

Echappement à ancre suisse à repos équidistants

Défaut d'isochronisme - Théorie élémentaire

Calibre 11 1/2''' - seconde au centre - automatique - balancier à vis

➔ Référence : D:\Résonateur (TE)\Data\Calibre ASCBV.mcd(R)

$$T_0 = 0.4 \text{ s} \quad f = 2.5 \text{ s}^{-1} \quad \omega_0 := 2 \cdot \pi \cdot f \quad J_b = 20 \text{ mg} \cdot \text{cm}^2 \quad \theta_0 = 270 \text{ deg}$$

Assortiment

Distance des centres balancier - ancre	$b = 3.4 \text{ mm}$
Distance des centres ancre - roue d'échappement	$a = 3.15 \text{ mm}$
Diamètre de la cheville	$d_{cheville} = 0.4 \text{ mm}$
Distance axe de balancier - centre de courbure de la cheville	$\rho_3 = 0.71 \text{ mm}$

Angles parcourus par l'ancre

Coordonnée généralisée de l'ancre ψ = angle parcouru par l'ancre à partir de sa position de repos

Angle de dégagement et de repos $D_a := \varepsilon \quad \varepsilon := 2.5 \cdot \text{deg}$

Angle total d'impulsion partagée $i_a := \Delta\psi_{ie} \quad i_a = 9 \text{ deg}$

Angles de tirage	entrée	$\beta'_e := 15 \cdot \text{deg}$	$\beta_e := \beta'_e - \varepsilon$	$\beta_e = 12.5 \text{ deg}$
	sortie	$\beta'_s := 13 \cdot \text{deg}$	$\beta_s := \beta'_s + \varepsilon$	$\beta_s = 15.5 \text{ deg}$

Chemin perdu ou angle de sûreté $\Delta\psi_{cp} := 0.5 \cdot \text{deg}$

Angle de levée total de l'ancre $\lambda_a := D_a + i_a + \Delta\psi_{cp} \quad \lambda_a = 12 \text{ deg}$

Angles parcourus par le balancier (échappement symétrique)

Angle de levée du balancier $\lambda_b := 48 \cdot \text{deg}$

Distance axe de l'ancre - centre de courbure de la cheville en position de repos

$$\rho_2 := \sin\left(\frac{\lambda_b}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\lambda_a}{2}\right)^{-1} \cdot \rho_3 \quad \rho_2 = 2.763 \text{ mm}$$

Vérification de la distance des centres ancre-balancier $\rho_2 \cdot \cos\left(\frac{\lambda_a}{2}\right) + \rho_3 \cdot \cos\left(\frac{\lambda_b}{2}\right) = 3.4 \text{ mm}$

Distance axe de l'ancre au point de contact de la cheville au début du dégagement

$$R'_2 := \rho_2 \quad (\text{approx})$$

Distance axe du balancier au point de contact de la cheville au début du dégagement

$$\alpha := -\frac{\lambda_a}{2} + \arctan\left(\frac{d_{cheville}}{2 \cdot \rho_2}\right) \quad R_3 := \sqrt{(R'_2 \cdot \sin(\alpha))^2 + (b - R'_2 \cdot \cos(\alpha))^2} \quad R_3 = 0.645 \text{ mm}$$

Angle de dégagement $D_b := \frac{R'_2}{R_3} \cdot D_a \quad D_b = 10.708 \text{ deg}$

Début du dégagement d'entrée	$\theta_1 := -0.5 \cdot \lambda_b$	$\theta_1 = -24 \text{ deg}$
Fin du dégagement et début d'impulsion d'entrée	$\theta_2 := \theta_1 + D_b$	$\theta_2 = -13.29 \text{ deg}$
Fin de l'impulsion d'entrée	$\theta_3 := 0.5 \cdot \lambda_b$	$\theta_3 = 24 \text{ deg}$
Angle d'impulsion	$i_b := \theta_3 - \theta_2$	$i_b = 37.29 \text{ deg}$
Début du dégagement de sortie	θ_3	$\theta_3 = 24 \text{ deg}$
Fin du dégagement et début d'impulsion de sortie	$\theta_4 := -\theta_2$	$\theta_4 = 13.29 \text{ deg}$
Fin de l'impulsion de sortie	θ_1	$\theta_1 = -24 \text{ deg}$

Angles parcourus par la roue d'échappement (repos équidistants)

Position de repos de la roue d'échappement et contact dent - palette

$$z_e = 15 \quad m_{\text{embrassé}} := 2.5 \quad \alpha_0 := \frac{360 \cdot \text{deg}}{2 \cdot z_e} \cdot m_{\text{embrassé}} \quad \alpha_0 = 30 \text{ deg}$$

$$R_1 := a \cdot \cos(\alpha_0) \quad R_1 = 2.728 \text{ mm} \quad R_2 := R_1 \cdot \tan(\alpha_0) \quad R_2 = 1.575 \text{ mm}$$

Angle de recul sur la palette d'entrée

approx

$$\delta_e := \tan(\alpha_0) \cdot \left(1 - \frac{\cos(\beta_e + \varepsilon)}{\cos(\beta_e)} \right) \quad \delta_e = 0.351 \text{ deg} \quad \delta_e := \varepsilon \cdot \tan(\alpha_0) \cdot \tan(\beta_e) \quad \delta_e = 0.32 \text{ deg}$$

Angle de recul sur la palette de sortie

approx

$$\delta_s := \tan(\alpha_0) \cdot \left(1 - \frac{\cos(\beta'_s + \varepsilon)}{\cos(\beta'_s)} \right) \quad \delta_s = 0.365 \text{ deg} \quad \delta_s := \varepsilon \cdot \tan(\alpha_0) \cdot \tan(\beta'_s) \quad \delta_s = 0.333 \text{ deg}$$

Angle d'impulsion de la roue

$$\Delta\alpha_i := \Delta\alpha_p + \Delta\alpha_d \quad \Delta\alpha_i = 10.5 \text{ deg}$$

Angle de chute de la roue

$$\Delta\alpha_{ch} = 1.5 \text{ deg}$$

Angle parcouru par la roue par alternance

$$\Delta\alpha_p + \Delta\alpha_d + \Delta\alpha_{ch} = 12 \text{ deg}$$

vérification

$$\frac{360 \cdot \text{deg}}{2 \cdot z_e} = 12 \text{ deg}$$

Couple à la roue d'échappement

$$C_B = 10.019 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad C_B = 0.01 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \quad \rho_0 = 4.38 \times 10^3 \quad C_r := \frac{C_B}{\rho_0} \quad C_r = 2.287 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Rapports de couple roue - balancier

$$\text{Dégagement d'entrée} \quad \beta_{me} := \frac{\beta_e + \beta'_e}{2} \quad \Lambda_{de} := \frac{D_a}{D_b} \cdot \tan(\alpha_0) \cdot \tan(\beta_{me}) \quad \Lambda_{de} = 0.033$$

$$\text{Dégagement de sortie} \quad \beta_{ms} := \frac{\beta_s + \beta'_s}{2} \quad \Lambda_{ds} := \frac{D_a}{D_b} \cdot \tan(\alpha_0) \cdot \tan(\beta_{ms}) \quad \Lambda_{ds} = 0.034$$

Impulsion

$$\Lambda_i := \frac{\Delta\alpha_i}{i_b} \quad \Lambda_i = 0.282$$

Perturbation de marche due à l'échappement (théorie élémentaire)

$$K := \frac{10800 \cdot T_0^2 \cdot C_r}{J_b \cdot \pi^3} \quad K = 6.374 \times 10^4 \quad I(\Lambda, \theta_0, \theta_d, \theta_f) := \Lambda \cdot \left(\sqrt{\theta_0^2 - \theta_f^2} - \sqrt{\theta_0^2 - \theta_d^2} \right)$$

Dégagement $\mu_d(\theta_0) := \frac{-K}{\theta_0^2} \cdot (I(\Lambda_{de}, \theta_0, \theta_1, \theta_2) + I(\Lambda_{de}, \theta_0, \theta_3, \theta_4)) \quad \mu_d(\theta_0) = -2.45$

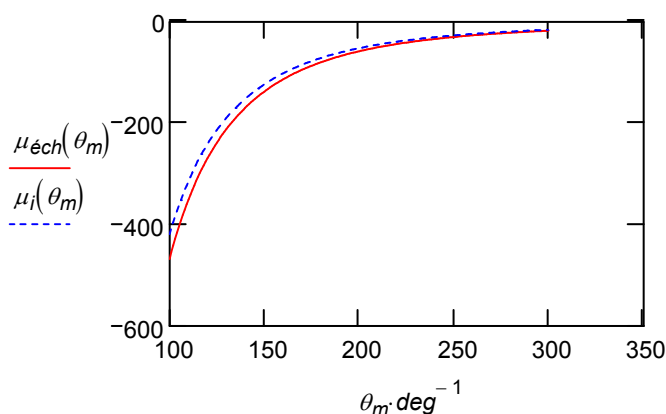
Impulsion $\mu_i(\theta_0) := \frac{K}{\theta_0^2} \cdot (I(\Lambda_i, \theta_0, \theta_2, \theta_3) + I(\Lambda_i, \theta_0, \theta_4, \theta_1)) \quad \mu_i(\theta_0) = -20.916$

Perturbation de marche totale $\mu_{éch}(\theta_0) := \mu_d(\theta_0) + \mu_i(\theta_0) \quad \mu_{éch}(\theta_0) = -23.366$

$$\theta_m := 100 \cdot \text{deg}, 101 \cdot \text{deg} .. 300 \cdot \text{deg}$$

Retard à 180° pour une
montre réglée à 270°

$$\mu_{éch}(180 \cdot \text{deg}) - \mu_{éch}(\theta_0) = -55.751$$



Défaut de mise au repère (théorie élémentaire)

Soit $\Delta\theta_{ch}$ le défaut de repère: la cheville de plateau a une position angulaire $+\Delta\theta_{ch}$ par rapport à la ligne des centres balancier - ancre en position d'équilibre du système balancier - spiral libre.

On supposera les rapports de couples Λ_i non modifiés.

Les angles θ_i sont diminués de la valeur de $\Delta\theta_{ch}$

Dégagement $\mu_{dr}(\theta_0, \Delta\theta_{ch}) := \frac{-K}{\theta_0^2} \cdot (I(\Lambda_{de}, \theta_0, \theta_1 - \Delta\theta_{ch}, \theta_2 - \Delta\theta_{ch}) + I(\Lambda_{de}, \theta_0, \theta_3 - \Delta\theta_{ch}, \theta_4 - \Delta\theta_{ch}))$

Impulsion $\mu_{ir}(\theta_0, \Delta\theta_{ch}) := \frac{K}{\theta_0^2} \cdot (I(\Lambda_i, \theta_0, \theta_2 - \Delta\theta_{ch}, \theta_3 - \Delta\theta_{ch}) + I(\Lambda_i, \theta_0, \theta_4 - \Delta\theta_{ch}, \theta_1 - \Delta\theta_{ch}))$

Variation de marche dû au défaut de mise au repère

$$\Delta\mu_{rep}(\Delta\theta_{ch}) := \mu_{dr}(\theta_0, \Delta\theta_{ch}) + \mu_{ir}(\theta_0, \Delta\theta_{ch}) - \mu_{éch}(\theta_0) \quad \Delta\theta_{ch} := -10 \cdot \text{deg}, -9.9 \cdot \text{deg} .. 10 \cdot \text{deg}$$

