Perturbations thermiques du système balancier - spiral

Balancier différentiel à déformation élastique

Référence :D:\Résonateur (TE)\Data\Coef_thermiques.mcd(R)

Balancier: serge en laiton et bras en invar

$f := 2.5 \cdot Hz$ $\quad T_0 := \frac{1}{f}$ $\quad T_0 = 0.4\,s$ $\quad \omega_0 := 2 \cdot \pi \cdot f$ $\quad \Theta := 1$

$R_0 := 8.16 \cdot mm$ $\quad e_{bs} := 0.6 \cdot mm$ $\quad e_1 := \frac{e_{bs}}{2}$ $\quad h_{bs} := 1.38 \cdot mm$ $\quad \rho_b := 8.7 \cdot 10^3 \cdot kg \cdot m^{-3}$

$M_{serge} := \pi \cdot \rho_b \cdot h_{bs} \cdot \left[(R_0 + e_1)^2 - (R_0 - e_1)^2 \right]$ $\quad M_{serge} = 369.3\,mg$

$J_{serge} := \frac{1}{2} \cdot M_{serge} \cdot \left[(R_0 + e_1)^2 + (R_0 - e_1)^2 \right]$ $\quad J_{serge} = 246.3\,mg \cdot cm^2$

Vis: $\quad n_{vis} := 18$ $\quad d_{vis} := 1.2 \cdot mm$ $\quad h_{vis} := 1 \cdot mm$ $\quad R_v := R_0 + e_1 + \frac{h_{vis}}{2}$

$m_{vis} := \rho_b \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{vis}}{2} \right)^2 \cdot h_{vis}$ $\quad m_{vis} = 9.839\,mg$ $\quad J_{vis} := m_{vis} \cdot R_v^2$ $\quad J_{vis} = 7.899\,mg \cdot cm^2$

$M_b := M_{serge} + n_{vis} \cdot m_{vis}$ $\quad M_b = 546.445\,mg$

$J_b := J_{serge} + n_{vis} \cdot J_{vis}$ $\quad J_b = 388.443\,mg \cdot cm^2$

Coefficients de dilatation

laiton $\quad \alpha_R := \alpha_{laiton}$ $\quad \alpha_R = 1.85 \times 10^{-5}$

invar $\quad \alpha' := \alpha_{invar}$ $\quad \alpha' = 1 \times 10^{-6}$

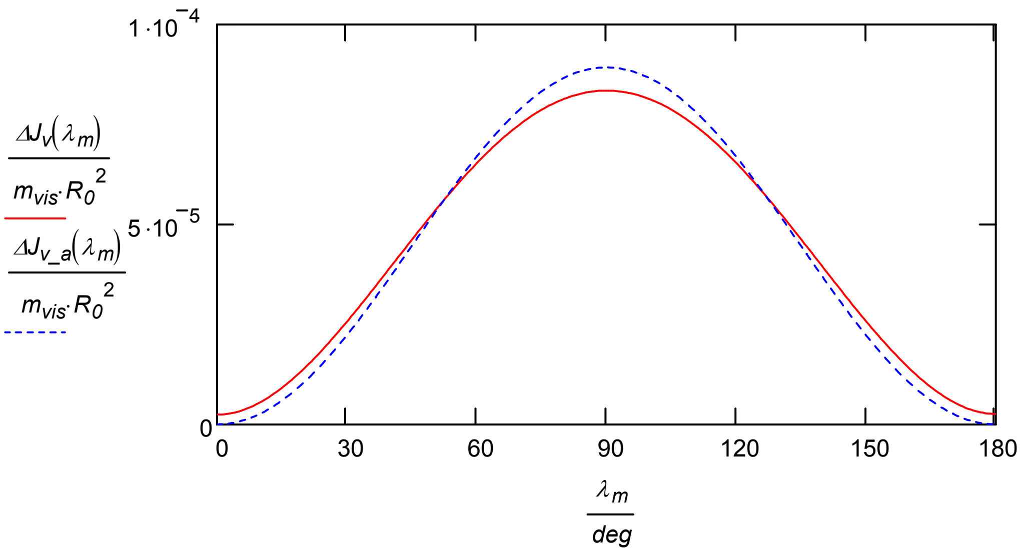
Variation thermique du moment d'inertie de la serge

$\Delta J_{serge} := 2 \cdot M_{serge} \cdot R_0^2 \cdot \alpha_R \cdot \Theta$ $\quad \Delta J_{serge} = 9.099 \times 10^{-3}\,mg \cdot cm^2$ $\quad \Delta J_{serge} = 1.266\,\alpha_R \cdot J_b \cdot \Theta$

Variation du moment d'inertie d'une vis en λ_m

$$\Delta J_v(\lambda_m) := 2 \cdot m_{vis} \cdot R_v^2 \cdot \Theta \cdot \left[\alpha_R + (\alpha_R - \alpha') \cdot \left[-\cos(\lambda_m) + 4.28 \cdot (1 - \cos(\lambda_m)) + 3.36 \cdot (\lambda_m \cdot \cos(\lambda_m) - \sin(\lambda_m)) \right] \right]$$

$\lambda_m := 0, .01 .. \pi$ $\quad \Delta J_{v\_a}(\lambda_m) := 4 \cdot m_{vis} \cdot R_v^2 \cdot \Theta \cdot \alpha_R \cdot \sin(\lambda_m)^2$



Pouvoir compensateur maximum

Vis réparties autour de λ = 90°

$i := 0..4$ $\Delta\lambda := 12 \cdot deg$ $\lambda_i := 90 \cdot deg - i \cdot 12 \cdot deg$ $\lambda^T = (90 \quad 78 \quad 66 \quad 54 \quad 42)\,deg$

$$\Delta J_{vis} := 2 \cdot \left(2 \cdot \sum_{i=1}^{4} \Delta J_v(\lambda_i) + \Delta J_v(\lambda_0)\right) \qquad \Delta J_{vis} = 1.071\,\alpha_R \cdot J_b \cdot \Theta$$

$$\Delta J_{vis\_a} := 8 \cdot \alpha_R \cdot \Theta \cdot m_{vis} \cdot R_v^2 \cdot \left[\sum_{i=1}^{4} \left(2 \cdot sin(\lambda_i)^2\right) + sin(\lambda_0)^2\right] \qquad \Delta J_{vis\_a} = 1.104\,\alpha_R \cdot J_b \cdot \Theta$$

$\Delta J_b := \Delta J_{serge} + \Delta J_{vis}$ $\mu_{max} := -86400 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta J_b}{J_b}$ $\mu_{max} = -1.868\,\Theta$

$\Delta J_{b\_a} := \Delta J_{serge} + \Delta J_{vis\_a}$ $\mu_{max\_a} := -86400 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta J_{b\_a}}{J_b}$ $\mu_{max\_a} = -1.894\,\Theta$

Pouvoir compensateur minimum

Vis réparties autour de λ = 0°

$i := 0..4$ $\Delta\lambda := 12 \cdot deg$ $\lambda_i := i \cdot 12 \cdot deg$ $\lambda^T = (0 \quad 12 \quad 24 \quad 36 \quad 48)\,deg$

$$\Delta J_{vis} := 2 \cdot \left(2 \cdot \sum_{i=1}^{4} \Delta J_v(\lambda_i) + \Delta J_v(\lambda_0)\right) \qquad \Delta J_{vis} = 0.402\,\alpha_R \cdot J_b \cdot \Theta$$

$$\Delta J_{vis\_a} := 8 \cdot \alpha_R \cdot \Theta \cdot m_{vis} \cdot R_v^2 \cdot \left[\sum_{i=1}^{4} \left(2 \cdot sin(\lambda_i)^2\right) + sin(\lambda_0)^2\right] \qquad \Delta J_{vis\_a} = 0.36\,\alpha_R \cdot J_b \cdot \Theta$$

$\Delta J_b := \Delta J_{serge} + \Delta J_{vis}$ $\mu_{min} := -86400 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta J_b}{J_b}$ $\mu_{min} = -1.333\,\Theta$

$\Delta J_{b\_a} := \Delta J_{serge} + \Delta J_{vis\_a}$ $\mu_{min\_a} := -86400 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta J_{b\_a}}{J_b}$ $\mu_{min\_a} = -1.3\,\Theta$

Latitude de réglage $\mu_{max} - \mu_{min} = -0.535\,\Theta$ $\mu_{max\_a} - \mu_{min\_a} = -0.595\,\Theta$