Chronomètre de marine

Oscillateur

Fréquence, période, amplitude stationnaire

$f := 9000 \cdot h^{-1}$ $\quad f = 2.5\,Hz$ $\quad T_0 := \dfrac{1}{f}$ $\quad T_0 = 0.4\ s$ $\quad \omega_0 := 2 \cdot \pi \cdot f$ $\quad \theta_0 := 270 \cdot deg$ (choix)

Coefficients de dilatation, constantes élastiques et masses volumiques

Référence :C:\Documents and Settings\PBO\Mes documents\Résonateur (TA)\Data\Masse_vol - Coef_th - Mod_E.mcd(R)

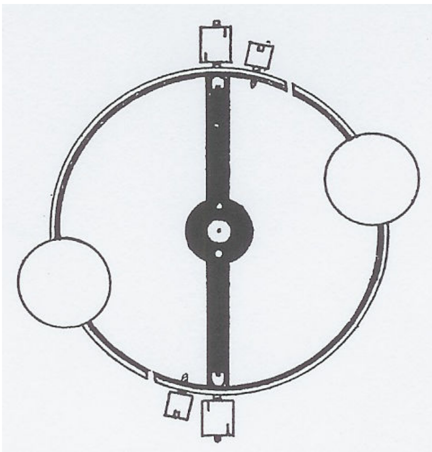
$\alpha_1 := \alpha_{acier}$ $\quad \alpha_1 = 1.15 \times 10^{-5}$ $\quad \alpha_2 := \alpha_{laiton}$ $\quad \alpha_2 = 1.85 \times 10^{-5}$ $\quad \gamma_{acier} = -2.4 \times 10^{-4}$

$E_1 := E_{acier}$ $\quad E_1 = 2.1 \times 10^{11}\,Pa$ $\quad E_2 := E_{laiton}$ $\quad E_2 = 1 \times 10^{11}\,Pa$

$\rho_1 := \rho_{acier}$ $\quad \rho_1 = 7.82 \times 10^3\ m^{-3} \cdot kg$ $\quad \rho_2 := \rho_{laiton}$ $\quad \rho_2 = 8.7 \times 10^3\ m^{-3} \cdot kg$

Balancier de chronomètre de marine comportant (voir figure) :

- une serge bimétallique coupée
- deux masses compensatrices
- deux masses de réglage
- deux petites lames compensatrices



Serge

Dimensions $\quad D_{s\_ext} := 35 \cdot mm$ $\quad e_{bs} := 1.3 \cdot mm$ $\quad D_{s\_int} := D_{s\_ext} - 2 \cdot e_{bs}$ $\quad D_{s\_int} = 32.4\,mm$

Position angulaire de la coupe $\quad \lambda_0 := 155 \cdot deg$

Epaisseur des bilames pour une compensation optimale $\quad \Theta := 50$

$$y_M := \frac{3}{2} \cdot \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{e_{bs}} \cdot \Theta \qquad \xi := \frac{E_1}{E_2} \qquad y(\mu) := y_M \cdot \left[1 + \frac{\left[(1-\mu)^2 - \mu^2 \cdot \xi\right]^2}{4 \cdot \xi \cdot \mu \cdot (1-\mu)} \right]^{-1} \qquad \mu_m := \frac{1 - \sqrt{\xi}}{1 - \xi}$$

$\mu_m = 0.408$ $\quad e_1 := e_{bs} \cdot \mu_m$ $\quad e_1 = 0.531\,mm$ $\quad e_2 := e_1 \cdot \sqrt{E_1 \cdot E_2^{-1}}$ $\quad e_2 = 0.769\,mm$

$e_2 := e_{bs} - e_1$ $\quad e_2 = 0.769\,mm$ $\quad h_{bs} := 4.3 \cdot mm$ $\quad R_0 := 0.5 \cdot D_{s\_int} + e_1$ $\quad R_0 = 16.731\,mm$

Masse de la serge

$$M_1 := \pi \cdot \rho_1 \cdot h_{bs} \cdot \left[R_0^2 - (R_0 - e_1)^2\right] \qquad M_2 := \pi \cdot \rho_2 \cdot h_{bs} \cdot \left[(R_0 + e_2)^2 - R_0^2\right] \qquad M_{serge} := M_1 + M_2$$

$M_{serge} = 4.9\,gm$

Moment d'inertie de la serge

$$J_{serge} := \frac{1}{2} \cdot M_1 \cdot \left[R_0^2 + (R_0 - e_1)^2\right] + \frac{1}{2} \cdot M_2 \cdot \left[(R_0 + e_2)^2 + R_0^2\right] \qquad J_{serge} = 14.1\,gm \cdot cm^2$$

Masse compensatrice

$d_m := 7 \cdot mm$ $\quad h_m := 6 \cdot mm$ $\quad \lambda_m := 110 \cdot deg$ $\quad \Delta\lambda_{fente} := \dfrac{d_m}{R_0}$ $\quad R_m := \dfrac{1}{4} \cdot \left(D_{s\_ext} + D_{s\_int}\right)$

$M_{cyl} := \dfrac{1}{4} \cdot \rho_{laiton} \cdot \pi \cdot d_m^{\ 2} \cdot h_m$ $\quad \Delta M_{fente} := \rho_{laiton} \cdot e_{bs} \cdot h_{bs} \cdot R_0 \cdot \Delta\lambda_{fente}$ $\quad M_{cyl} = 2.009\,gm$

$J_{cyl} := \dfrac{1}{8} \cdot M_{cyl} \cdot d_m^{\ 2} + M_{cyl} \cdot R_m^{\ 2}$ $\quad \Delta J_{fente} := \dfrac{1}{4} \cdot \rho_2 \cdot h_{bs} \cdot \left[\left(R_0 + e_2\right)^4 - \left(R_0 - e_1\right)^4\right] \cdot \Delta\lambda_{fente}$

$M_m := M_{cyl} - \Delta M_{fente}$ $\quad J_m := J_{cyl} - \Delta J_{fente}$ $\quad M_m = 1.668\,gm$ $\quad J_m = 4.852\,gm \cdot cm^2$

Poulet de balancier

$d_p := 4 \cdot mm$ $\quad h_p := 4 \cdot mm$ $\quad \lambda_p := 0 \cdot deg$ $\quad R_p := 18 \cdot mm$ (position radiale de la base du poulet)

$M_p := \dfrac{1}{4} \cdot \rho_{laiton} \cdot \pi \cdot d_p^{\ 2} \cdot h_p$ $\quad M_p = 0.437\,gm$

$J_p := \dfrac{M_p}{12} \cdot \left(\dfrac{3}{4} \cdot d_p^{\ 2} + h_p^{\ 2}\right) + M_p \cdot \left(\dfrac{R_p}{2} + \dfrac{h_p}{2}\right)^2$ $\quad J_p = 0.539\,gm \cdot cm^2$

Vis de réglage secondaire

$d_{vis} := 2.5 \cdot mm$ $\quad h_{vis} := 2.4 \cdot mm$ $\quad \lambda_{vis} := -13 \cdot deg$ $\quad R_{vis} := 18 \cdot mm$ (position radiale de la base de la vis)

$M_{vis} := \dfrac{1}{4} \cdot \rho_{laiton} \cdot \pi \cdot d_{vis}^{\ 2} \cdot h_{vis}$ $\quad M_{vis} = 0.102\,gm$

$J_{vis} := \dfrac{M_{vis}}{12} \cdot \left(\dfrac{3}{4} \cdot d_{vis}^{\ 2} + h_{vis}^{\ 2}\right) + M_{vis} \cdot \left(\dfrac{R_{vis}}{2} + \dfrac{h_{vis}}{2}\right)^2$ $\quad J_{vis} = 0.108\,gm \cdot cm^2$

Estimation du moment d'inertie du balancier

$M_b := 1.2 \cdot \left(M_{serge} + 2 \cdot M_m + 2 \cdot M_p + 2 \cdot M_{vis}\right)$ $\quad M_b = 11.2\,gm$

$J_b := 1.1 \cdot \left(J_{serge} + 2 \cdot J_m + 2 \cdot J_p + 2 \cdot J_{vis}\right)$ $\quad J_b = 27.6\,gm \cdot cm^2$

Constante élastique et dimensions du spiral

$C := \omega_0^{\ 2} \cdot J_b$ $\quad C = 6.806 \times 10^{-4}\,N \cdot m$

$R_{sp} := 7.5 \cdot mm$ $\quad n_{sp} := 11.5$ $\quad L_{sp} := 2 \cdot \pi \cdot n_{sp} \cdot R_{sp}$ $\quad h_{sp} := 0.8 \cdot mm$

$e_{sp} := \sqrt[3]{\dfrac{12 \cdot L_{sp} \cdot C}{E_{acier} \cdot h_{sp}}}$ $\quad e_{sp} = 0.298\,mm$