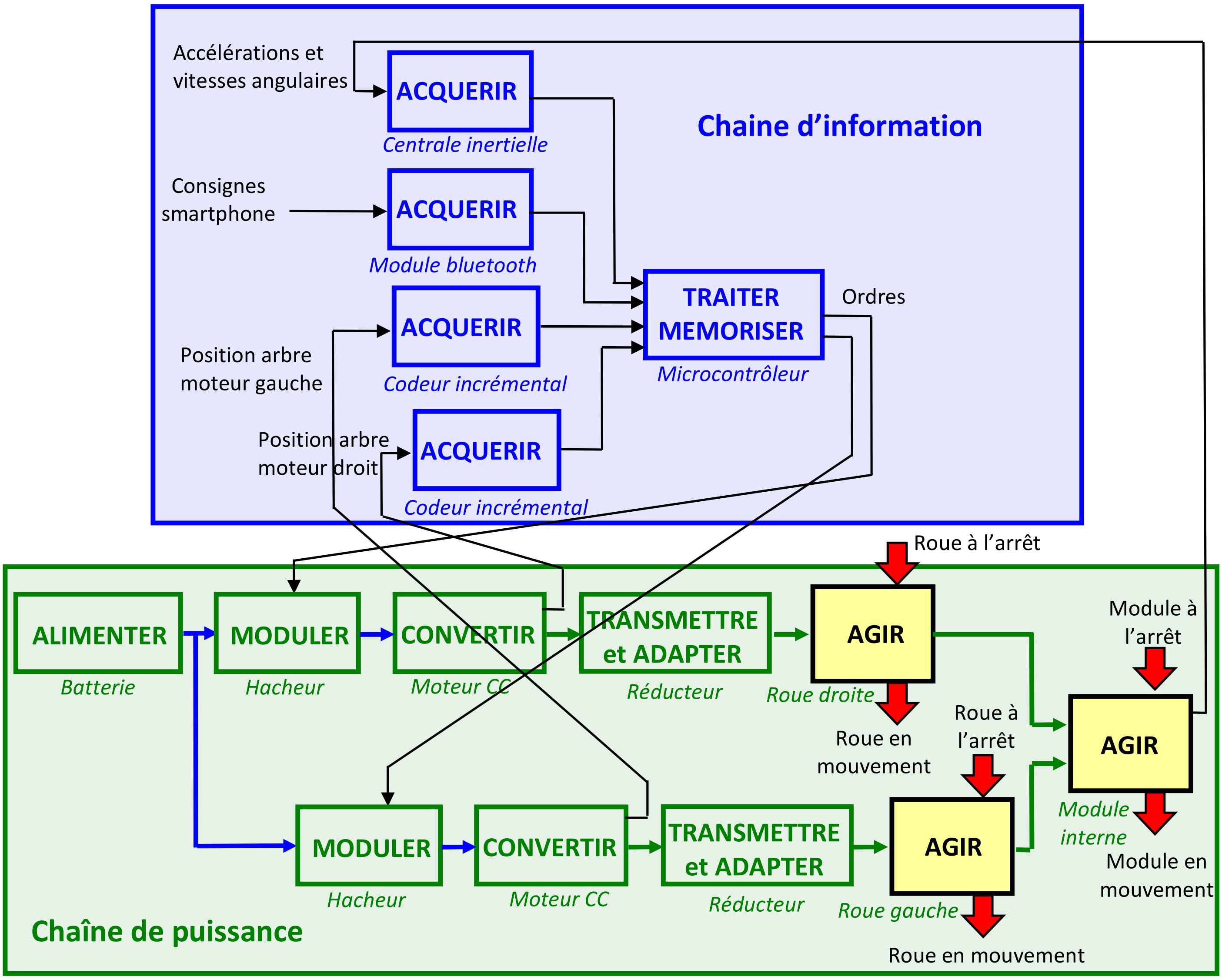
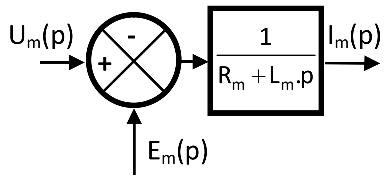
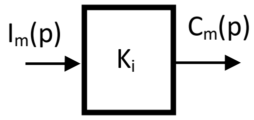
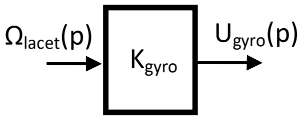
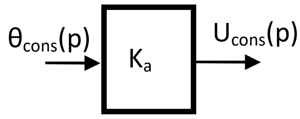
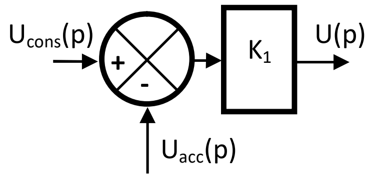
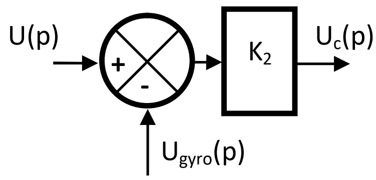
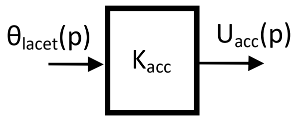
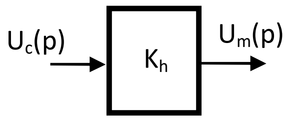
Robot Sphero BB-8 - Corrigé

Q.1. et **Q.2.**

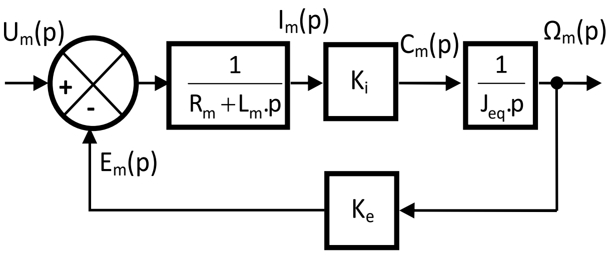


Q.3. et **Q.4.**

Loi entrée/sortie cinématique du réducteur : $\omega_s(t) = K_{red}.\omega_m(t)$	$\Omega_s(p) = K_{red}.\Omega_m(p)$	$\Omega_m(p) \rightarrow \boxed{K_{red}} \rightarrow \Omega_s(p)$
Force contre-électromotrice : $e_m(t) = K_e.\omega_m(t)$	$E_m.(t) = K_e\Omega_m(p)$	$\Omega_m(p) \rightarrow \boxed{K_e} \rightarrow E_m(p)$
L'équation mécanique du moteur : $J_{eq}.\dfrac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t)$	$J_{eq}.p.\Omega_m(p) = C_m.(p)$	$C_m(p) \rightarrow \boxed{\dfrac{1}{J_{eq}.p}} \rightarrow \Omega_m(p)$

L'équation électrique de l'induit : $U_m(t) = R_m.i_m(t) + L_m.\frac{d}{dt}i_m(t) + e_m(t)$	$U_m.(p) = (R_m + L_m.p).I_m.(p) + E_m.(p)$	
Couple moteur dans la bobine : $C_m(t) = K_i.i_m(t)$	$C_m.(p) = K_i.I_m.(p)$	
Gyromètre : $u_{gyro}(t) = K_{gyro}.\omega_{lacet}(t)$	$U_{gyro}(p) = K_{gyro}.\Omega_{lacet}(p)$	
Adaptateur : $u_{cons}(t) = K_a.\theta_{cons}(t)$	$U_{cons}(p) = K_a.\theta_{cons}(p)$	
Calculateur : $\varepsilon_1(t) = u_{cons}(t) - u_{acc}(t)$ $u(t) = K_1.\varepsilon_1(t)$ $\varepsilon_2(t) = u(t) - u_{gyro}(t)$ $u_c(t) = K_2.\varepsilon_2(t)$	$\varepsilon_1(p) = U_{cons}(p) - U_{acc}(p)$ $U(p) = K_1.\varepsilon_1(p)$ $\varepsilon_2(p) = U(p) - U_{gyro}(p)$ $U_c(p) = K_2.\varepsilon_2(p)$	
Accéléromètre : $u_{acc}(t) = K_{acc}.\theta_{lacet}(t)$	$U_{acc}(p) = K_{acc}.\theta_{lacet}(p)$	
Hacheur : $u_m(t) = K_h.u_c(t)$	$U_m(p) = K_h.U_c(p)$	

Q.5. Schéma bloc moteur seul :



Q.6. et **Q.7.** Fonction de transfert boucle fermée du moteur

$$H_{m1}(p)=\frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}=\frac{1}{K_e}.\frac{\dfrac{K_i.K_e}{(R_m+L_m.p).J_{eq}.p}}{1+\dfrac{K_i.K_e}{(R_m+L_m.p).J_{eq}.p}}=\frac{1}{K_e}.\frac{K_i.K_e}{R_m.J_{eq}.p+L_m.J_{eq}.p^2+K_i.K_e}=\frac{\dfrac{1}{K_e}}{1+\dfrac{R_m.J_{eq}}{K_i.K_e}.p+\dfrac{L_m.J_{eq}}{K_i.K_e}.p^2}$$

$$H_{m1}(p)=\frac{K_1}{1+2\dfrac{z_1}{\omega_1}.p+\dfrac{1}{\omega_1{}^2}.p^2}\quad \text{avec } K_1=\frac{1}{K_e}\ ;\ \omega_1=\sqrt{\frac{K_i.K_e}{L_m.J_{eq}}}\ \text{ et } z_1=\frac{1}{2}.\frac{R_m.J_{eq}}{K_i.K_e}.\sqrt{\frac{K_i.K_e}{L_m.J_{eq}}}=\frac{1}{2}.R_m.\sqrt{\frac{J_{eq}}{L_m.K_i.K_e}}$$

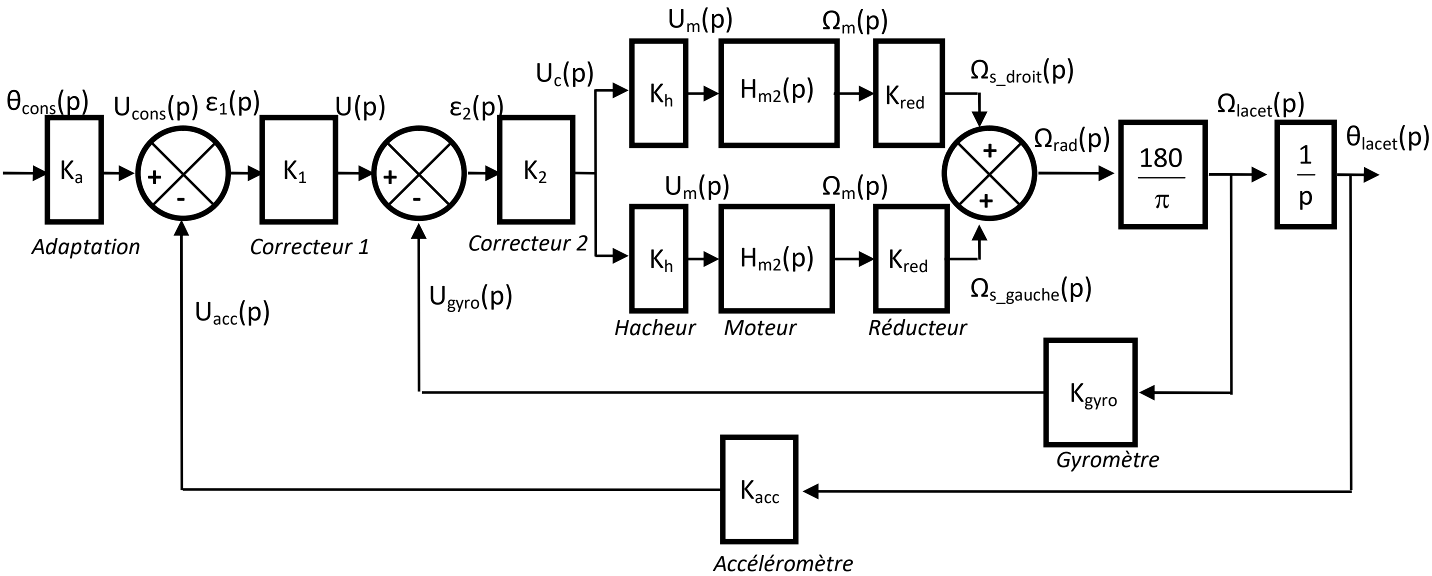
Unités : K_1 en $V^{-1}.s^{-1}$; ω_1 en rad/s et z_1 adimensionnel

Q.8. et **Q.9.** Fonction de transfert boucle fermée du moteur → On considère que $L_m=0$

$$H_{m2}(p)=\frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}=\frac{1}{K_e}.\frac{\dfrac{K_i.K_e}{R_m.J_{eq}.p}}{1+\dfrac{K_i.K_e}{R_m.J_{eq}.p}}=\frac{\dfrac{1}{K_e}}{1+\dfrac{R_m.J_{eq}}{K_i.K_e}.p}=\frac{K_{m2}}{1+\tau_{m2}.p}\quad \text{avec } K_{m2}=\frac{1}{K_e}\ \text{ et } \tau_{m2}=\frac{R_m.J_{eq}}{K_i.K_e}$$

Unités : K_{m2} en $V^{-1}.s^{-1}$; τ_{m2} en s

Q.10.



Q.11. Variable d'entrée : $\theta_{cons}(p)$ Variable de sortie : $\theta_{lacet}(p)$

Q.12. $K_a = K_{acc}$ pour que $\theta_{lacet}(t)$ soit correctement asservi sur la consigne $\theta_{cons}(t)$.

Q.13. $\frac{180}{\pi}$ → conversion des unités de la variable d'entrée en rad/s vers des °/s sur la variable de sortie.

Q.14. $\Omega_{rad}(p)=\Omega_{s\_gauche}(p)+\Omega_{s\_droite}(p)=2.K_h.\dfrac{K_{m2}}{1+\tau_{m2}.p}.K_{red}.U_c(p)\ \rightarrow H_{m3}(p)=\dfrac{\Omega_{rad}(p)}{U_c(p)}=\dfrac{2.K_h.K_{m2}.K_{red}}{1+\tau_{m2}.p}=\dfrac{K_{m3}}{1+\tau_{m3}.p}$

où $K_{m3}=2.K_h.K_{m2}.K_{red}$ et $\tau_{m3}=\tau_{m2}$

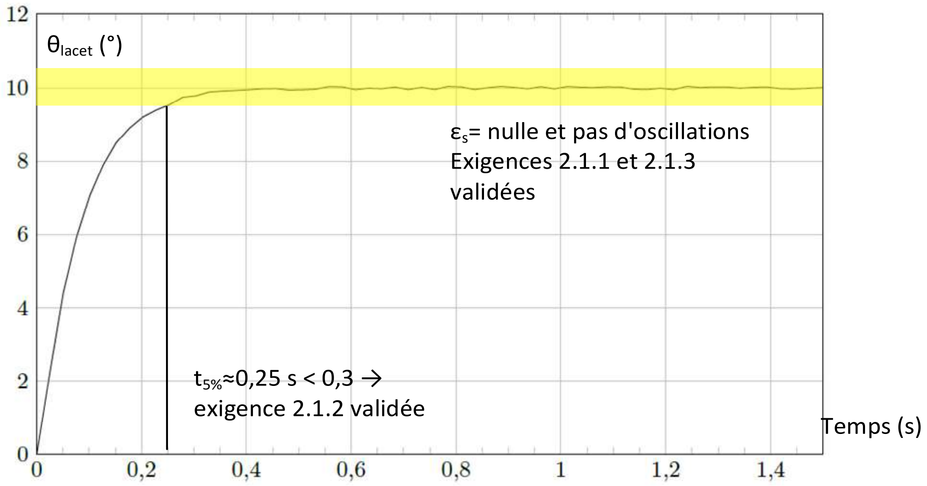
Q.15. $H_{BO\_V}(p)=\dfrac{U_{gyro}(p)}{\varepsilon_2(p)}=\dfrac{K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}.K_{gyro}}{1+\tau_{m3}.p}$ ordre 1 classe 0

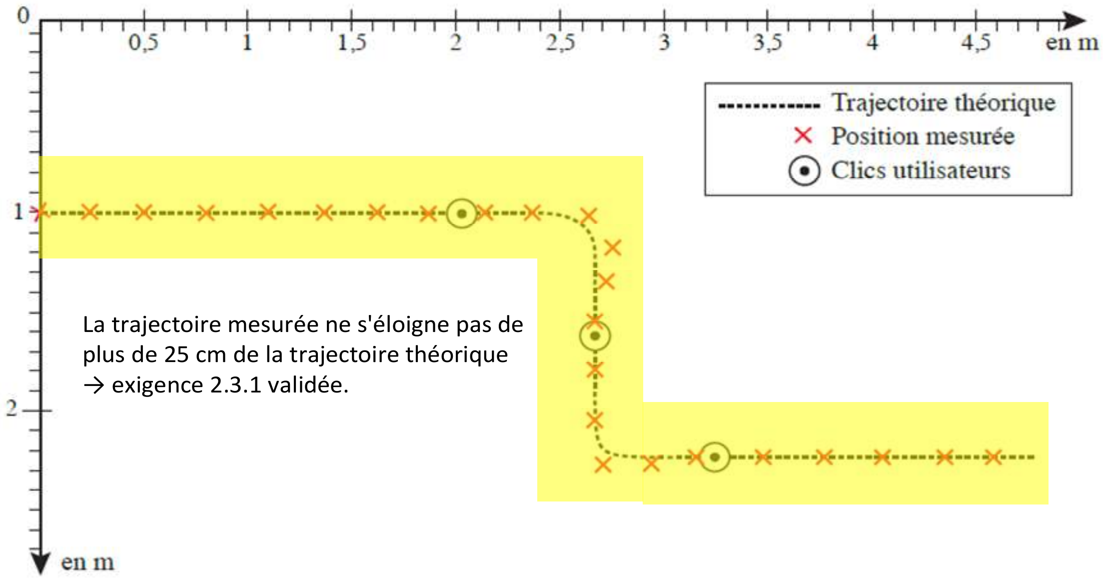
$$H_{CD\_V}(p)=\frac{\Omega_{lacet}(p)}{\varepsilon_2(p)}=\frac{K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}}{1+\tau_{m3}.p}$$ ordre 1 classe 0

$$H_{BF\_V}(p)=\frac{\Omega_{lacet}(p)}{U(p)}=\frac{\dfrac{K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}}{1+\tau_{m3}.p}}{1+\dfrac{K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}.K_{gyro}}{1+\tau_{m3}.p}}=\frac{K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}}{1+\tau_{m3}.p+K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}.K_{gyro}}=\frac{\dfrac{K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}}{1+K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}.K_{gyro}}}{1+\dfrac{\tau_{m3}}{1+K_2.K_{m3}.\dfrac{180}{\pi}.K_{gyro}}.p}$$

Ordre 1 classe 1.

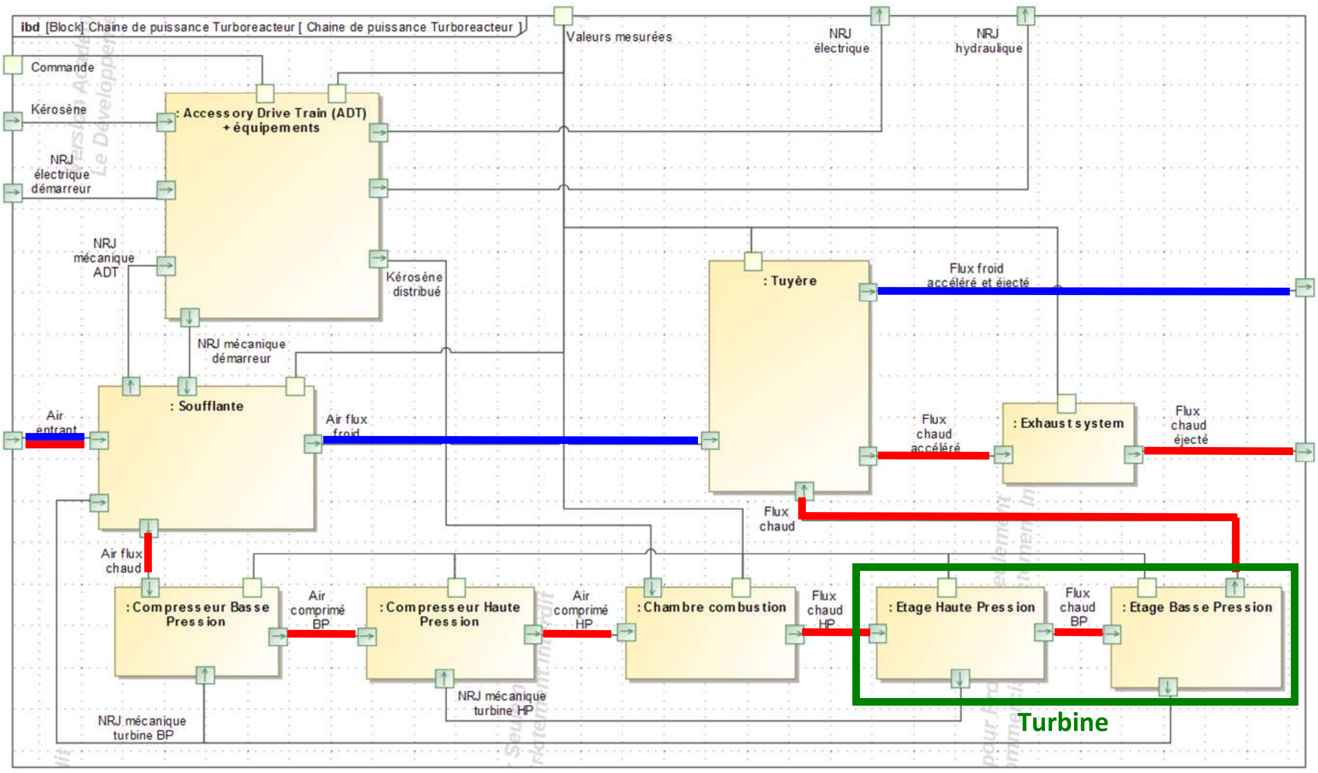
Q.16.





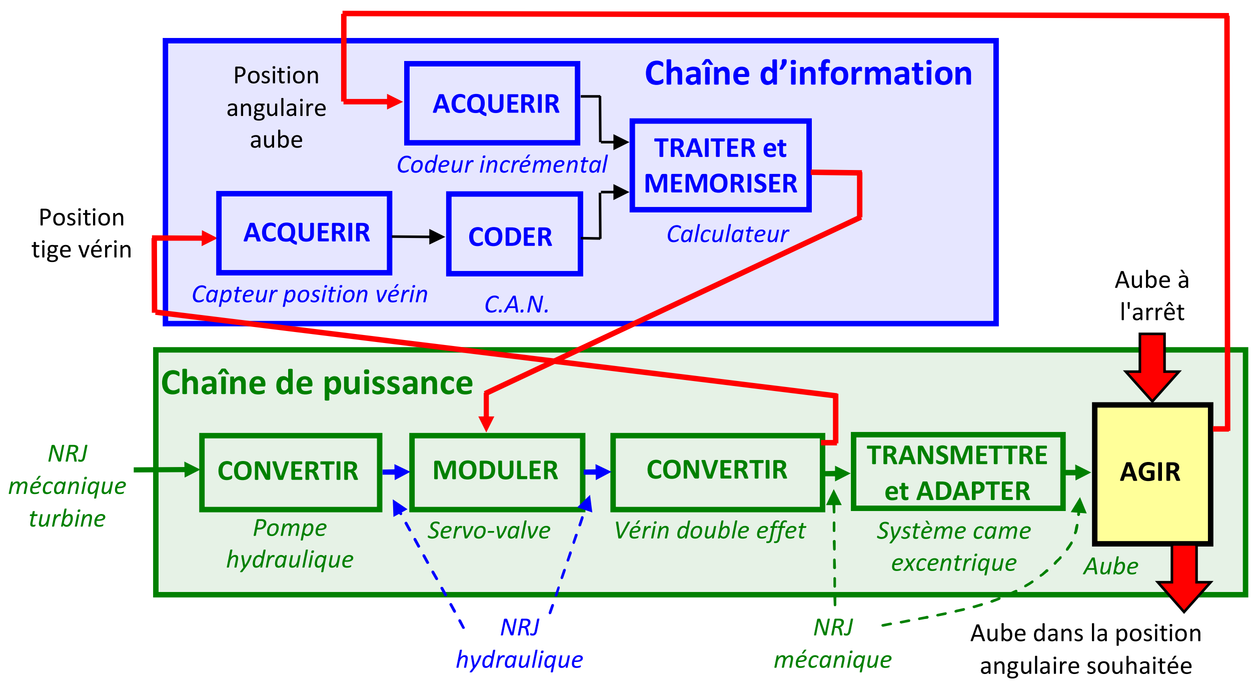
Etude du dispositif d'orientation des aubes du système contrarotatif équipant le moteur Open Rotor - Corrigé

Q.1.

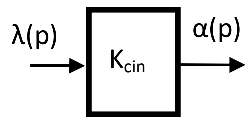
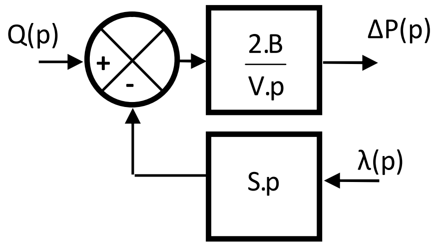
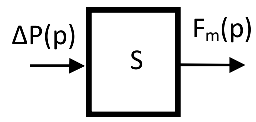
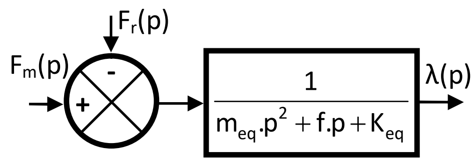
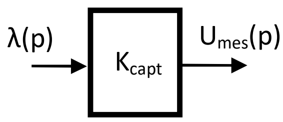
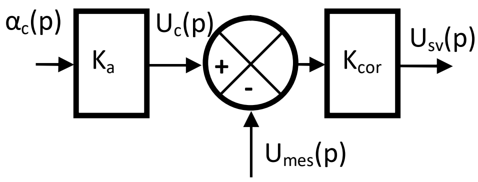
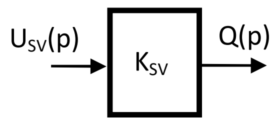


Q.2. C'est l'ADT qui possède le démarreur parmi ses équipements qui assure le démarrage de la soufflante.

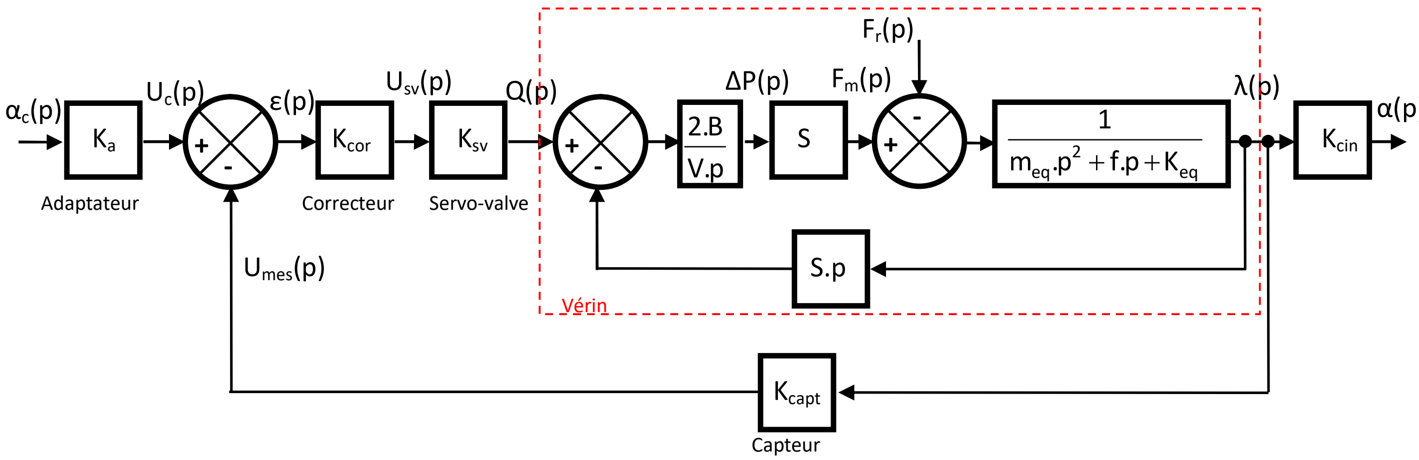
Q.3. et **Q.4.**



Q.5. et **Q.6.** Modèle de connaissance

Loi entrée/sortie géométrique : $\alpha(t)=K_{cin}.\lambda(t)$	$\alpha(p)=K_{cin}.\lambda(p)$	
Equation de débit : $q(t)=S.\frac{d\lambda(t)}{dt}+\frac{V}{2.B}.\frac{d\Delta P(t)}{dt}$	$Q(p)=S.p.\lambda(p)+\frac{V}{2.B}.p.\Delta P(p)$	
Effort du piston : $F_m(t)=S.\Delta P(t)$	$F_m(t)=S.\Delta P(t)$	
Equation dynamique : $F_m(t)-F_r(t)-f.\frac{d\lambda(t)}{dt}=m_{eq}.\frac{d^2\lambda(t)}{dt^2}+K_{eq}.\lambda(t)$	$F_m(p)-F_r(p)=m_{eq}.p^2.\lambda(p)+f.p.\lambda(p)+K_{eq}.\lambda(p)$	
Capteur position : $u_{mes}(t)=K_{capt}.\lambda(t)$	$U_{mes}(p)=K_{capt}.\lambda(p)$	
Calculateur : $u_c(t)=K_a.\alpha_c(t)$ $\varepsilon(t)=u_c(t)-u_{mes}(t)$ $u_{sv}(t)=K_{cor}.\varepsilon(t)$	$U_c(p)=K_a.\alpha_c(p)$ $\varepsilon(p)=U_c(p)-U_{mes}(p)$ $U_{sv}(p)=K_{cor}.\varepsilon(t)$	
Servo-valve : $q(t)=K_{sv}.u_{sv}(t)$	$Q(p)=K_{sv}.U_{sv}(p)$	

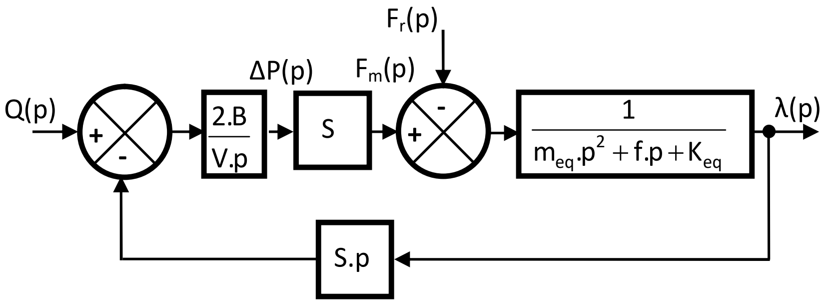
Q.7.



Q.8. Variables d'entrée : $\alpha_c(p)$ et $F_r(p)$ Variable de sortie : $\alpha(p)$

Q.9. Il faut que $K_a = \dfrac{K_{capt}}{K_{cin}}$ pour que la position des aubes soit correctement asservie sur la consigne de position.

Q.10. Schéma bloc vérin seul :



Q.11. et **Q.12.** Fonction de transfert boucle fermée en poursuite du vérin

$$H_{v1}(p)=\frac{\lambda(p)}{Q(p)}=\frac{1}{S.p}.\frac{\dfrac{2.B.S^2.p}{V.p.(m_{eq}.p^2+f.p+K_{eq})}}{1+\dfrac{2.B.S^2.p}{V.p.(m_{eq}.p^2+f.p+K_{eq})}}=\frac{1}{S.p}.\frac{2.B.S^2}{V.m_{eq}.p^2+V.f.p+V.K_{eq}+2.B.S^2}$$

$$H_{v1}(p)=\frac{\lambda(p)}{Q(p)}=\frac{1}{S.p}.\frac{\dfrac{2.B.S^2}{V.K_{eq}+2.B.S^2}}{\dfrac{V.m_{eq}}{V.K_{eq}+2.B.S^2}.p^2+\dfrac{V.f}{V.K_{eq}+2.B.S^2}.p+1}=\frac{1}{p}.\frac{\dfrac{2.B.S}{V.K_{eq}+2.B.S^2}}{\dfrac{V.m_{eq}}{V.K_{eq}+2.B.S^2}.p^2+\dfrac{V.f}{V.K_{eq}+2.B.S^2}.p+1}$$

$$H_{v1}(p)=\frac{K_1}{p.(1+2\dfrac{z_1}{\omega_1}.p+\dfrac{1}{\omega_1{}^2}.p^2)}\qquad \text{avec : } K_1=\frac{2.B.S}{V.K_{eq}+2.B.S^2}\ ;\ \omega_1=\sqrt{\frac{V.K_{eq}+2.B.S^2}{V.m_{eq}}}$$

et $z_1=\dfrac{1}{2}.\dfrac{V.f}{V.K_{eq}+2.B.S^2}.\sqrt{\dfrac{V.K_{eq}+2.B.S^2}{V.m_{eq}}}=\dfrac{1}{2}.\dfrac{V.f}{\sqrt{V.m_{eq}.(V.K_{eq}+2.B.S^2)}}$ Unités : K_1 en m^{-2} ; ω_1 en rad/s et z_1 [1]

Q.13. et **Q.14.** Fonction de transfert boucle fermée en poursuite du vérin et on considère que $K_{eq} = 0$

$$H_{v2}(p)=\frac{\lambda(p)}{Q(p)}=\frac{1}{S.p}.\frac{\dfrac{2.B.S^2.p}{V.p.(m_{eq}.p^2+f.p)}}{1+\dfrac{2.B.S^2.p}{V.p.(m_{eq}.p^2+f.p)}}=\frac{1}{S.p}.\frac{2.B.S^2}{V.m_{eq}.p^2+V.f.p+2.B.S^2}=\frac{1}{S.p}.\frac{1}{\dfrac{V.m_{eq}}{2.B.S^2}.p^2+\dfrac{V.f}{2.B.S^2}.p+1}$$

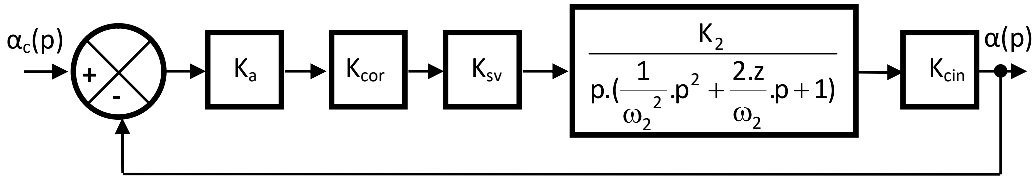
$$H_{v2}(p)=\frac{K_2}{p.(1+2\dfrac{z_2}{\omega_2}.p+\dfrac{1}{\omega_2{}^2}.p^2)}\quad \text{avec : } K_2=\frac{1}{S}\ ;\ \omega_2=\sqrt{\frac{2.B.S^2}{V.m_{eq}}}\ \text{ et } z_2=\frac{1}{2}.\frac{V.f}{2.B.S^2}.\sqrt{\frac{2.B.S^2}{V.m_{eq}}}=\frac{1}{2}.\frac{V.f}{\sqrt{V.m_{eq}.2.B.S^2)}}$$

Unités : K_2 en m^{-2} ; ω_2 en rad/s et z_2 [1]

Q.15. $H_{BO}(p)=\dfrac{U_{mes}(p)}{\varepsilon(p)}=K_{cor}.K_{sv}.\dfrac{K_2}{p.(1+2\dfrac{z_2}{\omega_2}.p+\dfrac{1}{\omega_2{}^2}.p^2)}.K_{capt}$ ordre 3 classe 1

$H_{CD}(p)=\dfrac{\alpha(p)}{\varepsilon(p)}=K_{cor}.K_{sv}.\dfrac{K_2}{p.(1+2\dfrac{z_2}{\omega_2}.p+\dfrac{1}{\omega_2{}^2}.p^2)}.K_{cin}$ ordre 3 classe 1

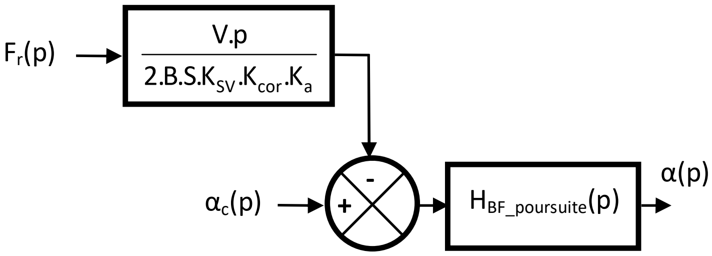
Q.16. On manipule le schéma bloc pour se ramener à retour unitaire :



$$H_{BF\_poursuite}(p)=\frac{K_a.K_{cor}.K_{sv}.\frac{K_2}{p.(1+2\frac{z_2}{\omega_2}.p+\frac{1}{\omega_2^2}.p^2)}.K_{cin}}{1+K_a.K_{cor}.K_{sv}.\frac{K_2}{p.(1+2\frac{z_2}{\omega_2}.p+\frac{1}{\omega_2^2}.p^2)}.K_{cin}}$$ on pose $K_{BO}=K_a.K_{cor}.K_{sv}.K_2.K_{cin}$

$$H_{BF\_poursuite}(p)=\frac{K_{BO}}{p.(1+2\frac{z_2}{\omega_2}.p+\frac{1}{\omega_2^2}.p^2)+K_{BO}}=\frac{1}{1+\frac{1}{K_{BO}}.p+\frac{2}{K_{BO}}.\frac{z_2}{\omega_2}.p^2+\frac{1}{K_{BO}}.\frac{1}{\omega_2^2}.p^3}$$ ordre 3 classe 0

Q.17. En régulation :



Q.18. Déterminer la fonction de transfert $H_{BF\_régulation}(p)=\frac{\alpha(p)}{F_r(p)}$

$$H_{BF\_régulation}(p)=\frac{V.p}{2.B.S.K_{SV}.K_{cor}.K_a}.H_{BF\_poursuite}(p)=\frac{V.p}{2.B.S.K_{SV}.K_{cor}.K_a}.\frac{1}{1+\frac{1}{K_{BO}}.p+\frac{2}{K_{BO}}.\frac{z_2}{\omega_2}.p^2+\frac{1}{K_{BO}}.\frac{1}{\omega_2^2}.p^3}$$

Q.19. $\alpha(p)=H_{BF\_poursuite}(p).\alpha_c(p)-H_{BF\_régulation}(p).F_r(p)$

Q.20. Le réglage du correcteur n'est pas encore assez satisfaisant :