UE CMP

Concepts et Méthodes de la Physique

Cours 10

1 – FROTTEMENT VISQUEUX (§ 4.2.3)

2 – COLLISIONS PARTIE 1 (§ 4.1.3 + § 4.2.4)

Conservation de la QUANTITÉ DU MOUVEMENT

Il manque quelque chose…

3 – ENERGIE CINÉTIQUE, POTENTIELLE, MÉCANIQUE (intro § 4.3)

Une introduction par l'exemple : pesanteur

Energie cinétique, énergie potentielle de pesanteur

Frottement solide **(Rappel)**

Force de frottement solide– 2 cas :

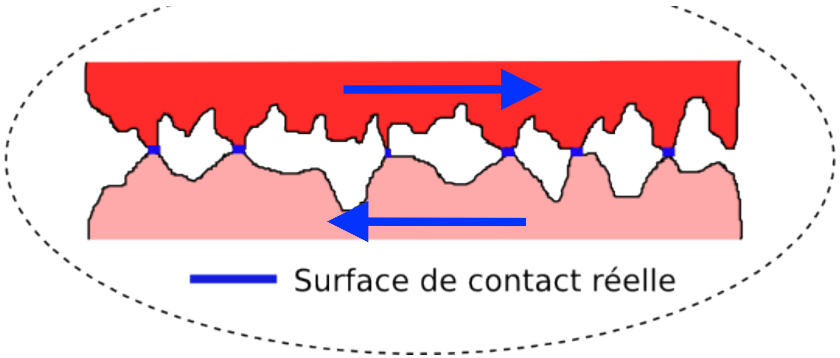
Statique ($v = 0$)

$$\boxed{\| \vec{F}_{max} \| = \mu_0 \| \vec{N} \|}$$

$$\| \vec{F}_{stat.} \| \leq \| \vec{F}_{max} \|$$

- F_{max} = force maximum de frottement statique
- μ_0 = coefficient de frottement statique

Dynamique ($v \neq 0$)



en mouvement :

$$\vec{F}_{frott} = -\mu N \vec{u}_v$$

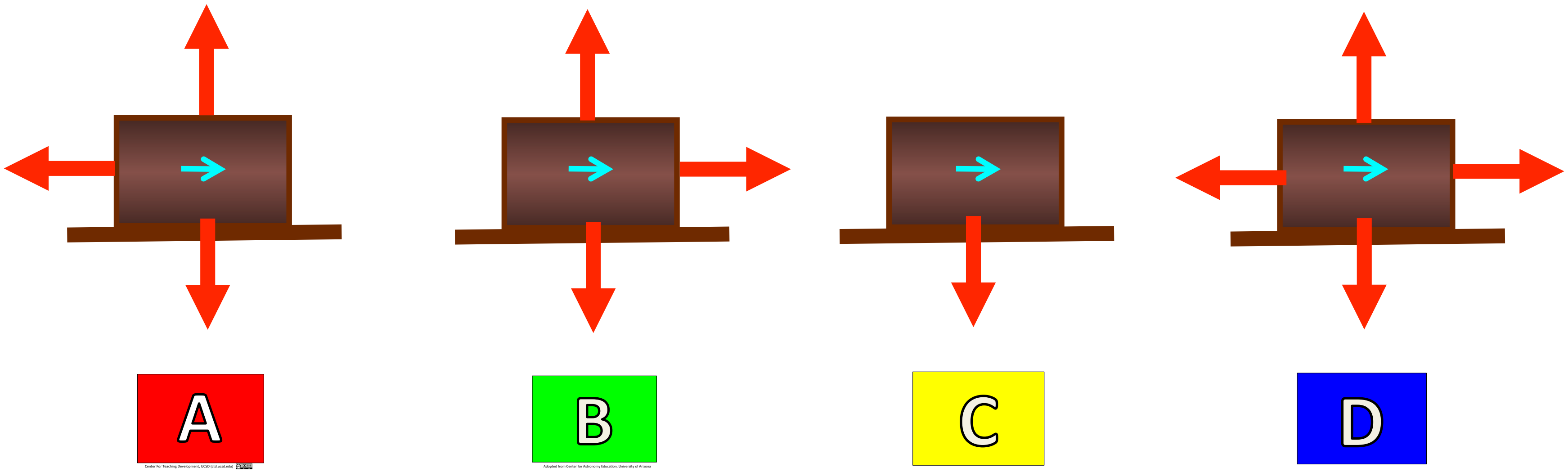
$$\boxed{\mu < \mu_0}$$

- u_v direction de la vitesse

Frottement solide

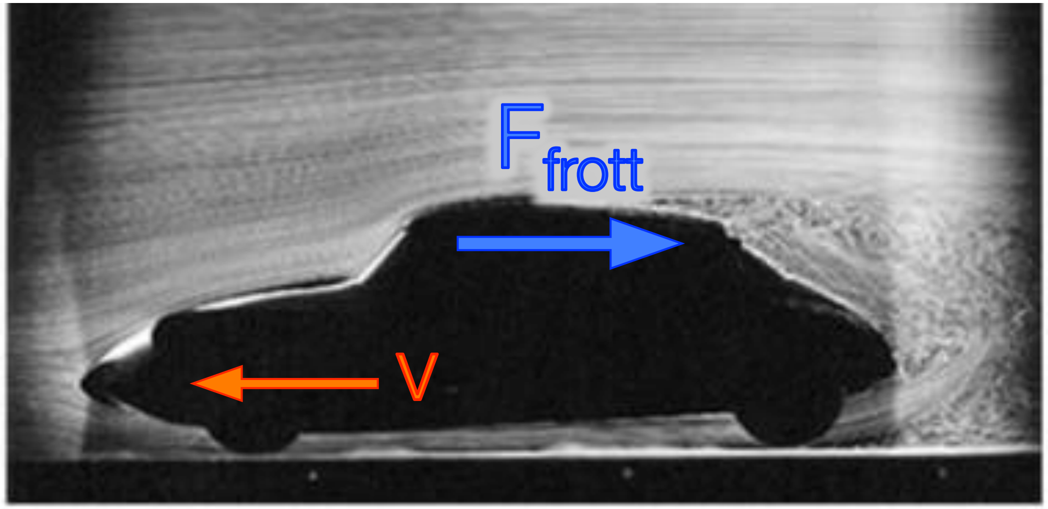
Révision : même question

La même caisse avance maintenant **<u>à vitesse constante vers la droite sur une surface rugueuse</u>**. Quel schéma décrit le mieux les forces qui agissent sur la caisse ?



Frottement fluide (ou visqueux)

Force opposée au mouvement : $\vec{F} \propto -\vec{u}_v$

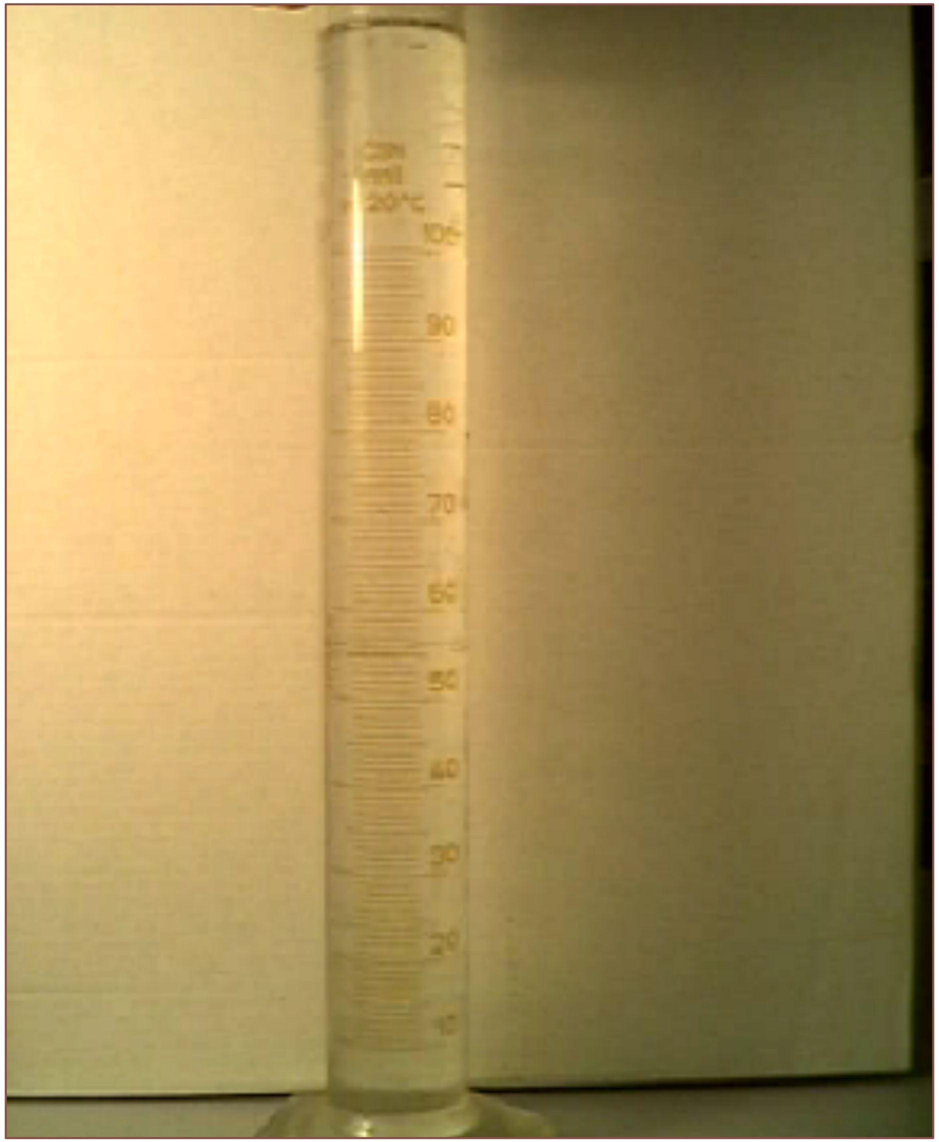


2 regimes :

Régime 1, **faible vitesse** :	Régime 2, **vitesse élevée** :
$\vec{F} = -k\, v\, \vec{u}_v$	$\vec{F} = -K'\, v^2\, \vec{u}_v$
huile, glycérine	air
$k = 6\pi\eta R$ (sphère)	$K' = \frac{1}{2}\, C_x\, S\, \rho$

Pas de frottement fluide *statique* : le fluide ne peut pas *bloquer* le mouvement

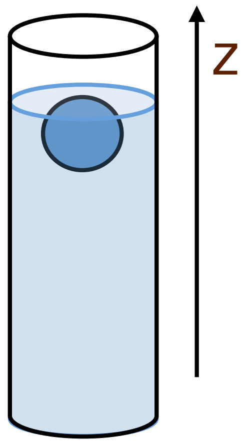
Chute d'une bille dans la glycérine



Exercice :

déterminer la vitesse v(t)

Chute d'une bille dans la glycérine - résumé



- Force $F = -mg - kv$
- Equation différentielle pour z : $z''(t) + (k/m)\, z'(t) = -g$
  2nd ordre linéaire non homogène
- Equation différentielle pour $z' = v$: $v'(t) + (k/m)\, v(t) = -g$
  1er ordre linéaire non homogène
- Solution : $v(t) = v_O(t) + v_P(t) = A \exp(-k\,t/m) - mg/k$

où

$v_O(t)$ = **solution générale de l'équation homogène** $= A \exp(-k\,t/m)$

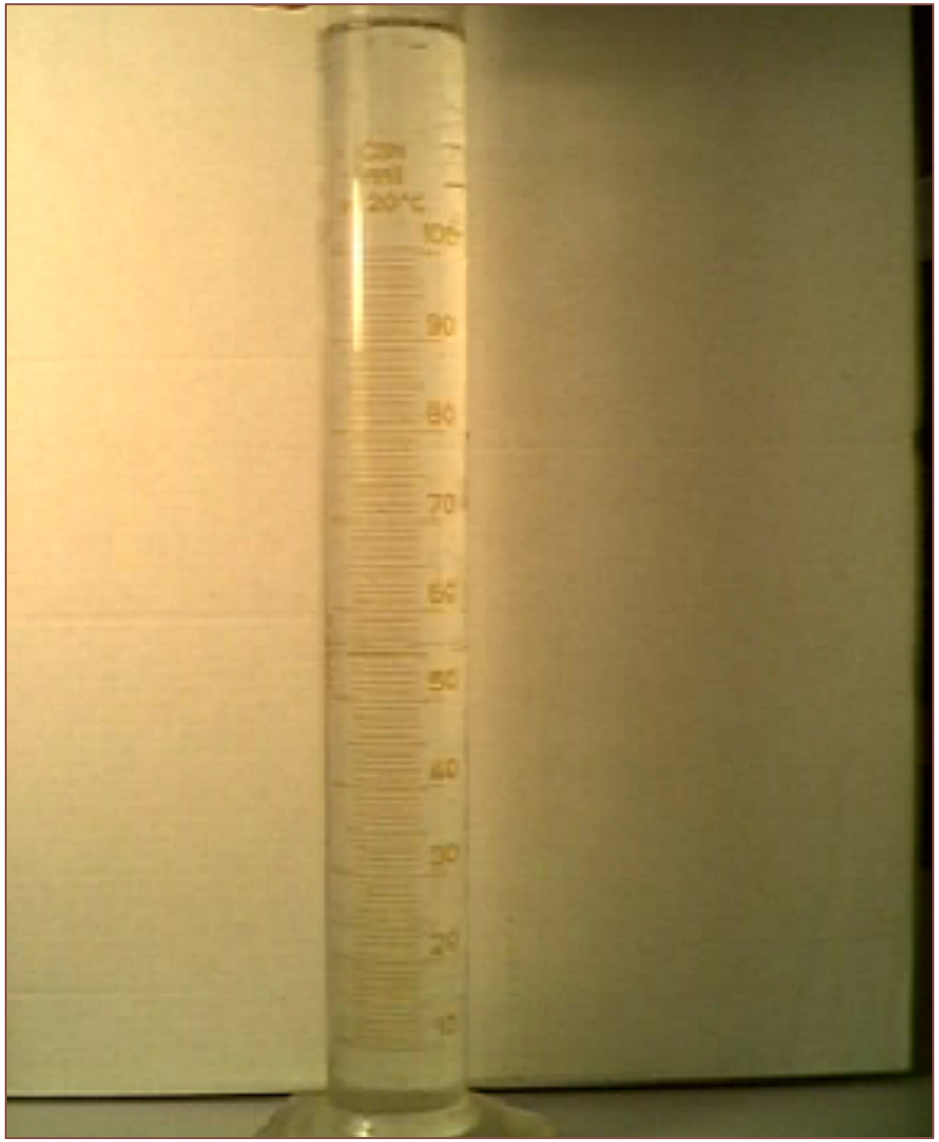
$v_P(t)$ = **solution particulière** $= -mg/k$ = constante

- Si $v(0) = 0$ alors $A = mg/k$ et $\boxed{v(t) = -(mg/k)\,[1 - \exp(-k\,t/m)]}$

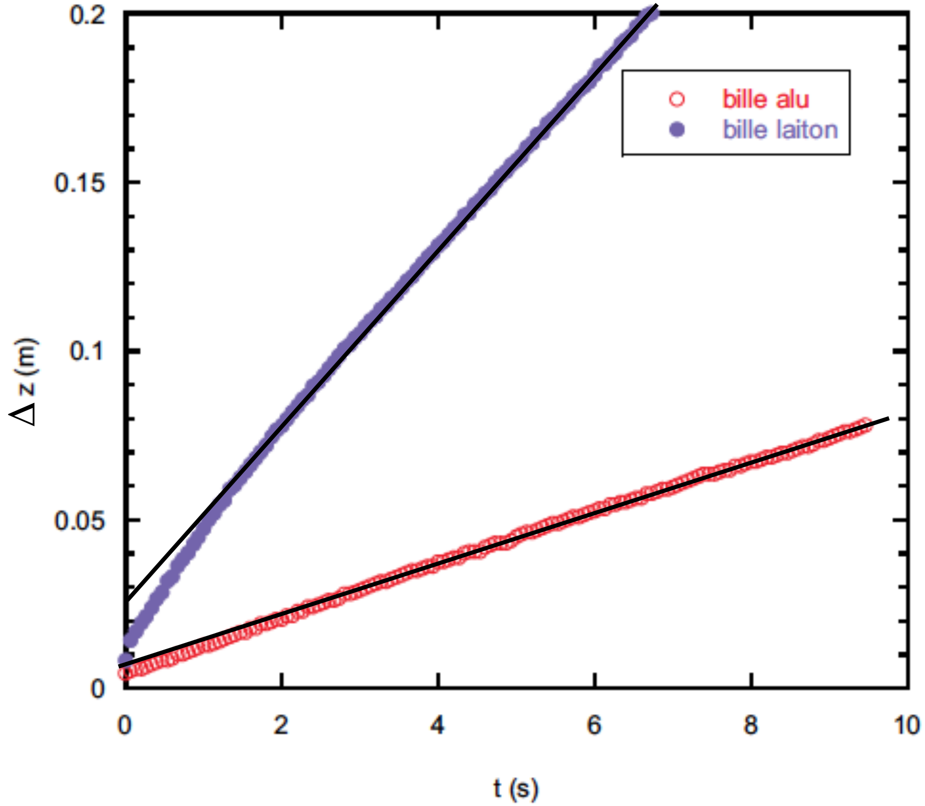
REM : pour $t \gg m/k$, $v \cong v_P = -mg/k$ = cte $\Leftrightarrow$ $F = -mg - kv = 0$: équilibre des forces

Chute d'une bille dans la glycérine

film...



et mesures



solution trouvée : $v(t) = -\frac{mg}{k}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}t}\right)$

Chute d'une bille dans la glycérine

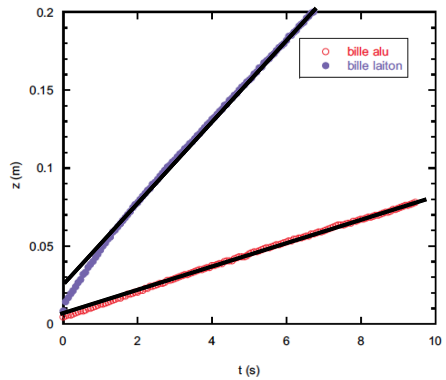
Exercices (devoirs maison) :

1. Déterminer et tracer la solution pour le cas $v(0) > v_{lim.}$

2. Déduire z(t) de v(t) : trouver la primitive. Comparer avec les courbes expérimentales.

3. Que valent : $\tau = m/k$? $v_{lim} = -mg/k$?
   [sphère : loi de Stokes : $k = 6\pi\eta R$]

Rem : à vous de trouver les valeurs des paramètres !

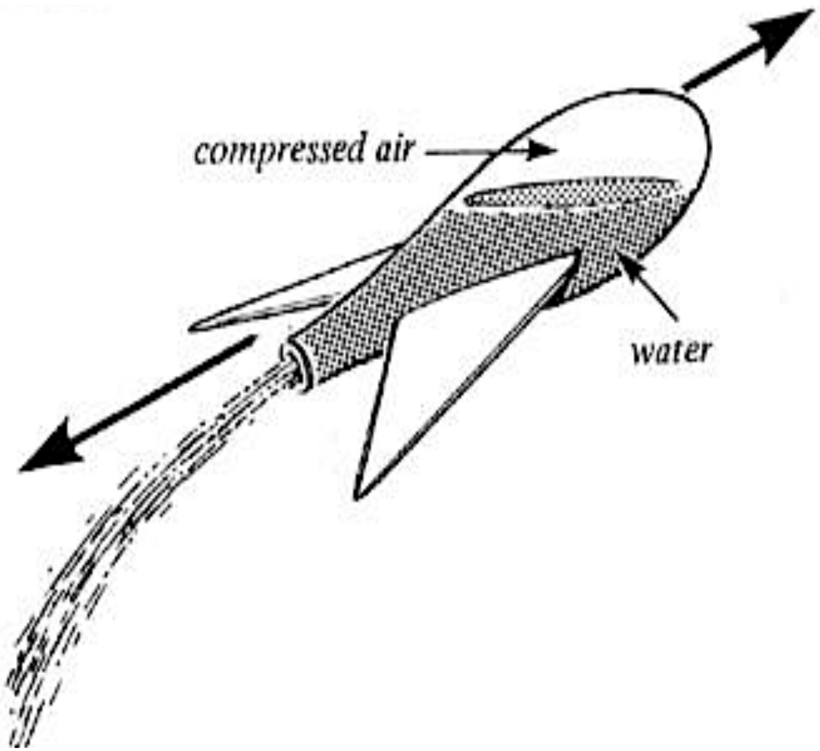


4. Justifier les différences entre les deux courbes obtenues pour le laiton et l'alu.

Quantité de mouvement $\vec{p} = m\vec{v}$

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a} = m\,d\mathbf{v}/dt = d(m\mathbf{v})/dt = d\mathbf{p}\,/dt$$

Exemple de systèmes à masse variable : fusées



Quantité de mouvement

Loi de Newton généralisée

$$\mathbf{F} = d\mathbf{P}/dt$$

pour un ensemble d'objets :

$$\mathbf{P}_{tot} = \sum_i \mathbf{P}_i$$

$$\boxed{d\mathbf{P}_{tot}/dt = \mathbf{F}^{ext}_{tot}}$$ = somme des forces extérieures

Conservation de la quantité de mouvement :

Dans un référentiel galiléen, **la quantité de mouvement** d'un **système isolé** ou pseudo-isolé (rés. des forces extérieures = 0), **est conservée :**

$$\text{Si} \quad \mathbf{F}^{ext}_{tot} = 0 \quad \text{alors} \quad d\mathbf{P}_{tot}/dt = 0$$

Collisions

collision « totalement inélastique » (avec colle)

collision « inélastique »

collision « élastique »

P toujours conservé..

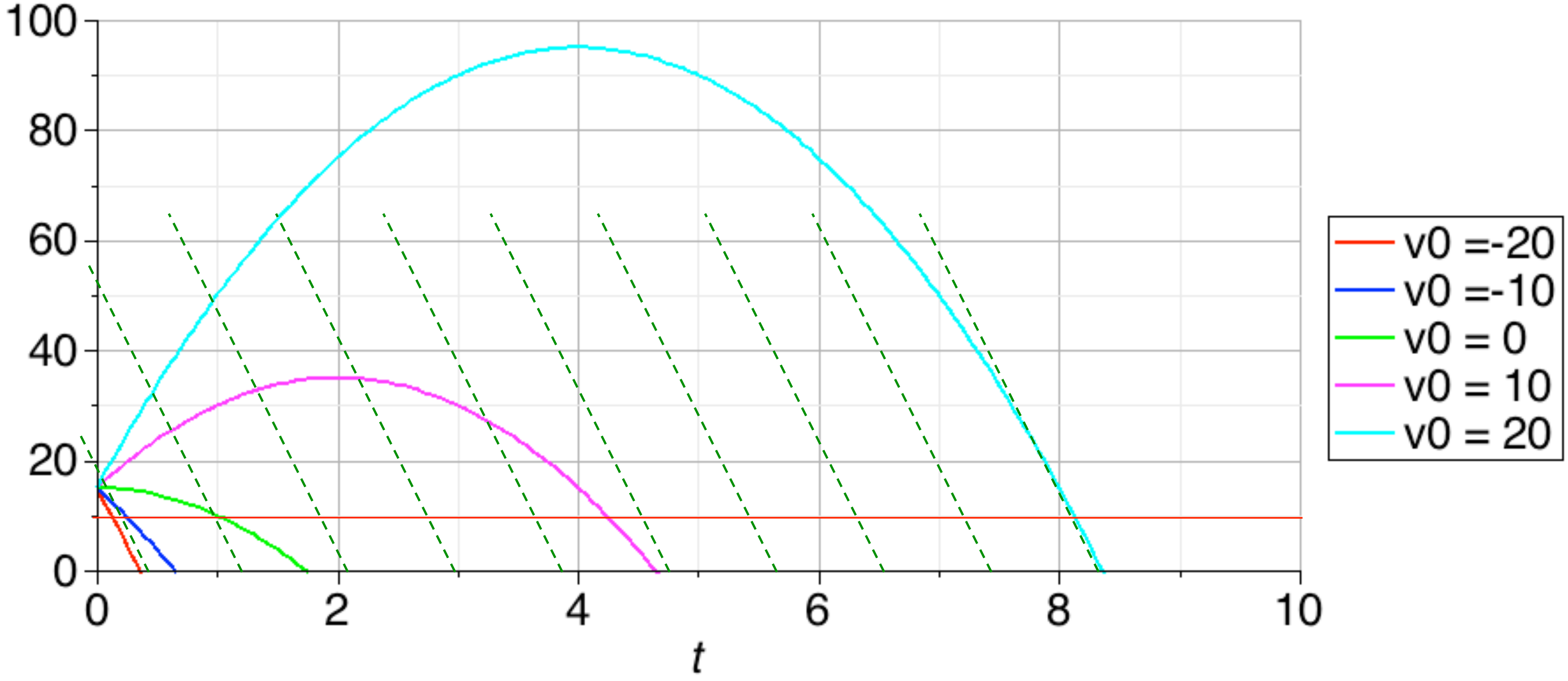
il nous manque quelque chose ?!

conservation $\mathbf{P}_{tot}$ $\Rightarrow$ $$\boxed{m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2 = m_1\mathbf{v'}_1 + m_2\mathbf{v'}_2}$$

Energie : cinétique, potentielle, mécanique

Introduction par l'exemple : pesanteur

$$z(t) = -1/2\ g\ t^2 + v_0 t + h$$



$$v^2_{z=0} = v_0^2 + 2\ g\ h$$

$$v^2_{z=z} = v_0^2 + 2\ g\ (h - z)$$

Conservation de l'énergie mécanique

Introduction par l'exemple : pesanteur

Énergie cinétique (v = vitesse) :

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \qquad [E_c] = ML^2T^{-2}$$

Énergie potentielle de pesanteur (h = hauteur) :

$$E_P = m\, g\, h \qquad [E_P] = ML^2T^{-2}$$

Énergie mécanique : $E_m = E_c + E_p$

Conservation de l'énergie mécanique :
Dans un référentiel galiléen, l'énergie mécanique d'un système *conservatif* est constante

→ vrai si la seule force qui agit est la pesanteur