

## TP 1 : MESURES EN ELECTRONIQUE .

But du TP : revoir le fonctionnement et l'utilisation des appareils classiquement utilisés en électronique .

### 1 Le GBF ( générateur basses fréquences ) :

#### 1-1 Mise en forme :

Trois formes sont en général disponibles : sinusoïde , carré et triangle . Une fois le choix du signal effectué , il est possible de modifier la durée relative des deux demi-périodes en utilisant le bouton *symétrie* .

La fréquence est en général ajustable entre 1 Hz et 1MHz .

Le bouton *level* contrôle l'amplitude du signal qui en général peut aller jusqu'à 10 V , un bouton permet également d'atténuer le signal de 20 dB , c'est à dire de diviser son amplitude par 10 .

Il est possible d'ajouter au signal une tension continue en tirant puis tournant le bouton *offset* .

#### 2-2 Sorties du GBF :

Il y a deux sorties .

→ Sortie principale *50 Ω output* : cette sortie peut être modélisée par un générateur de tension idéal en série avec une résistance  $R_g$  de  $50\Omega$  ( résistance interne ) . La tension délivrée à vide ( lorsqu'aucun dipôle n'est connecté ) diffère donc de la tension en charge .

Si on branche en sortie une résistance  $R$  , la tension de sortie  $u$  vaut :  $u = e \frac{R}{R + R_g}$



Si  $R \gg R_g$  , on pourra négliger l'influence de la résistance interne du générateur .

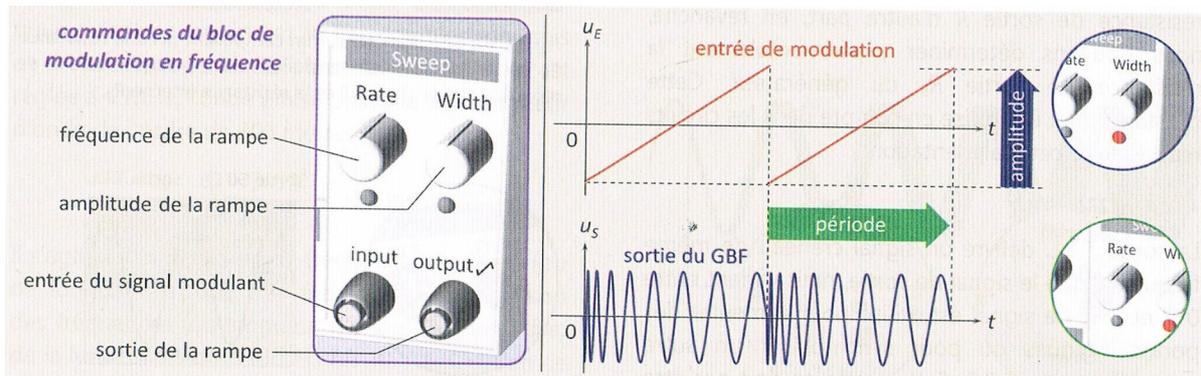
→ Sortie TTL : délivre un signal crête à crête de même fréquence que le signal de sortie mais variant entre 0 et 5V . Ce signal est utilisé pour alimenter des portes logiques .

La bande passante du générateur ( précisée dans la notice ) implique que l'amplitude du signal peut « s'écrouler » à hautes fréquences .

#### 1-3 Production d'un signal modulé :

La plupart des générateurs basse fréquence possèdent une entrée de modulation : en envoyant sur cette entrée un signal de commande variable dans le temps , on peut générer un signal dont la fréquence est modulée dans le temps .

La modulation par une rampe ( tension en dents de scie ) permet d'obtenir un signal dont la fréquence augmente progressivement entre deux valeurs extrêmes , le signal est wobulé et permet d'étudier la réponse fréquentielle d'un circuit . La plupart des générateurs possèdent un générateur de rampe intégré , deux commandes permettent de définir l'amplitude et la fréquence de la rampe .



## 2- Alimentation stabilisée :

C'est un composant actif qui peut se comporter , dans un domaine limité , soit comme une source idéale de tension , soit comme une source idéale de courant .

Lorsque celle-ci fonctionne en source de courant , on peut régler la valeur maximale de l'intensité délivrée en court-circuitant la source et en jouant sur le bouton de réglage de l'intensité .

## 3- Multimètre :

Appareil polyvalent pouvant mesurer la valeur d'une résistance , d'un courant , d'une tension continue ou non selon l'entrée utilisée : il est donc essentiel que la grandeur à mesurer corresponde bien à cette entrée .

Un multimètre permet de mesurer la valeur moyenne ou la valeur efficace d'une tension ou d'une intensité .

Plusieurs modes sont disponibles :

→ *En mode DC* ( direct current ) : un filtre passe bas élimine la composante alternative du signal . Le multimètre mesure alors la valeur moyenne de la tension ou de l'intensité .

→ *En mode AC* ( alternative current ) , un filtre passe-haut élimine la composante continue du signal . Le multimètre mesure alors la valeur efficace du signal moins sa valeur moyenne ou valeur RMS ( root mean square ) .

→ Certains appareils possèdent un *mode AC+DC* permettant de mesurer la valeur efficace du signal entier ou valeur TRMS ( true root mean square ) .

Rappel définition de la valeur efficace :  $V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{(T)} V^2(t) dt}$  . Cette valeur ne correspond à celle de

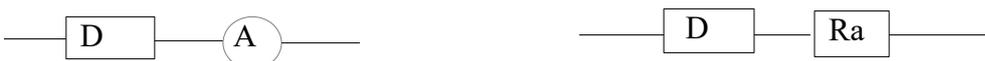
l'amplitude maximale divisée par  $\sqrt{2}$  que pour un signal sinusoïdal . Ce résultat est faux pour toute autre forme de signal .

Un multimètre possède une bande passante ( en général plus faible que celle d'un oscilloscope ) qui limite son usage aux hautes fréquences .

Utilisation en voltmètre: il doit être placé en parallèle du composant D aux bornes duquel on veut mesurer la tension . Le voltmètre peut-être modélisé par une résistance  $R_v$  de l'ordre du mégohm , un courant très faible traverse le voltmètre . Si le module de l'impédance de D reste négligeable devant  $R_v$  la présence du voltmètre ne perturbera pas le fonctionnement du circuit .



Utilisation en ampèremètre : le multimètre se place en série dans la branche dont on mesure l'intensité , il est équivalent à une résistance  $R_a$  de l'ordre de l'Ohm et induit une faible chute de tension qui en général est négligeable .



Utilisation en ohmmètre : il doit être branché en circuit fermé sur le dipôle dont on veut mesurer la résistance . L'appareil de mesure impose un courant connu , et mesure la tension qui s'établit à ses bornes . Le rapport de ces deux grandeurs permet d'accéder à la résistance du dipôle étudié . On ne peut l'utiliser que pour mesurer la résistance d'un composant passif et celui-ci doit être débranché du circuit .

Choix du calibre:pour bénéficier de la meilleure résolution possible ( et donc de la meilleure précision ) on doit choisir le calibre immédiatement supérieur à la valeur à mesurer .

Lorsque le calibre est inférieur à la valeur mesurée , l'instrument sature et affiche un message d'erreur .

#### **4- L'oscilloscope :**

C'est l'appareil fondamental des TP d'électronique : il permet de contrôler la forme du signal et d'effectuer des mesures de tension ( valeurs crête à crête , moyenne , efficace ) , de période , de déphasage .

**Un oscilloscope se comporte comme un voltmètre et doit donc être branché en parallèle sur le montage à étudier .**

Un oscilloscope est souvent d'une qualité moindre qu'un multimètre de table en ce qui concerne les mesures de tension, mais sa grande supériorité tient dans sa bande passante : alors qu'un multimètre de table fonctionne correctement pour des fréquences inférieures à quelques dizaines de kHz, **la bande passante d'un oscilloscope est souvent de plusieurs MHz ( 70 MHz pour celui utilisé en TP ) .**

**Pour des raisons de sécurité des personnes, la masse des entrées d'un oscilloscope est toujours reliée à la terre, via le cordon d'alimentation de l'oscilloscope au secteur .**

Affichage :deux modes possibles *mode balayage* qui permet d'observer l'évolution des signaux présents sur les deux voies en fonction du temps et *mode XY* représente une entrée en fonction de l'autre .

La synchronisation permet l'observation d'un signal stable à l'oscilloscope en permettant de synchroniser avec le signal à afficher la rampe qui commande le balayage horizontal ainsi les passages successifs sur l'écran se superposent exactement . Si la synchronisation n'est pas bonne le signal défile sans cesse sur l'écran .

Pour stabiliser le signal il faut aller dans le menu *trigger* :

- Faire le bon choix de la voie par rapport à laquelle on synchronise c'est la *source* ( en général c'est la voie où se trouve le générateur ) .
- Choisir le niveau de synchronisation : *level* . Il est impératif que cette valeur de tension soit atteinte par le signal que l'on cherche à observer .
- Choisir le sens de variation du signal ( montant ou descendant ) : *slope* .

Les réglages de la base de temps doivent être tels que on obtiennent une à deux périodes sur l'écran et le réglage de l'amplitude doit permettre d'observer la courbe la plus grande possible sans déborder l'écran .

#### **AC / DC ( ou CA / CC ):**

Le mode DC ( *direct current* ) ou CC ( *courant continu* ) permet d'observer l'intégralité du signal observé . **Il faut toujours observer les signaux dans ce mode lorsque notamment ces derniers ne présentent pas de tension de décalage importantes .**

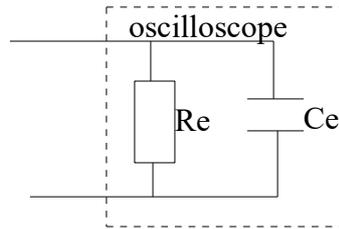
Le mode AC ( *alternative current* ) ou CA ( *courant alternatif* ) : la tension à l'entrée de l'oscilloscope  $e(t)$  passe par un filtre passe-haut de fréquence de coupure 10 Hz qui élimine sa composante continue on visualise en fait  $e(t) - \langle e(t) \rangle$  .

Pour sélectionner le couplage des voies, appuyez sur la touche de voie souhaitée, dans le menu *Voie* appuyez sur la touche de fonction *Couplage* pour sélectionner le couplage souhaité .

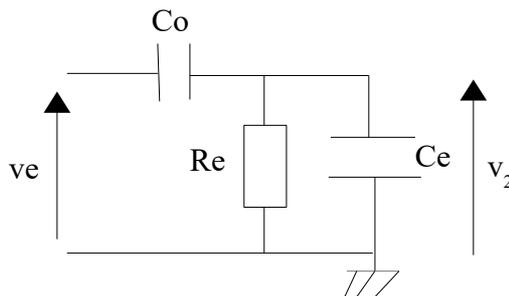
Les curseurs : des curseurs verticaux ( pour le temps ) et horizontaux ( pour les tensions ) permettent de mesurer de manière précise des écarts de temps ou de tension .

Impédance d'entrée : comme tout instrument de mesure l'oscilloscope perturbe le montage sur lequel il est connecté ( en général cette perturbation est négligeable ) .

→ Comme tout bon voltmètre, l'impédance d'entrée d'un oscilloscope doit être aussi élevée que possible : typiquement, **cette impédance d'entrée est modélisable dans le cas du couplage DC par une résistance de 1 MΩ en parallèle avec une capacité de 11 pF** et donc le module de l'impédance d'entrée de l'oscilloscope diminue lorsque la fréquence augmente (  $|Z_e|$  ne vaut plus que 15kΩ à 1 MHz ! ).



→ Lorsque l'oscilloscope est placé en mode AC le schéma équivalent de l'entrée de l'oscilloscope est le suivant :



Re et Ce ont les valeurs précédentes et Co est de l'ordre de 60 nF .

Co >> Ce , on obtient après approximations la fonction de transfert  $H(j\omega) \approx \frac{1}{1 + \frac{1}{jC_0 R_e \omega}}$  qui est la fonction de transfert d'un filtre passe-haut de fréquence de coupure  $f_c \approx \frac{1}{2\pi R_e C_0} \approx 2,6 \text{ Hz}$  .

Les composantes continues vont bien être coupées .

#### **4- Graphes et mesures :**

##### 4-1 Présentation d'un graphe :

La présentation d'un graphe nécessite :

- Un titre .
- Une échelle adaptée sur chacun des axes afin que celui-ci soit le plus grand possible sans déborder
- La variable et son nom sur chacun des axes avec son unité .

##### 4-2 Vérification d'une loi :

Si l'on souhaite vérifier graphiquement une loi , il est nécessaire de se ramener à une droite .

Exemples : pour une loi du type  $y = \frac{a}{x^2}$  il faudra tracer la la courbe  $y = f\left(\frac{1}{x^2}\right)$  ; pour un loi du type  $y = a x^\alpha$  on tracera ln y en fonction de ln x (  $\ln y = \ln a + \alpha \ln x$  ) .

##### 4-3 Mesure d'amplitude :

On utilisera un multimètre ( attention celui-ci mesure une valeur efficace ) pour des grandeurs sinusoïdales .

On utilisera la plupart du temps l'oscilloscope en mode DC .

La plupart d'entre eux possèdent des curseurs permettant de faire cette mesure ou bien cette amplitude s'affiche automatiquement ; pour optimiser ces mesures il faut utiliser des calibres tels que la courbe soit la plus grande possible sans déborder .

#### 4-4 Mesure de déphasage :

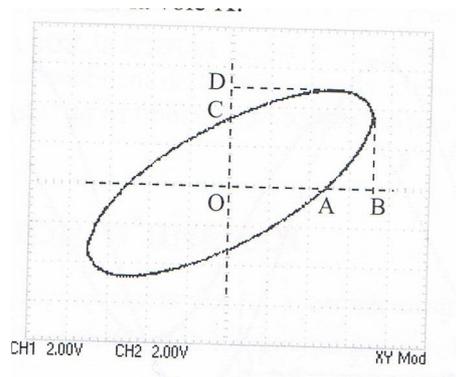
Déterminer d'abord le signe du déphasage en identifiant l'avance ou le retard de la tension d'entrée sur le tension de sortie .

Pour la mesure du déphasage plusieurs possibilités :

- Soit l'oscilloscope fait la mesure directement ( *menu temps* ) .
- Soit à l'aide des curseurs temporels vous mesurer l'écart  $\Delta t$  entre les annulations sur les fronts montants ou descendants des tensions d'entrée et de sortie ainsi que la période T du signal alors

$$|\phi| = 2\pi \frac{\Delta t}{T} .$$

- S'il est possible de décaler la base de temps , mettre une demi période sur 9 carreaux ( 1 carreau =  $20^\circ$  ) et mesurer l'écart entre les annulations sur les fronts montants ou descendants des tensions d'entrée et de sortie .
- Utiliser le mode XY ( lissajous ) : le signal de sortie est visualisé selon Y et la tension d'entrée selon X .



Pour le gain  $OD = sm$   $OB = em$

Pour le déphasage :  $|\sin \phi| = \frac{OA}{OB} = \frac{OC}{OD}$

Ce mode est surtout intéressant ( et c'est le plus précis ) pour repérer un déphasage de  $0$  ou  $180^\circ$  .

#### 4-5 Diagrammes de Bode :

Avant de faire les mesures :

- Bien régler la position des zéros , l'oscilloscope doit être en mode DC .
- Faire un balayage en fréquence sur plusieurs décades afin de vérifier le comportement du filtre ( amplitude et déphasage en basses fréquences, à la fréquence de coupure , en hautes fréquences ) , de vérifier si le signal de sortie ne sature jamais si c'est le cas diminuer l'amplitude du signal d'entrée et enfin de vérifier si l'amplitude du signal d'entrée ne varie pas avec la fréquence si c'est le cas cela signifie que l'impédance d'entrée du montage atteint des valeur de l'ordre de celle de résistance d'entrée du générateur dans ce cas l'insertion d'un suiveur entre le générateur et le montage permet de résoudre le problème .

Mesurer ensuite l'amplitude du signal d'entrée ( qui ne variera pas à priori au cours du TP ) et **simultanément** la fréquence du signal d'entrée , l'amplitude du signal de sortie et le déphasage entre les signaux d'entrée et de sortie .

### 5- Partie expérimentale :

#### 5-1 Résistance d'entrée d'un GBF – Mesure de tension au multimètre .

La forme des signaux et les réglages seront contrôlés avec l'oscilloscope .

→ Générer un signal sinusoïdal d'amplitude 2 V , de fréquence 1 kHz et de valeur moyenne nulle à l'aide du GBF . Mesurer la tension en sortie du GBF : réfléchir au mode utilisé , noter la valeur obtenue que mesure le multimètre ?

Brancher entre la sortie du GBF et la masse une résistance variable R allant jusqu'à  $100 \Omega$  . Mesurer la tension en sortie du GBF et régler R pour que l'amplitude aux bornes de R soit la moitié de celle mesurée précédemment . En déduire la valeur de la résistance interne du GBF . La méthode mise en

œuvre ici s'appelle la méthode de la tension moitié.

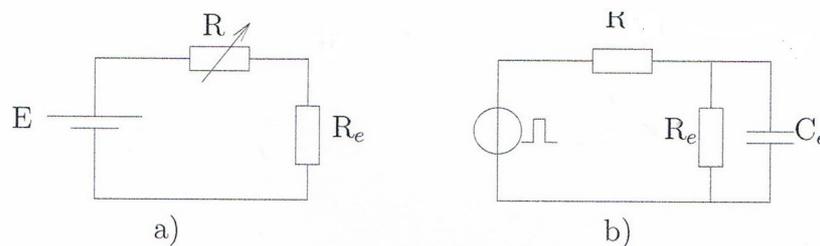
Si cela est possible, comment a-t-on intérêt à choisir la résistance d'entrée d'un montage alimenté par un GBF ?

→ Générer à l'aide du GBF un signal carré de rapport cyclique  $\frac{1}{2}$ , variant entre 0 et 3 V et de fréquence 1 kHz. Brancher un multimètre en mode DC et vérifier que celui-ci mesure la valeur moyenne du signal, le placer en mode AC et vérifier que vous mesurez la valeur efficace du signal. Comment pouvez vous mesurer la valeur moyenne du signal à l'aide de l'oscilloscope ?

### 5-2 Mesure de l'impédance d'entrée d'un oscilloscope en mode DC : ne pas mettre en œuvre

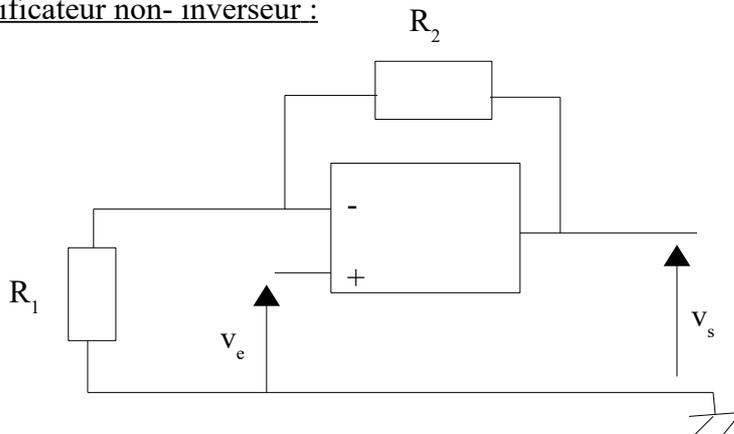
a- Placer l'oscilloscope en mode DC. Relier l'entrée de l'oscilloscope à une source de tension continue E par l'intermédiaire d'une résistance variable R. Choisir R pour que la tension à l'oscilloscope soit E/2 et alors on peut en déduire la valeur de  $R_e$ .

b- Relier l'entrée de l'oscilloscope à un GBF délivrant une tension carré d'amplitude crête à crête E, de fréquence de plusieurs kHz par l'intermédiaire de la résistance R précédente. Proposer un protocole utilisant ce montage pour déterminer une estimation de  $C_e$ .



### 5-3 Mesures à l'oscilloscope, exemples sur l'étude de montages à ALI :

a- Amplificateur non-inverseur :



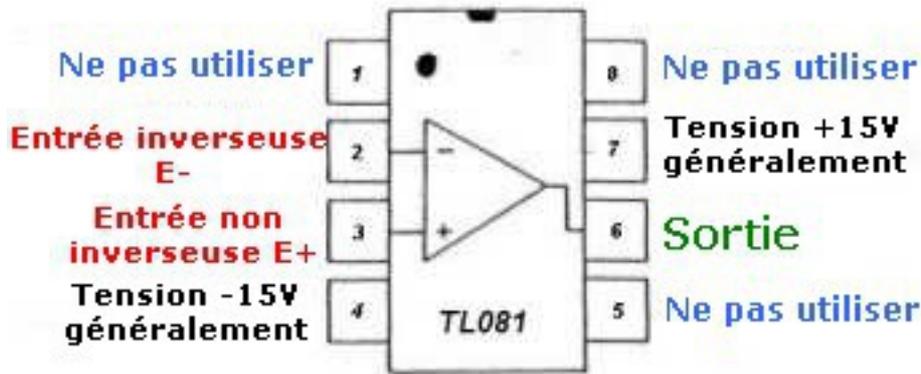
→ Rétablir rapidement la relation liant  $v_e$  et  $v_s$  en considérant l'ALI en fonctionnement linéaire.

#### Câblage du montage :

Positionner l'ALI pour qu'aucune des huit pâtes ne soit en contact avec les autres.

Brancher d'abord les alimentations +15V et -15 V sur le composant.

Disposer ensuite les composants (voir schéma de câblage ci-dessous).



TL 081 vu de dessus , schéma de câblage .

**Attention avant d'alimenter le montage par la tension d'entrée il faut mettre en fonction l'alimentation continue de l'ALI sinon vous détruirez l'amplificateur . De même lorsque vous éteignez le montage, il faut d'abord éteindre le générateur d'entrée puis ensuite l'alimentation continue .**

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \text{ et } R_2 = 10 \text{ k}\Omega .$$

→ Alimenter le montage par un signal sinusoïdal d'amplitude 0,5V, de fréquence environ 1kHz . Visualiser les tensions d'entrée et de sortie sur les voies une et deux de l'oscilloscope . Synchroniser sur le signal d'entrée ( ce que l'on fait habituellement car le signal d'entrée a des caractéristiques connues ) . Mesurer l'amplitude des signaux en entrée et sortie , explorer toutes les mesures effectuées par l'oscilloscope et comprendre à quoi elles correspondent . Mettre en fonction les curseurs de tension et les utiliser pour faire des mesures de tensions ( ex amplitude , crête à crête ... ) . Mesurer à l'oscilloscope la fréquence du signal : mesure directe et mesure à l'aide des curseurs de temps .

Mesurer le déphasage entre les tensions d'entrée et de sortie . Comment peut-on s'assurer précisément de cette valeur particulière de déphasage ?

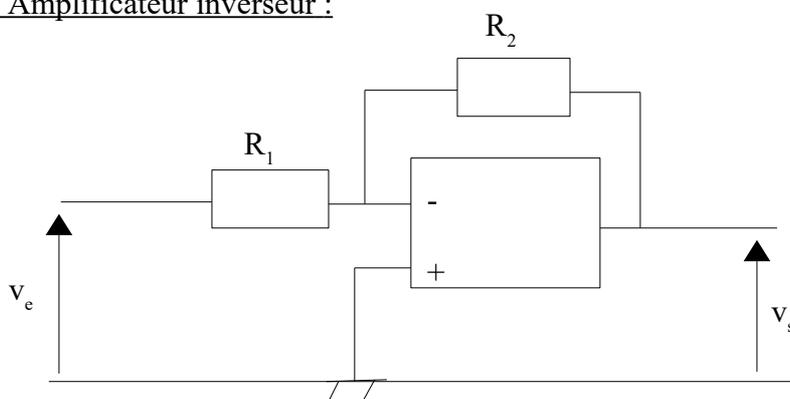
→ Augmenter l'amplitude du signal d'entrée et vérifier l'existence d'une saturation en sortie, mesurer les tensions de saturation haute et basse . Visualiser la caractéristique  $v_s = f(v_e)$  .

→ Influence de la fréquence .

Augmenter la fréquence du signal d'entrée . En déduire qu'à partir d'une certaine fréquence, le comportement de l'ALI n'est plus celui du modèle idéal .

Mesurer expérimentalement la fréquence de coupure à  $-3 \text{ dB}$  , on décrira précisément le protocole utilisé . Mesurer le déphasage à cette fréquence entre les signaux d'entrée et de sortie . Comment peut-on modéliser le comportement du montage .

#### b- Amplificateur inverseur :

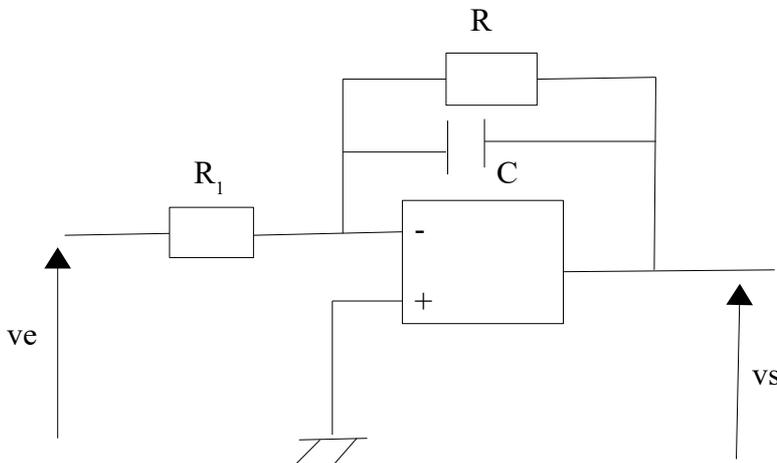


→ Rétablir rapidement la relation liant  $v_e$  et  $v_s$  en considérant l'ALI en fonctionnement linéaire . Prendre  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$  .

→ Alimenter le montage par un signal sinusoïdal d'amplitude 2V, de fréquence environ 1kHz .  
 Visualiser les tensions d'entrée et de sortie sur les voies une et deux de l'oscilloscope . Synchroniser sur le signal d'entrée ( ce que l'on fait habituellement car le signal d'entrée a des caractéristiques connues ) .  
 Mesurer l'amplitude des signaux en entrée et sortie .  
 Mesurer le déphasage entre les tensions d'entrée et de sortie . Comment peut-on s'assurer précisément de cette valeur particulière de déphasage ?

c- Filtre passe-bas d'ordre 1 :

On considère le filtre suivant :



$R = 10 \text{ k}\Omega$

$C = 10 \text{ nF}$

$R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$

Etude théorique :

Calculer la fonction de transfert du montage . En déduire la nature du filtre ainsi que les valeurs numériques des grandeurs caractéristiques de celui-ci .

Etude expérimentale :

Câbler le montage . Vérifier le bon fonctionnement de celui-ci . Mesurer la fréquence de coupure à  $-3 \text{ dB}$   
 Indiquer précisément le protocole utilisé . Tracer le diagramme de Bode en amplitude .  
 Relever le déphasage entre la sortie et l'entrée pour quelques valeurs de fréquences .

Prédire à l'aide des diagrammes la réponse à un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz . Alimenter le montage par un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz , mesurer l'amplitude du signal de sortie et le déphasage entre les signaux d'entrée et de sortie . Vérifier la cohérence avec votre prédiction .

### **Liste matériel par poste :**

- un oscilloscope
- un GBF
- un multimètre
- Alimentation continue +15V/-15V
- une plaquette, résistances 1k $\Omega$  , 4,7 k $\Omega$ , 10k $\Omega$  , condensateur 10 nF
- ALI 741 sur support
- une boîte AOIP \*10 $\Omega$  , \*100 $\Omega$