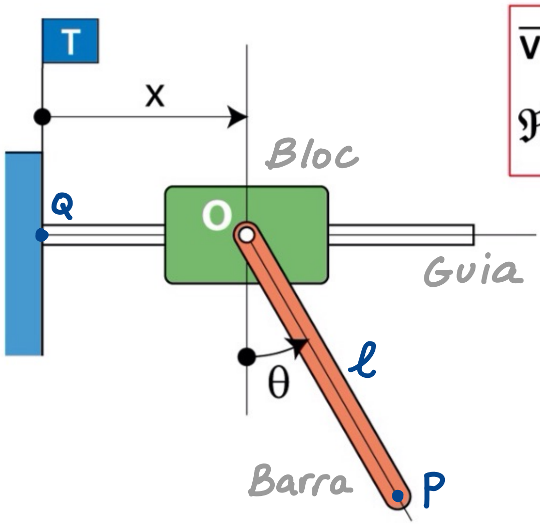
1P

derivació
geomètrica

El pèndol d'Euler

En el sistema de la figura, el bloc es trasllada horitzontalment damunt la guia i el pèndol està unit al bloc mitjançant una articulació a O. Utilitzant les coordenades indicades, calculeu la velocitat i acceleració de P respecte del terra, i el radi de curvatura de P (també respecte el terra) quan l'angle theta és zero.



$\bar{v}_T(P)$, $\bar{a}_T(P)$?
$\Re_T(P)]_{\theta=0}$?

$\bar{v}_T(P)$

Pista: Deriveu el vector $\overline{QP} = \overline{QO} + \overline{OP}$. Penseu quins són el canvi de valor i el canvi de direcció de $\overline{QO}$ i $\overline{OP}$ per separat. Feu-vos una figura dibuixant aquests canvis.

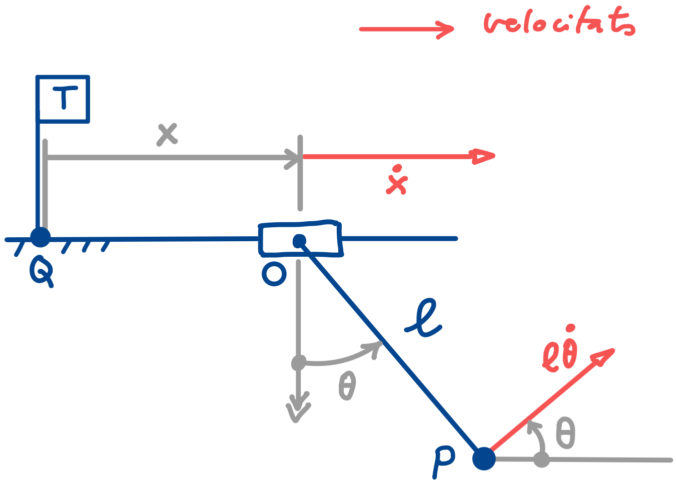
La solució és a la pàg. seg. i amb tot detall a la Wikimec. Intenteu-ho 1er vosaltres!

$\bar{v}_T(P)$

$Ref = T$

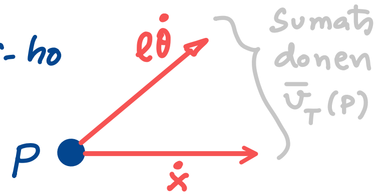
Q = origen vec. pos. de P
└ Fix a T!

$\overline{QP} = \overline{QO} + \overline{OP}$



$$\bar{v}_T(P) = \underbrace{\overset{\text{sols té c. val.}}{\left.\frac{d\overline{QO}}{dt}\right]_T}}_{(\rightarrow \dot{x})} + \underbrace{\overset{\text{sols té c. dir.}}{\left.\frac{d\overline{OP}}{dt}\right]_T}}_{(\curvearrowleft \dot{\theta}) \times (\searrow \ell)} = (\rightarrow \dot{x}) + (\nearrow \ell\dot{\theta})$$

Cal pensar-ho així →



$\bar{a}_T(P)$

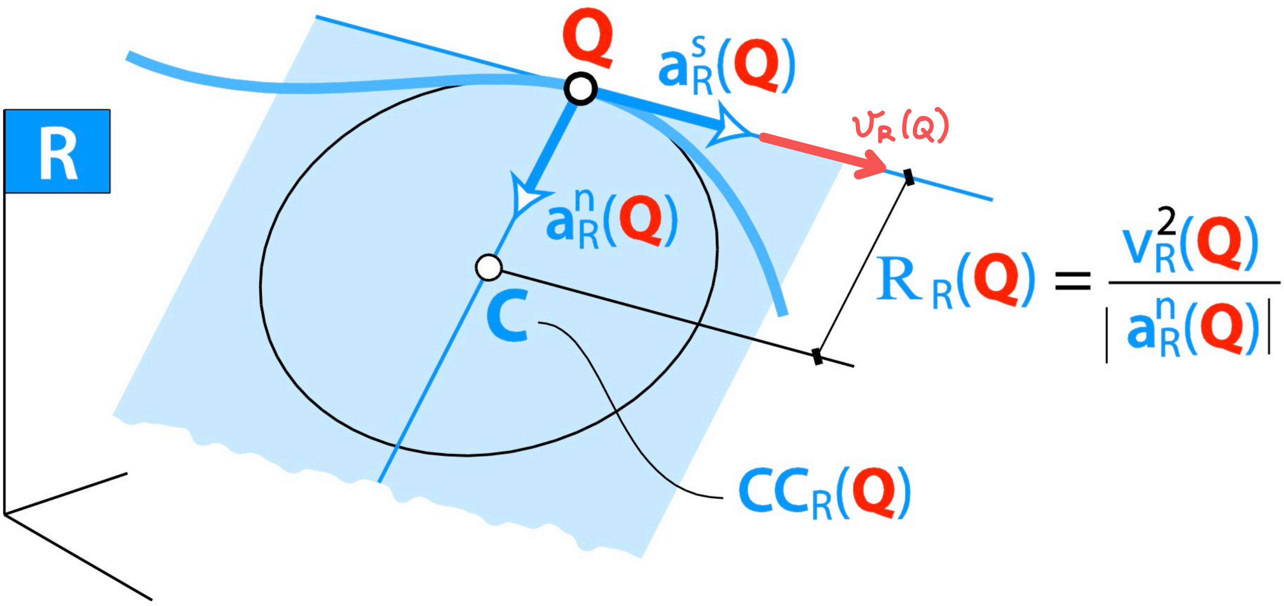
Es fa igual, però derivant els vecs. vermells

Sol:

$$\bar{a}_T(P) = \left[\nearrow \left(\ell\ddot{\theta} + \ddot{x}\cos\theta\right)\right] + \left[\nwarrow \left(\ell\dot{\theta}^2 - \ddot{x}\sin\theta\right)\right]$$

$\mathcal{R}_T(P)\Big]_{\theta=0}$

Recordem:



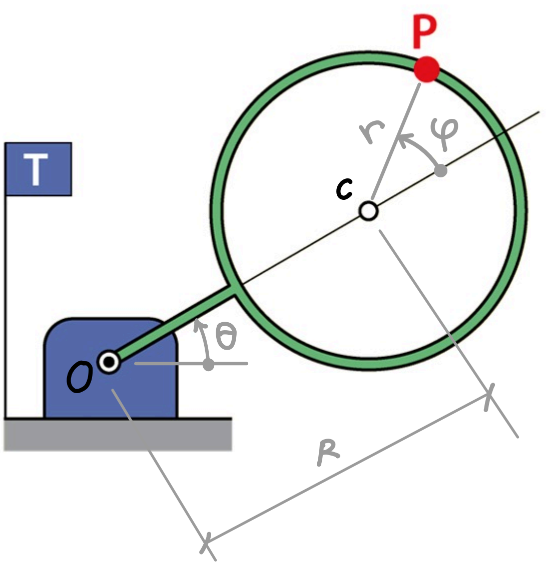
Recomanació: Dibuixeu la configuració del sistema per a $\theta = 0$, amb els vectors $\bar{v}_T(P)$, $\bar{a}^n_T(P)$, i $\bar{a}^s_T(P)$ pintats.

Sol:

$$\mathcal{R}_T(P) = \frac{(l\dot{\theta} + \dot{x})^2}{l\dot{\theta}^2}$$

Ex. 2.7 RBK (adaptat): Partícula sobre guia circular

La massa puntual P es mou lliurement sobre el suport circular de radi r. El suport gira al voltant del punt O fix a T. Troben $\bar{v}_T(P)$, $\bar{a}_T(P)$ i $\Re_T(P)\big]_{\theta=0}$ en funció de $\theta, \dot{\theta}, \varphi$ i $\dot{\varphi}$.



$\bar{v}_T(P)$?

$\bar{a}_T(P)$?

$\Re_T(P_\theta)\big]_{\varphi=0}$?

$\bar{v}_T(P)$

Pista : Deriveu $\overline{OP} = \overline{OC} + \overline{PC}$

Utilitzeu les coord. θ i φ per expressar-ho tot.

Sol. (agrupant en les dir. indicades):

$$\bar{v}_T(P) = \Big[\nwarrow (R\dot{\theta} + r\dot{\psi}\cos\varphi)\Big] + \Big[\swarrow r\dot{\psi}\sin\varphi\Big]$$

$$(\text{on } \dot{\psi} = \dot{\theta} + \dot{\varphi})$$

$\bar{a}_T(P)$

Sol:

$$\bar{a}_T(P) = \left[\nwarrow \left(R\ddot{\theta} - r\dot{\psi}^2 \sin\varphi + r\ddot{\psi}\cos\varphi\right)\right] + \left[\swarrow \left(R\dot{\theta}^2 + r\dot{\psi}^2 \cos\varphi + r\ddot{\psi}\sin\varphi\right)\right]$$

on:

$$\dot{\psi} = \dot{\theta} + \dot{\varphi}, \quad \ddot{\psi} = \ddot{\theta} + \ddot{\varphi}$$

$\mathcal{R}_T(P)\Big]_{\varphi=0}$

Sol:

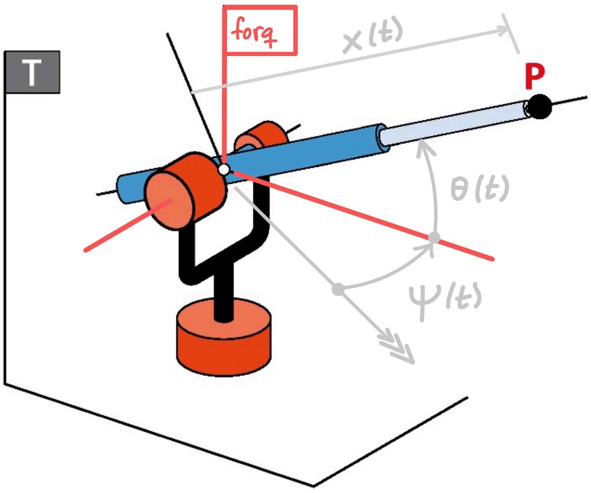
$$\mathcal{R}_T(P) = \frac{\left(r\overbrace{\dot{\psi}}^{\dot{\theta}+\dot{\varphi}} + R\dot{\theta}\right)^2}{R\dot{\theta}^2 + r\dot{\psi}^2}$$

Problema 2.3 MPSR, pàg. 57 (Antena telescòpica)

Una antena telescòpica és orientada per mitjà de les rotacions motoritzades $\psi(t)$ i $\theta(t)$. Un altre accionament fa variar la longitud $x(t)$.

Determineu:

$$\bar{v}_T(P), \quad \bar{a}_T(P), \quad \bar{v}_{forq}(P), \quad \bar{a}_{forq}(P)$$



$\bar{v}_{forq}(P)$, $\bar{a}_{forq}(P)$?
$\bar{v}_T(P)$, $\bar{a}_T(P)$?

Aquest és llarg. A classe prioritzarem el càlcul de $\bar{v}_T(P)$ i deixaré la resta per vosaltres.

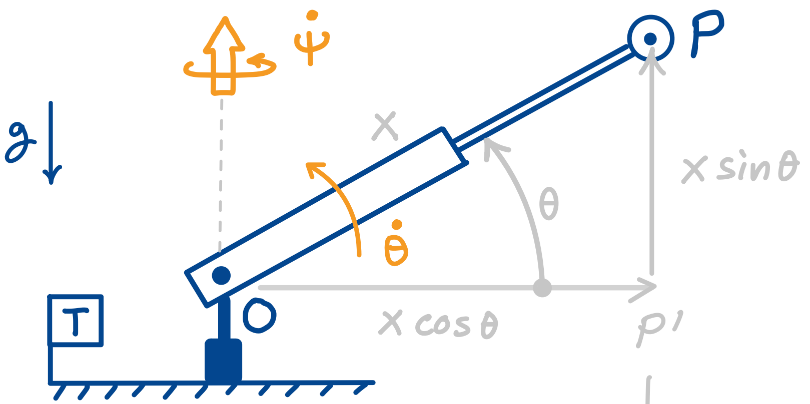
$\bar{v}_T(P)$

Aquí podem descompondre $\overline{OP}$ en suma de les seves components horitzontal i vertical:

$$\overline{OP} = \overline{OP'} + \overline{P'P}$$

Així, $\overline{OP'}$ només queda afectat per $\dot{\psi}$ (ens mantenim en el terreny de les rotacions simples) i $\overline{P'O}$ només canvia de valor.

Dibuixeu-hi les d/dt de $\overline{OP'}$ i $\overline{P'P}$



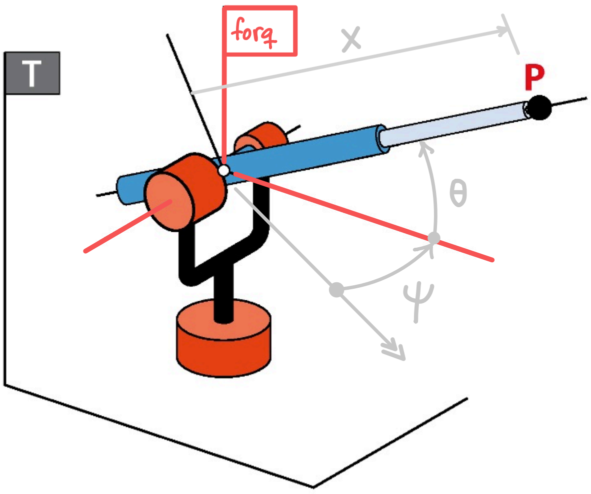
projecció vertical de P sobre pla horitz. per O

Us ha de sortir:

$$\bar{v}_T(P) = \left.\frac{d\overline{OP}}{dt}\right]_T = \dots = \left[\uparrow (\dot{x}\sin\theta + x\dot{\theta}\cos\theta)\right] + \left[\rightarrow (\dot{x}\cos\theta - x\dot{\theta}\sin\theta)\right] + \left[\otimes\, x\dot{\psi}\cos\theta\right]$$

<u>Ex. per a vosaltres:</u> Calculeu $\bar{a}_T(P)$

$\bar{v}_{forq}(P)$

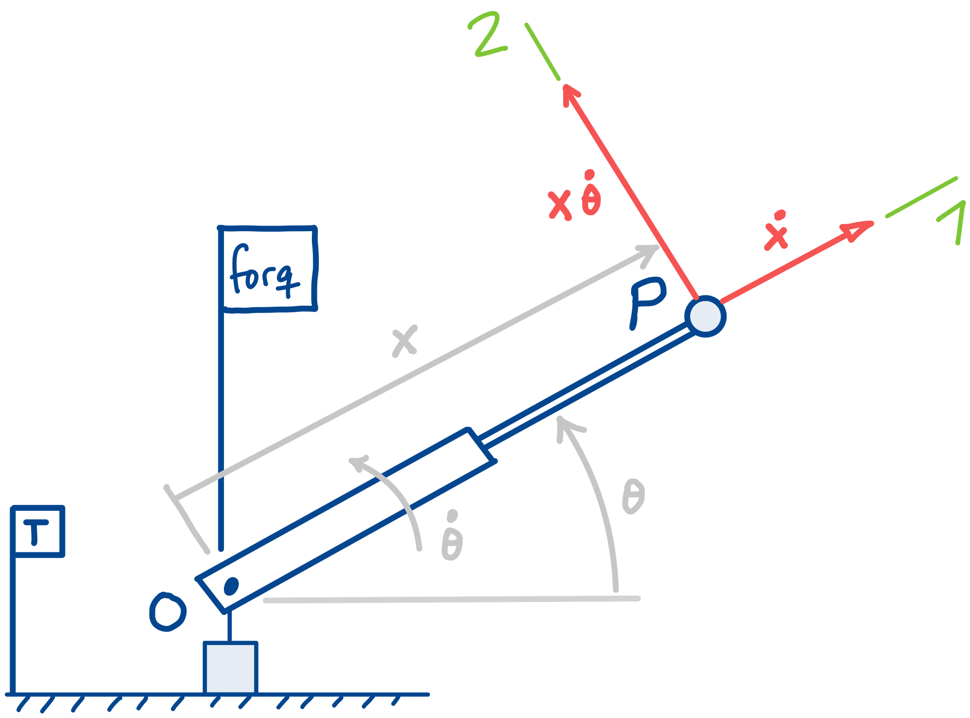


$\bar{v}_{forq}(\mathbf{P}),\ \bar{a}_{forq}(\mathbf{P})$?
$\bar{v}_{T}(\mathbf{P}),\ \bar{a}_{T}(\mathbf{P})$?

Des de ref. "forq" sols veiem movim. degut a $\theta(t)$ i $x(t)$:

O és fix a $\left\{ \begin{array}{l} \text{forq.} \\ T \end{array} \right. \Rightarrow$ Serveix com origen vecs. pos. tant a Forq. com a T

$$\bar{v}_{Forq}(P) = \left.\frac{d\,\overline{OP}}{dt}\right]_{forq} = (\nearrow \dot{x}) + (\nwarrow x\dot{\theta})$$



$\bar{a}_{\text{forç}}(P)$

Pista: pinteu les derivades temporals dels vectors vermells sobre el dibuix anterior. Agrupant els vectors en les dirs. 1 i 2 del dibuix, ha de sortir:

$$\bar{a}_{\text{forç}}(P) = \left[\nearrow \left(\ddot{x} - x\dot{\theta}^2 \right) \right] + \left[\nwarrow \left(2\dot{x}\dot{\theta} + x\ddot{\theta} \right) \right]$$