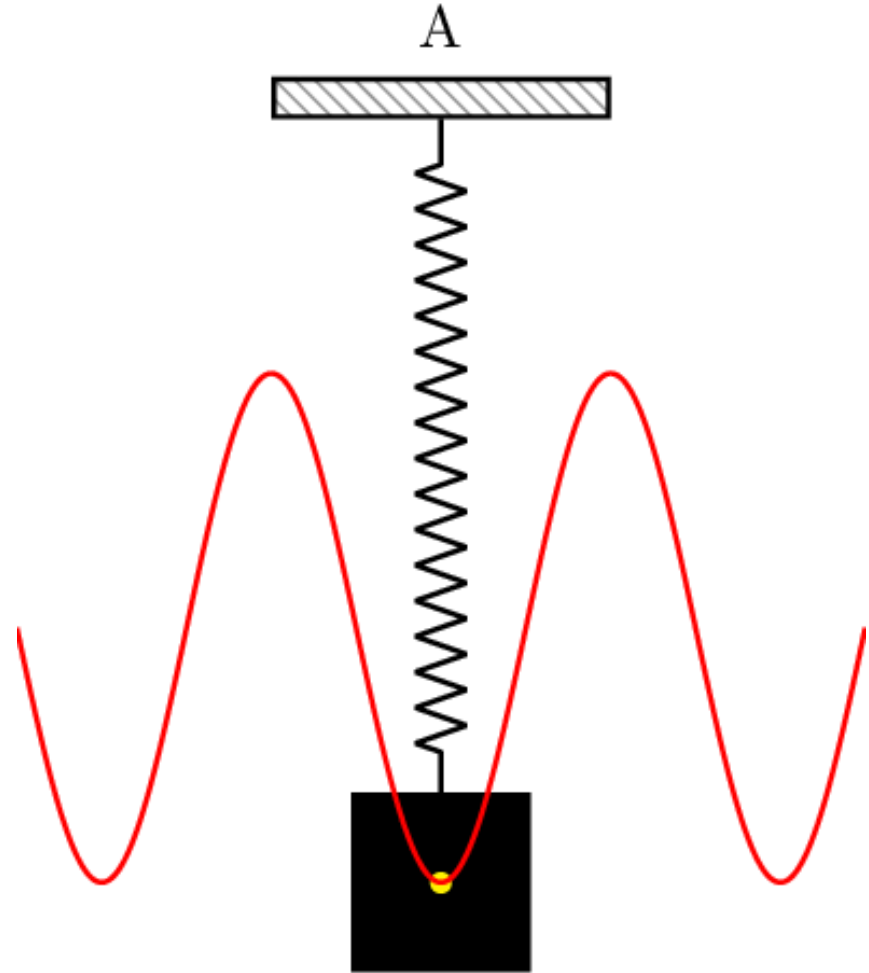
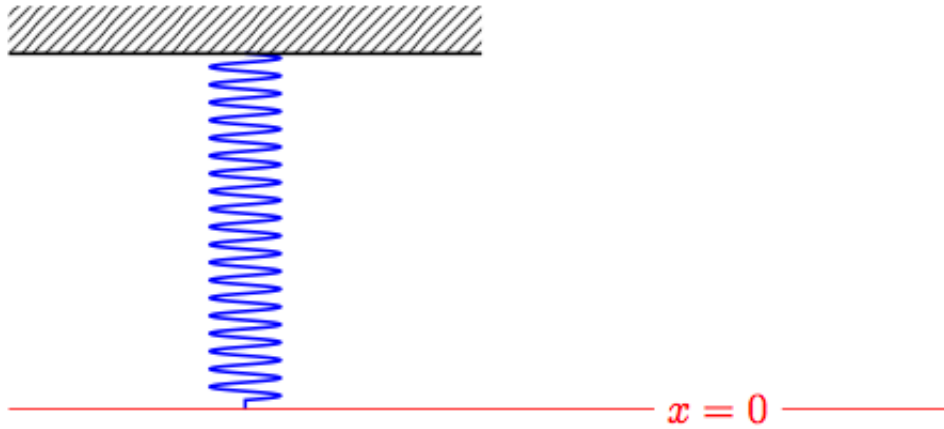


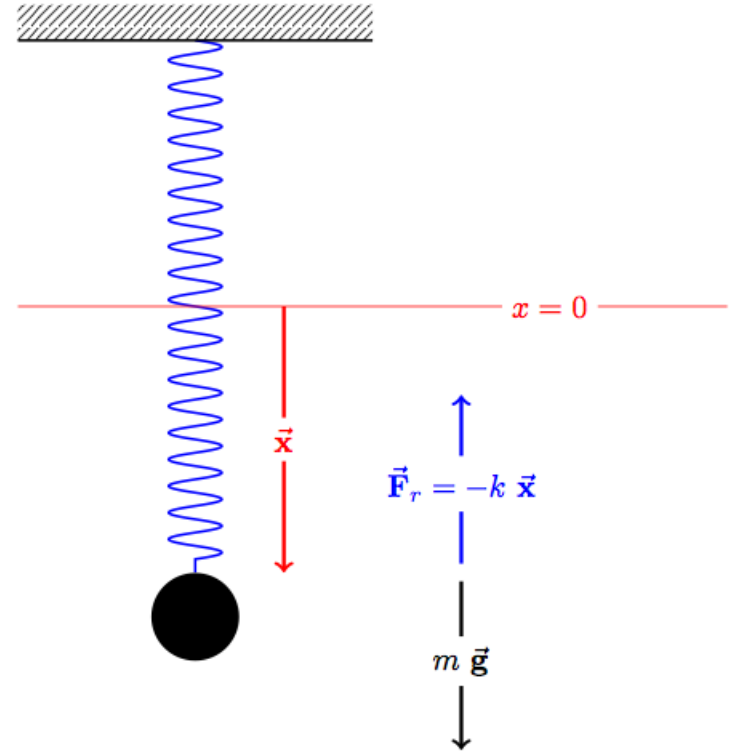
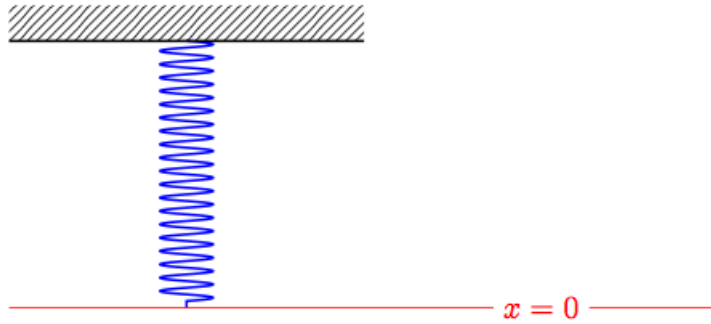
La force
de rappel
d'un ressort !



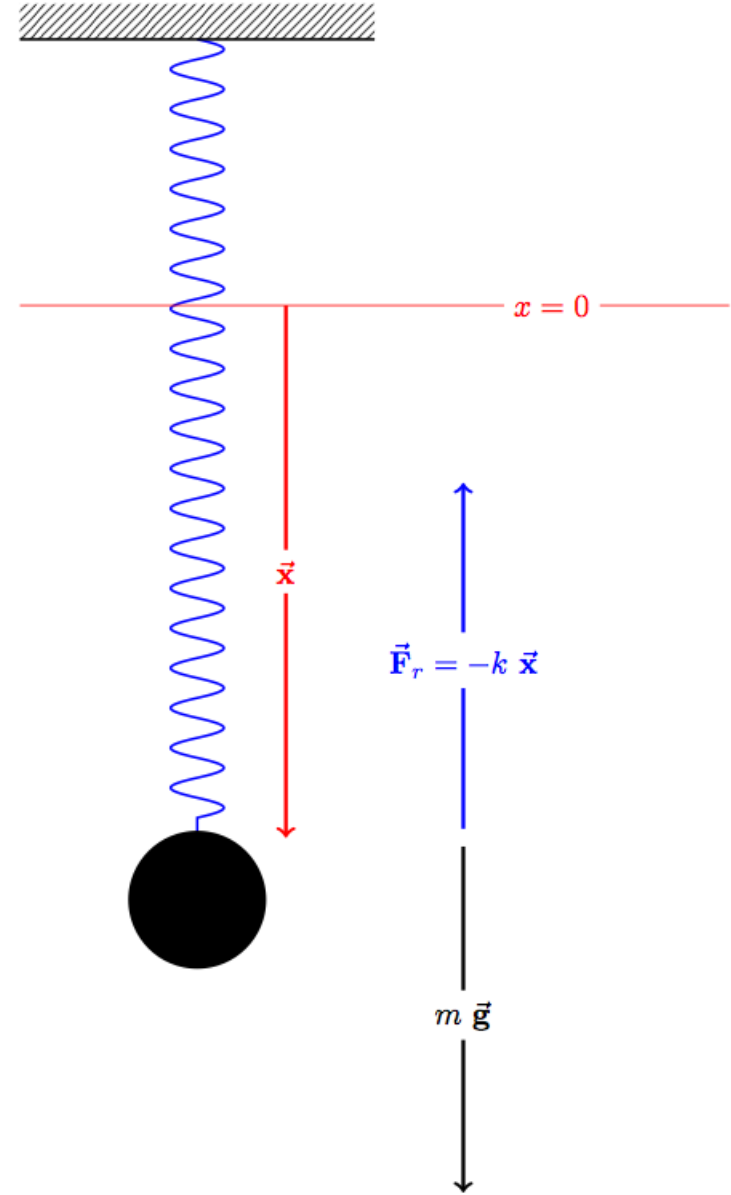
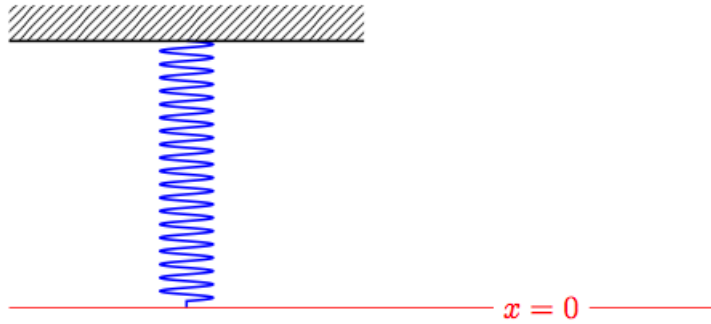


Considérons
un ressort !





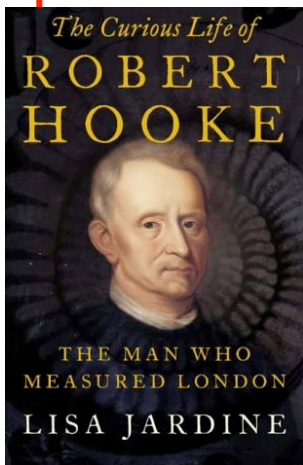
Attachons
un poids !



Attachons
un truc plus
lourd encore !

Loi de Hooke

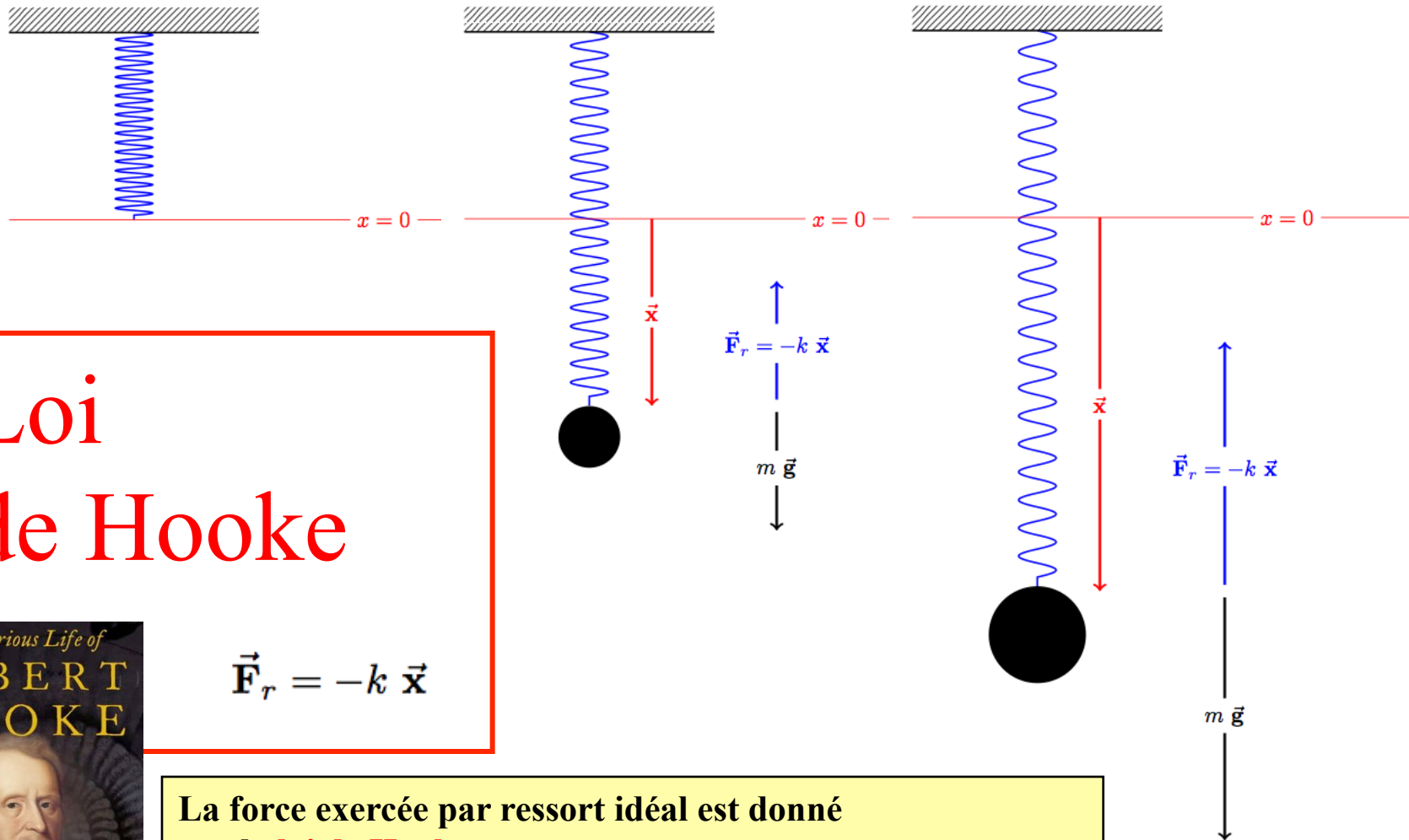
$$\vec{F}_r = -k \vec{x}$$

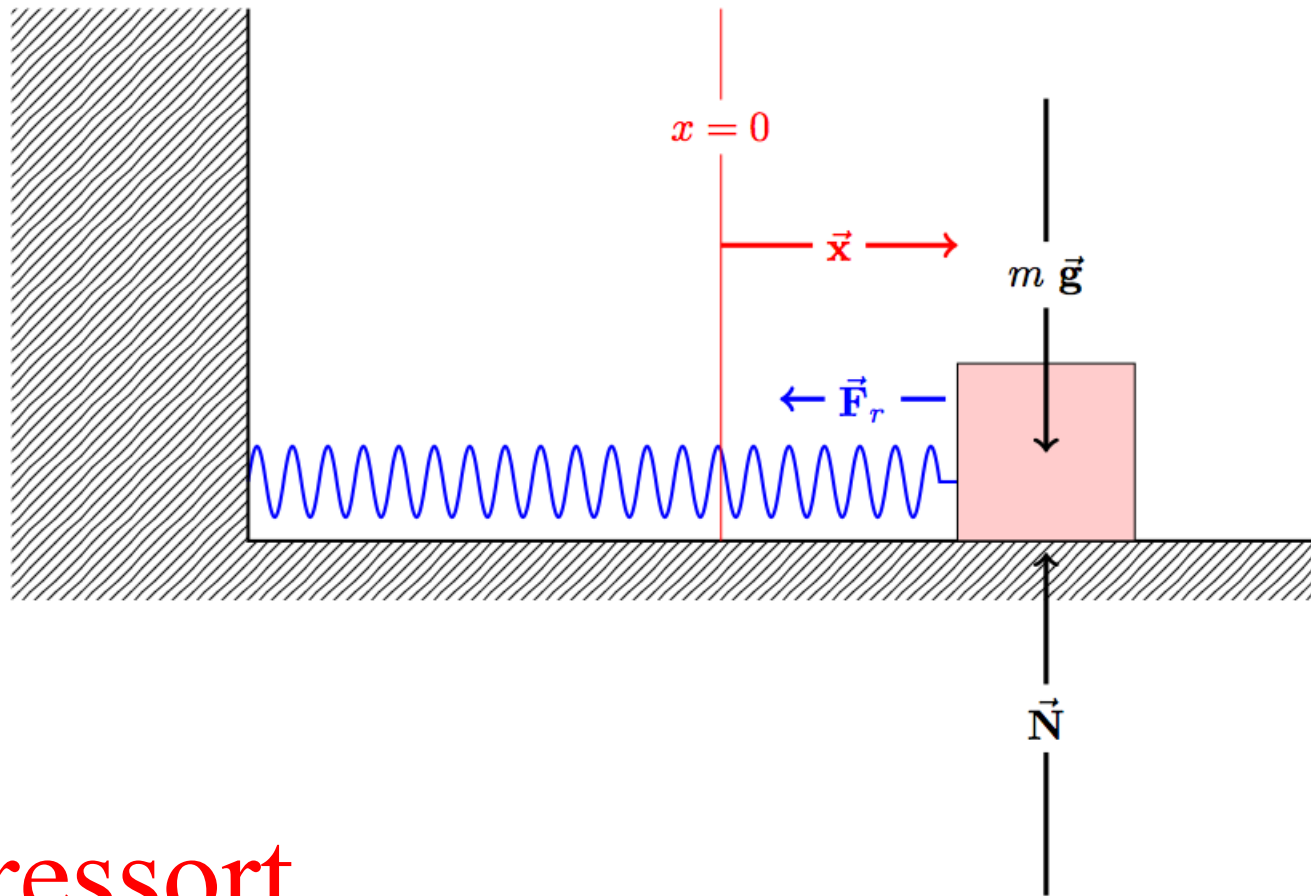


La force exercée par ressort idéal est donné par la **loi de Hooke**.

La force s'oppose toujours à l'allongement du ressort et est proportionnelle à cet allongement.

Le facteur k est appelé **constante de raideur du ressort**.





Un ressort
cela oscille !

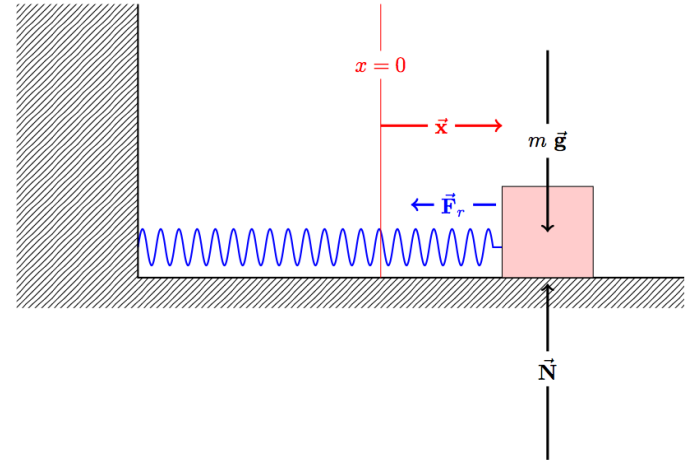
Le mouvement harmonique !

$$m a(t) = -k x(t)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2}(t) = -k x(t)$$



$$\frac{d^2 x}{dt^2}(t) = -\frac{k}{m} x(t)$$



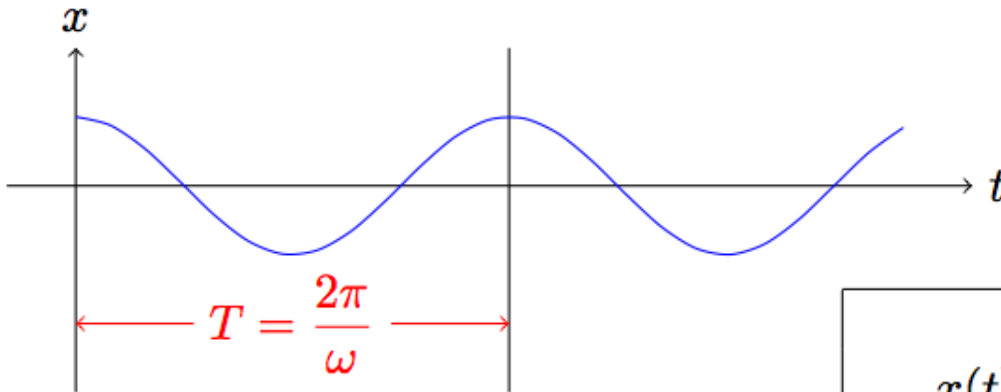
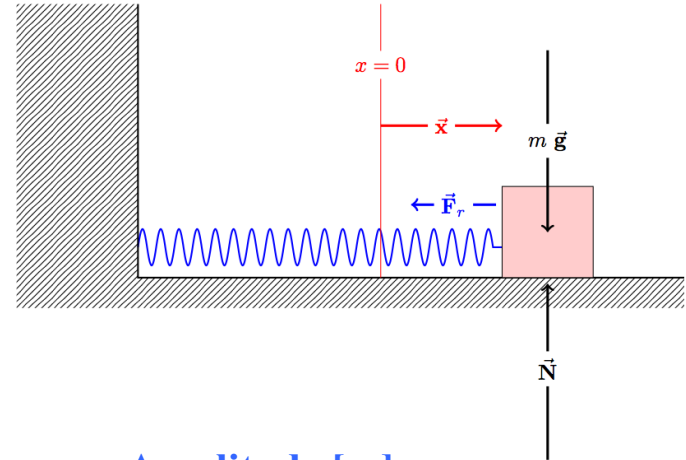
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$x'(t) = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$$

$$x''(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x(t)$$

Le mouvement harmonique !



$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

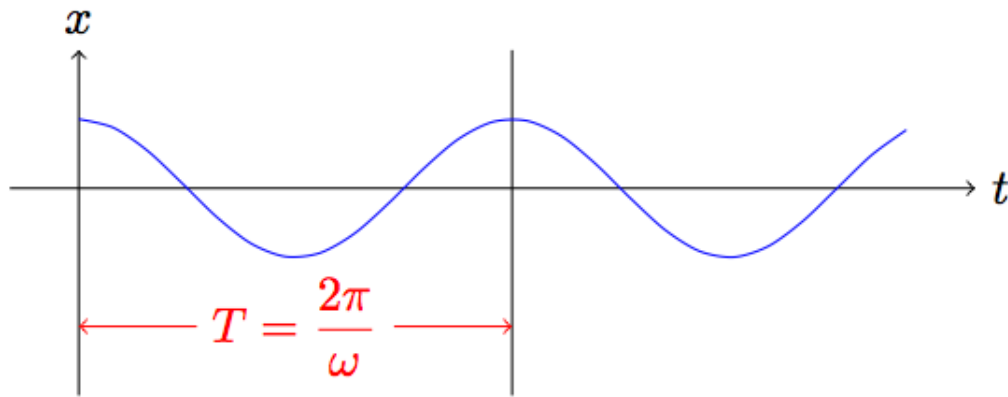
$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

Amplitude [m]

Fréquence angulaire
[radian / sec]

Angle de phase
[radian]

*L'amplitude et l'angle de phase sont déterminés
par les conditions initiales de position et de vitesse !*



$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

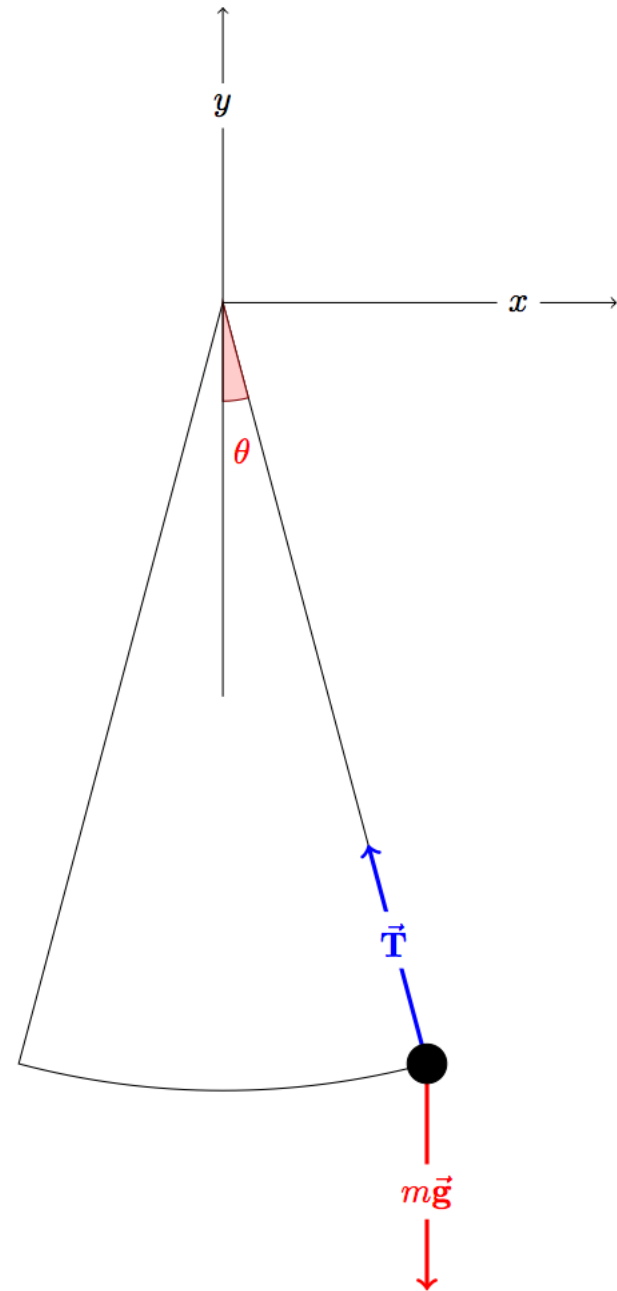
Période : T

Fréquence : f

Fréquence angulaire : ω

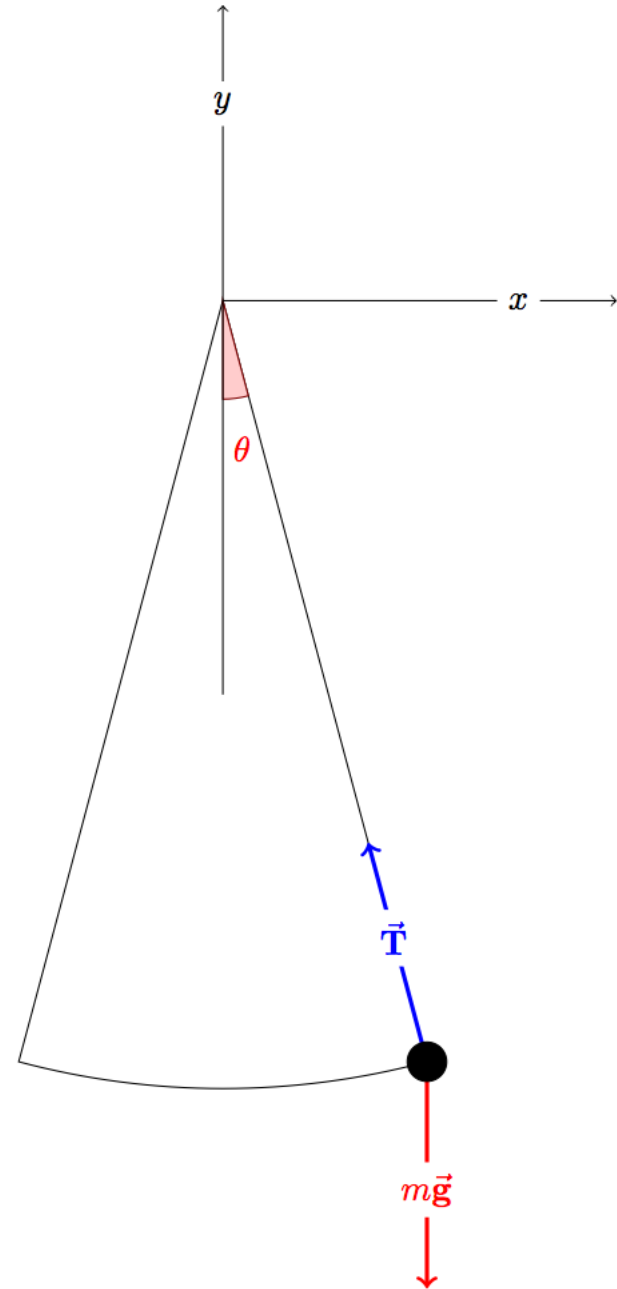


Un pendule
cela oscille !



Dynamique du pendule !

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2}(t) &= -T \sin(\theta(t)) \\ m \frac{d^2 y}{dt^2}(t) &= T \cos(\theta(t)) - mg \end{cases}$$



Pour des petits angles
- pas si petits d'ailleurs -
on peut simplifier !

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{d^2 x}{dt^2}(t) = -T \overbrace{\sin(\theta(t))}^{=\frac{x(t)}{L}} \\ m \underbrace{\frac{d^2 y}{dt^2}(t)}_{\approx 0} = T \underbrace{\cos(\theta(t))}_{\approx 1} - mg \end{array} \right.$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2}(t) = -\frac{g}{L} x(t)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$





$$\frac{d^2x}{dt^2}(t) = -\frac{g}{L} x(t)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Le pendule

$$\frac{d^2x}{dt^2}(t) = -\frac{k}{m} x(t)$$



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Le ressort

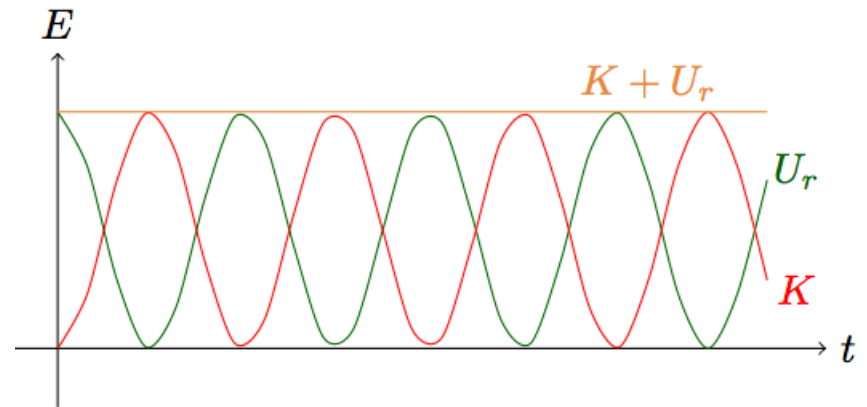
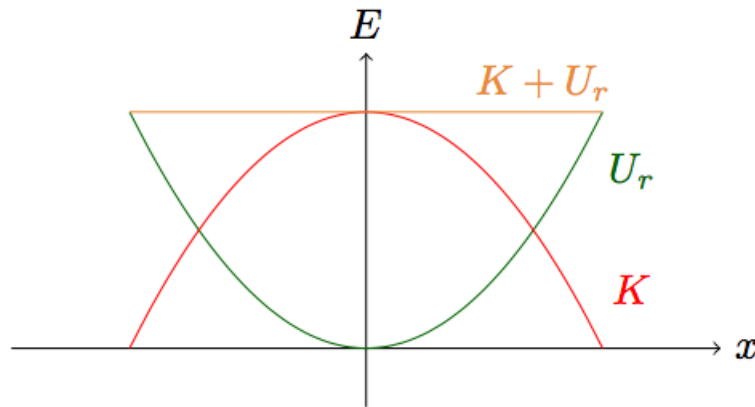
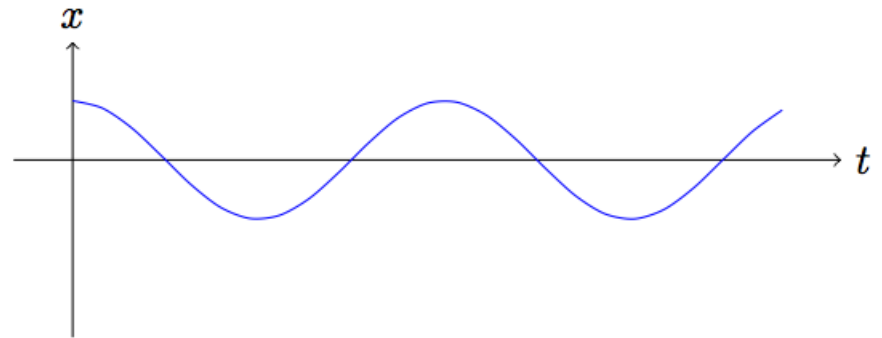
La force de rappel
du ressort est
conservative !

$$\underbrace{\left[\frac{1}{2} m v^2 \right]_a^b}_{\Delta K} = \underbrace{\int_a^b -kx \, dx}_{W_r} = - \underbrace{\left[\frac{1}{2} k x^2 \right]_a^b}_{\Delta U_r}$$

↑
**Energie
cinétique**

↑
**Energie
potentielle**

On conserve l'énergie mécanique



$$\underbrace{\left[\frac{1}{2} m v^2 \right]_a^b}_{\Delta K} = \underbrace{\int_a^b -kx \, dx}_{W_r} = - \underbrace{\left[\frac{1}{2} k x^2 \right]_a^b}_{\Delta U_r}$$

**Energie
cinétique**

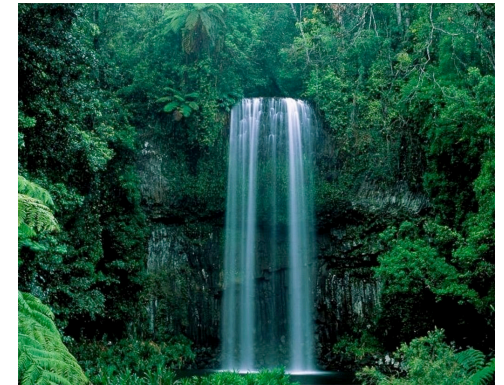
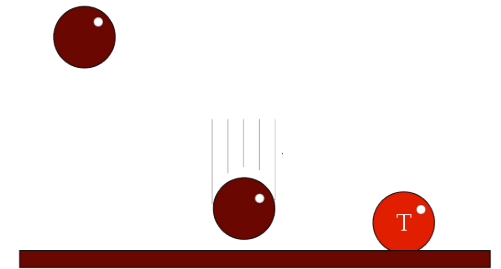
**Energie
potentielle**

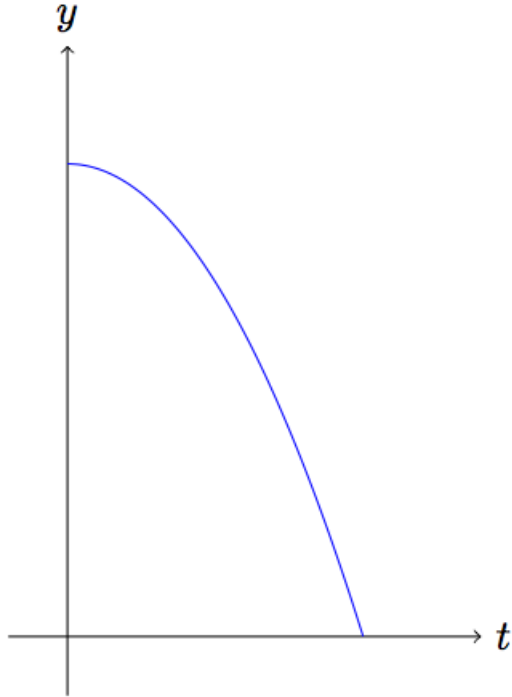
La force de gravité est conservative !

$$\underbrace{\left[\frac{1}{2} m v^2 \right]_a^b}_{\Delta K} = \underbrace{\int_a^b -mg \, dy}_{W_g} = - \underbrace{\left[mg y \right]_a^b}_{\Delta U_g}$$

↑
**Energie
cinétique**

↑
**Energie
potentielle**





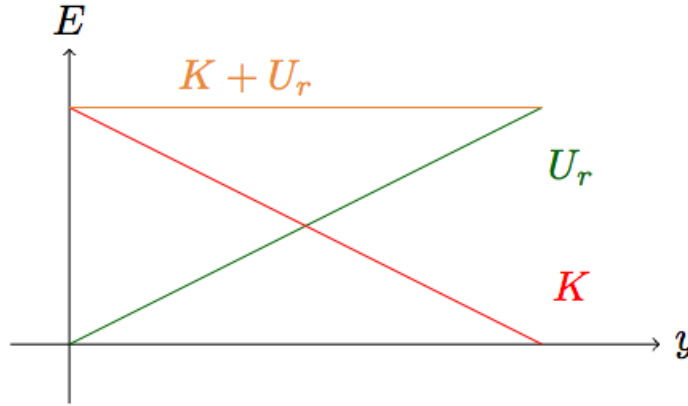
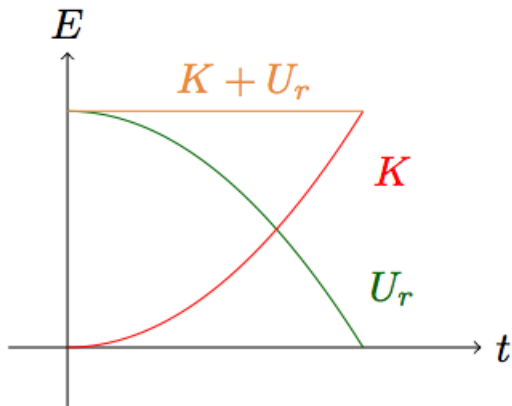
$$\underbrace{\left[\frac{1}{2} m v^2 \right]_a^b}_{\Delta K} = \underbrace{\int_a^b -mg \, dy}_{W_g} = - \underbrace{\left[mg y \right]_a^b}_{\Delta U_g}$$

**Energie
cinétique**

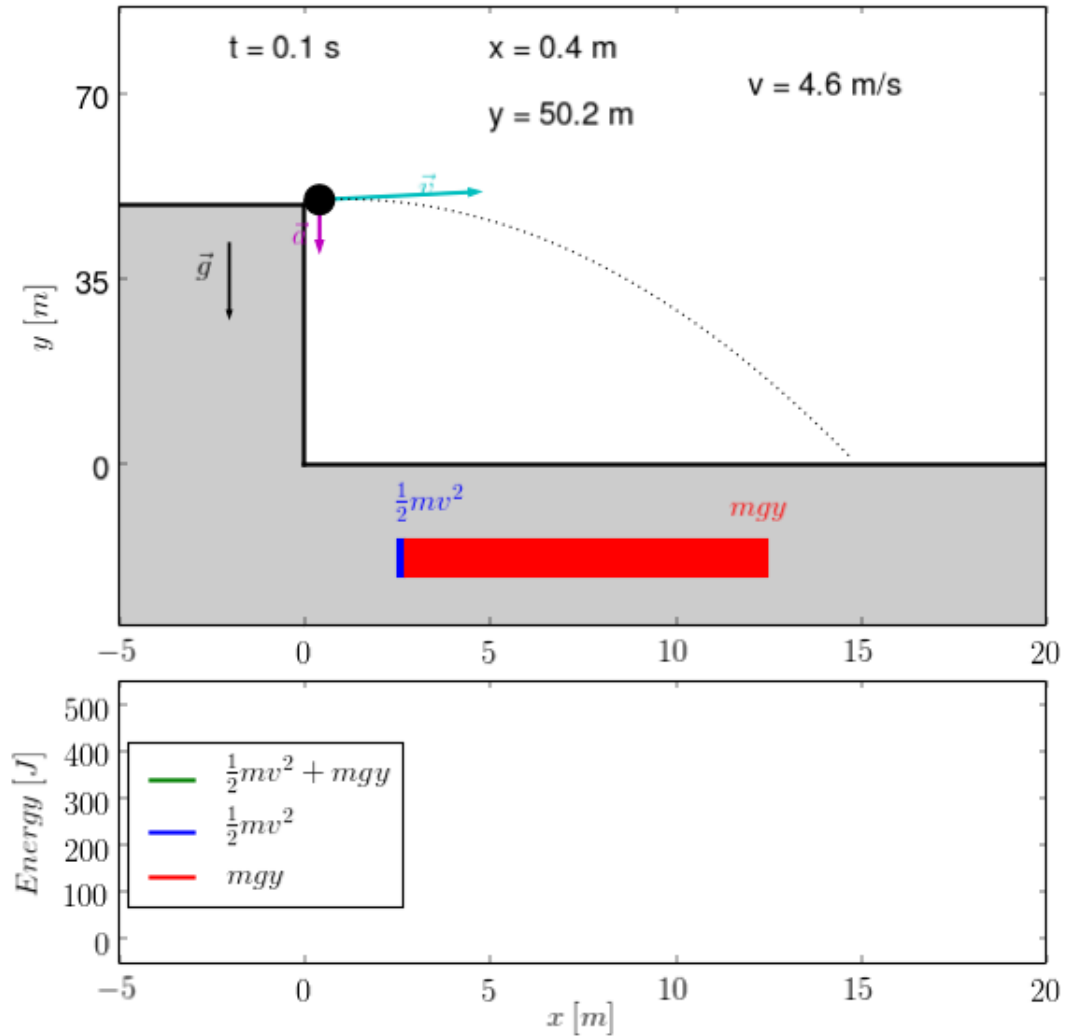
**Energie
potentielle**



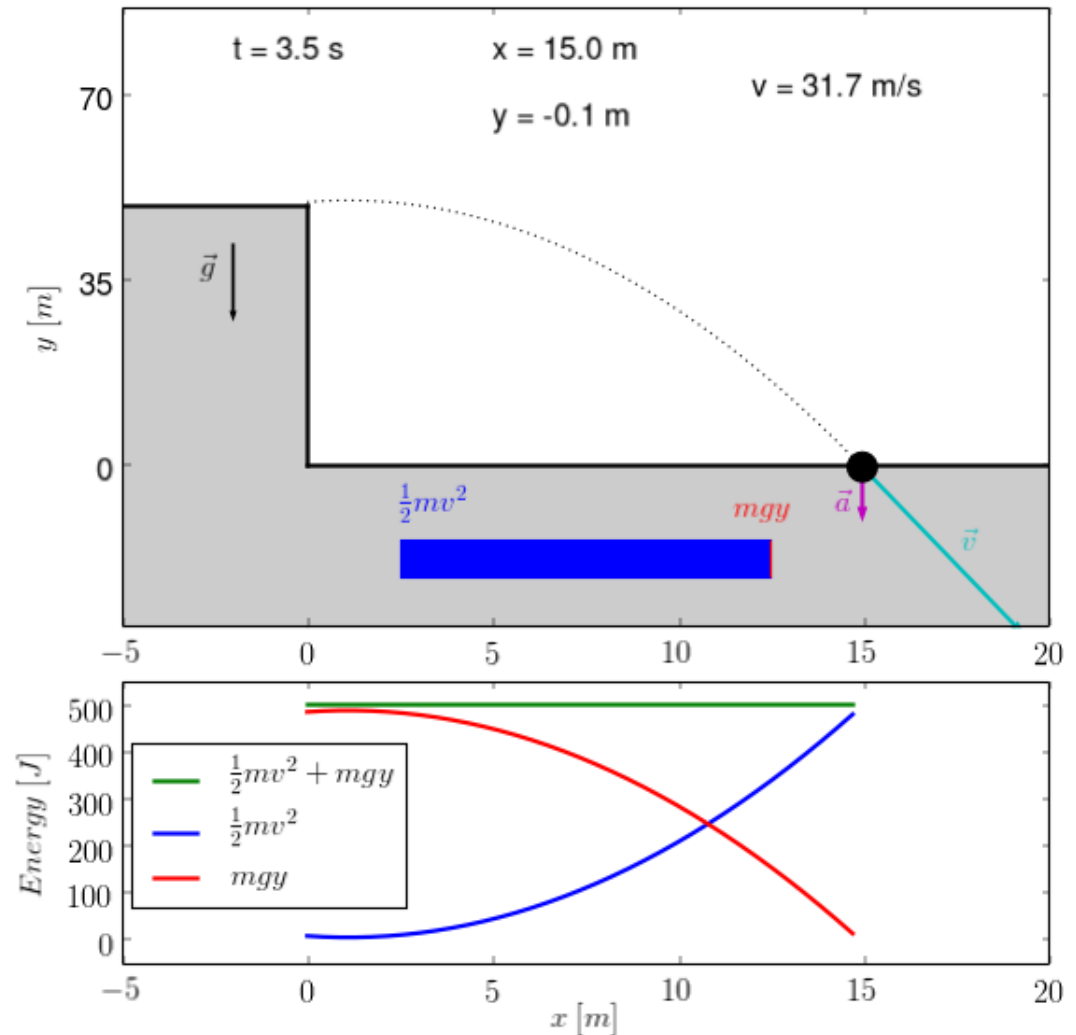
**On conserve
l'énergie
mécanique**



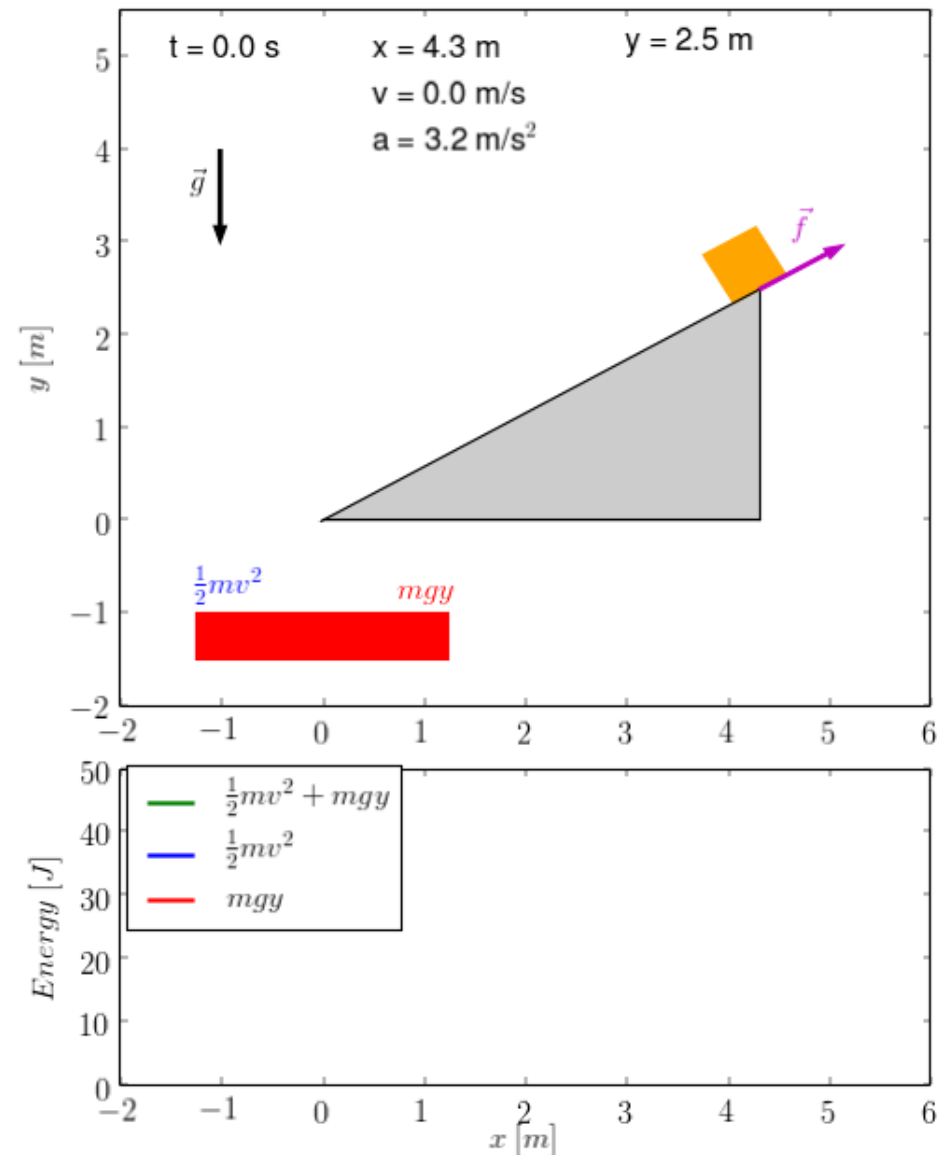
Conservation de l'énergie mécanique

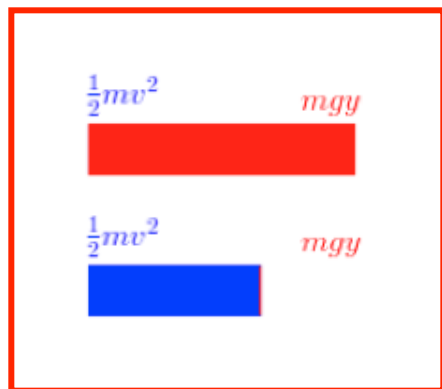


Conservation de l'énergie mécanique

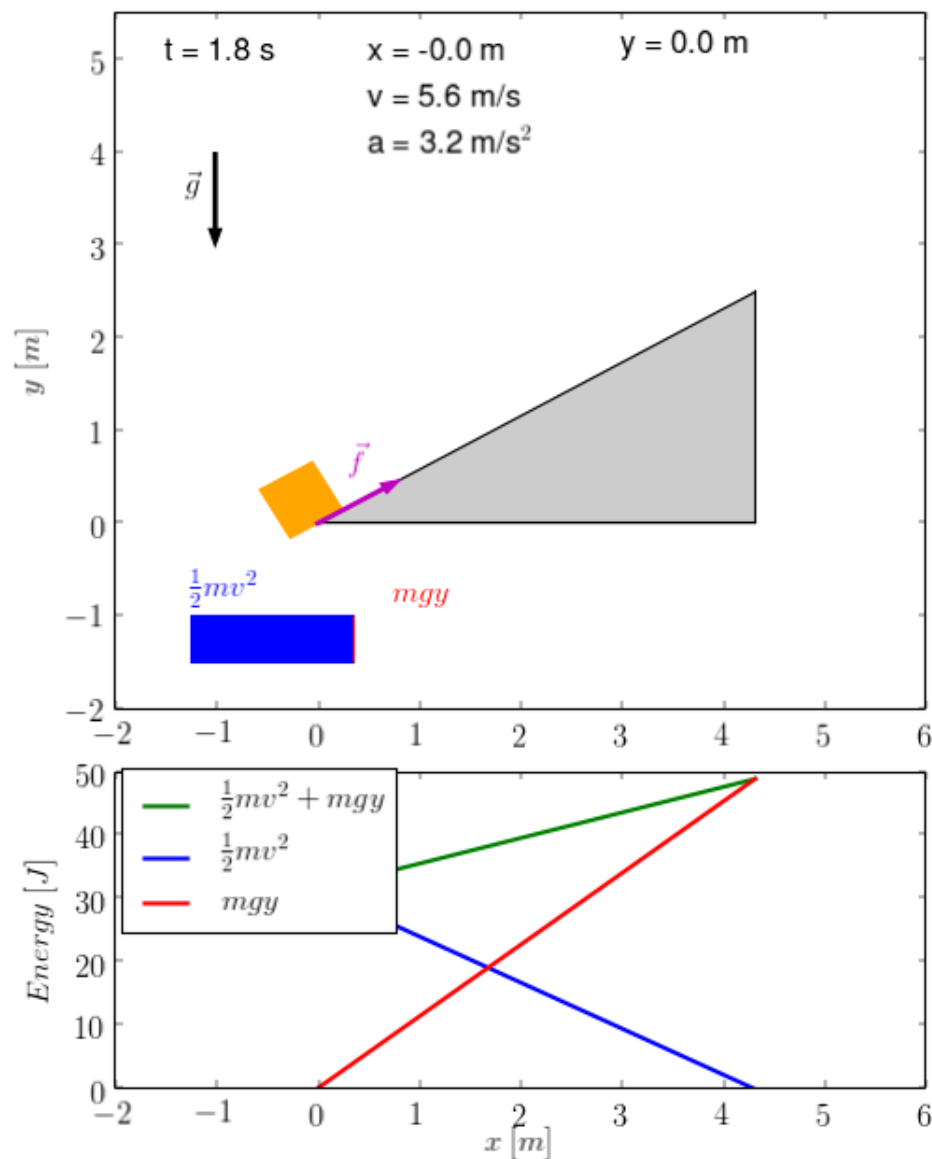


Quid du
frottement ?





Une partie
de l'énergie
est dissipée !



Conservation de l'énergie mécanique



*On conserve l'énergie
mécanique dans les phases aériennes !
La traînée de l'air est négligeable*



**Energie potentielle
du ressort**

**Energie
cinétique**

**Energie potentielle
de gravité**

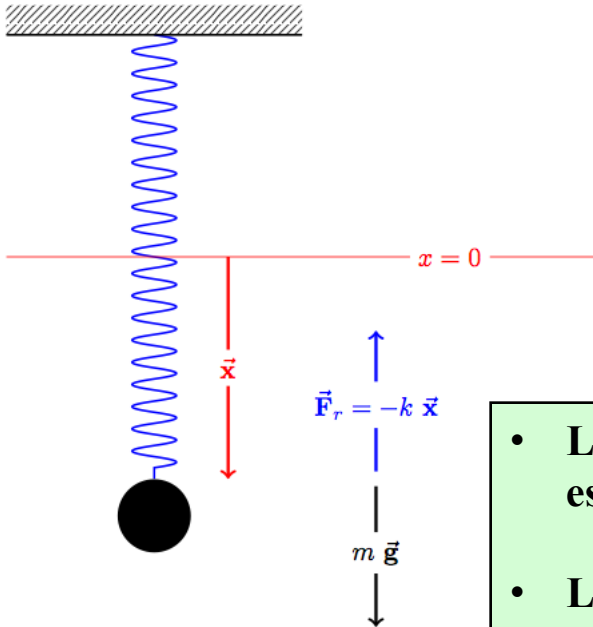


Ici, la trainée
diminue
l'énergie
mécanique



$$0 = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2 - mg$$

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho C_D A}}$$



- La force de rappel du ressort s'oppose à sa déformation et est proportionnelle à celle-ci : c'est la **loi de Hooke**.
- La force de gravité et la force du ressort sont des forces conservatives : le travail de ces forces correspondent à un **transfert entre énergies potentielle et cinétique**.
- Une particule soumise uniquement à des forces conservatives **conserve son énergie mécanique** qui est la somme des énergie cinétique et potentielle !



Ne pas
oublier !