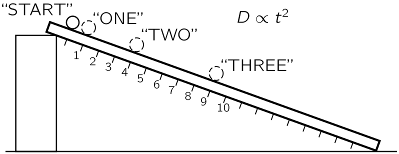
Cours de Physique : Le temps, la distance, outils mathématiques et l'énigme du mouvement

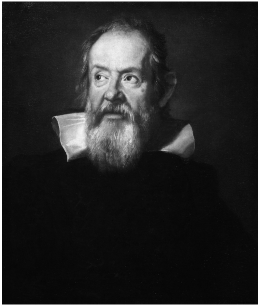
A. Arciniegas
N. Wilkie-Chancellier

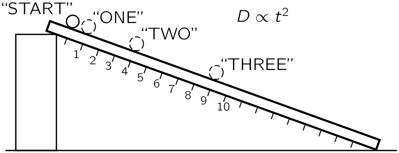
IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville

Mouvement

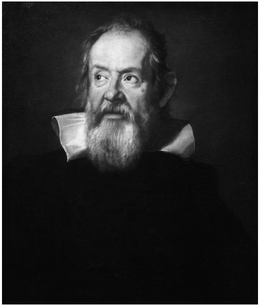


L'expérience de Galilée d'après le cours de Feynman.





L'expérience de Galilée d'après le cours de Feynman.



L'étude du *mouvement*, traite les questions : où ? et quand ?

Les échelles de l'Univers

https://www.youtube.com/watch?v=gzGUio7rBQk

Ordres de grandeur du temps

Années	Secondes	Mesure
10^{10}		Âge de l'Univers
		Âge de la Terre
10^{9}		
10^{5}		Apparition de Sapiens
10^{2}		
		Âge d'un humain
10^{0}		
	10^{5}	Durée d'un jour
	10^{2}	Temps lumière Soleil-Terre
	10^{-1}	Battement du cœur
	10^{-3}	Période d'une onde sonore
	10^{-6}	Période d'une onde radio
	10^{-43}	Temps de Planck

Concept de temps en physique moderne :

L´illusion du temps : Qu´est-ce que le temps ?
https://www.youtube.com/watch?v=tvYF0_sZ0rk

Ordres de grandeur de la distance

Années-lumière	Mètres	Mesure
10^{10}		Univers observable
10^{0}		Distance à l'étoile plus proche
	10^{12}	Distance Terre-Pluton
	10^{11}	Distance Terre-Soleil
	10^{8}	Distance Terre-Lune
	10^{7}	Diamètre moyen de la Terre
	10^{3}	
		Tour Eiffel
	10^{2}	
	10^{0}	Taille d'un enfant (<5 ans)
	10^{-7}	Longueur d'onde de la lumière visible
	10^{-8}	Taille d'un coronavirus
	10^{-11}	Rayon d'un atome

La distance

Concept d'espace en physique moderne :

Extension spatiale : Qu'est-ce que l'espace ?
`https://www.youtube.com/watch?v=lhI6UpXMm6M`

Considérons deux voitures qui se déplacent suivant une droite (*mouvement rectiligne*) mais dans des directions opposées.

Considérons deux voitures qui se déplacent suivant une droite (*mouvement rectiligne*) mais dans des directions opposées.

Supposons en outre que leurs vitesses soient constantes, donc *uniformes*, et égales, c-à-d que toutes les deux couvrent la même distance Δx dans le même intervalle de temps Δt.

Outils mathématiques : Vecteurs

Considérons deux voitures qui se déplacent suivant une droite (*mouvement rectiligne*) mais dans des directions opposées.

Supposons en outre que leurs vitesses soient constantes, donc *uniformes*, et égales, c-à-d que toutes les deux couvrent la même distance Δx dans le même intervalle de temps Δt.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

avec :
$\Delta x = x_f - x_0$
$\Delta t = t_f - t_0$

Considérons deux voitures qui se déplacent suivant une droite (*mouvement rectiligne*) mais dans des directions opposées.

Supposons en outre que leurs vitesses soient constantes, donc *uniformes*, et égales, c-à-d que toutes les deux couvrent la même distance Δx dans le même intervalle de temps Δt.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

avec :
$\Delta x = x_f - x_0$
$\Delta t = t_f - t_0$

Est-il correct de dire que les deux voitures ont la même vitesse ?

Considérons deux voitures qui se déplacent suivant une droite (*mouvement rectiligne*) mais dans des directions opposées.

Supposons en outre que leurs vitesses soient constantes, donc *uniformes*, et égales, c-à-d que toutes les deux couvrent la même distance Δx dans le même intervalle de temps Δt.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

avec :
$\Delta x = x_f - x_0$
$\Delta t = t_f - t_0$

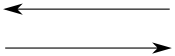
Est-il correct de dire que les deux voitures ont la même vitesse ?

Pas pour le physicien ! Il est avantageux de dire que les vitesses des deux voitures se déplaçant dans des directions différentes sont différentes.

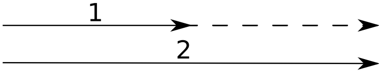
Caractériser une vitesse :

- Direction : représentée par une flèche
- Valeur : longueur de la flèche

La situation précédente est représentée par deux flèches de même longueur mais directions différentes :

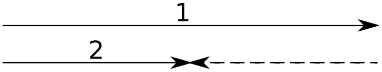


Deuxième situation : une voiture avance à une vitesse constante puis elle accélère pour atteindre une deuxième vitesse.



Le pointillé indique le changement de vitesse.

Troisième situation : une voiture avance à une vitesse constante puis elle décélère pour atteindre une deuxième vitesse.



Le pointillé indique le changement de vitesse.

Outils mathématiques : Formalisme

Mathématiquement...

Vitesse moyenne :

$$\overline{v}(t) = \frac{x_f - x_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Lorsque on s'intéresse à la **vitesse instantanée** ($\Delta t \to 0$) :

$$v(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

La *vitesse instantanée* est donc la dérivée de la fonction $x(t)$ qui décrit le déplacement de l'objet en fonction du temps.

Outils mathématiques : Formalisme

Mathématiquement...

Vitesse moyenne :

$$\overline{v}(t) = \frac{x_f - x_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Lorsque on s'intéresse à la **vitesse instantanée** ($\Delta t \to 0$) :

$$v(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

La *vitesse instantanée* est donc la dérivée de la fonction $x(t)$ qui décrit le déplacement de l'objet en fonction du temps.

Avec le même raisonnement :

Accélération moyenne :

$$\overline{a}(t) = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Accélération instantanée :

$$a(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

La *accélération instantanée* est donc la dérivée de la fonction $v(t)$ de la vitesse de l'objet en fonction du temps.

Outils mathématiques : Formalisme

Mathématiquement...

Vitesse moyenne :

$$\overline{v}(t) = \frac{x_f - x_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Lorsque on s'intéresse à la **vitesse instantanée** ($\Delta t \to 0$) :

$$v(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

La *vitesse instantanée* est donc la dérivée de la fonction $x(t)$ qui décrit le déplacement de l'objet en fonction du temps.

Avec le même raisonnement :

Accélération moyenne :

$$\overline{a}(t) = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Accélération instantanée :

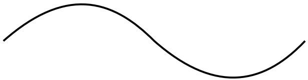
$$a(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

La *accélération instantanée* est donc la dérivée de la fonction $v(t)$ de la vitesse de l'objet en fonction du temps.

Remarque

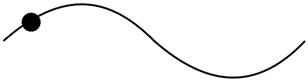
Dans l'autre sens :
La vitesse est la primitive de l'accélération.
La distance parcourue est la primitive de la vitesse.

Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



Énigme du mouvement

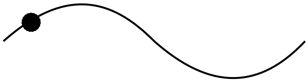
Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



Nous représentons notre voiture par un point : particule.

Énigme du mouvement

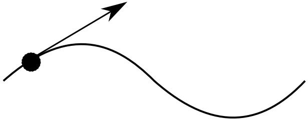
Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



(On pourrait placer un vecteur $\vec{r}(t)$ qui relie à un instant t la position de la particule dans l'espace par rapport à une origine.)

Énigme du mouvement

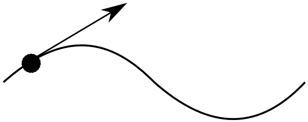
Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



Tangente = vitesse instantanée, sa « longueur » représente la valeur indiquée par exemple par le compteur.

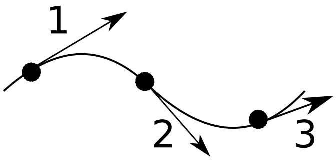
Énigme du mouvement

Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



On parle toujours du vecteur vitesse $\overrightarrow{v}(t)$.

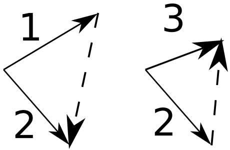
Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



La direction et la valeur de la vitesse varient pendant le mouvement.

Énigme du mouvement

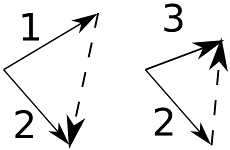
Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



La flèche en pointillé représente le changement de vitesse.

Énigme du mouvement

Qu'en est-il dans le cas général du mouvement sur une ligne courbe ?



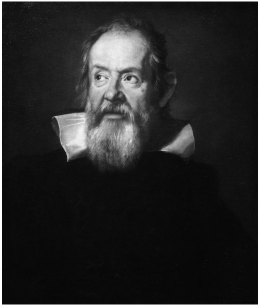
On a la généralisation des relations mathématiques précédentes :

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt}$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$$

Besoin d'une origine spatiale et temporelle :

?



Référentiel

Besoin d'une origine spatiale et temporelle : on parle d'un référentiel