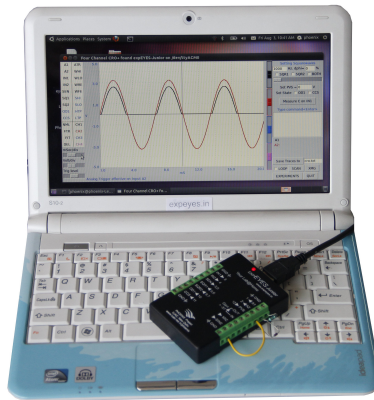


expEYES-Junior



Manuel Utilisateur

Expériences pour Jeunes Ingénieurs et Scientifiques

<http://expeyes.in>

du

Projet PHOENIX
Inter-University Accelerator Centre
(centre de recherche de l'UGC)
New Delhi 110 067
www.iuac.res.in

Traduction : Georges Khaznadar

Préface

Le projet PHOENIX (PHYSICS WITH HOME-MADE EQUIPMENT & INNOVATIVE EXPERIMENTS : Physique avec un matériel « maison » & des expériences innovantes) a démarré en 2004 au INTER-UNIVERSITY ACCELERATOR CENTRE avec l'objectif d'améliorer l'enseignement des sciences dans les Universités Indiennes. Le développement de matériel de laboratoire à bas coût et la formation des enseignants sont les deux activités principales de ce projet.

EXPEYES-JUNIOR est une version avancée du EXPEYES publié plus tôt. Il est conçu pour être un outil d'apprentissage par l'exploration, valide pour les classes de lycée et au-dessus. Nous avons essayé d'optimiser la conception pour la rendre simple, flexible, robuste et bon marché. Le prix bas le rend accessible aux individus et nous espérons voir des étudiants réaliser des expériences en dehors des quatre murs du laboratoire, qui ferme à la sonnerie de la cloche.

Ce logiciel est publié sous les licences GNU GENERAL PUBLIC LICENSE et CERN OPEN HARDWARE LICENCE. Le projet a avancé grâce aux participations actives et contributions de la communauté des utilisateurs et de plusieurs autres personnes en dehors de l'IUAC. Nous remercions le Dr D Kanjilal pour les étapes nécessaires à l'élaboration de cette nouvelle version à partir du travail de son développeur, Jithin B P, de CSpark Research.

Le manuel utilisateur de EXPEYES-JUNIOR est distribué sous la licence GNU FREE DOCUMENTATION.

Ajith Kumar B.P. (ajith@iuac.res.in) <http://expeyes.in>
V V V Satyanarayana

Table des matières

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introduction | 1 |
| 2 | Le matériel | 3 |
| 2.1 | Connexions externes | 3 |
| 2.2 | Kit d'accessoires | 6 |
| 3 | Installation du logiciel | 9 |
| 3.1 | Pour toute distribution GNU/Linux : | 9 |
| 3.2 | Distributions GNU/Linux Debian ou Ubuntu | 9 |
| 3.3 | Le CD vif expEYES / La clé USB vive | 10 |
| 3.4 | Sous MSWindows | 10 |
| 4 | Le programme graphique principal | 11 |
| 5 | Se familiariser avec ExpEYES17 | 13 |
| 6 | Expériences scolaires | 15 |
| 6.1 | Mesurer une tension | 15 |
| 6.2 | Mesurer une Résistance | 16 |
| 6.3 | Mesure de résistances en série | 16 |
| 6.4 | Mesure de résistances en parallèle | 16 |
| 6.5 | Mesurer une Capacité | 17 |
| 6.6 | Mesure de la capacité de condensateurs en série | 17 |
| 6.7 | Mesure de la capacité de condensateurs en parallèle | 18 |
| 6.8 | Mesurer des résistances par comparaison | 18 |
| 6.9 | Courants continu et alternatif | 19 |
| 6.10 | Signal d'antenne alternatif dû au secteur | 19 |
| 6.11 | Séparation des composantes continue et alternative | 20 |
| 6.12 | Le corps humain comme conducteur | 21 |
| 6.13 | Résistance électrique du corps humain | 21 |
| 6.14 | Photorésistances | 22 |
| 6.15 | Tension d'une pile-citron | 22 |
| 6.16 | Un générateur alternatif simple | 23 |
| 6.17 | Transformateur de courant alternatif | 24 |
| 6.18 | Résistance de leau, en courant alternatif | 25 |
| 6.19 | Générer un son | 25 |
| 6.20 | Numériser un son | 26 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.21 | Stroboscope | 26 |
| 7 | Expériences délectronique | 29 |
| 7.1 | Oscilloscope à quatre canaux, et plus | 29 |
| 7.2 | Redressement demi-onde à laide dune jonction PN | 30 |
| 7.3 | Redressement double alternance avec des jonctions PN | 31 |
| 7.4 | Écrêtage à laide dune diode à jonction PN | 31 |
| 7.5 | Décalage à laide dun diode à jonction PN | 32 |
| 7.6 | Oscillateur à IC555 | 32 |
| 7.7 | Caractéristique de la sortie (CE) dun transistor | 32 |
| 7.8 | Amplificateur inverseur | 33 |
| 8 | Expériences délectricité et magnétisme | 35 |
| 8.1 | Courbe I-U | 35 |
| 8.2 | Courbes XY | 36 |
| 8.3 | Circuits RLC, réponse en régime stationnaire | 36 |
| 8.4 | Réponse de circuits RC en régime transitoire | 37 |
| 8.5 | Réponse transitoire de circuits RL | 37 |
| 8.6 | Différenciation et intégration RC | 38 |
| 9 | Expériences sur le son | 39 |
| 9.1 | Réponse en fréquence dun piézo | 39 |
| 10 | Expériences de mécanique | 41 |
| 10.1 | Accélération de la pesanteur à laide dun pendule pesant | 41 |
| 10.2 | Vitesse angulaire dun pendule | 42 |
| 10.3 | Résonance dun pendule forcé | 42 |
| 10.4 | Mesure de distance, par écho ultrasonore | 43 |
| 11 | Autres expériences | 45 |
| 11.1 | Mesure de température à laide dune sonde PT100 | 45 |

CHAPITRE 1

Introduction

La science est l'étude du monde physique par des observations systématiques et des expériences. Une bonne éducation scientifique est essentielle pour cultiver une société où le raisonnement et la pensée logique prévalent au lieu de la superstition et des croyances irrationnelles. L'éducation scientifique est aussi essentielle pour former suffisamment de techniciens, d'ingénieurs et de scientifiques pour l'économie du monde moderne. On admet largement que l'expérience personnelle issue d'expérimentations et d'observations réalisées soit par les étudiants, soit par des enseignants à titre de démonstration, soit essentielle à la pédagogie de la science. Cependant, presque partout la science est enseignée en grande partie à partir de livres de cours sans donner d'importance à l'expérimentation, en partie à cause du manque d'équipements. Sans surprise, la plupart des étudiants échouent à corréler leurs connaissances acquises en classe aux problèmes rencontrés dans la vie quotidienne. On peut jusqu'à un certain point corriger cela en enseignant la science à l'aide de questionnements et d'expériences.

L'avènement des ordinateurs personnels et leur banalisation a ouvert une nouvelle voie pour faire des expériences de laboratoire. L'ajout d'un peu de matériel à un ordinateur ordinaire peut le convertir en un laboratoire de sciences. Réaliser des mesures rapides avec une bonne précision autorise l'étude d'une large palette de phénomènes. Les expériences scientifiques impliquent en général la mesure et le contrôle de certains paramètres physiques comme la température, la pression, la vitesse, l'accélération, la force, la tension, le courant, etc. Si la grandeur physique étudiée évolue rapidement, il faut automatiser la mesure et un ordinateur devient utile. Par exemple, comprendre la variation de la tension alternative du secteur nécessite de la mesurer à chaque milliseconde.

La possibilité de réaliser des expériences avec une précision raisonnable ouvre aussi la possibilité d'une éducation scientifique orientée sur la recherche. Les étudiants peuvent comparer les données expérimentales avec des modèles mathématiques et examiner les lois fondamentales qui régissent de nombreux phénomènes. Le kit expEYES (experiments for Young Engineers & Scientists) est conçu pour permettre une grande variété d'expériences, de l'école à l'université. Il est aussi utilisable comme un équipement de test pour des ingénieurs en électronique ou des bricoleurs. L'architecture simple et ouverte d'expEYES permet aux utilisateurs de développer de nouvelles expériences, sans rentrer dans les détails de l'électronique et de la programmation d'ordinateurs. Ce manuel utilisateur décrit *expEYES-17* avec plusieurs expériences, et il y a aussi un manuel du programmeur.

CHAPITRE 2

Le matériel

ExpEYES-17 est interfacé et alimenté grâce au port USB de l'ordinateur. Pour y connecter des signaux externes, il a plusieurs entrées/sorties, situées de chaque côté, comme montré sur la figure [ExpEYES17](#). Il peut surveiller et contrôler des tensions à ses connexions. Pour mesurer d'autres paramètres (tels que la température, la pression, etc.), on a besoin de les convertir en signaux électriques à l'aide de capteurs adéquats.

La précision des mesures de tension est conditionnée par la stabilité de la référence à 3,3 V utilisée, elle varie de 50 ppm par degré Celsius. Les erreurs de gain et d'offset sont éliminées par une calibration initiale, à l'aide du convertisseur analogique-numérique 16 bits.

Bien que notre premier objectif soit de faire des expériences, nous vous conseillons de lire la brève description du matériel ci-dessous. L'appareil peut être aussi utilisé comme matériel de test pour des expériences d'électricité et d'électronique.

IMPORTANT :

Les tensions extérieures connectées à ExpEYES17 doivent être comprises dans les limites autorisées. Les entrées A1 et A2 doivent être dans l'intervalle ± 16 volts et les entrées IN1 and IN2 doivent être dans l'intervalle de 0 à 3,3V. Des tensions excessives peuvent provoquer des dommages permanents. Pour mesurer des tensions plus hautes, diminuez-les en utilisant des diviseurs de tensions.

2.1 Connexions externes

Les fonctions des connexions externes sont expliquées brièvement ci-dessous. Toutes les bornes de couleur noire sont des masses (0V), toutes les autres tensions sont mesurées par rapport à elles.

2.1.1 Les sorties :

Source de courant constant (CCS) :

La source de courant constant peut être activée ou désactivée (ON et OFF) sous contrôle logiciel. La valeur nominale est 1,1mA mais peut varier d'une unité à l'autre, à cause de la tolérance des composants. Pour mesurer sa valeur exacte,

Fig. 1 – ExpEYES17
La face avant dExpEYES17 avec les connexions externes sur le dessus.

connecter un ampèremètre entre CCS et GND. Une autre méthode consiste à connecter une résistance connue (environ $1\text{ k}\Omega$) et mesurer la différence de potentiel à ses bornes. La résistance de charge doit être inférieure à $3\text{ k}\Omega$ pour cette source de courant.

2.1.2 Tension programmable (PV1) :

Elle peut être réglée, par logiciel, à toute valeur comprise dans l'intervalle de -5V à $+5\text{V}$. La résolution est 12 bits, ce qui implique une résolution en tension d'environ $2,5\text{ mV}$.

Tension programmable (PV2) :

Elle peut être réglée, par logiciel, à toute valeur comprise dans l'intervalle de $-3,3\text{V}$ à $+3,3\text{V}$. La résolution est 12 bits.

Signal carré SQ1 :

La sortie oscille entre 0 et 5V et la fréquence peut être ajustée entre 10Hz et 100kHz . Toutes les valeurs intermédiaires de fréquence ne sont pas possibles. On peut programmer le rapport cyclique. Quand on règle la fréquence à 0Hz provoque un état HAUT à la sortie, et si on la règle à -1Hz , la sortie passe à l'état BAS; dans les deux cas la génération de signal carré est désactivée. La sortie SQR1 comporte une **résistance série** de $100\ \Omega$ intégrée si bien qu'elle peut commander des DELs directement.

Signal carré SQ2 :

La sortie oscille entre 0 et 5V et la fréquence peut être ajustée entre 10Hz et 100kHz . Toutes les valeurs intermédiaires de fréquence ne sont pas possibles. On peut programmer le rapport cyclique. La sortie SQR2 n'est pas disponible quand on active WG.

Sortie numérique (OD1) :

La tension en OD1 peut être réglée à 0 ou 5V , par logiciel.

Signal Sinusoïdal/Triangulaire WG:

Sa fréquence peut être ajustée entre 5Hz et 5kHz . La valeur crête peut être réglée à 3V , $1,0\text{V}$ ou 80mV . La forme du signal est programmable. À l'aide de l'interface utilisateur on peut sélectionner une forme sinusoïdale ou triangulaire. \overline{WG} est le signal de WG, inversé..

2.1.3 Entrées:

Mesure de capacité en IN1:

On peut mesurer la valeur d'un condensateur connecté entre IN1 et GND. Ça marche mieux pour de petites valeurs de capacité, jusqu'à 10nF , les résultats sont moins précis au-delà.

Fréquencemètre en IN2:

Celui-ci est capable de mesurer des fréquences jusqu'à plusieurs MHz.

Capteur de résistance (SEN)ă:

Cette entrée est surtout conçue pour des capteurs comme des photorésistances (LDR), des thermistances, des photo-transistors, etc. L'entrée SEN est connectée en interne à 3,3V à travers une résistance de 5,1 k Ω .

Entrées analogiques :pm16V, A1 & A2ă:

Celles-ci peuvent mesurer des tensions dans l'intervalle ± 16 V. On peut choisir le calibre de 0,5V à 16V en pleine échelle. On peut visualiser la tension de ces entrées en fonction du temps, ce qui donne une fonction d'oscilloscope pour basses fréquences. La plus grande vitesse d'échantillonnage est 1 M μ s pour un seul canal. Chacune des entrées a une impédance de 1 M Ω .

Entrée analogique ± 3.3 V A3ă:

Celle-ci peut mesurer une tension dans l'intervalle ± 3.3 V. On peut amplifier cette entrée en connectant une résistance entre Rg et GND, $\text{gain} = 1 + \frac{R_g}{10000}$. Cela permet d'afficher des signaux de très petite amplitude. L'impédance de l'entrée A3 est 10 M Ω .

Entrée Microphone MICă:

Un microphone à condensateur peut être connecté à cette borne afin de capturer le signal à la sortie.

2.1.4 Interface pour les capteurs I2Că:

Les quatre connexions (+5V, GND, SCL et SDA) situées sur la bande de connexions Berg supportent les capteurs de la famille I2C. Le logiciel peut reconnaître un grand nombre de capteurs I2C disponibles dans le commerce.

2.1.5 Alimentation ± 6 V/10 mAă:

Les bornes VR+ et VR- sont des alimentations régulées. Elles fournissent peu de courant, mais assez pour alimenter un ampli-op.

2.2 Kit d'accessoires

Quelques accessoires sont livrés avec expEYES.

- Fils électriques, avec une borne rigide mâle et avec une pince crocodile.
- Microphone à condensateur avec ses fils.
- Bobine d'induction (2)ă: du fil isolé 44SWG enroulé dans une bobine de diamètre 1ăcm. Environ 3000 tours (il peut y avoir quelques tours de plus). On peut utiliser ces bobines pour étudier l'inductance, l'induction électromagnétique, etc.
- Disque piézo-électrique (2)ă: sa fréquence de résonance est d'environ 3500ăHz. Il peut être alimenté par la sortie WG ou SQR1. Le disque est enfermé dans une coquille en plastique formant une cavité, qui augmente l'amplitude du son produit.
- Moteur CCă: doit être alimenté par une tension continue de moins de 3ăV.
- Aimants permanentsă: (a) diamètre et longueur 10ămm (b) diamètre 5ămm et longueur 10ămm (c) aimants de taille bouton(2)
- DELs 5ămmă: rouge, bleue, verte, blanche.
- Condensateursă: 100ăpF, 0.1ăF, 1ăF et 22ăF

- Inductancesă: 10ămH / 20 Ω ,
- Résistancesă: 560 Ω , 1 $k\Omega$, 2, 2 $k\Omega$, 10 $k\Omega$, 51 $k\Omega$ et 100 $k\Omega$
- photorésistance (LDR)
- Deux diodes silicium (1N4148) et une diode Zéner de 3,3 V
- Transistor NPN (2N2222)

CHAPITRE 3

Installation du logiciel

ExpEYES peut fonctionner sur tout ordinateur disposant d'un interpréteur Python et d'un module Python pour accéder au port série. L'interface USB est prise en charge par le programme pilote qui présente le port USB comme un port RS232 aux programmes d'applications. La communication avec le boîtier expEYES est réalisée à l'aide d'une bibliothèque écrite en langage Python.

Des programmes avec une interface utilisateur graphique ont été écrits pour de nombreuses expériences. Le logiciel Eyes17 dépend des paquets logiciels suivants :

- python3-serial
- python3-numpy
- python3-scipy
- python3-qt5
- python3-pyqtgraph

3.1 Pour toute distribution GNU/Linux :

Télécharger **eyes17-x.x.x.zip** (la dernière version) depuis **<http://expeyes.in>** et dézipper ce fichier, puis aller dans le nouveau dossier. Taper les commandes :

```
$ sudo sh postinst          # donne la permission d'accès à tous
$ python main.py
```

Vous aurez des messages d'erreur pour tout paquet manquant qui pourrait être nécessaire à expeyes. Installer ces paquets et réessayer. Les programmes Python nécessaires pour de nombreuses expériences sont dans le même répertoire, ils sont appelés par `main.py`.

3.2 Distributions GNU/Linux Debian ou Ubuntu

Télécharger **eyes17-x.x.x.deb** (la dernière version) depuis la zone de téléchargement de **<http://expeyes.in>** et installer à l'aide de la commande :

```
$ sudo gdebi eyes17-x.x.x.deb
```

alors qu'on est connecté à Internet

Le paquet `eyes17` (de version supérieure à 3) ne dépend pas de versions antérieures d'ExpEYES, comme `expeyes-junior`. Pendant l'installation `gdebi` téléchargera automatiquement et installera les paquets requis.

N.B. : on peut aussi utiliser la commande :

```
$ sudo apt install eyes17
```

alors qu'on est connecté à Internet ; le paquet `eyes17` disponible dans la distribution (actuellement dans `debian/buster` ou `ubuntu/bionic`) ainsi que toutes ses dépendances sera téléchargé et installé.

3.3 Le CD vif expEYES / La clé USB vive

L'image ISO qui offre le support pour `eyes17` est disponible ICI pour téléchargement. Créer un DVD ou une clé USB démarrables à l'aide de cette image ISO (télécharger `rufus` depuis <https://rufus.akeo.ie> pour faire ça sous MSWindows)

Éteindre le PC et brancher la clé USB ou insérer le CD vif, puis démarrer l'ordinateur. Entrer dans le BIOS durant la phase de démarrage, et faire en sorte que le CD ou la clé USB soit prise en compte comme premier média de démarrage. Redémarrer en enregistrant ce réglage. Un bureau apparaîtra et on peut lancer `expEYES-17` depuis le menu **Applications->Éducation->ExpEYES-17**.

On peut aussi le lancer depuis un terminal à l'aide de la commande :

```
$ python /usr/share/expeyes/eyes17/main.py
```

3.4 Sous MSWindows

Il faut tout d'abord installer le logiciel pilote pour le convertisseur USB Série MCP2200, disponible sur le site de Microchip (et aussi disponible sur le site `expeyes`). Après installation de ce pilote apparaîtra un port COM, qu'on peut tester à l'aide du gestionnaire de périphériques de MSWindows. Ensuite il y a deux options.

Un fichier zip contenant toutes les choses nécessaires pour ExpEYES est disponible sur le site `expeyes`, sous le nom `eyes17win.zip`. Télécharger et dézipper ce fichier puis lancer `main.py` à partir de là. En utilisant cette méthode, on ne pourra pas écrire soi-même de code Python pour accéder à `expeyes` ; pour ce faire il faut installer comme suit :

- Python version 2.x
- `python-serial`
- `python-qt4`
- `python-pyqtgraph`
- `python-numpy`
- `python-scipy`

Télécharger le fichier `eyes17-x.x.x.zip` (la dernière version) depuis le site web. En dézipant ce fichier on obtient un dossier nommé `**eyes17**`, lancer `**main.py**` depuis là.

Le programme graphique principal

Démarrer Applications->Éducation->ExpEYES-17 depuis le menu. Un écran d'oscilloscope à quatre canaux avec de nombreuses fonctionnalités en plus, s'ouvre comme affiché sur la figure *Scope17*. On peut choisir de nombreuses expériences depuis le menu.

Fig. 1 – Scope17
L'écran scope17 affichant deux traces

La fenêtre principale apparaît comme un oscilloscope à basse fréquence avec quatre canaux, et plusieurs fonctionnalités en plus, à droite de l'écran. On peut sélectionner des applications pour plusieurs expériences du menu de la barre supérieure. Une brève description du programme d'oscilloscope est donnée ci-dessous.

- On peut activer chacune des quatre entrées (A1, A2, A3 ou MIC) en utilisant sa case à cocher. On peut sélectionner les calibres en cliquant sur le bouton à menu à droite de la case à cocher. Le calibre voulu se choisit dans le menu surgissant.
- Il y a une autre case à cocher pour activer l'ajustement mathématique des données à l'aide d'un modèle $V = V_0 \sin(2\pi ft + \theta) + C$ pour afficher l'amplitude et la fréquence.
- L'échelle horizontale (la base de temps) peut être réglée par un curseur, depuis 0,5 µs pleine échelle jusqu'à 500 µs pleine échelle.
- Le bouton à cocher **Geler**, permet de faire une pause ou de revenir à la marche normale de l'oscilloscope.
- Le niveau de synchronisation (trigger) peut être réglé grâce à un curseur, et il y a un bouton à menu pour sélectionner la source de synchronisation.
- Pour enregistrer les traces dans un fichier, éditer le nom de fichier voulu est cliquer le bouton **Enregistrer sous**.
- Quand on clique sur **FFT** les spectres de fréquence des canaux sélectionnés sont affichés dans des fenêtres surgissantes.

En plus de l'oscilloscope, il y a plusieurs options de contrôle/mesure disponibles dans l'interface utilisateur, qui sont expliqués ci-dessous :

- Si on les sélectionne, les tensions présentes aux entrées A1, A2 et A3 sont échantillonnées chaque seconde et affichées.
- La résistance connectée entre SEN et GND est mesurée et affichée chaque seconde.
- Si on clique **Capacité en IN1**, on mesure la valeur du condensateur connecté entre IN1 et GND.
- Si on clique **Fréquence en IN2**, on mesure la fréquence d'une source externe (au standard TTL) connectée à IN2
- On peut choisir la forme du générateur de signal WG à l'aide d'un bouton de menu, la forme par défaut étant sinusoïdale. On peut changer en triangulaire. Quand l'option de signal carré est choisie, la sortie est déplacée sur SQ2. On ne peut pas utiliser un signal sinusoïdal/triangulaire et utiliser SQ2 en même temps.
- On peut ajuster la fréquence du signal de WG à l'aide du curseur ou bouton de menu, la forme par défaut étant sinusoïdale. On peut changer avec l'entrée texte. Les deux méthodes de saisie sont asservies l'une à l'autre: quand on bouge le curseur le texte est modifié, et quand on saisit un texte le curseur saute. La fréquence saute à la plus proche valeur possible et elle est affichée dans la fenêtre de message dessous. L'amplitude de la sortie WG peut être réglée à 3V, 1V ou 80mV.
- On peut régler SQ1 en utilisant la même méthode que ci-dessus. Le rapport cyclique peut être réglé entre 1% et 99%, sa valeur par défaut est 50%.
- Les deux sorties de tension programmables PV1 et PV2 sont aussi réglées d'une façon similaire.
- Des boutons à cocher sont fournis pour contrôler OD1 et CCS.

CHAPITRE 5

Se familiariser avec ExpEYES17

Avant de commencer les expériences, faisons quelques exercices simples pour nous familiariser avec expEYES-17. Démarrez votre ordinateur avec le CDROM vif, connectez l'appareil à un port USB et démarrez le programme EYES-17 depuis le menu Applications->Science. Activez l'option fenêtre d'aide surgissante et sélectionnez les quelques premiers items du menu Exp. scolaires.

Les chapitres suivants sont structurés selon les menus du programme eyes17, chaque chapitre contenant les expériences disponibles sous le menu correspondant, comme Exp. scolaires, Électronique, Électricité, etc. Pour réaliser l'expérience, on la sélectionne dans le menu. Une aide en ligne est disponible pour chaque expérience, de façon redondante avec ce manuel.

Les copies d'écran fournies dans ce document ne viennent pas de l'interface utilisateur, parce que les images avec un fond noir posent problème quand on les imprime. Les graphiques sont générés par un code indépendant.

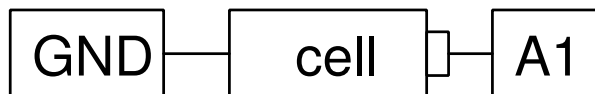
Expériences scolaires

Dans ce chapitre on discutera des expériences et démonstrations sans beaucoup d'analyse des données, qui sont comprises dans le menu "Expériences scolaires". Des tâches simples comme mesurer une tension, une résistance, une capacité, etc. seront faites en utilisant des résistances variant avec la température ou la lumière. Le concept de courant alternatif est introduit en traçant la courbe d'une tension en fonction du temps. La génération et la numérisation d'un son seront pris en compte. Quand une expérience est sélectionnée, la fenêtre d'aide correspondante surgit, si on l'y a autorisée.

6.1 Mesurer une tension

Objectif

Apprendre à mesurer une tension à l'aide de `expEYES` et avoir une petite idée du concept de masse électrique (GND). Il faut une pile et deux fils électriques.



Procédure

- Observer la tension affichée pour A1.
- Recommencer en inversant les connexions à la pile.

Discussion

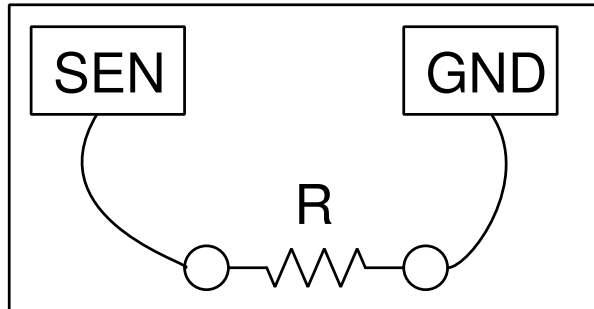
La valeur des tensions mesurées est $+1,5\text{V}$ et elle devient $-1,5\text{V}$ après retournement des connexions.

On mesure la différence de potentiel entre deux points. L'un d'eux peut être considéré comme zéro volt, ou potentiel de la masse (GND, la terre). La tension qu'affiche `expEYES` est une mesure de la tension relative aux bornes de masse, marquées GND. On a connecté la borne négative de la pile à GND. La borne positive est à $+1,5\text{V}$ relativement à la borne de masse. *Est-ce que la tension correcte sera affichée si on ne connecte pas GND ?*

6.2 Mesurer une Résistance

Objectif

ExpEYES a une borne marquée **SEN**, qu'on peut utiliser pour mesurer des résistances dans l'intervalle de $100\ \Omega$ à $100\ k\Omega$.



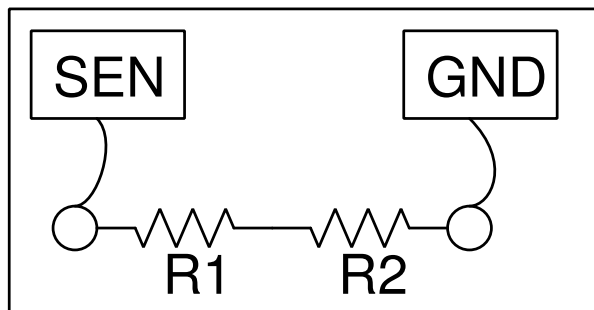
Procédure

- Connecter la résistance entre SEN une borne GND
- Observer la valeur affichée dans le panneau de droite

6.3 Mesure de résistances en série

Objectif

La résistance équivalente à une série de résistances est $R = R_1 + R_2 + \dots$



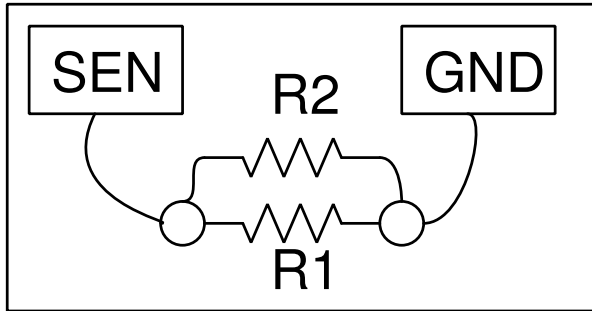
Procédure pour deux résistances

- Connecter une résistance à SEN et l'autre à GND. Connecter les extrémités opposées des résistances l'une à l'autre.
- Observer la valeur affichée sur le panneau de droite.

6.4 Mesure de résistances en parallèle

Objectif

Pour des résistances en parallèle, la relation suivante permet de calculer la résistance équivalente: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

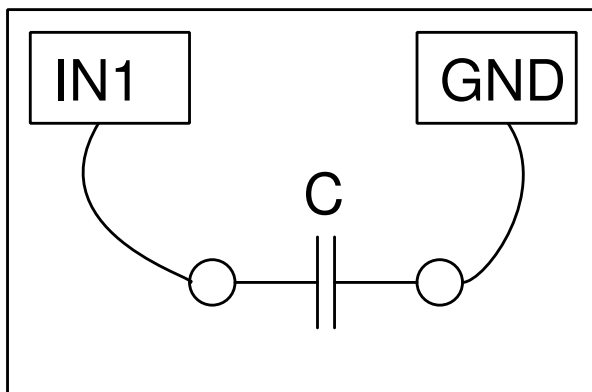
**Procédure pour deux résistances**

- Connecter les deux résistances entre SEN et GND.
- Observer la valeur affichée sur le panneau de droite.

6.5 Mesurer une Capacité

Objectif

Mesurer la capacité d'un condensateur.

**Procédure**

- Connecter le condensateur entre IN1 et GND.
- Cliquer sur "Capacité en IN1". Il ne faut pas toucher le condensateur pendant la mesure.

Discussion

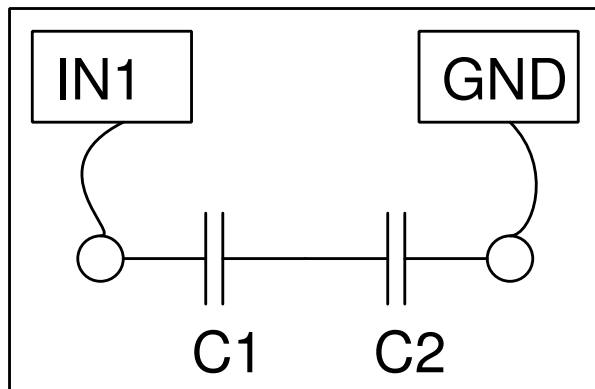
On a utilisé des condensateurs de 100 pF pour cette activité.

On peut créer des condensateurs en collant de fines feuilles de métal sur les deux faces d'un isolant comme le papier, le polystyrène ou le verre.

6.6 Mesure de la capacité de condensateurs en série

Objectif

Mesurer la capacité de condensateurs en série.

**Procédure pour deux condensateurs**

- Connecter un condensateur à IN1 et l'autre à GND. Relier ensemble les extrémités opposées des deux condensateurs.
- Cliquer sur "Capacité en IN1". Il ne faut pas toucher le condensateur pendant la mesure.

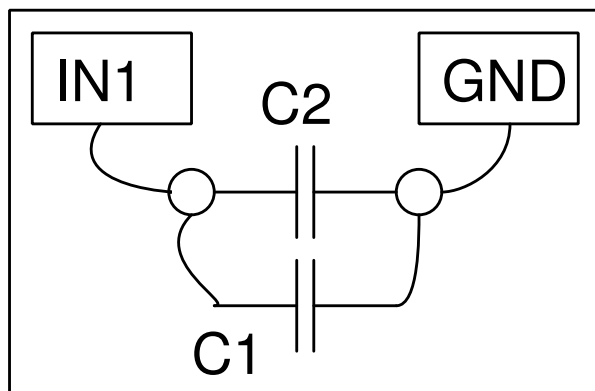
Discussion

Pour des condensateurs en série, on peut calculer la capacité équivalente à l'aide de la formule : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

6.7 Mesure de la capacité de condensateurs en parallèle

Objectif

Mesurer la capacité de condensateurs en parallèle

**Procédure pour deux condensateurs**

- Connecter les deux condensateurs entre IN1 and GND.
- Cliquer sur "Capacité en IN1". Il ne faut pas toucher le condensateur pendant la mesure.

Discussion

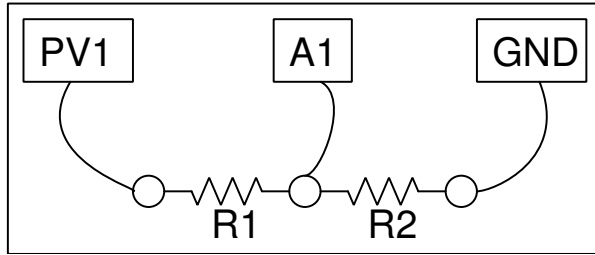
Pour des condensateurs en parallèle, on peut calculer la capacité équivalente à l'aide de la formule : $C = C_1 + C_2 + \dots$

6.8 Mesurer des résistances par comparaison

Objectif

Apprendre à appliquer la loi d'Ohm pour trouver la valeur d'une résistance inconnue par comparaison avec une résistance connue. La tension aux bornes d'une résistance est donnée par $U = RI$. Si la même valeur de courant

parcourt deux résistances différentes, alors le rapport des tensions sera le même que le rapport des résistances, $I = U_{A1}/R_2 = (U_{PV1} - U_{A1})/R_1$.



Procédure

- Connecter la résistance inconnue R entre PV1 et A1.
- Connecter $1\text{ k}\Omega$ (R_2) entre A1 et GND.
- Régler PV1 à 4V.
- Mesurer la tension en A1. Calculer le courant $I = U_{A1}/R_2$. Valeur de $R_1 = (U_{PV1} - U_{A1})/I$.
- Sélectionner Électricité->Tracé d'une courbe courant-tension dans le menu pour obtenir une courbe I-U.

Discussion

Quelle est la limitation de cette méthode? Comment choisir la résistance de référence? Si on suppose que la valeur inconnue est en $M\Omega$, quelle serait la chute de tension aux bornes d'une résistance de référence de $1\text{ k}\Omega$? Notre mesure de tension a une résolution de $1/4096$.

On utilisera cette méthode plus tard pour mesurer la résistance de solutions, à l'aide de courant alternatif.

6.9 Courants continu et alternatif

Objectif

Introduire le concept de tensions variables dans le temps, à l'aide d'un graphique $U(t)$. Comparer les graphiques de continu et d'alternatif.



Procédure

- Régler PV1 à 2V et régler WG à 200Hz
- Activer l'analyse sur A1, afin de mesurer l'amplitude et la fréquence.
- Activer A2

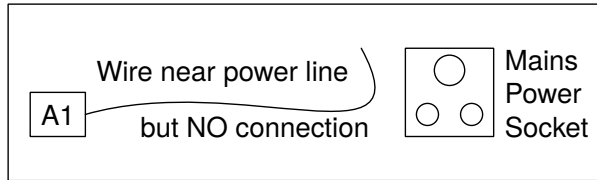
Discussion

Dans le graphique, si la courbe de tension ne change pas (si elle est horizontale), c'est du courant continu pur. Si la tension change avec le temps, il y a une composante alternative. Si la tension moyenne est nulle, alors c'est du alternatif pur. Dans le deuxième graphique, la tension varie entre zéro et cinq volts; est-ce du courant alternatif, continu, ou quelque chose d'autre?

6.10 Signal d'antenne alternatif dû au secteur

Objectif

Étudier l'alimentation du secteur en courant alternatif. Explorer le phénomène de propagation de tensions alternatives à travers l'espace.

**Procédure**

- Connecter un long fil en A3
- Approcher une extrémité du fil près d'une ligne d'alimentation du secteur, sans toucher aucune source de tension.
- Activer A3, et son analyse.

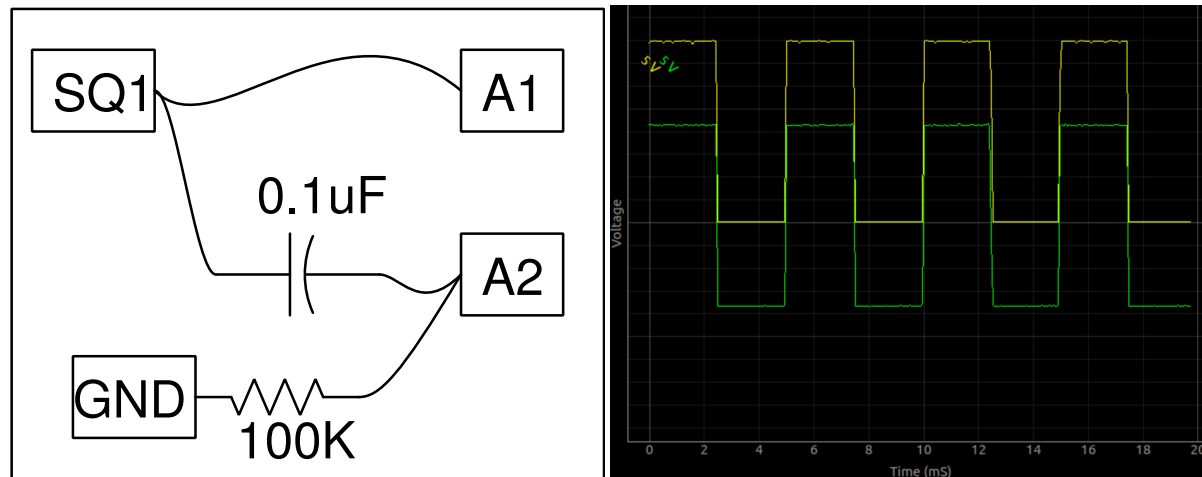
Discussion

Le signal d'antenne du secteur est affiché ci-dessous, il y a cinq cycles en 100 ms. Sans faire aucune connexion, comment se fait-il qu'on reçoive un signal de tension alternative depuis le secteur? Pourquoi la tension augmente-t-elle quand on touche le fil connecté en A1 avec la main?

6.11 Séparation des composantes continue et alternative

Objectif

Séparer les composantes alternative et continue d'un signal à l'aide d'un condensateur.

Procédure

- Régler SQR1 à 500 Hz
- Activer A1 et A2
- Ajuster l'échelle horizontale pour observer plusieurs cycles.

Discussion

Les signaux observés avec et sans le condensateur en série sont affichés sur la figure. La tension oscille entre 0 et 5 V. Après traversée d'un condensateur, la tension oscille entre -2,5 V et +2,5 V.

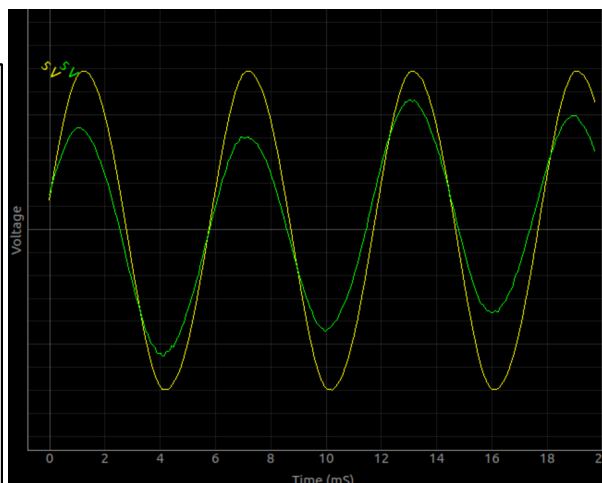
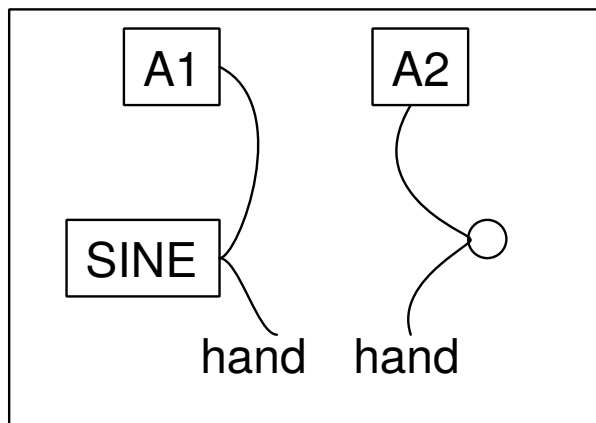
Qu'obtient-on si on soustrait 2,5 V de l'ordonnée de chaque point du premier graphique? C'est ce que le condensateur a fait. Il n'a pas autorisé la composante continue à passer. On peut considérer que le signal original consiste en une tension alternative d'amplitude 2,5 V superposée à un signal continu de +2,5 V.

Il faut éventuellement connecter une résistance entre A2 et GND pour observer le signal oscillant entre -2,5 V et +2,5 V. Retirer la résistance et observer le signal.

6.12 Le corps humain comme conducteur

Objectif

Toucher un fil du secteur est fatal parce que notre corps est un conducteur électrique. On peut explorer cela à l'aide de signaux de faible tension.



Procédure

- Régler WG à 200kHz.
- Activer A1, A2 avec leurs analyses.
- Connecter WG et A1, avec un fil
- Connecter WG et A2 avec son corps et noter les tensions
- Recommencer à l'aide d'un signal de 3V continu issu de PV1.

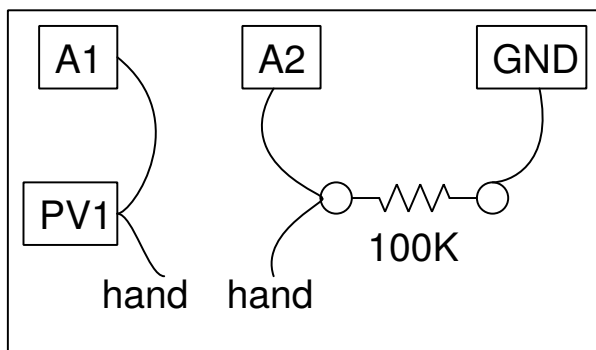
Discussion

La tension crête observée est de moins de 3V, à cause de la résistance du corps humain. Il peut y avoir un peu de perturbation due aux signaux à 50 Hz du secteur captés par effet d'antenne. On peut éliminer cela en travaillant loin des lignes d'alimentation du secteur, à l'aide d'un ordinateur portable.

6.13 Résistance électrique du corps humain

Objectif

Mesurer la résistance électrique du corps humain en la comparant à une résistance connue. On commence avec un signal continu issu de PV1 puis on continue avec un signal alternatif issu de WG.



Procédure

- Régler PV1 à 3ăV
- Relier PV1 à A2, à travers son corps, et mesurer la tension en A2
- Calculer la résistance de son corps comme expliqué à la section 2.4
- Recommencer en utilisant un signal sinusoïdal au lieu de PV1. Activer les analyses de A1 et A2 afin de mesurer les tensions.

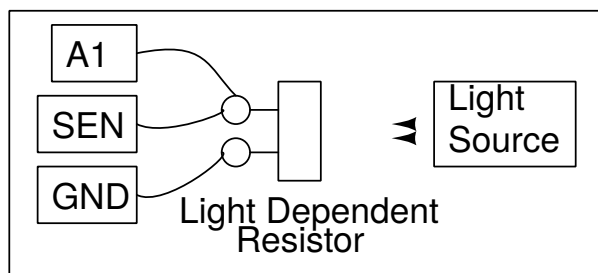
Discussion

Les mesures en courant continu sont plus affectées par les bruits électriques. La résistance en courant alternatif est censée être inférieure à la résistance en courant continu. La résistance est due à notre peau, le courant électrique peut y passer comme il passe à travers un condensateur.

6.14 Photorésistances

Objectif

Étudier une photorésistance (LDR). Mesurer l'intensité de la lumière et sa variation en fonction de la distance à la source.



Procédure

- Mesurer la résistance de la LDR, pour diverses intensités lumineuses.
- Éclairer la LDR à l'aide d'une lampe à fluorescence, A1 est censée afficher des variations
- Placer A1 en mode alternatif et mesurer la fréquence de l'oscillation

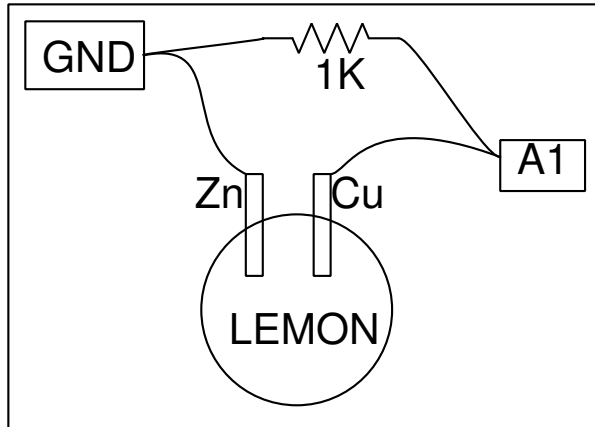
Discussion

La résistance varie de $1\text{ k}\Omega$ à environ $100\text{ k}\Omega$ selon l'intensité de la lumière qui l'éclaire. La tension est proportionnelle à la résistance (si le courant est constant). La résistance diminue quand l'éclairage augmente. Si on utilise une source de lumière ponctuelle, la résistance est censée augmenter comme le carré de la distance entre la photorésistance et la source lumière.

6.15 Tension d'une pile-citron

Objectif

Créer une source de tension en insérant des plaques de zinc et cuivre dans un citron. Explorer les possibilités de fournir du courant et la résistance interne.



Procédure

- Cliquer sur A1 pour mesurer la tension
- Mesurer la tension avec et sans une résistance de $1\text{ k}\Omega$.

Discussion

La tension entre le zinc et le cuivre est d'environ $0,9\text{V}$. Quand on connecte la résistance, elle diminue à quelques $0,33\text{V}$. Quand on connecte la pile, le courant commence à circuler à travers la résistance. Mais pourquoi la tension diminue-t-elle?

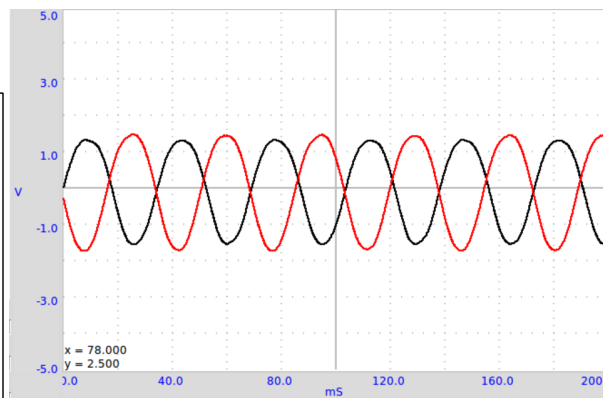
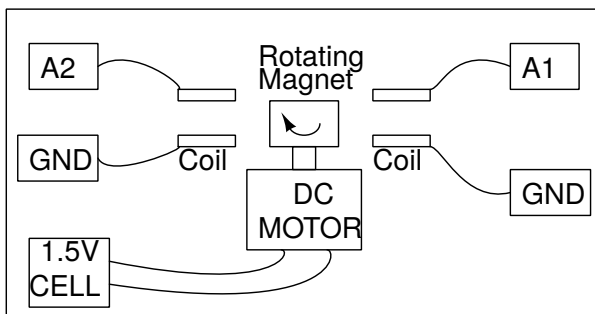
Quelle est la résistance interne de la pile?

Le courant est le flux de charges et il doit faire le tour complet. Ce la signifie que le courant doit traverser la pile aussi. Selon la résistance interne de la pile, une part de la tension est perdue à l'intérieur même de la pile. Est-ce que la même chose se produit avec une pile du commerce neuve?

6.16 Un générateur alternatif simple

Objectif

Mesurer la fréquence et l'amplitude d'une tension induite aux bornes d'un bobinage par un aimant en rotation. On utilise l'aimant de $10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ et la bobine de 3000 tours qui sont dans le kit.



Procédure

- Fixer l'aimant couché sur l'axe du moteur et alimenter ce moteur avec une pile de $1,5\text{V}$
- Activer A1 et A2, avec option d'analyse
- Régler la base de temps sur 100ms pleine échelle
- Approcher le bobinage de l'aimant (sans le toucher), et observer la tension induite

— Recommencer l'expérience avec deux bobinages.

Discussion

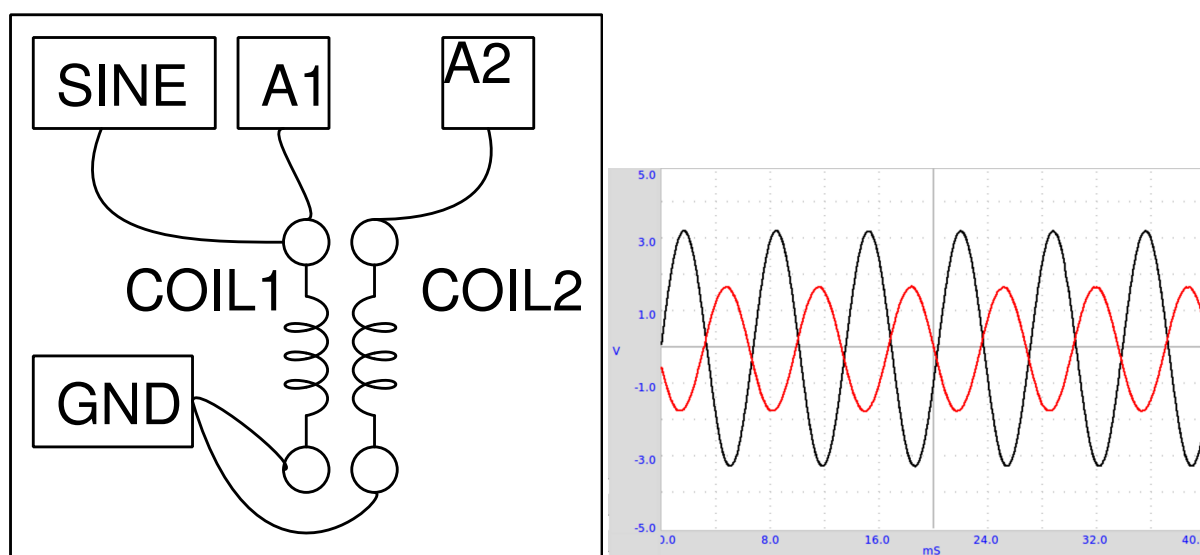
La tension obtenue est affichée dans la figure. La différence de phase entre les deux signaux dépend de l'angle entre les axes des deux bobinages.

Approcher un bobinage court-circuité près de l'aimant et observer le changement de fréquence. Le bobinage court-circuité prend de l'énergie du générateur et la vitesse en est diminuée.

6.17 Transformateur de courant alternatif

Objectif

Démontrer l'induction mutuelle entre deux bobinages, fournis avec ExpEYES. Un des bobinages, le primaire, est connecté entre WD et GND. On aligne les axes des deux bobinages et on insère un noyau de ferrite.



Procédure

- Faire les connections comme montré sur la figure
- Activer A1 et A2
- Régler WG à 500 Hz
- Approcher les bobinages l'un de l'autre et observer la tension en A2.
- Essayer d'insérer un noyau en ferrite

Discussion

Le signal appliqué et le signal induit sont présentés sur la figure. Un champ magnétique oscillant est la cause de la tension induite. Dans les deux expériences précédentes, le champ magnétique oscillant était créé par le mouvement d'aimants permanents. Dans le cas présent, il est créé par un courant variable dans le temps.

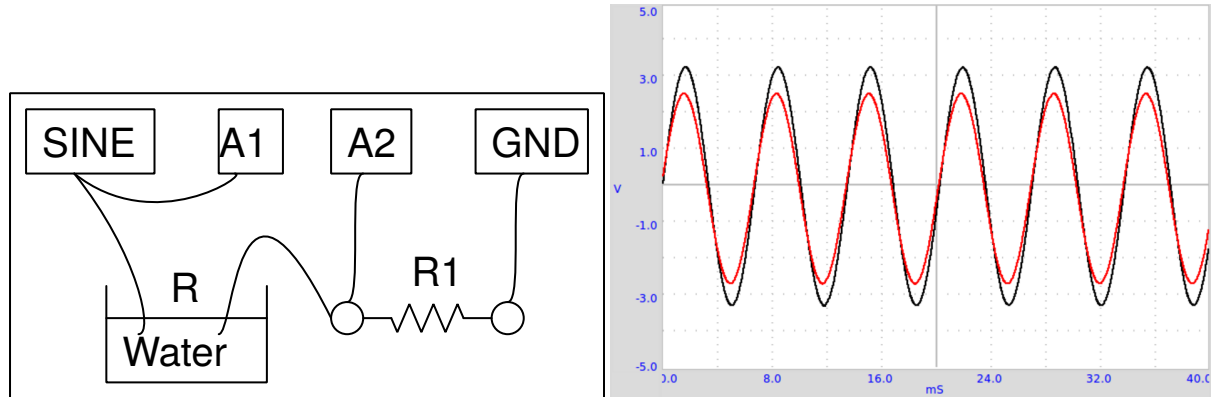
Essayer de faire cette expérience avec un signal carré. Connecter une résistance de $1\text{ k}\Omega$ aux bornes du bobinage secondaire pour réduire les oscillations de résonance.

Le concept de courant alternatif est introduit en affichant la tension en fonction du temps. On explore le comportement de dipôles tels que les condensateurs et les bobinages en courant continu et alternatif, en mesurant des paramètres tels que l'amplitude, la fréquence et la phase. La conversion de signaux électriques en son et l'inverse est démontrée. Pour chaque expérience, on réalise les connexions selon le diagramme donné.

6.18 Résistance de leau, en courant alternatif

Objectif

Mesurer la résistance de solutions ioniques, en utilisant des signaux continu et alternatif. On utilise de leau ordinaire du robinet. Essayer de mesurer la résistance au préalable à l'aide d'un multimètre.



Procédure

- R1 est censé être comparable avec R, On commence avec 10 kΩ.
- Activer A1 et A2
- Calculer la résistance comme expliqué à la section 2.4

Discussion

Les valeurs observées sont montrées dans le tableau. Les résistances en continu et en alternatif semblent très différentes. En courant continu, la résistance du liquide change au cours du temps, à cause d'une électrolyse et de la formation de bulles. La résistance dépend peu de la distance entre électrodes, c'est la surface de l'électrode qui a le plus d'effet. La résistance dépend de la concentration en ions et à la présence d'impuretés dans leau.

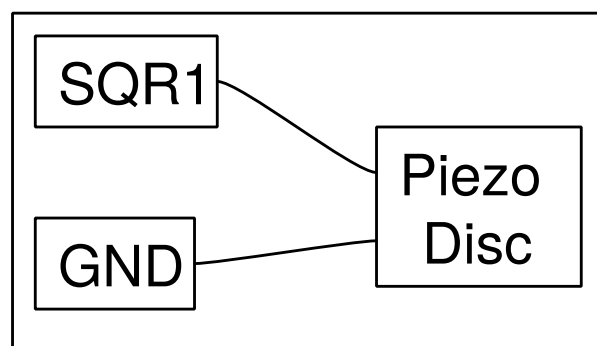
Essayer de changer la distance entre électrodes. Essayer d'ajouter un sel ordinaire et recommencer les mesures. Pourquoi le comportement est-il différent en courant continu ou alternatif? Quels sont les porteurs de charges responsables du flux d'électricité à travers les solutions? Y a-t-il une réaction chimique qui se produit?

6.19 Générer un son

Objectif

Générer un son avec des signaux électriques, à l'aide d'un buzzer piézo-électrique. Numériser un son et mesurer sa fréquence? Utiliser un buzzer piézo ou toute autre source sonore comme un diapason.

Procédure



- Activer A1, et son analyse
- Régler WG à 1000 Hz , puis changer et écouter le son

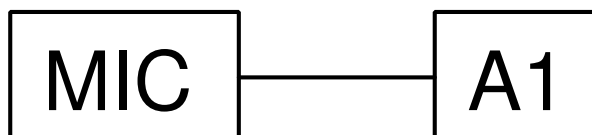
Discussion

Quand on change la fréquence du signal qui excite le piézo, la fréquence et l'intensité du son changent toutes les deux. L'intensité est maximale près de 3500 Hz , à cause de la résonance. La fréquence de résonance d'un buzzer piézo dépend de sa taille et de ses propriétés mécaniques.

6.20 Numériser un son

Objectif

Numériser des signaux sonores d'un microphone, et mesurer leur fréquence. Utiliser le buzzer piézo ou toute autre source sonore comme un diapason.

Procédure

- Activer A1 et MIC, ainsi que leurs analyses
- Positionner le microphone face au buzzer
- Régler WG à 1000 Hz , puis le modifier et observer la sortie MIC
- Utiliser un sifflet à la place du buzzer et trouver sa fréquence à l'aide de la sortie MIC.

Discussion

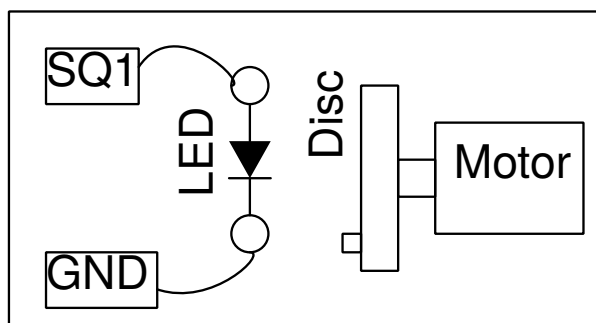
Le signal du générateur et la sortie du microphone sont montrés dans la figure

Les ondes sonores créent des variations de pression dans le milieu qu'elles traversent. Le microphone crée une tension proportionnelle aux variations de pression. Les variations de tension sont à l'unisson des variations de pression. On peut comparer le microphone à un capteur de pression, mais qui fonctionne seulement pour les variations de pression.

6.21 Stroboscope

Objectif

Observation d'un phénomène périodique à l'aide de lumière pulsée périodiquement.

Procédure

- On fait tourner un disque à l'aide du moteur alimenté par une pile de 1,5 V.
- On éclaire le disque seulement par la lumière de la DEL, il ne devrait pas y avoir d'autre source lumineuse.

- Ajuster la fréquence de SQ1, le disque apparaît stationnaire quand elle est égale à la fréquence de rotation du disque.

Discussion

Quand la fréquence du phénomène observé et la fréquence de la lumière pulsée sont identiques, on peut observer une image statique.

Qu'arrive-t-il quand on augmente ou qu'on diminue un petit peu la fréquence de la lumière?

Qu'arrive-t-il quand la fréquence de la lumière pulsée est le double de celle du phénomène? et quand elle est la moitié?

Ce chapitre explique plusieurs expériences délectronique. La plupart d'entre elles sont faites avec l'interface utilisateur oscilloscope. Certaines d'entre elles comme les caractéristiques d'une diode ou d'un transistor ont leur interface utilisateur dédiée.

7.1 Oscilloscope à quatre canaux, et plus

Eyes17 est livré avec une application dont l'interface utilisateur par défaut est un oscilloscope à quatre canaux amélioré.

- [Lien vers des vidéos YouTube](#)
- Le programme d'oscilloscope à quatre canaux fonctionne à peu de choses près comme un oscilloscope avec des entrées nommées A1, A2, A3 and MIC.
- Ajuster la sensibilité en X de l'écran, à l'aide du curseur de Base de Temps, en général pour observer plusieurs périodes du signal.
- Si le signal n'est pas stable choisir la source appropriée pour la fonction *trigger*. Si nécessaire ajuster le seuil du *trigger*.
- On peut enregistrer les traces dans un fichier, à un format texte. On peut prendre la transformée de Fourier et visualiser le spectre de fréquence du signal d'entrée.
- Le programme d'oscilloscope a aussi des widgets de contrôle sur le panneau de droite pour accéder à la plupart des fonctionnalités d'ExpEYES.
- Les entrées A1, A2, A3 et les résistances connectées à SEN sont mesurées et leurs valeurs affichées chaque seconde. Mais ces affichages n'ont pas de sens quand on connecte des sources alternatives.
- Pour les entrées en courant alternatif, on peut cocher les cases à droite du widget de canal pour lire la tension de crête et la fréquence.
- Les branchements d'entrée/sortie d'ExpEYES sont brièvement décrits ci-dessous.

7.1.1 Branchements de sortie

- **CCS** : source courant constant de 1.1 mA , on l'active et on la désactive à l'aide du bouton à cocher CCS.
- **PV1** : Tension programmable, dans l'intervalle $\pm 5\text{ V}$. On peut la régler à l'aide du curseur ou à l'aide d'une entrée texte.

- **PV2** : comparable à PV1, mais pour l'intervalle -3.3 V à $+3.3\text{ V}$
- **SQ1** : Générateur de signal carré, variant entre 0 et 5 V. La fréquence est réglable de 1 Hz à 5 kHz.
- **SQ2** : comme SQ1, mais disponible comme une option de WG.
- **OD1** : Sortie numérique, sa tension peut être 0 ou 5 V.
- **WG** : Générateur de basse fréquence. La fréquence est entre 1 Hz et 5 kHz. On peut régler l'amplitude à 3 V, 1 V ou 80 mV. Le signal peut être sinusoïdal, triangulaire ou carré. En mode signal carré, la sortie est sur SQ2, avec une excursion de 0 à 5 V.
- **-WG** : Sortie de WG inversée.

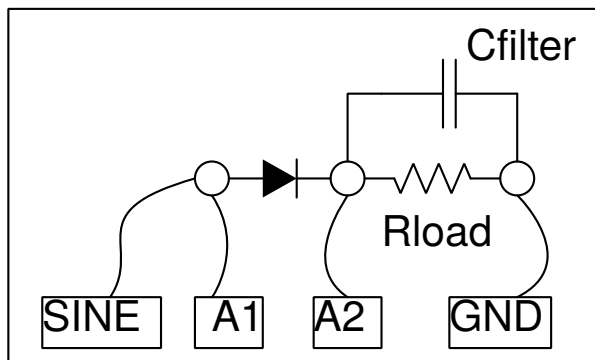
7.1.2 Branchements dentrée

- **IN1** : Entrée pour mesurer la capacité d'un condensateur. Un bouton-poussoir permet de lancer la mesure.
- **IN2** : Entrée pour mesurer la fréquence de signaux numériques, qui varient entre 0 et 3 à 5 V. Un bouton-poussoir permet de lancer la mesure.
- **SEN** : Entrée pour mesurer la résistance. Ce point est rappelé en interne à 3.3 V via une résistance de 5.1 kΩ.
- **A1** : Entrée de mesure de tension, fonctionne comme voltmètre ou comme oscilloscope. Le calibre maximal est $\pm 16\text{ V}$, on choisit le calibre depuis un menu déroulant. On peut choisir le mode de couplage continu/alternatif à l'aide d'un contact à glissière sur le boîtier.
- **A2** : Identique à A1, mais sans couplage alternatif.
- **A3** : Entrée de mesure de tension pour $\pm 3.3\text{ V}$. On peut amplifier les signaux faibles en connectant une résistance entre Rg et GND.
- **MIC** : Entrée à microphone (à condensateur), son signal apparaît comme le canal quatre de l'oscilloscope.
- **Rg** : Résistance de gain pour A3. $\text{Gain} = 1 + \frac{R_g}{100}$. Par exemple, si on connecte une résistance de 1 kΩ on obtient un gain de 11.

7.2 Redressement demi-onde à l'aide d'une jonction PN

Objectif

Étudier le fonctionnement d'une diode à jonction PN comme redresseur. Filtrage RC pour réduire les variations de tension (la composante alternative).



Procédure

- Faire les connexions et observer les sorties
- Connecter une résistance de charge de 1 kΩ, noter le changement d'amplitude
- Connecter un condensateur de 1 μF, et observer l'effet de filtrage.
- Essayer plusieurs valeurs de résistances de charge et de condensateurs de filtrage.

Discussion

La partie négative est ôtée par la diode comme montré sur la figure. Noter aussi que la tension est diminuée de quelques 0,7V dans la moitié positive, c'est la chute de tension aux bornes de la diode silicium, quand le courant y passe. Une résistance de charge est nécessaire pour que le circuit fonctionne correctement, on peut utiliser plus de $1\text{ k}\Omega$, mais NE PAS utiliser de valeurs plus faibles, comme la source courant alternatif ne peut pas fournir un courant de plus de 5 mA .

On peut voir que le condensateur se charge puis qu'il maintient la tension pendant la partie manquante du cycle.

Peut-on utiliser des condensateurs de grande capacité pour réduire la fluctuation de tension?

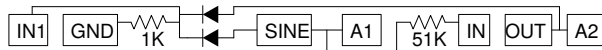
Durant quelle partie du cycle le courant traverse-t-il la diode?

Qu'est qui conditionne la valeur du courant crête?

7.3 Redressement double alternance avec des jonctions PN

Objectif

Réaliser un redresseur double alternance, à l'aide de deux diodes. Il faut deux signaux alternatifs, déphasés de 180 degrés. Ceux-ci sont fournis par WG et \overline{WG} .



Procédure

- Faire les connexions
- Activer A1, A2 et A3
- Régler WG à 200Hz et ajuster la base de temps pour voir 4 ou 5 cycles.

Discussion

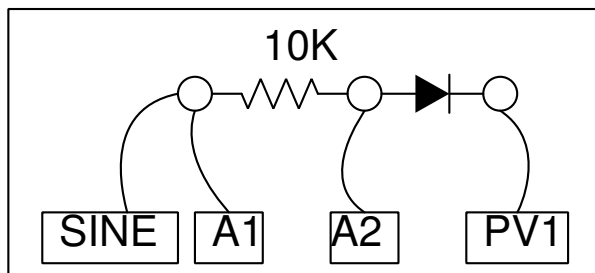
On laisse comme exercice à l'utilisateur de réduire la fluctuation de tension à l'aide d'un condensateur. Cette expérience est seulement là pour montrer le fonctionnement d'un redressement double alternance, il ne peut pas produire beaucoup plus que quelques milliampères de courant.

En quoi un redressement double alternance est-il supérieur à un redressement simple alternance?

7.4 Écrêtage à l'aide d'une diode à jonction PN

Objectif

Démontrer l'écrêtage d'un signal alternatif à différents niveaux, à l'aide d'une diode à jonction PN.



Procédure

- Faire les connexions et observer les sorties.
- Changer PV1 et observer le changement dans les sorties

Discussion

Le niveau décrêtage est conditionné par la tension continue appliquée et par la chute de tension de la diode.

7.5 Décalage à laide dune diode à jonction PN

Objectif

Démontrer le décalage dun signal alternatif à différents niveaux, à laide dune diode à jonction PN

Procédure

- Faire les connexions et observer les sorties.
- Changer PV1 et observer le changement dans les sorties

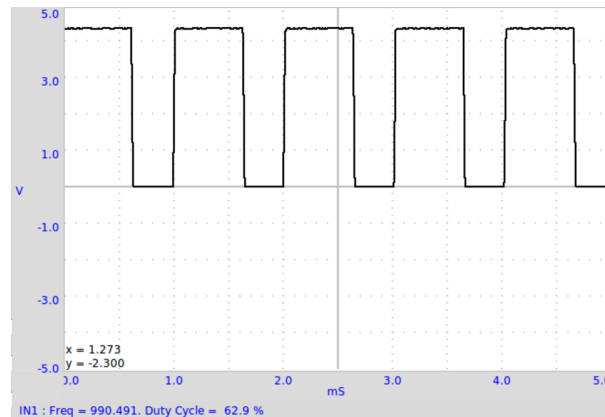
Discussion

Le niveau de décalage est conditionné par la tension continue appliquée et par la chute de tension de la diode.

7.6 Oscillateur à IC555

Objectif

Câbler un circuit de multivibrateur astable à laide dun IC555, mesurer la fréquence et le rapport cyclique de la sortie.



Le circuit est présenté sur la figure. La fréquence est donnée par $f = 1/(\ln 2 \times C \times (R_1 + 2R_2))$. La durée HAUTE est donnée par $\ln 2 \times C \times (R_1 + R_2)$ et la durée BASSE par $\ln 2 \times C \times R_2$.

Procédure

- Faire les connexions
- mesurer la fréquence et le rapport cyclique.
- Recommencer en changeant les valeurs de R1

Discussion

Le signal de sortie est montré sur la figure. Changer la valeur des résistances et du condensateur, puis comparer la fréquence et le rapport cyclique avec les valeurs calculées.

7.7 Caractéristique de la sortie (CE) dun transistor

Objectif

Tracer la courbe caractéristique de sortie d'un transistor. Le collecteur est connecté à PV1 à travers une résistance de $1\text{ k}\Omega$.

Procédure

- Régler la tension de base à 1V et DÉMARRER.
- Recommencer pour diverses valeurs du courant de base.

Discussion

Les courbes caractéristiques pour différentes valeurs du courant de base sont montrées sur la figure. Le courant de collecteur est obtenu à partir de la différence de potentiel aux bornes de la résistance de $1\text{ k}\Omega$.

Le courant de la base dépend du réglage de la source de tension à l'extrémité d'une résistance de $100\text{ k}\Omega$, l'autre extrémité étant connectée à la base. La valeur du courant de base est calculée par $I_b = (U_{PV2} - U_{A2}) / (100 \times 10^3) \times 10^6\text{ }\mu\text{A}$. Si A2 n'est pas connectée, le code considère une valeur de 0,6V pour la base afin de calculer le courant dans celle-ci.

7.8 Amplificateur inverseur

Objectif

Câbler un amplificateur inverseur à l'aide d'un ampli-op et le tester.

Procédure

- Régler l'amplitude de WG à 80mV et la fréquence à 1000Hz
- Activer A1 et A2 avec option d'analyse
- Sélectionner le calibre 1V pour A1 et A2
- Faire les connexions et observer la sortie
- Changer le gain en modifiant les valeurs des résistances.

Discussion

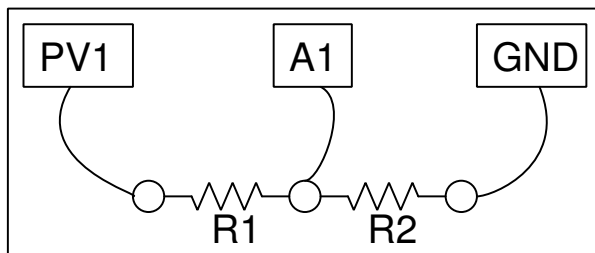
On peut observer le gain par l'amplitude, mais aussi le déphasage dans les résultats.

Expériences d'électricité et magnétisme

Ce chapitre contient principalement des expériences sur le comportement en régime stationnaire et en régime transitoire pour des dipôles RLC. Il confronte les résultats expérimentaux avec la théorie. Il donne aussi une expérience sur l'induction électromagnétique.

8.1 Courbe I-U

8.1.1 Schéma



8.1.2 Instructions

- Connecter les résistances comme sur la figure ci-dessus.
- on utilise R2 pour la mesure du courant, sa valeur est généralement $1000\ \Omega$
- Le courant dans le circuit est la tension en A1 divisée par R2
- PV1 est varié par étapes. La courbe de la tension aux bornes de R1 est tracée en fonction du courant.

8.2 Courbes XY

Ce programme trace A1 en fonction de A2 ou (A1-A2) en fonction de A2. Il est utile pour tracer des courbes de Lissajous et pour l'étude des circuits RC.

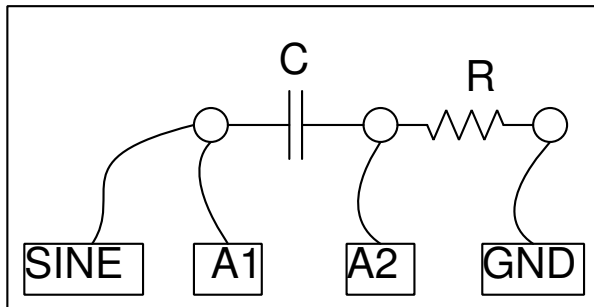
Pour le circuit ci-dessus, on peut tracer la courbe de la tension aux bornes du condensateur en fonction de la tension aux bornes de la résistance. Cela forme un cercle quand elles sont égales.

- Sélectionner $C = 1\mu F$, $R = 1\text{ k}\Omega$ et tracer (A1-A2) en fonction de A2. Ajuster la fréquence pour obtenir un cercle.

8.3 Circuits RLC, réponse en régime stationnaire

Objectif

Étudier le comportement de dipôle RLC dans un circuit en courant alternatif. Trois combinaisons différentes peuvent être étudiées.



Procédure

- Faire les connexions une par une, selon les schémas
- Prendre note des mesures d'amplitude et de phase, dans chaque cas
- Recommencer les mesures en changeant la fréquence.
- Pour le circuit série RLC, la jonction entre L et C est surveillée par A3
- Pour la résonance, sélectionner $C = 1\mu F$, $L = 10\text{ mH}$ et $f = 1600\text{ Hz}$, ajuster f pour obtenir un déphasage nul
- La tension totale aux bornes de L et C s'approche de zéro, les tensions de chacun sont déphasées à la résonance

Discussion

La tension alternative de la source est en A1 et la tension aux bornes de la résistance en A2. Si on soustrait les valeurs instantanées de A2 de A1 on obtient la tension totale aux bornes de L et C. IL faut utiliser un bobinage avec une résistance négligeable pour de bons résultats. Le déphasage entre courant et tension est donnée par $\Delta\Phi = \arctan((Z_C - Z_L)/Z_R)$.

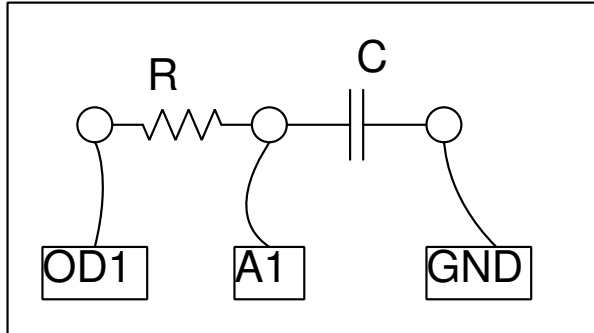
La tension totale, la tension aux bornes de R et la tension aux bornes de LC sont montrées dans la figure. Le diagramme de phase montre le déphasage entre courant et tension. Le bobinage utilisé dans l'expérience a une inductance d'environ 10 mH et une résistance de 20Ω .

À 1600 Hz , $Z_C \simeq Z_L$ et la tension aux bornes de LC est déterminée par la résistance du bobinage. À la fréquence de résonance, la tension aux bornes de LC sera minimale, déterminée par la résistance du bobinage. L'entrée A3 est connectée entre L et C, si bien que les tensions individuelles de L et C peuvent être présentées.

8.4 Réponse de circuits RC en régime transitoire

Objectif

Tracer l'évolution de la tension aux bornes d'un condensateur, quand il est chargé en appliquant un échelon de tension à travers une résistance. Calculer la valeur de la capacité d'après la courbe.



Procédure

- Dans le menu *Électricité*, choisir le sous-menu *Circuit RC en régime transitoire*.
- Cliquer sur les boutons *Échelon 0->5V* et *Échelon 5->0V* pour afficher les graphiques
- Ajuster l'échelle horizontale si nécessaire, et recommencer.
- Calculer la constante de temps RC.

Discussion

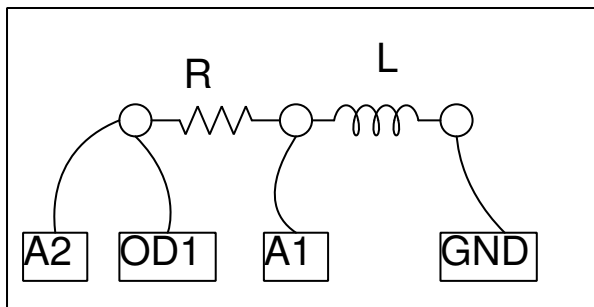
Quand on applique un échelon de 0 à 5V, la tension aux bornes du condensateur s'approche exponentiellement de 5V comme montré sur la figure. En modélisant la courbe de décharge par $U(t) = U_0 \times e^{-t/RC}$, on peut extraire la constante de temps RC et s'en servir pour trouver la valeur de la capacité.

La tension aux bornes d'un condensateur ne varie exponentiellement que quand on le charge au travers d'un dipôle linéaire, une résistance par exemple. Si on le charge à l'aide d'une source de courant constant, la tension change linéairement, puisque $Q = It = CU$, et la tension croît linéairement avec le temps comme $U = (I/C) \times t$.

8.5 Réponse transitoire de circuits RL

Objectif

Explorer la nature du courant et de la tension quand un échelon de tension est appliqué à une résistance et un bobinage en série. En mesurant la tension en fonction du temps aux bornes du bobinage, on peut calculer son inductance.



Dans un circuit RL, $U = RI + L(dI/dt)$, équation qui se résout en $I = I_0 \times e^{-(R/L)t}$. Le coefficient du terme exponentiel R/L peut être déduit du graphique de la tension aux bornes du bobinage. La résistance du bobinage doit être incluse dans les calculs, $R = R_{ext} + R^*_L$.

Procédure

- Le bobinage est la bobine de 3000 tours
- Cliquer sur les boutons *Échelon 0->5V* et *Échelon 5->0V* pour afficher les graphiques
- Ajuster l'échelle horizontale, si nécessaire, et recommencer.
- Calculer la valeur de l'inductance
- Insérer un noyau en fer dans le bobinage et recommencer

Discussion

La réponse transitoire du circuit RL est montrée sur la figure. La courbe exponentielle est modélisée pour extraire la valeur de L/R . La résistance de la bobine est mesurée en la comparant avec la résistance externe connue, en courant continu. A2 est connecté à OD1 pour une mesure plus précise de la résistance du bobinage.

Les tensions appliquées sont positives, mais le graphique va vers des tensions négatives, pourquoi?

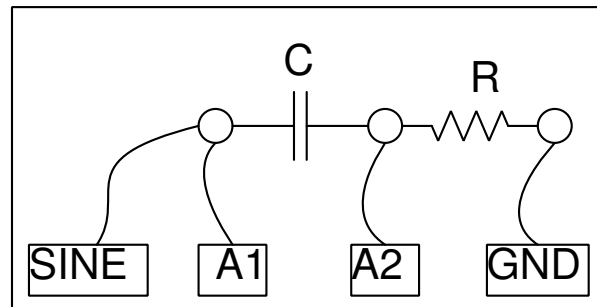
Quel était le courant avant le début de l'échelon 5->0V? Quelle est la force contre-électromotrice (\mathcal{E}_{cem})?

Recommencer avec deux bobinages en série, (a) en les plaçant l'un loin de l'autre, (b) en les plaçant l'un sur l'autre, (c) après changement d'orientation de l'un des deux. On peut voir l'effet de l'induction mutuelle.

8.6 Différenciation et intégration RC

Objectif

Les circuits RC peuvent intégrer ou différencier un signal de tension par rapport au temps. Si on intègre un signal carré on obtient un signal triangulaire et si on différencie on obtient des pics aux transitions.



Procédure

- Sélectionner l'option signal triangulaire pour WG
- Régler WG à 500Hz ($T = 2\text{ ms}$), $R = 1\text{ k}\Omega$ et $C = 1\text{ }\mu\text{F}$
- Ajuster l'échelle horizontale pour voir plus de quatre cycles.
- Recommencer la même chose pour le différenciateur RC, à 50 Hz.

Discussion

L'intégration d'un signal triangulaire donne une forme parabolique et la différenciation donne une forme carrée. La différenciation ne peut être montrée qu'à basse fréquence. Essayer cela pour d'autres formes de signaux, par exemple signal carré. Si on intègre un signal carré on est censé obtenir un signal triangulaire.

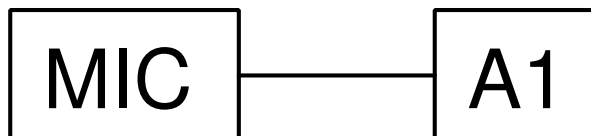
Expériences sur le son

Les variations de pression, de part et d'autre d'une pression d'équilibre, transmises par un milieu s'appellent un son. Ce sont des ondes longitudinales. Si on déplace une feuille de papier d'avant en arrière dans l'air on peut générer ce type d'ondes de pression, comme avec le cône en papier d'un haut-parleur. Quand la fréquence est dans l'intervalle de 20 à 20000 Hz, on peut entendre le son. Dans ce chapitre, on va générer du son à partir de signaux électriques, le détecter à l'aide du microphone (un capteur de pression!) et étudier des propriétés telles que l'amplitude et la fréquence. La vitesse du son est mesurée en observant le déphasage d'un son numérisé, avec la distance.

9.1 Réponse en fréquence d'un piézo

Objectif

Faire le graphique de la courbe de réponse d'un disque piézo en scannant la fréquence et en mesurant l'amplitude à la sortie du microphone.



Procédure

- Faire les connexions et fixer le buzzer et le microphone face à face
- Cliquer sur le bouton DÉMARRER

Discussion

Le graphique de l'amplitude en fonction de la fréquence est montré sur la figure. L'amplitude est maximale près de 3500 Hz.

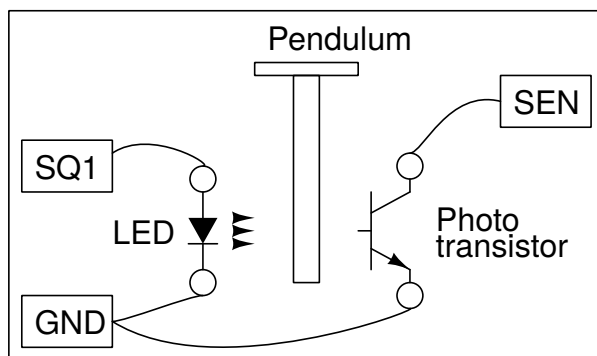
Expériences de mécanique

Les phénomènes de résonance sont étudiés avec le pendule forcé. On mesure la valeur de l'accélération due à la pesanteur à l'aide d'un pendule

10.1 Accélération de la pesanteur à l'aide d'un pendule pesant

Objectif

Mesurer la période des oscillations d'un pendule pesant à l'aide d'une barrière photo-électrique et calculer l'accélération de la pesanteur. La période des oscillations d'une tige uniforme autour d'une de ses extrémités est donnée par $T = 2\pi\sqrt{2l/3g}$, où l est la longueur et g est l'accélération de la pesanteur. Le pendule (en forme de T, un bord de couteau fixé à une tige de diamètre 6 mm) est mis à osciller entre une DEL et un photo-transistor, connectés à ExpEYES. La DEL et le photo-transistor sont montés sur un support en forme de U comme le montre la figure.



Procédure

- Mettre le pendule en oscillation et cliquer sur DÉMARRER
- Recommencer avec diverses longueurs de pendule.

Discussion

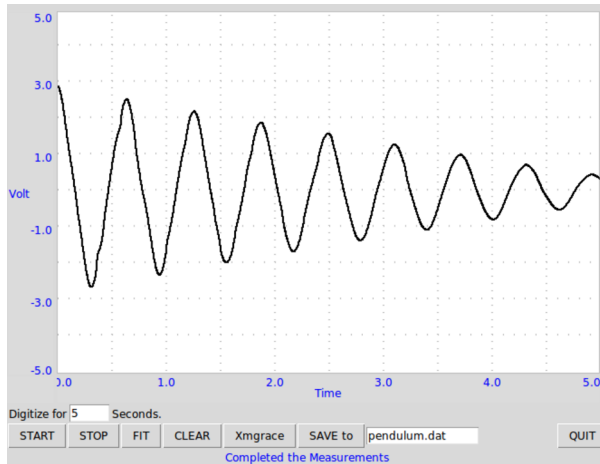
La période est mesurée 50 fois, à l'aide d'un pendule pesant de 14,6 cm, et la valeur moyenne est 0,627 s. La valeur calculée de g est $977,4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$, légèrement différente de la valeur réelle pour les raisons suivantes : La longueur

est mesurée depuis le bord du couteau jusqu'au bas de la tige et utilisée dans la formule. Mais il y a un peu de masse présente au-dessus du fil du couteau qui n'est pas comprise dans le calcul. Une autre raison peut être que le pendule n'est peut-être pas exactement vertical dans la position de repos.

10.2 Vitesse angulaire d'un pendule

Objectif

Étudier la nature des oscillations d'un pendule. Un encodeur angulaire est nécessaire pour mesurer le déplacement angulaire en fonction du temps. Mais en utilisant un moteur à courant continu comme capteur, on peut mesurer la vitesse angulaire en fonction du temps.



Procédure

- Attacher un quelconque de pendule rigide à l'axe du moteur.
- Connecter le moteur entre A3 et GND
- Connecter une résistance de $100\ \Omega$ entre Rg et GND
- Mettre le pendule en oscillation et DÉMARRER la numérisation

Discussion

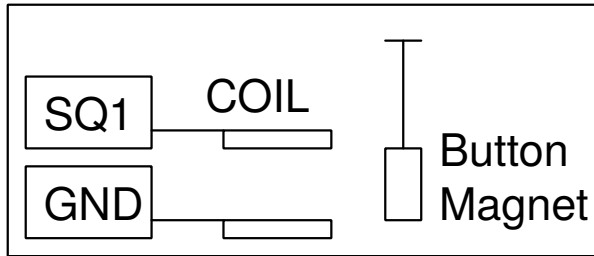
Le signal obtenu est montré sur la figure. Quand on le modélise par une équation $A = A_0 \sin(\omega t + \theta) \exp(-Dt) + C$, à l'aide de Grace, on a obtenu une fréquence angulaire de $10\ \text{Hz}$.

Il convient de réaliser le pendule avec une masselotte assez lourde et une tige légère qui la relie à l'axe du moteur. Dans ce cas, le moteur à courant continu se comporte en générateur et la tension est proportionnelle à la vitesse angulaire.

10.3 Résonance d'un pendule forcé

Objectif

Démontrer la résonance d'un pendule forcé.



Procédure

Réaliser un pendule avec deux aimants boutons et un morceau de papier. Le suspendre et placer la bobine de 3000 à tours à proximité, comme montré sur la figure.

- Connecter la bobine entre SQ1 et GND
- Calculer la fréquence de résonance d'après la longueur du pendule
- Scanner la fréquence au voisinage de la fréquence de résonance attendue

Discussion

Quand SQ1 atteint la fréquence de résonance du pendule, son amplitude augmente. Un pendule long de 4 à cm (du centre des aimants à l'axe de rotation) a résonné à environ 2,5 Hz, presque conformément à la fréquence naturelle calculée. La fréquence de résonance est donnée par $f = 1/(2\pi\sqrt{g/l})$, où l est la distance du centre de l'aimant au point de suspension et g est l'accélération de la pesanteur.

Recommencer l'expérience en modifiant la longueur du pendule.

10.4 Mesure de distance, par écho ultrasonore

Objectif

Mesurer une distance en mesurant le temps que prend une salve de fréquence 40 kHz à faire un écho contre une surface dure.

Procédure

- Placer une surface dure, comme un carton, à quelques 10 à cm du module d'écho
- Cliquer sur DÉMARRER
- Changer la distance

Discussion

La distance est calculée à partir du temps que met une salve sonore à parcourir aller-retour (en écho) la distance qui sépare le module de la surface réfléchissante. On peut mesurer la distance en fonction du temps, ce qui permet de calculer vitesse, accélération, etc.

11.1 Mesure de température à l'aide d'une sonde PT100

Objectif

Enregistrer la température d'un liquide à l'aide d'un thermomètre à résistance de platine. La résistance d'un module PT100 est dépendante de la température par la relation $R(T) = R_0(1 + AT + BT^2)$, où $A = 3,9083 \times 10^{-3}$ et $B = -5,775 \times 10^{-7}$.

Procédure

- Entrer le gain, l'erreur de offset et la valeur du courant de CSS
- Sélectionner l'intervalle de température et les intervalles de temps
- Sélectionner les paramètres requis et cliquer sur DÉMARRER

Discussion

Un graphique de refroidissement de l'eau d'un récipient est montré sur la figure.

Pour mesurer la résistance d'un élément PT100, on le connecte entre CSS et GND et on mesure la tension à ses bornes. Il est possible de mesurer la valeur exacte de CSS à l'aide d'un multimètre ou en mesurant la tension aux bornes d'une résistance connue. L'entrée de A3 est amplifiée 11 fois en connectant une résistance de $1\text{ k}\Omega$ entre Rg et GND.

La résistance d'une sonde PT100 est $1000\ \Omega$ à 0°C . Elle change pratiquement de $0,4\ \Omega/^\circ\text{C}$, modifiant la tension de $0,4\text{ mV}$. La sortie du convertisseur analogique numérique change d'un bit de poids faible pour un changement de $1,22\text{ mV}$ dans la tension d'entrée, donc un changement de température de moins de 3°C ne serait pas toujours détecté. On utilise un amplificateur non-inverseur pour augmenter la résolution. Le gain de cet amplificateur doit être tel que la température maximale mesurée donne une tension de sortie inférieure à $3,3\text{ V}$. Modifier le champ `gain` selon.