



- Jet d'eau
 - dans le référentiel de l'auditoire
 - dans le référentiel tournant avec le jet d'eau
- MRU dans référentiel tournant
- Débitmètre de Coriolis

Mécanique | 2013 2

Bonjour. Bienvenue au cours de physique générale de l'EPFL. Dans cette leçon, on a appris à analyser la dynamique d'un point matériel, lorsqu'on travaille dans un référentiel qui n'est pas un référentiel d'inertie. J'aimerais illustrer les concepts de cette leçon par quelques expériences. J'aimerais d'abord regarder un jet d'eau, dans deux référentiels : le référentiel de l'auditoire considéré comme référentiel d'inertie, puis dans le référentiel qui tourne avec le jet d'eau. J'aimerais ensuite vous montrer un mouvement rectiligne uniforme, aussi vu de deux référentiels : un référentiel d'inertie et un référentiel tournant. On verra qu'on va retrouver la forme du jet d'eau tournant. Ensuite, j'aimerais discuter le principe de fonctionnement d'un débitmètre de Coriolis, pour illustrer comme dans certaines circonstances, il est bien plus facile de comprendre la physique d'un phénomène en travaillant dans un référentiel, qui n'est pas d'inertie.

Notes

Summary



0m 03s



- Dans le labo : chaque gouttelette a une trajectoire radiale
- Dans le référentiel tournant, toutes les gouttelettes sur une trajectoire incurvée.

Mécanique | 2013 3

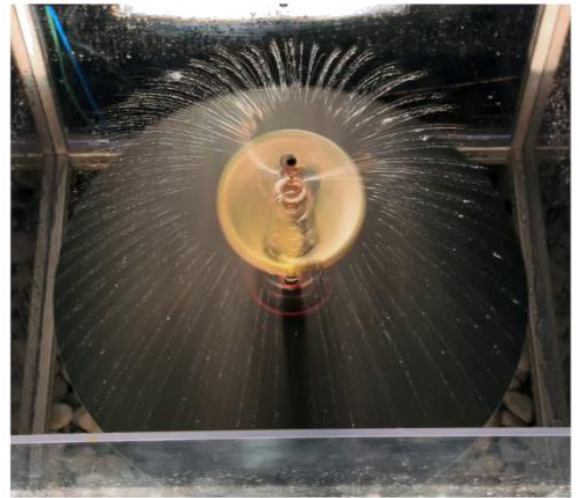
Voici une expérience avec un jet d'eau tournant. Le tuyau et la plaque tournent ensemble, et le bout du jet d'eau est à peu près sur l'axe. Vous allez voir, maintenant, ce jet d'eau, d'abord dans le référentiel de l'auditoire. Ensuite, on va faire tourner la caméra avec le jet d'eau, et vous, donc, vous verrez le jet d'eau dans le référentiel, en rotation. Voilà.

Notes

Summary



1m 12s



- Un temps d'exposition long permet de visualiser les gouttelettes : trajectoire radiale.

Mécanique | 2013 4

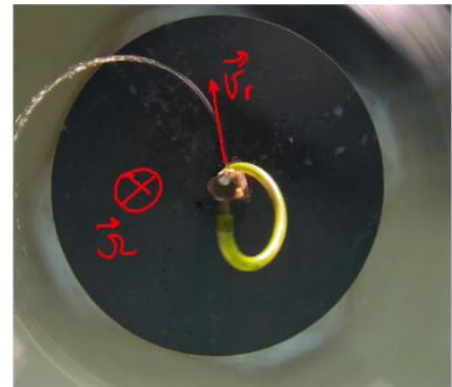
Pour rendre les choses bien claires, dans le référentiel de l'auditoire, on a pris une photo avec un temps d'exposition très long, et vous voyez, ici, magnifiquement, que les gouttes d'eau forment, ont donc, ont des trajectoires radiales dans le référentiel de l'auditoire.

Notes

Summary



1m 52s



$$a_r(P) = \dots - 2\Omega \wedge v_r(P)$$

Mécanique | 2013 5

En revanche, encore une fois, voici une photo, lorsqu'on est dans le référentiel en rotation, on a ce jet incurvé. Est-ce qu'on peut comprendre, la forme de ce jet? Et bien d'abord, examinons ce que notre formule prédit. On a une accélération relative qui contient toutes sortes de termes, dont le terme de Coriolis que j'ai passé de l'autre côté du signe égal. Donc, j'ai un signe moins. La plaque, il faut faire attention que le vecteur oméga définit la rotation de la plaque par rapport au référentiel de l'auditoire, et si vous regardez encore une fois la vidéo, vous verrez que on a donc un oméga qui s'enfonce dans le plan du dessin. On a un V_r qui est comme ceci. Maintenant, règle de la main droite, oméga cross V_r donne un pouce qui part à droite, mais on a le signe moins, ici. Donc, on a une déviation vers la gauche. Je vous propose de conduire une analyse, quantitative du rayon de courbure de ce jet d'eau.

Notes

Summary



2m 13s



$$\mathbf{a}_r(P) = \dots - 2\boldsymbol{\Omega} \wedge \mathbf{v}_r(P)$$

Ordre de grandeur :

$$|\mathbf{a}_r(P)| = 2\Omega v_r = \frac{v_r^2}{r}$$

$$r = \frac{v_r}{2\Omega}$$

$$\Omega \approx 2\pi s^{-1} \quad v_r \approx 10cm/0.25s$$

$$r \approx 3.5cm$$

Mécanique | 2013 12

Alors, encore une fois, je reproduis la formule. Et puis, maintenant, on va calculer l'ordre de grandeur. Alors, on va calculer le module de cette accélération. Donc, on a deux oméga fois Vr. Et maintenant, cette accélération donne lieu à cette trajectoire incurvée, et on a vu que pour un mouvement circulaire, on avait une accélération centripète qui valait V carré sur r, d'où la deuxième égalité. Maintenant, de là, je tire que le rayon vaut Vr sur oméga. C'est un peu difficile, mais j'ai estimé le oméga à un tour par seconde, et le Vr, il me semble que les gouttes font à peu près 10 centimètres en un quart de seconde. Quand je mets ces valeurs numériques, je trouve un rayon de trois virgule cinq centimètres; ce n'est pas tout à fait ça, mais, encore une fois, il ne s'agit, ici, que d'un calcul d'ordre de grandeur.

Notes

Summary



3m 34s

MRU dans deux référentiels



- On fait tourner un objet quasi libre de force dans le référentiel d'inertie.
- On le lâche. Dans quelle direction part-il ?

Mécanique | 2013 13

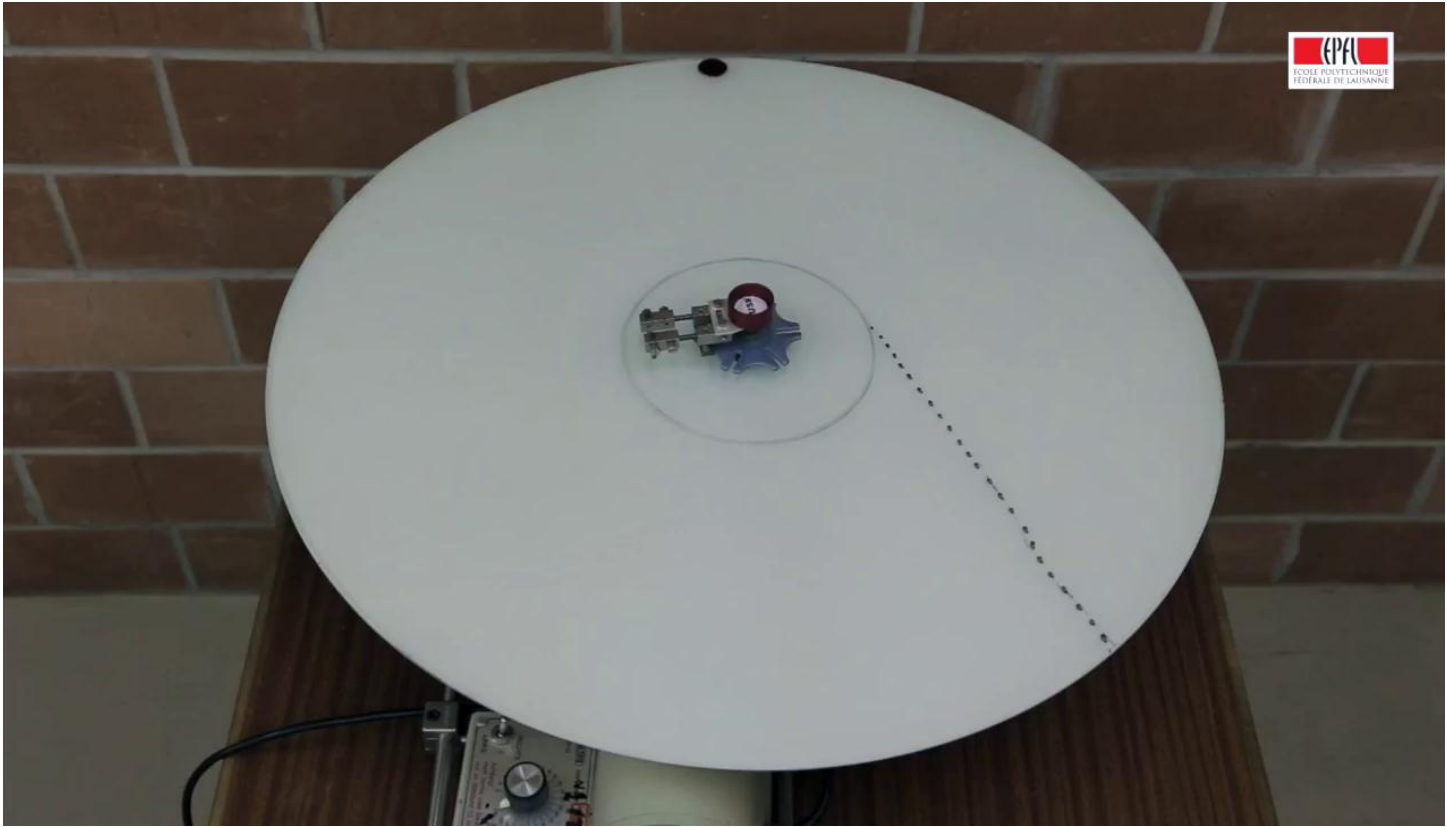
Voici maintenant le mouvement rectiligne uniforme vu dans deux référentiels. Et on va commencer par une petite expérience très simple; on va mettre un feutre dans ce tube et on va faire tourner le tube sur le cercle noir que vous distinguez sur cette plaque blanche. J'insiste que la plaque blanche ne tourne pas, il y a un point noir en haut de l'image qui vous permet de voir que en ce moment, la plaque blanche ne tourne pas. On va faire tourner ce feutre, puis on va relâcher le feutre, et la question classique qu'on demande dans un cours de mécanique, quelle est la direction du feutre, une fois qu'il est relâché?

Notes

Summary



4m 43s



Voyons l'expérience. Et bien sûr, la trajectoire est tangente au cercle, puisque la vitesse initiale est tangente au cercle.

Notes

Summary



5m 27s

MRU dans deux référentiels



- On marque la trajectoire sur un référentiel tournant.

Mécanique | 2013 14

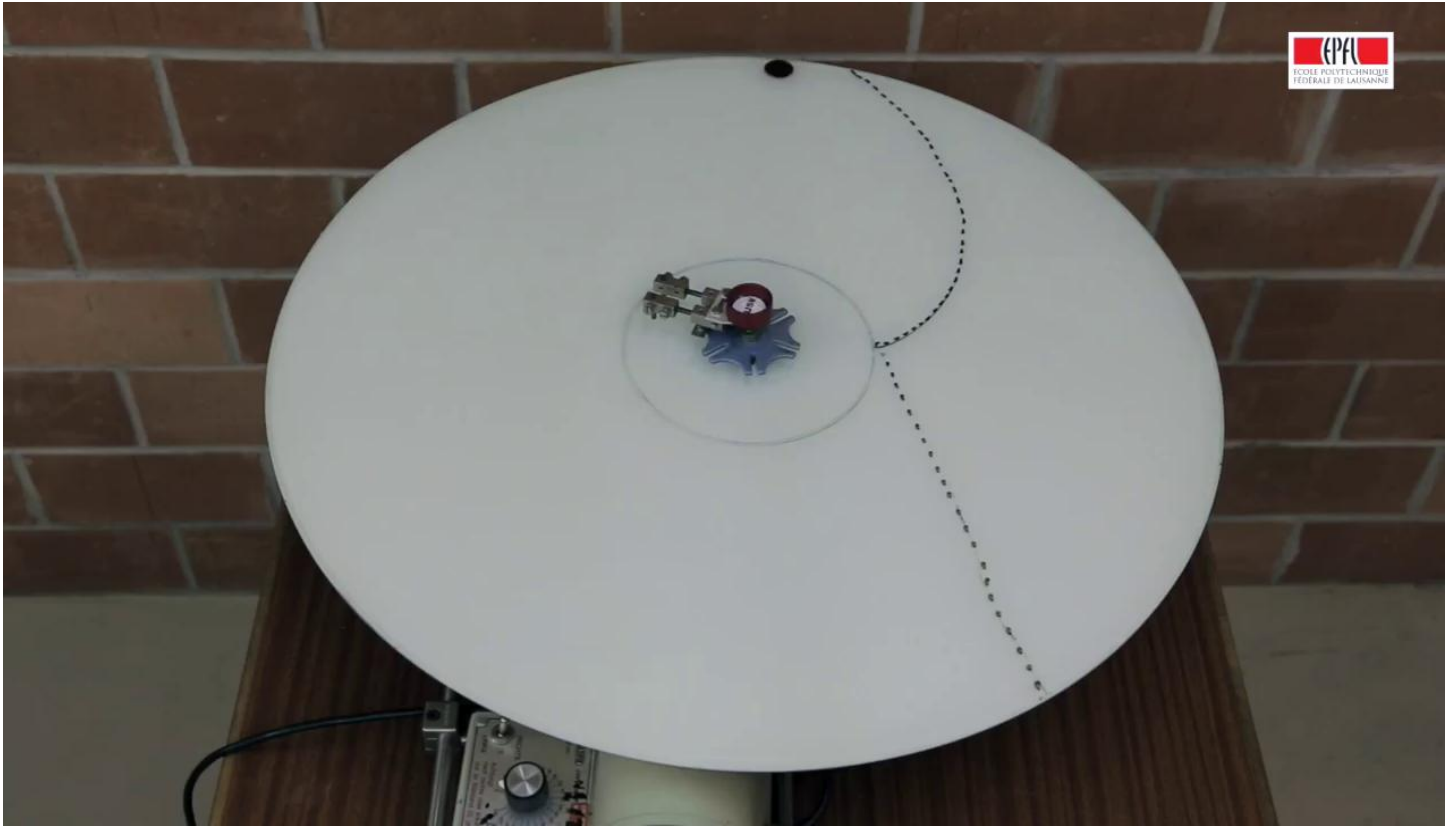
Maintenant, je vous propose de regarder la même expérience dans le référentiel tournant. Donc, on va s'arranger pour que le feutre, initialement, le feutre et le disque tournent ensemble, et on va relâcher le feutre. Regardons ce que cela donne.

Notes

Summary



5m 59s



Et voilà notre trajectoire incurvée, comme on l'avait observé pour le jet d'eau.

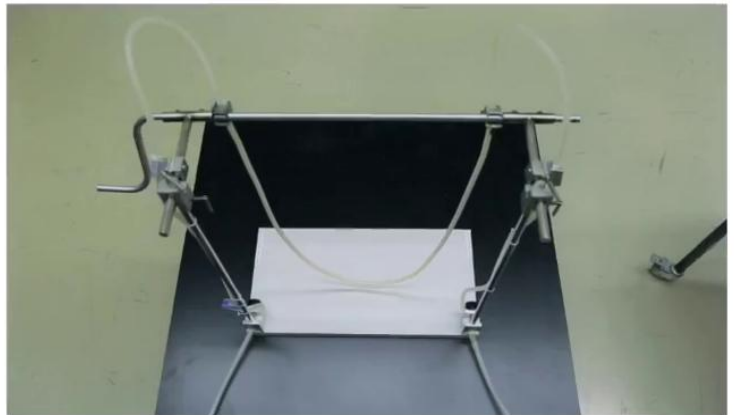
Notes

Summary

6m 45s



Débimètre de Coriolis



- Sans flux d'eau, l'oscillation est régulière, plane.
- Avec flux d'eau, le tuyau est déformé hors du plan de façon alternative à chaque aller-retour.

Mécanique | 2013 15

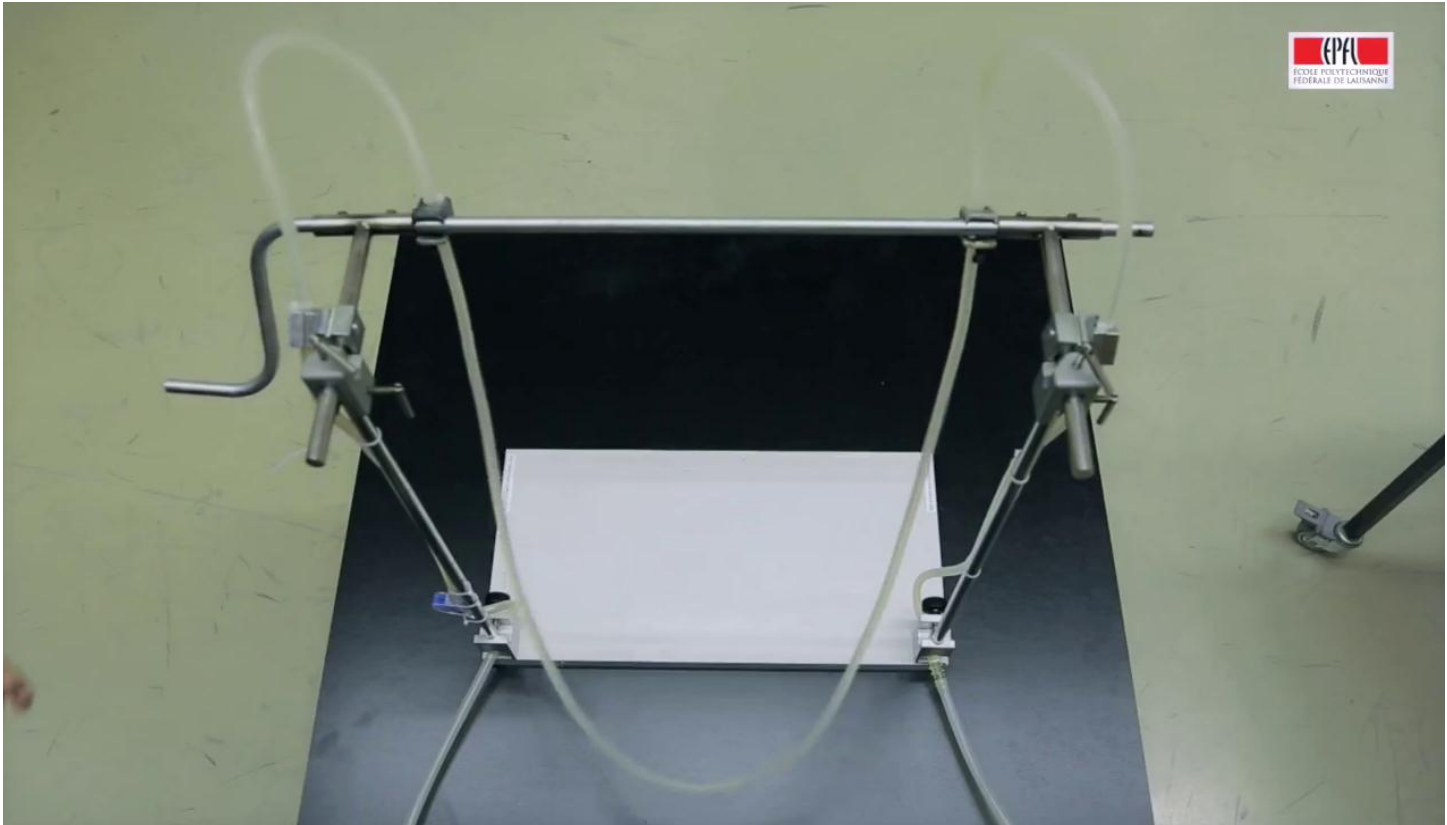
Je vous propose, maintenant, de regarder ce dispositif connu comme étant le principe du débitmètre de Coriolis. Il s'agit d'un tube qu'on va faire osciller à la manière d'un pendule, mais il y a de l'eau qu'on peut faire circuler dans le tube. Et vous verrez que l'oscillation du tube n'est plus du tout dans le plan une fois que l'eau circule dans le tube. Observons d'abord le phénomène.

Notes

Summary



7m 01s

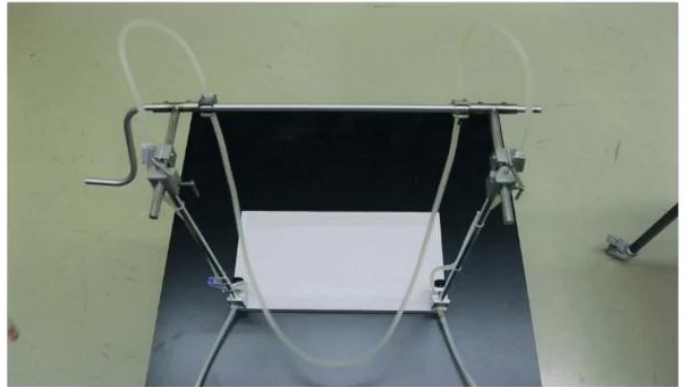


Voilà, maintenant, l'eau circule dans le tube. On n'a plus du tout un mouvement simple.

Notes

Summary





- Sans flux d'eau, l'oscillation est régulière, plane.
- Avec flux d'eau, le tuyau est déformé hors du plan de façon alternative à chaque aller-retour.

Mécanique | 2013 15

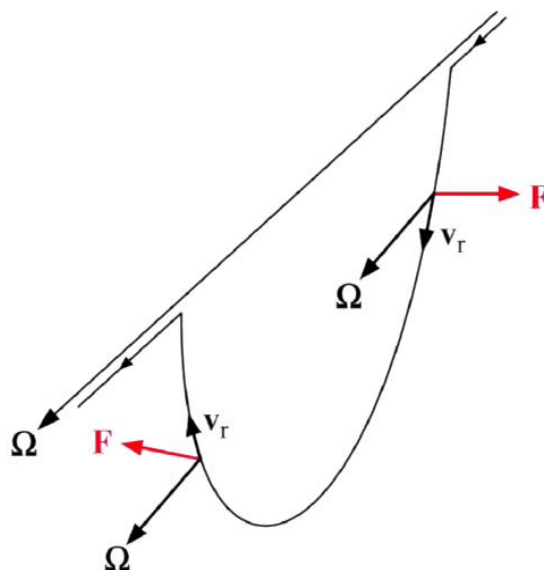
Alors, je vous invite à faire une pause, et essayer de raisonner avec les principes de la mécanique pour comprendre pourquoi le tube se tord comme on l'a observé.

Notes

Summary



8m 05s



Mécanique | 2013 16

Alors, moi je vous propose le dessin suivant : J'ai représenté, ici, l'axe de rotation. Il y avait une manivelle au bout de l'axe et cet arc de cercle représente le tube. Et maintenant, dans une demi-oscillation, on a oméga qui disons, est, pointe comme indiqué, ici, et si on se place dans le référentiel du tube, à ce point-ci, on a une vitesse; disons que le liquide coule comme indiqué. On a une vitesse relative, comme ceci. Le oméga est là. On a donc, un deux oméga cross Vr qui est moins deux oméga coss, cross Vr, qui correspond à une force qui doit être exercée sur le tube comme indiqué par la flèche, ici. Si maintenant, on est de ce côté-là, on a le Vr qui pointe vers le haut; avant il pointait vers le bas. Donc, la force est dans l'autre sens, et on a cette torsion du tube qui fait que il a plus du tout un mouvement d'oscillation dans le plan. On est voisin de la discussion qu'on a eu avec la bille dans l'anneau. On n'avait pas étudié la bille dans l'anneau dans un référentiel relatif, mais où on retrouve les mêmes termes. Ceci peut être montré, et on a des termes qui sont de type Coriolis, dont on doit rendre compte qui expliquent pourquoi pour la bille dans l'anneau, il y a une force transverse qui s'exerce, force normale au plan qui contient l'anneau.

Notes

Summary



8m 20s