

Echappement à ancre suisse à repos équidistants

Impulsion d'entrée - Dynamique (première approximation)

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

➡ Référence : E:\Résonateur (TA)\Echappement\EASRE - l_entrée - transmission roue - ancre.mcd(R)

➡ Référence : E:\Résonateur (TA)\Echappement\EASRE - l_entrée - transmission ancre - balancier.mcd(R)

$$T_0 = 0.4 \text{ s} \quad f = 2.5 \text{ s}^{-1} \quad \omega_0 := 2 \cdot \pi \cdot f \quad J_b = 20 \text{ mg} \cdot \text{cm}^2 \quad \theta_0 = 270 \text{ deg} \quad \psi := 0 \quad ms := 10^{-3} \cdot \text{s}$$

Couple à la roue d'échappement

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

Rapports moyens de transmissions roue - ancre pendant l'impulsion

Rapports de vitesses angulaires roue - ancre ω_r / ω_a

$$\text{Transmission par le plan d'impulsion de la palette d'entrée} \quad K_{rap} := 0.5 \cdot (K_{iep}(\varepsilon) + K_{iep}(\varepsilon + \Delta\psi_{ep})) \quad K_{rap} = 1.082$$

$$\text{Transmission par le plan d'impulsion de la dent} \quad K_{rad} := 0.5 \cdot (K_{ied}(\varepsilon + \Delta\psi_{ep}) + K_{ied}(\varepsilon + \Delta\psi_{ie})) \quad K_{rad} = 1.305$$

Rapports de couples angulaires ancre - roue C_a / C_r

$$\text{Transmission par le plan d'impulsion de la palette d'entrée} \quad K'_{rap} := 0.5 \cdot (K'_{iep}(\varepsilon) + K'_{iep}(\varepsilon + \Delta\psi_{ep})) \quad K'_{rap} = 0.769$$

$$\text{Transmission par le plan d'impulsion de la dent} \quad K'_{rad} := 0.5 \cdot (K'_{ied}(\varepsilon + \Delta\psi_{ep}) + K'_{ied}(\varepsilon + \Delta\psi_{ie})) \quad K'_{rad} = 0.86$$

Positions angulaires et vitesses au début de l'impulsion d'entrée

$$\text{Instant de la fin du dégagement} \quad t_{fde} := 0.29702 \cdot \text{s}$$

$$\text{Balancier} \quad \theta_{fde} := -13.5 \cdot \text{deg} \quad \omega_{b_{fde}} := 73.45 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Ancre} \quad \psi_{fde} := 2.5 \cdot \text{deg} \quad \omega_{a_{fde}} := 18.35 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Roue d'échappement} \quad \alpha_{fde} := -30 \cdot \text{deg} \quad \omega_{r_{fde}} := -2.84 \cdot \text{s}^{-1}$$

Déplacements entre fin de dégagement et début vrai de l'impulsion

Mouvement moyen de l'ancre (vitesse du bal. supposée constante et la cheville en contact avec la fourchette)

$$\text{Rapport moyen de vitesse ancre-balancier lors de l'impulsion} \quad \omega_a / \omega_b \quad \kappa_{ab} := \kappa_{ie}(0.499 \cdot \lambda_a) \quad \kappa_{ab} = 0.264$$

$$\text{Mouvement de l'ancre avant le premier choc} \quad \omega_a := \kappa_{ab} \cdot \omega_0 \cdot \theta_0 \quad \psi(\tau) := \omega_a \cdot \tau + \psi_{fde}$$

$$\text{Accélération de la roue libre} \quad J_R := J_{rouage} \quad J_R = 0.602 \text{ mg} \cdot \text{cm}^2 \quad acc_r := \frac{C_r}{J_R} \quad acc_r = 3.801 \times 10^4 \text{ s}^{-2}$$

Mouvement de la roue avant le premier choc

$$\alpha_r(\tau) := -\alpha_0 + \omega_{r_{fde}} \cdot \tau + 0.5 \cdot acc_r \cdot \tau^2 \quad \omega_r(\tau) := \omega_{r_{fde}} + acc_r \cdot \tau$$

$$\text{Recul dynamique} \quad \tau_{rd} := -\omega_{r_{fde}} \cdot acc_r^{-1} \quad \alpha_{rd} := \omega_{r_{fde}} \cdot \tau_{rd} + 0.5 \cdot acc_r \cdot \tau_{rd}^2 \quad \alpha_{rd} = -6.079 \times 10^{-3} \text{ deg}$$

$$\text{Mouvement de la roue virtuelle en contact avec l'ancre} \quad \alpha_c(\tau) := -\alpha_0 + K_{rap} \cdot \omega_a \cdot \tau \quad \omega_c(\tau) := K_{rap} \cdot \omega_a$$

Formules simplifiées de chocs dent - plan d'impulsion de la palette

Coefficient de restitution $\varepsilon_c := 0.65$

Vitesse angulaire de la roue après le choc $\omega_r'(\omega_r, \omega_a) := \omega_r - (1 + \varepsilon_c) \cdot (\omega_r - K_{rap} \cdot \omega_a)$

Vitesse angulaire de l'ancre après le choc $\omega_a'(\omega_r, \omega_a) := \omega_a$

Durée entre deux chocs consécutifs $\Delta\tau_{ci}(\omega_r, \omega_a) := \frac{2 \cdot J_R}{C_r} \cdot \varepsilon_c \cdot (-\omega_a \cdot K_{rap} + \omega_r)$

Premier choc bec de dent - plan d'impulsion de la palette

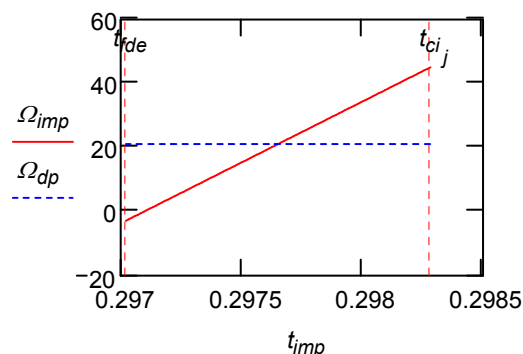
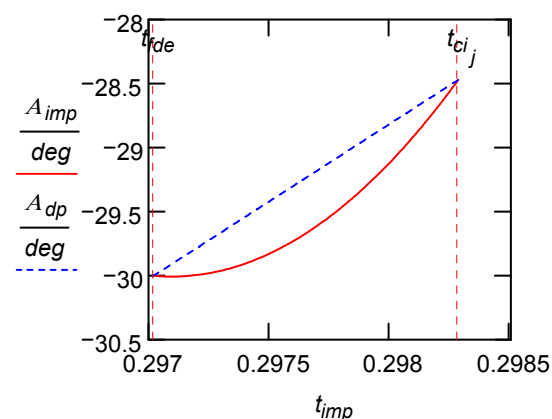
Instant du premier choc $j := 0$ $\Delta t_{ci_j} := 2 \cdot J_R \cdot C_r^{-1} \cdot (K_{rap} \cdot \omega_a - \omega_{fde})$ $\Delta t_{ci_j} = 1.263 \text{ ms}$

Positions et vitesses juste avant le premier choc $t_{ci_j} := t_{fde} + \Delta t_{ci_j}$ $t_{ci_j} = 0.29828 \text{ s}$

$\alpha_{ci_j} := \alpha_r(\Delta t_{ci_j})$ $\alpha_{ci_j} = -28.468 \text{ deg}$ $\psi_{ci_j} := \psi(\Delta t_{ci_j})$ $\psi_{ci_j} = 3.916 \text{ deg}$ $\psi_{ci_j} - \psi_{fde} = 1.416 \text{ deg}$

$\omega_{ci_j} := \omega_r(\Delta t_{ci_j})$ $\omega_{ci_j} = 45.176 \text{ s}^{-1}$ $\omega_a = 19.565 \text{ s}^{-1}$ $n := 100$ $i := 0..n$

$\delta := \frac{\Delta t_{ci_j}}{n}$ $\tau_i := i \cdot \delta$ $T_{i,j} := t_{fde} + \tau_i$ $t_{imp} := T^{(0)}$
 $A_{i,j} := \alpha_r(\tau_i)$ $A_{imp} := A^{(0)}$ $A_{c_{i,j}} := \alpha_c(\tau_i)$ $A_{dp} := A_c^{(0)}$
 $\Omega_{i,j} := \omega_r(\tau_i)$ $\Omega_{imp} := \Omega^{(0)}$ $\Omega_{c_{i,j}} := \omega_c(\tau_i)$ $\Omega_{dp} := \Omega_c^{(0)}$



Vitesses du balancier et de l'ancre juste après le premier choc

Roue $\omega_{ci_j}' := \omega_r'(\omega_{ci_j}, \omega_a)$ $\omega_{ci_j}' = 5.563 \text{ s}^{-1}$

Ancre $\omega_a' := \omega_a'(\omega_{ci_j}, \omega_a)$ $\omega_a' = 19.565 \text{ s}^{-1}$

Situation au premier choc $t_{ci_0} = 0.29828 \text{ s}$

$\alpha_{ci_j} = -28.468 \text{ deg}$ $\omega_{ci_j} = 45.176 \text{ s}^{-1}$ $\omega_{ci_j}' = 5.563 \text{ s}^{-1}$

$\psi_{ci_j} = 3.916 \text{ deg}$ $\omega_a = 19.565 \text{ s}^{-1}$ $\omega_a' = 19.565 \text{ s}^{-1}$

Deuxième choc bec de dent - plan d'impulsion de la palette

Evolution entre les premier et deuxième chocs

$$\begin{aligned}
 \text{Ancre} \quad \psi(\tau) &:= \omega_a \cdot \tau + \psi_{ci_j} \\
 \text{Roue} \quad \alpha_r(\tau) &:= \alpha_{ci_j} + \omega'_{ci_j} \cdot \tau + 0.5 \cdot \text{acc}_r \cdot \tau^2 \quad \omega_r(\tau) := \omega'_{ci_j} + \text{acc}_r \cdot \tau \\
 \text{Roue virtuelle} \quad \alpha_c(\tau) &:= \alpha_{ci_j} + K_{rap} \cdot \omega_a \cdot \tau \quad \omega_c(\tau) := K_{rap} \cdot \omega_a
 \end{aligned}$$

Instant du deuxième choc $j := j + 1$

$$\begin{aligned}
 \Delta t_{ci_j} &:= \Delta \tau_{ci}(\omega_{ci_{j-1}}, \omega_a) \quad \Delta t_{ci_j} = 0.821 \text{ ms} \quad t_{ci_j} := t_{ci_{j-1}} + \Delta t_{ci_j} \quad t_{ci_j} = 0.2991 \text{ s} \quad \delta t := \frac{\Delta t_{ci_j}}{n} \\
 \alpha_{ci_j} &:= \alpha_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \alpha_{ci_j} = -27.472 \text{ deg} \quad \psi_{ci_j} := \psi(\Delta t_{ci_j}) \quad \psi_{ci_j} = 4.837 \text{ deg} \\
 \omega_{ci_j} &:= \omega_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \omega_{ci_j} = 36.773 \text{ s}^{-1} \quad \psi_{ci_j} - \psi_{fde} = 2.337 \text{ deg} \\
 \tau_i &:= i \cdot \delta t \quad T_{i,j} := t_{ci_{j-1}} + \tau_i \quad t_{imp} := \text{pile}(t_{imp}, T^{\langle j \rangle}) \\
 A_{i,j} &:= \alpha_r(\tau_i) \quad A_{imp} := \text{pile}(A_{imp}, A^{\langle j \rangle}) \quad A_{c_{i,j}} := \alpha_c(\tau_i) \quad A_{dp} := \text{pile}(A_{dp}, A_c^{\langle j \rangle}) \\
 \Omega_{i,j} &:= \omega_r(\tau_i) \quad \Omega_{imp} := \text{pile}(\Omega_{imp}, \Omega^{\langle j \rangle}) \quad \Omega_{c_{i,j}} := \omega_c(\tau_i) \quad \Omega_{dp} := \text{pile}(\Omega_{dp}, \Omega_c^{\langle j \rangle})
 \end{aligned}$$

Situation au deuxième choc $t_{ci_j} = 0.2991 \text{ s}$

$$\begin{aligned}
 \alpha_{ci_j} &= -27.472 \text{ deg} \quad \omega_{ci_j} = 36.773 \text{ s}^{-1} \quad \omega'_{ci_j} := \omega_r(\omega_{ci_j}, \omega_a) \quad \omega'_{ci_j} = 11.025 \text{ s}^{-1} \\
 \psi_{ci_j} &= 4.837 \text{ deg} \quad \omega_a = 19.565 \text{ s}^{-1} \quad \omega'_a = 19.565 \text{ s}^{-1}
 \end{aligned}$$

Troisième choc bec de dent - plan d'impulsion de la palette

Evolution entre les deuxième et troisième chocs

$$\begin{aligned}
 \text{Ancre} \quad \psi(\tau) &:= \omega_a \cdot \tau + \psi_{ci_j} \\
 \text{Roue} \quad \alpha_r(\tau) &:= \alpha_{ci_j} + \omega'_{ci_j} \cdot \tau + 0.5 \cdot \text{acc}_r \cdot \tau^2 \quad \omega_r(\tau) := \omega'_{ci_j} + \text{acc}_r \cdot \tau \\
 \text{Roue virtuelle} \quad \alpha_c(\tau) &:= \alpha_{ci_j} + K_{rap} \cdot \omega_a \cdot \tau \quad \omega_c(\tau) := K_{rap} \cdot \omega_a
 \end{aligned}$$

Instant du troisième choc $j := j + 1$

$$\begin{aligned}
 \Delta t_{ci_j} &:= \Delta \tau_{ci}(\omega_{ci_{j-1}}, \omega_a) \quad \Delta t_{ci_j} = 0.534 \text{ ms} \quad t_{ci_j} := t_{ci_{j-1}} + \Delta t_{ci_j} \quad t_{ci_j} = 0.29964 \text{ s} \quad \delta t := \frac{\Delta t_{ci_j}}{n} \\
 \alpha_{ci_j} &:= \alpha_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \alpha_{ci_j} = -26.824 \text{ deg} \quad \psi_{ci_j} := \psi(\Delta t_{ci_j}) \quad \psi_{ci_j} = 5.435 \text{ deg} \\
 \omega_{ci_j} &:= \omega_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \omega_{ci_j} = 31.311 \text{ s}^{-1} \quad \psi_{ci_j} - \psi_{fde} = 2.935 \text{ deg} \\
 \tau_i &:= i \cdot \delta t \quad T_{i,j} := t_{ci_{j-1}} + \tau_i \quad t_{imp} := \text{pile}(t_{imp}, T^{\langle j \rangle}) \\
 A_{i,j} &:= \alpha_r(\tau_i) \quad A_{imp} := \text{pile}(A_{imp}, A^{\langle j \rangle}) \quad A_{c_{i,j}} := \alpha_c(\tau_i) \quad A_{dp} := \text{pile}(A_{dp}, A_c^{\langle j \rangle}) \\
 \Omega_{i,j} &:= \omega_r(\tau_i) \quad \Omega_{imp} := \text{pile}(\Omega_{imp}, \Omega^{\langle j \rangle}) \quad \Omega_{c_{i,j}} := \omega_c(\tau_i) \quad \Omega_{dp} := \text{pile}(\Omega_{dp}, \Omega_c^{\langle j \rangle})
 \end{aligned}$$

Situation au troisième choc

$$t_{ci_j} = 0.29964 \text{ s}$$

$$\alpha_{ci_j} = -26.824 \text{ deg} \quad \omega_{ci_j} = 31.311 \text{ s}^{-1} \quad \omega'_{ci_j} := \omega'(\omega_{ci_j}, \omega_a) \quad \omega'_{ci_j} = 14.575 \text{ s}^{-1}$$

$$\psi_{ci_j} = 5.435 \text{ deg} \quad \omega_a = 19.565 \text{ s}^{-1} \quad \omega'_a = 19.565 \text{ s}^{-1}$$

Quatrième choc bec de dent - plan d'impulsion de la palette

Evolution entre les troisième et quatrième chocs

Ancre

$$\psi(\tau) := \omega_a \cdot \tau + \psi_{ci_j}$$

Roue

$$\alpha_r(\tau) := \alpha_{ci_j} + \omega'_{ci_j} \cdot \tau + 0.5 \cdot \text{acc}_r \cdot \tau^2 \quad \omega_r(\tau) := \omega'_{ci_j} + \text{acc}_r \cdot \tau$$

Roue virtuelle

$$\alpha_c(\tau) := \alpha_{ci_j} + K_{rap} \cdot \omega_a \cdot \tau \quad \omega_c(\tau) := K_{rap} \cdot \omega_a$$

Instant du quatrième choc

$$j := j + 1$$

$$\Delta t_{ci_j} := \Delta \tau_{ci}(\omega_{ci_{j-1}}, \omega_a) \quad \Delta t_{ci_j} = 0.347 \text{ ms} \quad t_{ci_j} := t_{ci_{j-1}} + \Delta t_{ci_j} \quad t_{ci_j} = 0.29999 \text{ s} \quad \delta := \frac{\Delta t_{ci_j}}{n}$$

$$\alpha_{ci_j} := \alpha_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \alpha_{ci_j} = -26.404 \text{ deg} \quad \psi_{ci_j} := \psi(\Delta t_{ci_j}) \quad \psi_{ci_j} = 5.824 \text{ deg}$$

$$\omega_{ci_j} := \omega_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \omega_{ci_j} = 27.761 \text{ s}^{-1} \quad \psi_{ci_j} - \psi_{fde} = 3.324 \text{ deg}$$

$$\tau_j := i \cdot \delta \quad T_{i,j} := t_{ci_{j-1}} + \tau_j \quad t_{imp} := \text{pile}(t_{imp}, T^{\langle j \rangle})$$

$$A_{i,j} := \alpha_r(\tau_j) \quad A_{imp} := \text{pile}(A_{imp}, A^{\langle j \rangle}) \quad A_{ci_j} := \alpha_c(\tau_j) \quad A_{dp} := \text{pile}(A_{dp}, A_c^{\langle j \rangle})$$

$$\Omega_{i,j} := \omega_r(\tau_j) \quad \Omega_{imp} := \text{pile}(\Omega_{imp}, \Omega^{\langle j \rangle}) \quad \Omega_{ci_j} := \omega_c(\tau_j) \quad \Omega_{dp} := \text{pile}(\Omega_{dp}, \Omega_c^{\langle j \rangle})$$

Situation au quatrième choc

$$t_{ci_j} = 0.29999 \text{ s}$$

$$\alpha_{ci_j} = -26.404 \text{ deg} \quad \omega_{ci_j} = 27.761 \text{ s}^{-1} \quad \omega'_{ci_j} := \omega'(\omega_{ci_j}, \omega_a) \quad \omega'_{ci_j} = 16.882 \text{ s}^{-1}$$

$$\psi_{ci_j} = 5.824 \text{ deg} \quad \omega_a = 19.565 \text{ s}^{-1} \quad \omega'_a = 19.565 \text{ s}^{-1}$$

Cinquième choc bec de dent - plan d'impulsion de la palette

Evolution entre les quatrième et cinquième chocs

Ancre

$$\psi(\tau) := \omega_a \cdot \tau + \psi_{ci_j}$$

Roue

$$\alpha_r(\tau) := \alpha_{ci_j} + \omega'_{ci_j} \cdot \tau + 0.5 \cdot \text{acc}_r \cdot \tau^2 \quad \omega_r(\tau) := \omega'_{ci_j} + \text{acc}_r \cdot \tau$$

Roue virtuelle

$$\alpha_c(\tau) := \alpha_{ci_j} + K_{rap} \cdot \omega_a \cdot \tau \quad \omega_c(\tau) := K_{rap} \cdot \omega_a$$

Instant du cinquième choc

$$j := j + 1$$

$$\Delta t_{ci_j} := \Delta \tau_{ci}(\omega_{ci_{j-1}}, \omega_a) \quad \Delta t_{ci_j} = 0.226 \text{ ms} \quad t_{ci_j} := t_{ci_{j-1}} + \Delta t_{ci_j} \quad t_{ci_j} = 0.30021 \text{ s} \quad \delta := \frac{\Delta t_{ci_j}}{n}$$

$$\alpha_{ci_j} := \alpha_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \alpha_{ci_j} = -26.13 \text{ deg} \quad \psi_{ci_j} := \psi(\Delta t_{ci_j}) \quad \psi_{ci_j} = 6.077 \text{ deg}$$

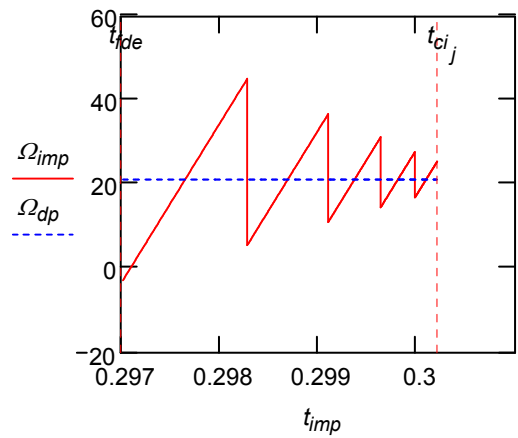
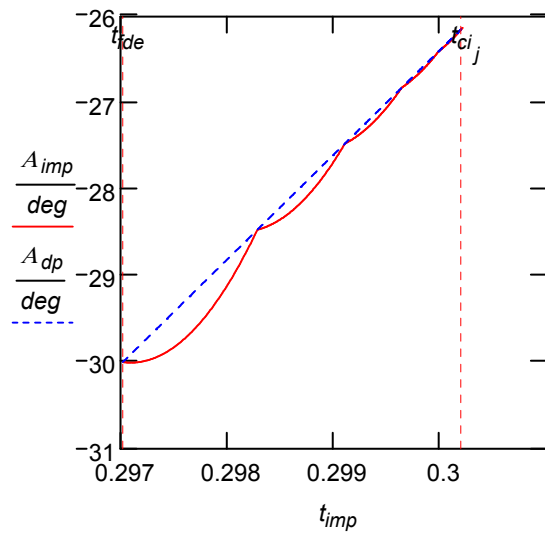
$$\omega_{ci_j} := \omega_r(\Delta t_{ci_j}) \quad \omega_{ci_j} = 25.453 \text{ s}^{-1} \quad \psi_{ci_j} - \psi_{fde} = 3.577 \text{ deg}$$

$$\begin{aligned} \tau_i &:= i \cdot \delta & T_{i,j} &:= t_{ci,j-1} + \tau_i & t_{imp} &:= pile(t_{imp}, T^{\langle j \rangle}) \\ A_{i,j} &:= \alpha_r(\tau_i) & A_{imp} &:= pile(A_{imp}, A^{\langle j \rangle}) & A_{c_{i,j}} &:= \alpha_c(\tau_i) & A_{dp} &:= pile(A_{dp}, A_c^{\langle j \rangle}) \\ \Omega_{i,j} &:= \omega_r(\tau_i) & \Omega_{imp} &:= pile(\Omega_{imp}, \Omega^{\langle j \rangle}) & \Omega_{c_{i,j}} &:= \omega_c(\tau_i) & \Omega_{dp} &:= pile(\Omega_{dp}, \Omega_c^{\langle j \rangle}) \end{aligned}$$

Situation au cinquième choc

$$t_{ci,j} = 0.30021 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{ci,j} &= -26.13 \text{ deg} & \omega_{ci,j} &= 25.453 \text{ s}^{-1} & \omega'_{ci,j} &:= \omega'(\omega_{ci,j}, \omega_a) & \omega'_{ci,j} &= 18.382 \text{ s}^{-1} \\ \psi_{ci,j} &= 6.077 \text{ deg} & \omega_a &= 19.565 \text{ s}^{-1} & \omega'_a &= 19.565 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$



Durée des chocs et fin des percussions

$$n_c := j + 1 \quad n_c = 5 \quad j := 0..n_c - 1$$

$$\Delta t_{nc,j} := \frac{-2 \cdot J_R}{C_r} \cdot (K_{rap} \cdot \omega_a - \omega_{ci,0}) \cdot \frac{\varepsilon_c \cdot (1 - \varepsilon_c^j)}{1 - \varepsilon_c}$$

$$\Delta t_{nc}^T = (0 \quad 0.821 \quad 1.355 \quad 1.702 \quad 1.927) \text{ ms}$$

$$\Delta t_{asympt}(\varepsilon_c) := -2 \cdot \frac{J_R}{C_r} \cdot (K_{rap} \cdot \omega_a - \omega_{ci,0}) \cdot \frac{\varepsilon_c}{1 - \varepsilon_c}$$

$$\Delta t_{asympt}(\varepsilon_c) = 2.346 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$\Delta \alpha_{asympt}(\varepsilon_c) := K_{rap} \cdot \omega_a \cdot \Delta t_{asympt}(\varepsilon_c)$$

$$\Delta \alpha_{asympt}(\varepsilon_c) = 2.846 \text{ deg}$$

$$\Delta \psi_{asympt}(\varepsilon_c) := \omega_a \cdot \Delta t_{asympt}(\varepsilon_c)$$

$$\Delta \psi_{asympt}(\varepsilon_c) = 2.63 \text{ deg}$$

$$\Delta \psi_{dgi}(\varepsilon_c) := \Delta \psi_{asympt}(\varepsilon_c) + \psi_{ci,0} - \psi_{fde}$$

$$\Delta \psi_{dgi}(\varepsilon_c) = 4.046 \text{ deg} \quad \Delta \psi_{ep} = 6 \text{ deg}$$

$$\alpha_{dgi} := \alpha_{ci,0} + \Delta \alpha_{asympt}(\varepsilon_c) \quad \alpha_{dgi} = -25.622 \text{ deg}$$

$$\alpha_{dgi} + \alpha_0 = 4.378 \text{ deg} \quad \Delta \alpha_p = 6.5 \text{ deg}$$

Dans ce cas, la transmission sur le plan d'impulsion de la palette se termine par glissement

Positions et vitesses du balancier au moment des percussions

Positions du balancier $j := 0 \dots n_c - 1$

$$\beta_0 := \frac{-\lambda_a}{2} \quad \rho_{cheville} = 0.2 \text{ mm} \quad \theta_{ci_j} := \theta_{ie}(\psi_{ci_j}) \quad \theta_{ci} = \begin{pmatrix} -7.933 \\ -4.41 \\ -2.138 \\ -0.666 \\ 0.291 \end{pmatrix} \text{ deg}$$

Rapport des vitesses angulaires ω_a/ω_b $\beta(\psi) := \beta_0 + \psi$

Vitesse moyenne du balancier (contrôle)

$$\omega_a = 19.565 \text{ s}^{-1} \quad \kappa_{ie}(\psi_{ci_j}) = \begin{pmatrix} 0.259 \\ 0.263 \\ 0.264 \\ 0.264 \\ 0.264 \end{pmatrix} \quad \omega_{b_{ci_j}} := \frac{\omega_a}{\kappa_{ie}(\psi_{ci_j})} \quad \omega_{b_{ci}} = \begin{pmatrix} 75.408 \\ 74.447 \\ 74.122 \\ 74.032 \\ 74.024 \end{pmatrix} \text{ s}^{-1}$$

Résumé des percussions

Instants des chocs $t_{ci}^T = (0.29828 \quad 0.2991 \quad 0.29964 \quad 0.29999 \quad 0.30021) \text{ s}$

Positions de la roue $\alpha_{ci}^T = (-28.468 \quad -27.472 \quad -26.824 \quad -26.404 \quad -26.13) \text{ deg}$

Vitesses de la roue avant chocs $\omega_{ci}^T = (45.176 \quad 36.773 \quad 31.311 \quad 27.761 \quad 25.453) \text{ s}^{-1}$

Vitesses de la roue avant chocs $\omega'_{ci}^T = (5.563 \quad 11.025 \quad 14.575 \quad 16.882 \quad 18.382) \text{ s}^{-1}$

Positions de l'ancre $\psi_{ci}^T = (3.916 \quad 4.837 \quad 5.435 \quad 5.824 \quad 6.077) \text{ deg}$

Vitesses moyennes de l'ancre et de la roue virtuelle $\omega_a = 19.565 \text{ s}^{-1}$ $\omega_{ra} := K_{rap} \cdot \omega_a$ $\omega_{ra} = 21.168 \text{ s}^{-1}$

Positions du balancier $\theta_{ci}^T = (-7.933 \quad -4.41 \quad -2.138 \quad -0.666 \quad 0.291) \text{ deg}$

Vitesse moyenne du balancier $\omega_{b_{fde}} = 73.45 \text{ s}^{-1}$

Nombre de chocs $\varepsilon := 2.5 \cdot \text{deg}$

$$\Delta\psi_{iep} := \Delta\psi_{ep} + \varepsilon - \psi_{ci_0} \quad nc(\varepsilon_c) := \text{partentière} \left(\frac{\ln \left(1 - \frac{\Delta\psi_{iep}}{\Delta\psi_{asympt}(\varepsilon_c)} \right)}{\ln(\varepsilon_c)} \right) + 1$$

$x := .3, .31 \dots 0.9$ $\varepsilon_c := .5, .51 \dots 1$

Echappement à ancre suisse
à repos équidistants

Impulsion d'entrée
Dynamique (A1)

