

SIMULATION DE DIPOLES PASSIFS A AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS.

Il est utile d'avoir le TP "Amplificateur Suiveur" sous la main pour préparer celui-ci.

Certains montages à amplificateurs opérationnels (A.O.) peuvent simuler des composants passifs tels que capacités et inductances avec un très faible encombrement et un facteur de qualité moyen.

L'adjonction d'un circuit à résistance négative permet d'améliorer le facteur de qualité de ces dipôles simulés.

Pour réaliser ces différents dipôles on utilisera des amplificateurs opérationnels intégrés TL081 alimentés entre ± 15 V.

Pour chaque montage, **Il est impératif que les calculs théoriques soient effectués avant la séance de T.P.**

I RESISTANCE NEGATIVE

1) Schéma

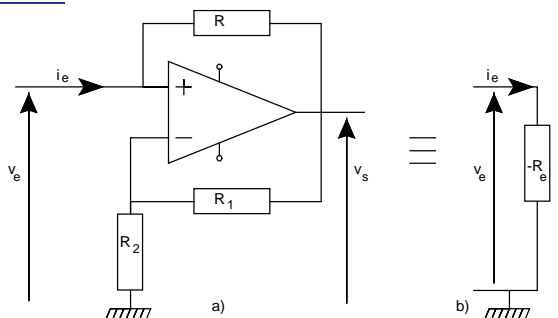


Figure 1 : Résistance négative à A.O. a) Montage
b) Schéma équivalent. $R1 = R2 = 10\text{ k}\Omega$; $R = 1,6\text{ k}\Omega$

2) Calculs préliminaires

- Pourquoi dans schéma de la figure 1, l'amplificateur peut-il être considéré comme parfait ?
- Exprimer $-R_e = V_e/I_e$ en fonction de R, R₁ et R₂.
- Afin de mesurer cette résistance négative on utilise le montage auxiliaire suivant dans lequel G est un générateur de signaux sinusoïdaux,

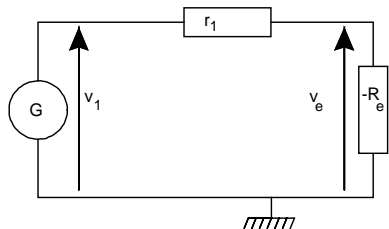


Figure 2 : Montage auxiliaire.
 $v_1 = V_1 \sin(\omega t)$; $r_1 = 1\text{ k}\Omega$

- Exprimer R_e en fonction de V_1 , V_e et r_1 .

3) Mesures

- Réaliser le montage complet (circuit à A.O. simulant la résistance négative et montage auxiliaire).
- Appliquer à l'entrée une tension alternative sinusoïdale v_1 de fréquence 1 kHz.
- Visualiser v_e et v_s .
- Mesurer v_e efficace maximum ($V_{e\text{eff max}}$) telle que v_s soit en limite de saturation.
- Effectuer plusieurs mesures de v_1 et v_e (mesures aux voltmètres) pour différentes tensions d'entrée compatibles avec un fonctionnement linéaire du montage (absence de saturation en sortie) ; calculer R_e à chaque fois.

ATTENTION à la qualité des mesures....

- Faire la moyenne des résultats précédents.

NE PAS DEMONTER LA RESISTANCE NEGATIVE
qui sera utilisée ultérieurement.

II INDUCTANCE SIMULEE

1) Schéma

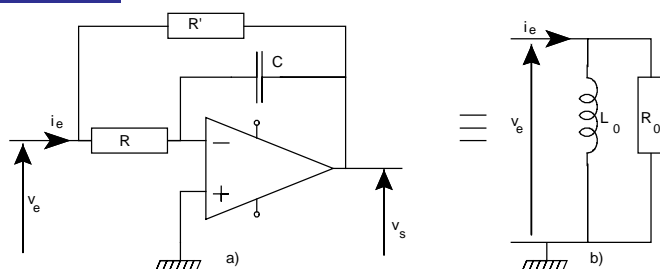


Figure 3 : Inductance simulée avec un A.O. a) Montage
b) Schéma éq. $C = 33\text{ nF}$; $R = 2,2\text{ k}\Omega$; $R' = 4,7\text{ k}\Omega$

2) Calculs préliminaires

- Pourquoi dans schéma de la figure 3, l'amplificateur peut-il être considéré comme parfait ?
- Exprimer $Z_L = V_e/I_e$, l'impédance d'entrée du montage (figure 3a) en fonction de C, R et R'. Calculez Z_L en fonction de L_0 et r_0 (figure 3b). En déduire les valeurs de L_0 et r_0 en fonction de C, R et R' ; déterminer alors les valeurs numériques de L_0 et r_0 .
- La mise en évidence expérimentale de l'inductance peut s'effectuer à l'aide du montage ci-dessous :

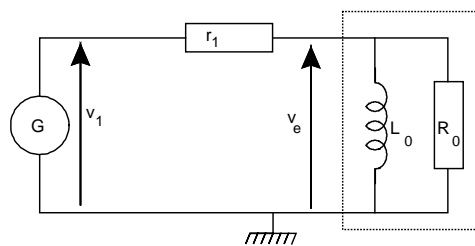


Figure 4 : Montage auxiliaire.
 $v_1 = V_1 \sin(\omega t)$; $r_1 = 1,5\text{ k}\Omega$

- Déterminer la fonction de transfert complexe $T(j\omega) = V_e/V_1$ de ce circuit ; calculer le gain G_0 dans la bande passante et f_0 la fréquence de coupure.
- Tracez l'allure du diagramme de Bode du circuit.
- L'inconvénient de ce montage est la faible valeur de R_0 donc du gain dans la bande passante ; pour augmenter la valeur de ceux-ci on peut connecter la résistance négative étudiée au I en parallèle sur cette "bobine".
- Soit R'_0 la nouvelle valeur de la résistance parallèle du solénoïde simulé ($1/R'_0 = 1/R_0 + 1/-R_e$), calculer G'_0 et f'_0 les nouvelles valeurs du gain dans la bande passante et de la fréquence de coupure.

3) Mesures

a) Inductance simulée seule

- Réaliser le montage simulant l'inductance et ajouter le montage auxiliaire précédent (générateur et r_1).
- A partir de G_0 et f_0 calculés précédemment, tracer sur papier semi-logarithmique à 3 modules les asymptotes du diagramme de Bode pour des fréquences comprises entre 10 Hz et environ 10 kHz (l'axe des 0 dB doit figurer sur ce graphe). Sur une autre feuille, tracer également les asymptotes du déphasage Φ .
- Appliquer au montage une tension sinusoïdale d'amplitude correspondant à un niveau de 0 dB. Sur certains voltmètres, l'utilisateur peut imposer ce niveau.
- Visualiser les tensions v_e et v_s et s'assurer que pour toute fréquence comprise entre 10 Hz et 10 kHz la sortie v_s reste sinusoïdale (toute saturation en sortie correspond à un fonctionnement non linéaire de l'A.O.)
- Tracer le diagramme de Bode du circuit, soient, en fonction de la fréquence, les courbes suivantes : $G_{dB} = 20 \log |T|$ et $\Phi = \text{Arg}(V_e, V_1)$.
- Dédire de ces courbes les valeurs effectives de R_0 et de L_0 ; vérifier la compatibilité des résultats avec ceux obtenus lors de l'étude préliminaire.

b) Inductance simulée + résistance négative

- Relier la "bobine" à la "résistance négative" du I. C'est à dire connecter $-R_e$ en parallèle sur L_0 .
- Après avoir représenté les nouvelles asymptotes, tracer les courbes G'_{dB} et Φ' sur les mêmes feuilles que les courbes G_{dB} et Φ précédentes.
- Dédire de ces courbes les nouvelles caractéristiques R'_0 et L_0 de cette inductance simulée améliorée.

III CONDENSATEUR SIMULE

1) Schéma

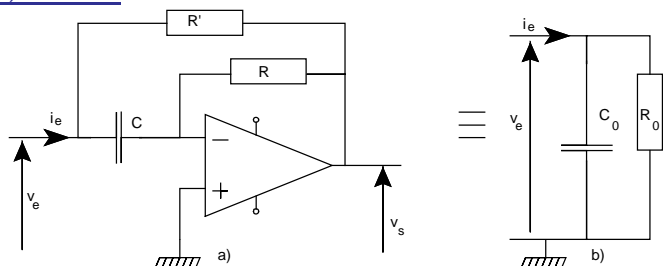


Figure 5 : Condensateur simulé. a) Montage b) Schéma équivalent. $C = 0,1 \text{ MF}$; $R = 12 \text{ k}\Omega$; $R' = 1,5 \text{ k}\Omega$

2) Calculs préliminaires

- Pourquoi dans schéma de la figure 5, l'amplificateur peut-il être considéré comme parfait ?
- Exprimer $Z_C = V_e/I_e$ puis calculer les valeurs littérales et numériques de R_0 et C_0 en fonction des éléments du montage.
- Tracez l'allure du diagramme de Bode du circuit.
- La mise en évidence expérimentale peut être réalisée à l'aide d'un montage similaire à celui utilisé lors de l'étude de l'inductance simulée :

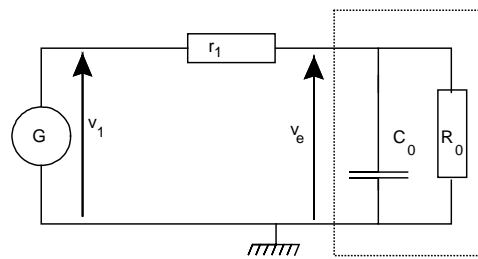


Figure 6 : Montage auxiliaire.
 $v_1 = V_1 \sin(\omega t)$; $r_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$

- Exprimer la fonction de transfert complexe $T(j\omega) = V_e/V_1$ d'un tel circuit et en déduire les valeurs littérales puis numériques de G_0 et f_0 (gain dans la bande passante et fréquence de coupure).
- Comme pour l'inductance simulée, on peut minimiser l'influence de R_0 en connectant le circuit à résistance négative du I.
- Soit R'_0 la nouvelle valeur de la résistance parallèle de cette inductance ($1/R'_0 = 1/R_0 + 1/-R_e$), calculer G'_0 et f'_0 les nouvelles valeurs du gain dans la bande passante et de la fréquence de coupure.

3) Mesures

a) Condensateur simulé seul

- Réaliser le montage simulant la capacité et le compléter par le circuit auxiliaire (générateur et r_1).
- Procéder comme pour l'étude de l'inductance (directions asymptotiques, absence de saturation...) puis tracer les courbes $G_{dB} = 20 \log |T|$ et $\Phi = \text{Arg}(v_e, v_1)$ en fonction de la fréquence.
- Dédire des courbes les valeurs réelles de R_0 et de C_0 .

b) Condensateur simulé + résistance négative

- Relier la résistance négative du I au montage ci-dessus.
- Opérer comme précédemment et déduire des courbes les nouvelles caractéristiques R'_0 et C_0 du "condensateur".

IV MATERIEL

- Maquette de connexions + composants
- Alimentation $\pm 15 \text{ V}$
- Générateur de fonctions INTERSTATE
- Fréquencemètre
- Oscilloscope METRIX OX734
- Multimètre HP 34401A