

TP

Travaux Pratiques

Nom :

Prénom :

Groupe de TP :

Ce document détaille les énoncés des 5 premiers TP. Le dernier sera un TP de Synthèse.

Ces TP comportent une partie de préparation. Vous devrez la préparer chez vous et la remplir dans ce formulaire. Aucun compte-rendu n'est à rédiger.

La préparation sera évaluée dès le début de la séance !

Lors de chaque séance, une dizaine de jalons seront à faire valider par l'enseignant.

Les jalons sont à faire valider par l'enseignant dès que :

- L'objectif expérimental est atteint
- **La réponse à la question est rédigée dans l'encadré**

La dernière partie propose des exercices en mode projet pour « aller plus loin »

Système d'évaluation :

- Vous serez évalués sur les jalons de 6 TP,
- Lors de 2 séances de test TP individuel qui auront lieu après le TP 3 et après le TP6. Le coefficient de ces épreuves individuelles sera à peu près le double de la moyenne des 3 TP qui précèdent chaque test.
- **Le seul document autorisé en test de TP sera ce formulaire.**
- Les seuls documents autorisés seront vos énoncés de TP. Ces tests comprendront
 - une partie théorique, basée sur vos réponses écrites dans les énoncés (1/3 de la note)
 - des manip issues de l'ensemble des TP (2/3 de la note)

Electronique

TP n°1 : La mesure en électronique du signal

Ce que vous allez apprendre dans ce TP

1. Utiliser le GBF, l'alimentation continue, le multimètre, l'oscilloscope numérique et la sonde d'oscilloscope.
2. Apprendre à tracer des graphiques en échelle logarithmique.
3. Mettre en place et caractériser la réponse fréquentielle d'un filtre du premier ordre.

PARTIE A – PREPARATION (3 PTS)

On rappelle le schéma équivalent d'un générateur alimentant une charge résistive.

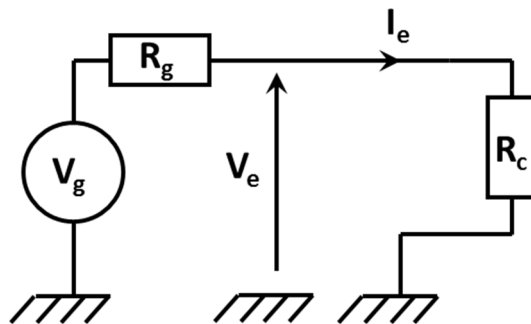


Figure 1 : schéma équivalent d'un générateur alimentant une charge résistive.

A-1. Entourez sur la figure 1 la partie correspondant au générateur.

A-2. Exprimez la tension V_e en fonction de V_g , R_g et R_c .

A-3. On considère que les deux résistances sont égales ($R_g = R_c$). Quelle est la valeur à appliquer en V_g pour avoir $V_e = 1\text{ V}$?

A-4. Rappelez comment calculer la valeur efficace d'un signal sinusoïdal de fréquence 100 Hz et d'amplitude 2 V.

A-5. On considère un GBF alimentant une résistance R et un élément d'impédance inconnue Z_{inconnue} montés en série. Les tensions aux bornes de ces éléments sont notées U_R et U_Z , respectivement. Dessinez le schéma du montage et démontrez que $Z_{\text{inconnue}} = R \cdot U_Z / U_R$.

PARTIE B – PRISE EN MAIN DES DIFFERENTS APPAREILS (7.5 PTS)

J1	Identifiez, l'oscilloscope, le GBF, l'alimentation continue et le multimètre devant vous. En regardant la façade du GBF et de l'oscilloscope, identifiez les valeurs de la résistance R_g (figure 1) et de l'impédance d'entrée de l'oscilloscope R_e (résistance et capacité en parallèle). Renseignez ces valeurs.

Par défaut, le GBF considère qu'il charge un appareil de résistance interne $50\ \Omega$.

L'affichage du GBF ne donne pas accès à la valeur de V_g . Il vous affiche la valeur de V_e correspondant au chargement d'une résistance de charge dont la valeur est celle renseignée dans «Utility → Output setup » de chacune des voies.

De ce fait, il appliquera en V_g une tension différente selon que vous lui indiquiez que la charge est de $50\ \Omega$ ou en haute impédance (considérée infinie). Ainsi, **il est primordial de renseigner la valeur de l'impédance de charge au GBF.**

J2	Générez un signal sinusoïdal d'amplitude 1 V (correspond donc à $2\ V^{pp}$) et de fréquence 1 kHz. Visualisez-le sur l'oscilloscope en renseignant une impédance de charge de $50\ \Omega$ dans le GBF, puis en renseignant une haute impédance. Indiquez les amplitudes que vous avez observées sur l'oscilloscope en utilisant chacun des modes. Détaillez comment régler le GBF quand le signal est visualisé sur l'oscilloscope.

J3	Générez un signal triangulaire de rapport cyclique 60% d'amplitude 2 V avec un offset d'1 V et de fréquence 2 kHz. En cliquant sur le numéro de la voie vous pouvez passer du mode CC au mode CA. Visualisez-le signal sur l'oscilloscope en mode CC, puis en mode CA. Expliquez.

J4	<p>En utilisant la plaque verte et l'alimentation continue, imposez un signal continu de 5 V aux bornes d'une résistance de 330 Ω. Mesurez cette tension, puis le courant parcourant la résistance à l'aide du multimètre.</p> <p>Reproduire les deux schémas de mesure.</p>

J5	<p>Appliquez une tension sinusoïdale de 2 V d'amplitude et de 50 Hz de fréquence aux bornes d'une résistance de 4.7 kΩ. Mesurez et discutez la valeur de la tension mesurée en utilisant le multimètre.</p>

PARTIE C – SONDE D'OSCILLOSCOPE (6.5 PTS)

La mesure de tension à l'oscilloscope peut se faire en utilisant une sonde de tension. Ces sondes sont dites à atténuation passive ($\times 1$ ou $\times 10$), qui doivent être compensées, c'est-à-dire ajustées avant de faire une mesure (figure 2).

- en mode $\times 1$: Il n'y a pas d'atténuation de la part de la sonde. Le signal appliqué à son entrée n'est pas atténué en sortie. La résistance R_s et la capacité C_s présente dans la sonde sont shuntés
- en mode $\times 10$: la résistance R_s et la capacité C_s sont active. Le signal en sortie de la sonde est 10 fois plus faible qu'à son entrée, l'impédance de la sonde est 10 fois plus grande. Il faudra alors régler le calibre de la voie de l'oscilloscope en $\times 10$.

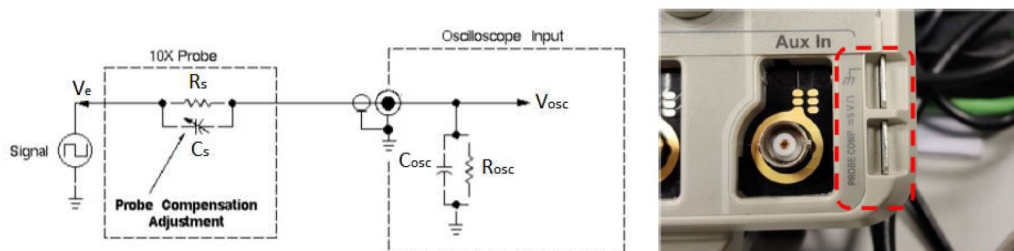


Figure 2 : Schéma équivalent de la sonde de tension connectée à l'oscilloscope et bornes utilisées pour la compensation.

Sur l'oscilloscope, on peut également observer deux prises de contact qui permettent de "compenser" la sonde : cette action revient à ajuster correctement la valeur de la capacité C_s en fonction de la capacité d'entrée de l'oscilloscope.

La "compensation" se règle soit au niveau du connecteur BNC, soit au niveau de la pointe de touche suivant les modèles. Ceci est généralement réalisé en utilisant un tournevis en plastique. Si votre condensateur ajustable est positionné sur la valeur adéquat, alors vous obtenez un signal dont la forme est normalement carrée.

J6	<p>Tourner la visse de compensation d'un quart de tour, puis mettez en place la compensation de votre sonde.</p> <p>Expliquez la méthode.</p>
J7	<p>Appliquez un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude 2 V et visualisez-le à l'oscilloscope en utilisant le réglage $\times 10$.</p> <p>Expliquez le réglage à appliquer sur l'oscilloscope pour visualiser le signal en réglage $\times 10$.</p>

J8	<p>Mesurez avec le multimètre la résistance d'entrée de l'association sonde-oscilloscope (série) quand la sonde est en montage $\times 1$ et en montage $\times 10$.</p> <p>En vous aidant de la figure 2, en déduire la valeur de la résistance R_s contenue dans la sonde.</p> <p>Discutez l'intérêt de la haute impédance du montage sonde $\times 10$.</p>

On souhaite étudier l'effet du réglage de la sonde sur une mesure haute fréquence.

J9	<p>Appliquez un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude 2 V en entrée d'un montage pont diviseur de tension pour lequel les deux résistances valent 100 kΩ.</p> <p>Mesurez la tension de sortie (aux bornes de la seconde résistance) en utilisant le réglage en sonde $\times 1$ et le réglage en sonde $\times 10$.</p> <p>Refaire la même mesure en appliquant un signal sinusoïdal de fréquence 50 kHz.</p> <p>Renseignez les valeurs mesurées dans le tableau suivant et discutez l'intérêt de la sonde $\times 10$.</p>			
	Fréquence	Vs en réglage $\times 1$	Vs en réglage $\times 10$	
	1 kHz			
	50 kHz			

PARTIE D – PARTIE PROJET (3 PTS)

On souhaite écouter l'effet sonore de la fréquence d'un signal sinusoïdal et caractériser l'impédance d'un haut-parleur. On utilisera les entrées bananes noir et rouge (et non pas rouge et rouge, qui sont câblés différemment !) des haut-parleurs.

P1	Alimentez le haut-parleur avec le GBF par une tension sinusoïdale d'amplitude 100 mV et de fréquence 10 Hz. Augmentez la fréquence et renseignez la gamme de fréquence audible par votre oreille.

On se propose maintenant de caractériser la variation d'impédance de cet élément.

Pour cela, on applique une tension de 2 V d'amplitude aux bornes d'une association haut-parleur + résistance de $10\ \Omega$ (en série). Pour chacune des valeurs de fréquences renseignées dans le tableau suivant, relevez les valeurs de tension aux bornes du haut-parleur (V_{HP}) et aux bornes de la résistance (V_R). La tension aux bornes de la résistance sera mesurée à l'oscilloscope en utilisant la sonde de tension.

Fréq. (Hz)	20	50	70	90	110	115	120	200	400	1k	5k	10k	20k
V_{HP} (mV)													
V_R (mV)													

P2	Reportez les valeurs de tensions dans un tableau excel (sur deux colonnes). Déduire de ces deux valeurs l'évolution de l'impédance en fonction de la fréquence. Faire un deuxième graphique avec les mêmes variables, mais en échelle logarithmique de fréquence. Dessinez ces figures et détaillez la procédure de tracé.



Electronique

TP n°2 : Platine d'expérimentation et réponse fréquentielle d'un filtre

Ce que vous allez apprendre dans ce TP

1. Comprendre l'architecture d'une platine d'expérimentation (Labdec).
2. Utiliser cette plaquette pour câbler un montage électrique simple.
3. Mettre en place et caractériser la réponse fréquentielle d'un filtre du premier ordre.
4. Mettre en place un montage amplificateur et un filtre audio simple.

PARTIE A – PREPARATION (3 PTS)

On considère un filtre passif de type CR.

A-1. Représentez un tel filtre en faisant apparaître V_e , V_s et la masse.

A-2. Rappelez la fonction de transfert $H(j\omega)$ de ce filtre, ainsi que les expressions du module et de la phase.

A-3. En déduire l'allure du module et de la phase en fonction de la fréquence du signal V_e .

A-4. Rappelez la définition de la pulsation de coupure (ω_c) à -3 dB d'un filtre d'amplification en bande passante (H_0). Indiquez la définition de H_0 .

A-5. Dans le cas du filtre CR, estimez la valeur de H_0 .

A-6. Placez $H_0, f_c (\omega_c/(2\pi))$ et l'amplification à cette fréquence sur le graphique de la question A-3.

A-7 Rappelez l'expression du gain en décibel (dB) et calculez le gain correspondant à une amplification de $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

A.8. Rappelez l'expression du déphasage entre deux signaux en fonction de l'écart temporel entre ces deux signaux et de la période du signal d'entrée.

Exprimez cette relation en radians et en degré.

Rappelez la condition de signe (retard / avance).

PARTIE B – DECOUVERTE DES PLATINES D'EXPERIMENTATION (3 PTS)

Les platines d'expérimentation (breadboard en anglais), communément appelées plaques Labdec (nom de la marque la plus répandue), sont généralement de forme rectangulaire. Elles possèdent plusieurs rangées de trous : certaines rangées sont verticales tandis que d'autres sont horizontales.

Les trous sont espacés les uns des autres d'un pas standard pour accueillir des pattes de composants ou des fils. Néanmoins, **il y a des trous qui sont reliés ensemble et d'autres pas**. La figure 1 décrit quels trous sont reliés entre eux.

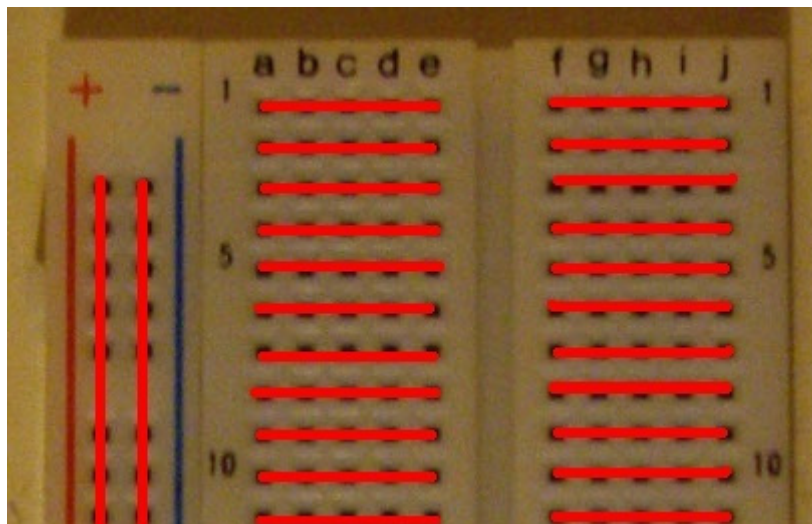


Figure 1 : schéma de liaison d'une plaque Labdec.

Les trous des rangées horizontales sont reliés entre eux jusqu'au milieu.

Les trous des deux rangées verticales sont tous reliés sur une même ligne.

- la première, celle qui est rouge, est représentée par un "+". Par convention, on y connecte la source de tension.
- la deuxième rangée, celle qui est noire, est symbolisée par un "-". Cette ligne sert à relier la référence de votre alimentation.

J1	Générez un signal sinusoïdal d'amplitude 2 V, d'offset 1 V et de fréquence 1 kHz. Visualisez ce signal sur l'oscilloscope.
----	---

	En cas de difficulté, détaillez la procédure.

J2	En utilisant, la plaque labdec, appliquez ce signal aux bornes d'une résistance de 1.5 kΩ. En utilisant un T BNC, visualisez simultanément le signal issu du GBF et la tension aux bornes de la résistance, en utilisant une sonde de tension en réglage $\times 10$. Détaillez la méthode de mesure.

J3	En utilisant la plaque labdec, appliquez le signal précédent aux bornes d'un montage pont diviseur de tension pour lequel les deux résistances valent 1.5 kΩ. Visualisez simultanément le signal issu du GBF et la tension aux bornes de la deuxième résistance. Détaillez le schéma de mesure sur la plaque.

PARTIE C – REPONSE FREQUENTIELLE D'UN FILTRE CR (6 PTS)

Mettez en place un filtre CR sur votre plaque Labdec pour lequel composant $R_1 = 1.5 \text{ k}\Omega$ et $C_1 = 100 \text{ nF}$. On imposera désormais des signaux sinusoïdaux sans offset.

J4	En faisant varier la fréquence du signal d'entrée, caractérisez le type (passe-haut, passe-bas, passe-bande) de filtre en place. Déterminez expérimentalement une valeur approchée de l'amplification maximale en bande passante H_0, puis la valeur de la fréquence de coupure à -3 dB (sans tracer le diagramme de Bode) et l.

Pour tracer le diagramme de Bode, vous devez faire varier la fréquence de V_e dans une gamme $\left[\frac{f_c}{50} ; f_c \times 50\right]$ en prenant au minimum 10 valeurs dans l'intervalle $\left[\frac{f_c}{50} ; f_c\right]$ et 10 valeurs dans l'intervalle $[f_c ; f_c \times 50]$.

N.B. : vous devriez faire de même autour de la fréquence centrale d'un filtre passe-bande.

J5	En utilisant les curseurs, mesurez l'évolution de l'amplitude du signal de sortie pour 20 valeurs de fréquences. En utilisant un tableur, tracez l'évolution du gain (dB) de ce filtre. L'axe des fréquences doit être en échelle logarithmique.

J6	<p>En utilisant les curseurs, mesurez l'évolution des écarts temporels entre les deux signaux pour différentes fréquences (comme précédemment).</p> <p>En utilisant un tableur, tracez l'évolution de la phase (en degrés) de ce filtre. L'axe des abscisses doit être en échelle logarithmique.</p>

Pour mesurer l'amplitude des signaux et le déphasage, vous pouvez utiliser la mesure automatique de l'oscilloscope. Pour cela, **vous devez afficher plusieurs périodes et une amplitude couvrant au minimum la moitié de l'écran** (pensez à changer le calibre !!). La mesure automatique prend en compte le choix de votre calibre.

N.B. : la mesure de la phase est très pratique, mais vous verrez plus tard que l'oscilloscope a tendance à induire un déphasage de 180° quand le signe change... **Cet outil est donc à utiliser avec prudence !!**

J7	<p>En utilisant la mesure automatique, vérifiez quelques valeurs d'amplitude et de la phase aux différentes fréquences choisies précédemment.</p> <p>Détaillez les réglages à mettre en place pour faire ces mesures</p>

PARTIE D – CARACTERISATION D'UN FILTRE QUELCONQUE (5 PTS)

On s'intéresse à la caractérisation du filtre représenté sur la figure 2.

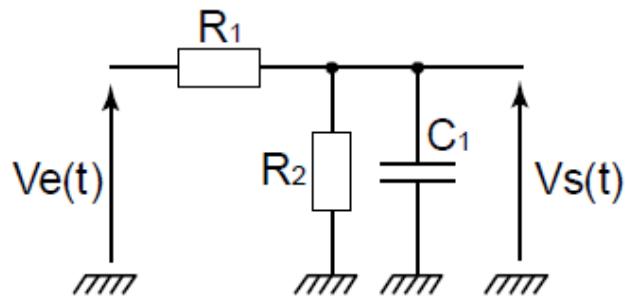


Figure 2 : schéma d'un filtre inconnu.

On prend pour valeurs de composants $R_1 = R_2 = 1.5 \text{ k}\Omega$ et $C_1 = 100 \text{ nF}$.

J8	Déterminez expérimentalement le type de filtre en place, une valeur approchée de H_0 et de la fréquence de coupure à -3 dB (sans tracer le diagramme de Bode).
J9	Tracez le diagramme de Bode (gain et phase) de ce filtre, en prenant 20 valeurs de fréquence dans une gamme $\left[\frac{f_c}{50} ; f_c \times 50\right]$.

PARTIE E – PARTIE PROJET (3 PTS)

On souhaite mettre en place un système de filtrage passif d'un signal audio

En utilisant le GBF, votre plaque Labdec, les composants passifs disponibles et un haut-parleur, nous allons tester l'effet sonore d'un filtre passe-bas.

P1	Déterminez, et mettez en place, un montage permettant d'écouter un signal issu du GBF. Représentez le schéma du montage.

P2	Déterminez, et mettez en place, un filtre passe-bas (type RC) de fréquence de coupure (à -3 dB) proche de 500 Hz (on gardera le condensateur de 100 nF). Discutez l'effet sonore.

Electronique

TP n°3 : caractérisation des propriétés d'un AOP

Ce que vous allez apprendre dans ce TP

1. Visualiser et amplifier un signal vocal.
2. Construire un filtre actif sur plaquette d'essai
3. Comprendre les limites de l'AOP.

PARTIE A – PREPARATION (3 PTS)

A-1. Rappelez la courbe d'évolution de la tension de sortie d'un AOP en fonction de $\varepsilon = e^+ - e^-$.
Identifiez les zones de fonctionnement linéaire et de saturation.

A-2. Rappelez le schéma de câblage d'une alimentation +15/-15V.

Le schéma de fonctionnement du TL081 est décrit sur la figure 1.

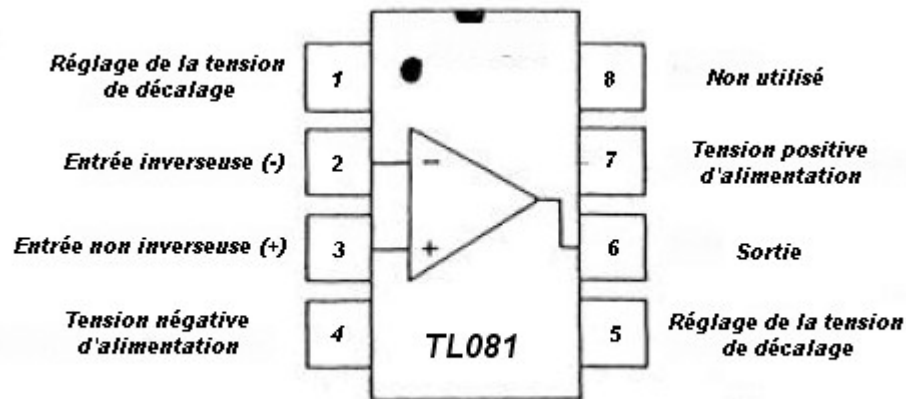


Figure 1 : schéma de fonctionnement du TL081.

A-3. Identifiez les pattes d'alimentation en tension continue (V_{cc+} et V_{cc-}).

Quelle est l'utilité du point noir sur le dessin ?

A-4. Rappelez la fonction de transfert du montage suiveur.

Quelle est la valeur de l'impédance d'entrée d'un AOP idéal ? Expliquez son intérêt.

A-5. Rappelez la fonction de transfert d'un montage amplificateur $\times 51$. Tracez le diagramme de Bode de ce montage (gain et phase).

PARTIE B – MONTAGE AOP SUR PLAQUE LABDEC (4 PTS)

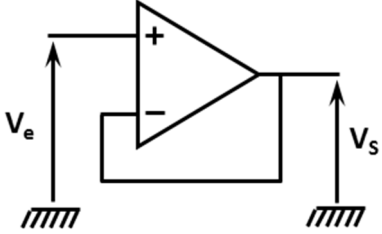
L'amplificateur opérationnel (AOP) est un composant actif constitué d'étages à transistors. Il est doté d'une entrée différentielle (entre e^+ et e^-) et d'une sortie (V_s). C'est un **élément actif, qui nécessite donc d'être alimenté en tension continue (V_{cc}^+ et V_{cc}^-)**.

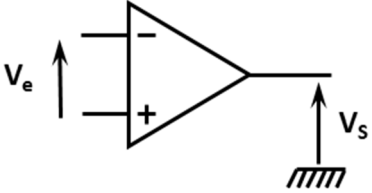
Les AOP TL081 que vous allez utiliser s'alimentent classiquement en $+15\text{ V}/-15\text{ V}$. Dans tous les cas, **les tensions appliquées en entrée doivent toujours être comprises entre V_{cc}^+ et V_{cc}^- . Si cette condition n'est pas respectée, l'amplificateur risque de brûler.**

Vous serez peut-être amenés à utiliser d'autres AOP comme le TL082. Les datasheet de chacun de ces AOP se trouvent sur le serveur commun\domenjoud.

J1	En utilisant l'alimentation continue générez sur la plaque Labdec (en amenant 3 niveaux de tension) <ul style="list-style-type: none">- une différence de potentiel de $+15\text{ V}$;- une différence de potentiel de -15 V. Faites vérifier vos niveaux de tension avec le multimètre et précisez le schéma de câblage.

J2	<p>Insérez l'amplificateur sur la plaque Labdec et imposez le +15/-15 V sur les pattes d'alimentation correspondantes.</p> <p>Générez et visualisez à l'oscilloscope un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude 2 V.</p>

J3	<p>Réalisez le montage suiveur de tension.</p>  <p>Visualisez simultanément l'entrée et la sortie de ce montage. Expliquez la forme de ce signal.</p>

J4	<p>Appliquez le signal précédent entre les bornes e^+ et e^-.</p>  <p>Visualisez simultanément le signal d'entrée et le signal de sortie. Discutez la forme du signal de sortie.</p>

Conservez le montage suiveur sur la plaque Labdec !

PARTIE C – AMPLIFICATION D'UN SIGNAL CAPTE PAR UN MICROPHONE (1.75 PTS)

Le microphone que nous allons utiliser se trouve sur la carte audio en bas à gauche. L'alimentation de ce micro est assurée au travers de l'alimentation +15/-15 V de la carte. Son bon fonctionnement est validé par l'allumage d'une LED (verte ou rouge).

Le signal issu du micro est ensuite relié à l'entrée (e+) d'un montage AOP « Ampli Micro ».

L'additionneur et les filtres A et B utilisent des AOP TL082 alors que l'Ampli micro utilise un AOP TL081 (cf figure 2). La référence de tous les amplificateurs doit être en bas à gauche.

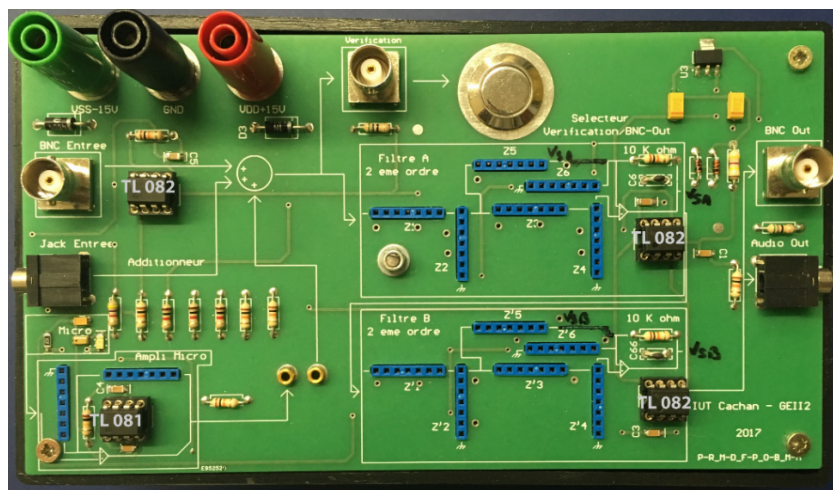


Figure 2 : carte audio.

J5	<p>Commencez par vérifier les références et orientations des 4 amplificateurs.</p> <p>Identifiez l'additionneur et ses connections aux différents signaux entrants.</p> <p>Alimentez la carte audio en +15/-15 V. Faites vérifier vos niveaux de tension avec le multimètre.</p>

Les connecteurs bleus permettent de rajouter des éléments passifs (résistance, condensateur inductance...). Les 3 trous de gauches sont reliés entre eux, le trou du milieu est flottant et les 3 trous de droites sont connectés entre eux.

En appuyant sur le bouton « Selecteur Vérification », le signal de sorti de l'additionneur sera conduit aux sorties « BNC Out » et « Audio Out » sans passer par les filtres A et B.

L'ampli micro est monté en amplificateur non-inverseur (figure 3). **Pour envoyer ce signal sur l'additionneur, vous devrez rajouter un fil entre les deux bornes métalliques.**

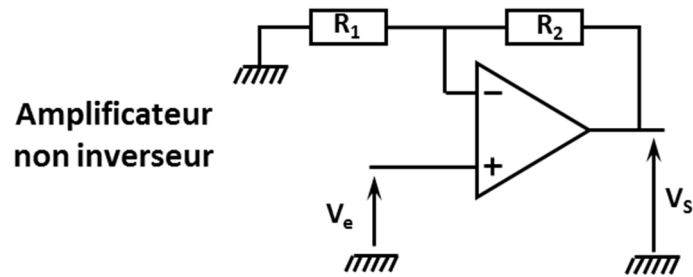


Figure 3 : amplificateur non inverseur.

On se propose d'amplifier le signal issu du micro en utilisant le montage amplificateur en non-inverseur $\times 51$.

Pour cela, on impose simplement $R_1 = 1.5 \text{ k}\Omega$.

J6	Réalisez le montage non-inverseur $\times 51$ (en choisissant la valeur de la résistance R_2) sur la carte audio et utilisez-le pour amplifier le signal issu du micro. Générez un signal sinusoïdal en sifflant.

PARTIE D – LIMITES DE L'AOP TL081 (8.25 PTS)

Dans cette partie, nous allons mettre en avant, et évaluer, les limites de l'AOP TL081 (ou TL082).

J7	 transposez le montage non-inverseur $\times 51$ sur votre plaque Labdec. Vérifiez son bon fonctionnement en visualisant simultanément un signal d'entrée (fréquence 1 kHz, amplitude faible...) et le signal de sortie du filtre sur l'oscilloscope.

J8	En utilisant ce montage, déterminez les tensions de saturation du signal de sortie V_{sat+}/V_{sat-} pour différentes valeurs de V_{cc+} et V_{cc-} (remplir tableau). Expliquez.					
	V_{cc+}/V_{cc-} (V)	+15/-15	+13/-13	+11/-11	+15/-11	+13/-11
	V_{sat+}/V_{sat-} (V)					

On souhaite mesurer le courant de sortie maximum de l'AOP.

Pour cela, alimentez l'AOP en +15/-15 V et envoyez un signal sinusoïdal V_e d'amplitude 2 V et de fréquence 1 kHz.

J9	Proposez un montage permettant la mesure du courant de sortie maximum de l'AOP. Effectuez la mesure de ce courant. Comparez cette valeur à celle de la documentation.					

On souhaite tracer le diagramme de Bode du montage amplificateur non inverseur $\times 51$.

J10	En utilisant un signal d'entrée sinusoïdal d'amplitude 10 mV, visualisez simultanément les signaux d'entrée et de sortie du montage sur l'oscilloscope. Tracez le diagramme de Bode (10 points minimum, gain uniquement) de ce montage sur une échelle de fréquence logarithmique. Comparez ce résultat à l'allure du diagramme de Bode théorique.					

J11	<p>Relevez les fréquences de coupure à -3 dB des montages non-inverseurs pour différentes valeurs de R_2.</p> <ul style="list-style-type: none">- 150 kΩ ;- 15 kΩ ;- 1.5 kΩ. <p>Expliquez et comparez la valeur du produit gain bande-passante mesurée et celle de la documentation.</p>

PARTIE E – PARTIE PROJET (3 PTS)

On souhaite filtrer le signal vocal issu du micro pour enlever le bruit à haute fréquence. Pour cela, nous allons rajouter un condensateur en parallèle de la résistance R_2 du montage non inverseur en place sur votre plaque labdec.

De cette manière, vous disposez d'un filtre actif du premier ordre, avec une amplification en bande-passante $H_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ et d'une pulsation de coupure à -3dB $\omega_c \approx \frac{1}{R_2 \cdot C}$.

Utilisez ce filtre pour imposer une amplification statique de 51 et une fréquence de coupure proche de 1 kHz. On impose $R_1 = 1.5 \text{ k}\Omega$.

P1	Déterminez les valeurs de R_2 et C adéquates et mettez en place ce filtre sur votre plaque Labdec. Vérifiez qu'il est conforme au cahier des charges (type, amplification et fréquence de coupure).

P2	Transposez ce filtre sur la carte audio pour écouter l'effet sonore sur votre voix.

Electronique

TP n°4 : analyse spectrale et filtrage actif

Ce que vous allez apprendre dans ce TP

1. Régler un analyseur de spectre FFT.
2. Caractériser le contenu spectral d'un signal complexe.
3. Mettre en place un filtre actif anti-bruit.

PARTIE A – PREPARATION (3 PTS)

A-1. Représentez le spectre en amplitude d'un signal $e(t) = 1 + 2 \cdot \sin(314 \cdot t)$.

On rappelle la décomposition en série de Fourier du signal carré d'amplitude A et de fréquence 250 Hz.

$$v(t) = \frac{4 \cdot A}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{\sin((2 \cdot n + 1) \cdot \omega \cdot t)}{2 \cdot n + 1}$$

A-2. Considérant un signal carré d'amplitude 2 V, déterminez la valeur des 5 premiers harmoniques de ce signal.

A-3. Rappelez l'égalité de Parseval. En déduire lequel du signal carré ou du signal sinusoïdale (même amplitude et fréquence pour les deux) sera le plus puissant.

A-4. Rappelez le schéma de câblage d'un filtre RC et l'expression de sa fréquence à -3 dB (f_c). Représentez le diagramme de Bode (approximatif) de ce montage sur +/- 2 décades autour de f_c . Précisez la raideur de ce filtre et représentez-la sur votre diagramme.

A-5. On souhaite filtrer la composante fondamentale du signal carré de la question A-2. Le cahier des charges est le suivant

- la composante utile ne doit pas être atténuée de plus de 1 dB
- toutes les autres composantes doivent avoir une amplitude 50 fois plus petites en sortie qu'en entrée.

Dessinez le gabarit d'un tel filtre. Quelle serait la valeur de sa raideur minimale ? Un filtre RC pourra-t'il répondre au cahier des charges ?

PARTIE B – ANALYSE SPECTRALE (5 PTS)

B-1. Etude sonore de la fréquence

J1	Générez et visualisez sur l’oscilloscope un signal sinusoïdal d’amplitude 200 mV et de fréquence variable. En utilisant le haut-parleur, écoutez le signal sinusoïdal précédent. Comparez les changements sonores (aigue, grave, puissance) entre un signal sinusoïdal et un signal carré de fréquence 1 kHz.

B-2. Outil d’analyse spectrale

Un signal peut être représenté de deux façons :

- représentation temporelle : $v(t)$, qui représente l’amplitude du signal en fonction du temps. C’est ce que vous observez à l’oscilloscope.
- représentation spectrale (fréquentielle) : $V(f)$ qui représente l’amplitude du signal en fonction de la fréquence.

Mathématiquement, on obtient la représentation spectrale d’un signal par application d’une Transformée de Fourier du signal temporel.

Dans ce TP, nous utiliserons le calcul de Transformée de Fourier Rapide (Fast Fourier Transform), disponible sur l’oscilloscope, pour tracer le spectre du signal temporel.

Pour accéder à la visualisation de la « FFT » d’un signal sur l’oscilloscope, vous devez suivre la procédure suivante

- réglez la voix d’entrée en mode CC ;
- sélectionnez « FFT » dans le menu « Maths » ;
- sélectionnez la voie à analyser ;
- sélectionnez l’échelle verticale, qui peut être linéaire (toujours en valeur efficace) ou en DBVeff (échelle logarithmique).

La résolution verticale est automatiquement déterminée en fonction du choix initial sur la courbe temporelle (cette dernière doit être proche de la pleine échelle de l’oscilloscope).

La résolution horizontale est obtenue en modifiant le nombre de périodes du signal (temporel) observées à l’écran.

Pour plus de clarté, vous pouvez retirer la courbe temporelle en double-cliquant sur cette voie.

J2	<p>Débranchez le haut-parleur et générez un signal sinusoïdal de fréquence 250 Hz de 2 V d'amplitude et d'offset 1 V.</p> <p>Visualisez la FFT du signal en mode linéaire (malheureusement, certains oscilloscopes n'affichent pas la composante continue). L'échelle horizontale sera de 250 Hz/carreau.</p> <p>Mesurez la fréquence et l'amplitude des raies en linéaire. Discutez ces valeurs.</p>

J3	<p>Générez un signal carré de fréquence 250 Hz d’amplitude 2 V (sans offset).</p> <p>Mesurez l’amplitude des raies en linéaire (remplir le tableau ci-dessous). L’échelle horizontale sera de 250 Hz/carreau</p> <p>Comparez vos résultats aux valeurs théoriques.</p>						
Harmoniques du signal carré (Hz)	250	500	750	1000	1250	1500	1750
Amplitudes mesurées (V)							
Amplitudes théoriques (Veff)							

J4	<p>Générez un signal sinusoïdal de fréquence 250 Hz d'amplitude 1 V.</p> <p>Diminuez le calibre d'entrée pour « faire saturer » l'entrée (le signal dépasse de la fenêtre de l'oscilloscope).</p> <p>Visualisez le spectre de ce signal. Expliquez.</p>

PARTIE C – FILTRAGE ACTIF D'UN SIGNAL BRUITÉ (9 PTS)

Nous allons comparer l'écoute d'un La 440 Hz (sinus de fréquence 440 Hz) et de la même note bruitée par un signal haute fréquence. Pour étudier le signal bruité, vous appuierez sur « arb → Menu Signal Arb », sélectionnez User 1 et cliquez sur « Ok ».

J5	<p>En utilisant le haut-parleur, comparez l'écoute du La 440 Hz pur et de sa version bruitée (contenue dans user 1 du menu arb).</p> <p>Débranchez le haut-parleur et caractérisez le contenu spectral de ces deux signaux (en utilisant la FFT) dans la gamme de fréquence audible.</p> <p>A quelle fréquence se situe la composante de bruit ?</p>

De manière à filtrer cette composante de bruit, nous allons mettre en place un filtre actif (figure 2) du premier ordre.

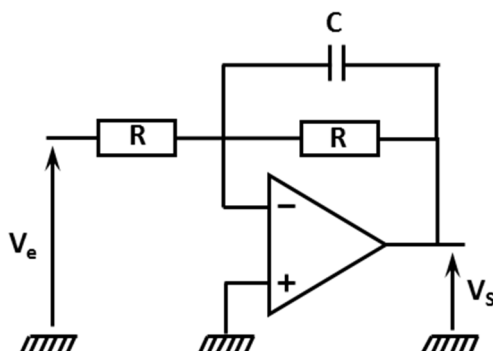


Figure 2 : filtre actif d'ordre 1.

Pensez à vérifier le type d'AOP que vous choisirez (les brochages des TL081 et TL082 sont différents). Les datasheet de chacun de ces AOP se trouvent sur le serveur commun\domenjoud.

On prendra $R = 1.5 \text{ k}\Omega$ et $C = 100 \text{ nF}$.

J6	<p>Mettez ce filtre en place sur votre plaque Labdec (commencez par câbler le suiveur, puis rajoutez les autres composants).</p> <p>Visualisez simultanément l'entrée et la sortie du filtre sur l'oscilloscope.</p> <p>Caractérisez le type de filtre, la valeur de l'amplification en bande passante et indiquez sa fréquence de coupure.</p> <p>Ce filtre est-il adapté à notre cahier des charges ?</p>
-----------	---

J7	Dans un tableur, relevez l'amplitude et la phase du signal de sortie pour 10 valeurs de fréquences pertinentes. Tracez l'évolution du gain et de la phase de ce filtre sur une échelle de fréquence logarithmique.

J9	En utilisant le filtre et le haut-parleur, écoutez l'effet sonore du filtre en comparant le son du signal filtré et non filtré. Comparez les spectres du La 440 bruité, filtré et non filtré. Conclure

PARTIE D – PARTIE PROJET (3 PTS)

Changez le montage de la figure 2 en remplaçant la première résistance par une résistance de 1 k Ω .

P1	Mettez ce filtre en place sur votre plaque Labdec. Caractérisez le type de filtre, la valeur de l'amplification en bande passante et indiquez sa fréquence de coupure. En prenant une dizaine de point, comparez le Bode de ce nouveau filtre au précédent. Déterminez sa fonction de transfert et conclure sur l'impact de la première résistance dans ce montage

TP n°5 : filtrage du second ordre

Auteur(s) : MD
Date : 2024 -25

Ce que vous allez apprendre dans ce TP

1. Mettre en place et caractériser les différents régimes d'un filtre RLC.
2. Déterminer la structure d'un filtre du second ordre à partir d'un cahier des charges.
3. Consolider votre maîtrise des diagrammes de Bode et de la FFT.

Pour chaque Jalon, vous devrez faire valider votre réponse en démontrant le bon fonctionnement de la manipulation, mais aussi en expliquant clairement votre réponse par écrit.

PARTIE A – PREPARATION (3 PTS)

A-1. Rappelez le schéma de câblage d'un filtre RLC, l'expression de sa pulsation caractéristique ω_0 et celle du coefficient d'amortissement (m).

A-2. Définissez le régime amorti de Butterworth et reliez la valeur de la pulsation de coupure fréquence de coupure à -3 dB (ω_c) à la pulsation caractéristique du filtre (ω_0).

A-3. Définissez le régime résonant.

Quand $m \ll 1$

- reliez la pulsation de résonance (ω_r) à ω_0
- indiquez la relation entre l'amplification à la résonance $H(\omega = \omega_r)$ et m .

On rappelle la décomposition en série de Fourier du signal triangulaire d'amplitude

$$v(t) = \frac{8.A}{\pi^2} \cdot \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{\cos((2.n+1).\omega.t)}{(2.n+1)^2}$$

A-4. Représentez le spectre d'un signal triangulaire d'amplitude 2 V et de fréquence 250 Hz. Précisez la valeur des 5 premiers harmoniques de ce signal.

PARTIE B – MISE EN PLACE ET CARACTERISATION D'UN FILTRE RLC (10 PTS)**B-1. Montage RLC en régime de Butterworth**

Commencez par identifier le boîtier contenant l'inductance.

J1	Observez le boîtier contenant l'inductance et relevez la valeur de L ainsi que de la résistance série parasite R_p de ce composant. Dessinez le schéma équivalent de ce boîtier.

En utilisant la plaquette d'essai verte, réaliser un montage RLC dans lequel $R = 10\text{ k}\Omega$ ($R_{\text{totale}} = R + R_p$) et $C = 22\text{ nF}$.

J2	Caractérisez (expérimentalement) le type de filtre et la fréquence de coupure à -3 dB (f_c) de ce filtre. Indiquez la valeur théorique (en considérant la valeur de la résistance parasite) du coefficient d'amortissement et vérifiez expérimentalement que le régime de ce filtre est cohérent avec cette valeur. Comparez la valeur théorique et la valeur expérimentale de f_c.

J3	<p>Relevez le diagramme de Bode (échelle log de fréquence) de ce filtre (gain et phase) en prenant au minimum 10 valeurs dans l'intervalle $\left[\frac{f_c}{20}; f_c\right]$ et 10 valeurs dans l'intervalle $[f_c; f_c \times 20]$.</p> <p>Quelle est la raideur de ce filtre ?</p>

B-2. Montage RLC en régime de résonant

Mettez en place un montage RLC dans lequel $L = 1 \text{ H}$, $R_{\text{totale}} = R_p$ (résistance parasite du boîtier d'inductance) et $C = 100 \text{ nF}$.

J4	<p>Dessinez le schéma équivalent de ce montage.</p> <p>Relevez le diagramme de Bode (échelle log de fréquence) de ce filtre (gain et phase) en prenant au minimum 10 valeurs dans l'intervalle $\left[\frac{f_c}{10}; f_c\right]$ et 10 valeurs dans l'intervalle $[f_c; f_c \times 10]$.</p>
<p>.</p>	

J5	Estimez expérimentalement la valeur de la pulsation caractéristique et du coefficient d'amortissement de ce filtre. Détaillez les méthodes d'évaluation. Comparez ces valeurs aux valeurs théoriques. Conclure.

PARTIE C – MISE EN PLACE D'UN FILTRE DU SECOND ORDRE REpondant A UN CAHIER DES CHARGES (7 PTS)

C-1. Détermination du gabarit d'un filtre à partir d'un cahier des charges

On souhaite filtrer la composante fondamentale d'un signal triangulaire d'amplitude 2 V.

J6	Générez un signal triangulaire de fréquence 250 Hz d’amplitude 2 V (sans offset). Mesurez l’amplitude des raies en linéaire (remplir le tableau ci-dessous). Comparez vos résultats aux valeurs théoriques.						
	Harmoniques du signal triangulaire (Hz)	250	500	750	1000	1250	1500
Amplitudes mesurées (V)							
Amplitudes théoriques (Veff)							

Pour filtrer la composante à 250 Hz, on souhaite mettre en place un filtre pour lequel

- aucune composante du signal ne doit être amplifiée ;
- la composante fondamentale ne doit pas être atténuée de plus de 1 dB ;
- les harmoniques doivent être atténuées d'au moins 13 dB.

J7	Représentez le gabarit d'un filtre répondant au cahier des charges. Quels doivent être son type et son ordre minimum ?

C-2. Détermination du circuit adapté au gabarit

Pour déterminer un circuit adapté au gabarit précédent, nous allons utiliser l'outil fourni par la compagnie « Analog Devices » à l'adresse <http://www.analog.com/designtools/en/filterwizard/>.

Rendez vous à l'adresse indiquée puis

- renseignez le type de filtre ;
- dans « specifications », renseignez les caractéristiques du filtre (ne pas toucher au curseur « filter response ») ;
- vérifiez que le filtre défini est en adéquation avec votre gabarit ;
- dans « component selection », renseignez les tensions d'alimentations (± 15 V)
- en cliquant sur « I want to choose », puis « Stage », choisissez l'AD711 (qui est la version Analog Devices du TL081) ; Vous pouvez aussi changer les valeurs des éléments du filtres pour les adapter à celles que vous avez à disposition au magasin, en faisant glisser le curseur sous « Component Sizing ».
- en changeant la valeur du menu déroulant « view », vous pourrez accéder au gain, à la phase, au circuit...
- en cliquant sur « Component Tolérance », vous pourrez renseigner les tolérances de vos composants et observer les effets sur le comportement du filtre.

J8	<p>Déterminez un circuit adapté à sa réalisation sur la maquette verte (en utilisant les composants disponibles sur votre maquette).</p> <p>Visualisez le diagramme de Bode (gain et phase) théorique.</p> <p>Visualisez la dépendance de ces diagrammes aux tolérances des éléments passifs.</p>

C-3. Mise en place du circuit et vérification du filtre en place

Choisissez parmi les composants disponibles sur la maquette ceux ayant les valeurs les plus proches de celles préconisées par l'outil précédent. Il est conseillé de ne pas prendre des valeurs de condensateur ou résistance trop basses !

J9	<p>Mettez en place le filtre sur la maquette verte.</p> <p>Vérifiez la nature du filtre et déterminez expérimentalement sa fréquence de coupure à -3 dB.</p> <p>Utilisez ce filtre pour extraire la composante fondamentale et tracez la FFT du signal filtré. Discutez ce résultat</p>

J10	En utilisant un haut-parleur, testez l'effet sonore de ce filtre sur un signal audible issu du GBF. Discutez l'effet sonore.

