

N.B/ (Il sera tenu compte de la présentation de la copie et de la qualité de la rédaction. Les résultats devront être encadrés. Des points seront attribués en conséquence).

Barème approximatif de notation : [I/ 4 pts. II/ 3 pts. III/ 3 pts. IV/ 6 pts (3 ; 3). V/ 4 pts].

DISPOSITIF DE MESURE DU pH POUR UN AQUARIUM

Le pH d'une solution est une grandeur sans unité (variant de 0 à 14) définie par la relation : $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$. La mesure du pH se fait à l'aide d'une électrode de mesure et d'une électrode de référence (fig.2). L'électrode de mesure, placée dans une sphère de verre étiré est en contact avec la solution à tester, échange des ions H^+ , du côté externe, avec des cations du verre du côté interne. Cela produit, par rapport à l'électrode de référence, une différence de potentiel (notée e) de la forme : $e = C(\theta) - 0,198.(273 + \theta).\text{pH}$ (e d.d.p. en mV, θ température en $^{\circ}\text{C}$, C constante de l'électrode dépendant de la température). Dans cette relation la température est une grandeur d'influence. Le dispositif proposé figure 1 permet d'obtenir, à partir de la tension e mesurée, une tension U_{ec} , fonction linéaire du pH, indépendante de la température. Cette tension sert à générer une alarme signalant une valeur de pH en dehors de la zone [6, 8]. Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits et sont alimentés entre +15 V et -15 V.

I- ADAPTATION ET AMPLIFICATION DE LA TENSION MESUREE PAR L'ELECTRODE pH (Fig.3) :

L'électrode se comporte comme une pile de forte résistance interne ne débitant aucun courant.

I.1. Exprimer U_A en fonction de e.

I.2. Exprimer U_S en fonction de R_1 , R_2 et U_A .

I.3. En déduire l'expression du coefficient $k_1 = U_S/e$.

I.4. $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$. Déterminer la valeur à donner à R_2 afin que $k_1 = 7$.

II- ELABORATION D'UNE d.d.p. DE REFERENCE (Fig.4) :

La diode Zéner étant considérée comme parfaite, elle est modélisée par une source de tension de f.é.m. égale à U_Z . L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.

II.1. Etablir les expressions de V^+ et V^- puis déduire la relation entre U_D et U_Z , R_4 , R_5 .

II.2. $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 19,5 \text{ k}\Omega$ et $U_Z = 2,5 \text{ V}$. Calculer la valeur de U_D .

III- FONCTION CORRECTION (Fig.5) :

La structure de la figure 5 permet de compenser les variations de la d.d.p. e de l'électrode en fonction de la température. Elle met en œuvre un circuit intégré AD534 dont la fonction de transfert est donnée par le constructeur : $U_{\text{out}} = 10 \cdot \frac{Z_2 - Z_1}{X_1 - X_2} + Y_1$. Avec : $U_S = 7 \times e$ (U_S et e en V) ;

$$U_C = 0,02564 \times \theta + 7 \text{ (} U_C \text{ en V, } \theta \text{ en } ^{\circ}\text{C)} ; U_D = -3,78 \text{ V} ; U_{\text{ec}} : \text{d.d.p. continue compensée et corrigée.}$$

III.1. Montrer que U_{ec} s'écrit sous la forme : $U_{ec} = \frac{70 \times e}{0,02564 \times \theta + 7} - 3,78$.

III.2. Compléter le tableau 1 du document-réponse, page 4. Que pouvez-vous conclure ?

IV- MISE A L'ECHELLE ET FILTRAGE :

IV.1. Mise à l'échelle (Fig.6) :

IV.1.1. Etablir les expressions des coefficients : $k_2 = U_F/U_{ec}$; $k_3 = U_G/U_F$ et $k = U_G/U_{ec}$.

IV.1.2. $R_6 = R_7 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_8 = 33 \text{ k}\Omega$ et $R_9 = 7,49 \text{ k}\Omega$. Calculer la valeur du coefficient k .

IV.1.3. Compléter le tableau 2 du document-réponse. En déduire une relation entre U_G et pH.

IV.2. Filtrage (Fig.7) :

Sur le signal utile U_{ec} , image du pH, de variation lente, peuvent se superposer des variations plus rapides (parasites). On va étudier l'effet d'une capacité $C = 100 \text{ nF}$ placée en dérivation sur la résistance R_7 de la figure 6. L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.

IV.2.1. Montrer que la fonction de transfert \underline{T} s'écrit sous la forme : $\underline{T} = \frac{U_F}{U_{ec}} = \frac{-1}{1 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_7 \cdot C \cdot f}$.

IV.2.2. Citer le nom de ce type de filtre et calculer sa fréquence de coupure à -3 dB .

IV.2.3. Le filtre remplit-il son rôle si les parasites sont de fréquences supérieures à 1 kHz ?

V- ALARMES VISUELLES HAUTE ET BASSE DES VALEURS DU pH (Fig.8) :

La tension U_G dépend de la valeur du pH ($U_G = 0,1 \cdot \text{pH}$), la structure représentée figure 8 permet d'informer visuellement, par diodes électroluminescentes (Del1 et Del2), que la mesure du pH n'est pas comprise entre 6 et 8. Les diodes seront considérées comme idéales.

V.1. Indiquer la valeur de U_H dans chacun des cas suivants : $U_G < U_b$; $U_G > U_b$.

V.2. Indiquer la valeur de U_J dans chacun des cas suivants : $U_G < U_h$; $U_G > U_h$.

V.3. Pour $U_H = + 15 \text{ V}$ ($- 15 \text{ V}$), indiquer dans chaque cas l'état de la diode Del2.

V.4. Pour $U_J = + 15 \text{ V}$ ($- 15 \text{ V}$), indiquer dans chaque cas l'état de la diode Del1.

V.5. Compléter le tableau 3 du document-réponses. Préciser alors le rôle des diodes D_1 et D_2 .

Bon Travail

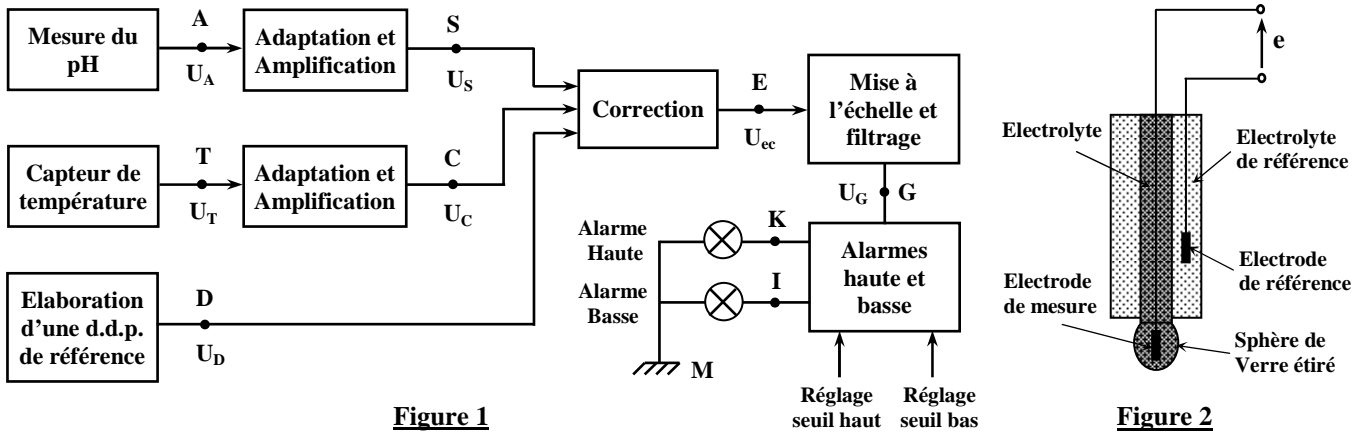


Figure 1

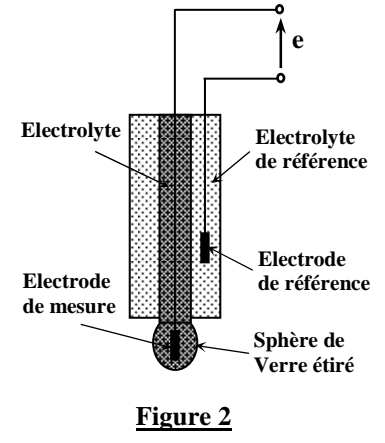


Figure 2

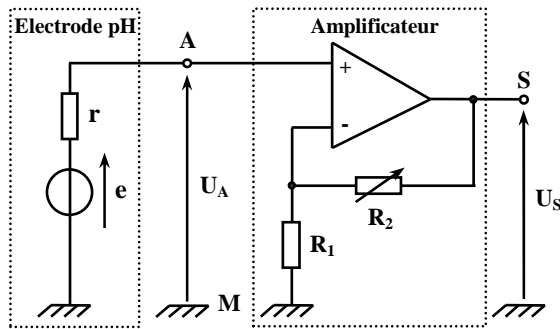


Figure 3

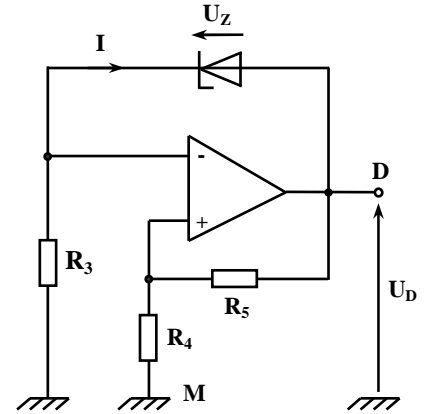


Figure 4

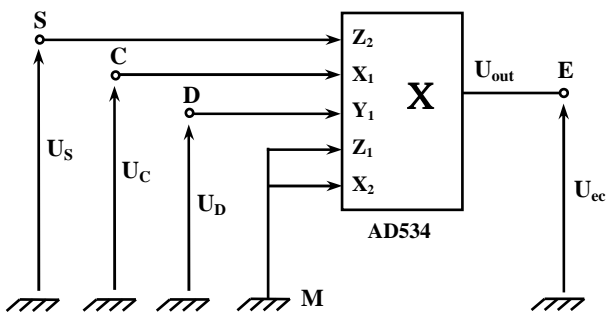


Figure 5

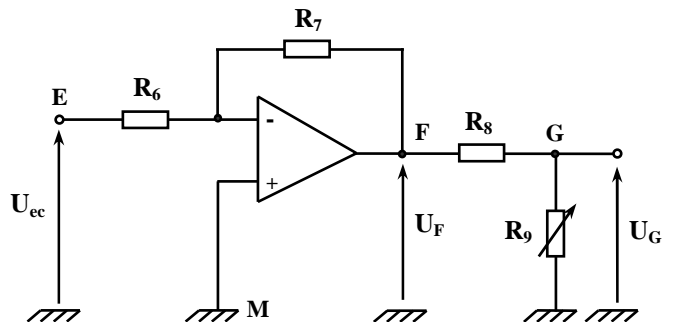


Figure 6

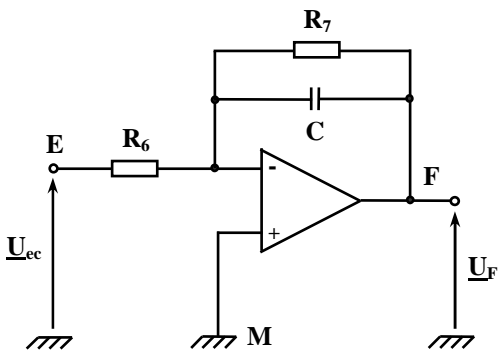


Figure 7

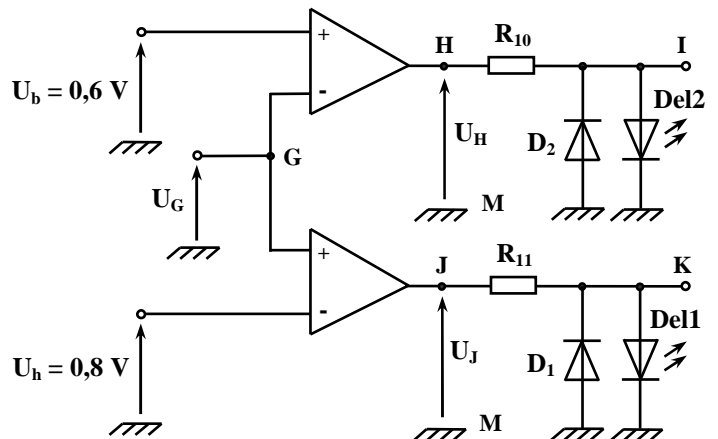


Figure 8

Tableau 1

θ (°C)	e (V) à pH = 0	U_{ec} (V) à pH = 0	e (V) à pH = 7	U_{ec} (V) à pH = 7	e (V) à pH = 14	U_{ec} (V) à pH = 14
0	0,378		0		-0,378	
25	0,413		0		-0,413	
50	0,448		0		-0,448	

Tableau 2

pH	0	4	7	10	14
U_{ec} (V)	0	-2,16	-3,78	-5,4	-7,56
U_G (V)					

Tableau 3

valeurs à compléter.

pH	0	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	14	
U_G (V)	0		U_b	0,7	U_h	1,4
U_H (V)						
U_J (V)						
Del1						
Del2						