



- Référentiel
- Vitesse
- Accélération

Mécanique | 2013 3

Bonjour bienvenue au cours de Physique Générale de l'EPFL Dans cette leçon je vais poser les bases de la cinématique du point matériel Je vais commencer par définir un référentiel et cela me permettra de définir ensuite une vitesse et une accélération vectorielle.

Notes

Summary



0m 03s

Définition : la cinématique



Description mathématique du mouvement du système étudié.

- Maintenant : le point
- Plus tard : un solide (rotation)
- Autre cours : un solide déformé, un liquide
- Note : la dynamique analyse les causes du mouvement

Mécanique | 2013 8

Pour commencer, je veux définir le terme cinématique. La cinématique c'est cette partie très importante de la mécanique qui consiste à décrire mathématiquement le mouvement d'un objet. Alors dans le cadre du début de ce cours on va considérer le mouvement d'un point. Plus tard on considèrera le mouvement d'un solide. A ce moment là il y aura des effets de rotation qui interviendront. Dans un autre cours, vous pourriez étudier les déformations d'un solide ou carrément un liquide. Chaque fois il faudra poser les bases de la cinématique. La dynamique, c'est si l'on veut, l'autre grande partie de la mécanique. La dynamique cherche à décrire les causes d'un mouvement.

Notes

Summary



0m 28s

Définition : le point matériel



Modèle : on représente un objet par un point auquel on associe sa masse

- En mécanique, réputée science exacte, on doit faire des choix de modélisation
- Exemples de point matériel : une locomotive, un homme
- La dynamique du solide nous montrera que le point matériel est une approximation

Mécanique | 2013 12

Je commence avec notre premier modèle, le modèle du point matériel. On va convenir qu'on peut donner une description pertinente d'un objet en décrivant son mouvement et pour décrire son mouvement, on va attacher un point, ou si vous voulez, on va considérer un point de cet objet et on va décrire le mouvement de ce point. On va également attribuer toute la masse de l'objet à ce point d'où le terme point matériel. Vous voyez qu'on est en train d'apprendre à faire de la mécanique, une science réputée exacte et pourtant on commence déjà à faire de grandes approximations. En effet nous allons décrire des objets variés, ce pourrait être une locomotive, une locomotive c'est énorme, une locomotive a des roues, toutes sortes de mécanismes. On risque de choisir de faire une première description du mouvement d'une locomotive en disant que c'est un point matériel. Un homme qui se jette d'un pont, avec, attaché, un élastique, on va peut-être le représenter comme un point matériel qui a toute la masse de l'homme. On verra quand on fera la dynamique du solide indéformable que ce premier modèle du point matériel ne rend pas très bien compte de ce qu'on observe dans la réalité.

Notes

Summary



1m 22s

Définition : le point matériel



Modèle : on représente un objet par un point auquel on associe sa masse

- En mécanique, réputée science exacte, on doit faire des choix de modélisation
- Exemples de point matériel : une locomotive, un homme
- La dynamique du solide nous montrera que le point matériel est une approximation
- L'erreur peut être quantitative (pendule), ou qualitative (boule de billard)

Mécanique | 2013 13

Alors, cet écart entre la prévision du modèle du point matériel et ce qu'on observe expérimentalement peut être de deux natures : ce peut être ou bien une différence quantitative; imaginez un pendule, imaginez que je fasse un pendule en prenant une barre rigide que j'accroche à un clou et que je fasse l'approximation que cette barre se comportait comme toute sa masse centrée à son centre de masse. La mesure me permettra de voir que je fais une erreur mais c'est une erreur simplement quantitative. En revanche, si vous considérez les boules de billard comme des points matériels pour beaucoup de mouvements, ce sera correct, mais si vous faites tourner la bille de billard rapidement sur elle-même vous allez voir qu'ils n'ont rien à voir avec ce que peut prédire le modèle du point matériel.

Notes

Summary



2m 58s

Définition : le référentiel



*Ce par rapport à quoi on mesure
une vitesse ou une accélération.*

- Un laboratoire
- Le centre du soleil et trois étoiles fixes
- En général : 4 points non-coplanaires
- Un système d'axes cartésiens

Mécanique | 2013 18

Je définis maintenant un concept très simple mais très important. Si on veut parler de vitesse et d'accélération on doit absolument convenir de ce par rapport à quoi on mesure cette vitesse ou cette accélération. Cet objet, on appelle le référentiel. Alors si on traite du problème d'une craie qu'on jette dans un auditoire et bien on peut prendre l'auditoire comme référentiel. Et si on fait une expérience de chute libre dans un laboratoire, le laboratoire convient. Si en revanche on veut discuter de l'orbite de la Terre autour du soleil on va devoir considérer un référentiel beaucoup plus grand tel que le soleil plus les étoiles lointaines. En général on doit avoir au moins quatre points pour définir un référentiel et ces quatre points ne doivent pas être coplanaires. Trois points définissent un plan, vous prenez un quatrième point en dehors et voilà, ça suffirait pour avoir un référentiel. Très souvent, les référentiels sont des objets massifs, la Terre, quelque chose comme ça. Il arrive qu'on choisisse de prendre comme référentiel un système d'axes cartésiens. Honnêtement je pense que si on le fait, c'est parce que comme enseignant, c'est beaucoup plus facile de dessiner les trois axes orthogonaux que de dessiner un coin de laboratoire, la Terre, ou je ne sais quoi qui nous tient lieu de référentiel.

Notes

Summary



4m 02s

Définition : le référentiel



*Ce par rapport à quoi on mesure
une vitesse ou une accélération.*

- Un laboratoire
- Le centre du soleil et trois étoiles fixes
- En général : 4 points non-coplanaires
- Un système d'axes cartésiens

Le choix du référentiel peut être très important !

- Force centrifuge, force de Coriolis : une question de référentiel
- La relativité : une question de référentiel aussi !

Mécanique | 2013 21

Mais ne faites pas la confusion d'associer le système de coordonnées avec le référentiel. Le référentiel joue le rôle que je lui ai donné, le système de coordonnées peut ne pas être le référentiel. Nous allons en voir un exemple frappant quand nous introduirons les coordonnées cylindriques et les coordonnées sphériques. Le choix du référentiel c'est quelque chose de très important; par exemple les forces centrifuges et la force de Coriolis sont des forces qui interviennent quand on fait un certain choix de référentiel et la fameuse théorie de la relativité d'Einstein part de considérations générales sur le choix des référentiels.

Notes

Summary



5m 48s

Définition : **trajectoire**

Lieu géométrique des points du référentiel occupés par le point matériel au cours du temps

- Une parabole (chute dans la pesanteur)
- Une ligne droite (zéro force)
- Une ellipse (planète autour du Soleil)



Mécanique | 2013 24

Je passe maintenant à quelques définitions. La trajectoire c'est simplement le lieu géométrique des points du référentiel par où va passer notre point matériel. Alors ça peut être une parabole si vous étudiez le mouvement d'un point matériel dans le champ de l'apesanteur, ça peut être l'ellipse que décrit une planète autour du soleil, ou ça peut être une ligne droite si vous avez un mouvement libre de force comme disait Galilée, on a ce qu'il appelait le mouvement naturel, mouvement rectiligne uniforme. J'appelle équation horaire la fonction du temps qui nous donne la position de notre point matériel en fonction du temps. On a donc beaucoup plus d'informations que la trajectoire; la trajectoire est simplement un lieu géométrique, quand je donne l'équation horaire, je dis où se trouve le point matériel à quel moment.

Notes

Summary



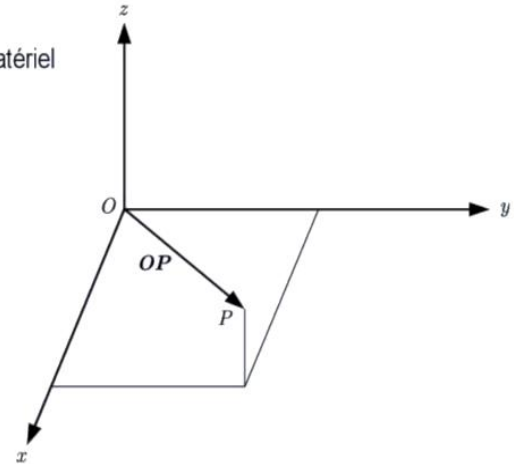
6m 37s

Définition : équation horaire

Position du point matériel en fonction du temps

- Plus d'information que la trajectoire
- Objectif de la mécanique du point matériel

$$\mathbf{OP} = \mathbf{r}(t)$$



Mécanique | 2013 29

On a donc plus d'informations. Vous pouvez considérer que l'objectif ultime de la mécanique c'est de donner l'équation horaire de tous les points matériels de l'objet considéré. Alors voilà un diagramme typique : je me suis permis comme d'habitude de représenter mon référentiel par un système d'axes cartésiens O, x, y, z. Chaque fois que j'utiliserai la lettre O ce sera pour désigner un point du référentiel toujours. Voilà un point P. Je repère la position du point P par le vecteur \mathbf{OP} . Alors notez cette convention, lorsque je désigne un vecteur, j'utilise des lettres grasses. Si le vecteur est représenté par deux points comme ici \mathbf{OP} , j'ai écrit \mathbf{OP} en gras. Maintenant mes écritures seraient trop lourdes si j'utilisais toujours deux lettres pour représenter un vecteur. Donc je vais utiliser une notation simplifiée, par exemple \mathbf{r} . Vous remarquerez ici que \mathbf{r} est en gras, cela veut dire que c'est un vecteur. Comme on présume que le point matériel P se déplace dans le temps on va désigner le temps par la variable t et on va donc dire que le vecteur \mathbf{r} est une fonction de t. pour exprimer le fait que le point matériel bouge et on a donc ce qu'on appelle une équation horaire \mathbf{r} de t.

Notes

Summary



7m 51s

Définition : vitesse vectorielle



- Référentiel
- Comment mesurer une vitesse ?
- Si la vitesse n'est pas constante : « prendre la limite »
- La vitesse est une grandeur vectorielle
- Définition mathématique

Mécanique | 2013 35

Je passe maintenant à la définition de la vitesse vectorielle. Comment va-t-on définir une vitesse? Première chose, on se donne un référentiel. Ensuite on va mesurer un déplacement, et on va diviser le déplacement par le temps, ça nous donnera une vitesse. Si on mesure le déplacement de façon vectorielle quand on divise par le temps on va obtenir une vitesse vectorielle. Remarquez d'abord qu'une vitesse du point de vue de la physique c'est fondamentalement une grandeur vectorielle. Une vitesse décrit une direction, la direction de l'objet, le module de la vitesse donne la vitesse au sens commun, ce que l'on appelle en physique la vitesse scalaire, et donc maintenant je dois chercher comment re-exprimer mathématiquement cette vitesse au sens physique. Alors je le fais de la manière suivante : je me donne un vecteur \vec{OP} qui me repère la position de mon point matériel, je détermine de combien la position change pendant Δt , je divise par Δt , ici vous noterez que j'ai un vecteur, je divise par un scalaire le Δt .

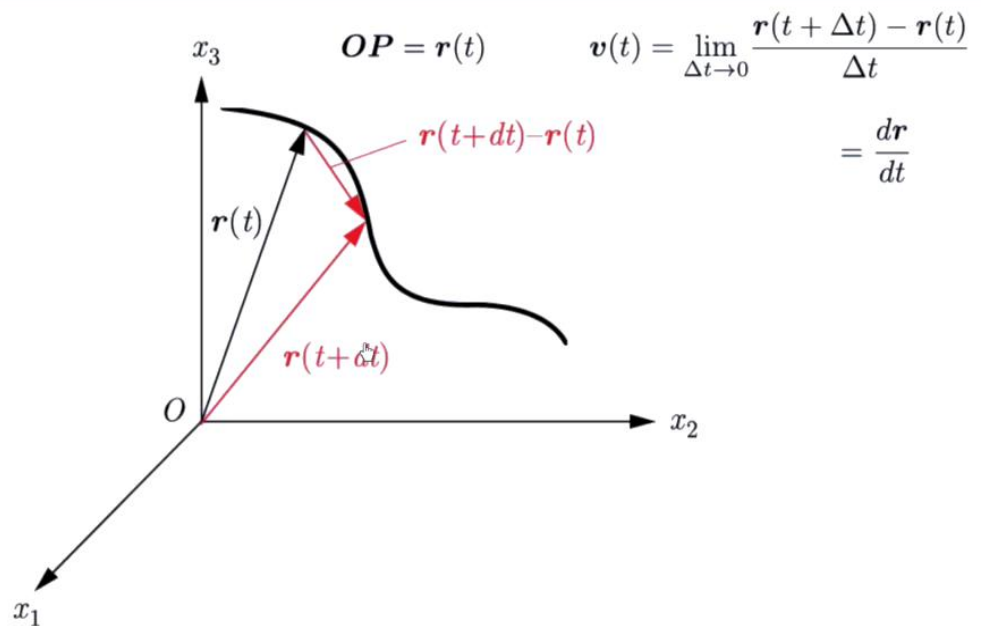
Notes

Summary



9m 38s

Définition : Vitesse vectorielle



Je prends la limite lorsque delta t tend vers zéro et voilà ce que je vais appeler la vitesse vectorielle. Regardons de quoi cela a l'air si on en fait un dessin. Je note que je vais utiliser cette notation $\frac{dr}{dt}$ sur $d(t)$, sur le dessin j'ai dit qui vaut $v \frac{dr}{dt}$ $v \frac{dr}{dt}$, ça fait cet accroissement de r lorsque on passe de t à t plus delta t , on prend la limite lorsque delta t tend vers zéro. Alors voici un système d'axes cartésiens qui représentent mon référentiel. Je suppose que je connais la trajectoire ici je repère la position du point matériel au temps t par le vecteur r de t . Au temps t plus $d(t)$ ici j'utilise ma notation selon laquelle le delta t , je prends la limite quand $d(t)$ tend vers zéro donc j'écris $d(t)$. Voilà r de t plus $d(t)$, voilà le déplacement r de t plus $d(t)$ moins $r(t)$, c'est un vecteur et bien sûr sur le dessin j'ai pris un $d(t)$ fini et maintenant je dois prendre la limite lorsque $d(t)$ tend vers zéro et cela va me donner la vitesse.

Notes

Summary



Définition : accélération vectorielle

- Référentiel
- Changement par unité de temps de la vitesse vectorielle.
- Utilisons les maths ...

$$\mathbf{a}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbf{v}(t + \Delta t) - \mathbf{v}(t)}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

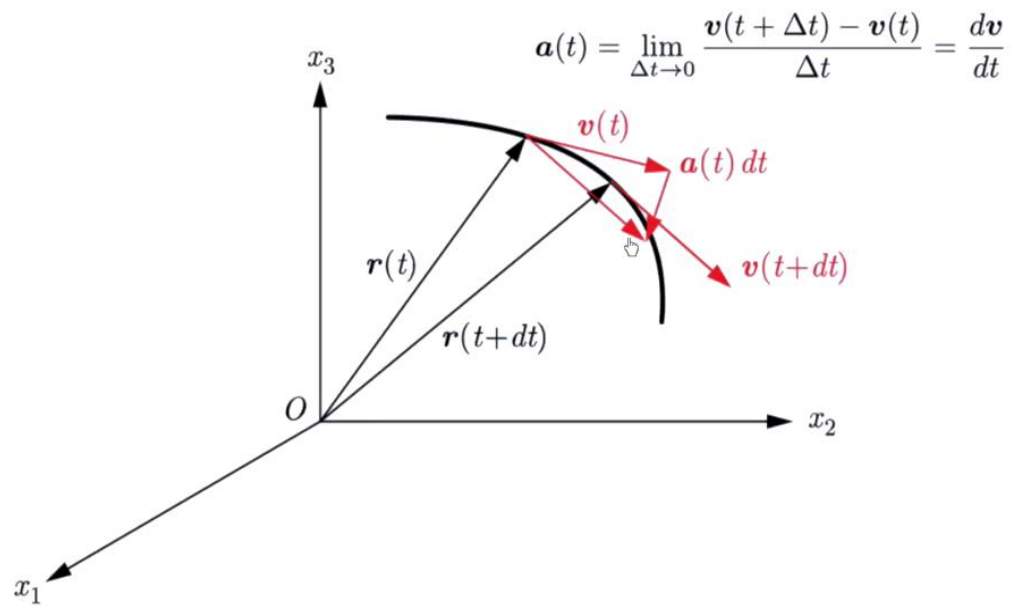
Passons maintenant à la définition de l'accélération vectorielle. Qu'est-ce que c'est qu'une accélération ? Ça doit être un changement de vitesse par unité de temps. Donc notre définition de l'accélération sera forcément donnée par le choix d'un référentiel très important, trivial, vite fait mais très important. Et on va exprimer mathématiquement le fait que l'on veut calculer le changement de vitesse par unité de temps. Alors voilà, on le fait de la manière suivante : on calcule \mathbf{v} au temps t plus Δt moins \mathbf{v} au temps t , changement de vitesse divisé par le Δt , on prend la limite lorsque Δt tend vers zéro et on obtient l'accélération. L'accélération c'est la dérivée de la vitesse par rapport au temps.

Notes

Summary



12m 40s



Ce qu'on peut écrire comme ceci Faisons un dessin. Je rappelle ici l'expression de l'accélération. on va écrire que d de v vaut a fois d(t). On aimerait exprimer cela sur le dessin. Alors je suppose que la trajectoire est connue. Je dessine la position du point matériel au temps t et au temps t plus d(t). Maintenant j'ai la vitesse au temps t qui est comme ceci, représentée ici en rouge, j'ai la vitesse au temps t plus delta t ici et je rapporte ce vecteur vitesse à la position au temps t pour calculer l'accroissement v de t plus delta t moins v de t ce qui doit nous donner a fois d(t). d de v vaut a fois d(t) Voilà a fois d(t) c'est ce vecteur là. Evidemment que sur le dessin j'ai pris un d(t) énorme il faut prendre la limite lorsque d(t) tend vers zéro et on va reprendre ça dans une autre leçon pour affiner notre compréhension de l'accélération.

Notes

Summary

