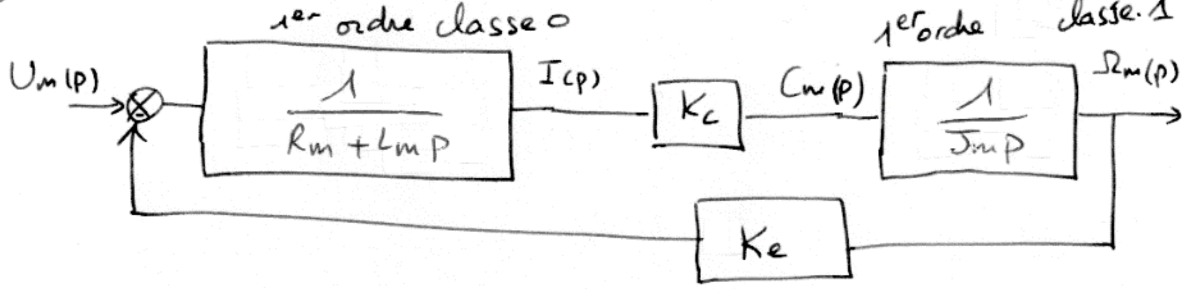
18h23

① Equations du moteur en Laplace :

$$\boxed{\begin{array}{l} U_m(p) = E_m(p) + R_m\, I_m(p) + L_m \cdot p \cdot I(p) \\ E_m(p) = K_e\, \Omega_m(p) \\ J_m \cdot p\, \Omega_m(p) = C_m(p) \\ C_m(p) = K_c\, I_m(p) \end{array}}$$

② Schéma bloc



③ Fonction de transfert du moteur (système bouclé) :

$$H_m(p) = K_c \frac{1}{(R_m + L_m p) J_m p} \times \frac{1}{1 + K_e K_c \dfrac{1}{(R_m + L_m p) J_m p}}$$

$$H_m(p) = K_c \frac{1}{(R_m + L_m p) J_m \cdot p + K_e K_c}$$

$$\boxed{H_m(p) = \frac{1}{K_e} \quad \frac{1}{1 + \dfrac{R_m J_m}{K_e K_c} p + \dfrac{L_m J_m}{K_e K_c} p^2}}$$

18h44

où $\boxed{K = \dfrac{1}{K_e}}$

$$\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{K_e K_c}{L_m J_m}}}$$

$$z = \frac{\omega_0}{2} \frac{R_m J_m}{K_e K_c} \qquad \boxed{z = \frac{R_m}{2} \sqrt{\frac{J_m}{K_e K_c L_m}}}$$

18h46

20h26 20 → 40

(4) $$\frac{K}{(1+\tau_e p)(1+\tau_m p)} = \frac{K}{1+(\tau_e+\tau_m)p+\tau_e\tau_m p^2}$$

$$\underset{\tau_e \ll \tau_m}{\approx} \frac{K}{1+\tau_m p+\tau_e\tau_m p^2}$$

$$= \frac{K}{1+\frac{R_m J_m}{K_e K_c}p + \frac{L_m \cancel{R_m} J_m}{\cancel{R_m} K_e K_c}p^2}$$

$$= H_m(p) \quad \text{avec} \quad K = \frac{1}{K_e}$$

20h29 On retrouve bien la fonction de transfert $H_m(p)$ si $\tau_e \ll \tau_m$

(5) Diagrammes asymptotiques : 2 premiers ordres : $\frac{1}{\tau_e} \gg \frac{1}{\tau_m}$

* $K = \frac{1}{K_e} = 45$ → $20\log K = 33\,dB$ (se superpose au graphe si $\omega \ll \frac{1}{\tau_m}$)
  → $0°$ si $\omega < \frac{1}{\tau_m}$

* $\frac{1}{\tau_m} \ll \omega \ll \frac{1}{\tau_e}$ → $+20\log K - 20\log(\tau_m\omega)$
  (pente à $-20dB$ par décade soit 3 décades, on a bien $-60dB$)
  → $-90°$: ok à $800\,rad/s^2 > \frac{1}{\tau_m}$.

* $\frac{1}{\tau_e} < \omega$ → $20\log K - 20\log(\tau_m\tau_e\omega^2)$
  pente à $-40dB$ par décade
  ↳ de 80000 à 800 000 on a bien $-40dB$
  → $-180°$ en asymptote

20h39

(6) $\tau_e = \frac{L_m}{R_m} \Rightarrow L_m = \frac{1}{\tau_e}R_m = \frac{9{,}1}{80\,000} = 0{,}114 \cdot 10^{-3}\,H$

$\tau_m = \frac{R_m J_m}{K_e K_c}$ $\boxed{J_m = \frac{K_e K_c}{R_m}\cdot\frac{1}{\tau_m}} = \frac{0{,}022^2}{9{,}1}\cdot\frac{1}{80}$

$J_m = 6{,}6 \cdot 10^{-7}\ kg\,m^2$

20h46

20h53 25' → 50

(7) Théorème de la valeur finale :

$$\omega_m(\infty) = \lim_{t\to\infty} \omega_m(t) = \lim_{p\to 0} p\,\Omega_m(p) = \lim_{p\to 0} p \cdot H_m(p)\frac{U_0}{p}$$

$$= \lim_{p\to 0} \frac{U_0}{K_e}$$

$$\boxed{\omega_m(\infty) = \frac{U_0}{K_e}} = \frac{18}{0{,}022}$$

$\underline{\omega_m(\infty) = 818 \text{ rad/s}} < \frac{8000}{30}\cdot\pi = \underline{836 \text{ rad/s}}$

Le moteur ne dépassera pas cette valeur car il se comporte comme un 1er ordre. $\omega_m(\infty)$ est sa vitesse asymptotique.

(8) $\boxed{G(p) = \frac{\Omega_a(p)}{\Omega_m(p)} = \frac{1}{r}}$

$\boxed{M(p) = \frac{1}{p}}$ (intégrateur)

(9) Le critère de précision est vérifié car la FTBO est de classe 1 ($\frac{K}{r} \cdot \frac{1}{(1+\tau_m p)p}$) donc $\boxed{\varepsilon_s = 0}$ $\underline{< 0{,}1° \text{ (exigence)}}$

21h04

(10) Pour $\omega = 1$ rad/s : $-20\log(\|G(j\omega)\cdot M(j\omega)\| = -20\log r$
$= -20\log(23328)$
$= -87$ dB

A cette pulsation $20\log K = 33$ dB

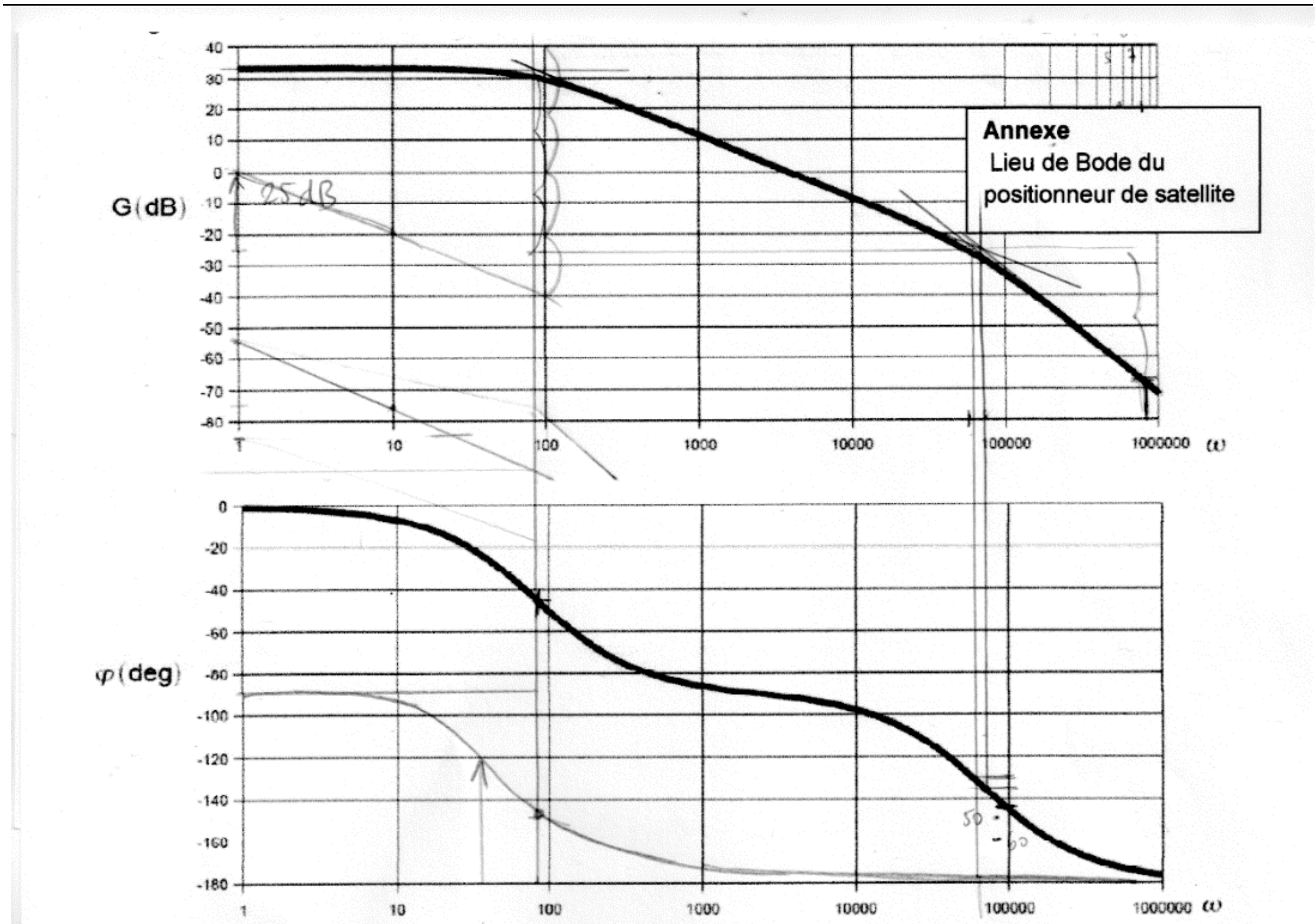
$\Rightarrow$ $\underline{-54 \text{ dB à } \omega = 1 \text{ rad/s}}$

Tant que $\omega < \frac{1}{\tau_m}$: c'est un intégrateur
→ gain : -20 dB/décade
→ phase : $-90°$.

(11) Marge de phase $\underline{\varphi = 180°}$. Le système serait très stable et donc trop lent.

(12) 60° à environ 40 rad/s $\Rightarrow$ $\boxed{G_a = 85 \text{ dB}}$ soit $\boxed{K_a = 18000 \text{ V/rad}}$

21h20


Annexe
Lieu de Bode du positionneur de satellite
G(dB)
φ(deg)
ω
25dB