiale, avec une vitesse initiale formant un angle de 45° avec l'horizontale et une vitesse initiale dirigée vers le haut.

Ce programme permet de visualiser les prévisions théoriques obtenues par l'application de la deuxième loi de Newton. Ces résultats peuvent être confrontés à ceux obtenus expérimentalement.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.animation import FuncAnimation, PillowWriter
```

```

# Constantes
g = 9.81 # Accélération due à la gravité (m/s2)
dt = 0.05 # Intervalle de temps entre les mises à jour (s)
temps_total = 5 # Durée totale de la simulation (s)
temps = np.arange(0, temps_total, dt)
nombre_vecteurs_acceleration = 5 # Nombre de fois que le vecteur accélération est affiché

# Conditions initiales
vitesse_initiale_magnitude = 20 # Magnitude de la vitesse initiale pour les cas 45° et 90°
angle_45 = np.radians(45) # Conversion de l'angle en radians

# Vitesses initiales [vx, vy]
vitesses_initiales = [
    [0, 0], # Sans vitesse initiale
    [vitesse_initiale_magnitude * np.cos(angle_45), vitesse_initiale_magnitude * np.sin(angle_45)], # 45
    [0, vitesse_initiale_magnitude], # 90 degrés (verticale)
]

labels = ["Sans vitesse initiale", "Vitesse initiale 45°", "Vitesse initiale 90°"]

# Configuration de la figure pour l'animation
fig, ax = plt.subplots()
ax.set_xlim(-5, 100)
ax.set_ylim(-50, 25)
ax.set_xlabel('Position horizontale (m)')
ax.set_ylabel('Position verticale (m)')
ax.set_title('Simulation de chute libre avec vecteurs accélération')

# Initialisation des lignes et des points pour l'animation
trajectories = [ax.plot([], [], label=label, lw=1)[0] for label in labels]
points = [ax.plot([], [], 'o', color=traj.get_color())[0] for traj in trajectories]

# Moments d'affichage des vecteurs accélération
instants_affichage = np.linspace(0, len(temps)-1, nombre_vecteurs_acceleration, dtype=int)

# Légende
ax.legend()

def init():
    for traj in trajectories:
        traj.set_data([], [])
    for point in points:
        point.set_data([], [])
    return (*trajectories, *points)

def animate(i):
    for j, (traj, point) in enumerate(zip(trajectories, points)):
        vx, vy = vitesses_initiales[j]

        # Calcul de la position actuelle
        x_pos = vx * temps[i]
        y_pos = vy * temps[i] - 0.5 * g * temps[i] ** 2

        # Mise à jour de la trajectoire
        x_traj = vx * temps[:i+1]
        y_traj = vy * temps[:i+1] - 0.5 * g * temps[:i+1] ** 2
        traj.set_data(x_traj, y_traj)

        # Mise à jour de la position du point
        point.set_data(x_pos, y_pos)

```

```

# Affichage des vecteurs accélération à des moments spécifiques
if i in instants_affichage:
    # Dessin du vecteur accélération
    ax.arrow(x_pos, y_pos, 0, -2, head_width=0.5, head_length=1, fc='red', ec='red')
return (*trajectories, *points)

```

```
ani = FuncAnimation(fig, animate, frames=len(temps), init_func=init, blit=False, interval=100)
```

```

# Enregistrement en GIF (avec PillowWriter)
ani.save('chute_libre.gif', writer=PillowWriter(fps=30))

```

```

# Affichage (optionnel)
plt.show() # Décommentez cette ligne si vous voulez voir l'animation en direct

```

Annexe 4 : bibliographie, ressources

- Bilans de forces et loi des actions réciproques Analyse des difficultés des élèves et enjeux didactiques par L. VIENNOT L.D.P.E.S. Université Paris VII
- Viennot Laurence. Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. In: Revue française de pédagogie, volume 45, 1978. Didactique des Sciences et Psychologie - Paris, 4-5-6-7 mai 1977. Table Ronde organisée avec le soutien du Centre National de la Recherche Scientifique et de la Maison des Sciences de l'Homme. pp. 16-24
- Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne par Pierre GAIDIOZ Lycée Branly - 69005 Lyon INRP - UMR ICAR pierre.gaidioz@ac-lyon.fr Jacques VINCE Lycée Ampère - 69002 Lyon INRP - UMR ICAR jacques.vince@ac-lyon.fr et Andrée TIBERGHIE Directrice de recherche CNRS UMR ICAR - groupe COAST CNRS - Université Lyon 2 - ENS LSH - ENS Lyon - INRP andree.tiberghien@univ-lyon2.fr
- Conceptions des élèves et résolution de problèmes en mécanique par Lillian C. McDermott, Department of physics, University of Washington, Seattle, Washington, USA
- Notion d'accélération et outil vecteur Alice Di Fabio To cite this version: Alice Di Fabio. Notion d'accélération et outil vecteur. 11e rencontres scientifiques de l'ARDiST, Mar 2021, Bruxelles, Belgique. pp.573-580. fihal-03838061
- Collection : Réussir en mécanique du cycle 3 au cycle terminal du lycée produites par le Groupe de Recherche et d'Innovation pour l'Enseignement des Sciences Physiques (GRIESP) en 2016-2017¹.

¹ Voir les autres ressources produites par le groupe sur [le portail disciplinaire éducol dédié à la physique-chimie](#)