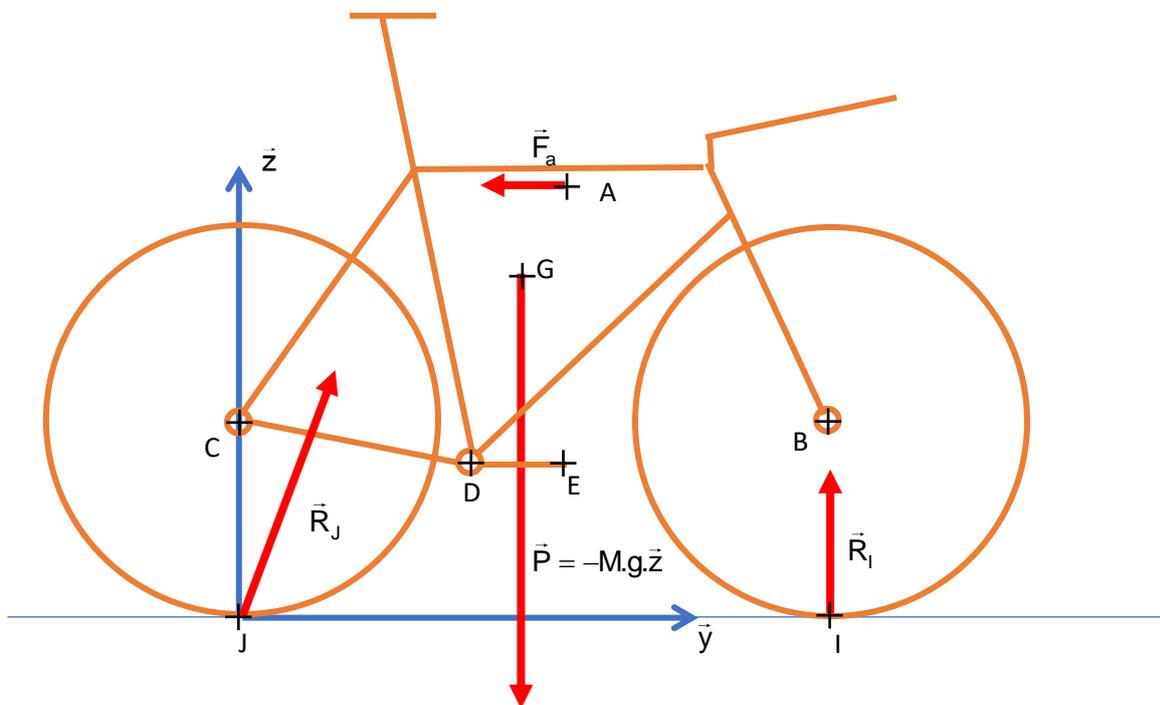


Actions mécaniques sur un vélo de contre la montre



Lors d'une épreuve de contre la montre, sur un terrain plat sans pente, on considère une vitesse d'avance constante de $V=45\text{km/h}$. Le développement est alors maximal de $d=10,56\text{m/tr}$ de pédalier et correspond à un plateau de 53 dents à l'avant entraînant un pignon de 11 dents à l'arrière via la chaîne.

La roue a un diamètre de 700mm.

Paramétrage géométrique : (dimensions en mm)

- Empattement : $\vec{IJ} = -998\vec{y}$
- Rayon de roue : $\vec{JC} = \vec{IB} = 350\vec{z}$
- Position du centre de gravité de l'ensemble : $\vec{JG} = 350\vec{y} + 900\vec{z}$
- Centre de poussée A des forces aérodynamiques tel que : $\vec{JA}.\vec{z} = 1000$

Paramétrage des efforts : (résultantes en N)

- Dans cette première partie, on considère l'hypothèse de problème plan.
- Les liaisons pivot en B, C et D sont supposées parfaites.
- L'action de résistance de l'air est représentée globalement par un torseur de type glisseur en A :

$\vec{F}_A = -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2 \cdot \vec{y} = -18,7\vec{y}$ où $\rho = 1,25\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ est la densité de l'air, $S = 0,8\text{m}^2$ est la surface frontale de l'ensemble, $C_x = 0,24$ est le coefficient de trainée et V la norme du vecteur vitesse du cycliste par rapport à la masse d'air (ou vent apparent).

- Le poids de l'ensemble vélo+cycliste est représenté globalement par un torseur de type glisseur en G et la masse de l'ensemble est de 85kg : $\vec{P} = -M\cdot\vec{g}\cdot\vec{z} = -834\vec{z}$
- Les actions du sol sur les roues avant et arrière sont représentées par des torseurs de type glisseur respectivement en I et J correspondant à des liaisons ponctuelles non parfaites avec frottement :

$$\vec{R}_I = Z_I\vec{z} ;$$

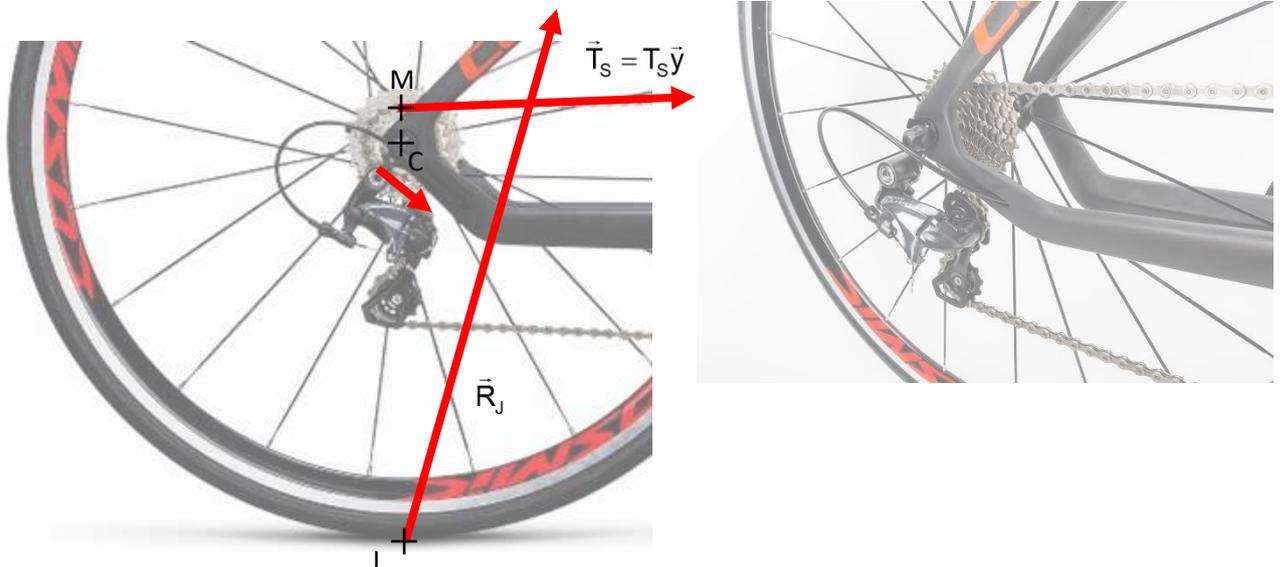
$$\vec{R}_J = Z_J\vec{z} + Y_J\vec{y} ;$$

(l'isolement de la roue avant seule soumise aux 2 forces en I et A implique $Y_I = 0$)

Q1. Proposer un graphe de structure détaillant les solides roue avant 1, roue arrière 2, cadre+cycliste 3, pédalier 4, chaîne 5.

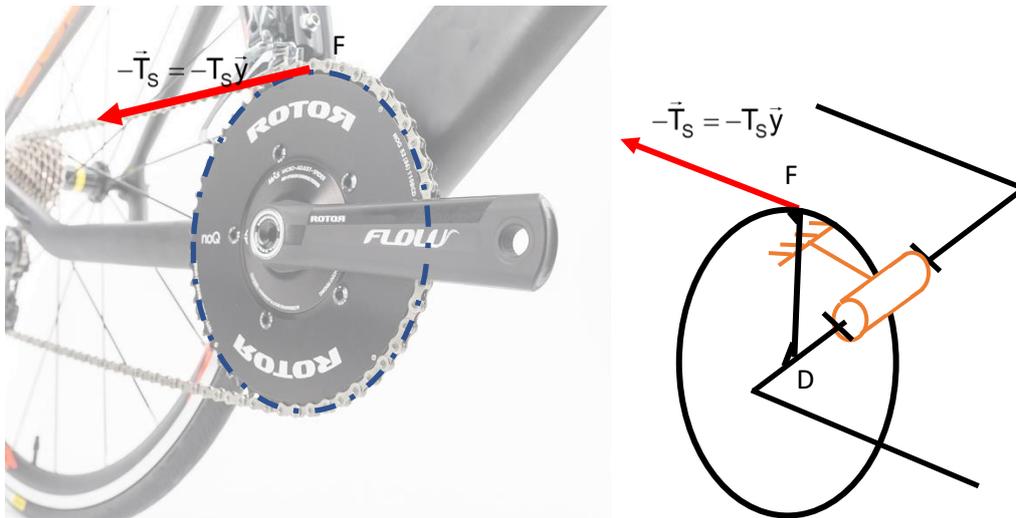
Q2. Déterminer les efforts en I et J. On précisera bien le système isolé, les équations utiles issues du PFS.

le rayon primitif du pignon est $CM=14\text{mm}$



Q3. Isoler la roue arrière seule équipée de ses pignons et déterminer la tension du brin de chaîne supérieur T_s en M, en considérant négligeable la tension du brin inférieur T_i devant celle du brin supérieur.

L'isolement du brin de chaîne supérieur entre les points M et F permet de considérer la tension en F exercée sur l'ensemble du plateau+pédalier+brin de chaîne enroulé directement opposée et d'intensité égale à celle en M.



- l'ensemble du pédalier (manivelles+pédales+plateau) est en liaison pivot d'axe (D, \vec{x}) avec le cadre.
- Le rayon primitif du plateau est $DF=67,5\text{mm}$
- On notera le torseur d'action mécanique des pieds des pédales sur les manivelles du pédalier

$$\{T_{Pe \rightarrow 4}\} = \begin{Bmatrix} 0 & L \\ Y & 0 \\ Z & 0 \end{Bmatrix}_D ; L \text{ désigne alors ce que l'on peut appeler de manière impropre, en}$$

« langage cycliste », le couple de pédalage

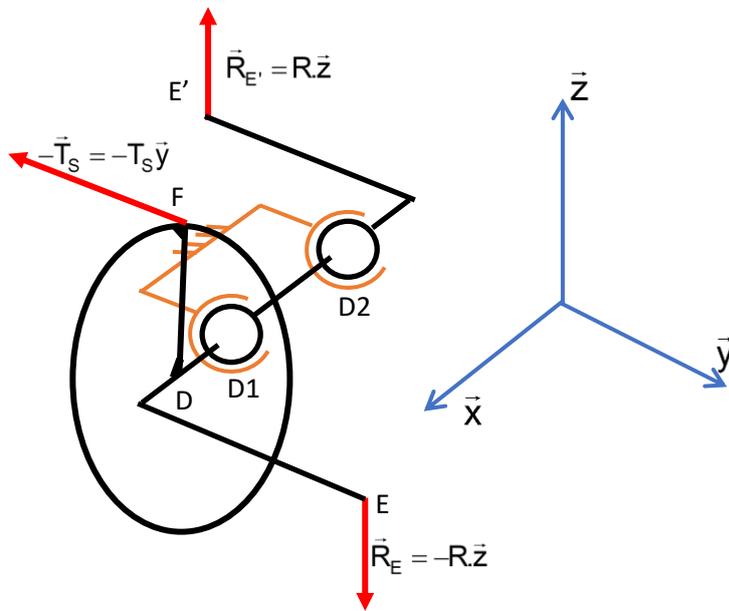
Q4. Dans l'hypothèse de problème plan, déterminer alors ce couple de pédalage du torseur des actions mécaniques du cycliste.

On considère la cadence de pédalage (vitesse de rotation du pédalier) établie grâce à un e étude

cinématique : $\omega = \frac{V}{3,6.d} .60 = 71\text{tr} / \text{min} = 7,43\text{rad} / \text{s}$

Q5. Calculer la puissance de pédalage $P_p = L.\omega$. Calculer la puissance $P_a = -\|\vec{F}_a\| V$ de l'effort aérodynamique sur l'ensemble vélo+cycliste. Conclure.

On prend alors une modélisation 3D plus précise de la liaison entre le pédalier et le cadre considérant le boîtier de pédalier muni de 2 roulements à billes modélisés par des liaisons rotules comme indiqué sur le schéma suivant. L'effort développé par le cycliste est alors considéré idéal et également réparti selon 2 forces sur chacune des 2 pédales en E et E' perpendiculaires aux manivelles comme indiquées sur le schéma suivant.



. Paramétrage géométrique :
(dimensions en mm)

- Rayon primitif du plateau : $\overline{DF} = DF\vec{z}$
- Ecartement plateau : $\overline{D_1D} = 15\vec{x}$
- Entraxe du boîtier de pédalier : $\overline{D_1D_2} = -D_1D_2\vec{x} = -70\vec{x}$
- $\overline{D_1D_2} = -D_1D_2\vec{x} = -70\vec{x}$
- Manivelle et pédale droite : $\overline{DE} = 10\vec{x} + 170\vec{y}$
- Manivelle et pédale gauche : $\overline{D_2E^1} = -25\vec{x} - 170\vec{y}$

On notera les torseurs d'actions mécaniques transmissibles par les liaisons rotules en D1 et D2 respectivement :

$$\left\{ T_{1 \rightarrow 4} \right\}_{D_1} = \begin{Bmatrix} X_1 & 0 \\ Y_1 & 0 \\ Z_1 & 0 \end{Bmatrix}_{D_1} \quad \text{et} \quad \left\{ T_{1 \rightarrow 4} \right\}_{D_2} = \begin{Bmatrix} X_2 & 0 \\ Y_2 & 0 \\ Z_2 & 0 \end{Bmatrix}_{D_2}$$

Q6. Isoler l'ensemble du pédalier et appliquer le PFS en D1. Que peut-on dire du système d'équations scalaires correspondant ainsi que du problème de statique ainsi modélisé.

On considèrera alors $X_1 = X_2 = 0$

Les roulements de ce boîtier de pédalier peuvent supporter une charge radial statique de $C_0 = 1500N$.

Q7. Déterminer à l'aide de ce nouveau modèle les efforts subis par chacun des roulements ainsi que l'intensité des forces exercées par le cycliste en E et E'. Conclure.