

TD – Robot de Vincennes

POINT METHODE :

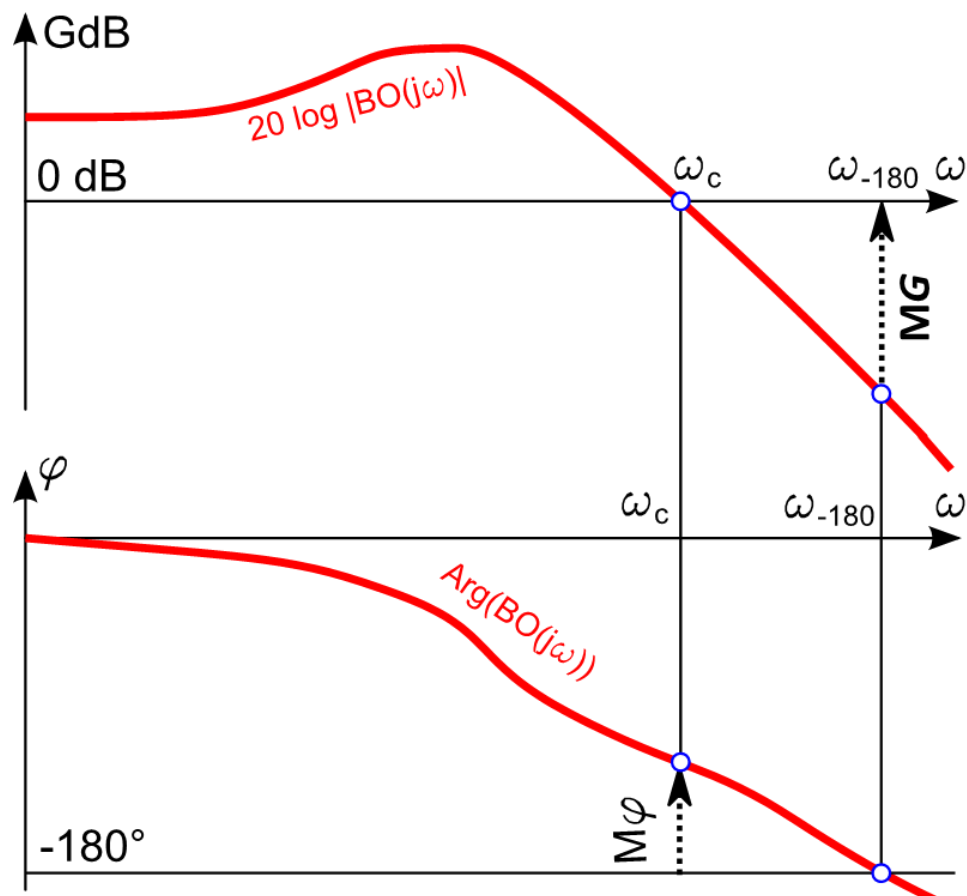
- Détermination de l'écart en BF en fonction de la classe de la BO et de l'entrée (Q3/Q8/1Q2/Q16/Q19/Q27) :

$X(p)$	Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3
	ϵ	ϵ	ϵ	ϵ
$\frac{A}{p}$	$\frac{A}{K_{BO} + 1}$	0	0	0
$\frac{A}{p^2}$	∞	$\frac{A}{K_{BO}}$	0	0
$\frac{A}{p^3}$	∞	∞	$\frac{A}{K_{BO}}$	0

- Temps à 5% pour un premier ordre (Q3/Q8/Q27) :

$$t_{5\%} \simeq 3 \cdot \tau$$

- Marge de Phase / Marge de Gain (Q17) :



ELEMENTS DE CORRECTION :

Q1 :

Stabilité	Rapidité	Précision
Pôles de la FTBF	Temps de réponse à 5%	Erreur statique
Critère de la FTBO (Marge de phase, Marge de gain)	Pulsation propre et pulsation de coupure à 0 dB	Erreur de traînage
		Tableau Classe/Gain de la FTBO

Q2 :

$$H(p) = \frac{\frac{K}{1+K}}{1 + \frac{\tau}{1+K}p} = \frac{K_{BF}}{1 + \tau_{BF}p}$$

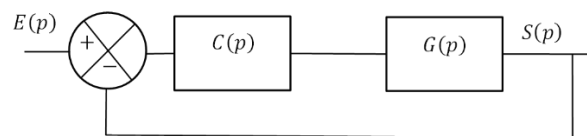
$$K_{BF} = \frac{K}{1+K} = 0,66$$

$$\tau_{BF} = \frac{\tau}{1+K} = 0,33 \text{ s}$$

Q3 :

Stabilité	FTBF du 1 ^{er} ordre → stable d'après son pôle réel négatif $-1/T$. $\omega_{c_0}^{BO} = 1,73 \text{ rad.s}^{-1} \quad M\varphi = 120^\circ$
Rapidité	$t_{r5\%} = 1 \text{ s}$
Précision	$\varepsilon_s = \frac{1}{3} \quad \varepsilon_v = \infty$

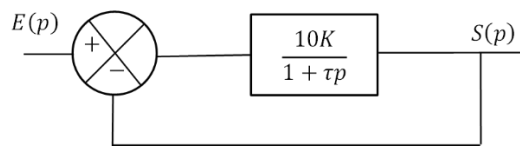
Q4 :



Q5 :

	Stabilité	Précision	Rapidité
$C(p) = K \nearrow$	\searrow	\nearrow	\nearrow
$C(p) = \frac{1}{p}$	\searrow	\nearrow	\searrow
$C(p) = p$	\nearrow	\searrow	\nearrow

Q6 :



Q7 :

$$K_{BF} = \frac{10K}{1+10K} = 0,95 \quad \tau_{BF} = \frac{\tau}{1+10K} = 0,05 \text{ s}$$

Q8 :

Stabilité	FTBF du 1 ^{er} ordre → stable (pôle réel négatif) $\omega_{c_0}^{BO} = 19,97 \text{ rad.s}^{-1}$ $M\varphi = 92,87^\circ$
Rapidité	$t_{r5\%} = 0,15 \text{ s}$
Précision	$\varepsilon_s = 0,05 \quad \varepsilon_v = \infty$

Q9 :

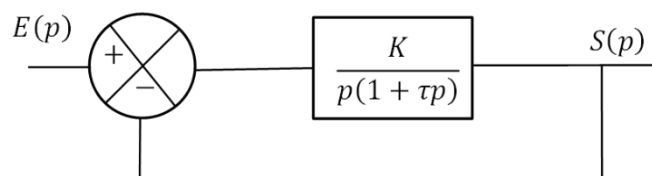
La correction proportionnelle a :

- Diminué la stabilité
- Augmenté la rapidité
- Augmenté la précision

Ecart statique → nul

Ecart en vitesse → fini

Q10 :



Q11 :

$$H(p) = \frac{1}{1 + \frac{1}{K}p + \frac{\tau}{K}p^2}$$

$$K_{BF} = 1 \quad \omega_{0BF} = \sqrt{\frac{K}{\tau}} = 1,41 \text{ rad/s} \quad ; \quad z_{BF} = \frac{1}{2\sqrt{K\tau}} = 0,35$$

Q12 :

Stabilité	FTBF du 2 ^{ème} ordre → stable (partie réelle de ses pôles négative) $\omega_{c_0}^{BO} = 1,25 \text{ rad.s}^{-1}$ $M\varphi = 38,7^\circ$
Rapidité	$t_{r5\%} = 5,66 \text{ s}$
Précision	$\varepsilon_s = 0 \quad \varepsilon_v = 0,5$

Q13 :

La correction intégrale a :

- Diminué la stabilité
- Diminué la rapidité
- Augmenté la précision

Q14 :

En reprenant les formules de la Q11 et en remplaçant K par $K_i K$, il vient :

$$\omega_0^{BF} = \sqrt{K_i K} \quad z_{BF} = \frac{1}{2\sqrt{\tau K_i K}}$$

$$K_i = 0,26$$

$$C(p) = \frac{0,26}{p}$$

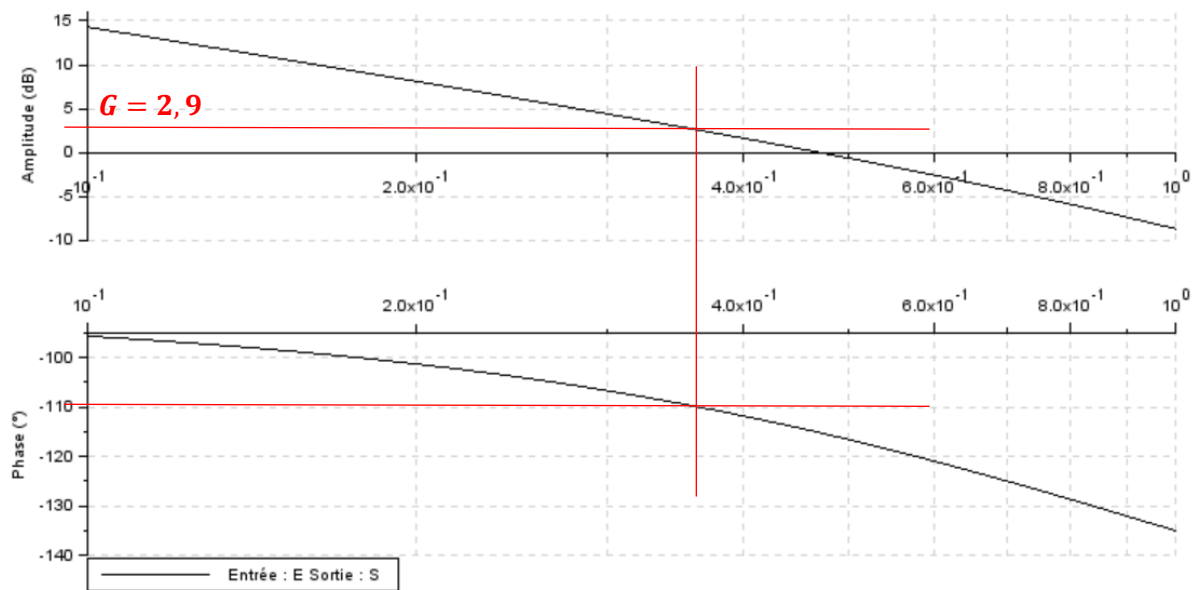
Q15 :

$$K^{BF} = 1 \quad ; \quad z^{BF} = 0,69 \quad ; \quad \omega_0^{BF} = 0,72 \text{ rad/s}$$

Q16 :

Stabilité	FTBF du 2 ^{ème} ordre → stable (partie réelle de ses pôles négative) $\omega_{c_0}^{BO} = 0,47 \text{ rad.s}^{-1}$ $M\varphi = 64,62^\circ$
Rapidité	$t_{r5\%} = 4,14 \text{ s}$
Précision	$\varepsilon_s = 0 \quad \varepsilon_v = 1,9$

Q17 :



$$c = 0,716 \quad C(p) = \frac{0,19}{p}$$

Q18 :

$$K_{BF} = 1 \quad ; \quad \omega_{0BF} = \sqrt{\frac{KK'_i}{\tau}} = 0,62 \text{ rad/s} \quad ; \quad z_{BF} = \frac{\omega_{0BF}}{2KK'_i} = 0,81$$

Q19 :

Stabilité	$\omega_{c_0}^{B0} = 0,36 \text{ rad.s}^{-1} \quad M\varphi = 70,31^\circ$
Rapidité	$t_{r5\%} = 5,35 \text{ s}$
Précision	$\varepsilon_s = 0 \quad \varepsilon_v = 2,63$

Q20 :

	Bouclé	Proportionnel	Intégral pur	Intégral 1	Intégral 2
$C(p)$	1	10	$\frac{1}{p}$	$\frac{0,26}{p}$	$\frac{0,19}{p}$
$M\varphi$	120°	92,9°	38,7°	64,6°	70°
$t_{r5\%}$	1	0,14	5,66	4,14	5,3
ε_s	0,33	0,05	0	0	0
ε_v	$+\infty$	$+\infty$	0,5	1,9	2,6
ω_{c_0}	1,73	19,97	1,25	0,47	0,36

Q21 :

$$A(p) = \frac{1 + aTp}{1 + Tp} \quad ; \quad a > 1$$

$$a = 1,21 \quad T = 1,92 \text{ s}$$

$$A(p) = \frac{1 + 2,32p}{1 + 1,92p}$$

Q22 :

$$M\varphi = 68,22^\circ$$

Q23 :

$$a = 1,35 \quad T = 1,81 \text{ s}$$

$$C(p) = \frac{0,26}{p} \frac{1 + 2,45p}{1 + 1,35p}$$

Q24 :

K_{BO} n'étant pas changé, on ne change pas les écarts.

Q25 :

$$C(p) = K_i \frac{1 + T_i p}{p} \quad ; \quad T_i = \frac{K_p}{K_i}$$

Q26 :

$$T_i = \tau = 1 \text{ s} \quad FTBO(p) = \frac{KK_i}{p}$$

Q27 :

Le réglage proposé donne un premier ordre en BO, et donc en BF, avec un gain statique de 1 (i.e. $\varepsilon_s = 0$).

La marge de phase est de 90° (la phase de la BO est constante à -90°), donc le critère est vérifié.

La précision à un échelon d'entrée est vérifiée.

$$H(p) = \frac{S(p)}{E(p)} = \frac{G(p)}{1 + G(p)} = \frac{\frac{KK_i}{p}}{1 + \frac{KK_i}{p}} = \frac{KK_i}{p + KK_i} = \frac{1}{1 + \frac{1}{KK_i}p} = \frac{K_{BF}}{1 + \tau_{BF}p}$$

$$K_{BF} = 1 \quad \tau_{BF} = \frac{1}{KK_i}$$

Il faut respecter les critères de rapidité et précision à une rampe.

Rapidité : $t_{r5\%} \leq 5 \text{ s}$	Précision à une rampe : $ \varepsilon_v \leq 3 \text{ m. s}^{-1}$
$\tau_{BF} \leq \frac{5}{3}$ $K_i \geq 0,3$	$\varepsilon_v \leq 3$ $K_i \geq 0,1\bar{6}$

Q28 :

$$K_i = 0,3 \quad T_i = \tau = 1 \text{ s} \quad K_p = T_i K_i = 0,3 \quad C(p) = 0,3 \frac{1+p}{p}$$