

Frottements

I Modèle macroscopique sur le frottement solide - solide

1) Mise en situation équation

On considère un véhicule ^(m) qui veut gravir une pente : ~~réaction~~



Bilan des forces :

(1) × le poids $\vec{P}_1$ ($m_1 \vec{g}$) et $m_1 = \frac{2}{3} m$
 × la réaction de la route sur les pneus $\vec{R}_1$
 × la force de rappel $\vec{F}_{21}$

(2) × le poids $\vec{P}_2$ $m_2 = \frac{1}{3} m$
 × la réaction de la route sur les pneus $\vec{R}_2$
 × la force de rappel $\vec{F}_{21}$

PFD : (1) $m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} = \vec{F}_{21} + \vec{P}_1 + \vec{R}_1$

~~(2)~~ ~~m~~

1/4 $0 = -m_1 g \cos \alpha + R_{1y}$
 1/c $m_1 \ddot{x}_1 = -F_{21} - m_1 g \sin \alpha + R_{1x}$

De la même manière pour (2)

1/4 $0 = -m_2 g \cos \alpha + R_{2y}$
 $m_2 \ddot{x}_2 = F_{12} - m_2 g \sin \alpha + R_{2x}$

Hyp : $\vec{v}_1 = \vec{v}_2$

$$\begin{cases} 0 = -m_1 g \cos \alpha + R_{1y} \\ m_1 \ddot{x}_1 = -F_{21} - m_1 g \sin \alpha + R_{1x} \\ 0 = -m_2 g \cos \alpha + R_{2y} \\ m_2 \ddot{x}_2 = F_{12} - m_2 g \sin \alpha + R_{2x} \end{cases}$$

6 inconnues : 4 eq

2) Lois d'Amontons - Coulomb

Lois d'Amontons :

1) La force de frottement est $\propto d$

à la force appliquée et indépendante
2) de la surface de contact

Lois de Coulomb. Dans le cas de non-glissement ($v_{rx} = 0$)

On a $|\vec{R}_{rx}| \leq \mu_s |\vec{R}_{ry}|$ $\rightarrow$ coeff de frot statique

Géométriquement $\vec{R}_r$ est dans un cône d'axe normale $\vec{y}$ et de demi-angle $\phi_s = \arctan \mu_s$ (cône de frot statique)

Hyp μ_s ~~indépendant~~ μ_s est indep de v_s et de la charge (force normale à la surface)

Dans le cas de glissement ($v_{rx} \neq 0$): On a $|\vec{R}_{rx}| = \mu |\vec{R}_{ry}|$
Cône de frot d'adhérence $\rightarrow$ coeff de frot dynamique

Hyp On considère $\mu_s = \mu$ $\leftarrow$ $\mu_s = 0,8$ $\mu = 0,6$
Hyp On considère $\mu_s = \mu$

(D'où : $R_{rx} = \mu m_1 g \cos \alpha$ (la voiture avance)

$$\text{et } -\vec{F}_{21} = m_1 g \sin \alpha + R_{rx} \leq 0$$

$\uparrow$ limite patinage

Ainsi $-F_{21} - m_1 g \sin \alpha + m_1 g \cos \alpha = 0$
 3^{ème} loi de Newton; $F_{12} = -F_{21}$

On a

$$0 = -m_2 g \cos \alpha + R_{2y}$$

$$0 = F_{12} - m_2 g \sin \alpha + R_{2x}$$

3) Liaison parfaite, dragster et 4x4.

Slide définit^o;

$R_{2x} = 0 \rightarrow F_{12} = m_2 g \sin \alpha$
 Ainsi: $\tan \alpha = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$

AN $\alpha = 28^\circ$ (pour $m = 1t$)

Cas pour un dragster: $\frac{m_2}{m_1 + m_2} \sim 1$
 Véhicule à propulsion

AN $\alpha = 39^\circ$

$\tan \alpha = \mu \frac{m_2}{m_2 - m_1}$

Pour un 4x4 ($F_{12} = 0$) 4 roues motrices $\rightarrow 1$

et $\tan \alpha = \mu \Rightarrow \alpha = 39^\circ$ 84%
 $\alpha = 6^\circ$ sur neige 10%

$\mu_{neige} = 0,1 \sim$

Inter¹ 4x4 $\rightarrow T = 750 \text{ N} \cdot \text{m}$

la force résultante sur la route est

$$T = \frac{I}{R}$$

$$T = 1250 \text{ N}$$

$$R = 60 \text{ cm}$$

Pour démarrer $T \geq P_y$

$$T \geq m \cdot g \sin \alpha$$

AN

$$T \geq 3100 \text{ N sur bitume}$$

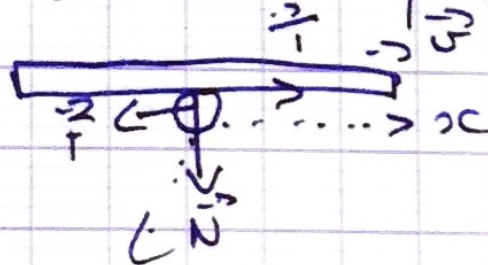
$$T \geq 510 \text{ N neige}$$

$$\text{Pente max} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{T}{m \cdot g}$$

$$\alpha = 11^\circ \quad \text{pente } 19\%$$

II Phénomène de Stich-Slip: le choc violent

1) Mise en équation: Stich



Plan de coupe

2)

Réaction archer

$$\vec{F} = -h x \vec{e}_x ; \quad \vec{N} = m \vec{g} \quad \text{et } T$$

Hyp $\mu = 0$

A $t=0$; $x=0$ et l'archet met
en mouvement la corde avec lui avec
la vitesse v

D'où $x=vt$

Situat^o de non glissement
tant que $\vec{T} \leq \mu_s \vec{N}$ D'après
la loi de Coulomb.

2) Mise en évidence du slip

A un instant $\frac{\|\vec{T}\|}{\|\vec{N}\|} = \frac{hvc}{mg} = \frac{hvt_1}{mg} = \mu_s$

D'où $t_1 = \frac{mg\mu_s}{hv}$

Pour $t > t_1$, $T = \mu N \approx 0$

Le nut est régi par l'eq des
corde vibrante $\frac{\partial^2 x}{\partial y^2} - \left(\frac{E}{T_0}\right) \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = 0$
masse linéique / tension

$$c = \sqrt{\frac{T_0}{\mu}} \quad \omega = 2\pi \frac{c}{\lambda}$$

On pose $c = \sqrt{\frac{T_0}{\mu}}$ et $\omega = 2\pi \frac{c}{\lambda}$

La corde est attachée à ses 2 extrémités
 → Ondes stationnaires

L'allongement x de la corde pour y fixe (position de l'archet)
 $x = A \sin(\omega(t - t_0) - \varphi)$

Relation de continuité pour x et v à t_1

$$v t_1 = A \sin \varphi \quad \tan \varphi = \omega t_1$$

$$v = A \omega \cos \varphi \rightarrow A = \frac{v}{\omega} \sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2}}$$

Mouvement sinusoïdal jusqu'à t_2 où la vitesse de la corde est à nouveau égale à celle de l'archet
 L'instant t_2 : $x = v$ et $t \neq t_1$

$$\rightarrow \cos(\omega(t_2 - t_1) + \varphi) = \cos \varphi$$

$$t_2 = t_1 + \frac{2(\pi - \varphi)}{\omega}$$

$$= \frac{A \sin \varphi}{v} + \frac{2(\pi - \varphi)}{\omega}$$

À cet instant $x = A \sin(\omega(t_2 - t_0))$
 $= -A \sin \varphi$

Pour $t > t_2$ la corde suit l'arclet
à $x = v(t - t_2) - A \sin \varphi$
 $\Rightarrow$ Mvt linéaire de période T
Pour $t = T$ $x = 0$ soit $0 = v(T - t_2) - A \sin \varphi$
finalement $T = \frac{2(T - \varphi)}{\omega} + \frac{2A \sin \varphi}{v}$

Graph

2 eq diff $\rightarrow$ gliss
 $\rightarrow$ non gliss

Solnt^o non sinusoïdale
ni linéaire mais
périodique

● Série de Fourier $\rightarrow$ harmonique

Fin] Modèle de Bouden et Tabor
Brotte adhésif
plastique

Équation de Darcy-Weisbach $\rightarrow$ perte
de charge en distinguant pertes linéaires
et singulières