

Exercice préliminaire

P.1% La valeur de courant si $U = 6V$
d'après la caractéristique $U = f(I)$

$U = 6V \Rightarrow I = 6A$

P.2% La pente de la droite caractéristique

d'après la caractéristique, la pente a est exprimée par : $a = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{15 - 0}{0 - 10}$

d'où : $a = -1.5 V/A$

P.3% La valeur de la tension U à vide.

d'après la caractéristique : $I = 0A$

$\Rightarrow U = 15V$

P.4% Équation de la droite $U = f(I)$

on a, la caractéristique est une droite, donc l'équation s'écrit comme suit :

$U = aI + b$

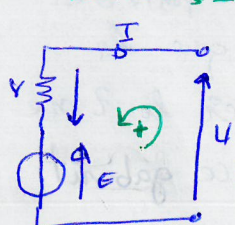
avec : a : la pente de la caractéristique

b : la tension à vide pour $I = 0$

donc : $a = -1.5 V/A, b = 15V$

d'où : $U = -1.5I + 15$

P.5% Expression de U en fonction de E, r et I



d'après la loi des mailles :

$U + rI - E = 0$

$\Rightarrow U = E - r.I$

P.6% Les valeurs numériques de E et r

à partir de la question P.5 et P.4 :

on a $U = E - r.I = 15 - 1.5I$

Par identification :

$\begin{cases} E = 15V \\ r = 1.5\Omega \end{cases}$

P.7% Les valeurs de U, I :

+ la valeur de tension

d'après le diviseur de tension :

$U = E \frac{R}{R+r} \Rightarrow U = 12V$

+ la valeur de courant I .

d'après la loi d'ohm : $U = R.I$

donc : $I = \frac{U}{R} \Rightarrow I = 2A$

P.8% La puissance consommée par R

la puissance consommée par R est exprimée

par : $P = U.I = \frac{U^2}{R} = RI^2$

$\Rightarrow P = 24W$

P.9% Énergie totale E_T

la batterie : Ni-MH - 15V - 4Ah
tension à vide $\left[\right]$ Capacité C

on a $E_T [Wh] = U [V] \cdot I [A] \cdot t [h]$

donc : $E_t = U \cdot C \Rightarrow E_T = 15 \times 4$

$E_T = 60 Wh$

P.10% l'autonomie t

on $E_T = P \cdot t \Rightarrow t = \frac{E_T}{P} = \frac{60}{24}$

d'où : $t = 2.5h$

Partie A - Mesure de la $F_i O_2$ et autonomie en O_2

A.1. Étendue de mesure de capteur O_2

d'après le document constructeur :

- pour la série KE-12 $\Rightarrow O_{2\min} = 0\%$
 $O_{2\max} = 100\%$

dmc : $E.M = O_{2\max} - O_{2\min}$

$$E.M = 100\%$$

+ la plage de la tension fournie V_E

Pour $O_2 = 0\% \Rightarrow V_E = 0V$

Pour $O_2 = 100\% \Rightarrow V_E = 140mV$

d'où : $0 < \Delta V_E < 140mV$

A.2. Régime de fonctionnement de l'AOP

L'amplificateur AOP présente un réglage négatif ($V_s \rightarrow$ borne "-"), dmc, il fonctionne en régime linéaire

A.3. Expression de $V_s = f(V_E, R_1, R_2)$

On a : x AOP par fait : $i^+ = i^- = 0$

* AOP fonctionne en régime linéaire

$$\Rightarrow V^+ = V^- \Rightarrow E = 0$$

on calcule V^- en appliquant le diviseur de tension :

$$V^- = V_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

après le $V^+ \Rightarrow V^+ = V_E$

comme $V^+ = V^-$

d'où :

$$\Rightarrow V_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = V_E \Rightarrow V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_E$$

A.4. La relation entre R_1 et R_2

On a : $V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_E$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{V_s}{V_E} - 1 \Rightarrow R_2 = \left(\frac{V_s}{V_E} - 1\right) R_1$$

lorsque : $F_i O_2 = 100\% \Rightarrow V_s = 5V$

$$\downarrow V_E = 140mV$$

d'où : $R_2 = 34.71 \cdot R_1$

A.5. type de filtre

d'après la figure 79, ce filtre est un filtre passe bas

- la fréquence de coupure f_c

à $G_{\max} - 3dB \Rightarrow f = f_c = 100Hz$
 \downarrow 0dB

A.6. La pente du filtre

On a $\omega_c = 2\pi f = 200\pi Hz$

dmc : pour $\omega = 10\omega_c \rightarrow G = -20dB$
 $= 2000\pi Hz$
 \downarrow 2 décades

ou

pour $f = 10f_c \rightarrow G = -20dB$
 \downarrow 1 décade

dmc la pente du filtre : $-20dB/dec$

donc, il s'agit bien d'un filtre passe bas premier ordre

A.7. le gabarit présente une pente de $-40dB/dec$, ce qui signifie que la réponse du filtre, va couper la zone interdite (Hochurée), donc ce filtre ne respecte pas le gabarit.

A.8 - Expression du volume d'air inspiré

Le volume d'air inspiré en une minute peut être calculé en multipliant le volume inspiré par cycle respiratoire (V_i) par la fréquence respiratoire F_r ce qui donne :

$$V_M = V_i \times F_r$$

Pour calculer V_i , nous devons d'abord trouver le volume inspiré pendant la phase d'inspiration $V_{i\text{ins}}$

$$\Rightarrow V_{i\text{ins}} = Q_i \cdot T_{i\text{ins}}$$

⚠ pendant la phase d'expiration, aucun volume d'air n'est inspiré, donc : $V_{i\text{exp}} = 0$

ainsi, le volume total inspiré par cycle respiratoire (V_i) est la somme des volumes pendant les phases d'inspiration et d'expiration

$$V_i = V_{i\text{ins}} + V_{i\text{exp}} = Q_i \cdot T_{i\text{ins}}$$

Ensuite, en remplaçant V_i dans V_M :

$$V_M = Q_i \cdot T_{i\text{ins}} \times F_r$$

$$V_M = [L/s] \cdot [s] \cdot [\text{cycle}/\text{min}] = [L/\text{min}]$$

$$V_M = 0,25 \cdot 2 \cdot 12 \Rightarrow V_M = 6 \text{ L/min}$$

A.9% l'autonomie théorique en O_2

$$\text{On a : } V_{O_2} = \frac{F_i O_2 - 0,21}{0,79} \cdot V_M$$

Nous devons calculer V_{O_2} avec

$$F_i O_2 = 50\% \text{ et } V_M = 6 \text{ L/min}$$

donc :

$$V_{O_2} = \frac{0,50 - 0,21}{0,79} \times 6$$

$$V_{O_2} = 2,202 \text{ L/min}$$

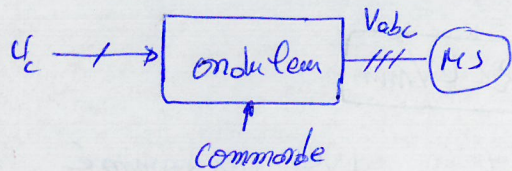
Donc, le volume d' O_2 consommé par minute est d'environ 2,2025 L/min maintenant, on va calculer l'autonomie théorique en O_2 :

$$\text{Autonomie théorique} = \frac{\text{Volume de la bouteille}}{\text{Volume consommé par min}}$$

$$A.t = \frac{2 \times 200 \text{ L}}{2,2025 \text{ L/min}}$$

$$A.t = 181,61 \text{ min} = 3 \text{ h } 00 \text{ min } 2 \text{ sec}$$

Partie B - Étude de l'alimentation de la turbine



B.1 / La commande des interrupteurs

On deux cas : si on prend K_1 et K_2

- si ils sont fermés au même temps provoque un court-circuit de source d'entrée (source de tension)

- si ils sont ouverts au même temps provoque l'ouverture de la source sortie (source de courant - phox de MS)

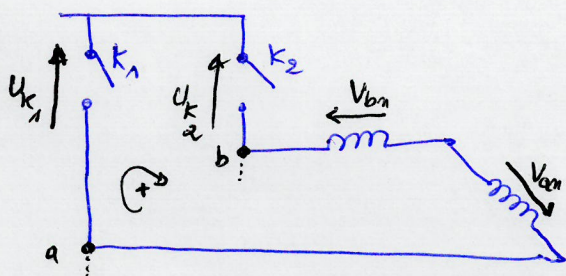
et d'après les règles d'association des sources. une source de tension ne doit pas être fermée et qu'une source de courant ne doit pas être jamais ouverte

Pour éviter cela, les interrupteurs dans un même bras sont commandés de manière complémentaire.

$$K_4 = \overline{K_1}, \quad K_5 = \overline{K_2} \quad \text{et} \quad K_6 = \overline{K_3}$$

B.2 - La relation entre U_{an} , U_{bn} , U_{cn} et U_{K1} , U_{K2}

On prend la maille suivante :



d'où par la loi des mailles, on a :

$$U_{K1} - U_{K2} - U_{bn} + U_{cn} = 0$$

$$\Rightarrow U_{cn} - U_{bn} = U_{K2} - U_{K1}$$

B.3 / La relation entre U_{an} , U_{cn} , U_{K1} et U_{K3}

on va tirer cette relation par analogie avec la quest précédente

$$\text{on a : } U_{cn} - U_{bn} = U_{K2} - U_{K1}$$

On a dans le schéma :

+ U_{cn} reliée à la phox 1

+ U_{bn} " " " " 2

d'où : par analogie :

$$U_{cn} - U_{an} = U_{K3} - U_{K1}$$

B.4 / Expression de U_{an} , U_{bn} et U_{cn}

On a :

$$U_{an} + U_{bn} + U_{cn} = 0$$

$$\Rightarrow U_{an} = -U_{bn} - U_{cn}$$

$$\Rightarrow 2U_{an} + U_{cn} = 2U_{cn} - U_{bn} - U_{cn}$$

$$\Rightarrow 3U_{an} = (U_{cn} - U_{bn}) + (U_{cn} - U_{cn})$$

$$\text{comme : } \begin{cases} U_{cn} - U_{bn} = U_{K2} - U_{K1} \\ U_{cn} - U_{cn} = U_{K3} - U_{K1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow 3U_{an} = -2U_{K1} + U_{K2} + U_{K3}$$

$$\text{d'où : } U_{an} = -\frac{2}{3}U_{K1} + \frac{1}{3}U_{K2} + \frac{1}{3}U_{K3}$$

par analogie :

$$U_{bn} = \frac{1}{3}U_{K1} - \frac{2}{3}U_{K2} + \frac{1}{3}U_{K3}$$

$$U_{cn} = \frac{1}{3}U_{K1} + \frac{1}{3}U_{K2} - \frac{2}{3}U_{K3}$$

B.5 / les chronogrammes

Voir le document réponse N°1

B.6 / la séquence des interrupteurs de L_p

commande disjointe (120°)

Voir le document de réponse N°2

B.7 / Expression de U_m

au moment de passage par zéro

$$\Rightarrow e_a + e_b + e_c = 0 \text{ et que } i_c = 0$$

avec : $i_b = -i_a$

$$e_a = U_a - R i_a - L \frac{d i_a}{dt} - U_m$$

$$e_b = U_b - R i_b - L \frac{d i_b}{dt} - U_m$$

$$\hookrightarrow i_b = -i_a \Rightarrow e_b = U_b + R i_a + L \frac{d i_a}{dt} - U_m$$

$$e_c = U_c - U_m$$

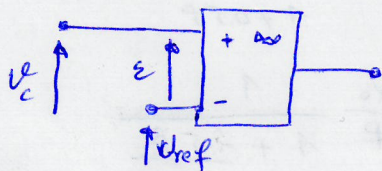
donc :

$$e_a + e_b + e_c = U_a + U_b + U_c - 3U_m = 0$$

$$\text{d'où : } U_m = \frac{U_a + U_b + U_c}{3}$$

B.8 / Expression de la tension U_{ref}

La détection de passage par zéro se fait à l'aide d'un comparateur.



Pour détecter le passage, on doit trouver le seuil de basculement de l'AOP

$$\epsilon = U_c - U_{ref}$$

donc, au moment de passage par zéro

la sortie change de l'état :

lorsque : $U_{ref} = U_c$

d'après le graphe de l'annexe 2

au passage par zéro de e_c :

$$e_c = 0, e_b = -E_{max}, e_a = E_{max}$$

$$\text{d'où : } U_{ref} = e_c + U_m = U_m$$

$$\Rightarrow U_{ref} = U_m$$

$$U_c = U_m$$

$$\Rightarrow U_m = \frac{U_a + U_b + U_c}{3}$$

$$\Rightarrow 3U_m = U_a + U_b + U_c$$

$$\Rightarrow 2U_m = U_a + U_b$$

$$\Rightarrow U_m = \frac{U_a + U_b}{2}$$

$$\Rightarrow \text{d'où : } U_{ref} = \frac{U_a + U_b}{2}$$

* En fonction de U_c

d'après la figure 10 $\Rightarrow U_c = U_a - U_b$

et on remarque le potentiel b relié à la masse $\Rightarrow U_b = 0$

$$\text{d'où : } U_c = U_a$$

$$\text{d'où : } U_{ref} = \frac{U_a + U_b}{2} \Rightarrow U_{ref} = \frac{U_c}{2}$$

B.9 / calcul l'instant de commutation

on note t_p l'instant de passage par zéro

et t_c est l'instant de la commutation suivante

on a : $\theta_f = 30^\circ$ et le déphasage entre

instant de passage par zéro et l'instant de

commutation (voir DR2)

$$\hookrightarrow \text{en temps : } T_f = \frac{30}{360} \times T$$

Si on connait l'instant de pompage par t_p et t_c , donc l'instant de commutation suivante t_c :

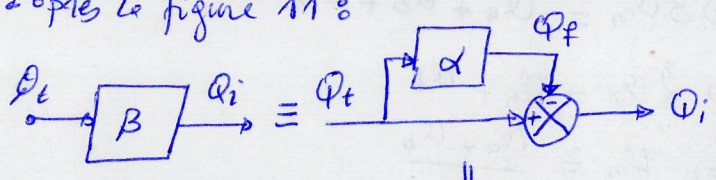
$$t_c = t_p + \frac{30}{360} \times T$$

avec: $T = \frac{1}{f}$ et f : la fréquence des tensions u_{abc}

Partie C: Asservissement du débit d'air insufflé

C.1: Expression de B

d'après la figure 11:

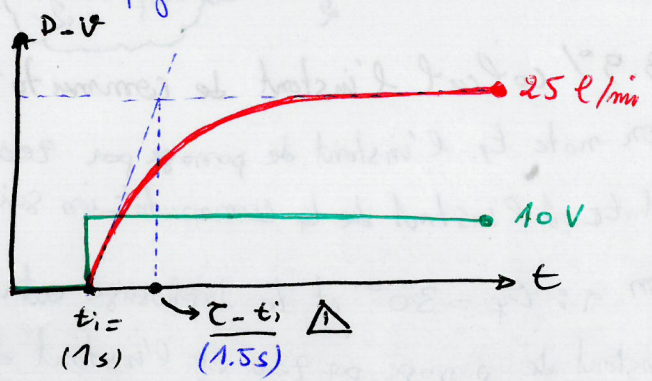


on a: $B = \frac{Q_i(p)}{Q_e(p)} \Rightarrow Q_i(p) = Q_t(p) - Q_f(p)$
 $\Rightarrow Q_i(p) = Q_t(p) - \alpha \cdot Q_t(p)$
 $\Rightarrow Q_i(p) = (1 - \alpha) Q_t(p)$

d'où: $B = \frac{Q_i(p)}{Q_t(p)} = 1 - \alpha$

C.2: Les valeurs de k et τ .

d'après la figure 12:



La réponse de ce système est de 1^{er} ordre

$$H(p) = \frac{k}{1 + \tau p}$$

k : le gain statique, s'exprime par:

$$k = \frac{Q_{\infty}}{V_{\infty}} \Rightarrow k = \frac{25}{10}$$

d'où: $k = 2.5 \text{ l/min} \cdot \text{V}^{-1}$

τ : la constante de temps

à $Q_t = 0.63 Q_{t\text{fin}} = 15.75$
 ↳ le volume final
 $t = \tau - t_i = 1.5$ avec $t_i = 1$

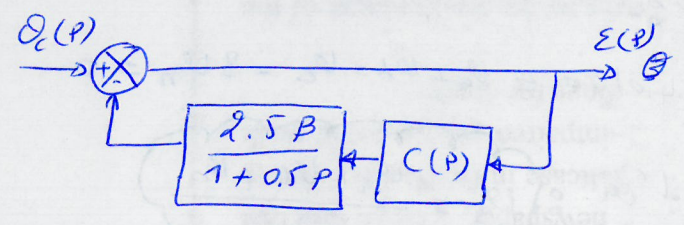
d'où: $\tau = 1.5 - t_i \Rightarrow \tau = 0.5 \text{ s}$

donc: $H(p) = \frac{2.5}{1 + 0.5p}$

C.3: Correcteur proportionnel

C.3.1 - Erreur statique ϵ_s

par déf: $\epsilon_s = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot E(p) \mid Q_c(p) = \frac{Q_0}{p}$



d'où: $E(p) = \frac{1 \cdot Q_c(p)}{C(p) \cdot \frac{2.5B}{1 + 0.5p} + 1}$ avec $C(p) = K_p$

$\Rightarrow E(p) = Q_c(p) \frac{1}{1 + \frac{2.5B}{1 + 0.5p}}$

alors: $\epsilon_s = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{Q_0}{p} \frac{1}{1 + \frac{2.5B}{1 + 0.5p}}$

donc: $\epsilon_s = \frac{Q_0}{1 + 2.5B}$

C.3.2: le cahier de charges impose que l'erreur statique soit nulle, donc ce correcteur n'est pas valide

C.47 La fonction de transfert complexe x l'effet de B :

en B.O

d'après le schéma bloc :

$$H_{Bo}(p) = C(p) \cdot \frac{2.5 \cdot B}{1 + 0.5p}$$

$$= K_p \frac{1 + T_i p}{T_i p} \frac{2.5 B}{1 + 0.5p}$$

Comme : $K_p = 5$ et $T_i = 0.5$

$$\Rightarrow H_{Bo}(p) = 5 \frac{1 + 0.5p}{0.5p} \frac{2.5 B}{1 + 0.5p}$$

$$\Leftrightarrow H_{Bo}(p) = \frac{12.5 B}{0.5p} \Rightarrow H_{Bo}(p) = \frac{25 B}{p}$$

pour passer la fonction de transfert

complexe : $p = j\omega$

$$\text{d'où : } H_{Bo}(j\omega) = \frac{25 B}{j\omega}$$

C.57 Diagramme de Bode : $\beta = 80\%$

on va mettre $H_{Bo}(j\omega)$ présente

sous la forme canonique :

$$\Rightarrow H_{Bo}(j\omega) = \frac{25 B}{j\omega} = \frac{1}{j \frac{\omega}{25 B}} =$$

$$\Leftrightarrow H_{Bo}(j\omega) = \frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_c}} \text{ avec } \omega_c = 25 B$$

$$\Rightarrow \omega_c = 20 \text{ rad/s}$$

Vou de document réponse :

1ere aide la pente -20 dB/dec

la phase : $\varphi = -90^\circ$

$\Rightarrow 20 \text{ dB/dec} \Rightarrow$ pour $\omega = 10 \omega_c$

$\rightarrow G = -20 \text{ dB}$

pour $\omega = 10 \omega_c \rightarrow G = -20 \text{ dB}$

à partir de diagramme de Bode :

on remarque :

• plus B augmente, plus la bande passante aussi augmente

• plus la bande passante augmente, plus la rapidité aussi augmente

d'où :

B agit sur la rapidité du système

C.67 la validité de coûts de charges

* stabilité : on la marge de phase d'après le diagramme de Bode $MP = 90^\circ$

donc $MP > 45^\circ \Rightarrow$ valide

* précision : on a H_{Bo} possède une intégration $(\frac{1}{p}) \Rightarrow$ l'erreur statique est nulle

$\varepsilon_s = 0 \Rightarrow$ valide

* Rapidité : on veut $d \leq 20\%$

soit $B \geq 80\% \Rightarrow \omega_c = 25 B \gg 10 \text{ rad/s}$

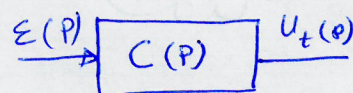
$\Rightarrow \omega_c \gg 10 \text{ rad/s} \Rightarrow$ valide

C/C : le correcteur P.I satisfait

Bien le coût des charges.

C.77 Eq. diff de correcteur PI

on a : $C(p) = K_p (1 + \frac{1}{T_i p}) = \frac{U_t(p)}{\varepsilon(p)}$



$$\Leftrightarrow \frac{U_t(p)}{\varepsilon(p)} = K_p \frac{1 + T_i p}{T_i p}$$

$$\Leftrightarrow U_t(p) \cdot T_i p = K_p (1 + T_i p) \varepsilon(p)$$

$$\Leftrightarrow p \cdot U_t(p) = \frac{K_p}{T_i} \cdot \varepsilon(p) + K_p \cdot p \cdot \varepsilon(p)$$

Rappel: $\frac{dx(t)}{dt} \xrightarrow{L.T} p \cdot X(p)$

$$\Leftrightarrow \frac{dU_t(t)}{dt} = \frac{K_p}{T_i} \varepsilon(t) + K_p \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

$$\Leftrightarrow \frac{dU_t(t)}{dt} = A \varepsilon(t) + B \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

d'où: $A = \frac{K_p}{T_i}$ et $B = K_p$

C.8/ l'Equot de récurrence.

d'après l'approximot d' Euler:

$$\frac{dU_t(t)}{dt} = A \cdot \varepsilon(t) + B \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

$$\Leftrightarrow \frac{U_t(k) - U_t(k-1)}{T_e} = A \cdot \varepsilon(k) + B \cdot \frac{\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)}{T_e}$$

$$\Leftrightarrow U_t(k) = U_t(k-1) + A \cdot T_e \varepsilon(k) + B \cdot \frac{\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)}{T_e} \cdot T_e$$

$$\Leftrightarrow U_t(k) = U_t(k-1) + (A T_e + B) \varepsilon(k) - B \cdot \varepsilon(k-1)$$

$$\Leftrightarrow U_t(k) = U_t(k-1) + C \cdot \varepsilon(k) + B \cdot \varepsilon(k-1)$$

d'où:

$$* C = A \cdot T_e + B \Rightarrow C = 5.1$$

$$* D = B \Rightarrow D = 5$$

Partie D: Gestion centralisée des données

D1/ Equipement réseau utilisés pour relier les équipement réseau de la figure 13, on peut utiliser:

- Hub: Concentrateur.
- Switch: Commutateur.

D2/ la topologie du réseau.

On remarque tous les équipement sont reliés à un nœud:

dmc, il s'agit d'une topologie en étoile

D.3/ Les équipement réseau utilisent fréquemment des connecteurs RJ45 pour établir des connexions et échanger des informations avec d'autre équipement réseau.

D.4/ la donnée transmise.

a partir du trombe:

12	+12	-12	+12	-12	+12	+12	-12	-12	-12
S	0	1	0	1	0	0	1	1	Stop

MSB ← donnée → MSB

dmc la donnée transmise:

$$D = 1001010$$

D5/ vérification de la transmission

- Parité paire: Nbre des "1" paire \Rightarrow Bit de parité sera "0" si non "1"

la donnée reçue, contient 3 "1" d'où pas de erreur
 $B_p = 1$, on remarque que $B_p = 1 \Rightarrow$ reçu

Annexe 1 :

FIGARO

PRODUCT INFORMATION

GS Oxygen Sensors KE-Series

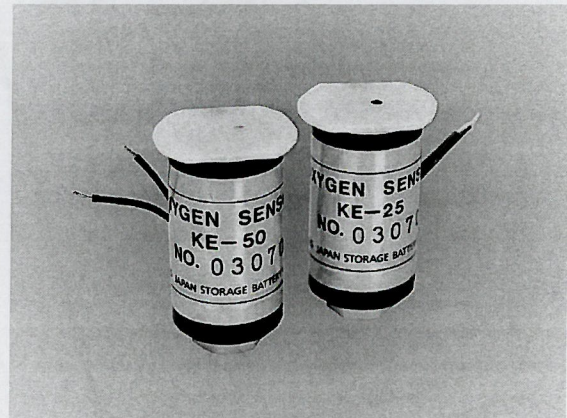
Features:

- Long life - 2.5~10 years in ambient air
- Virtually no influence from CO₂, CO, H₂S, NO_x, H₂
- Low cost
- Operates in normal ambient temperatures
- Stable output signal
- No external power supply required for sensor operation
- No warmup time is required

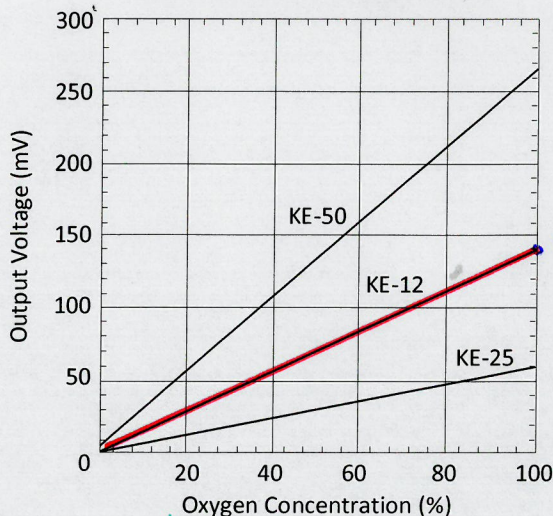
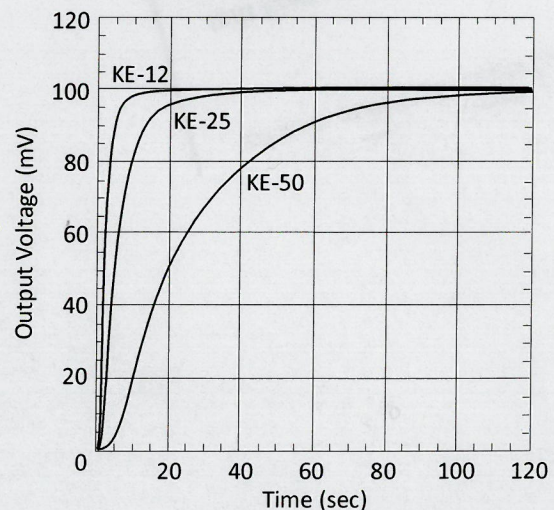
Applications:

- Medical - Anesthetic instruments, respirators, oxygen-enrichers
- Biotechnology - Oxygen incubators
- Food industry - Refrigeration, greenhouses
- Safety - Air conditioners, oxygen detectors, fire detectors

GS Oxygen Sensor KE Series (KE-12, KE-25, and KE-50) are unique galvanic cell type oxygen sensors developed in Japan in 1985. Their most notable features are long life expectancy, excellent chemical durability, and no influence by CO₂. KE Series oxygen sensors are ideal to meet the ever-increasing demand for oxygen monitoring in various fields such as combustion gas monitoring, the biochemical field, medical applications, domestic combustion appliances, etc.

**Sensitivity characteristics**

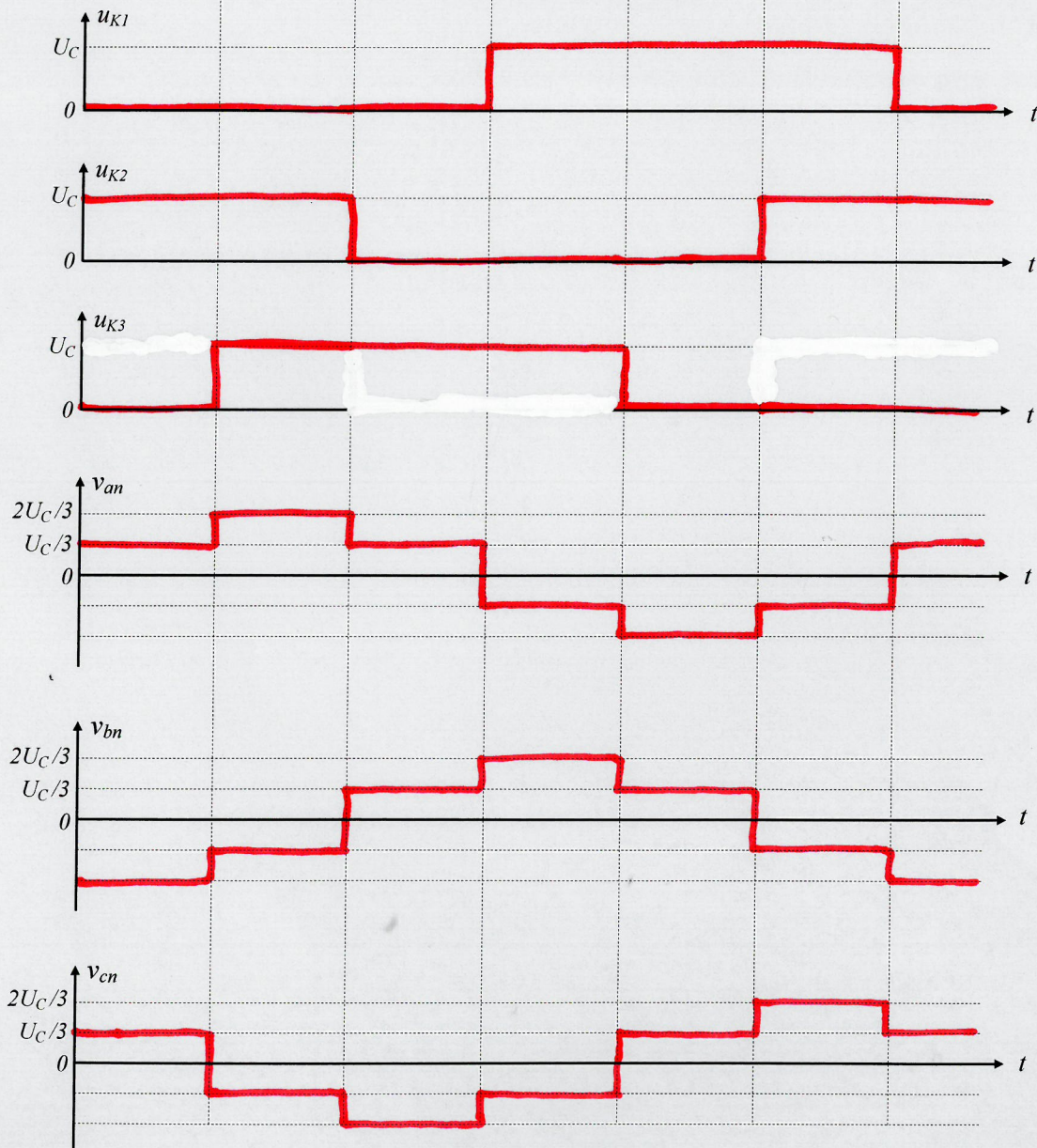
(typical values under std. test conditions)

**Response time (typical)**

Ne rien écrire dans ce cadre

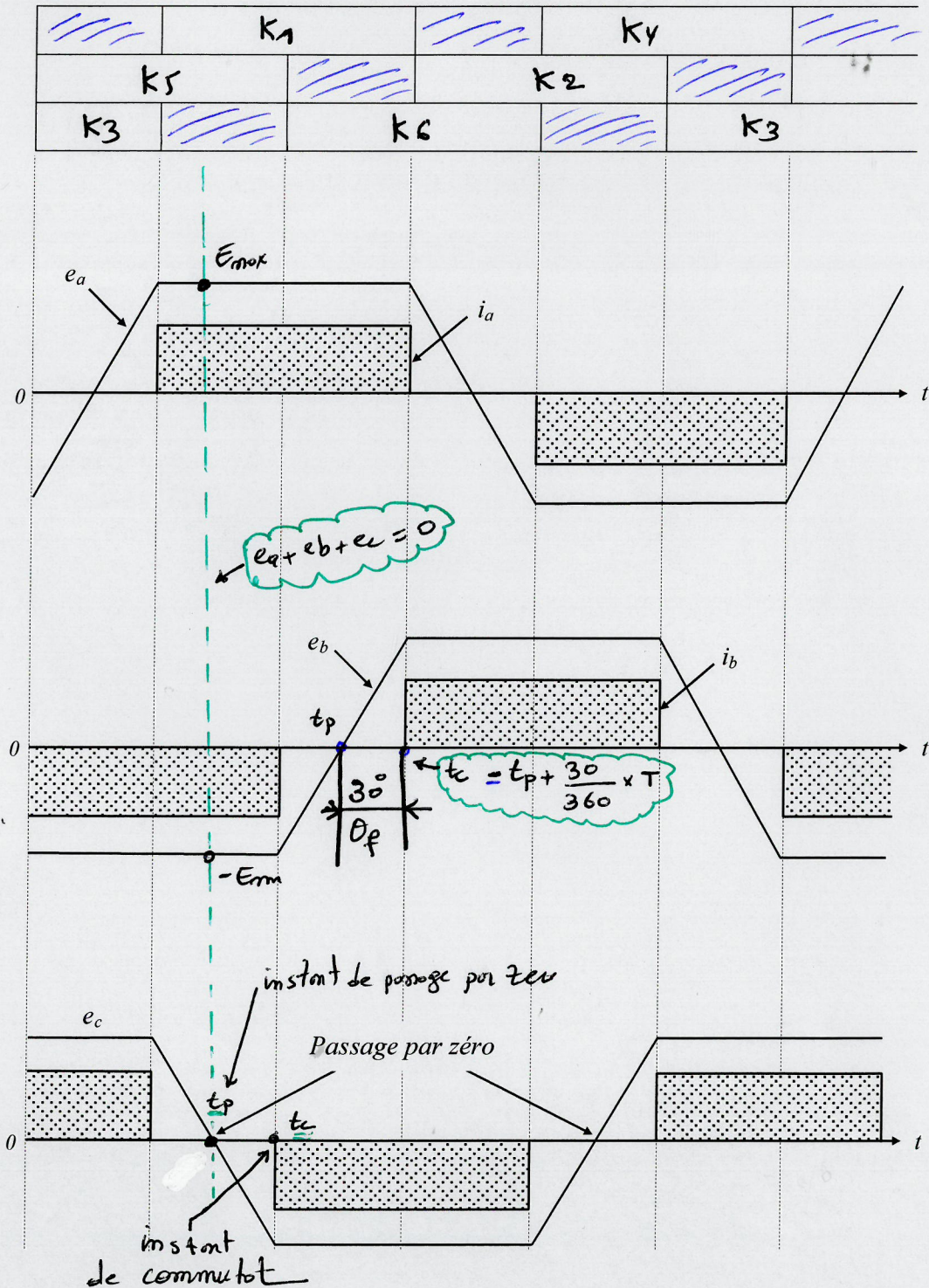
Document réponse N°1

K1		K4		K1
K5		K2		K5
K3	K6		K3	



Ne rien écrire dans ce cadre

Document réponse N°2



Partie C : Asservissement du débit d'air insufflé

La taille des poumons est moindre chez les enfants que chez les adultes, un asservissement du débit est donc nécessaire pour délivrer un volume courant adapté à l'âge et au poids de patient.

Le schéma bloc de cet asservissement est donné à la figure 11:

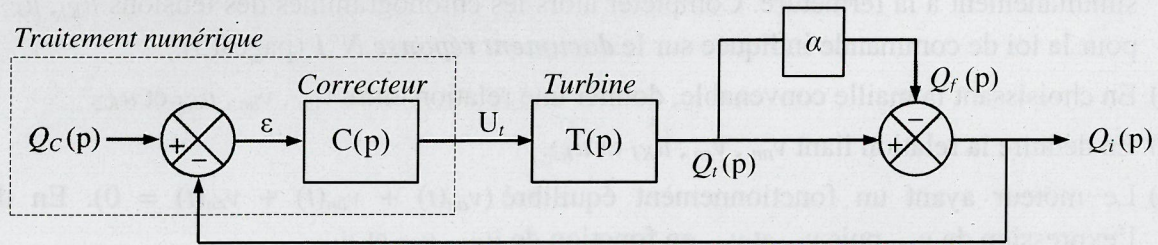


Figure 11 : Structure de l'asservissement du débit insufflé

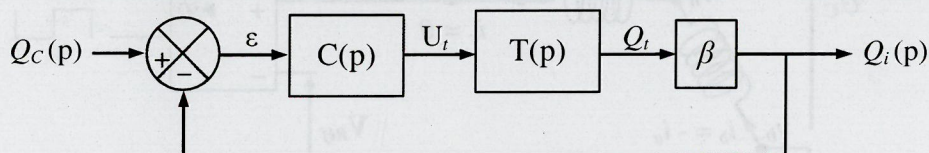
On note :

- Q_c , Q_t , Q_f et Q_i : respectivement le débit consigne, le débit turbiné, le débit de l'ensemble des fuites et le débit insufflé.
- α : coefficient modélisant le pourcentage des fuites dans la ligne d'inspiration. au-delà d'un seuil de 20%, la turbine ne compense plus ces fuites et une alarme est déclenchée.

Extrait de cahier des charges :

Critère	Niveau
Stabilité	Marge de phase : $MP \geq 45^\circ$
Précision	Ecart statique : $\epsilon_s = 0$
Rapidité	Pulsation de coupure à 0dB de la FTBO : $\omega_c \geq 10 \text{ rad/s}$ pour $\alpha \leq 20\%$

C.1) En déterminant l'expression de β , Rendre le schéma bloc précédent sous la forme simplifiée :



Le modèle de comportement de la turbine est semblable à celui d'une machine à courant continu. On donne une simulation de sa réponse indicielle.

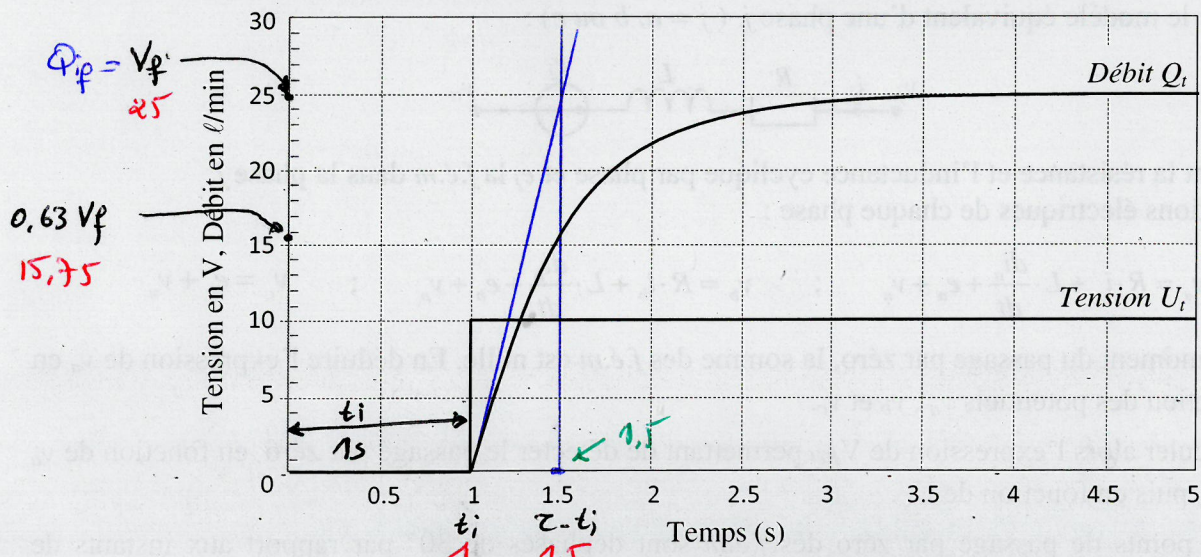


Figure 12 : Débit de la turbine en réponse à un échelon de tension

Ne rien écrire dans ce cadre

Document réponse N°3

