

LEPL1201 – Laboratoire 2

Observation de circuits statiques et dynamiques simples

Semaine S14 (19 au 25 décembre 2022)

0. Remarques préliminaires au laboratoire

Toute séance de laboratoire doit être bien préparée : lisez complètement tous les documents fournis avant la séance, discutez-en en groupe et avec votre tuteur, préparez les schémas à réaliser. Consultez aussi vos notes de cours afin de comprendre les notions utiles à la compréhension des phénomènes qui seront observés.

Un temps estimé est indiqué pour chaque ensemble d'expériences : tâchez de le respecter au mieux car il n'y a plus que cette séance de laboratoire. Ne multipliez pas les mêmes mesures sauf en cas de défaut manifeste. Par contre, chacun des deux sous-groupes tâchera de passer par toutes les étapes proposées, dans la mesure du temps disponible : cela permettra de comparer les résultats, et chacun se sera familiarisé avec les appareils et techniques de mesure. A la fin de cette notice, vous trouverez une liste de questions, relatives aux expériences proposées : lisez-les lors de la préparation, et consultez-les brièvement durant les expériences.

Ce laboratoire ne donne pas lieu à un rapport, il sert de support à la compréhension de la matière vue au cours, en particulier les notions de tensions, courants, modèles équivalents, signaux en courant continu ou en courant alternatif, circuits (incluant des résistances et des capacités, ou circuit RC).

1. Observation de circuits statiques sous tension constante (DC)

Temps total prévu : 40 minutes

Commençons par des circuits simples, qui ne comprennent qu'une source constante (de tension ou de courant) et des résistances. Chaque élément physique est représenté par un seul élément de circuit : E, I ou R. Le schéma du système mesuré correspond à un assemblage de dipôles, et répond aux règles des circuits de Kirchhoff.

a. Réglages de la source de tension

Temps prévu : 5 minutes

L'alimentation DC Topward 3303DS du laboratoire, est une source de tension continue de valeur réglable, et dont le courant maximum débité peut être limité. Elle affiche la tension à ses bornes, ainsi que le courant total fourni au circuit auquel elle est connectée. Ces valeurs pourront être vérifiées au multimètre pour plus de précision.

Débranchez la source de tension Topward de tout composant et allumez-la. Avant toute utilisation, réglez la tension fournie **et** le courant maximum (consultez sa notice : Réglages de tension et de courant), et ajustez l'appareil pour les valeurs suivantes :

- Tension : 5 V
- Courant max : 500 mA

b. Mesure de résistances

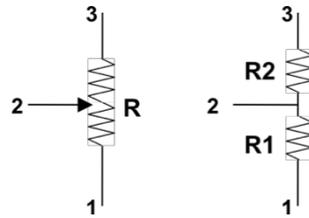
Temps prévu : 5 minutes

Pour connaître avec précision la valeur d'une résistance utilisée dans un montage, il faut la mesurer au multimètre **avant** de l'utiliser (ou éventuellement après), et donc **sans** la connecter au circuit. Le multimètre digital (type 27XT - consulter sa notice), permet de mesurer une tension, un courant, ou d'autres valeurs selon la sélection et la position dans le montage.

c. Potentiomètre

Temps prévu : 5 minutes

Le potentiomètre est un composant résistif à 3 bornes, dont voici le schéma équivalent :



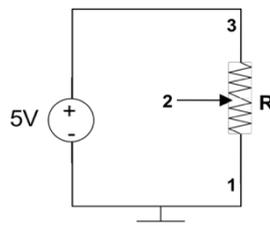
Entre les bornes 1 et 3 on voit une résistance de valeur fixe R (« pleine valeur » du potentiomètre). La borne 2 est connectée à un curseur, qui peut se déplacer le long de cette résistance. On obtient ainsi 2 résistances : R_1 (entre 1 et 2, de valeur $\alpha \cdot R$, avec $0 \leq \alpha \leq 1$) et R_2 (entre 2 et 3, de valeur $(1-\alpha) \cdot R$), dont la somme vaut R , et dont le rapport est variable selon la position du curseur.

Vous disposez d'un (gros) potentiomètre de 50Ω au laboratoire, mesurez la valeur de la résistance totale (entre 1 et 3), ainsi que la valeur de R_1 et R_2 , pour une position, du curseur, environ aux $2/3$ de sa course. Sauf si précisé, ne modifiez plus la position du curseur par la suite : vous devrez disposer des valeurs de R_1 et R_2 . Nous conviendrons par la suite que R_1 est la résistance qui est la plus grande, et que les points 1 et 2 correspondent à ses extrémités.

d. Source de tension et résistances

Temps prévu : 15 minutes

Connectez le potentiomètre de 50Ω du laboratoire ainsi réglé à la source Topward : branchez la borne « 1 » à la borne « - » de l'alimentation, et la borne « 3 » à sa borne « + ». Branchez également la borne « - » de l'alimentation au châssis, et choisissez cette borne comme référence pour les mesures de tension (borne de masse) :



Lors de vos mesures, vous veillerez toujours à choisir une gamme de sensibilité du multimètre qui vous donne un maximum de précision. Répétez l'une des mesures avec une sensibilité moins grande (valeur de fond d'échelle plus élevée). Qu'observez-vous ?

Vous veillerez à ce que le voyant de la limitation du courant de la source ne s'allume pas : celle-ci est alors bien une source de tension « parfaite » et la tension à ses bornes ne varie pas.

Mesurez au multimètre la tension aux bornes de la source, ainsi que la tension du point 2 par rapport à la masse (point 1 ou « - » de l'alimentation). Observez la valeur du courant affiché sur la source de tension. Mesurez également ce courant au multimètre.

Branchez ensuite une résistance supplémentaire, en parallèle entre les points 2 (curseur) et 1 (masse). Observez la valeur de la tension en 2 par rapport à la masse, ainsi que le courant affiché sur la source, soit pour une des résistances de votre boîte (notez sa valeur), soit pour la résistance de 10Ω disponible au labo (potentiomètre de 10Ω utilisé sur sa pleine valeur). Notez ces valeurs, en correspondance avec les valeurs des résistances.

Enlevez cette résistance supplémentaire, et placez le multimètre en voltmètre pour mesurer en permanence la tension du point 2 par rapport à la masse. Faites varier la position du curseur et observez cette tension. Terminez par une position qui correspond environ à la moitié de la tension du premier montage. Débranchez le potentiomètre, et mesurez la valeur des résistances équivalentes R1 et R2 : elles seront différentes.

Reconnectez le potentiomètre à la source en branchant le point 1 à la borne « - » (masse), et le point 2 à la borne « + » (3 reste non connecté). Mesurez la tension des points 2 et 3 par rapport à la masse. Notez ces valeurs.

Qu'en concluez-vous ?

2. Observation de circuits statiques sous tension variable

Temps total prévu : 35 minutes

Les valeurs électriques les plus intéressantes sont celles qui varient en fonction du temps. Le générateur de signaux « 8120 Digital Sweep Function Generator » est une **source de tension**, qui génère une tension variable dans le temps, avec un motif répétitif simple : sinus, carré, rectangle, triangle ... d'amplitude, fréquence et rapport cyclique ajustables (cfr notice). La valeur moyenne de cette tension peut également être réglée (offset). C'est une « source de signaux ».

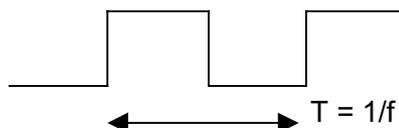
Pour observer des tensions variant dans le temps on utilise un **oscilloscope**, qui permet de tracer sur un écran des tensions (mesurées selon l'axe vertical) en fonction du temps (mesuré selon l'axe horizontal). Les échelles des axes sont réglables. Le tracé se fait à la vitesse de variation des tensions, en temps réel : pour un signal très rapide, le « spot » (le point sur l'écran) se déplace si vite qu'on le voit à peine. Pour que l'image soit visible, c'est comme pour la télévision : il faut repasser en permanence sur la même image, donc redessiner sur le même trait. Cela ne peut se faire que pour un signal qui répète en permanence le même motif (un signal « périodique »), et si on redémarre d'un point similaire, sinon on aura du flou ... C'est l'astuce de la synchronisation.

a. Découverte des appareils

Temps prévu : 10 minutes

Avant de les utiliser pour des mesures précises, familiarisez-vous avec ces appareils : visionnez le tutoriel en ligne (lien sur Moodle), pour apprendre le rôle des différents contrôles.

- Mettez l'oscilloscope en fonctionnement, et modifiez les différents contrôles en observant leur effet : intensité, choix du canal ou trace, sensibilité des canaux d'entrée, contrôle de synchronisation, échelle de temps, position horizontale et verticale ... Terminez en affichant le canal 1 seul en DC, avec une trace continue. Notez la position de la référence de tension, en réglant la position de la trace lorsque l'entrée est sur « GND », par exemple au milieu de l'écran.
- Allumez le générateur 8120 et choisissez un signal carré de fréquence 1 kHz à amplitude maximum. Branchez la sortie du générateur sur le canal 1 de l'oscilloscope : connectez d'abord le fil de masse (borne noire = point de référence commun à la source et à l'appareil de mesure), et ensuite la borne de signal (rouge) à l'entrée du canal 1. Modifiez les réglages de l'oscilloscope pour afficher une image fixe et bien centrée sur l'écran (échelle de tension du canal 1, échelle de temps de l'axe X, synchronisation). Repérez la position de la tension de référence, qui correspond au point de masse. Faites varier l'amplitude et la fréquence du signal produit par le générateur, et ajustez les réglages de l'oscilloscope en conséquence. Soyez particulièrement attentif aux réglages de synchronisation. Pour une fréquence à votre choix, vérifiez la cohérence entre fréquence et période du signal affiché.

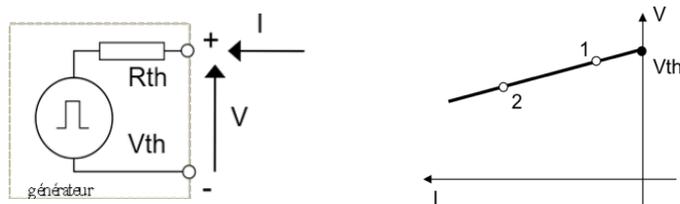


- Observez ce qui se passe lorsque vous appliquez un signal avec un décalage (offset) de tension : le bouton 7 « offset » du générateur, lorsqu'il est tiré (« pull »), permet de décaler le niveau continu de la tension appliquée. Observez ce qui se passe lorsque l'entrée du canal 1 de l'oscillo est commutée de « DC » à « AC ». Observez la forme du signal en « AC » quand la fréquence est très faible : reste-t-il carré ?

b. Mesure de la résistance interne du générateur de signaux

Temps prévu : 15 minutes

Les sources de tension continues (voir point 1) ont souvent une résistance interne très faible : ce sont des sources de tension presque idéales. C'est rarement le cas des sources dont la tension varie dans le temps, comme les générateurs de signaux. Le générateur de signaux utilisé ici est une source de tension non idéale : sa tension de sortie ne reste pas parfaitement constante, elle diminue si le courant débité devient plus important.



Le but de cette partie de l'essai est de mesurer les éléments du modèle équivalent de Thévenin, soit ici la valeur de la source de tension idéale V_{th} et de la résistance interne en série R_{th} .

Attention : Pour mesurer une source réelle, on ne met **JAMAIS** un court-circuit à sa sortie, cela risquerait de la détruire !

On ne peut **JAMAIS** mesurer la résistance interne d'une source avec un ohmmètre !! Ce serait une méthode pratiquement garantie pour détruire l'ohmmètre ... et peut-être aussi la source ...

Faites cette mesure avec un signal carré de fréquence 1 kHz et d'amplitude 5 V. En observant les amplitudes des signaux V_0 et V_1 dans les deux montages suivants, vous devriez être capables de déterminer la résistance de sortie R_{th} du générateur de signaux.

Comme résistance, utilisez une résistance variable de 50 Ω , réglée à sa valeur maximale, et mesurée à l'ohmmètre avant d'être connectée à la source.



Vous établirez, à partir de ces mesures, les relations théoriques qui permettent de déterminer V_{th} et R_{th} , et vous en ferez le calcul par vous-même par la suite.

Faites varier la fréquence, l'amplitude du signal, et sa forme (carré, sinus, triangle) : observez le rapport des amplitudes du signal, à sortie ouverte (V_0) et sur la même résistance (V_1).

c. Comparaison des mesures à l'oscilloscope et au multimètre : signaux continus et périodiques

Temps prévu : 10 minutes

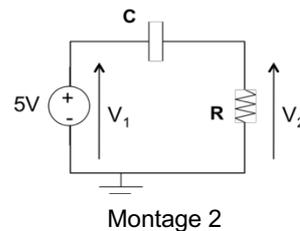
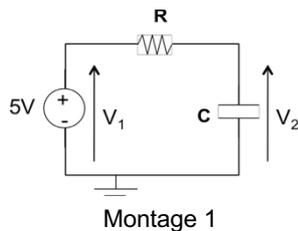
Affichez à l'oscilloscope la tension de sortie du générateur 8120, connecté à une résistance R_1 de 50 Ω (schéma de droite de la figure précédente). Veillez à bien repérer sur l'oscilloscope la position de la tension de référence (GND), et faites tous les affichages à l'oscillo en DC.

- a) Réglez le générateur pour obtenir une tension sinusoïdale de 2 V crête à crête, sans offset. Observez la figure à l'oscilloscope, et mesurez cette même tension avec le multimètre utilisé en voltmètre, soit sur la position DC (mesure d'une tension continue), soit sur la position AC (mesure d'une tension alternative) : notez ces valeurs.
- b) Décalez ensuite la sinusoïde de 1 V vers le haut, en appliquant un offset : la sinusoïde doit être entièrement dans les tensions positives, sa valeur minimale étant 0. Faites les mêmes mesures au multimètre et notez les éventuelles différences.

3. Observation d'un circuit dynamique (R-C) sous tension continue (DC)

Temps total prévu : 10 minutes

Vous réaliserez successivement les 2 circuits suivants :



R et C sont des composants du laboratoire. La source est l'alimentation DC Topward 3303DS réglée à 5V et 500mA, comme au point 1.

Dans ces deux montages, mesurez la tension V_2 et commentez. Vous observez bien sûr ce circuit « au repos » : il a normalement bien le temps de s'adapter à la tension appliquée.

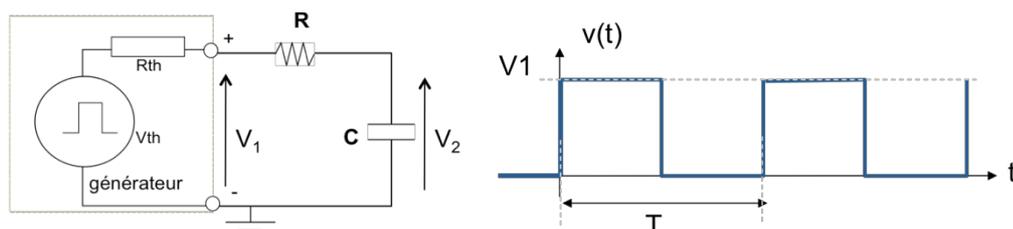
Observez à l'oscilloscope sur chacun de ces montages ce qui se passe quand on éteint et allume la source de tension continue.

4. Observation d'un circuit dynamique capacitif sous tension variable

Temps total prévu : 30 minutes

Circuit R-C

Remplacez la source de tension continue du montage 1 ci-dessus par le générateur de signaux 8120. Réglez-le pour avoir un signal carré d'amplitude 5 V. Utilisez la commande d'offset pour que ce signal varie exactement entre 0 V et 5 V, sans valeur négative : vous ferez ces réglages lorsque le générateur est branché sur le circuit, en mesurant la tension à sa sortie (en V_1).



Réglez la fréquence du signal à 100 Hz et observez l'allure de la variation de tension sur la capacité (en V_2) en fonction du temps. Notez soigneusement l'échelle du temps, ainsi que la position de la trace par rapport à la masse (0 V) (ces mesures doivent être réalisées avec l'oscillo en mode DC).

Réglez ensuite la fréquence à 10 kHz, et faites les mêmes observations.

Faites varier la fréquence entre 100 Hz et 10 kHz, et observez l'allure de la tension V_2 .

Pour une fréquence de 10 kHz, faites varier le rapport cyclique (par défaut il est de 50%), et observez la variation de la hauteur de la courbe par rapport à 0 V.

A 100 Hz, faites varier l'offset du signal V_1 , et observez son effet sur la position de la courbe V_2 .

5. Remise en ordre

Si vous avez respecté le timing, il doit vous rester un peu de temps, pour ranger et remettre de l'ordre dans le local. Si ce n'est pas le cas, arrêtez de toutes façons 5 minutes avant la fin pour ranger le local et rassembler vos affaires.

Si par contre vous avez terminé plus tôt, c'est peut-être très bien, mais faites donc un petit parcours des questions qui suivent : il est possible que l'une ou l'autre mesure complémentaire vous aiderait à y répondre, ou au moins à comprendre ce que vous avez fait.

6. Questions

Les questions posées ici sont des questions de réflexion sur les mesures faites au laboratoire. Vous avez intérêt à les lire avant la séance, mais surtout à les relire et tâcher d'y répondre après avoir fait les mesures. Peut-être aurez-vous des problèmes pour répondre d'emblée à certaines questions, en ce moment du quadrimestre. Revenez-y plus tard, après quelques cours ou après d'autres labos. Discutez-en entre vous et reprenez-les, même si vous pensiez avoir la réponse : n'y a-t-il rien de changé dans votre compréhension ?

1. Quel composant utiliser pour produire une tension réglable entre 0V et la tension d'une source ?
2. Que se passe-t-il sur l'affichage de l'oscilloscope quand on varie le commutateur d'entrée DC/AC/GND ? Quelle(s) expérience(s) met(tent) cela en évidence ?
3. Comment mesurer la résistance interne d'un générateur ?
4. Que représentent les valeurs de tension mesurées au multimètre, en DC et en AC, par rapport à la figure affichée à l'oscilloscope ?
5. Que mesure-t-on au multimètre en DC et AC pour un signal strictement sinusoïdal ?
6. Comment faire avec le voltmètre du laboratoire pour déterminer la valeur crête à crête d'un signal sinusoïdal sans offset ?