

**Problème n°1 : Une référence de tension ajustable**

Le schéma proposé ci-contre est extrait d'un manuel de maintenance d'un électrocardiogramme. Cette partie du schéma permet d'obtenir une tension de référence variable en sortie de l'amplificateur opérationnel. Le circuit REF-01 est une référence de tension de précision délivrant sur sa sortie VOUT une tension de 10V.

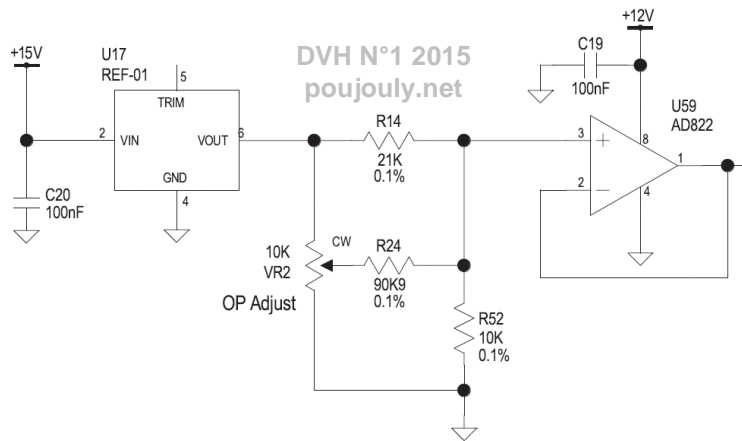


Figure 1 : Source de tension ajustable

**Q1 :** Quel est le nom du montage à amplificateur opérationnel ? Quel est l'intérêt de ce montage ?

**Q2 :** On place le curseur du potentiomètre en position haute. Redessiner le schéma équivalent et en déduire la tension obtenue en sortie de l'ampli-op.

**Q3 :** Même question mais en considérant cette fois-ci le curseur du potentiomètre en position basse.

**Q4 :** Vérifier vos calculs en effectuant une simulation LTSpice.

**Problème n°2 : Mesure de courant**

Le montage proposé ci-contre représente le dispositif de mesure du courant pour la charge d'une batterie. On utilise 2 résistances R7 et R8 dont les valeurs sont de 0,1Ω pour effectuer une mesure indirecte du courant.

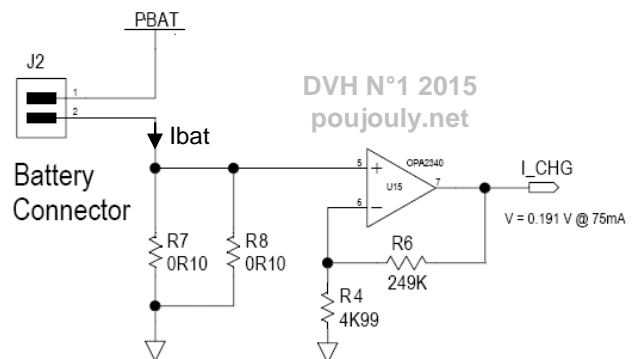


Figure 1 : Moniteur de charge pour batterie

**Q1 :** Exprimer la tension V+ de l'ampli-op en fonction de Ibat, R7 et R8 et calculer sa valeur pour un courant Ibat=75mA.

**Q2 :** Quel est le nom du montage à amplificateur opérationnel ? Exprimer la tension de sortie en fonction de l'entrée V+.

**Q3 :** Justifier alors l'indication V=0,191V @ 75mA donnée sur le schéma.

**Problème n°3 : Un amplificateur de mesure**

Le montage représenté ci-contre provient d'une chaîne de traitement du signal pour le conditionnement d'un capteur de pression dans un équipement industriel. On suppose que l'amplificateur opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire.

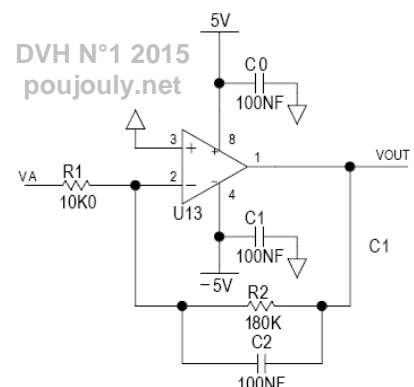


Figure 1 : amplificateur de mesure

**Q1 :** Quel est le nom des condensateurs C1 & C0 que l'on retrouve sur les lignes d'alimentations +5V & -5V. Quel est le rôle de ces condensateurs ?

**Q2 :** Exprimer l'impédance équivalente Z2 constitué par la résistance R2 et C2 et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme :

$$Z2 = \frac{R2}{1 + jR2C2\omega}$$

**Q3 :** Quel montage simple constitué par l'ampli-op, R1 et Z2 reconnait-on ?

**Q4 :** En déduire la fonction de transfert de ce montage  $T(j\omega) = \frac{V_{OUT}(j\omega)}{V_A(j\omega)}$ . Montrer que cette fonction de

transfert peut se décomposer en un terme d'amplification K et d'un filtre passe bas du 1er ordre dont vous préciserez la fréquence de coupure  $f_c$ .

**Q5 :** Tracer le diagramme de Bode uniquement en gain de ce montage.

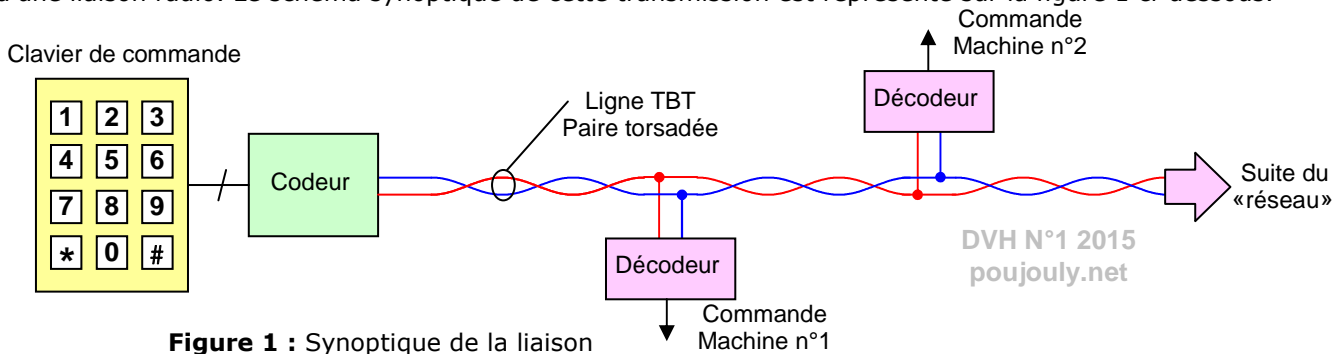
**Q6 :** Représenter en concordance de temps et en régime permanent les signaux  $V_A$  &  $V_{OUT}$  lorsqu'on applique sur l'entrée le signal  $V_A = A \cdot \cos(2\pi f_a \cdot t)$  avec  $A = 150\text{mV}$  &  $f_a = 1\text{Hz}$ .

**Q7 :** Même question que la question précédente mais avec  $A = 150\text{mV}$  &  $f_a = 1\text{kHz}$ .

**Q8 :** Vérifier l'ensemble de vos résultats en effectuant une simulation LTSpice.

### Problème n°4 : Une télécommande DTMF

Dans le cadre de ce problème on s'intéresse à un système de télécommande dans une usine de production de tuiles en terre cuite. Les contraintes de cette installation imposent l'utilisation d'une liaison filaire à la place d'une liaison radio. Le schéma synoptique de cette transmission est représenté sur la figure 1 ci-dessous.



**Figure 1 :** Synoptique de la liaison

Pour transmettre les informations on utilise un clavier basique et le système retenu est celui du codage DTMF (Dual Tone Multi Frequency) largement utilisé en téléphonie sur les réseaux commutés.

Le principe consiste à transmettre un signal composé de la somme de 2 signaux sinusoïdaux dont les fréquences correspondent à la ligne et à la colonne du bouton appuyé. Les valeurs de fréquences retenues sont fournies dans le tableau 1 ci-contre.

A la sortie du codeur on envoie sur la ligne de transmission le signal de commande  $V_c(t)$  qui peut s'écrire sous la forme :  $V_c(t) = A \cdot \cos(2\pi f_L \cdot t) + A \cdot \cos(2\pi f_C \cdot t)$  avec  $A = 1\text{V}$ . Les quantités  $f_L$  et  $f_C$  correspondent respectivement aux fréquences ligne et colonne du bouton appuyé.

Fréquences ligne & colonne			
	1209Hz	1336Hz	1447Hz
697Hz	1	2	3
770Hz	4	5	6
852Hz	7	8	9
941Hz	*	0	#

**Tableau 1 :** fréquences DTMF

**Q1 :** Représenter le spectre en amplitude du signal  $V_c$  lorsqu'un opérateur appuie sur le bouton 6.

A la réception du signal en bout de ligne on constate la présence d'une composante sinusoïdale parasite se trouvant à la fréquence  $f_p = 50\text{Hz}$ .

Le signal  $V_L$  reçu est donc de la forme  $V_L(t) = \alpha \cdot V_c(t) + U_p \cdot \cos(2\pi f_p \cdot t)$  où  $\alpha$  représente un coefficient d'atténuation sur la ligne ( $\alpha = 0,2$ ) et  $U_p$  le niveau de perturbation ( $U_p = 100\text{mV}$ ).

**Q2 :** Quelle peut être l'origine de la perturbation sur le signal reçu en bout de ligne ?

**Q3 :** Représenter le spectre en amplitude du signal  $V_L$  lorsqu'un opérateur appuie sur le bouton 9.

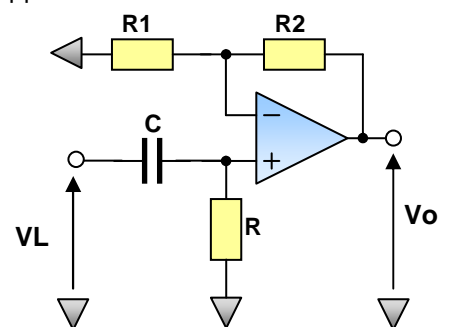
Le signal  $V_L$  est appliqué sur le montage à amplificateur opérationnel représenté sur la figure 2 ci-contre.

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait et fonctionne en régime linéaire.

On donne  $R_2 = 180\text{k}\Omega$ ,  $R_1 = 20\text{k}\Omega$  et  $R = 18\text{k}\Omega$

**Q4 :** Calculer la fonction de transfert de ce montage et montrer qu'elle

peut se mettre sous la forme :  $T(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_L(j\omega)} = K \cdot \frac{j\omega}{1 + \frac{j\omega}{\omega_c}}$



**Figure 2 :** Amplificateur

**Q5 :** On fixe  $f_c = \frac{\omega C}{2\pi} = 500\text{Hz}$ . Tracer le diagramme de Bode asymptotique (Gain+phase) de ce montage et en déduire la fonction réalisée.

**Q6 :** Compte tenu des valeurs imposées, quelle doit être la valeur du condensateur C ?

**Q7 :** Exprimer le module de la fonction de transfert  $|T(jf)|$  en fonction de la fréquence f et des quantités K et  $f_c$ . Calculer ce module pour la fréquence  $f_p$  et celles correspondant à l'appui du bouton 9.

**Q8 :** A partir des valeurs calculées à la question précédente, tracer le module du spectre en amplitude et le spectre en puissance normalisée du signal Vo.

**Q9 :** Conclure sur l'intérêt de ce montage dans le cadre de cette télécommande.

### Problème n°5 : Correcteur audio

Le montage proposé ci-contre est un correcteur audio visant à modifier les composantes fréquentielles d'un signal audio.

On donne les éléments suivants :  
 $R_3=2\text{k}\Omega$ ,  $R_4=18\text{k}\Omega$ ,  $R_2=3\text{k}\Omega$  et  $R_1=27\text{k}\Omega$

**Q1 :** Quelle est la relation entre V+ et la sortie S de l'amplificateur opérationnel ?

**Q2 :** Lorsque la fréquence du signal d'entrée tend vers 0, comment se comporte le condensateur C ? Dans ces conditions exprimer S en fonction de E et effectuer l'application numérique.

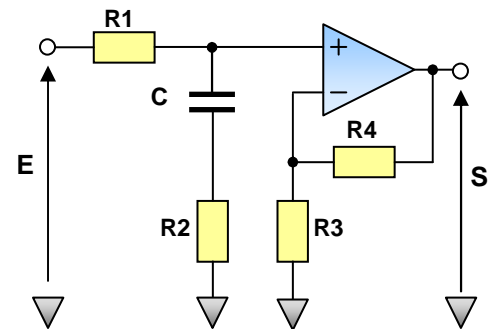


Figure 1 : Correcteur audio

**Q3 :** Lorsque la fréquence est cette fois ci très grande, comment se comporte le condensateur C ? Dans ces conditions exprimer S en fonction de E et effectuer l'application numérique.

**Q4 :** Afin de caractériser de façon plus précise le montage, exprimer la fonction de transfert de ce montage et

montrer qu'elle peut se mettre sous la forme :  $\frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)} = K \cdot \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega c_2}}{1 + \frac{j\omega}{\omega c_1}}$  avec  $K = 1 + \frac{R_4}{R_3}$

Exprimer  $\omega c_1$  et  $\omega c_2$  en fonction de  $R_1, R_2$  et C

**Q5 :** On fixe  $f_{c1}=500\text{Hz}$  et par conséquent  $f_{c2}=5\text{kHz}$ . Calculer la valeur du condensateur C.

**Q6 :** Exprimer le module de la fonction de transfert en fonction de f. Calculer ces quantités pour les valeurs de fréquences suivantes :  $\frac{f_{c1}}{10}$ ,  $f_{c1}$ ,  $\sqrt{f_{c1} \cdot f_{c2}}$ ,  $f_{c2}$ ,  $10 \cdot f_{c2}$

**Q7 :** Tracer le diagramme de Bode asymptotique et réel uniquement en gain.

**Q8 :** Vérifier votre étude en effectuant une simulation LTSpice de ce montage

**Q9 :** Afin d'illustrer le fonctionnement de ce filtre on connecte sur l'entrée le signal E suivant :

$$E = A \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{f_1}{10} \cdot t\right) + A \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + A \cdot \cos(2\pi \cdot 10f_1 \cdot t) \text{ avec } A=0,5\text{V et } f_1=1,5\text{kHz}$$

Tracer le spectre en amplitude du signal E & S en utilisant une échelle de fréquence logarithmique.