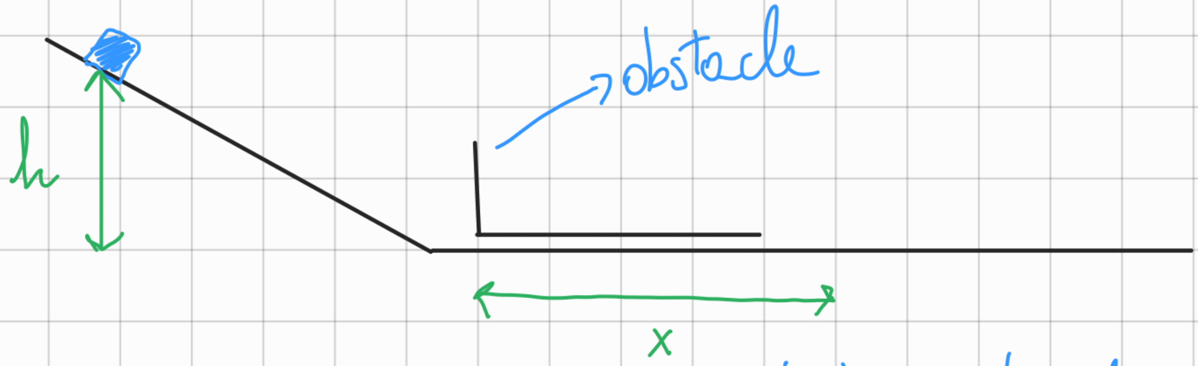
(Retour sur l'exemple du dernier cours)



↳ distance de freinage

Phase I : descente du plan incliné.
Hypothèses : néglige les frottements.
Vitesse initiale : $v_i = 0$.

L'équation du bilan d'énergie donne alors $\Delta E = 0$.

$$E_{initiale} = 0 + mgh$$

$E_{c,initiale} = 0$ car $v_{initiale} = 0$.

$E_{p,initiale}$

$$E_{finale,I} = \frac{1}{2} m v_{collision}^2 + 0$$

$E_{c,finale,I}$

$E_{p,finale,I}$

$v_{collision}$ = (norme de la) vitesse juste avant la collision avec l'obstacle. (inconnue)

$$\Delta E = E_{finale,I} - E_{initiale} = 0.$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m v_{\text{collision}}^2 = m g h$$
$$\Rightarrow v_{\text{collision}} = \sqrt{2gh}\ .$$

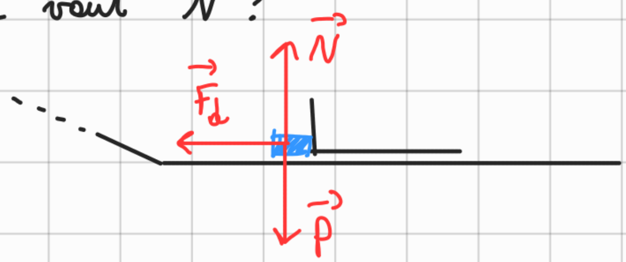
Phase II : freinage sur la partie horizontale du circuit.

Hypothèse : on ne néglige plus les frottements dynamiques.

$\vec{F}_d = ?$ Sens : opposé à la vitesse.

Norme : $\mu_d N$, où N est la norme de la force normale $\vec{N}$.

Que vaut N ?



$\Rightarrow N = mg$.

Conséquence : $\vec{F}_d$ est donc constante.

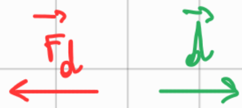
Grâce à ce résultat, nous sommes dans les conditions pour appliquer la formule suivante pour le travail de $\vec{F}_d$:

$$W_{n.c.} = \vec{F}_d \cdot \vec{d}$$

$\vec{d}$ = vecteur déplacement ; la norme de $\vec{d}$ vaut x.

$$\Rightarrow W_{n.c.} = -x F_d = -\mu_d x m g$$

On utilise $\cos 180° = -1$.



$$\vec{F}_d \cdot \vec{d} = F_d \times \cos\theta$$

angle entre $\vec{F}_d$ et $\vec{d}$.

On applique à présent l'équation du

bilan d'énergie (pour la phase II) :

$$\Delta E = W_{n.c.} = -\mu_d \times mg .$$

$\Delta E = ?$

car $v_{finale} = 0$.

$$E_{finale, II} = 0 + 0$$

on reste sur le plan horizontal.

$$E_{initiale, II} = E_{finale, I} = \frac{1}{2} m v_{collision}^2 = mgh$$

$$\Rightarrow \Delta E = \underset{E_{finale, II}}{0} - \underbrace{mgh}_{E_{initiale, II}} \qquad \Rightarrow \underbrace{-mgh}_{\Delta E} = \underbrace{-\mu_d \times mg}_{W_{n.c.}}$$

$$\Rightarrow h = \mu_d x .$$

On a donc trouvé la formule

$$h = \mu_d x .$$

Interprétation physique :

* Si h est fixé, on trouve que $\mu_d x$ est fixé également : si $\mu_d \nearrow$ alors $x \searrow$
  si $\mu_d \searrow$ alors $x \nearrow$
* Si $h \nearrow$ et μ_d est fixé, alors $x \nearrow$.

On trouve le résultat $x = h/\mu_d$: la distance de freinage ne dépend pas de la masse !

2. Quantité de mouvement (Impulsion)

A. Définition et relation avec la force totale

Définition : pour un corps de masse m et de vitesse $\vec{v}$, on définit l'impulsion $\vec{p}$ par la formule

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Dimensions : $[\vec{p}] = MLT^{-1}$ SI : $kg\,m\,s^{-1}$

Intérêt de cette définition ?
Idée : nouvelle interprétation de $\vec{F} = m\vec{a}$:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}.$$

$\Rightarrow$ La force totale $\vec{F}$ est la dérivée de l'impulsion.
Nous pouvons donc écrire :

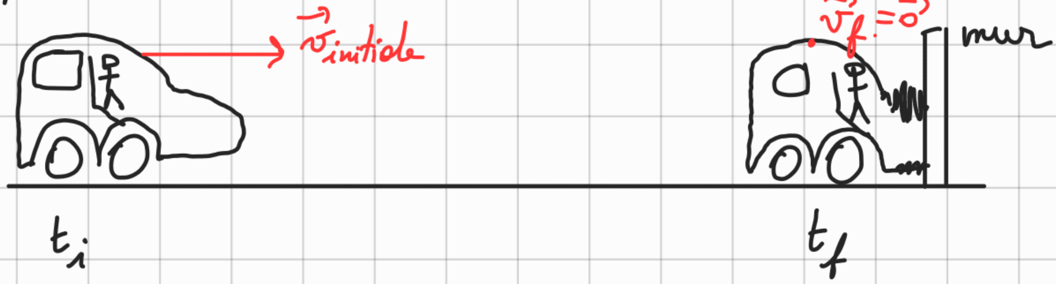
$$\vec{p}(t_2) - \vec{p}(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t)\,dt$$

[Rappel mathématique : $f(b) - f(a) = \int_a^b f'(x)\,dx$.]

Cas particulier : si $\vec{F}$ est constante, alors :

$$\underbrace{\Delta\vec{p}}_{\vec{p}(t_2)-\vec{p}(t_1)} = \vec{F}\,\underbrace{\Delta t}_{t_2 - t_1}. \qquad \Rightarrow \vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

Application : la ceinture de sécurité.



Δt = temps d'impact.

Pour la voiture, Δt est relativement grand : déformation de la carrosserie, ...

Avec ceinture : Δt nécessaire à stopper le passager = Δt de la voiture.

Sans ceinture : $\Delta t_{passager} << \Delta t_{voiture}$.
↳ temps nécessaire pour stopper le passager lorsqu'il entre en collision avec le tableau de bord.

$\Delta \vec{p}$ est le même avec ou sans ceinture, donc :

$$\vec{F}_{avec} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t_{avec}} << \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t_{sans}} = \vec{F}_{sans}$$

car $\Delta t_{avec} >> \Delta t_{sans}$

Conclusion : $\vec{F}_{avec} << \vec{F}_{sans}$ ⇒ il faut porter sa ceinture !