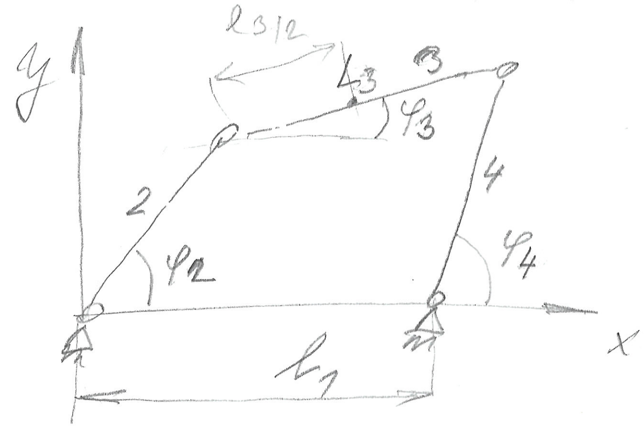

D: $\varphi_2(t)$
l_1, l_2, l_3, l_4

$$l_2\cos\varphi_2 + l_3\cos\varphi_3 - l_4\cos\varphi_4 - l_1 = 0$$
$$l_2\sin\varphi_2 + l_3\sin\varphi_3 - l_4\sin\varphi_4 = 0$$

U: 1. φ_3
2. φ_4

1. vyloučíme z rovnic φ_4

$$l_2\cos\varphi_2 + l_3\cos\varphi_3 - l_1 = l_4\cos\varphi_4 \quad /^2 \quad +$$
$$l_2\sin\varphi_2 + l_3\sin\varphi_3 = l_4\sin\varphi_4 \quad /^2$$

$$(l_2\cos\varphi_2 + l_3\cos\varphi_3 - l_1)^2 + (l_2\sin\varphi_2 + l_3\sin\varphi_3)^2 =$$
$$(l_4\cos\varphi_4)^2 + (l_4\sin\varphi_4)^2$$

$$l_2^2\cos^2\varphi_2 + l_3^2\cos^2\varphi_3 + l_1^2 + 2l_2l_3\cos\varphi_2\cos\varphi_3 - 2l_1l_2\cos\varphi_2 -$$
$$-2l_1l_3\cos\varphi_3 + l_2^2\sin^2\varphi_2 + l_3^2\sin^2\varphi_3 + 2l_2l_3\sin\varphi_2\sin\varphi_3 =$$
$$= l_4^2(\cos^2\varphi_4 + \sin^2\varphi_4)$$

$$2(l_2l_3\cos\varphi_2 - l_1l_2)\cos\varphi_3 +$$
$$l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 - l_4^2 - 2l_1l_2\cos\varphi_2 +$$
$$2l_2l_3\sin\varphi_2\sin\varphi_3 = 0$$

$$A = 2(l_2l_3\cos\varphi_2 - l_1l_2)$$
$$B = 2l_2l_3\sin\varphi_2$$
$$C = l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 - l_4^2 - 2l_1l_2\cos\varphi_2$$

Trigonometrická rce (I)

$$A\cos\varphi_3 + B\sin\varphi_3 + C = 0$$

Odvození:

$A = m\sin\lambda$ $\qquad tg\,\lambda = \frac{A}{B}$
$B = m\cos\lambda$ $\qquad m^2(\sin^2\lambda + \cos^2\lambda) = A^2 + B^2 \Rightarrow m = \pm\sqrt{A^2+B^2}$

$$m\sin\lambda\cos\varphi_3 + m\cos\lambda\sin\varphi_3 + C = 0$$
$$m\sin(\lambda + \varphi_3) + C = 0$$
$$\sin(\lambda + \varphi_3) = -\frac{C}{m}$$

$$\varphi_3 = \arcsin \frac{-C}{m} - \lambda$$

$$\boxed{\varphi_3 = \arcsin \frac{C}{\pm\sqrt{A^2+B^2}} - \operatorname{arctg}\frac{A}{B}}$$

1. převodová fce $\mu = \dfrac{d\varphi_3}{d\varphi_2}$ μ [mí]

implicitní derivace rovnice (I) podle $d\varphi_2$

$$A\cos\varphi_3 + B\sin\varphi_3 + C = 0 \;\Big|\; \frac{d}{d\varphi_2}$$

$$\frac{dA}{d\varphi_2}\cos\varphi_3 - A\sin\varphi_3 \underbrace{\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}}_{\mu} + \frac{dB}{d\varphi_2}\sin\varphi_3 + B\cos\varphi_3 \underbrace{\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}}_{\mu} + \frac{dC}{d\varphi_2} = 0 \quad (I$$

$$\boxed{\mu = \frac{\frac{dA}{d\varphi_2}\cos\varphi_3 + \frac{dB}{d\varphi_2}\sin\varphi_3 + \frac{dC}{d\varphi_2}}{A\sin\varphi_3 - B\cos\varphi_3}}$$

A, B, C jsou fcí φ_2

$$\frac{dA}{d\varphi_2} = -2l_2l_3\sin\varphi_2 \qquad \frac{d^2A}{d\varphi_2^2} = -2l_2l_3\cos\varphi_2$$

$$\frac{dB}{d\varphi_2} = 2l_2l_3\cos\varphi_2 \qquad \frac{d^2B}{d\varphi_2^2} = -2l_2l_3\sin\varphi_2$$

$$\frac{dC}{d\varphi_2} = 2l_1l_2\sin\varphi_2 \qquad \frac{d^2C}{d\varphi_2^2} = 2l_1l_2\cos\varphi_2$$

2. převodová fce $\nu = \dfrac{d^2\varphi_3}{d\varphi_2^2}$ ν [ný]

implicitní derivace rce (II)

$$(II) \;\Big|\; \frac{d}{d\varphi_2}$$

$$\frac{d^2A}{d\varphi_2^2}\cos\varphi_3 - \frac{dA}{d\varphi_2}\sin\varphi_3 \underbrace{\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}}_{\mu} - \frac{dA}{d\varphi_2}\sin\varphi_3 \underbrace{\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}}_{\mu} - A\cos\varphi_3 \underbrace{\left(\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}\right)^2}_{\mu^2} -$$

$$- A\sin\varphi_3 \underbrace{\frac{d^2\varphi_3}{d\varphi_2^2}}_{\nu} + \frac{d^2B}{d\varphi_2^2}\sin\varphi_3 + \frac{dB}{d\varphi_2}\cos\varphi_3 \underbrace{\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}}_{\mu} + \frac{dB}{d\varphi_2}\cos\varphi_3 \underbrace{\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}}_{\mu} -$$

$$- B\sin\varphi_3 \underbrace{\left(\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2}\right)^2}_{\mu^2} + B\cos\varphi_3 \underbrace{\frac{d^2\varphi_3}{d\varphi_2^2}}_{\nu} + \frac{d^2C}{d\varphi_2^2} = 0$$

$$\nu = \frac{\frac{d^2A}{d\varphi_2^2}\cos\varphi_3 + \frac{d^2B}{d\varphi_2^2}\sin\varphi_3 - 2\left(\frac{dA}{d\varphi_2}\sin\varphi_3 - \frac{dB}{d\varphi_2}\cos\varphi_3\right)\mu - (A\cos\varphi_3 + B\sin\varphi_3)\mu^2 + \frac{d^2C}{d\varphi_2^2}}{A\sin\varphi_3 - B\cos\varphi_3}$$

úhlová rychlost členu 3

$\dot{\varphi}_3 = \mu \dot{\varphi}_2$ $\qquad \omega_3 = \mu \omega_2$

úhlové zrychlení čl. 3

$\ddot{\varphi}_3 = \nu \dot{\varphi}_2^2 + \mu \ddot{\varphi}_2$

$\alpha_3 = \nu \omega_2^2 + \mu \alpha_2$